

برآورد هتروزیس در هیبریدهای F_1 گندم دوروم تحت شرایط مزرعه

الهام فراهانی و احمد ارزانی*

(تاریخ دریافت: ۸۵/۷/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۲/۱۸)

چکیده

این پژوهش به منظور برآورد هتروزیس در ۱۲ هیبرید F_1 گندم دوروم با استفاده از صفات زراعی و مورفولوژیک انجام گردید. گزینش والدین براساس فاصله ژنتیکی برآورد شده طی دو سال آزمایش مزرعه‌ای انجام و سپس با تلاقی والدین، هیبریدهای F_1 آنها تولید شد. بدین منظور ۲۳ ژنوتیپ (شامل ۱۱ والدین و ۱۲ هیبریدهای F_1) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۸۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، واقع در لورک نجف‌آباد ارزیابی شدند. صفات زراعی تعداد روز تا ۵۰٪ خوشه‌دهی، تعداد روز تا ۵۰٪ گرده‌افشانی، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در خوشه، وزن دانه در خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت در کلیه ژنوتیپ‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس تفاوت‌های معنی‌داری را بین والدین، هیبریدهای F_1 و والد در برابر تلاقی برای تمام صفات نشان داد که بیانگر تناسب ژرم پلاسما مورد مطالعه و وجود هتروزیس بوده است. برآورد ارزش هتروزیس براساس مقایسه با والد برتر نشان داد که هیبریدهای $H_{Eupoda6 \times Chahba88}$ و $H_{PI40100 \times PI40099}$ به طور معنی‌داری از نظر رسیدگی و زودرس بودن بالاترین مقادیر هتروزیس را داشته‌اند. ضمن این که بیشترین درصد هتروزیس از نظر صفات عملکرد دانه و اجزای عملکرد در بین ۱۲ هیبرید مورد بررسی به هیبریدهای $H_{Altar84/Ald \times Chahba88}$ ، $H_{Eupoda6 \times Mexi75/Vic}$ و $H_{Buchen7 \times Chahba88}$ اختصاص داشت. ارقام والدینی که توانایی و پتانسیل کافی برای تولید هیبریدهای با عملکرد مطلوب دارند عبارت‌اند از: ژنوتیپ‌های $Eupoda6$ ، $Odin12$ ، $Altar84/Ald$ و $45063Karaj$ در تلاقی با ژنوتیپ $Mexi75/Vic$ و هم‌چنین ارقام $Buchen7$ و $Altar84/Ald$ در تلاقی با $Chahba88$.

واژه‌های کلیدی: هتروزیس، گندم دوروم، هیبرید F_1 و عملکرد دانه

مقدمه

دوروم یا گندم ماکارونی (با ژنوم *Triticum. turgidum* L. subsp. *durum* Desf. ($2n = 4x = 28$ AABB) به عنوان یک محصول غذایی با اهمیت، سطح کشت جهانی معادل ۳۰ میلیون هکتار دارد (۱ و ۱۴). خصوصیات گلوتن سنگین، خمیر غیرچسبنده و سنگین این نوع گندم، آن را برای تهیه محصولات پاستا

گندم مهم‌ترین گیاه زراعی است که در سطح گسترده‌ای از جهان تولید می‌شود. دامنه سازگاری و اهمیت انواع مختلف گندم را می‌توان از این واقعیت استنباط کرد که این گیاه در هر ماه از سال در یکی از نقاط جهان در حال برداشت است. گندم

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استاد زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: a_arzani@cc.iut.ac.ir

از جمله ماکارونی و اسپاگتی مناسب ساخته است (۱).

هتروزیس یا برتری هیبرید F_1 ، نتیجه تلاقی بین نژادها و یا بین واریته‌های مختلف که در اصلاح گیاهان و جانوران حائز اهمیت می‌باشد. هیبریدها یا نسل اول گیاهان تولید شده بعد از یک تلاقی اغلب بینه هیبریدی یا هتروزیس برای عملکرد نشان می‌دهند و بدین ترتیب نمود کلی گیاه بهبود می‌یابد. استفاده از هتروزیس در غلات خودگرد افشان همانند گندم از طریق ایجاد هیبرید همواره مورد توجه به‌نژادگران بوده است (۷).

یکی از مهم‌ترین پیشرفت‌های علم اصلاح نباتات در سال‌های اخیر، گسترش استفاده از هتروزیس در بسیاری از گیاهان زراعی و از جمله گندم برای افزایش عملکرد می‌باشد. به طوری که امروزه استفاده تجاری از بازده هتروزیس در مورد گیاهان خودگشن نیز مورد توجه قرار گرفته است. بینه هیبریدی گیاهان F_1 به آسانی در گندم قابل شناسایی است اگرچه تعداد اندکی از تلاقی‌ها افزایش قابل توجهی را در بینه نشان می‌دهند. اما این واقعیت که ارقام خالص می‌توانند به آسانی تولید و آزمایش شوند مزیت گندم نسبت به گیاهان زراعی دگرگرده‌افشان را نشان می‌دهد. کوشش بر روی ایجاد گندم هیبرید نه تنها به شناسایی تولید هیبریدهای با عملکرد بالاتر می‌انجامد، بلکه ارقام والدی برتر برای کاشت ارقام تجاری خالص را نیز معرفی می‌نماید. اصلاح‌کنندگان گندم عملکرد هیبرید را برحسب اختلافات ژنتیکی بین والدین یک تلاقی، توانایی برای ترکیب دو والد و یا بر حسب میزان نسبی پیشرفت در بهبود عملکرد در اثر اصلاح متداول یا برنامه‌های هیبرید نشان می‌دهند (۷). بیتزر و نیکوئیست (۳) اظهار داشتند که هیبرید موفق گندم غالباً از تلاقی والدین با عملکرد بالا به دلیل برتری آثار ترکیب‌پذیری خصوصی به دست می‌آید. گندم هیبرید باید حاصل برنامه اصلاح هیبریدها شامل انتخاب والدین برتر و دقیقاً ارزیابی شده برای تنوع ژنتیکی و ترکیب‌پذیری باشد. ارقام والدینی برتر باید هیبریدهای بهتری تولید کنند تا بتوانند به عنوان جایگزین ارقام حاصل از روش‌های به‌نژادی متداول استفاده شوند. بنابراین برنامه‌های اصلاح هیبریدها و برنامه‌های متداول در یک زمان مکمل هم هستند.

اگرچه غلات هیبرید امیدوارکننده هستند ولی نباید در آینده به عنوان تنها روش اصلاحی در نظر گرفته شوند. اصلاح نباتات با روش‌های متداول هم‌چنان سهم زیادی در تولید تجاری و گسترش ایجاد و کشت هیبریدها دارند. این نظر با این گفته که روزی تمام گیاهان زراعی هیبرید خواهند بود منافاتی ندارد (۵). در نهایت باید به این نکته اشاره کرد اگرچه تولید هیبرید گندم دوروم در مقیاس تحقیقاتی امکان‌پذیر است اما تولید هیبریدهای تجاری آن تلاش‌های زیادی را می‌طلبد (۱۳). شارما و همکاران (۲۵) نسبت به برآورد هتروزیس در تعدادی از ارقام و لاین‌های گندم دوروم اقدام نموده هتروزیسی با دامنه ۱۰ و ۶۸/۸ درصد را در تلاقی‌های مورد بررسی برای عملکرد دانه گزارش نمودند. ماتوز و بکه (۲۲) به مطالعه هتروزیس برای صفات مرتبط با کیفیت دانه پرداخته و هتروزیس منفی و یا مثبت برای صفات مزبور برآورد نمود.

سینگ و بهل (۲۸) در بررسی تنوع ژنتیکی در ارقام گندم نان و هیبرید آنها، درصد هتروزیس نسبت به میانگین والدین را برای صفات تعداد پنجه، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه گزارش کردند. آنها درصد هتروزیس برای عملکرد دانه را ۵۶/۴ درصد نسبت به میانگین والدین برآورد نمودند. بریجل (۷) در نتایج مطالعات وسیع خود وجود هتروزیس نسبی (میانگین والدین) و والد برتر برای عملکرد دانه و دیگر صفات زراعی در گندم را گزارش کرد. به طوریکه هتروزیس عملکرد دانه در دامنه‌ای از ۰ تا ۱۰۰ درصد نسبت به میانگین والدین متغیر بود. پلیسکاک (۲۴) در گندم نان افزایش ۵ تا ۲۱ درصدی عملکرد دانه و نیز افزایش ۱۵ درصدی صفت وزن هزار دانه را در هیبریدها نسبت به ارقام والدینی مشاهده کرد. چو و چیانگ (۱۰) در گندم نان برای عملکرد دانه در هیبریدهای F_1 حد اکثر هتروزیسی برابر ۸۸ درصد نسبت به میانگین والدین افزایش یافته است. مطالعات دیگری نیز وجود اثرات هتروزیس در گندم نان را گزارش نموده‌اند (۶، ۲۷ و ۳۰). فابریاز و همکاران (۱۵) با مطالعه فاصله ژنتیکی تعداد زیادی ژنوتیپ و تلاقی‌های حاصل از آنها نشان دادند که اگرچه

جدول ۱. ژنوتیپ‌های گندم دوروم مشتمل بر ۱۱ والد و ۱۲ هیبرید مورد استفاده

ردیف	نام ژنوتیپ	ردیف	نام ژنوتیپ	ردیف	نام ژنوتیپ
۱	Mexi75/Vic	۹	PI 40099	۱۷	H _{PI 40100 × PI 40099}
۲	Altar 84/ Aos	۱۰	Rascon 39	۱۸	H _{Altar 84/Ald × Chahba 88}
۳	Altar 84/ Ald	۱۱	PI 40100	۱۹	H _{Eupoda 6 × Chahba 88}
۴	45063 Karaj	۱۲	H _{Odin 12 × Mexi75/Vic}	۲۰	H _{Eupoda 6 × Mexi75/Vic}
۵	Eupoda 6	۱۳	H _{Rascon 39 × Mexi75/Vic}	۲۱	H _{45063 Karaj × Mexi75/Vic}
۶	Odin 12	۱۴	H _{Altar 84/ Aos × Chahba 88}	۲۲	H _{Altar 84/Ald × Mexi75/Vic}
۷	Rascon 39	۱۵	H _{Buchen 7 × Chahba 88}	۲۳	H _{45063 Karaj × Chahba 88}
۸	Chahba 88	۱۶	H _{Odin 12 × Chahba 88}		

هتروزیس از ترکیب والدینی با فاصله ژنتیکی بیشتر مورد انتظار می‌باشد، اما در مطالعه آنها فاصله ژنتیکی برآورد شده بین والدین نشان‌دهنده میزان هتروزیس و ترکیب هیبریدی برتر نبوده است (۱۵). امروزه با توجه به این‌که از طریق روش‌های متداول به‌نژادی به ویژه هیبریداسیون مبتنی بر روش‌های انتخاب به طور نسبتاً کاملی از تنوع ژنتیکی نمونه‌برداری شده است، استفاده تجاری از بازده هتروزیس در مورد گیاهان خودگشن مورد توجه قرار گرفته است (۵).

در این راستا، پژوهش حاضر به برآورد هتروزیس در هیبریدهای F₁ گندم دوروم تحت شرایط مزرعه پرداخته است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در آبان ماه سال ۱۳۸۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان (لورک، نجف‌آباد) اجرا گردید. مواد ژنتیکی مورد بررسی شامل ۲۳ ژنوتیپ گندم دوروم مشتمل بر ۱۱ ژنوتیپ از ارقام و لاین‌های تهیه شده از مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج و مرکز بین‌المللی اصلاح گندم و ذرت در مکزیک (سیمیت) که با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی دو سال (۱۳۷۹ و ۱۳۸۰) بر اساس صفات زراعی و مورفولوژیک دارای بیشترین فاصله ژنتیکی بودند، از بین ۳۰۰ لاین انتخاب شدند (جدول ۱). عملیات اخته کردن و تلاقی والدین انتخابی در سال ۱۳۸۱ انجام شد و ۱۲ هیبرید F₁

حاصل در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت.

ارزیابی ژنوتیپ‌های والدین و هیبریدهای گندم دوروم با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. هر کرت آزمایشی شامل سه ردیف کاشت به طول ۲ متر و با فاصله خطوط ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بین کرت‌ها حدود ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در اینجا ذکر این نکته ضروری است که با توجه به محدودیت بذر در هیبریدهای F₁، از سه ردیف کشت شده فقط ردیف وسطی به هیبرید اختصاص داشت و دو ردیف حاشیه‌ای آن در هر کرت آزمایشی رقم شوا کشت گردید. صفات تعداد روز تا ۵۰٪ خوشه‌دهی، تعداد روز تا ۵۰٪ گرده‌افشانی، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، طول سنبله (سانتی‌متر)، تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله (گرم)، وزن هزار دانه (گرم)، عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)، عملکرد دانه (تن در هکتار) و شاخص برداشت اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل‌های آماری

برآورد هتروزیس در هیبریدهای مورد مطالعه از طریق هتروزیس براساس میانگین والدین و هتروزیس براساس والد برتر انجام گرفت (۲۱).

$$\text{MPH} = \frac{(F_1 - mp)}{100} \times (\%) \text{ هتروزیس میانگین والدین (MPH)}$$

$$\text{BPH} = \frac{(F_1 - hp)}{100} \times (\%) \text{ هتروزیس نسبت به والد برتر (BPH)}$$

اگرچه والد برتر در هر تلاقی، در مورد صفاتی که افزایش آنها مطلوب بود (والدی که بیشترین میانگین صفت را داشت) و در مورد صفاتی که کاهش آنها مطلوب می‌باشد (والدی که میانگین کمتر صفت را دارا بود) به عنوان والد برتر در نظر گرفته شد. بدین ترتیب برای صفات تعداد روز تا ۵۰٪ خوشه‌دهی، تعداد روز تا ۵۰٪ گرده‌افشانی و تعداد روز تا رسیدگی میزان هتروزیس از والد کمتر محاسبه گردید. تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده روش GLM از نرم‌افزار کامپیوتری اس. آ. اس انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تمام صفات اختلاف معنی‌داری را بین والدین و هیبریدهای F_1 نشان داد که این بیانگر تنوع نسبتاً مناسب موجود در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بوده است (جدول ۲). ضمن این‌که وجود هتروزیس برای همه صفات مورد بررسی از لحاظ میانگین والدین و با در نظر گرفتن میانگین دوازده هیبرید (جدول ۳) و وجود هتروزیس برای اغلب صفات در بیشتر هیبریدها در هنگامی که والد برتر در نظر گرفته شد (جدول ۴)، مورد تأیید قرار گرفت. با توجه به اهداف اصلاحی، در محاسبه مقادیر هتروزیس نسبت به والد برتر برای صفات تعداد روز تا ۵۰٪ خوشه‌دهی، تعداد روز تا ۵۰٪ گرده‌افشانی و تعداد روز تا رسیدگی به جای استفاده از والد دارای میانگین برتر از والد با میانگین کمتر استفاده شد. کرسی و پونی (۱۹) نیز در تفسیر هتروزیس براساس والد برتر به ارجح بودن استفاده از والد دارای میانگین کمتر برای خصوصیتی همانند تعداد روز تا رسیدگی اشاره نموده‌اند.

میانگین مقادیر صفات فنولوژیک در هیبریدهای F_1 مورد بررسی کمتر از ارزش این صفات در والدینشان بود (جدول ۳). به طوری‌که تفاضل میانگین صفات تعداد روز تا ۵۰٪ خوشه‌دهی، تعداد روز تا ۵۰٪ گرده‌افشانی و تعداد روز تا رسیدگی در کل هیبریدهای F_1 و ارقام والدینی به ترتیب برابر

۴/۸، ۱/۴- و ۰/۶- روز بوده است. هتروزیس برای صفات فنولوژیک منفی و در برخی از هیبریدها معنی‌دار بود. مطابق با جدول ۴ صفت تعداد روز تا ۵۰٪ خوشه‌دهی در همه هیبریدها هتروزیس منفی نشان داد. هتروزیس برای این صفت بر اساس میانگین والدین و والد برتر به ترتیب دارای میانگین ۲/۲- و ۳/۴- درصد بوده است. هم‌چنین متوسط هتروزیس براساس میانگین والدین و والد برتر برای صفت تعداد روز تا ۵۰٪ گرده‌افشانی به ترتیب معادل ۰/۶- و ۱/۱- درصد بود. متوسط هتروزیس بیان شده توسط ۱۲ هیبرید مورد مطالعه برای صفت تعداد روز تا رسیدگی بر پایه میانگین والدین و والد برتر به ترتیب معادل ۰/۵- و ۱/۰- درصد می‌باشد. بیشترین هتروزیس نسبی و والد برتر معنی‌دار برای این صفات به هیبرید $H_{P140100 \times P140099}$ تعلق داشت. بدین ترتیب می‌توان اظهار نمود که وجود هتروزیس منفی در صفات فنولوژیک بیانگر وجود کاهش در تعداد روز تا خوشه‌دهی، گرده‌افشانی و رسیدگی در هیبریدهای F_1 نسبت به ارقام والدینی بوده و این هیبریدها از والدین خود زودرس‌تر می‌باشند. باربوزا و همکاران (۲) در مطالعه برآورد هتروزیس در گندم مشاهده نمودند که صفت تعداد روز تا خوشه‌دهی در سه سال متوالی دارای هتروزیس نسبی و والد برتر معادل ۲- و ۵- درصد در سال اول، ۱- و ۲- درصد در سال دوم و ۲- و ۵- درصد در سال سوم بوده است. کوربیلینی و همکاران (۱۱) با مطالعه هتروزیس در گندم و با اندازه‌گیری صفات زراعی بیان داشتند که صفت تعداد روز تا خوشه‌دهی دارای هتروزیس نسبی معادل ۰/۷-، ۱/۵- و ۲/۳- درصد و هتروزیس نسبت به والد برتر معادل ۲/۳-، ۲/۴- و ۲/۶- درصد بوده و به طور میانگین هیبریدهای F_1 زودرس‌تر از والدین خود می‌باشد. بیتزر و فو (۴) در مطالعه تعیین هتروزیس در هیبریدهای به دست آمده از تلاقی والدین گندم قرمز نرم زمستانه مشاهده کردند که فقط یک هیبرید به طور معنی‌داری زودرس‌تر از والد زودرس بود و روز تا خوشه‌دهی کمتری نسبت به میانگین والدین داشت.

هیبریدهای F_1 مورد بررسی به طور میانگین بلندتر از

جدول ۴. درصد هتروزیس نسبت به میانگین والدین (MPH) و والد برتر (BPH) در ۱۲ هیبرید F₁ برای صفت زراعی مورد مطالعه

نام هیبرید		روز تا ۵٪		٪		٪		٪		٪	
BPH	MPH	BPH	MPH	BPH	MPH	BPH	MPH	BPH	MPH	BPH	MPH
۱۵/۵	۱۵/۷	۱۰/۴	۱۱/۲	۱۱/۴	۱۲/۲**	-۰/۵	-۰/۳	-۰/۵	-۰/۱	-۲/۰	-۰/۶
۹/۹**	۱۳/۷	۲/۶**	۵/۵**	۶/۴**	۸/۵*	-۰/۳	-۰/۲	-۰/۲	-۰/۱	-۰/۶	-۰/۴
۷/۰*	۱۰/۸	-۳/۷**	۷/۵**	-۴/۸**	۷/۵*	-۲/۱**	-۱/۶*	-۴/۸**	-۳/۰**	-۸/۳**	-۵/۴**
۸/۳*	۹/۷	۱/۱**	۵/۵**	۱/۷	۱۰/۱**	-۱/۲**	-۰/۴	-۰/۵	-۰/۲	-۴/۱**	-۲/۴**
-۶/۸	۴/۱	۳/۰**	۳/۷**	۵/۵**	۸/۵*	-۱/۸**	-۱/۳*	-۱/۸**	-۱/۷**	-۴/۹**	-۲/۱**
۱۰/۶**	۱۶/۵	۶/۷**	۸/۸**	۷/۳**	۱۰/۵**	-۱/۱**	-۰/۱	-۰/۵	-۰/۲	-۲/۶**	-۰/۶
۲/۷	۶/۱	-۲/۴**	۴/۸**	۳/۸*	۵/۲	-۰/۶*	-۰/۱	-۰/۵	-۰/۲	-۳/۳**	-۳/۳**
۱/۳	۸/۸	۲/۴**	۵/۹**	۰/۷	۸/۷**	-۱/۴**	-۱/۱	-۰/۳	۰/۰	-۳/۳**	-۱/۰
-۱/۴	۴/۲	-۱/۴**	۷/۵**	-۸/۲**	۱۰/۴**	-۰/۸**	-۰/۴	-۰/۹*	-۰/۱	-۳/۳**	-۲/۲**
-۵/۱	۴/۷	-۳/۵**	۶/۷**	۸/۹**	۱۲/۰**	-۰/۶*	-۰/۳	-۰/۹*	-۰/۴	-۳/۹**	-۳/۰**
-۴/۰	۷/۶	-۹/۰**	۵/۴**	-۸/۲**	۲/۰	-۰/۳	-۰/۳	-۱/۱**	-۰/۸	-۰/۸*	-۰/۴
-۴/۹	۳/۳	۱۲/۳**	۱۳/۳**	۱۲/۵**	۱۵/۶**	-۱/۱**	-۰/۲	-۱/۳**	-۰/۴	-۴/۱**	-۱/۸*
۲/۳	۸/۸	۱/۵	۷/۲	۳/۱	۹/۳	-۱/۰	-۰/۵	-۱/۱	-۰/۶	-۳/۴	-۲/۲

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

ادامه جدول ۴

نام هیبرید		تعداد دانه در خوشه		وزن دانه در خوشه (گرم)		وزن هزار دانه (گرم)		عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)		عملکرد دانه (تن در هکتار)		شاخص برداشت (درصد)	
BPH	MPH	BPH	MPH	BPH	MPH	BPH	MPH	BPH	MPH	BPH	MPH	BPH	MPH
۱۱/۷	۱۲/۳**	۲/۱	۲/۱	-۹/۸**	۰/۸**	-۲/۷**	۴/۶	۲۲/۶**	۱۶/۳	۰/۴**	۷/۴	۱۲/۳**	۱۲/۳**
۱۰/۶**	۱۴/۰**	۹/۳	۹/۳	۸/۰**	۸/۹**	۶/۹**	۱۲/۱**	۷/۶**	-۹/۳**	۱۲/۴**	۱۳/۲**	۱۲/۴**	۱۴/۰**
-۹/۷**	۰/۴	۰/۶	۰/۶	-۵/۲**	۱/۷**	-۴/۵**	۲/۱	۸/۳**	-۸/۶**	-۱/۴**	۰/۳	-۱/۴**	۰/۴
-۲/۳**	۱/۳	۱/۳	۱/۳	-۵/۸**	۱/۸**	-۱/۱**	۰/۴	۴/۸*	-۶/۴**	-۸/۶**	۷/۱**	-۱/۱**	۷/۵*
۳/۷**	۲/۷	۲/۷	۲/۷	-۱/۴**	۴/۷**	۴/۱**	۷/۴**	۷/۹**	۰/۹**	۴/۶**	۴/۶**	-۱/۱**	۴/۲*
-۴/۹**	۲/۵	-۱/۱**	۲/۵	-۱/۱**	۲/۸**	-۰/۹	۰/۸	۱۲/۳**	۱۰/۶**	-۲/۷**	۸/۱**	-۲/۷**	۳/۶*
-۵/۵**	۰/۸	-۳/۹*	۰/۸	-۳/۹*	۳/۲**	-۷/۰**	۰/۷	۳/۵*	-۲/۱**	-۹/۱**	۴/۰**	-۹/۱**	۱/۸
۱۱/۳**	۰/۷	-۵/۶**	۰/۷	-۷/۱**	۲/۹**	-۷/۱**	۵/۷**	۱۴/۱**	۱۱/۸**	-۱۳/۰**	۱/۱**	-۱۳/۰**	۱۵/۰**
۷/۰**	۷/۸	۷/۸	۷/۸	۷/۴**	۹/۸**	۵/۸**	۸/۶**	۸/۴**	۷/۳**	۱۱/۷**	۱۲/۶**	۱۱/۷**	۹/۶**
۰/۹	۰/۱	-۱/۷	۰/۱	-۲/۹**	۱/۷**	۵/۷**	۸/۰**	۶/۰*	-۹/۶**	-۸/۸**	۰/۶	-۸/۸**	۴/۲*
-۲/۲**	۱/۴	-۸/۹**	۱/۴	-۲/۸**	۱/۹**	-۳/۰**	۴/۴	۸/۹**	۷/۰**	-۸/۶**	۰/۷*	-۸/۶**	۲/۱
۹/۷**	۷/۴	۴/۱*	۶/۳**	۴/۹**	۶/۳**	۹/۸**	۱۳/۰**	۱۵/۹**	۱۲/۹**	۹/۱**	۱۰/۱**	۹/۱**	۱۰/۱**
۲/۵	۳/۱	-۳/۷	۳/۱	-۱/۷	۳/۸	۰/۳	۵/۷	۱۰/۱	۲/۶	-۲/۵	۵/۸	۲/۶	۷/۱

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

والدین خود بودند (جدول ۳). هتروزیس براساس میانگین والدین برای ارتفاع بوته در هیبریدهای مورد مطالعه مثبت با متوسطی برابر $9/3$ درصد بود (جدول ۴). هتروزیس نسبت به والد برتر در این هیبریدها برای صفت ارتفاع دارای متوسط $3/1$ درصد بود. ارتفاع بوته در هیبریدهای تحت بررسی $9/3$ درصد نسبت به ارتفاع میانگین والدین و $3/1$ درصد نسبت به ارتفاع والد برتر افزایش داشته است. در بین هیبریدهای مورد مطالعه هیبرید $H_{Eupoda6 \times Mexi75/Vic}$ و $H_{Altar84/Ald \times Mexi75/Vic}$ دارای بالاترین درصد هتروزیس مثبت و معنی دار نسبت به میانگین والدین معادل $15/2$ و $13/2$ بودند. هم‌چنین این دو هیبرید با $12/5\%$ و $11/4\%$ بیشترین درصد هتروزیس والد برتر را به خود اختصاص دادند. سینگ (۲۹) در گندم هتروزیس معنی‌داری را برای ارتفاع بوته گزارش کرد. مالیک و همکاران (۲۱) در گندم، درصد هتروزیس برای ارتفاع بوته براساس والد برتر را $15/7$ درصد گزارش کردند. در مطالعه استوبر و همکاران (۳۰) صفت ارتفاع در هیبریدهای F_1 به طور معنی‌داری بیشتر از متوسط والدین بود. گاندی و همکاران (۱۶) در ارائه نتایج حاصل از مطالعه با استفاده از ۱۱ تلاقی گندم، به افزایش ارتفاع در هیبریدهای مورد بررسی به میزان $20/5$ درصد نسبت به والد بلند قامت‌تر اشاره داشته‌اند.

طول سنبله در هیبریدهای F_1 به طور متوسط بلندتر از والدینشان بود، به طوری‌که میانگین طول سنبله در کل هیبریدها و والدین به ترتیب $14/3$ و $13/5$ سانتی‌متر بوده است (جدول ۳). هیبریدهای $H_{Eupoda6 \times Mexi75/Vic}$ و $H_{Altar84/Ald \times Mexi75/Vic}$ بیشترین درصد هتروزیس نسبت به میانگین والدین ($13/3$ و $11/2$ درصد) و هتروزیس نسبت به والد برتر ($12/3$ و $10/4$ درصد) را برای صفت طول سنبله دارا بودند (جدول ۴). متوسط هتروزیس در هیبریدهای مورد بررسی برای صفت طول سنبله بر اساس میانگین والدین و والد برتر به ترتیب برابر با $7/2$ و $1/5$ درصد بود. سینگ (۲۹) در مطالعه‌ای هتروزیس معنی‌داری نسبت به میانگین والدین و والد برتر برای این صفت مشاهده کرد. ایکرم و تاناچ (۱۸) میانگین هتروزیس براساس متوسط والدین را برای

طول سنبله در هیبریدهای F_1 به طور متوسط بلندتر از والدینشان بود، به طوری‌که میانگین طول سنبله در کل هیبریدها و والدین به ترتیب $14/3$ و $13/5$ سانتی‌متر بوده است (جدول ۳). هیبریدهای $H_{Eupoda6 \times Mexi75/Vic}$ و $H_{Altar84/Ald \times Mexi75/Vic}$ بیشترین درصد هتروزیس نسبت به میانگین والدین ($13/3$ و $11/2$ درصد) و هتروزیس نسبت به والد برتر ($12/3$ و $10/4$ درصد) را برای صفت طول سنبله دارا بودند (جدول ۴). متوسط هتروزیس در هیبریدهای مورد بررسی برای صفت طول سنبله بر اساس میانگین والدین و والد برتر به ترتیب برابر با $7/2$ و $1/5$ درصد بود. سینگ (۲۹) در مطالعه‌ای هتروزیس معنی‌داری نسبت به میانگین والدین و والد برتر برای این صفت مشاهده کرد. ایکرم و تاناچ (۱۸) میانگین هتروزیس براساس متوسط والدین را برای

دانه در هیبریدهای $H_{\text{Eupoda6} \times \text{Mexi75/Vic}}$ ، $H_{\text{Altar84/Ald} \times \text{Chahba88}}$ ، $H_{\text{Buchen7} \times \text{Chahba88}}$ و $H_{\text{Altar84/Aos} \times \text{Chahba88}}$ به ترتیب معادل ۹/۸، ۶/۹، ۵/۸ و ۵/۷ وجود داشت. یودین و همکاران (۳۱) در گزارش خود وزن ۵۰۰ دانه را به عنوان تنها جزء از اجزاء عملکرد که دارای هتروزیس مثبت براساس میانگین والدین و والد برتر در همه هیبریدها بود، معرفی کردند. هتروزیس نسبت به میانگین والدین برای این صفت دامنه‌ای از ۴/۲ تا ۱۴/۸ درصد و بر اساس والد برتر دامنه‌ای از ۰/۶ تا ۸/۵ درصد داشت. پالم (۲۳) نیز در پژوهش خود افزایش معنی‌دار صفت وزن هزار دانه در هیبریدهای F_1 را نسبت به والد برتر مشاهده کرد.

در صفت عملکرد بیولوژیک بین میانگین والدین و هیبریدها تفاوت وجود داشت. در کل هیبریدها در این صفت به میزان ۰/۹ تن در هکتار از والدین خود برتر بودند (جدول ۳). عملکرد بیولوژیک دارای هتروزیس مثبت و منفی معنی‌داری در هیبریدهای مورد مطالعه بود (جدول ۴). متوسط هتروزیس نسبت به میانگین والدین و والد برتر برای این صفت به ترتیب ۱۰/۱ و ۲/۶ درصد بود که این نشان‌دهنده افزایش ۱۰/۱ درصدی عملکرد بیولوژیک در هیبریدها نسبت به میانگین والدین و افزایش ۲/۶ درصدی این صفت نسبت به عملکرد بیولوژیک والد برتر بوده است. هیبریدهای $H_{\text{Altar84/Ald} \times \text{Mexi75/Vic}}$ و $H_{\text{Eupoda6} \times \text{Mexi75/Vic}}$ بیشترین درصد هتروزیس نسبت به میانگین والدین (۲۲/۶ و ۱۵/۹ درصد) و هتروزیس نسبت به والد برتر (۱۶/۳ و ۱۲/۹ درصد) را برای صفت عملکرد بیولوژیک دارا بودند.

متوسط عملکرد دانه در کل هیبریدها و والدین به ترتیب ۶/۲ و ۶/۱ تن در هکتار بود. بنابراین این هیبریدها به طور میانگین معادل ۰/۱ تن در هکتار از والدین خود عملکرد دانه بیشتری تولید کردند (جدول ۳). با این وجود برای صفت عملکرد دانه از لحاظ میزان هتروزیس در بین هیبریدها تنوع قابل ملاحظه‌ای مشاهده شد (جدول ۴). دلیل این امر وجود اثرات مثبت و منفی هتروزیس مشاهده شده در هیبریدهای مورد مطالعه بوده است. هتروزیس نسبت به میانگین والدین برای این صفت در دامنه‌ای

برتر را به خود اختصاص دادند. بیتزر و فو (۴) هتروزیس برای تعداد دانه در خوشه بر اساس میانگین والدین را ۵ درصد بیشتر از والد برتر برآورد نمود. یودین و همکاران (۳۱) در تحقیق خود، هتروزیس مثبت و منفی برای این صفت براساس میانگین والدین و والد برتر در هیبریدهای گندم هگزاپلوئید مورد مطالعه مشاهده کردند. در مطالعه بویس (۶) هتروزیس در صفت تعداد دانه در خوشه در هیبریدهای F_1 نسبت به والد برتر ۳۲/۷ درصد برتری داشت. در مطالعه‌ای دیگر (۲۳) صفت تعداد دانه در خوشه نسبت به والد برتر هتروزیس مثبت نشان دادند ولی این افزایش معنی‌دار نبود.

هیبریدهای مورد مطالعه وزن دانه در خوشه بیشتری نسبت به والدین خود تولید کردند (جدول ۳). متوسط هتروزیس براساس میانگین والدین برای صفت وزن دانه در خوشه ۳/۸ درصد و میانگین هتروزیس نسبت به والد برتر ۱/۷- درصد بود. در بین ۱۲ هیبرید مورد مطالعه، هیبرید $H_{\text{Buchen7} \times \text{Chahba88}}$ بیشترین افزایش (۹/۸ درصد) وزن دانه در خوشه را نسبت به مقدار این صفت در میانگین والدین داشت. وزن دانه در خوشه در این هیبرید ۷/۶ درصد نسبت به وزن دانه در خوشه والد برتر افزایش نشان داد. ایکرم و تاناچ (۱۸) میانگین هتروزیس برای صفت وزن دانه در خوشه براساس میانگین والدین ۵۴ درصد گزارش کردند. در مطالعه بیتزر و فو (۴) برای تعیین هتروزیس در هیبریدهای F_1 ، یکی از هیبریدها هتروزیس معنی‌داری برای صفت وزن دانه در خوشه نشان داد.

هیبریدهای F_1 این مطالعه به طور متوسط در صفت وزن هزار دانه به میزان ۰/۲ گرم از والدین خود برتری داشتند (جدول ۳). هتروزیس براساس میانگین والدین برای صفت وزن هزار دانه در همه هیبرید مثبت و معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۴). هیبریدهای $H_{\text{Eupoda6} \times \text{Mexi75/Vic}}$ (۰/۱۳/۰)، $H_{\text{Altar84/Ald} \times \text{Chahba88}}$ (۰/۱۲/۱)، و $H_{\text{Altar84/Aos} \times \text{Chahba88}}$ (۰/۸/۰) بالاترین درصد هتروزیس نسبی معنی‌دار برای این صفت را دارا بودند. علاوه براین بیشترین هتروزیس مثبت و معنی‌دار نسبت به والد برتر برای وزن هزار

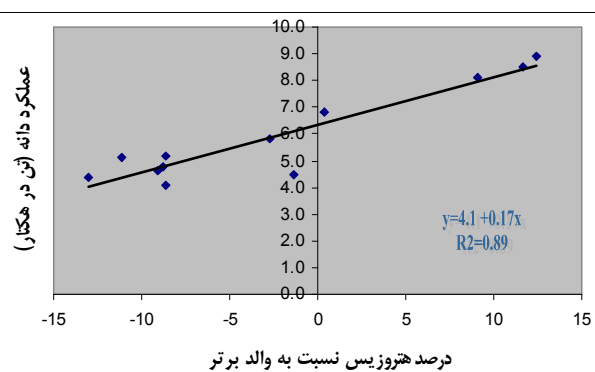
در تلاقی بین واریته‌ای، هیبریدها افزایشی با دامنه ۴ تا ۳۲ درصد در صفت عملکرد نسبت به میانگین این صفت در والدین داشتند، همچنین افزایش عملکرد نسبت به والد برتر معادل ۱۰ درصد بود (۱۵). سیکا و همکاران (۲۷) هتروزیس مثبت برای صفت عملکرد دانه را در آزمایش خود شاهد بودند. لوپتن (۲۰) متوسط هتروزیس برای صفت عملکرد دانه در هیبریدهای F_1 را نسبت به والد برتر ۴۴ درصد گزارش نمود. در مطالعه پالمر (۲۳) صفت عملکرد دانه در هیبریدهای F_1 ۳۱/۶ درصد نسبت به والد برتر افزایش معنی‌داری داشت.

به‌منظور پی بردن به رابطه بین هتروزیس یا بنیه هیبرید نسل F_1 و عملکرد دانه، رگرسیون خطی هتروزیس نسبی و هتروزیس والد برتر با عملکرد دانه با استفاده از نتایج هیبریدهای F_1 انجام گرفت و نمودار، ضریب تبیین و معادله رگرسیون برآورد شد (شکل‌های ۱ و ۲). مقدار ضریب تبیین هتروزیس نسبی و والد برتر بسیار معنی‌دار و به ترتیب برابر با ۰/۸۱ و ۰/۸۹ بود. با توجه به رابطه قوی هتروزیس نسبی و والد برتر (به عنوان متغیر مستقل) با عملکرد دانه در هیبریدهای F_1 (به عنوان متغیر وابسته)، از معادله‌های رگرسیون به دست آمده برای پیش بینی مقدار عملکرد دانه با استفاده از معیار هتروزیس در شرایط مزرعه‌ای موجود می‌توان استفاده کرد. بدین ترتیب می‌توان اظهار داشت که مقدار عملکرد دانه در هیبریدهای F_1 به ازای افزایش هر یک درصد هتروزیس نسبی به میزان ۰/۳۴ تن در هکتار افزایش یافته است. ضمن اینکه مقدار عملکرد دانه نسل F_1 به ازای افزایش هر یک درصد هتروزیس والد برتر معادل ۰/۱۷ تن در هکتار افزایش داشته است.

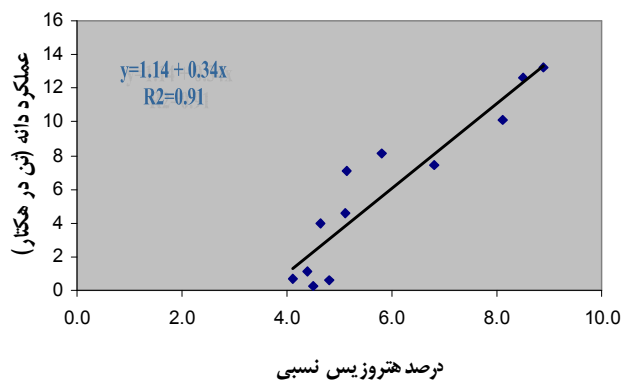
میانگین درصد شاخص برداشت در کل هیبریدها و والدین به ترتیب ۳۰/۶ و ۲۹/۰ درصد بود (جدول ۳). شاخص برداشت برای هیبریدهای مختلف مقادیر متفاوت هتروزیس را نشان داد (جدول ۴). صفت شاخص برداشت در هیبریدهای مورد مطالعه به میزان ۷/۱ درصد نسبت به مقدار این صفت در میانگین والدین و به میزان ۲/۵ درصد نسبت به مقدار آن در والد برتر افزایش داشت. هتروزیس نسبت به میانگین والدین در

بین ۱۳/۲ درصد متعلق به هیبرید $H_{Altar84/Ald \times Chahba88}$ تا ۰/۳ درصد در هیبرید $H_{PI40100 \times PI40099}$ متغیر بود و دارای میانگین ۵/۸ درصد بود. متوسط عملکرد دانه در هیبریدها به میزان ۲/۵ درصد نسبت به میزان این صفت در والد برتر کاهش و ۵/۸ درصد نسبت به میانگین این صفت در والدین افزایش نشان داد. هیبریدهای $H_{Buchen7 \times Chahba88}$ ، $H_{Altar84/Ald \times Chahba88}$ و $H_{Eupoda6 \times Mexi75/Vic}$ با ۱۲/۴، ۱۱/۷ و ۹/۱ درصد بالاترین مقادیر هتروزیس نسبت به والد برتر برای صفت عملکرد دانه داشتند. شارما و همکاران (۲۵) نسبت به برآورد هتروزیس در تعدادی از ارقام و لاین‌های گندم دوروم اقدام نموده و هتروزیسی با دامنه ۱۰ و ۶۸/۸ درصد را در تلاقی‌های مورد بررسی برای عملکرد دانه گزارش نمودند.

شابسکی (۲۶) هتروزیس مثبت ۳۰ تا ۵۰ درصدی نسبت به والد برتر را برای عملکرد دانه هیبریدهای F_1 در گندم نان گزارش نمود. کرجان و بوش (۱۲) ۵ تا ۵۸ درصد افزایش در عملکرد دانه را نسبت به میانگین والدین در گندم نان مشاهده کردند. یودین و همکاران (۳۱) در بررسی هتروزیس در هیبریدهای F_1 گندم استرالیایی، بیشترین درصد هتروزیس برای عملکرد دانه نسبت به میانگین والدین و والد برتر را به ترتیب ۳۱/۵ و ۲۶/۸ درصد گزارش کردند. بریجل و همکاران با مطالعه هتروزیس در هیبرید گندم‌های بهاره (۸) و پاییزه (۹) گزارش کردند که عملکرد دانه در هیبریدهای F_1 نسبت به والد برتر ۸۴ درصد افزایش داشته است. گاوالی و همکاران (۱۷) با مطالعه بر روی هتروزیس عملکرد دانه در هیبریدهای به دست آمده از تلاقی واریته‌های مختلف گندم نان بیان داشتند که میانگین عملکرد دانه در هیبریدهای مورد مطالعه ۲۴ درصد بیشتر از والد برتر در هر تلاقی می‌باشد. بیتزر و فو (۴) در مطالعه تعیین هتروزیس در هیبریدهای به دست آمده از تلاقی گندم قرمز نرم زمستانه، افزایش ۹/۷ درصدی عملکرد دانه هیبریدها نسبت به والد برتر و ۱۷/۴ درصدی این صفت را در هیبریدها نسبت به میانگین عملکرد والدین برآورد کردند. در یک آزمایش طراحی شده برای ارزیابی ظرفیت هیبریدهای F_1



شکل ۲. رابطه بین عملکرد دانه (تن در هکتار) و هتروزیس نسبت به والد برتر (%). در هیبریدهای F_1 گندم دوروم



شکل ۱. رابطه بین عملکرد دانه (تن در هکتار) و هتروزیس نسبی (%). در هیبریدهای F_1 گندم دوروم.

برای حداکثر مقدار هتروزیس نسبت به والد برتر صفات ذکر شده ارائه نمودند.

این مطالعه با استفاده از نتایج آزمایش قبلی (دو سال) ارزیابی تنوع ژنتیکی براساس صفات زراعی و مورفولوژیک اقدام به گزینش والدین برتر از لحاظ فاصله ژنتیکی بیشتر کرد و سپس اقدام به ایجاد هیبرید از ارقام والدی گزینش یافته کرد، و نتایج حاصل نشان داد که فاصله ژنتیکی نشاندهنده میزان هتروزیس در تلاقی‌ها نبوده است. این نتایج در هماهنگی با گزارش فابریاز و همکاران (۱۵) بود که با مطالعه فاصله ژنتیکی تعداد زیادی ژنوتیپ و تلاقی‌های حاصل از آنها نشان دادند اگرچه هتروزیس از ترکیب والدینی با فاصله ژنتیکی بیشتر مورد انتظار می‌باشد، اما فاصله ژنتیکی برآورد شده بین والدین نشان‌دهنده میزان هتروزیس و ترکیب هیبریدی برتر نبوده است (۱۵).

نتیجه‌گیری

هتروزیس در یک هیبرید ممکن است فقط در یکی از صفات ارتفاع گیاه، رسیدگی، تعداد خوشه در گیاه، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و هر کدام از صفات زراعی و مورفولوژیک دیگر و یا به‌طور هم‌زمان در چندین صفت بروز کند. نتایج این آزمایش نشان داد که هیبریدهای $H_{PI40100 \times PI40099}$ و $H_{Eupoda6 \times Chahba88}$ به‌طور معنی‌داری از نظر رسیدگی و زودرس بودن بالاترین هتروزیس را داشته‌اند. هیبریدهای

هیبریدهای $H_{Altar84/Ald \times Chahba88}$ و $H_{Odin12 \times Mexi75/Vic}$ بالاترین ارزش را داشت. بیشترین هتروزیس معنی‌دار برای این صفت نسبت به والد برتر نیز به این دو هیبرید تعلق گرفت. در مطالعه یودین و همکاران (۳۱) هتروزیس برای صفت شاخص برداشت بر اساس میانگین والدین و والد برتر به ترتیب ۵ و ۱/۷ درصد مشاهده شد.

ایکرم و تاناچ (۱۸) در مطالعه عملکرد دانه و برخی صفات گندم دوروم میزان هتروزیس براساس میانگین والدین را برای ارتفاع بوته ۲۰، طول سنبله ۸۰، وزن دانه در خوشه ۵۰، تعداد دانه در خوشه ۳۰، وزن هزار دانه ۳۰ و عملکرد دانه ۸۰ درصد گزارش کردند. سینگ و بهل (۲۸) در مطالعه برخی صفات زراعی و مورفولوژیک در گندم نان دامنه درصد هتروزیس براساس میانگین والدین را برای صفات تعداد پنجه از ۱۶/۷ تا ۳۰/۲ درصد، تعداد دانه در خوشه از ۱۳/۸- تا ۳۱/۲ درصد، وزن هزار دانه از ۵/۴- تا ۱۳/۲ درصد و عملکرد دانه از ۳۱/۹- تا ۵۶/۴ درصد برآورد کردند. کوربینی و همکاران (۱۱) در بررسی تنوع ژنتیکی در گندم نان و ارتباط آن با بنيه هیبرید F_1 به محاسبه هتروزیس نسبی و هتروزیس نسبت به والد برتر اقدام کردند. آنها میانگین هتروزیس نسبی را برای صفات عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد روز تا خوشه‌دهی و ارتفاع بوته به ترتیب ۳/۵، ۵/۲، ۰/۷- و ۸/۱- درصد گزارش کردند. آنها هم‌چنین مقادیر ۱۵/۱، ۱۷/۸، ۲/۳-، ۱/۵- و ۳/۸- درصد را

ترکیب هیبریدی برتر نمی باشد (۱۵). به طوری که مطالعه حاضر با استفاده از نتایج آزمایش قبلی (دو سال) ارزیابی تنوع ژنتیکی براساس صفات زراعی و مورفولوژیک اقدام به گزینش والدین برتر از لحاظ فاصله ژنتیکی بیشتر کرد و در نهایت به کارگیری ارقام والدی گزینش یافته در ایجاد هیبرید نتیجه گیری فابریاز و همکاران (۱۵) را مورد تأیید قرار داد.

نتایج نشان داد ارقام والدینی دارای توانایی و پتانسیل کافی برای تولید هیبریدهای با عملکرد مطلوب عبارت اند از: ژنوتیپ های Eupoda6, Odin12, Altar84/Ald و 45063Karaj در تلاقی با ژنوتیپ Mexi75/Vic و هم چنین ارقام Buchen7 و Altar84/Ald در تلاقی با ژنوتیپ Chahba88.

$H_{Eupoda6 \times Mexi75/Vic}$, $H_{Altar84/Ald \times Mexi75/Vic}$, $H_{Altar84/Aos \times Chahba88}$ و $H_{45063Karaj \times Mexi75/Vic}$ از نظر صفات ارتفاع گیاه و طول سنبله بیشترین هتروزیس را به خود اختصاص داده اند. هم چنین هیبریدهای $H_{Eupoda6 \times Mexi75/Vic}$, $H_{Altar84/Ald \times Mexi75/Vic}$ و $H_{Odin12 \times Mexi75/Vic}$ در صفات عملکرد بیولوژیک و اجزاء آن حداکثر هتروزیس معنی دار را دارا بودند. علاوه بر این بیشترین هتروزیس از نظر صفات عملکرد دانه و اجزاء عملکرد در بین ۱۲ هیبرید مورد بررسی به هیبریدهای $H_{Altar84/Ald \times Chahba88}$, $H_{Eupoda6 \times Mexi75/Vic}$ و $H_{Buchen7 \times Chahba88}$ تعلق گرفت.

از آنجایی که هتروزیس از ترکیب والدینی خاصی به دست می آید، لزوماً فاصله ژنتیکی برآورد شده بین والدین نشان دهنده

منابع مورد استفاده

1. Abaye, A.O., D.E. Brann, M.M. Alley and C.A. Griffey. 1997. Winter durum wheat: Do we have all the answer? Crop Soil Env. Sci. Pub. 424- 802.
2. Barbosa- Neto, J.F., M.E. Sorrells and G. Cisar. 1996. Prediction of heterosis in wheat using coefficient of parentage and RFLP- based estimates of genetic relationship. Genome 39: 1142- 1149.
3. Bitzer, M.J. and W.E. Nyquist. 1982. Hybrid vigor and combining ability in a high- low yielding, eight- parent diallel cross of soft red winter wheat. Crop Sci. 22: 1126- 1129.
4. Bitzer M.J. and S.H. Fu. 1972. Heterosis and combining ability in southern soft red winter wheats. Crop Sci. 12: 35-37.
5. Borlaug, N.E. 1983. Contribution of conventional plant breeding to food production. Science 219: 689- 693.
6. Boyce, S.W. 1948. A note on heterosis in a *Triticum vulgare* cross. New Zealand J. Sci. Technol. 30: 23.
7. Briggles, L.W. 1963. Heterosis in wheat. Crop Sci. 3: 407- 412.
8. Briggles, L.W., E.L. Cox and R.M. Hayes. 1967. Performance of a spring wheat hybrid, F₂, F₃ and parent varieties at five population levels. Crop Sci. 7: 465- 470.
9. Briggles, L.W., H.D. Peterson and R.M. Hayes. 1967. Performance of a winter wheat hybrid, F₂, F₃ and parent varieties at five population levels. Crop Sci. 7: 485- 490.
10. Cho, Y.S. and J.H. Chang. 1958. Increasing the vitality of wheat by intervarietal crossing. Plant Breed. 27: 484- 485.
11. Corbellini, M., M. Perenzin, M. Accerbi, P. Vaccino and B. Borghi. 2002. Genetic diversity in bread wheat, as revealed by coefficient of parentage and molecular markers, and its relationship to hybrid performance. Euphytica 123: 273- 285.
12. Cregan, P.B. and R.H. Busch. 1978. Heterosis, inbreeding and line performance in crosses of adapted spring wheats. Crop Sci. 18: 247- 251.
13. Edwards, I.B. 2001. Hybrid Wheat. PP. 1017- 1045. In: A. P. Bonjean and W. J. Angus (Eds.), The World Wheat Book, a History of Wheat Breeding, Lavoisier Pub. Inc., Paris.
14. Fabriani, G. and C. Lintas. 1988. Durum Wheat: Chemistry and Technology, American Association of Cereal Chemists Inc.
15. Fabrizio, M. A., H. Busch, K. Khan and L. Huckle. 1998. Genetic diversity and heterosis of spring wheat crosses. Crop Sci. 38: 1108-1112.
16. Gandhi, S.M., T. Uma Menon, P.D. Bhargava and M.P. Bhatnagar. 1961. Studies on hybrid vigour in wheat. Indian J. Genet. Plant Breed. 21: 1- 10.
17. Gyawali, K.K., C.O. Qualset and W.T. Yamazaki. 1968. Estimates of heterosis and combining ability in winter wheat. Crop Sci. 8: 322- 324.
18. Ikram, U.H. and L. Tanach. 1991. Diallel analysis of grain yield and other agronomic traits in durum wheat. Rachis 10: 8- 13.
19. Kearsey, M.J. and H.S. Pooni. 1996. The Genetical Analysis of Quantitative Traits. Chapman and Hall Press., UK.

20. Lupton, F.G. 1961. Studies in the breeding of self- pollinated cereals. III. Further studies in cross predictions, *Euphytica* 10: 209- 224.
21. Malik, A.J., S.M. Sheedi and M.M. Rajpur. 1981. Heterosis in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Wheat Inf. Ser.* 53: 25- 29.
22. Matuz J. and B. Beke. 1996. Inheritance of quality traits in two durum wheat (*Triticum durum* Desf) crosses. *Cereal Res. Commun.* 24: 203-210.
23. Palmer, T.P. 1952. Population and selection studies in a *Triticum* cross. *Heredity* 6: 171- 185.
24. Poliscuk, V.K. 1958. Promoting the resistance of winter wheat to different diseases by means of intravarietal and intervarietal crossing. *Plant Breed.* 28: 489.
25. Sharma, S.N., M.S. Mann, R.S. Sain. 2004. Heterosis in durum wheat (*Triticum turgidum* var. durum). *SABRAO J. Breed. Genet.* 36: 127-130
26. Shebeski, L.H. 1966. Quality and yield studies in hybrid wheat (*Triticum aestivum* L.). *Can. J. Genet. Cytol.* 8: 375- 386.
27. Sikka, S.M., K.B.L. Jain and K.S. Parmar. 1959. Evaluation of the potentialities of wheat crosses based on mean parental and early generation values. *Indian J. Genet. Plant. Breed.* 19: 150- 170.
28. Singh, I. and R.K. Behl. 1991. Genetic divergence in some wheat strains and their hybrids. *Wheat. Inf. Ser.* 72: 42- 45.
29. Singh, S.K. 2003. Cluster analysis for heterosis in wheat (*Triticum aestivum* L.), *Indian J. Genet.* 63: 249- 250.
30. Stuber, C.W., V.A. Johnson and J.W. Schmidt. 1962. Grain protein content and its relationship to other plant and seed characters in the parents and progeny of a cross of *Triticum aestivum* L., *Crop Sci.* 2: 506- 509.
31. Uddin, M.N., F.W. Ellison, L. O'Brien and B.D.H. Latter. 1992. Heterosis in F₁ hybrids derived from crosses of adapted Australian wheats. *Aust. J. Agric. Res.* 43: 907- 919.