به‌نژادی گیاهان زراعی و باغی
دوره ۲ ■ شماره ۱ ■ بهار و تابستان ۱۳۹۳
صفحه‌های ۷۵-۸۹

برآورد ترکیب‌پذیری و هتروزیس در توده‌های خربزه و طالبی ایرانی از طریق تلاقی دای‌آلل

محمود رقامی[۱]، محمدرضا حسندخت*[۲]، ذبیح‌اله زمانی[۳]، محمدرضا فتاحی مقدم[۴]، عبدالکریم کاشی[۵]

۱. استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ولیعصر رفسنجان
۲. دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
۳. استاد گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
۴. دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
۵. استاد گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۱۰/۰۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۳/۳۱

چکیده

برای برآورد وراثت‌پذیری، هتروزیس، ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی و رابطهٔ بین آن‌ها در صفات تعداد میوه در بوته، میانگین تعداد روز تا رسیدن نخستین میوه، عملکرد در بوته، میانگین وزن میوه و ضخامت گوشت میوهٔ هفت تودهٔ ملون ایرانی ('تاشکندی'، 'خاتونی'، 'میرپنجی'، 'سوسکی سبز'، 'گرمک'، 'گلپایگان' و 'آران۱') در یک طرح دای‌آلل کامل تلاقی داده شدند و هیبریدها برای ارزیابی صفات مورد نظر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار کشت شدند. تجزیهٔ واریانس صفات نشان‌دهندهٔ تفاوت معناداری در میان دورگ‌ها بود، بنابراین برای تجزیهٔ ترکیب‌پذیری روش نخست گریفینگ به‌کار گرفته شد. میزان ترکیب‌پذیری خصوصی عملکرد در بوته از ترکیب‌پذیری عمومی آن بیشتر بود که نشان‌دهندهٔ غالب‌بودن عمل غیرافزایشی ژن‌هاست. اثرات ترکیب‌پذیری عمومی برای اغلب والدها در صفات ارزیابی‌شده معنادار بود. وراثت‌پذیری بالای خصوصی برای صفات تعداد میوه در بوته، میانگین وزن میوه، تعداد روز تا رسیدن و ضخامت میوه (به‌ترتیب ۰/۸۳، ۰/۸۲، ۰/۷۹ و ۰/۷۴) نشان‌دهندهٔ اثر کم محیط بر این صفات و نقش بیشتر اثرات افزایشی بود. بیشترین وراثت‌پذیری خصوصی برای صفت تعداد میوه در بوته (۰/۸۳) برآورد شد. هتروزیس مطلوبی براساس والد برتر برای عملکرد در بوته مشاهده شد (۱۵/۷۸درصد)، بنابراین، با استفاده از تجمع ژن‌های افزایشی و غیرافزایشی می‌توان ارقام هیبرید برتر را برای صفات مهم زراعی خربزه اصلاح کرد.

کلیدواژه‌ها: ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی، عمل افزایشی ژن، گریفینگ، وراثت‌پذیری، هتروزیس.

* نویسنده مسئول Email: mrhassan@ut.ac.ir

مقدمه

خربزه، طالبی و گرمک گروه‌های مختلف گونهٔ *Cucumis melo* L. هستند که دگرگشن‌اند و با هم به‌راحتی تلاقی می‌یابند (۲۴). ایران از مراکز تنوع و نیز اهلی‌شدن ملون‌ها در جهان به‌شمار می‌آید (۱۶ و ۲۳). حدود ۲۴/۶درصد (۷۵ هزار هکتار) از سطح زیر کشت گیاهان جالیزی به خربزه و طالبی اختصاص دارد (۱) و ایران از این نظر، مقام سوم جهان را پس از چین و ترکیه به خود اختصاص داده است (۶).

استفاده از بذر دورگ گیاهان جالیزی، اهمیت زیادی در تولید محصول دارد. در برنامه‌های دورگ‌گیری، انتخاب و تشخیص اینکه کدام یک از والدها قدرت انتقال ژن‌های مطلوب را دارند، بسیار مهم است. همچنین دانستن نحوهٔ توارث صفات نیز ضروری است. چنین اطلاعاتی از طریق تجزیه‌های ژنتیک کمی نظیر تلاقی‌های دای‌آلل به‌دست می‌آید که از روش‌های متداول تلاقی برای برآورد پارامترهای ژنتیکی و قدرت ترکیب‌پذیری والدهاست (۱۲). تلاقی‌های دای‌آلل اطلاعات لازم در زمینهٔ رابطهٔ هتروتیکی والدها را فراهم می‌کنند (۲۲). روش‌های مختلف دای‌آلل و نحوهٔ تحلیل آن در به‌نژادی گیاهان توسط گریفینگ[1] تشریح شده است (۱۱). در روش گریفینگ با استفاده از مدل آماری مناسب اجزای واریانس ناشی از ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برآورد می‌شود و سپس این واریانس‌ها براساس فرض‌های خاصی به اجزای ژنتیکی نظیر واریانس افزایشی و غالبیت تقسیم می‌شوند (۲). از روش دای‌آلل برای برآورد پارامترهای ژنتیکی جوامع و واریته‌های آزاد گرده‌افشان استفاده شده است (۱۰).

یکی از پارامترهای مفید در برآورد عملکرد میزان هتروزیس و یافتن والدهایی است که بیشترین هتروزیس در نتاج آن‌ها دیده می‌شود و بهره‌گیری از هتروزیس مهم‌ترین جنبهٔ کاربردی علم ژنتیک بوده است (۹). از تلاقی دای‌آلل برای ارزیابی صفات مختلف در ۱۰ رقم زراعی ملون استفاده شد (۱۸ و ۱۹) و هتروزیس مطلوبی برای تعداد روز تا برداشت نخستین میوه، میانگین وزن میوه و عملکرد مشاهده شد. در پژوهش مشابهی میزان ترکیب‌پذیری و هتروزیس برای عملکرد در شش رقم طالبی برآورد شد (۱۴ و ۱۵). در پژوهشی دیگر، هتروزیس مثبت و معناداری برای وزن میوه‌ها گزارش شد (۵). در ارزیابی صفات میوه روی دورگ‌های یک رقم اسپانیایی (Piel de Sapo) با چند توده از سایر مناطق دنیا برای صفات طول و شکل میوه، هتروزیس مثبت و برای مواد جامد محلول هتروزیس مشاهده نشد. براساس نتایج آن‌ها هتروزیس شکل میوه عمدتاً با کشیده‌شدن طولی میوه رخ می‌دهد (۲۰). ارزیابی هتروزیس در پژوهش‌های دیگری روی ملون‌های شرقی نیز مشاهده شده است (۱۳، ۱۷ و ۲۱). اثرات افزایشی بودند و در کنترل میانگین وزن میوه و عملکرد در بوته، اثرات غالبیت نقش بیشتری در کنترل تعداد میوه داشتند (۲۶). استفاده از تلاقی دای‌آلل در توده‌های خربزه ایرانی به گزارش یک پژوهشگر محدود می‌شود (۳ و ۷). بنابراین، اثر افزایشی ژن برای میانگین وزن میوه و عملکرد اهمیت داشت، درحالی‌که عملکرد قابل قبول و رسیدن میوه با اثر غالبیت ژنی کنترل می‌شد.

هدف از انجام پژوهش حاضر، برآورد پارامترهای مهم ژنتیکی ازجمله هتروزیس، وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی و نیز ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی در هفت تودهٔ خربزه و طالبی ایرانی و دورگ‌های آن‌ها و بررسی امکان استفاده از آن‌ها در برنامه‌های به‌نژادی بود.

1. Griffing

مواد و روش‌ها

هفت تودهٔ ایرانی خربزه و طالبی شامل توده‌های 'سوسکی سبز'، 'تاشکندی'، 'خاتونی' و 'میرپنجی'، 'گرمک'، 'گلپایگان' و 'آران۱' در ایستگاه تحقیقات گروه علوم باغبانی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج)، در سال زراعی ۱۳۸۹ در کلیهٔ ترکیبات ممکن تلاقی داده شدند. برای آنکه فرصت کافی برای تلاقی‌ها فراهم آید و از هم‌زمانی گلدهی و تراکم کار جلوگیری شود، کشت در سه تاریخ ۱۵، ۲۱ و ۲۸ اردیبهشت انجام شد. برای انجام تلاقی گل‌های هرمافرودیت که گلبرگ آن‌ها هنوز باز نشده انتخاب شدند و عمل اخته‌کردن عصر روز قبل از تلاقی روی آن‌ها انجام شد، به این ترتیب که با استفاده از پنس به‌طوری‌که به کلاله آسیب نرسد، سه پرچم به‌آرامی حذف و سپس گل‌ها بی‌درنگ توسط کپسول ژلاتینی پوشیده شدند. گل نر نیز هم‌زمان با اخته‌کردن گل‌های کامل و در روز قبل از تلاقی، از میان غنچه‌های بازنشده انتخاب و ایزوله شد. گرده‌افشانی صبح روز بعد انجام شد و سپس گل گرده‌افشانی‌شده توسط کپسول ژلاتینی ایزوله شد. بذرها پس از رسیدن میوه برای کشت در سال آینده نگهداری شدند.

در سال زراعی ۱۳۹۰ دورگ‌های نسل اول شامل ۴۹ دورگ به‌همراه والدها در یک طرح آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بررسی شدند و در هر تکرار ۱۰ بوته برای هر ترکیب در نظر گرفته شد. عملیات آماده‌سازی زمین در فصل پاییز انجام و سپس زمین به‌صورت جوی پشته آماده شد. پیش از کشت، بذرها به مدت ۲۴ ساعت در پارچهٔ نم‌دار قرار گرفتند تا نوک ریشه‌چه از بذر خارج شود. بذرهای خربزه با فاصلهٔ یک متر روی پشته‌ها و فاصلهٔ دو متر بین پشته‌ها در تاریخ ۲۳ اردیبهشت‌ماه به‌صورت هیرم‌کاری کشت شد. دو هفته پس از سبزشدن بوته‌ها و در مرحلهٔ دو تا سه‌برگی عملیات تنک‌کردن انجام شد. عملیات وجین علف‌های هرز و خاک‌دهی پای بوته‌ها به‌طور هم‌زمان انجام شد. یک ماه پس از کشت همهٔ بوته‌ها هرس شدند، به این صورت که عمل سربرداری بوته‌ها انجام شد و سپس به حال خود رها شدند تا توانایی خود را در تولید تعداد میوه و نیز شاخه‌های فرعی نشان دهند. همچنین در طول دورهٔ رشد، ساقه‌های فرعی و نیز جوانهٔ انتهایی شاخه‌ها پیش از رسیدن به جوی حذف شدند، اما عمل تراش‌دهی بوته (حذف میوه‌های اضافی) انجام نشد. در طول فصل بهار با استفاده از حشره‌کش دیازینون دو مرتبه سم‌پاشی بر علیه تریپس، شته و مگس خربزه انجام شد و همچنین کود فوسامکو دو بار به فاصلهٔ یک ماه محلول‌پاشی شد. شیوهٔ آبیاری بوته‌ها به‌صورت نشتی بود که با دور هفت روز یک‌بار انجام می‌شد. وجین علف‌های هرز در طول دوره صورت گرفت. صفات عملکرد در بوته (شامل میوه‌های رسیده و سالم) برحسب کیلوگرم، میانگین وزن میوه‌ها برحسب کیلوگرم، تعداد میوه در هر بوته در طول آزمایش، میانگین تعداد روز تا رسیدن نخستین میوه و ضخامت گوشت میوه برحسب سانتی‌متر در زمان رسیدن محصول بر روی پنج بوته در هر تکرار اندازه‌گیری شدند و میانگین آن‌ها برای تجزیه‌های آماری استفاده شد.

داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SPSS و SAS تجزیه شد. نخست با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS داده‌ها برای نرمال‌بودن و همگنی واریانس ارزیابی شدند. پس از معنادارشدن تفاوت بین ژنوتیپ‌ها برای تجزیهٔ دای‌آلل از روش اول گریفینگ (۱۹۵۶) استفاده شد (۱۱). تجزیهٔ واریانس برای ترکیب‌پذیری و اثرات مادری براساس روش اول- مدل اول گریفینگ با کاربرد نرم‌افزار آماری SAS و با استفاده از برنامهٔ DIALLEL-SAS05 به‌دست آمد (۲۸). برآورد مقادیر σ^2_g، σ^2_s و σ^2_r و واریانس‌های آن‌ها برای مدل تصادفی برای برآورد σ^2_A،

h^2 و σ^2_D محاسبه شد (۲۸). در روش گریفینگ $\sigma^2A = 2$ σ^2g و $\sigma^2D = 2\ \sigma^2s$ است، بنابراین وراثت‌پذیری خصوصی (h^2_n) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$h^2_n = (\sigma^2A)/(\ \sigma^2A+ \sigma^2D+(\ \sigma^2E)/r) \quad (۱)$$

برای تعیین سهم واریانس افزایشی در کنترل ژنتیکی صفات نسبت GCA:SCA (نسبت بیکر) از فرمول زیر محاسبه شد:

$$GCA:SCA = 2\ \sigma^2g\ /(2\ \sigma^2g + \sigma^2s) \quad (۲)$$

این رابطه نشان می‌دهد که چه میزان از واریانس مشاهده‌شده با اثرات افزایشی و نیز با اثرات غالبیت ژن‌ها کنترل می‌شود. مقادیر نزدیک به عدد یک نشان‌دهندهٔ اثرات افزایشی ژن‌هاست (۴). هتروزیس (برتری دورگ نسبت به میانگین والدین) و هتروبلتیوزیس (برتری دورگ نسبت به والد برتر) از طریق فرمول‌های ۳ و ۴ محاسبه شدند (۸):

$$Heterosis = (F_1 - MP)/MP \times 100 \quad (۳)$$

$$Heterobeltiosis = (F_1 - BP)/BP \times 100 \quad (۴)$$

حداقل تفاوت معنادار برای آزمون معناداربودن هتروزیس از طریق فرمول ۵ و برای هتروبلتیوزیس از طریق فرمول ۶ به‌دست آمد (۲۵).

$$CD = (3Me/2r)^{0.5}\times t \quad (۵)$$

$$CD = (2Me/r)^{0.5}\times t \quad (۶)$$

نتایج و بحث

میانگین وزن میوه

تودهٔ 'گلپایگان' با میانگین ۱/۷۴ و تودهٔ 'میرپنجی' با میانگین ۵/۳۶ کیلوگرم به‌ترتیب کمترین و بیشترین وزن را در بین والدها داشتند. در بین تلاقی‌ها دورگ 'آران۱ × گلپایگان' (۱/۶۴ کیلوگرم) کمترین و دورگ 'میرپنجی × تاشکندی' (۵/۲۳ کیلوگرم) بیشترین میانگین وزنی را داشتند (جدول۱).

جدول۱. میانگین صفات مختلف برای والدها و ۴۲ تلاقی مستقیم و معکوس در تلاقی دای‌آلل هفت تودهٔ ملون

نام توده و تلاقی	میانگین وزن میوه (Kg)	ضخامت گوشت (Cm)	تعداد میوه در بوته	تعداد روز تا رسیدن	عملکرد در بوته (Kg)
تاشکندی (۱)	۲/۸۰	۳/۵۴	۳/۰	۸۲/۳۳	۷/۵۲
خاتونی (۲)	۲/۸۶	۳/۱۰	۲/۳۳	۹۲/۷۳**	۶/۱۲
گرمک (۳)	۳/۵۳	۳/۵۲	۳/۳۳	۷۲/۷۳*	۹/۵۸
آران۱ (۴)	۱/۸۶	۳/۱۴	۴/۲۶	۷۴/۲۶	۶/۰۳*
میرپنجی (۵)	۵/۳۶**	۵/۴۲**	۲/۲۷*	۹۲/۳۳	۱۰/۸**
سوسکی سبز (۶)	۲/۶۶	۳/۷۴	۲/۸۰	۹۱/۴	۶/۵۶
گلپایگان (۷)	۱/۷۴*	۲/۵۷*	۴/۸۷**	۷۹/۰۶	۸/۰۶
۲ × ۱	۲/۶۴	۳/۸۱	۳/۴	۷۸/۲	۸/۴۷
۳ × ۱	۳/۴۲	۴/۲۵	۳/۲۶	۷۶/۷	۱۰/۱۴
۴ × ۱	۳/۳۴	۴/۱۳	۴/۲۳	۷۸/۷	۱۱/۷۸
۵ × ۱	۴/۶۷	۴/۰۱	۳/۰۷	۷۷/۵	۱۲/۸۳
۶ × ۱	۳/۶۸	۴/۰۱	۲/۷۷	۷۹/۵	۸/۳۶
۷ × ۱	۲/۷۱	۳/۳۸	۳/۷۶	۸۰/۲۲	۹/۰۸
۱ × ۲	۲/۸۶	۳/۳۱	۳/۰۳	۷۷/۲	۸/۲۷
۳ × ۲	۳/۱۶	۳/۰۱	۳/۵۵	۶۹/۶*	۱۰/۲۱
۴ × ۲	۲/۳	۳/۴۱	۴/۶۳	۷۷/۲	۹/۷۴

ادامهٔ جدول ۱.

نام توده و تلاقی	میانگین وزن میوه (Kg)	ضخامت گوشت (Cm)	تعداد میوه در بوته	تعداد روز تا رسیدن	عملکرد در بوته (Kg)
۲ × ۵	۴/۹۳	۳/۹	۲/۴۹	۷۹/۳	۱۱/۲۷
۲ × ۶	۳/۷۲	۳/۳۸	۲/۵۷	۸۰/۱	۷/۸۷
۲ × ۷	۲/۵۸	۳/۳۱	۴/۷۲	۸۰/۱	۱۰/۶۷
۳ × ۱	۳/۸۶	۳/۶۸	۲/۷۲	۸۴/۳۳**	۹/۴۹
۳ × ۲	۲/۷۶	۳/۴۷	۳/۵۹	۸۰/۵۳	۸/۹
۳ × ۴	۲/۷۵	۲/۵۳	۳/۸۲	۶۹/۸	۹/۵
۳ × ۵	۲/۷۳	۲/۲۴	۲/۵۸	۷۱/۱	۸/۸۴
۳ × ۶	۳/۵۳	۳/۴۵	۳/۴۹	۷۸/۹	۱۰/۹۱
۳ × ۷	۲/۵۶	۲/۱۳*	۳/۶۳	۶۹/۷	۸/۲۹
۴ × ۱	۲/۷۲	۳/۷	۵/۰۵	۸۰/۸۳	۱۲/۲۳
۴ × ۲	۲/۸۱	۳/۴۶	۴/۳۶	۸۱/۸۳	۱۰/۷۵
۴ × ۳	۳/۰۷	۲/۵۷	۳/۵۹	۷۰/۱	۹/۶
۴ × ۵	۲/۷۵	۳/۴۳	۳/۷۸	۷۹/۴	۹/۸۹
۴ × ۶	۲/۴۶	۳/۷۸	۵/۴۴	۸۱/۸۳	۱۱/۸۸
۴ × ۷	۱/۶۴*	۳/۴۵	۶/۳۱**	۷۵/۸	۹/۳۴
۵ × ۱	۵/۲۳**	۴/۵۴**	۳/۰۱	۷۹/۸	۱۳/۶۴**
۵ × ۲	۴/۸۶	۴/۵۱	۲/۳۲	۸۱/۵	۱۰/۲۷
۵ × ۳	۳/۷۵	۲/۸۲	۲/۴۲	۷۲/۷	۸/۵۷
۵ × ۴	۲/۸۲	۳/۳۶	۳/۴۱	۷۸/۲	۸/۶۱
۵ × ۶	۳/۱۳	۳/۸	۳/۸۱	۸۳/۶۲	۱۰/۹۳
۵ × ۷	۳/۱۲	۳/۶۱	۳/۵۸	۸۱/۵	۱۰/۱۵
۶ × ۱	۳/۱۹	۳/۸۸	۲/۴۶	۸۱/۳	۷/۵۴
۶ × ۲	۳/۵۶	۳/۷۱	۲/۲۷*	۸۲/۲	۷/۱۷*
۶ × ۳	۲/۶۳	۲/۸	۳/۹۵	۷۷/۲	۱۰/۱۸
۶ × ۴	۲/۸۲	۳/۵۹	۴/۱۷	۸۰/۳۳	۱۰/۶۸
۶ × ۵	۴/۸۵	۴/۳۹	۲/۶۶	۸۳/۰۵	۱۱/۹۶
۶ × ۷	۲/۷۱	۳/۱۳	۴/۴۱	۷۹/۹۸	۱۰/۹۴
۷ × ۱	۲/۷۴	۳/۵۹	۳/۹۳	۷۹/۴	۹/۸۲
۷ × ۲	۳/۲۱	۳/۰	۳/۹۹	۷۹/۸	۱۱/۸۱
۷ × ۳	۲/۴۶	۳/۰۵	۴/۲۳	۷۰/۳	۹/۴۸
۷ × ۴	۱/۷۸	۳/۱۸	۵/۹۶	۷۲/۶	۹/۵۷
۷ × ۵	۲/۷۲	۳/۵۶	۳/۸۷	۸۰/۶۶	۹/۶۷
۷ × ۶	۳/۱۶	۳/۴۴	۴/۲۷	۸۱/۸۳	۱۲/۴۹
LSD (P<0.05)	۰/۵۹۶	۰/۳۷۲	۰/۳۹۹	۲/۲۳۶	۱/۶۴۷

* و ** – به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ کمترین و بیشترین مقدار آن صفت در بین والدها و تلاقی‌هاست.

تجزیهٔ ترکیب‌پذیری مبین وجود اثرات معنادار ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای این صفت بود که نشان‌دهندهٔ اهمیت اثرات غالبیت و اثرات افزایشی ژن‌ها در کنترل صفت بود. از طرف دیگر، نسبت بیکر یا نسبت GCA:SCA ۰/۹۵ به‌دست آمد که نشانگر اهمیت بیشتر اثرات افزایشی ژن‌ها بود (جدول۲). با توجه به مقدار زیاد این نسبت می‌توان والدها را براساس مقدار بیشتر قدرت ترکیب‌پذیری عمومی گزینش کرد. همچنین می‌توان در کنار تولید دورگ برای تجمع آلل‌هایی که اثر افزایشی برای بهبود این صفت دارد، عمل گزینش انجام داد. نتایج مشابهی در توده‌های خربزه گزارش شده است (۳). در گزارشی بر نقش بیشتر اثرات افزایشی ژن‌ها در مقایسه با اثر غالبیت آن‌ها در کنترل این صفت تأکید شد (۱۴). اما در پژوهشی دیگر روی دو رقم طالبی که از تجزیهٔ میانگین نسل‌ها استفاده شده بود، برای اثرات غالبیت و اپیستازی ژن‌ها در کنترل وزن میوه نقش بیشتری گزارش شد (۲۶).

بیشترین مقدار GCA در میان والدها در تودهٔ 'میرپنجی' مشاهده شد (۰/۹۵) که به میزان قابل ملاحظه‌ای بیشتر از دیگر والدها بود. بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی منفی نیز در تودهٔ 'گلپایگان' و به‌دنبال آن در 'آران۱' (به‌ترتیب ۰/۶۲- و ۰/۶۱-) مشاهده شد (جدول۳). دورگ 'سوسکی سبز × گلپایگان' بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی را داشت (۰/۹۴) و به‌دنبال آن، 'خاتونی × میرپنجی' و 'تاشکندی × میرپنجی' (به‌ترتیب ۰/۷۷ و ۰/۶۹) قرار داشتند (جدول۴).

جدول۲. تجزیهٔ ترکیب‌پذیری، نسبت GCA:SCA و مقادیر وراثت‌پذیری صفات اندازه‌گیری شده براساس روش اول گریفینگ

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین وزن میوه	ضخامت گوشت میوه	تعداد میوه در بوته	روز تا رسیدن	عملکرد در بوته
تکرار	۳	۰/۱۸۱	۰/۰۲۲	۰/۰۹۱	۴/۸۸	۰/۸۱۴
ژنوتیپ	۴۸	۲/۰۹۷**	۱/۰۸۷**	۲/۸۵۴**	۸۲/۱۶**	۱۰/۷۲**
GCA	۶	۱۲/۰۴**	۴/۵۷**	۱۶/۵۲**	۳۵۸/۳۱**	۵/۴۹**
SCA	۲۱	۱/۰۲۱**	۰/۸۹۲**	۱/۳۲۲**	۶۷/۰۱**	۱۵/۳۸**
REC	۲۱	۰/۳۳۲**	۰/۲۸۵**	۰/۴۸	۱۸/۴۱	۲/۵۶**
خطا	۹۶	۰/۱۳۶	۰/۰۵۳	۰/۰۶۱	۱/۹۰۴	۱/۰۴
σ^2g		۰/۲۵	۰/۰۵۱	۰/۰۷۵۲	۱۵/۴۱	۰/۰۸۲
σ^2s		۰/۰۶	۰/۰۱۸	۰/۰۰۸۶	۷/۲۰	۰/۱۵
σ^2r		۰/۰۰	۰/۰۲۴	۰/۰۰	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰
GCA: SCA		۰/۹۵	۰/۹۱	۰/۹۶	۰/۹۱	۰/۴۱
وراثت‌پذیری عمومی		۰/۹۲	۰/۸۷	۰/۸۸	۰/۹۸	۰/۴۸
وراثت‌پذیری خصوصی		۰/۸۲	۰/۷۴	۰/۸۳	۰/۷۹	†

* و ** – به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، † به‌دلیل کوچک‌تربودن σ^2gca نسبت به σ^2sca و خطای برآورد وراثت‌پذیری خصوصی برآورد نشد.

جدول۳. اثرات ترکیب‌پذیری عمومی والدها برای صفات ارزیابی‌شده

والدها	میانگین وزن میوه	ضخامت گوشت میوه	تعداد میوه در بوته	روز تا رسیدن	عملکرد در بوته
تاشکندی	۰/۱۹**	۰/۳۷**	−۰/۲۷**	۱/۱۶**	۰/۳۲**
خاتونی	۰/۰۳	−۰/۰۲۸	−۰/۳۶**	۱/۴۴**	−۰/۴۷**
گرمک	۰/۰۴	−۰/۴۰**	−۰/۲۵**	−۴/۸۶**	−۰/۴۰**
آران۱	−۰/۶۱**	−۰/۱۷**	۰/۹۷**	−۲/۴۷*	۰/۱۱
میرپنجی	۰/۹۵**	۰/۴۴**	−۰/۶۷**	۲/۰۳**	۰/۵۰**
سوسکی سبز	−۰/۰۱	۰/۱۳**	−۰/۲۱**	۳/۶۱**	−۰/۱۴
گلپایگان	−۰/۶۲**	−۰/۳۳**	۰/۸۱**	−۰/۹۰**	۰/۰۷۴

* و ** – به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول۴. مقادیر ترکیب‌پذیری خصوصی صفات ارزیابی‌شده در تلاقی‌های مستقیم و معکوس

تلاقی	میانگین وزن میوه	ضخامت گوشت میوه	تعداد میوه در بوته	روز تا رسیدن میوه	عملکرد در بوته
†S12	۰/۵۸**	−۰/۲۵**	۰/۲۱*	−۳/۷۷**	−۱/۲۴**
S13	۰/۲۷*	۰/۵۳**	−۰/۱۲	۵/۳۷**	۰/۱۴
S14	۰/۳۰*	۰/۲۵**	۰/۵۳**	۲/۲۳**	۲/۶۵**
S15	۰/۶۹**	۰/۰۱	۰/۳۴**	−۳/۴۱**	۳/۵۵**
S16	−۰/۰۶	−۰/۰۲	−۰/۵۴**	−۳/۲۳**	−۱/۷۱**
S17	۰/۸۴**	۰/۴۷**	−۰/۲۳	۱/۷۷	۲/۱۷**
S23	−۰/۲۴	۰/۲۰*	۰/۵۴**	−۰/۴۰	۰/۷۲*
S24	۰/۱۸	۰/۱۶*	۰/۴۰**	۱/۶۵**	۱/۱۸**
S25	۰/۷۷**	۰/۳۲**	−۰/۱۹*	−۱/۸۹**	۱/۰۷**
S26	۰/۱۲	−۰/۰۳	−۰/۶۵**	۲/۵۴**	−۱/۱۳**
S27	۰/۷۱**	۰/۴۹**	۰/۸۶**	−۷/۱۳**	۴/۸۵**
S34	۰/۳۱*	−۰/۳۵**	−۰/۶۶**	−۱/۵۶**	۰/۴۱
S35	−۰/۵۳**	−۰/۹۸**	−۰/۲۱*	−۴/۸۰**	−۲/۳۸**
S36	۰/۱۰	−۰/۰۷	۰/۵۴**	۰/۴۰	۱/۲۰**
S37	۰/۰۷	−۰/۹۷**	−۰/۴۲*	−۷/۲۱**	−۰/۹۸
S45	−۰/۶۷**	−۰/۳۵**	−۰/۳۴**	۰/۴۳	−۱/۷۱**
S46	۰/۱۴	۰/۲۶**	۰/۴۰**	۱/۰۶*	۱/۷۴**

ادامهٔ جدول ۴.

تلاقی	میانگین وزن میوه	ضخامت گوشت میوه	تعداد میوه در بوته	روز تا رسیدن میوه	عملکرد در بوته
S47	−۰/۰۵	۰/۴۸**	۱/۷۷**	۱/۲۶	۳/۳۵**
S56	−۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۴۸**	−۱/۱۹*	۰/۱۵
S57	−۰/۷۰**	−۰/۹۶**	۰/۰۰	−۸/۷۱**	−۰/۱۸
S67	۰/۹۴**	۰/۲۳	۰/۴۷*	−۶/۸۷**	۴/۲۹**
R12	−۰/۱۰	۰/۲۵*	۰/۱۸	۰/۴۸	۰/۰۹
R13	−۰/۴۳*	۰/۲۸**	۰/۲۷*	−۳/۷۸**	۰/۳۱
R14	۰/۱۵	۰/۲۱*	−۰/۶۳**	−۱/۰۳	۰/۲۶
R15	−۰/۲۸	−۰/۲۵	۰/۰۲	−۱/۱۳*	−۰/۴۴
R16	۰/۱۲	۰/۰۶	۰/۱۶	−۰/۹۳	۱/۰۵*
R17	−۰/۰۱	−۰/۱۱	−۰/۰۸	−۱/۲۳*	−۰/۲۷
R23	۰/۲۲	−۰/۲۳	−۰/۰۲	−۵/۴۷**	۰/۷۰
R24	−۰/۲۸	−۰/۰۳	−۰/۰۲	−۲/۳۳**	−۰/۸۶*
R25	۰/۰۶	−۰/۳۰**	۰/۰۸	−۱/۱۰	۰/۴۰
R26	۰/۱۴	−۰/۱۷	۰/۱۵	−۰/۸۳	۰/۶۴
R27	−۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۳۶**	−۰/۴۹	−۰/۳۱
R34	−۰/۱۱	−۰/۰۲	۰/۱۲	−۰/۱۲	−۰/۲۳
R35	−۰/۱۷	−۰/۲۹	۰/۰۸	−۱/۴۲*	−۰/۴۵
R36	۰/۴۶**	۰/۳۲**	−۰/۲۳*	۰/۸۷	۰/۸۸*
R37	−۰/۰۴	−۰/۴۶**	−۰/۳۰**	−۰/۳۵	−۰/۵۸
R45	−۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۱۹	۰/۶۰	۰/۰۶
R46	−۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۶۳**	۰/۷۵	۰/۸۰
R47	−۰/۰۴	۰/۱۴	۰/۱۷	۱/۶۷**	−۰/۰۷
R56	−۰/۶۲**	−۰/۳۰**	۰/۵۷**	۰/۲۹	−۱/۶۷**
R57	۰/۱۰	۰/۰۲	−۰/۱۵	۰/۴۲	۰/۲۳
R67	−۰/۱۷	−۰/۱۶	۰/۰۷	−۰/۹۲	−۰/۷۷

* و ** – به‌ترتیب معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد،

† ۱. تاشکندی، ۲. خاتونی، ۳. گرمک، ۴. آران۱، ۵. میرپنجی، ۶. سوسکی سبز و ۷. گلپایگان

وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی وزن میوه به‌ترتیب ۰/۹۲ و ۰/۸۲ بود که نشان‌دهندهٔ تأثیر کم محیط بر روی این صفت بود، این مقدار وراثت‌پذیری بالا و سهم بالای اثرات افزایشی ژن‌ها نشان داد که گزینش برای وزن میوه در نسل‌های اولیه می‌تواند موفقیت‌آمیز باشد (جدول۲). همبستگی بالا و مثبت این صفت با عملکرد نیز نشان داد

که گزینش برای این صفت کارایی زیادی برای افزایش عملکرد دارد. این نتایج با برآورد وراثت‌پذیری در شرایط هرس (به‌ترتیب ۰/۹ و ۰/۷۶) در پژوهشی بر روی چند تودهٔ خربزه در اصفهان (۷) و نتایج گزارشی دیگر (۲۷) در پژوهشی که بر روی دو رقم طالبی و نتاج آن‌ها در ایالت ویسکانسین (h^2_n = ۰/۷۹) انجام شده بود، مطابقت داشت. هتروزیس مطلوب برای صفت وزن میوه تنها براساس میانگین والدین مشاهده شد (با میانگین ۱۱/۰۱ درصد) و مقدار هتروزیس براساس والد برتر ۹/۷۲- بود. از میان دورگ‌ها ۱۰ دورگ هتروزیس براساس والد برتر نشان دادند که در هفت تلاقی، 'سوسکی سبز' یکی از والدین بود. دامنهٔ تغییرات هتروزیس براساس والد برتر از ۴۹/۲۵- تا ۳۱/۴۳ درصد در نوسان بود که نشان داد در بیشتر دورگ‌ها هتروزیس در راستای کاهش وزن میوه بود (جدول۵). پیش از این هتروزیس مطلوب براساس میانگین والدها و والد برتر برای این صفت به‌ترتیب ۴۰/۹ و ۱۸/۹۲ درصد گزارش شد (۱۵). مقادیر هتروزیس در شرایط بدون هرس براساس میانگین والدها و والد برتر براساس برآورد گزارشی که روی توده‌های خربزه انجام شده بود، به‌ترتیب ۱۱/۷۶ و ۷/۰۳- درصد بود و هتروزیس مطلوب تنها براساس میانگین والدها مشاهده شد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت (۷).

جدول۵. هتروزیس (٪) براساس والد برتر (BP) و میانگین والدین (MP) برای صفات ارزیابی‌شده

تلاقی	میانگین وزن میوه		ضخامت گوشت		تعداد میوه در بوته		روز تا رسیدن		عملکرد در بوته	
	MP	BP	MP	BP	MP	BP	MP	BP	MP	BP
۲ × ۱	-۶/۷۱	-۷/۶۹	۱۴/۷۶**	۷/۶۳	۲۸/۵۸**	۱۳/۳۳*	-۱۰/۶۶**	-۵/۰۲**	۲۴/۱۹*	۱۲/۶۳
۳ × ۱	۸/۰۶	-۳/۱۲	۲۰/۴۰**	۲۰/۰۶**	۳/۰۰	-۲/۱۰	-۱/۰۷	۵/۴۶**	۱۸/۶۰*	۵/۸۵
۴ × ۱	۴۳/۳۵**	۱۹/۲۹	۲۳/۶۵**	۱۶/۶۷**	۱۶/۵۳**	-۰/۷۰	۰/۵۲	۵/۹۸**	۷۳/۸۷**	۵۶/۶۵**
۵ × ۱	۱۴/۴۶*	-۱۲/۸۷*	-۱۰/۴۹**	-۲۶/۰۱**	۱۶/۵۱*	۲/۳۳	-۱۱/۲۶**	-۵/۸۷**	۴۰/۰۷**	۱۸/۸۰*
۶ × ۱	۳۴/۸۰**	۳۱/۴۳**	۱۰/۱۶*	۷/۲۲	-۴/۴۸	-۷/۶۷	-۸/۴۸**	-۳/۴۴*	۱۸/۷۵	۱۱/۱۷
۷ × ۱	۱۹/۳۸	-۳/۲۱	۱۰/۶۴*	-۴/۵۲	-۴/۴۵	-۲۲/۷۹**	-۰/۵۹	۱/۴۷	۱۶/۵۶	۱۲/۶۶
۱ × ۲	۱/۰۶	۰/۰۰	-۰/۳۰	-۶/۵۰	۱۳/۷۰*	۱/۰۰	-۱۱/۸۰**	-۶/۲۳**	۲۱/۲۶*	۹/۹۷
۳ × ۲	-۱/۱۰	-۱۰/۴۸	-۹/۰۶	-۱۴/۴۹**	۲۵/۴۴**	۶/۶۱	-۱۵/۸۷**	-۴/۳۰**	۳۰/۰۶**	۶/۵۸
۴ × ۲	-۲/۵۴	-۱۹/۵۸*	۹/۲۹	۸/۶۰	۴۰/۵۲**	۸/۶۹	-۷/۵۴**	۳/۹۶**	۶۰/۳۳**	۵۹/۱۵**
۵ × ۲	۱۹/۹۵**	-۸/۰۲	۱۹/۶۳**	-۲۸/۰۴**	۸/۲۶	۶/۸۷	-۱۴/۳۰**	-۱۴/۱۱**	۳۳/۲۲**	۴/۳۵
۶ × ۲	۳۴/۷۸**	۳۰/۰۷**	-۱/۱۷	-۹/۶۳*	۰/۱۹	-۸/۲۱	-۱۳/۰۰**	-۱۲/۳۶**	۲۴/۱۳*	۱۹/۹۷
۷ × ۲	۱۲/۱۷	-۹/۷۹	۱۶/۷۵**	۶/۷۷	۳۱/۱۱**	-۳/۰۸	-۶/۷۵**	۱/۳۲	۵۰/۴۹**	۳۲/۳۸**
۱ × ۳	۲۱/۹۶**	۹/۳۵	۴/۲۵	۳/۹۵	-۱۴/۰۶*	-۱۸/۳۲**	۸/۷۷**	۱۵/۹۵**	۱۰/۹۹	-۰/۹۴
۲ × ۳	-۱۳/۶۲	-۲۱/۸۱*	۴/۸۳	-۱/۴۲	۲۶/۸۶**	۷/۸۱	-۲/۶۶*	۱۰/۷۲**	۱۳/۳۸	-۷/۱۰
۴ × ۳	۲/۰۴	-۲۲/۱۰**	-۲۴/۰۲**	-۲۸/۱۳**	۰/۶۶	-۱۰/۳۳*	-۵/۰۳**	-۶/۰۱**	۲۱/۷۲*	-۰/۸۴
۵ × ۳	-۳۰/۷۱**	-۴۹/۰۷**	-۳۵/۴۵**	-۵۸/۶۷**	-۷/۸۶	-۲۲/۵۲**	-۱۳/۸۵**	-۲/۲۴	-۱۳/۲۵	-۱۸/۱۵*
۶ × ۳	۱۴/۰۵	۰/۰۰	-۴/۹۶	-۷/۷۵	۱۳/۸۷*	۴/۸۰	-۳/۸۶**	۸/۴۸	۳۵/۱۹**	۱۳/۸۸

ادامهٔ جدول ۵.

تلاقی	میانگین وزن میوه		ضخامت گوشت		تعداد میوه در بوته		روز تا رسیدن		عملکرد در بوته	
	MP	BP	MP	BP	MP	BP	MP	BP	MP	BP
۳ × ۷	۲/۸۵	−۲۷/۴۸**	−۳۰/۰۵**	−۳۹/۴۹**	−۱۱/۴۶**	−۲۵/۴۶**	−۸/۱۶**	−۴/۱۷**	−۶/۰۱	−۱۳/۴۷
۴ × ۱	۱۶/۷۴	−۲/۸۶	۱۰/۷۸*	۴/۵۲	۳۹/۱۲**	۱۸/۵۴**	۳/۲۴*	۸/۸۵**	۸۰/۵۲**	۶۲/۶۳**
۴ × ۲	۱۹/۰۷	−۱/۷۵	۱۰/۹۰*	۱۰/۱۹	۳۲/۳۲**	۲/۳۵	−۱/۹۹	۱۰/۱۹**	۷۶/۹۵**	۷۵/۶۵**
۴ × ۳	۱۳/۹۱	−۱۳/۰۳	−۲۲/۸۲**	−۲۶/۹۹**	−۵/۴۰	−۱۵/۷۳**	−۴/۶۲**	−۳/۶۲*	۲۳/۰۰*	۰/۲۱
۴ × ۵	−۲۳/۸۲**	−۴۸/۶۹**	−۱۹/۸۶**	−۳۶/۷۲**	۱۵/۷۷**	−۱۱/۲۷*	−۴/۶۸**	۶/۹۲**	۱۷/۵۳*	−۷/۴۳
۴ × ۶	۸/۸۵	−۷/۵۲	۹/۸۸*	۱/۰۷	۵۴/۱۱**	۲۷/۷۰**	−۱/۲۱	۱۰/۱۹**	۸۸/۷۲**	۸۱/۱۰**
۴ × ۷	−۸/۸۹	−۱۱/۸۳	۲۰/۸۴**	۹/۸۷	۳۸/۲۳**	۲۹/۵۷**	−۱/۱۲	۲/۰۷	۳۲/۵۸**	۱۵/۸۸
۵ × ۱	۲۸/۱۹**	−۲/۴۳	۱/۳۴	−۱۶/۲۴**	۱۴/۲۳*	۰/۳۳	−۸/۶۲**	−۳/۰۷*	۴۸/۹۱**	۲۶/۳۰**
۵ × ۲	۱۸/۲۵**	−۹/۳۳	۳۸/۳۴**	−۱۶/۷۹**	۰/۸۷	−۰/۴۳	−۱۱/۹۲**	−۱۱/۷۳**	۲۱/۳۹*	−۴/۹۱
۵ × ۳	−۴/۸۲	−۳۰/۰۴**	۱۸/۷۳**	−۴۷/۹۷**	−۱۳/۵۷*	−۲۷/۳۳**	−۱۱/۹۱**	−۰/۰۴	−۱۵/۹۰*	−۲۰/۶۵**
۵ × ۴	−۲۱/۸۸**	−۴۷/۳۹**	−۲۱/۵۰*	−۳۸/۰۱**	۴/۴۴	−۱۹/۹۵**	−۶/۱۲**	۵/۳۱**	۲/۳۲	−۲۰/۲۸**
۵ × ۶	−۲۱/۹۵**	−۴۱/۶۰**	−۱۷/۰۳**	−۲۹/۸۹**	۵۰/۳۰**	۳۶/۰۷**	−۸/۹۸**	−۸/۵۱**	۲۵/۹۲**	۱/۲۰
۵ × ۷	−۱۱/۸۶	−۴۱/۷۹**	−۹/۶۴*	−۳۳/۳۹**	۰/۲۸	−۲۶/۴۹**	−۴/۹۰**	۳/۰۹*	۷/۶۴	−۶/۰۲
۶ × ۱	۱۶/۸۵	۱۳/۹۳	۶/۵۹	۳/۷۴	−۱۵/۱۷*	−۱۸/۰۰**	−۶/۴۱**	−۱/۲۵	۷/۱۰	۰/۲۷
۶ × ۲	۲۸/۹۹**	۲۴/۴۸*	۸/۴۸	−۱/۰۷	−۱۱/۵۰	−۱۸/۹۳**	−۱۰/۷۲**	−۱۰/۰۷**	۱۳/۰۹	۹/۳۰
۶ × ۳	۱/۳۵	−۲۵/۵۰**	−۲۲/۸۷**	−۲۵/۱۳**	۲۸/۸۷**	۱۸/۶۲**	−۵/۹۳**	۶/۱۵**	۲۶/۱۵**	۶/۲۶
۶ × ۴	۶/۰۲	۶/۰۲	۴/۳۶	−۴/۰۱	۱۸/۱۳**	−۲/۱۱	−۳/۰۲*	۸/۱۷**	۷۰/۷۷**	۶۳/۸۷**
۶ × ۵	۲۰/۹۵**	−۹/۵۱	−۴/۱۵	−۱۹/۰۰**	۴/۹۳	−۵/۰۰	−۹/۶۰**	−۹/۱۴**	۳۱/۱۰**	۱۰/۱۹
۶ × ۷	۲۳/۱۸**	۱/۸۸	−۰/۷۹	−۱۶/۳۱**	۱۴/۹۹**	−۹/۴۵*	−۶/۱۶**	۱/۱۶	۴۵/۶۹**	۳۲/۱۳**
۷ × ۱	۲۰/۷۰	−۲/۱۴	۱۷/۵۱**	۱/۴۱	−۰/۱۳	−۹/۳۰**	−۱/۶۰	۰/۴۳	۲۵/۲۹**	۲۱/۰۹*
۷ × ۲	۳۹/۵۷**	۱۲/۲۴	۵/۸۲	−۳/۲۳	۱۰/۸۳*	−۱۸/۰۷**	−۷/۱۰**	۰/۹۴	۵۲/۴۷**	۳۴/۱۲**
۷ × ۳	۱۵/۲۲	−۳۰/۳۱**	۰/۱۶	−۱۳/۳۳*	۳/۱۷	−۱۳/۱۴**	−۷/۳۷**	−۳/۳۴*	۱۶/۲۱	۶/۹۹
۷ × ۴	−۲/۲۲	−۵/۳۸	۱۱/۳۸*	۱/۲۷	۳۰/۵۶**	۲۲/۳۸**	−۵/۳۰**	−۲/۲۴	۳۴/۵۶**	۱۷/۶۲
۷ × ۵	−۲۳/۱۶**	−۴۹/۲۵**	۱۰/۸۹**	−۳۴/۳۲**	۸/۴۰	−۲۰/۵۳**	−۵/۸۸**	۲/۰۲	۵/۰۹	−۸/۲۴
۷ × ۶	۴۳/۶۴**	۱۸/۸۰	۹/۰۳	−۸/۰۲	۱۱/۳۴*	−۱۲/۳۲**	−۳/۹۹**	۳/۵۰*	۵۱/۴۶**	۴۲/۸۰**
میانگین جدول دای‌آلل	۱۱/۰۱		۰/۴۸		۱۲/۴۲		−۵/۴۲		۲۸/۱۸	
تفاوت بحرانی (٪۵)	۰/۵۱	۰/۵۹	۰/۳۲	۰/۳۶	۰/۳۴	۰/۳۹	۱/۹۳	۲/۲۳	۱/۴۲	۱/۶۴
تفاوت بحرانی (٪۱)	۰/۶۸	۰/۷۸	۰/۴۲	۰/۴۸	۰/۴۵	۰/۵۲	۲/۵۶	۲/۹۶	۱/۸۸	۲/۱۸

* و ** – به‌ترتیب معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

† ۱. تاشکندی، ۲. خاتونی، ۳. گرمک، ۴. آران۱، ۵. میرپنجی، ۶. سوسکی سبز و ۷. گلپایگان

تعداد میوه در بوته

میانگین تعداد میوه در هر بوته برای والدها در دامنهٔ ۲/۲۷ میوه در تودهٔ 'میرپنجی' تا ۴/۸۷ میوه در تودهٔ 'گلپایگان' نوسان داشت و در میان تلاقی‌ها دورگ 'سوسکی × خاتونی' با ۲/۲۷ و دورگ 'آران۱ × گلپایگان' با ۶/۳۱ به‌ترتیب کمترین و بیشترین میوه در بوته را داشتند (جدول۱). تجزیهٔ ترکیب‌پذیری نشان‌دهندهٔ وجود اثرات معنادار ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای این صفت بود (جدول۲). بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی برای افزایش تعداد میوه در میان والدها متعلق به تودهٔ 'آران۱' بود که به‌طور قابل ملاحظه‌ای از دیگر والدها بیشتر بود (۰/۹۷) و پس از آن تودهٔ 'گلپایگان' (۰/۸۱) قرار داشت. به‌جز این دو، سایر والدها قابلیت ترکیب‌پذیری منفی و معناداری نشان دادند. کمترین GCA نیز برای تودهٔ 'میرپنجی' به‌دست آمد (۰/۶۷-) (جدول۳).

بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی برای تلاقی 'آران۱ × گلپایگان' (۱/۷۷) و به دنبال آن برای تلاقی 'خاتونی × گلپایگان' (۰/۸۶) و 'تاشکندی × گرمک' (۰/۵۴) ثبت شد (جدول۴). نسبت GCA:SCA برای این صفت ۰/۹۶ به‌دست آمد. بنابراین، بیشترین مقدار واریانس مشاهده‌شده با اثرات افزایشی کنترل می‌شود (جدول۲). به‌این ترتیب اثرات افزایشی نقش مهمی در کنترل صفت تعداد میوه نشان دادند. در پژوهشی اثرات افزایشی ژن‌ها در کنترل تعداد میوه معنادار گزارش شد و سهم زیادی از واریانس مشاهده‌شده را به خود اختصاص داد (۲۶). در گزارش دیگری این نسبت برابر ۰/۸۴ بود و بنابراین، اثرات افزایشی نقش مهمی در کنترل صفت داشت (۷).

در این گزارش پیشنهاد شد که با توجه به همبستگی معنادار و مثبت تعداد میوه با عملکرد می‌توان با گزینش برای صفت تعداد میوهٔ زیادتر در توده‌هایی که نیاز به هرس و کاهش تعداد میوه ندارند، به‌ویژه در گروه کانتالوپنسیس [با توجه به گروه‌بندی گیاه‌شناسی ملون‌ها (*Cucumis melo* L.) توسط پیترات (۲۰۰۸) ویژگی‌های طالبی بومی ایران با گروه Cantalupensis تطابق دارد (۲۳)] به افزایش عملکرد دست یافت، ولی با توجه به همبستگی زیاد و منفی این صفت با میانگین وزن میوه و نیز اثر غیرمستقیم زیاد و منفی صفت تعداد میوه از طریق میانگین وزن میوه بر روی عملکرد، بایستی توجه کرد که گزینش برای این صفت منجر به کاهش وزن میوه می‌شود. باتوجه به تمام موارد مطرح‌شده به‌نظر می‌رسد که اگر هدف به‌نژادگر دستیابی به میوه‌های بزرگ نباشد که امروزه به این امر توجه بیشتری می‌شود، گزینش برای صفت تعداد میوهٔ بیشتر، به افزایش عملکرد منجر خواهد شد. البته به‌این منظور باید منابع آبی در دسترس برای آن توده را در نظر داشت زیرا در شرایط محدودیت منابع آبی تعداد میوهٔ کمتر در بوته برای تولید پایدار مناسب‌تر است.

وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی تعداد میوه به‌ترتیب ۰/۸۸ و ۰/۸۳ برآورد شد که نشان‌دهندهٔ اثر کم محیط بر روی این صفت و کارایی گزینش مستقیم آن است (جدول۲). این نتایج به یافته‌های یک پژوهش روی توده‌های طالبی نزدیک بود که وراثت‌پذیری خصوصی را برای این صفت در دو منطقه ۰/۶۸ و ۰/۷۰ برآورد کردند (۲۷)، ولی با نتایج گزارشی دیگر (h^2_n = ۰/۱۲) مطابقت چندانی نداشت (۱۸). میزان متوسط هتروزیس براساس میانگین والدین ۱۲/۴۲ و براساس والد برتر ۳/۶۲- درصد بود که نشان‌دهندهٔ وجود هتروزیس مطلوب تنها براساس میانگین والدین برای تعداد میوه است. ۱۶ دورگ هتروزیس مطلوب هم براساس میانگین والدین و نیز براساس والد برتر نشان دادند. دامنهٔ تغییرات هتروزیس براساس والد برتر از ۲۲/۷۹- تا ۳۶/۰۷ درصد در نوسان بود (جدول۵).

ضخامت گوشت میوه

در میان والدها تودهٔ 'میرپنجی' با ضخامت گوشت ۵/۴۲ سانتی‌متر بیشترین و تودهٔ 'گلپایگان' با ۲/۵۷ سانتی‌متر کمترین ضخامت گوشت را داشتند. در میان دورگ‌ها 'میرپنجی × تاشکندی' با ۴/۵۴ و 'گرمک × گلپایگان' با ۲/۱۳ سانتی‌متر بیشترین و کمترین ضخامت گوشت را داشتند (جدول۱). تجزیهٔ ترکیب‌پذیری نشان‌دهندهٔ وجود اثرات معنادار ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای این صفت بود (جدول۲). میانگین مربعات قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی و عمومی و نیز اثرات مادری و اثرات تلاقی‌های متقابل معنادار بود. معنادار بودن اثرات GCA و SCA نشان داد که ژن‌هایی با اثرات افزایشی و غالبیت در کنترل ضخامت گوشت میوه نقش دارند. نسبت بالای GCA:SCA (۰/۹۱) نیز نشان‌دهندهٔ سهم بیشتر اثرات افزایشی در کنترل صفت بود (جدول۲). بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی برای تودهٔ 'میرپنجی' (۰/۴۴) و به‌دنبال آن برای تودهٔ 'تاشکندی' (۰/۳۷) به‌دست آمد و کمترین مقدار نیز برای تودهٔ 'گرمک' (۰/۴۰-) ثبت شد (جدول۳). بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی نیز برای تلاقی 'تاشکندی × گرمک' (۰/۵۳) و سپس 'خاتونی × گلپایگان' (۰/۴۹) ثبت شد (جدول۴).

وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی به‌ترتیب ۰/۸۷ و ۰/۷۴ برآورد شد که نشان‌دهندهٔ توارث بالا و نیز سهم بالای اثرات افزایشی ژن‌ها در کنترل صفت است. این نتایج با برآورد یک گزارش که وراثت‌پذیری خصوصی را برای ضخامت گوشت میوه ۰/۷۱ به‌دست آوردند، مطابقت داشت (۱۸). از آن‌جا که این صفت با دو صفت عملکرد و میانگین وزن میوه همبستگی مثبت و بالایی دارد، استفاده از آن به‌منزلهٔ شاخص گزینش کارایی زیادی برای افزایش این دو صفت خواهد داشت. هتروزیس مطلوب تنها براساس میانگین والدین ۰/۴۸درصد مشاهده شد اما هتروزیس مطلوب براساس والد برتر دیده نشد (۱۱/۷۲- درصد). بیشترین هتروزیس برای ضخامت گوشت میوه برای دورگ 'میرپنجی × خاتونی' (۳۸/۳۴درصد) یادداشت شد (جدول۵).

تعداد روز تا رسیدن نخستین میوه

در میان والدها، تودهٔ 'گرمک' با ۷۲/۷۳ روز زودرس‌ترین و تودهٔ 'خاتونی' با ۹۲/۷۳ روز دیررس‌ترین والدها بودند. در میان تلاقی‌ها نیز دورگ 'خاتونی × گرمک' با ۶۹/۶ روز زودرس‌ترین و دورگ 'گرمک × تاشکندی' با ۸۴/۳۳ روز دیررس‌ترین میوه‌ها را تولید کردند (جدول۱). تجزیهٔ ترکیب‌پذیری نشان داد که قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی و عمومی و اثرات مادری معنادار بود (جدول۲). اثر ترکیب‌پذیری عمومی والدهای 'گرمک' (۴/۸۶-)، 'آران۱' (۲/۴۷-) و 'گلپایگان' (۰/۹-) معنادار و در جهت زودرسی بود، درحالی‌که اثر والدهای 'سوسکی سبز' (۳/۶۱)، 'میرپنجی' (۲/۸۵)، 'خاتونی' (۱/۴۴) و 'تاشکندی' (۱/۱۶) مثبت و معنادار و در جهت دیررسی بود (جدول۳). دورگ‌های 'میرپنجی × گلپایگان' (۸/۷۱-) و 'گرمک × گلپایگان' (۷/۲۱-) بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی را در جهت زودرسی داشتند (جدول۴). نسبت GCA:SCA ۰/۹۱ بود که نقش بیشتر ژن‌های افزایشی در مقایسه با غالبیت در کنترل این صفت را آشکار می‌کند (جدول۲). این نتیجه با یافته‌های گزارش دیگری که در آن نقش اثرات افزایشی در تعداد روز تا رسیدن نخستین میوه بیشتر عنوان شده بود، تطابق دارد (۱۶). وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی به‌ترتیب ۰/۹۸ و ۰/۷۹ برآورد شد (جدول۲). وراثت‌پذیری خصوصی پیش از این در گزارشی ۰/۶۱ برآورد شد (۱۵). هتروزیس مطلوب براساس میانگین والدین و در جهت زودرسی و همچنین براساس والد زودرس‌تر دیده شد. دامنهٔ تغییرات هتروزیس براساس والد

برتر در بازهٔ ۱۵/۹۵ تا ۱۴/۱۱- درصد قرار داشت. این امر در حالی است که ۲۰ دورگ در میان ۴۲ ترکیب از والد زودرس‌تر خود زودرسی بیشتری نشان دادند (جدول۵).

عملکرد در بوته

والد 'میرپنجی' بیشترین عملکرد را داشت و با مقدار ۱۰/۸ کیلوگرم در بوته بهترین والد بود. در میان تلاقی‌ها، دورگ 'میرپنجی × تاشکندی' با عملکرد ۱۳/۶۴ و به دنبال آن 'تاشکندی × سوسکی سبز' با عملکرد ۱۲/۸۳ کیلوگرم و 'آران۱ × تاشکندی' با عملکرد ۱۲/۲۳ کیلوگرم در بوته بهترین ژنوتیپ‌ها بودند (جدول۱).

تجزیهٔ ترکیب‌پذیری وجود اثرات معنادار ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای این صفت را نشان داد. نسبت GCA:SCA ۰/۴۱ به‌دست آمد (جدول۲). معنادار نشدن نسبت ترکیب‌پذیری عمومی به خصوصی نشان‌دهندهٔ عملکرد ژن‌ها با اثر غیرافزایشی در کنترل این صفت است. نتایج مشابهی در پژوهش‌های پیشین (۷) در خربزه گزارش شده است (در شرایط بدون هرس ۰/۳۴ و در شرایط هرس ۰/۴۳). بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی والدها برای تودهٔ 'میرپنجی' به مقدار ۰/۵۰ بود. همچنین والد 'تاشکندی' (۰/۳۲) دارای ترکیب‌پذیری مثبت و معناداری بود، درحالی‌که اثرات والدهای 'گرمک' (۰/۴۰-)، 'خاتونی' (۰/۴۷-) به‌صورت منفی و معنادار بود (جدول۳). بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی برای دورگ 'خاتونی × گلپایگان' (۴/۸۵) و پس از آن برای تلاقی 'سوسکی سبز × گلپایگان' (۴/۲۹) و 'تاشکندی × میرپنجی' (۳/۵۵) به‌دست آمد (جدول۴). وراثت‌پذیری عمومی ۰/۴۸ برآورد شد که بیانگر نقش زیاد اثرات غالبیت در کنترل صفت بود و نشان‌دهندهٔ ناکارآمدی گزینش در نسل‌های اولیه برای افزایش این صفت است (جدول۲). به‌دلیل کوچک‌تربودن واریانس gca نسبت به واریانس sca و خطای برآورد وراثت‌پذیری خصوصی محاسبه نشد.

هتروزیس مطلوب براساس میانگین والدین برای عملکرد در بوته به مقدار ۲۸/۱۸درصد مشاهده شد. مقدار هتروزیس براساس والد برتر ۱۵/۷۸درصد بود که نشان‌دهندهٔ وجود هتروزیس مطلوب برای این صفت است، به‌طوری‌که ۳۲ دورگ براساس والد برتر هتروزیس مطلوب نشان دادند. بیشترین هتروزیس براساس والد برتر برای دورگ‌های 'آران۱ × سوسکی سبز' (۸۱/۱۰درصد) و 'آران۱ × خاتونی' (۷۵/۶۵درصد) مشاهده شد. دامنهٔ تغییرات هتروزیس براساس والد برتر در بازه ۸۱/۱۰ تا ۲۰/۶۵- درصد قرار داشت (جدول۵). در پژوهشی روی خربزه‌های ایران این مقدار براساس میانگین والدین ۳/۱۵درصد گزارش شد اما هتروزیس متوسط براساس والد برتر تنها در شرایط هرس دیده شد (۳). به نظر می‌رسد افزایش تعداد میوه در بوته در دورگ‌ها در پژوهش حاضر، به افزایش عملکرد در بوته منجر شده باشد که مربوط به ژنوتیپ‌های مختلف ارزیابی شده است.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج پژوهش حاضر وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی بالا برای صفات میانگین وزن میوه، ضخامت میوه، تعداد میوه در بوته و تعداد روز تا رسیدن نشان‌دهندهٔ اثر کم محیط بر این صفات و نقش بیشتر اثرات افزایشی است. در میان توده‌های بررسی‌شده تودهٔ 'میرپنجی' بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی را برای صفات عملکرد، میانگین وزن میوه و ضخامت گوشت میوه داشت، بنابراین می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی با هدف عملکرد بیشتر از تودهٔ 'میرپنجی' بهره گرفت. در میان دورگ‌های پژوهش حاضر دورگ 'خاتونی × گلپایگان' و 'سوسکی سبز × گلپایگان' عملکرد بالا و کیفیت به‌نسبت خوبی داشتند. اگر هدف به‌نژادگر دستیابی به میوه‌های بزرگ

نباشد که امروزه به این امر توجه بیشتری می‌شود، گزینش برای صفت تعداد میوهٔ بیشتر در بوته منجر به افزایش عملکرد خواهد شد. باتوجه به مقدار وراثت‌پذیری بالا برای صفت وزن میوه و تأثیر کم محیط بر آن، گزینش برای این صفت در نسل‌های نخست می‌تواند موفقیت‌آمیز باشد. همبستگی بالا و مثبت این صفت با عملکرد نیز کارایی زیاد گزینش برای این صفت برای افزایش عملکرد را نشان می‌دهد.

تنوع بالای ملون‌های ایران نشان‌دهندهٔ وجود مواد ژنتیکی مطلوبی برای اهداف مختلف به‌نژادی است، بنابراین پیشنهاد می‌شود به‌کمک ارزیابی‌های جامع ضمن گردآوری و ارزیابی توده‌های بومی و معرفی توده‌های با کیفیت بالا و عملکرد مناسب به کشاورزان، از آن‌ها در برنامه‌های به‌نژادی استفاده شود و همچنین باتوجه به قابلیت ترکیب‌پذیری بالای برخی توده‌ها می‌توان از آن‌ها برای تولید رقم‌های برتر بهره گرفت. بنابراین، بایستی در آغاز برنامه‌های به‌نژادی، آزمایش‌هایی برای برآورد ترکیب‌پذیری توده‌های باارزش خربزه و طالبی که صفت مورد نظر برای به‌نژادی دارند، صورت گیرد. پیشنهاد می‌شود برای اهداف کوتاه‌مدت به‌نژادی خربزه و طالبی بومی ایران، میانگین وزن متوسط و پایین میوه همراه با تعداد میوهٔ بیشتر در هر بوته و میزان قند خوب میوه همراه با مقاومت به بیماری‌ها در اولویت قرار گیرند و برای اهداف درازمدت تحمل به شوری، زودرسی، میوه‌های مناسب برای حمل‌ونقل و نگهداری طولانی‌مدت و دورگ‌گیری بین‌گونه‌ای و واردکردن ژن‌های اختصاصی به ژنوم ملون‌ها در نظر باشد. تدوین یک برنامهٔ به‌نژادی برای معرفی توده‌ها و لاین‌های برتر با توجه به نیاز روز و عرضه بذرهای دورگ نسل نخست به بازار به بهبود ژنتیکی توده‌های بومی کمک خواهد کرد.

منابع

۱. بی‌نام (۱۳۹۰) آمارنامه کشاورزی محصولات زراعی سال زراعی ۱۳۸۸ـ ۱۳۸۹. جلد اول، وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات. ۱۱۹ ص.

۲. مقدم م و امیری اوغان ح (۱۳۸۹) *روش‌های بیومتری در تجزیه ژنتیک کمی* (ترجمه). انتشارات پریور، تبریز. ۴۳۲ ص.

۳. فیضیان ا، دهقانی ح، رضایی ع و جلالی جواران م (۱۳۸۸) تجزیهٔ ژنتیکی عملکرد و اجزای آن در خربزه به‌روش دای‌آلل. *علوم باغبانی ایران*. ۴۰(۱): ۱۰۶-۹۵.

4. Backer RJ (1978) Issues in diallel analysis. Crop Science. 18: 533-536.

5. Biying L, Shan G, Deyi N, By L and Dy N (2002) Inheritance and heterotic vigor of main economic characteristics of hybrid melon crossed by thin-skinned and thick-skinned melons. Fujian Agricultural Sciences. 17(4): 219.

6. FAO (2010) FAOSTAT agricultural database. http://apps.fao.org.

7. Feyzian E, Dehghani H, Rezai AM and Jalali Javaran M (2009) Diallel cross analysis for maturity and yield-related traits in melon (*Cucumis melo* L.). Euphytica. 168: 215-223.

8. Fonseca S and Paterson FL (1968) Hybrid vigor in a seven parent diallel cross in common winter wheat. Crop Science. 8: 85-88.

9. Gardner EJ (1968) Principle of Genetics. John Wiely, New York.

10. Gardner CP and Eberhart SA (1966) Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related population. Biometrics. 22: 439-452.

11. Griffing B (1956) Consepts of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. Australian Biological Science. 9: 436-493.

12. Hallauer AR and Miranda JB (1988) Quantitative Genetics and Maize Breeding, Iowa State University Press, Ames.

13. Iathet C and Piluek K (2006) Heritability, heterosis and correlations of fruit characters and yield in Thai slicing melon (*Cucumis melo* L. var. *Conomon* makino). Kasetsart Journal, Natural Sciences. 40(1): 20-25.

14. Kalb TJ and Davis DW (1984a) Evaluation of combining ability, heterosis and genetic variance for fruit quality characteristics in bush muskmelon. American Society for Horticultural Sciences. 109(3): 411-415.

15. Kalb TJ and Davis DW (1984b) Evaluation of combining ability, heterosis and genetic variance for yield, maturity and plant characteristics in bush muskmelon. American Society for Horticultural Sciences. 109(3): 416- 419.

16. Kirkbride JH (1993) Biosystematic Monograph of the Genus *Cucumis* (Cucurbitaceae). Parkway, North Carolina.

17. Kitroongruang N, Poo-Swang W and Tokumasu S (1992) Evaluation of combining ability, heterosis and genetic variance for plant growth and fruit quality characteristics in Thai-melon (*Cucumis melo* var *ranian s* Naud.) Scientia Horticulturae. 50(1): 79-87.

18. Lippert LF and Legg PD (1972a) Appearance and quality characters in muskmelon fruit evaluated by a ten- cultivar diallel cross. American Society for Horticultural Sciences. 97(1): 84-87.

19. Lippert LF and Legg PD (1972b) Diallel analyses for yield and maturity characteristics in muskmelon cultivars. American Society for Horticultural Sciences. 97(1): 87-90.

20. Monforte AJ, Eduardo I, Abad S and Arus P (2005) Inheritance mode of fruit traits in melon: Heterosis for fruit shape and its correlation with genetic distance. Euphytica. 144: 31-38.

21. Om YH, Oh DG and Hong KH (1987) Evaluation of heterosis and combining ability for several major characters in oriental melon. Research Report of the Rural Development Administration Horticulture Korea Republic. 29(1): 74-76.

22. Phumichai C, Doungchan W, Puddhanon P, Jampatong S, Grudloyma P and Kirdsr C (2008) SSRbased and grain yield-based diversity of hybrid maize in Thailand. Field Crop Research. 108: 157-162.

23. Raghami M, Lopez-Sese AI, Hasandokht MR, Zamani Z, Fatahi Moghadam MR and Kashi A (2014) Genetic diversity among melon accessions from Iran and their relationships with melon germplasm of diverse origins using microsatellite markers. Plant Systematics and Evolution. 300: 139-151.

24. Robinson RW and Decker-Walters DS (1997) Cucurbits. University Press, New York.

25. Roy D (2000) Plant breeding analysis and exploitation of variation. Alpha Science International LTD. Pp. 701.

26. Zalapa JE, Staub JE and McCreight JD (2006) Generation means analysis of plant architectural traits and fruit yield in melon. Plant Breeding. 125: 482-487.

27. Zalapa JE, Staub JE and McCreight JD (2008) Variance component analysis of plant architectural traits and fruit yield in melon (*Cucumis melo* L.). Euphytica. 162(1): 129-143.

28. Zhang Y, Kang MS and Lamkey KR (2005) DIALLEL-SAS05: A comprehensive program for Griffing's and Gardner-Eberhart analyses. Agronomy. 97: 1097-1106.