به‌نژادی گیاهان زراعی و باغی
دوره ۳ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۴
صفحه‌های ۲۵۷-۲۶۶

بررسی ترکیب‌پذیری و نحوهٔ توارث برخی صفات مورفولوژیکی در گندم نان در شرایط تنش خشکی با استفاده از تجزیهٔ دی‌آلل

حسن عبدی[1]*، عادل اسدزاده[2] و محمدرضا بی‌همتا[3]

۱. مربی پژوهشی، بخش اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران
۲. کارشناس ارشد پژوهشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
۳. استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۰۸/۲۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۱۲/۱۶

چکیده

اصلاح واریته‌های گندم سازگار به خشکی یکی از اهداف برنامه‌های اصلاحی است. عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی به بسیاری از خصوصیات فنولوژیکی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی بستگی دارد. به‌منظور بررسی ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی و چگونگی عمل ژن‌ها در شرایط تنش خشکی در سه لاین و دو رقم گندم نان، تلاقی‌های یک‌طرفه به‌صورت دی‌آلل در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران انجام گرفت. بذور والدین و دورگ‌ها (F_1) در پاییز ۱۳۹۰ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت شد. صفات تعداد دانه در سنبله، تعداد گلچه‌های عقیم در سنبله، عملکرد دانه در بوته، تعداد روز تا گلدهی و وزن هزاردانه ارزیابی شدند. نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها اختلاف معناداری بین ژنوتیپ‌ها نشان داد. نتایج تجزیهٔ دی‌آلل براساس روش دو مدل B گریفینگ نشان داد که اثر ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) برای کلیهٔ صفات و ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) برای همهٔ صفات اندازه‌گیری شده به‌جز صفت تعداد گلچه‌های عقیم در سنبله، در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود. همچنین نسبت میانگین مربعات GCA بر SCA دربارهٔ کلیهٔ صفات به‌جز صفت تعداد روز تا گلدهی معنادار بود. تأثیر زیاد واریانس ژنتیکی افزایشی در صفات یادشده بیانگر زیادبودن میزان وراثت‌پذیری در این صفات است و امکان گزینش در نسل‌های اولیه برای این صفات را فراهم می‌سازد.

کلیدواژه‌ها: تلاقی دی‌آلل، تنش خشکی، دورگ‌گیری، گندم، واریانس ژنتیکی.

* نویسنده مسئول Email: h.abdi63@yahoo.com

مقدمه

تنش‌های محیطی عامل اصلی محدودکنندهٔ کشت و تولید گندم در جهان به‌شمار می‌رود. با وجود پژوهش‌های اخیر، تنش‌های غیرزنده همچنان چالشی بزرگ برای پژوهشگران کشاورزی است. تحمل به تنش‌هایی نظیر خشکی، گرما و شوری به‌عنوان عامل اصلی در انتخاب ژنوتیپ‌های جدید، مد نظر است. اصلاح واریته‌های گندم سازگار به شرایط خشکی از اهداف برنامه‌های اصلاحی است. عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی به بسیاری از خصوصیات فنولوژیکی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی بستگی دارد [۵]. مطالعات ژنتیکی و دانستن نوع عمل ژن درگیر در بیان یک صفت و قدرت ترکیب‌پذیری آن در روش‌های اصلاحی جوامع گیاهی اهمیت ویژه‌ای دارد، به‌خصوص آنکه اطلاعات و مطالعات دقیق ترکیب‌پذیری می‌تواند درزمینهٔ انتخاب روش‌های اصلاحی و انتخاب لاین‌ها برای ایجاد بذور هیبرید مؤثر واقع شود [۸ و ۱۱].

در اصلاح گندم از تجزیهٔ دی‌آلل برای ارزیابی قابلیت ترکیب‌پذیری صفات کمی استفاده می‌شود که نتایج سودمندی را در اختیار قرار می‌دهد. در پژوهشی به‌منظور برآورد خصوصیات ژنتیکی عملکرد دانه و صفات مرتبط در گندم دوروم از تلاقی دی‌آلل کامل هفت ژنوتیپ استفاده شد. ۴۹ ژنوتیپ حاصل، برای صفات تعداد روز تا گلدهی، تعداد پنجه‌های بارور، ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانهٔ تک‌بوته و شاخص برداشت ارزیابی شدند. نتایج تجزیهٔ واریانس، بیانگر تفاوت معنادار بین ژنوتیپ‌ها برای کلیهٔ صفات مطالعه‌شده بود [۱].

نتایج تحقیقی که با استفاده از تجزیهٔ گرافیکی هیمن در گندم انجام گرفت، نشان داد که تعداد پنجه در بوته و وزن دانه در سنبله، تحت کنترل اثر فوق غالبیت ژن؛ و وزن هزاردانه، ارتفاع بوته و طول سنبله تحت کنترل اثر افزایشی ژن و غالبیت ناقص است [۱۰]. پژوهشگران با استفاده از طرح تلاقی دی‌آلل و ارزیابی ژنتیکی صفات تعداد روز تا گلدهی، طول دورهٔ پرشدن دانه، ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته، سطح برگ، عملکرد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، شاخص برداشت و عملکرد دانهٔ تک‌بوته در ژنوتیپ‌های گندم نان نشان دادند که در کلیهٔ صفات، غیر از تعداد روز تا گلدهی، اثر غیرافزایشی ژن نقش مهم‌تری دارد [۱۲]. در پژوهشی دیگر با استفاده از تلاقی کامل ۴ × ۴ گندم دوروم نشان داده شد که طول دانه، وزن هزاردانه و سختی دانه، تحت کنترل اثر غالبیت ژن است [۱۴].

گزارش پژوهشی که با استفاده از تلاقی‌های دی‌آلل، وراثت‌پذیری خصوصی طول سنبلهٔ اصلی، تعداد سنبلهٔ بارور و نابارور، تعداد دانه در سنبلهٔ اصلی، وزن هزاردانه و وزن دانه در سنبله در گندم بررسی شد، نشان داد که طول سنبلهٔ اصلی، تعداد سنبلهٔ بارور و نابارور، تعداد دانه در سنبلهٔ اصلی و وزن هزاردانه وراثت‌پذیری نسبتاً زیادی داشتند، درحالی‌که وزن دانه در سنبله قابلیت وراثت‌پذیری کمی داشت [۱۵]. به‌منظور ارزیابی ژنتیکی تعداد روز تا گلدهی و عملکرد دانه در گندم دوروم در یک طرح دی‌آلل، با تجزیهٔ گرافیکی و رسم خط رگرسیون گزارش شد که صفت تعداد روز تا گلدهی تحت کنترل اثر فوق غالبیت ژن‌ها و عملکرد دانهٔ تحت کنترل غالبیت کامل ژن‌ها بود [۳].

در بررسی ژنتیکی صفات کمی و کیفی ۱۰ والد گندم هگزاپلوئید به‌روش تلاقی دی‌آلل گزارش کردند که اجزای واریانس قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای همهٔ صفات معنادار بود. عمل ژن نیز در بیشتر صفات به‌صورت اثر افزایشی گزارش شد [۶]. در پژوهشی در آفریقای جنوبی با هدف بررسی صفات کیفی گندم نان به روش تلاقی دی‌آلل برای تعیین توارث‌پذیری و قدرت ترکیب‌پذیری آن، مشخص شد که توارث‌پذیری صفات

کیفی گندم به‌صورت پلی‌ژنتیک است [۲]. در مطالعهٔ دیگر روی ارقام گندم نان و با استفاده از تجزیه و تحلیل دی‌آلل، دریافتند که نقش تأثیرات افزایشی ژن‌ها در توارث عملکرد دانه در سنبله به‌مراتب بیش از تأثیرات غیرافزایشی آن است [۱۱]. با مطالعهٔ چگونگی توارث عملکرد دانه و اجزای آن در ارقام گندم نان با استفاده از تجزیه و تحلیل تلاقی‌های دی‌آلل مشخص شد که اثر غیرافزایشی ژن‌ها نقش مؤثری در کنترل ژنتیکی عملکرد دانه داشت، درصورتی‌که عملکرد دانه در سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه بیشتر تحت کنترل اثر افزایشی است [۸].

در پژوهشی اثر مادری در صفات تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه و عملکرد دانه در بوته در گندم نان معنادار بود [۴]. در بررسی چگونگی توارث‌پذیری صفات فیزیولوژیک طول و سرعت پرشدن دانه در ارقام گندم نان، به کمک روش دی‌آلل دریافتند که اثر افزایشی ژن‌ها اهمیت بیشتری در رابطه با تأثیرات غیرافزایشی در توارث این صفات دارد و بنابراین، استفاده از روش‌های انتخاب به‌منظور بهبود ژنتیکی این صفات توصیه شد [۸]. بررسی چگونگی عمل ژن‌ها و ترکیب‌پذیری ارقام و لاین‌های گندم نان نشان داد که صفات فیزیولوژیک سطح برگ پرچم و سرعت و طول دورهٔ پرشدن دانه تحت تأثیر هر دو اثرافزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها بود که در این میان اثر غیرافزایشی سهم بیشتری داشت [۶].

بررسی نتایج تلاقی گندم‌های پاییزه و بهاره نشان دادند که صفات تعداد روز تا گلدهی و ارتفاع بوته، تحت کنترل اثر افزایشی ژن است [۹]، بنابراین ایجاد مقاومت به خشکی در گندم و حصول بیشترین عملکرد آن هدفی مهم در برنامه‌های اصلاحی ملی و بین‌المللی است. ازآنجاکه برای انجام موفقیت‌آمیز هر برنامهٔ اصلاحی در گیاهان، اطلاع از ساختار ژنتیکی گیاه مطالعه‌شده ضرورت دارد، هدف پژوهش حاضر، بررسی قابلیت ترکیب‌پذیری و چگونگی کنترل ژنتیکی صفات برای انتخاب صحیح لاین‌ها و ارقام در برنامه‌های اصلاحی است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، طی سال‌های ۱۳۹۰ـ ۱۳۹۲ انجام شد. در این آزمایش، سه لاین امیدبخش WS-82-9، D-N-11 و M-86-4 و دو رقم گندم نان گاسپارد و چمران به‌صورت طرح دی‌آلل یک‌طرفه با یکدیگر تلاقی داده شدند. چگونگی انتخاب این ژنوتیپ‌ها براساس میزان مقاومت و حساسیت آن‌ها به تنش خشکی بود. لاین‌های WS-82-9 و D-N-11 (متحمل)، لاین M-86-4 و رقم چمران (نیمه‌متحمل) و رقم گاسپارد (حساس) به تنش خشکی بودند. نتایج آن‌ها به همراه والدین در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در کرت‌هایی به طول ۲ متر و عرض ۶۰ سانتی‌متر در سه تکرار کشت شد.

آبیاری مزرعه پس از کشت تا مرحلهٔ ۵۰ درصد گلدهی ادامه یافت و برای ایجاد تنش خشکی بعد از این مرحله، آبیاری صورت نگرفت. از ژنوتیپ‌های مزبور پنج صفت به‌منظور برآورد ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی و نوع عمل ژن‌ها، با استفاده از میانگین ۱۰ نمونه برای هر صفت ارزیابی شد. این صفات تعداد دانه در سنبله، تعداد گلچه‌های عقیم، عملکرد دانه، وزن هزاردانه و تعداد روز تا گلدهی بودند. تجزیهٔ واریانس اولیهٔ داده‌ها براساس مدل آماری طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. مقایسهٔ میانگین لاین‌ها و ارقام روی صفات بررسی‌شده، با استفاده از آزمون دانکن انجام پذیرفت. تجزیه و تحلیل ژنتیکی براساس روش دو مدل B مختلط گریفینگ (۱۹۵۶)، وتجزیهٔ داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری [Diallel-SAS05] انجام گرفت [۱۶]. اثر ترکیب‌پذیری عمومی

والدین (gi) و ترکیب‌پذیری خصوصی برای دورگ‌ها (Sij) محاسبه شد و آزمون معناداربودن آن‌ها با استفاده از توزیع t استیودنت انجام گرفت. همچنین از تقسیم واریانس ترکیب‌پذیری عمومی به خصوصی و تست آن با آزمون F به‌طور تقریبی نوع تأثیر ژن‌ها مشخص شد. مقادیر واریانس افزایشی و غالبیت و نیز وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی برای صفات مختلف برآورد شد.

نتایج و بحث

اساس گزینش والدین در اصلاح نباتات بر شناخت میزان و ارزش ژنوتیپی صفات استوار است. ارزیابی تنوع ژنتیکی موجود در یک جمعیت و همچنین انتخاب مؤثر والدین و روش‌های اصلاحی با بهره‌گیری از تکنیک‌های آماری انجام می‌شود. برای برآورد تنوع ژنتیکی از تکنیک تجزیهٔ واریانس و برای تخمین اجزای واریانس ژنتیکی از طرح‌هایی نظیر دی‌آلل استفاده می‌شود. در تحقیق حاضر، براساس نتایج تجزیهٔ واریانس، صفات تعداد دانه در سنبله، تعداد روز تا گلدهی، عملکرد دانه، وزن هزاردانه در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بودند. معنادارشدن صفات بر وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های بررسی‌شده و امکان تجزیه و تحلیل ژنتیکی صفات از طریق روش‌های بیومتریک دلالت دارد. از این‌رو تجزیه و تحلیل ژنتیکی صرفاً روی صفاتی انجام پذیرفت که در تجزیهٔ واریانس معنادار شدند (جدول ۱).

تجزیهٔ دی‌آلل اطلاعات مفیدی در خصوص رفتار و چگونگی کنترل ژنتیکی صفات کمی، تعیین تأثیرات قابلیت ترکیب‌پذیری و تعیین کارآمدی به‌نژادی در بهبود صفت و همچنین شناسایی ژنوتیپ‌های برتر و نگهداری آن‌ها به‌عنوان والد در برنامهٔ اصلاحی فراهم می‌سازد. براساس نتایج به‌دست‌آمده، میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی برای تمامی صفات در سطح احتمال ۱ درصد معنادار شد که بیانگر اختلاف والدین مختلف از نظر ترکیب‌پذیری عمومی و همچنین امکان انتخاب یک ترکیب‌شوندهٔ مناسب برای شرکت در تلاقی و نشان‌دهندهٔ تأثیر عمل اثر افزایشی ژن در کنترل این صفات است. میانگین مربعات ترکیب‌پذیری خصوصی به‌جز صفت تعداد گلچه‌های عقیم در سنبله در باقی صفات در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود که بیانگر تأثیر عمل غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل صفات یادشده است.

جدول ۱. تجزیهٔ واریانس ساده و دی‌آلل برای صفات ارزیابی‌شده در والدین و دورگ‌ها در شرایط تنش خشکی

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	تعداد دانه در سنبله	تعداد گلچه‌های عقیم در سنبله	تعداد روز تا گلدهی	عملکرد دانه (g)	وزن هزاردانه (g)
ژنوتیپ	۱۵	۳۶/۲۸**	۵/۵۴**	۸/۳۱**	۱۴۷/۳۱**	۳۲/۷۴**
قدرت ترکیب‌پذیری عمومی	۴	۴۵/۹۱**	۳۵/۸۶**	۵/۳۵**	۲۳/۳۴**	۵۷۹/۹**
قدرت ترکیب‌پذیری خصوصی	۱۴	۸/۷۸**	۲۰/۴۲	۴/۴۹**	۴/۴۴**	۴۹۶/۹۲**
اشتباه آزمایشی	۳۳	۹/۷۵	۲۱/۵۷	۲/۱۰۱	۲/۷	۱۱/۲۹
نسبت قدرت ترکیب‌پذیری عمومی به خصوصی	-	۵/۲۲**	۱/۶۶**	۰/۶۸	۵/۵۷**	۱/۲۰۳**
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۰/۷۱	۱۴/۸۲	۱۲/۸۲	۱۵/۱۲۴	۱۳/۱۴

ns، * و ** به‌ترتیب معنادارنبودن و معناداری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۲. میانگین صفات بررسی‌شده در سه لاین و دو رقم گندم نان در شرایط تنش خشکی با استفاده از آزمون دانکن

والدین	تعداد دانه در سنبله	تعداد گلچه‌های عقیم در سنبله	تعداد روز تا گلدهی	عملکرد دانه (gr)	وزن هزاردانه (gr)
گاسپارد	۴۰^{ab}	۲۰^{a}	۱۶۴^{ab}	۸/۷^{ab}	۳۷^{c}
WS-82-9	۴۲^{a}	۱۴^{c}	۱۶۷^{a}	۱۱/۲^{a}	۵۴^{a}
D-N-11	۴۱^{ab}	۱۷^{ab}	۱۶۶^{ab}	۱۰/۴۷^{a}	۴۶^{ab}
چمران	۳۹^{ab}	۱۶^{ab}	۱۶۳^{ab}	۹/۷۵^{ab}	۳۹^{ab}
M-86-4	۴۴^{a}	۱۸^{ab}	۱۶۰^{b}	۱۰^{ab}	۳۸^{ab}

در هر ستون، اعدادی که حروف مشابه ندارند، اختلاف معنادار دارند (P< ۰/۰۵).

براساس نتایج تأثیرات ترکیب‌پذیری عمومی رقم گاسپارد و لاین‌های WS-82-9، D-N-11 و چمران مثبت بود که بیانگر تأثیرات افزایشی ژن‌ها است، بنابراین از رقم گندم گاسپارد و لاین‌های WS-82-9، D-N-11 که عملکرد دانهٔ بیشتر و ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنادار دارند، می‌توان در برنامه‌های اصلاحی مبتنی بر انتخاب برای افزایش عملکرد دانه استفاده کرد (جدول ۱). دامنهٔ تغییرات عملکرد دانه برای والدها از ۸/۷۵ تا ۱۱/۲ گرم در بوته به‌ترتیب برای رقم‌های گاسپارد و لاین WS-82-9 بود. دامنهٔ تغییرات ترکیب‌پذیری عمومی عملکرد دانه از ۸/۳۵- تا ۲/۴۹۶ به‌ترتیب برای والد M86-4 و WS-82-9 متغیر بود (جدول ۲).

اثر ترکیب‌پذیری عمومی گندم رقم گاسپارد و لاین WS-82-9 مثبت و معنادار بود که نشان می‌دهد واریانس ژنتیکی افزایشی، جزء مهمی از واریانس قابل توارث است. بنابراین، از رقم گندم گاسپارد و لاین WS-82-9 که عملکرد دانهٔ زیاد و ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنادار دارند، می‌توان در برنامه‌های اصلاحی برای افزایش عملکرد دانه استفاده کرد. دامنهٔ تغییرات تأثیرات ترکیب‌پذیری خصوصی دورگ‌ها از نظر عملکرد دانه ۲/۵۹- برای تلاقی (۵ × ۲) تا ۳/۵۴ برای دورگ (۵ × ۴) متغیر بود. دورگ‌های (۲ × ۱)، (۳ × ۱)، (۵ × ۱)، (۳ × ۲)، (۴ × ۳) و (۵ × ۴) ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنادار دارند، برای افزایش عملکرد دانه در برنامه‌های اصلاحی دورگ‌گیری مفید خواهد بود.

تعداد دانه در سنبله

تأثیرات (g_i) برای صفت تعداد دانه در سنبله که یکی از اجزای عملکرد دانه است در لاین D-N-11 مقدار مثبت و معنادار و نشان‌دهندهٔ نقش مؤثر اثر افزایشی ژن‌ها در کنترل صفت تعداد دانه در سنبله و در لاین WS-82-9 و رقم گندم گاسپارد منفی و معنادار بود، بنابراین برای افزایش و یا کاهش عملکرد می‌توان، از این لاین و رقم در برنامه‌های دورگ‌گیری استفاده کرد. دامنهٔ تغییرات تعداد دانه در سنبله برای والدها از ۳۹ تا ۴۴ درصد به‌ترتیب برای رقم چمران و لاین M-86-4 بود. واریانس GCA و SCA در این صفت معنادار است و این نتیجه نشان می‌دهد در کنترل صفت تعداد دانه در سنبله هر دو اثر افزایشی و غیرافزایشی نقش داشت، اما با توجه به معنادار شدن نسبت میانگین مربعات GCA به SCA سهم تأثیرات افزایشی بیشتر است. به بیان دیگر، این صفت از والدین به نتاج قابل انتقال است و عمل انتخاب براساس آن را در نسل‌های اولیه بعد از تلاقی

می‌توان انجام داد. این نتایج با نتایج دیگر تحقیقات مطابقت دارد [۳ و ۴] (جدول ۱). دامنهٔ تغییرات تأثیرات ترکیب‌پذیری خصوصی دورگ‌ها از نظر صفت تعداد دانه در سنبله ۲/۶۷۴- برای تلاقی (۴ × ۳) تا ۲/۰۳۷ برای دورگ (۵ × ۲) متغیر بود. دورگ (۵ × ۲)، ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنادار داشت؛ بنابراین، برای افزایش صفت تعداد دانه در سنبله در برنامه‌های اصلاحی دورگ‌گیری مفید خواهد بود. براساس معنادار بودن (g_i) در دو جهت مثبت و منفی در صفت تعداد دانه در سنبله، می‌توان اظهار داشت که والدین قابلیت انتقال میزان بالا و پایین صفت را دارند، بدین‌صورت در مواردی که افزایش اندازهٔ یک صفت مد نظر است باید به مقادیر مثبت (g_i) توجه شود (جدول ۳).

جدول ۳. مقادیر قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی (gi) والدین برای صفات ارزیابی‌شده در شرایط تنش خشکی

والدین	تعداد دانه در سنبله	تعداد گلچه‌های عقیم در سنبله	تعداد روز تا گلدهی	عملکرد دانه (g)	وزن هزاردانه (g)
گاسپارد	-۱/۸۴**	۲/۸۲**	۲/۰۶۳**	۱/۷۵**	۱/۰۷۹^{ns}
WS-82-9	-۲/۱۷۲**	۰/۰۲۹^{ns}	-۱۵۸^{ns}	۲/۴۶۹**	۲/۲۷**
D-N-11	۲/۶۵**	۰/۱۰۶^{ns}	-۰/۲۳۳^{ns}	۰/۷۱۹^{ns}	-۰/۱۵۳^{ns}
چمران	۲/۰۵**	۰/۲۰۸^{ns}	-۰/۷۷۷**	-۱/۷۹**	۱/۵۵۰^{ns}
M-86-4	۰/۵۵^{ns}	-۰/۴۰۲^{ns}	-۲۳۲^{ns}	-۸/۳۵**	-۴/۳۳۸**
LSD5%	۱/۱۷	۲/۵۸	۰/۷	۰/۷۹	۱/۶۲
LSD1%	۱/۵۳	۳/۴	۰/۹۲	۱/۴۰	۲/۱۴
S.E(g_i)	/۷۷	۱/۱۴	۰/۳۵	۰/۴۰	۰/۸۳

ns، * و ** به‌ترتیب معنادارنبودن و معناداری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

تعداد گلچه‌های عقیم در سنبله

کمترین تأثیرات (gi) دربارهٔ لاین M-86-4 و بیشترین اثر (gi) در گندم رقم گاسپارد بود و با توجه به تأثیر مثبت کم‌بودن تعداد گلچه‌های عقیم در شرایط تنش خشکی می‌توان از این لاین و رقم به‌ترتیب برای کاهش و افزایش تعداد گلچه‌های عقیم و به‌تبع آن میزان عملکرد زیاد بهره جست. دامنهٔ تغییر تأثیرات ترکیب‌پذیری خصوصی دورگ‌ها از نظر صفت تعداد گلچه‌های عقیم در سنبله ۶/۷۴۶- برای تلاقی (۵ × ۳) تا ۱/۰۷ و برای گندم رقم گاسپارد متغیر بود (جدول ۳). دورگ‌های (۴ × ۲) و (۵ × ۳) برای صفت یادشده کمترین مقدار (Sij) را داشتند. بنابراین، برای کاهش تعداد گلچه‌های عقیم در سنبله در برنامه‌های اصلاحی و دورگ‌گیری توصیه می‌شوند. معناداربودن نسبت MS(GCA)/MS(SCA)، در صفت

تعداد گلچه‌های عقیم، سهم بیشتر اثر افزایشی ژن‌ها را مشخص می‌کند. به بیان دیگر، این صفت از والدین به نتاج قابل انتقال است و پاسخ به گزینش و عمل انتخاب را در نسل‌های اولیهٔ بعد از تلاقی ممکن می‌سازد (جدول ۱). نتایج این پژوهش با گزارش سایر محققان مطابق است [۳، ۴ و ۱۲]. میزان وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی این صفت در شرایط تنش خشکی به‌ترتیب ۲۳ و ۴۴ درصد بود.

تعداد روز تا گلدهی

براساس نتایج تجزیهٔ واریانس صفت تعداد روز تا گلدهی در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۱) و این بر وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های بررسی‌شده و امکان تجزیه و تحلیل ژنتیکی از طریق روش‌های بیومتریک دلالت دارد. تنوع ژنتیکی زیاد بین ژنوتیپ‌ها امکان بهبود صفات در آینده را فراهم می‌آورد و به‌طور خاص میزان تنوع ژنتیکی در تعیین سودمندی انتخاب مؤثر است (۱۳). دامنهٔ تغییرات این صفت برای والدین بین ۱۶۰ تا ۱۶۷ روز به‌ترتیب برای لاین M-86-4 و WS-82-9 بود.

دامنهٔ تغییر تأثیرات ترکیب‌پذیری عمومی بین منفی ۰/۷۷۷ تا مثبت ۰/۰۶۳ برای دو رقم چمران و گاسپارد متغیر بود، درصورتی‌که هدف از اصلاح زودرسی و فرار از خشکی باشد، استفاده از ارقام با تعداد روز تا گلدهی کمتر مناسب خواهد بود. دورگ‌های (۲ × ۱) و (۵ × ۱) به‌ترتیب کمترین و بیشترین طول روز تا گلدهی بودند (جدول ۳) و این امر می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی مبتنی بر دورگ‌گیری مفید باشد. واریانس GCA و SCA در این صفت معنادار است و نشان می‌دهد در کنترل صفت تعداد روز تا گلدهی هر دو اثر افزایشی و غیرافزایشی نقش داشته است، اما معنادارنشدن نسبت میانگین مربعات GCA به‌SCA نشان‌دهندهٔ نقش برابر و توأم هر دو اثر افزایشی و غیرافزایشی در کنترل این صفت در شرایط تنش خشکی است. این نتیجه با یافته‌های تحقیقات دیگر مطابقت دارد [۸ و ۹].

وزن هزاردانه

دامنهٔ تغییرات وزن هزاردانه برای والدین از ۳۶ تا ۵۴ گرم به‌ترتیب برای والد گاسپارد و لاین WS-82-9 بود. دامنهٔ تغییرات ترکیب‌پذیری عمومی از نظر وزن هزاردانه ۴/۳۲۸- تا ۲/۵۴ به‌ترتیب برای لاین M-86-4 و WS-82-9 متغیر بود (جدول ۳). اثر ترکیب‌پذیری عمومی والدین WS-82-9 و چمران برای صفت وزن هزاردانه مثبت بود که بیانگر نقش بیشتر اثر افزایشی ژن‌ها در این لاین و رقم است. بنابراین، از لاین WS-82-9 و رقم چمران که وزن هزاردانهٔ زیاد و ترکیب‌پذیری مثبت و معنادار داشتند می‌توان در برنامه‌های اصلاحی مبتنی بر انتخاب برای افزایش عملکرد دانه استفاده کرد. دامنهٔ تغییرات ترکیب‌پذیری خصوصی دورگ‌ها از نظر وزن هزاردانه ۶/۲۷- تا ۷ و ۱ تا ۶/۵۵ به‌ترتیب لاین‌های ۵ × ۳ و ۳ × ۲ متغیر بود. دورگ‌های ۵ × ۳، ۵ × ۴، ۴ × ۲ و ۵ × ۱ که ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنادار دارند (جدول ۴)، دلالت بر سهم زیاد اثر غیرافزایشی در کنترل آن دارد. استفاده از این لاین‌ها در برنامه‌های اصلاحی مبتنی بر دورگ‌گیری برای افزایش عملکرد دانه مفید خواهد بود و وراثت‌پذیری عمومی ۳۹ و خصوصی ۲۴ درصد بود (جدول ۵). با توجه به سهم اثر غیرافزایشی در کنترل صفت وزن هزاردانه، پتانسیل انتخاب برای این صفت کم خواهد بود، این نتیجه با دیگر گزارش‌ها مطابقت دارد [۱۴ و ۱۵].

جدول ۴. مقادیر قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی (S_{ij}) دورگ‌ها برای صفات ارزیابی‌شده در شرایط تنش خشکی

دورگ‌ها	تعداد دانه در سنبله	تعداد گلچه‌های عقیم در سنبله	تعداد روز تا گلدهی	عملکرد دانه (g)	وزن هزاردانه (g)
۱ × ۲	−۲/۳۱۵^{ns}	۱/۷۰^{ns}	−۲/۳۳**	۲/۶۱**	۰/۰۷^{ns}
۱ × ۳	۱/۰۷^{ns}	۰/۱۲۰^{ns}	۱/۰۷۶^{ns}	۳/۴۵**	۰/۴۷^{ns}
۱ × ۴	۰/۳۹^{ns}	۱^{ns}	−۰/۴۸۱۲^{ns}	−۰/۲۲^{ns}	−۴/۰۷*
۱ × ۵	۱/۱۶۹^{ns}	۰/۰۷۵^{ns}	۱/۷۴۰^{ns}	۲/۷۴**	۶/۲۱**
۲ × ۳	−۱/۲۷۰^{ns}	۰/۰۵۷^{ns}	−۱/۰۳۷^{ns}	۰/۰۸^{ns}	−۶/۲۷**
۲ × ۴	−۱/۰۰۹^{ns}	−۵/۷۰۷*	۰/۹۶۲^{ns}	۱/۹۸*	۴/۴۷*
۲ × ۵	۲/۰۳۷*	۰/۳۱۷^{ns}	۰/۵۲۹^{ns}	−۲/۵۹*	۰/۰۵^{ns}
۳ × ۴	^{ns}−۲/۶۷۴	−۰/۴۵^{ns}	−۰/۵۱۸^{ns}	۳/۴۱**	۰/۱۴^{ns}
۳ × ۵	۰/۲۶۵^{ns}	−۶/۷۴۶**	۰/۷۰۳^{ns}	−۰/۲۴^{ns}	۶/۵۵**
۴ × ۵	۰/۳۸۶^{ns}	۰/۴۵۷^{ns}	۰/۱۴۸^{ns}	۳/۵۴**	۴/۳۶*
LSD5%	۳/۷۴	۵/۰۶	۱/۷۴	۱/۹۶	۴/۰۴
LSD1%	۴/۹۲	۶/۶۵	۲/۳	۲/۵۸	۵/۳۶
$SE.g_{ij}$	۱/۹۱	۲/۵۸	۰/۸۹	۱/۰۲	۲/۶

ns، * و ** به‌ترتیب معنادار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد مشخصات والدین: ۱. گاسپارد؛ ۲. Ws-82-9؛ ۳. D-N-11؛ ۴. Chamran؛ ۵. M-86-4؛ ۶. M-86-6 و ۷. M-86-12.

جدول ۵. پارامترهای ژنتیکی صفات بررسی‌شده در شرایط تنش خشکی

پارامترهای ژنتیکی	تعداد دانه در سنبله	تعداد گلچه‌های عقیم در سنبله	تعداد روز تا گلدهی	عملکرد دانه (g)	وزن هزاردانه (g)
واریانس افزایشی	۷/۴۷*	۲/۷۳*	۱/۵۷^{ns}	۰/۹۲*	۴/۳۹*
واریانس غالبیت	۱۰/۶۵^{ns}	۵/۵۱*	۴/۳۴*	۱۸/۵۵*	۱۴/۵۳^{ns}
وراثت‌پذیری عمومی h_{2b}	۰/۵۲	۰/۲۳	۰/۸۰	۰/۵۸	۰/۳۹
وراثت‌پذیری خصوصی h_{2n}	۰/۳۲	۰/۴۴	۰/۵۲	۰/۲۰	۰/۲۴

* و ** به‌ترتیب معنادار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

با توجه به مقایسهٔ مقادیر وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی برای این صفات نشان می‌دهد که سه صفت تعداد دانه در سنبله، تعداد روز تا گلدهی (روز) و تعداد گلچه‌های عقیم در سنبله نسبت به دو صفت دیگر

وراثت‌پذیری بیشتری داشت، درحالی‌که دو صفت عملکرد دانه و وزن هزاردانه در مقایسه با تمام صفات مطالعه‌شده وراثت‌پذیری خصوصی کمتری دارند. این امر بیانگر بازده کم انتخاب در نسل‌های اولیه برای این صفات است (جدول ۵). معنادار بودن نسبت MS(GCA)/MS(SCA) بیشتر بودن سهم تأثیرات افزایشی ژن‌ها را دربارهٔ کلیهٔ صفات به‌جز تعداد روز تا گلدهی را مشخص می‌کند. به بیان دیگر، می‌توان گفت که این صفات از والدین به نتاج قابل انتقال است و عمل انتخاب براساس آن را در نسل‌های اولیهٔ بعد از تلاقی می‌توان انجام داد (جدول ۱). نتایج پژوهش حاضر با گزارش سایر محققان مشابهت دارد [۳، ۴، ۱۲ و ۱۳].

نتیجه‌گیری

در بین والدین لاین WS-82-9، D-N-11 و گاسپارد برای عملکرد دانه، لاین D-N-11 برای تعداد دانه در سنبله، تعداد روز تا گلدهی و لاین WS-82-9 و رقم چمران برای وزن هزاردانه بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی را نشان دادند و بهترین ترکیب‌شوندهٔ عمومی برای اصلاح صفات یادشده بودند همچنین دورگ‌های ۳ × ۲، ۴ × ۳ و۳ × ۲ برای صفت عملکرد دانه، دورگ‌های ۴ × ۳، ۵ × ۳ و ۴ × ۲ برای تعداد دانه در سنبله، دورگ‌های ۵ × ۳ و ۴ × ۲ برای گلچه‌های عقیم در سنبله، دورگ‌های ۵ × ۴، ۵ × ۱ و ۴ × ۲ برای صفت وزن هزاردانه بهترین ترکیب‌پذیری خصوصی بودند. براساس نتایج تجزیه و تحلیل GCA و SCA برای طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد روز تا گلدهی، عملکرد دانه و وزن هزاردانه هر دو جزء افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها نقش دارند. نسبت MS(SCA)/MS(SCA) در خصوص مؤثربودن هر یک از تأثیرات افزایشی و یا غالبیت ژن‌های درگیر با صفات یادشده را تأیید می‌کند. بنابراین، برای صفاتی که تحت تأثیر اثر غیرافزایشی ژن هستند، دورگ‌گیری و تولید ارقام هیبرید مناسب خواهد بود. میزان قابلیت توارث‌پذیری خصوصی برآوردشده برای صفات تعداد گلچه‌های عقیم در سنبله و تعداد روز تا گلدهی، بر سهم تأثیرات افزایشی ژن در شکل‌گیری این صفات دلالت دارد؛ بنابراین چنین صفاتی به‌راحتی از یک نسل به نسل دیگر منتقل می‌شوند و پاسخ بهتری به گزینش نشان می‌دهند. توارث‌پذیری خصوصی برای صفت عملکرد دانه ۲۰ درصد برآورد شد که بر سهم زیاد اثر غیرافزایشی ژن دلالت دارد؛ بنابراین واکنش این صفت به گزینش در مقایسه با صفاتی که تحت کنترل اثر افزایشی ژن قرار دارند، کمتر است (جدول ۵).

منابع

۱. وندا م و هوشمند س (۱۳۹۰) «ارزیابی ساختار ژنتیکی عملکرد دانه و صفات وابسته با استفاده از روش دی‌آلل در ژنوتیپ‌های گندم دوروم». علوم زراعی ایران. ۱۳(۱): ۲۱۸-۲۰۶.

2. Barnlard AD, Labuschagne MT and Van Niekerk HA (2001) Heritability estimates of bread wheat quality traits in the Western Cape Province of South Africa. Euphotic. 127: 115-122.

3. Budak N (2001) Genetic analysis of certain quantitative traits in the F2 generation of an 8 × 8 diallel of durum wheat population. Turkish Journal Field Crops. 38: 63-70.

4. Chowdhary MA, Sajad M and Ashraf MI (2007) Analysis on combining ability of metric traits in bread wheat (Triticum aestivum). Agriculture. Resource. 45: 11-17.

5. Ghannadha MR (1999) Generations of wheat (adult stage) to yellow (stripe) rust. Iranian Journal of Agriculture Science. 30: 408- 422.

6. Joshi AK, Mishra B, Chatrath R, Ortiz-Ferrara G and Singh RP (2007) Wheat improvement in India: Present status, emerging challenges and future prospects. Euphotic. 153: 135-151.

7. Joshi SK, Sharma SN, Sighania DL and Sain RS (2004) Combining ability in the F1 and F2 generations of diallel cross in hexaploid wheat (Triticum aestivum L.). Herodias. 41(2): 115-121.

8. Kamaluddin R, Singh M, Prasad LC, Abdin MZ and Joshi AK (2007) Combining ability analysis for grain filling duration and yield traits in spring wheat (Triticum aestivum L. em. Thell.). Genetics and Molecular Biology. 30: 411-416.

9. Kant L, Mani VP and Gupta HS (2001) Winter × spring wheat hybridization - A promising avenue for yield enhancement. Plant Breed. 120: 255-258.

10. Khan AS and Habib I (2003) Gene action in a five parent diallel crosses of spring wheat (Triticum aestivum L.). Pakistan Jounal Biologyia Science. 6: 1945-1948.

11. Nazan, D. 2008. Genetic analysis of grain yield per spike and some agronomic traits in diallel crosses of bread wheat (Triticum aestivum L.). Turkish Journalof Agriculture Forest. 32: 249-258.

12. Singh H, Sharma SN and Sain RS (2004) Combining ability for some quantitative characters in hexaploid wheat (Triticum aestivum L. em. Thell). Crop Science. 45: 68-72.

13. Subhashchandra B, Lohithaswa HC, Desai AS and Hanchinal RR (2009) Assessment of genetic variability and relationship between genetic diversity and transgressive segregation in tetraploid wheat. Karnataka Jounal of Agriculture Science. 22 : 36-38.

14. Topal A, Aydin C, Akgun N and Babaoglu M (2004) Diallel crosses analysis in durum wheat: Identification of best parents for some kernel physical features, Field Crops Resources. 87: 1-12.

15. Yao J, Yao G, Yang X, Qian C and Wang S (2004) Analysis on the combining ability and heritability of the spike characters in wheat. Acta Agricultura Shanghái. 20: 32-36.

16. Zhang Y, Kang MS and Lamky RK (2005) DIALLEL-SAS05: A Comprehensive program for Griffings and Gardner-Eberhart Analyses. Agronomy. 97: 1097-1106.