Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 49, No 2, Summer 2018 (323-333)
DOI: 10.22059/ijhs.2018.202988.973

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۹، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۷ (ص ۳۳۳-۳۲۳)

تجزیهٔ دووجهی داده‌های به‌دست‌آمده از تلاقی دای‌آلل در توده‌های بومی طالبی ایرانی

حمید دهقانی[1*] و رسول محمدی[2]
۱ و ۲. دانشیار و دانشجوی سابق دکتری اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
(تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۱۲/۲۵ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۷/۱۹)

چکیده

آگاهی بهنژادگران از ساختار و چگونگی مدیریت و مهار ژنتیکی هر صفتی، موجب انتخاب بهترین روش بهنژادی و موفقیت در برنامه‌های بهنژادی خواهد شد. در این راستا مدیریت و مهار ژنتیکی سه صفت مهم عملکرد، زودرسی و میزان مواد جامد محلول، در قالب طرح تلاقی دی‌آلل کامل برای هفت تودهٔ طالبی ایرانی بررسی شد. نتایج نشان داد، والد دستجردی قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) بالایی برای صفت زودرسی میوه داشت که با توجه به معنی‌دار بودن قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی برای این صفت در هر سال (۳/۹۷- و ۳/۷۸-)، می‌توان اظهار داشت که اثر افزایشی ژن‌ها در مدیریت و مهار این صفت نقش مهمی دارند، بنابراین می‌توان از این والد در برنامه‌های بهنژادی آینده برای تولید رقم‌های زودرس استفاده کرد. والدهای ساوه‌ای و مگسی نیز برای صفت مواد جامد محلول بالاترین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی را داشتند و می‌توانند برای تولید رقم‌های با قند بالا مورد توجه قرار گیرند. والد شاه‌آبادی با محک (تستر) ریش‌بابا و والد ریش‌بابا با محک تیل‌طرق در هر دو سال جفت مناسبی برای تولید دورگ‌های شاه‌آبادی × ریش‌بابا و ریش‌بابا × تیل‌طرق برای تولید رقم‌های با عملکرد بالا مورد توجه قرار گیرند. همچنین والد ساوه‌ای با والدهای شاه‌آبادی، تیل‌طرق و دستجردی و والد مگسی با والدهای ساوه‌ای، ریش‌بابا در ردیف جفت مناسب برای تولید دورگ‌های با میزان قند بالا قرار گرفتند. نتایج نشان داد، انتخاب والدین برای دو صفت زودرسی و مواد جامد محلول و همچنین تولید دورگ برای صفت عملکرد، می‌تواند در برنامه‌های بهنژادی طالبی مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی، دووجهی، طالبی، مؤلفهٔ اصلی.

Biplot analysis of diallel data in Iranian landrace cantaloupe (*Cucumis melo* var. *cantalupensis*)

Hamid Dehghani[1*] and Rasoul Mohammadi[2]
1, 2. Associate Professor and Former Ph. D. Student, Department of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
(Received: Mar. 15, 2016 - Accepted: Oct. 10, 2016)

ABSTRACT

Knowledge of structure and genetic control of traits may facilitate choose the best method of breeding and breeding programs will ultimately succeed. A complete diallel cross design was used to investigate genetic controls of three traits of yield, early maturity and total soluble solids for seven endemic Iranian cantaloupe. Results indicated that the Dastjerdi parent showed high and significant general combining ability for early maturity in each year (-3.97 and -3.78), then the additive gene effects have an important role in the control of this trait. Therefore this parent can use in breeding programs to produce early cultivars. Savei and Magasi parents for total soluble solids had highest general combining ability and can be considered to produce varieties with high sugar. The hybrids of Shahabadi × Rishbaba and Rishbaba × Tiltorogh can be considered to produce cultivars with high yield. Furthermore, Savei × (Shahabadi or Tiltorogh or Dastjerdi) and Magasi × (Savei or Rishbaba or Magasi) were considered as appropriate pairs to produce hybrids with high total soluble solids. Results showed the selection method can be effective for the traits of early maturity and total soluble solids, and production of hybrid can be useful for yield.

Keywords: Biplot, cantaloupe, general and specific combining ability, principle component.

* Corresponding author E-mail: dehghanr@modares.ac.ir

مقدمه

تولید سبزی‌ها، به دلایلی مانند سطح زیر کشت، گردش مالی، اهمیت دارویی و اهمیت منحصربه‌فرد در تأمین سلامت جامعه انسانی، مزیت نسبی بسیار بالا دارند. سبزی‌های تیرهٔ کدوئیان با اختصاص دادن ۶۱ درصد از کل تولید و ۵۸ درصد از کل سطح زیر کشت، مهم‌ترین گروه سبزی‌های کشور هستند (Anonymus, 2011). در این بین، طالبی و خربزه با توجه به سطح زیر کشت ۸۱۰۰۰ هکتار، تولید ۱/۵ میلیون تن، و برخورداری از برتری بسیار مهم بومی بودن و تنوع بسیار، یک سبزی منحصربه‌فرد به‌شمار می‌آید. طالبی (*Cucumis melo* var. *Cantalupensis*) با داشتن توده‌های متنوع، یک محصول رایج و به نسبت مهم در کشور به شمار می‌آید. این گیاه جالیزی متعلق به خانوادهٔ کدوئیان (Cucurbitaceae) بوده، میوه‌های کروی، مشبک و معطر دارد. منشأ طالبی به‌طور دقیق مشخص نیست. عده‌ای از دانشمندان آفریقا و برخی دیگر ایران و هند را منشأ پیدایش این گیاه می‌دانند (Sebastian *et al*., 2010). مهم‌ترین صفات برای اصلاح و عرضهٔ رقم‌های جدید طالبی عملکرد بالا، زودرسی و میزان قند بالا است (Zalapa *et al*., 2006). افزون بر عملکرد که یکی از شاخص‌های بسیار مهم در تولید است، عامل مهم دیگری که هزینه‌های تولید را کاهش و درآمد حاصل را به دلیل عرضهٔ زودتر از موعد به بازار افزایش می‌دهد زودرسی است. زودرسی در طالبی برتری و سودمندی‌های فراوانی دارد. این ویژگی هزینه‌های تولید را به علت کوتاه شدن طول دورهٔ کاشت، کاهش می‌دهد. افزون بر این، زودرسی میوه از دیدگاه تنظیم بازار اهمیت زیادی دارد. به‌طور عمده میوه‌هایی که آغاز فصل تولید وارد بازار می‌شوند نسبت به میوه‌های پایان فصل قیمت بیشتری دارند. میزان مواد جامد محلول (TSS) نیز یکی از ویژگی‌های مهم مرتبط با کیفیت در طالبی است (Long *et al*., 2004). این صفت همبستگی مثبت و بالایی با میزان قند موجود در طالبی دارد (Nonnecke, 1988). از این‌رو در بسیاری از بررسی‌ها از این صفت به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی کیفیت میوه استفاده شده است (Rosa, 1928; Colla *et al*., 2006; Artes *et al*., 2007). آگاهی بهنژادگران از ساختار و چگونگی مدیریت و مهار ژنتیکی هر صفتی، موجب انتخاب بهترین روش بهنژادی و موفقیت در برنامه‌های بهنژادی خواهد شد. دستیابی به چنین اطلاعاتی با استفاده از ژنتیک کمی از روش‌های مختلف مانند تلاقی‌های دی‌آلل و تجزیهٔ میانگین نسل‌ها امکان‌پذیر است. طرح تلاقی دی‌آلل به‌عنوان روشی مناسب و کارآ توسط متخصصان اصلاح نباتات برای ارزیابی ظرفیت ژنتیکی رگه (لاین)های اصلاحی، شناخت نوع عمل ژن‌ها، برآورد قابلیت ترکیب عمومی[1] (GCA) و خصوصی[2] (SCA)، برآورد اجزای واریانس ژنتیکی و وراثت‌پذیری[3] به کار گرفته شده است (Hayman, 1954a; Hayman, 1954b; Griffing, 1956). این طرح تلاقی از طریق برآورد فراسنجه (پارامتر)های ژنتیکی سودمند، زمینهٔ انتخاب مناسب‌ترین والدین را برای بهبود صفات مورد نظر فراهم می‌کند. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل طرح دی‌آلل روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است که روش گرفینگ بیشترین کاربرد را در این زمینه دارد (Griffing, 1956). در این روش در صورت وجود والدین و تلاقی‌های مستقیم و معکوس، تغییرات کل تلاقی‌ها به ترکیب‌پذیری عمومی والدین، ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی‌ها و تأثیر معکوس تجزیه می‌شود. اثرگذاری‌های قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی تنها باقیمانده‌های غیر قابل توضیح توسط اثرهای ترکیب‌پذیری عمومی به شمار می‌آیند. روش GGE Biplot نخستین بار توسط یان و هانت (Yan & Hunt, 2002) برای تجزیهٔ داده‌های دی‌آلل استفاده شد. این روش بر پایهٔ مؤلفه‌های اصلی اول و دوم مطرح و بسط داده شده است و به‌طورمعمول برای آزمایش‌های ناحیه‌ای طراحی شده است، اما امکان کاربرد آن برای داده‌های دوسویه دارای ساختار محک ورودی (Entry-tester) وجود دارد (Yan *et al*., 2000). با استفاده از این روش در تجزیهٔ دی‌آلل، میزان ترکیب‌پذیری عمومی هر والد بر پایهٔ تصویر موقعیت آن روی محور محک (تستر) متوسط برآورد

1. General Combining Ability
2. Specific Combining Ability
3. Heritability

می‌شود و میزان ترکیب‌پذیری خصوصی هر والد با دیگر والدها از طریق تصویر موقعیت آن روی محور عمود بر محک متوسط تعیین می‌شود (Yan & Hunt, 2002). در تجزیهٔ آزمایش‌های دی‌آلل به روش GGE biplot انتری و محک یکی هستند و هر نژادگان (ژنوتیپ) هم به‌عنوان انتری و هم به‌عنوان محک شناخته می‌شود.

در پژوهشی Yan & Hunt (2002) ضمن توصیف روش دووجهی (بای‌پلات)، از آن برای بررسی مقاومت به فوزاریم در هفت نژادگان گندم در تلاقی دی‌آلل استفاده کردند. با استفاده از این روش در تجزیهٔ دی‌آلل، ترکیب‌پذیری عمومی هر والد، ترکیب‌پذیری خصوصی هر والد (نه هر تلاقی) در ترکیب با محک‌های مختلف، بهترین دورگ(ها)، بهترین محک‌ها و گروه‌های دورگ برتر (هتروتیک) مشخص شد. در تحقیق دیگری Sabaghnia *et al.* (2011) با بررسی داده‌های به‌دست‌آمده از تلاقی نه نژادگان کلزا از روش GGE Biplot، اطلاعات یادشده به دست آمد. در گزارش نتایج بررسی‌های دیگری دو روش دووجهی وگریفینگ در تجزیهٔ دی‌آلل برای شناسایی گروه‌های دورگ برتر در کوکنار (*Papaver somniferum* L.) مقایسه شده است (Rastogi *et al*., 2012). در تحقیقی هفت رقم خربزه شامل شش رقم محلی ایرانی و یک رقم خارجی که همگی مربوط به گروه Inodorus بودند در قالب یک طرح تلاقی دی‌آلل کامل تلاقی داده شدند. در این آزمایش شمار میوه، وزن میانگین هر میوه، عملکرد و عملکرد قابل‌پذیرش با استفاده از روش GGE Biplot بررسی شد (Dehghani *et al*., 2012). والد میرپنجی بالاترین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مثبت را برای صفات عملکرد، عملکرد قابل‌پذیرش و میانگین وزن میوه داشت. حال‌آنکه برای شمار میوه بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مثبت مربوط به والد عباسعلی بود.

ازآنجاکه روش نگاره‌ای (گرافیکی) GGE Biplot رویکرد سودمند در تجزیهٔ داده‌های دی‌آلل به شمار می‌آید، لذا هدف از این بررسی، تجزیهٔ دی‌آلل با استفاده از این روش برای شناسایی والدین برتر نسبت به صفات مهم اقتصادی به‌منظور تولید رقم‌های دورگ، رتبه‌بندی والدین از نظر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی و در نهایت تعیین بهترین دورگ‌ها و محک‌ها بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در طی سه سال زراعی (۹۱-۱۳۸۹) در ایستگاه پژوهشی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. شرایط اقلیمی محل انجام آزمایش دارای میانگین بارندگی ۲۳۰ میلی‌لیتر و دمای میانگین ۱۷ درجهٔ سلسیوس در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۷ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۶ دقیقه و ارتفاع ۱۲۷۵ متر از سطح دریا قرار دارد. بدین ترتیب که در سال اول هفت تودهٔ طالبی ایرانی شامل ساوه‌ای، دستجردی، شاه‌آبادی، سمسوری، تیل‌طرق، مگسی و ریش‌بابا از گروه کانتالوپنسیس در خزانهٔ دی‌آلل کشت شده، تلاقی‌های لازم برای تولید بذرهای F_1 و RF_1 انجام و بذرهای موردنظر تولید شدند (جدول ۱). در سال دوم والدین، نتاج F_1 و RF_1 (درکل ۴۹ نژادگان) در قالب طرح لاتیس ساده با سه تکرار در ایستگاه پژوهشی کشت و ارزیابی شدند. در سال سوم به‌منظور برآورد اثر متقابل نژادگان × سال دوباره ارزیابی نژادگان‌های طرح تلاقی دی‌آلل تکرار شد. فاصلهٔ بین جوی‌ها ۲ متر و فاصلهٔ بین گیاهان ۵۰ سانتی‌متر با شمار ده هزار بوته در هکتار بود. کودهای مورد استفاده شامل ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود کامل پیش از کشت و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌صورت سرک ۴۵ روز پس از کشت بود. وجین علف‌های هرز با دست انجام شد و میوه‌های رسیدهٔ هر بوته به‌مرورزمان برداشت شد.

صفات شمار میانگین روز تا رسیدن میوه‌های هر بوته (DM) (مجموع روز تا رسیدن میوه‌ها تقسیم بر شمار کل میوه‌ها برای هر بوته) و عملکرد کل (YIELD) بر مبنای وزن همهٔ میوه‌های برداشت‌شده با دست‌کم ۱۰ سانتی‌متر عرض اندازه‌گیری شد. برای تعیین میزان مواد جامد محلول (TSS) در آغاز از قسمت درونی میوه نمونه‌ای انتخاب شد، سپس با استفاده از دستگاه شکست‌سنج دستی (رفراکتومتر) میزان مواد جامد محلول هر میوه تعیین شد. یادداشت‌برداری از صفات یادشده روی پنج بوته انجام و از میانگین بوته‌ها به‌عنوان مشاهده در تجزیه‌های آماری استفاده شد.

جدول ۱. برخی از ویژگی‌های والدین مورد استفاده در آزمایش
Table 1. Some features of parents used in experiment

Name of parent	Features description
Rishbaba	Local population from Kashan, Cantalupensis group, Cordate shape, Skin without slice, White flesh, Medium fruit size
Shahabadi	Local population from Isfahan, Cantalupensis group, Round shape, Skin with slice, Orange flesh, Medium fruit size
Samsouri	Local population from Varamin, Cantalupensis group, Round shape, Skin with slice, Green flesh, Small fruit size
Dastjerdi	Local population from Isfahan, Cantalupensis group, Oblate shape, Skin without slice, Orange flesh, Big fruit size
Magasi	Local population from Neyshabur, Cantalupensis group, Round shape, Skin without slice, High orange flesh, Medium fruit size
Tiltorogh	Local population from Mashhad, Cantalupensis group, Round shape, Skin without slice, High orange flesh, Medium fruit size
Savei	Local population from Saveh, Cantalupensis group, Round shape, Skin with slice, Green flesh, Medium fruit size

تجزیه‌وتحلیل آماری

برای تجزیهٔ داده‌ها از روش نگاره‌ای GGE Biplot استفاده شد. بدین ترتیب که از مدل رگرسیون مکانی معرفی‌شده توسط Yan & Hunt (2002)، برای تجزیهٔ داده‌های دی‌آلل بر پایهٔ روش یادشده بر مبنای دو مؤلفهٔ اصلی اول و دوم از مدل ریاضی زیر استفاده شد:

$$Y_{ij} - B_j = \lambda_1 \xi_{i1} \xi_{j1} + \lambda_2 \xi_{i2} \xi_{j2} + \varepsilon_{ij}$$

در مدل بالا Y_{ij} ارزش نژادگانی هر دورگ بین انتری iام و محک jام برای صفت مورد نظر، B_j میانگین همهٔ ترکیب‌های مربوطه محک jام، λ_1 و λ_2 مقادیر منفرد مؤلفه‌های اصلی اول و دوم، ξ_{i1} و ξ_{i2} بردارهای مشخصهٔ اول و دوم برای نژادگان iام و ξ_{j1} و ξ_{j2} بردارهای مشخصهٔ مؤلفهٔ اصلی اول و دوم برای محک jام، ε_{ij} مقادیر باقی‌مانده مربوط به ترکیب نژادگان iام و محک jام است. برای ترسیم PC_1 و PC_2 در دووجهی، مقادیر منفرد با بردارهای مشخصه ترکیب شد و مدل بالا به‌صورت زیر در آمد.

$$Y_{ij} - \overline{y_j} = \xi^*_{i1} \eta^*_{j1} + \xi^*_{i2} \eta^*_{j2} + \varepsilon_{ij}$$

در این رابطه $\eta^*_{jk} = \lambda_k^{1/2} \eta_{jk}$ و $\xi^*_{ik} = \lambda_k^{1/2} \xi_{ik}$ است که مقادیر k برابر ۱ یا ۲ خواهد بود. مؤلفه‌های اصلی اول و دوم بر پایهٔ ماتریس واریانس-کوواریانس محاسبه شدند. بردارهای مشخصه دو مؤلفهٔ اصلی برای هر نژادگان $\lambda_1 \xi_{i1}$ و $\lambda_2 \xi_{i2}$ و برای هر محک η_{j1} و η_{j2} است. در نهایت برای ایجاد نمودار، ξ^*_{i1} در مقابل ξ^*_{i2} و η^*_{j1} در مقابل η^*_{j2} پلات شد و هر نژادگان یا صفت روی نمودار دووجهی با یک نشانه مشخص شد. داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار version 4.1 GGEBiplot (Yan, 2001) تجزیه‌وتحلیل نگاره‌ای برای صفات مورد بررسی شدند. ترکیب‌پذیری عمومی والدین، ترکیب‌پذیری خصوصی هر والد با محک‌های مختلف و بهترین دورگ‌ها در میان همهٔ ترکیب‌های ممکن با استفاده از نمای چندضلعی به دست آمد.

نتایج و بحث

در آغاز آزمون عادی بودن توزیع باقی‌ماندهٔ داده‌ها یا خطاهای آزمایشی (Residuals) از آزمون کولموگروف-سیمروف[1] (Lilliefors, 1967) با استفاده از نرم‌افزار SPSS 19 (SPSS, 2010) بررسی شدند. همچنین آزمون یکنواخت بودن واریانس درون تیماری برای داده‌های هر سال انجام شد سپس عمل تجزیهٔ واریانس مرکب دو سالهٔ داده‌ها با در نظر گرفتن عامل سال و نژادگان به ترتیب به‌صورت تصادفی و ثابت انجام شد. (داده ارائه نشده است). نتایج تجزیهٔ واریانس مرکب (جدول ۲) بیانگر تفاوت معنی‌دار نژادگان‌ها از نظر همهٔ صفات زودرسی، عملکرد و مواد جامد محلول در سطح ۱درصد بود که این بیانگر تنوع بالا و قابل توجه بین نژادگان‌ها از نظر صفات یادشده است که شرط لازم برای ارزیابی ژنتیکی نتایج به‌دست‌آمده از تلاقی دی آلل را فراهم می‌آورد. همچنین معنی‌دار بودن اثر متقابل نژادگان × سال، برای همهٔ صفات روز تا رسیدن میوه و عملکرد (جدول۲) نشان داد، پاسخ نژادگان‌ها از سال اول به سال دوم آزمایش روال همسانی نداشت. به دلیل معنی‌دار نبودن اثر متقابل GCA × سال برای صفت مواد جامد محلول، از میانگین داده‌های دو سال انجام آزمایش برای این صفت در تجزیه‌ها استفاده شد.

1. Kolmogorov-Smirnov

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (شکل ۱) نشان داد، برای صفت عملکرد در سال اول ۷۲/۳ درصد کل واریانس (۳۹/۲درصد مؤلفهٔ اصلی اول و ۳۳/۱درصد مؤلفهٔ اصلی دوم) و در سال دوم ۷۳/۹درصد کل تغییرات (۴۶/۴درصد مؤلفهٔ اصلی اول و ۲۷/۵درصد مؤلفهٔ اصلی دوم)، برای صفت روز تا رسیدن میوه، در سال اول ۸۱/۳درصد کل واریانس (۷۱/۸درصد مؤلفهٔ اصلی اول و ۹/۵درصد مؤلفهٔ اصلی دوم) و در سال دوم ۷۳/۶درصد کل تغییرات (۴۹/۵درصد مؤلفهٔ اصلی اول و ۲۴/۱درصد مؤلفهٔ اصلی دوم) و برای صفت مواد جامد محلول، ۷۷/۴درصد کل واریانس (۵۷/۶درصد مؤلفهٔ اصلی اول و ۱۹/۸درصد مؤلفهٔ اصلی دوم) توجیه شد.

با توجه به نمایش نمودار دووجهی بر پایهٔ مختصات محک متوسط، رتبه‌بندی والدین از لحاظ ترکیب‌پذیری عمومی برای صفت عملکرد در سال اول به‌صورت ریش‌بابا>ساوه‌ای>سمسوری ≈ دستجردی> شاه‌آبادی>مگسی>تیل‌طرق، در سال دوم سمسوری> شاه‌آبادی>ریش‌بابا ≈ ساوه‌ای>تیل‌طرق>دستجردی> مگسی تعیین شد (شکل ۱، a-۱ و a-۲) همچنین در سال اول والد ریش‌بابا بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی را داشت. درحالی‌که والد سمسوری بالاترین تأثیر قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی را در سال دوم داشت. کمترین قابلیت ترکیب عمومی نیز در سال اول و دوم به ترتیب مربوط به والدهای تیل‌طرق و مگسی بود. اختلاف در رتبه‌بندی از لحاظ قابلیت ترکیب عمومی والدین از یک سال‌به‌سال دیگر به دلیل وجود اثر متقابل قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی × سال بود. وجود اثر متقابل قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی × سال نشان داد، قابلیت ترکیب عمومی والدها از سال اول به دوم متفاوت بود. اما با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی در سال برای دو صفت عملکرد و شمار روز تا رسیدن میوه، می‌توان همان‌طور هنگامی‌که اثر متقابل نژادگان در سال معنی‌دار شد، مقایسهٔ میانگین برای نژادگان‌ها را برای هر سال به‌صورت جداگانه انجام داد. در این تحقیق نیز قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی توده‌ها در هر سال به‌صورت جداگانه انجام شد و برای هر سال نمودار جداگانه‌ای ترسیم و تفسیر شده است، ولی به دلیل اینکه در دو صفت عملکرد و شمار روز تا رسیدن میوه این اثر متقابل قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی در سال از نوع تغییر در میزان (Non-Crossover) بوده است و از نوع تغییر در ترتیب (Crossover) نبوده است لذا امکان شناسایی والدین دارای توان ترکیب‌پذیری بالا بر مبنای دو سال انجام آزمایش وجود داشت (Yan & Hunt, 2002).

جدول ۲. تجزیهٔ واریانس نژادگان، اجزای ژنتیکی و اثرهای متقابل آن‌ها با سال در صفات اندازه‌گیری‌شده در طالبی

Table 2. Analysis of variance of genotype, genetic components and their interaction with year in measured traits in cantaloupe

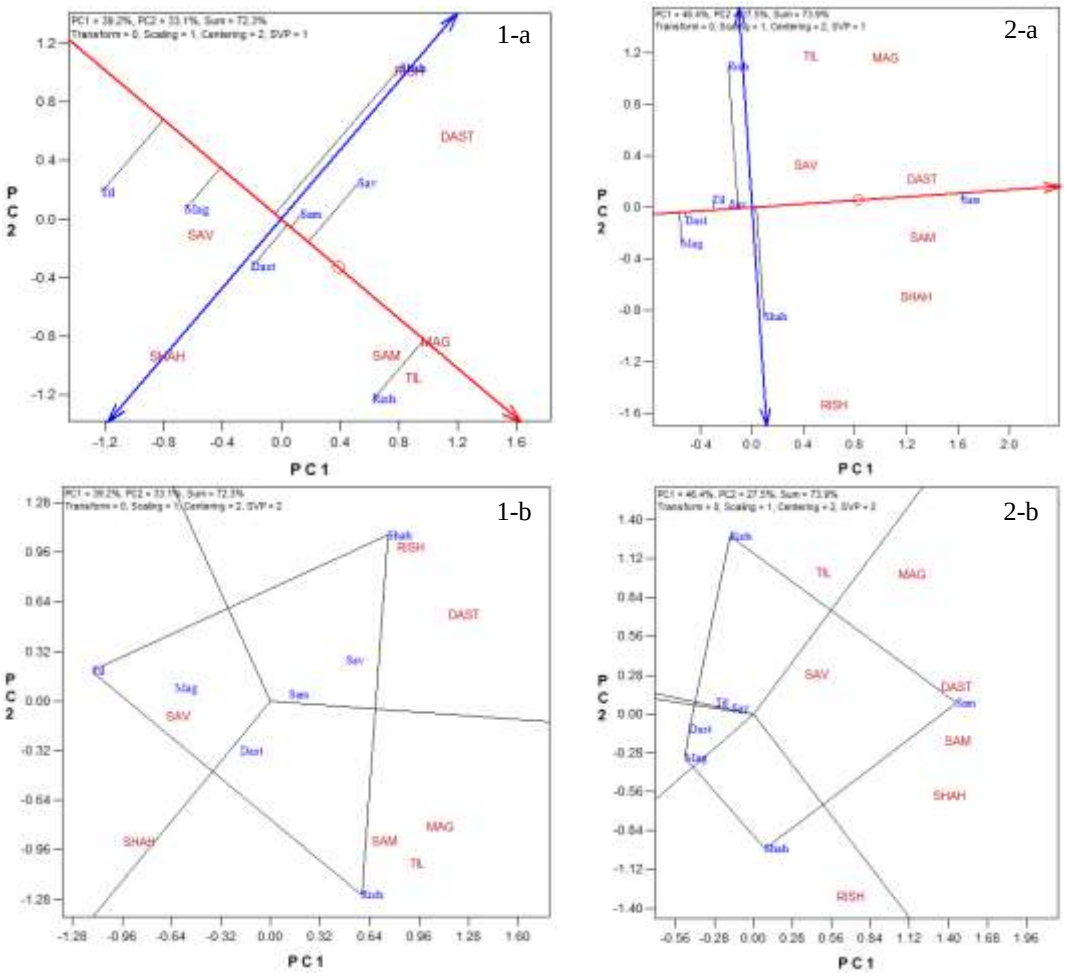
Source of variation	df	Days to ripening	Yield	Total soluble solids
Year	1	512.94**	0.87**	0.18^{ns}
Replication (Year)	4	6.05	1.15**	3.26*
Genotype	48	83.24**	1.04**	6.4*
GCA	6	357.25**	1.4**	28.3**
SCA	21	35.63**	0.78**	2.67**
Reciprocal effect	21	47.44**	1.19**	3.89**
Genotype × Year	48	12.04**	0.62**	0.11^{ns}
Year × GCA	6	9.58**	1.29**	0.11^{ns}
Year × SCA	21	15.62**	0.31**	0.12^{ns}
Reciprocal × Year	21	9.16**	0.74**	0.1^{ns}
Error	192	2.64	0.11	1.02

GCA: ترکیب‌پذیری عمومی؛ SCA: ترکیب‌پذیری خصوصی.

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد و ۱درصد.

GCA: General combining ability; SCA: Specific combining ability.

ns, * and ** are non-significant and significant at 5% and 1% level of probability, respectively.



شکل ۱. دووجهی داده‌های دی‌آلل برای صفت عملکرد در (۱) سال اول و (۲) سال دوم بر پایهٔ (الف) نمای محور میانگین محک و (ب) نمای شکل چندضلعی والدهای نشان داده شده با حرف‌های کوچک و بزرگ به ترتیب به‌عنوان انتری و محک در تجزیهٔ دووجهی استفاده شد.

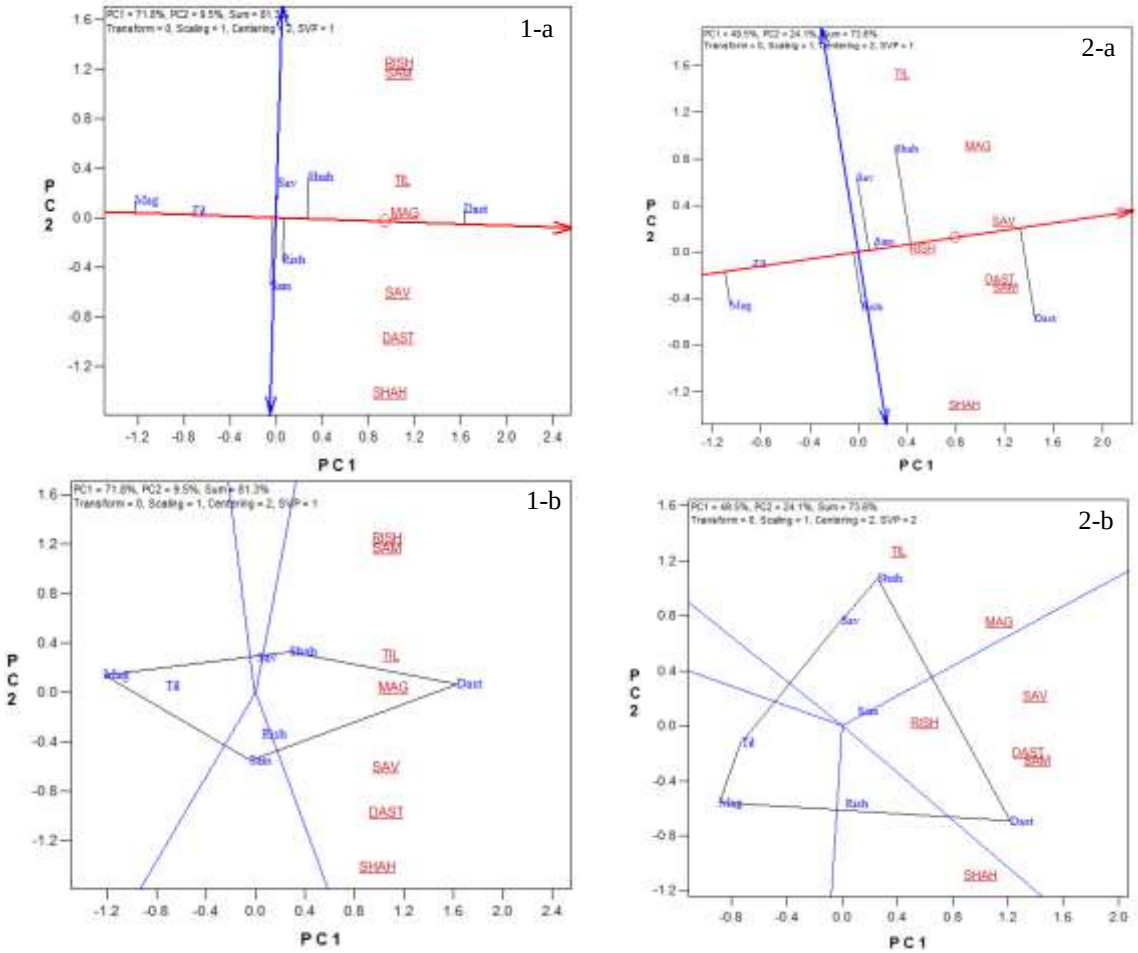
Figure 1. Biplot analysis of diallel data for yield in the first (1) and second (2) years based on (a) Tester mean axes and (b) Parents polygon which entry and tester showed by upper and lower case letters, respectively.

ازآنجاکه صفت عملکرد توارث کمی دارد و توسط شمار زیادی ژن مدیریت و مهار می‌شود، لذا به‌طور گسترده‌ای تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد. به همین دلیل وجود اثر متقابل بین صفت عملکرد و سال امری بدیهی به نظر می‌رسد. در پژوهش Feyzian *et al.* (2009) بر روی هفت تودهٔ خربزه شامل شش رقم محلی ایرانی و یک رقم خارجی انجام شد نیز وجود اثر متقابل قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی × سال گزارش شد.

برای صفت روز تا رسیدن میوه، ترتیب نژادگان‌ها در سال اول دستجردی>شاه‌آبادی>ریش‌بابا> ساوه‌ای ≈ سمسوری> تیل‌طرق> مگسی و در سال دوم دستجردی> شاه‌آبادی> سمسوری> ساوه‌ای> ریش‌بابا> تیل‌طرق> مگسی تعیین شد (شکل ۲، a-۱ و a-۲). برای این صفت، میزان قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی والد دستجردی به سمت زودرسی در هر دو سال به میزان قابل توجهی بیشتر از دیگر والدین بود؛ لذا این والد می‌تواند برای گزینش در بین نتاج برای دستیابی به رقم‌های زودرس سودمند باشد. والد مگسی نیز در هر دو سال بالاترین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی را به سمت دیررسی داشت. برای صفت مواد جامد محلول نژادگان‌ها رتبه‌بندی ساوه‌ای> مگسی> شاه‌آبادی>تیل‌طرق≈ریش‌بابا>سمسوری> دستجردی داشتند (شکل ۳، a-۱ و a-۲). برای این صفت، والدهای مگسی و ساوه‌ای در هر دو سال بالاترین

قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی را داشتند و می‌توانند برای انتخاب برای ژن‌های افزایشی برای تولید رقم‌های با قند زیاد استفاده شوند. همچنین والد دستجردی کمترین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی را در هر دو سال داشت. ترتیب به نسبت همسان والدین برای این صفت نشانگر پایداری این صفت در طی دو سال انجام آزمایش بود.

رتبه‌بندی والدین بر پایهٔ میانگین صفت عملکرد به‌صورت ریش‌بابا> شاه‌آبادی ≈ ساوه‌ای> سمسوری> دستجردی> تیل‌طرق> مگسی در سال اول و برای سال دوم به ترتیب سمسوری> شاه‌آبادی ≈ ریش‌بابا ≈ ساوه‌ای ≈ تیل‌طرق> دستجردی ≈ مگسی بود. این رتبه‌بندی برای صفت روز تا رسیدن میوه در سال اول از قرار دستجردی> شاه‌آبادی> ریش‌بابا ≈ ساوه‌ای ≈ سمسوری> تیل‌طرق> مگسی و در سال دوم به‌صورت دستجردی> شاه‌آبادی> سمسوری ≈ ساوه‌ای ≈ ریش‌بابا > تیل‌طرق > مگسی و برای صفت مواد جامد محلول به ترتیب ساوه‌ای> مگسی> شاه‌آبادی> تیل‌طرق > ریش‌بابا > سمسوری > دستجردی بود که رتبه‌بندی والدین بر پایهٔ میانگین صفات در توافق با رتبه‌بندی از روش GGE biplot بود (جدول ۳). اگرچه اختلاف‌های بسیار کمی از نظر رتبه‌بندی از راه قابلیت ترکیب عمومی و روش GGE biplot وجود داشت، اما در روش GGE biplot به‌صورت صحیح نژادگان‌های دارای بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین اثر GCA را برای هر سه صفت معرفی کرد.



شکل ۲. نمودار دووجهی داده‌های دی‌آلل برای صفت روز تا رسیدن میوه در (۱) سال اول و (۲) سال دوم بر پایهٔ (الف) نمای محور میانگین محک و (ب) نمای شکل چندضلعی؛ والدهای نشان داده شده با حرف‌های کوچک و بزرگ به ترتیب به‌عنوان انتری و محک در تجزیهٔ دووجهی استفاده شد.

Figure 2. Biplot analysis of diallel data for days to ripening in the first (1) and second (2) years based on (A) Tester mean axes and (B) Parents polygon which entry and tester showed by upper and lower case letters, respectively.

جدول ۳. برآورد ترکیب‌پذیری عمومی و میانگین صفات اندازه‌گیری‌شدهٔ طالبی در دو سال

Table 3. General combining ability estimates and mean of measured traits in cantaloupe during two years

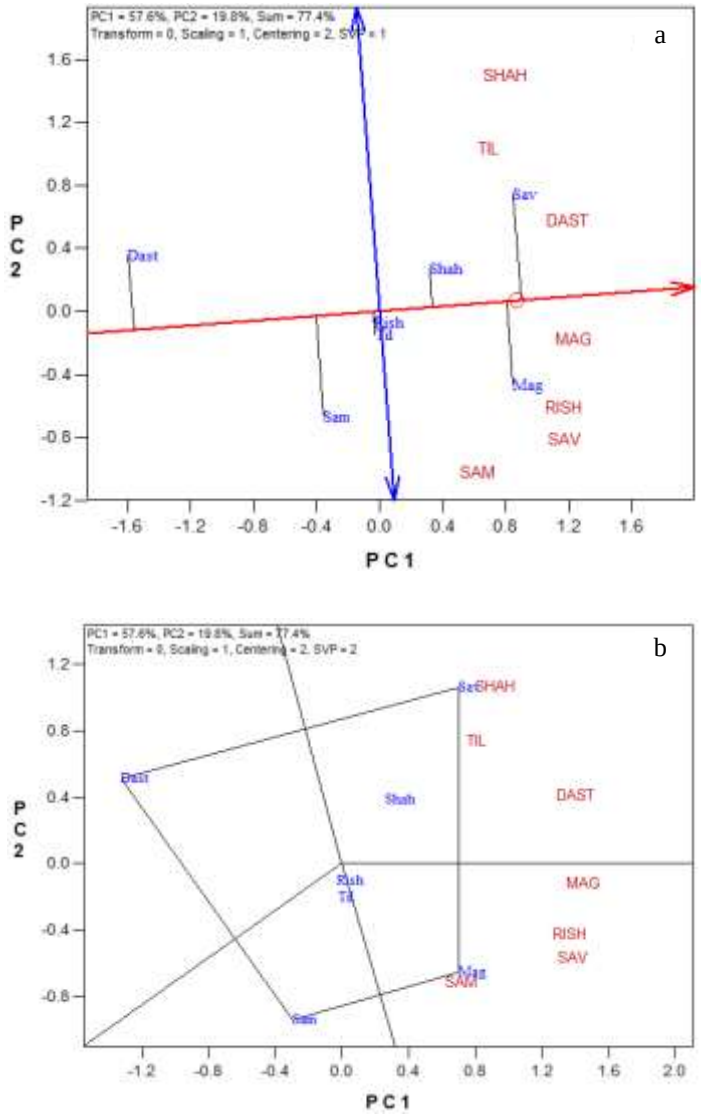
Trait	Yield				Days to ripening				Total soluble solids	
	First year		Second year		First year		Second year		Mean of two years	
	Mean	GCA	Mean	GCA	Mean	GCA	Mean	GCA	Mean	GCA
Rishbaba	2.29	0.33**	1.97	-0.08	79.34	0.15	82.1	0.08	8.11	0.17
Shahabadi	2.04	-0.28**	1.97	-0.1	78.77	-0.76**	81.38	-1.12	8.34	0.25**
Samsouri	1.94	-0.01	2.59	0.33**	79.67	0.02	82.05	-0.46	8	0.07
Dastjerdi	1.87	0.16**	1.88	0.06	74.47	-3.97**	77.6	-3.78**	6.74	-1.22**
Magasi	1.56	-0.03	1.89	-0.00	84.15	2.49**	86.43	3.34**	8.65	0.08
Tiltorogh	1.74	-0.03	1.99	-0.13**	82.39	1**	85.49	1.72**	8.27	-0.00
Savei	2.05	-0.13*	1.96	0.04	79.79	1.07**	82.22	0.11	8.77	0.65**
LSD 5%		0.16		0.14		0.63		0.77		0.08
LSD 1%		0.21		0.18		0.84		1.02		0.13

GCA: ترکیب‌پذیری عمومی.

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد و ۱درصد، LSD 5% و LSD 1%، به ترتیب نشانگر کمترین اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد و ۱درصد.

GCA: General combining ability.

* and **: Non-significant and significant at 5% and 1% level of probability, respectively; LSD 5% and LSD 1% indicate least significance difference at 5% and 1% level of probability, respectively.



شکل ۳. نمودار دووجهی داده‌های دی‌آلل برای صفت مواد جامد محلول بر پایهٔ (الف) نمای محور میانگین محک و (ب) نمای شکل چندضلعی؛ والدهای نشان داده شده با حرف‌های کوچک و بزرگ به ترتیب به‌عنوان انتری و محک در تجزیهٔ دووجهی استفاده شد.

Figure 3. Biplot analysis of diallel data for total soluble solids based on (a) Tester mean axes and (b) Parents polygon which entry and tester showed by upper and lower case letters, respectively.

نمودار GGE biplot، مقادیر ترکیب‌پذیری خصوصی والدین را نیز برای هر صفت نشان داد. ازآنجاکه اثر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی متعامد هستند، بنابراین فاصلهٔ نژادگان‌ها با محور افقی ATC ترکیب‌پذیری خصوصی برای نژادگان‌های مختلف در نمایش نگاره‌ای نمودار دووجهی را نشان داد. به‌عبارت‌دیگر تصویر بزرگ‌تر والدها در هر دو برای خط عمود بر محور محک متوسط به مفهوم برخورداری آن‌ها از اثر قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی بزرگ‌تر است. بنابراین در سال اول، والد شاه‌آبادی در بالای محور افقی ATC بزرگ‌ترین اثر قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی یا بلندترین تصویر را روی محور عمودی ATC داشت. همچنین والد سمسوری کوچک‌ترین تصویر روی محور ATC را داشته، کمترین اثر قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی را داشت. درحالی‌که در سال دوم والد ریش‌بابا بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی و والدهای ساوه‌ای و سمسوری کمترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی را داشتند. برای صفت روز تا رسیدن میوه، در سال اول بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی مربوط به والد سمسوری و در سال دوم مربوط به والدهای دستجردی و شاه‌آبادی بود. بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی برای صفت مواد جامد محلول مربوط به والدین ساوه‌ای و مگسی بود. هنگامی‌که درصد تغییرات توجیه دو مؤلفهٔ اصلی اول کاهش می‌یابد میزان توانایی نمودار GGE biplot در تعیین و تفسیر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی کاهش می‌یابد که در این تناسب نسبت مستقیم برقرار است (Yan & Hunt, 2002). این مطلب در مورد صفت عملکرد که سهم نسبی دو مؤلفهٔ اصلی اول و دوم ۷۲درصد از کل واریانس است صادق است و قابلیت‌های ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی به‌خوبی قابل تمایز نیست.

برای صفت عملکرد شکل چندضلعی در سال اول نشان داد، والدهای شاه‌آبادی، تیل‌طرق و ریش‌بابا در رئوس چندضلعی (شکل ۱، b-۱) شامل سه بخش قرار گرفتند. والدهای مگسی، سمسوری و تیل‌طرق به‌عنوان محک در قسمتی که والد ریش‌بابا قرار داشت واقع شدند. این موضوع نشان‌دهندهٔ این است که این والدها شریک مناسبی برای تولید دورگ با والد ریش‌بابا بودند. قرار نگرفتن خود والد ریش‌بابا در این قسمت نشان می‌دهد که این دورگ‌ها بهتر از خود والد ریش‌بابا هستند و دورگ برتری (هتروزیس) برای این دورگ‌ها وجود دارد. در بخشی که والد شاه‌آبادی قرار گرفت محک ریش‌بابا واقع شد که نشان داد، این محک بهترین شریک برای تولید دورگ با والد یادشده بود. همچنین در قسمتی که والد تیل‌طرق در رأس واقع شد، محک ساوه‌ای قرار گرفت که بیانگر این بود که این محک شریک مناسبی برای ایجاد تلاقی با والد ساوه‌ای بود. در سال دوم والدهای ریش‌بابا، سمسوری، مگسی و شاه‌آبادی در رئوس چهارضلعی قرار گرفتند. این شکل نشان داد، چرا والد سمسوری بهترین والد از نظر ترکیب‌پذیری عمومی است. والدهای مگسی، ساوه‌ای، دستجردی، شاه‌آبادی و خود والد سمسوری به‌عنوان محک در قسمتی که والد سمسوری در رأس قرار داشت واقع شدند. این موضوع بیانگر این است که این والدها شریک مناسبی برای تولید دورگ با والد سمسوری بودند. والد شاه‌آبادی با محک ریش‌بابا و والد ریش‌بابا با محک تیل‌طرق در هر دو سال شریک مناسبی برای تولید دورگ با یکدیگر بودند؛ لذا این دورگ‌ها می‌توانند برای تولید رقم‌های با عملکرد بالا مورد توجه قرار گیرند. وجود الگوی متفاوت والد-محک در دو سال بیانگر این است که واکنش صفت عملکرد نسبت به تغییرات سطوح نژادگان در دو سال انجام آزمایش روال همسانی نداشته است. ازآنجاکه عملکرد جزء صفاتی است که در بیشتر گیاهان توارث کمی دارد و به‌طور گسترده‌ای تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد این امر پرهیزناپذیر است. نتایج بالا در ارتباط با وجود اثر متقابل نژادگان × محیط در صفت عملکرد با بررسی Feyzian *et al.* (2009) همخوانی داشت.

برای صفت روز تا رسیدن میوه در سال اول والدهای مگسی، شاه‌آبادی، سمسوری و دستجردی در رئوس چهارضلعی قرار گرفتند. همهٔ محک‌ها در بخشی که والد دستجردی قرار داشت واقع شدند که نشانگر تولید دورگ‌های زودرس با والد دستجردی است. این موضوع از بالا بودن قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی بالای والد دستجردی نسبت به دیگر والدین نیز قابل استنباط است. در سال دوم والدهای شاه‌آبادی،

تیل‌طرق، مگسی و دستجردی در رأس قرار داشتند. در قسمتی که والد دستجردی قرار گرفت محک‌های ریش‌بابا، ساوه‌ای، سمسوری، شاه‌آبادی و خود والد دستجردی قرار گرفتند که نشانگر تولید دورگ‌های مطلوب با والد دستجردی است. چون خود والد دستجردی نیز در این قسمت قرار گرفت دلیلی بر برتری دورگ‌ها نسبت به والد یادشده وجود ندارد. همچنین در بخش شاه‌آبادی محک مگسی قرار گرفت. والد دستجردی با محک‌های ساوه‌ای، ریش‌بابا، سمسوری، شاه‌آبادی و خود والد دستجردی در هر دو سال شریک مناسبی برای تولید دورگ با یکدیگر بودند؛ لذا این دورگ‌ها می‌توانند برای تولید رقم‌های زودرس مورد توجه قرار گیرند.

برای صفت مواد جامد محلول والدهای ساوه‌ای، دستجردی، مگسی و سمسوری در رأس چندضلعی قرار گرفتند. در بخشی که والد ساوه‌ای قرار گرفت، والدهای شاه‌آبادی، تیل‌طرق و دستجردی به‌عنوان محک قرار گرفتند که نشانگر تولید دورگ‌های مطلوب با والد ساوه‌ای بود و چون والد ساوه‌ای به‌عنوان یک محک در این بخش قرار نگرفت، دورگ‌های یادشده دورگ برتری بودند و میزان قند بالاتر از والد ساوه‌ای داشتند. در قسمتی که والد مگسی قرار گرفت، والدهای مگسی، ساوه‌ای و ریش‌بابا به‌عنوان بهترین شریک برای تولید دورگ با این والد قرار گرفتند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این بررسی نشان داد، برای صفت عملکرد، تفاوت قابل ملاحظه‌ای در ترتیب والدها در دو سال انجام آزمایش وجود داشت؛ ازآنجاکه صفت عملکرد توارث کمی دارد و توسط شمار زیادی ژن مدیریت و مهار می‌شود، وجود اثر متقابل بین این صفت و سال امری بدیهی به نظر می‌رسد. برای صفت زودرسی، میزان قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی والد دستجردی به سمت زودرسی در هر دو سال به میزان قابل توجهی بیشتر از دیگر والدین بود و می‌تواند برای گزینش در بین نتاج، برای دستیابی به رقم‌های زودرس سودمند باشد. برای صفت مواد جامد محلول نیز والدهای مگسی و ساوه‌ای در هر دو سال بالاترین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی را داشتند و می‌توانند برای تولید رقم‌های با قند زیاد استفاده شوند. از بین نژادگان‌های مورد بررسی، والد شاه‌آبادی با محک ریش‌بابا و والد ریش‌بابا با محک تیل‌طرق در هر دو سال والدین مناسبی برای تولید دورگ با یکدیگر بودند؛ لذا این دورگ‌ها می‌توانند برای تولید رقم‌های با عملکرد بالا مورد توجه قرار گیرند. در هر دو سال، والد ساوه‌ای با والدهای شاه‌آبادی، تیل‌طرق و دستجردی به‌عنوان محک تولید دورگ‌های مطلوب کرد. همچنین والد مگسی با والدهای ساوه‌ای، ریش‌بابا و خود والد مگسی به‌عنوان بهترین شریک برای تولید دورگ با این والد قرار گرفتند.

REFERENCES

1. Anonymous. (2011). *Statistics agriculture letter*. The first volume in arable crops. (in Farsi)
2. Artes, F., Escriche, A., Martinez J. & Marin J. (2007). Quality factors in four varieties of melon (*Cucumis melo* L.). *Journal of Food Quality*, 16, 91-100.
3. Colla, G., Rouphael, Y., Cardarelli, M., Massa, D., Salerno, A. & Rea, E. (2006). Yield, fruit quality and mineral composition of grafted melon plants grown under saline conditions. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81, 146-152.
4. Dehghani, H., Feyzian, E., Jalali, M., Rezai, A. & Dane, F. (2012). Use of GGE biplot methodology for genetic analysis of yield and related traits in melon (*Cucumis melo* L.). *Canadian Journal of Plant Science*, 92, 77-85.
5. Feyzian, E., Dehghani, H., Rezai, A. & Jalali Javaran, M. (2009). Diallel cross analysis for maturity and yield-related traits in melon (*Cucumis melo* L.). *Euphytica*, 168(2), 215-223.
6. Griffing, B. (1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences*, 9, 463-493.
7. Hayman, B. (1954a). The analysis of variance of diallel tables. *Biometrics*, 10(2), 235-244.
8. Hayman, B. (1954b). The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics*, 39(6), 767-788.
9. Lilliefors, H. W. (1969). On the Kolmogorov-Smirnov Test for Normality with Mean and Variance Unknown. *Journal of the American Statistical Association*, 62, 399-402.
10. Long, R. L., Walsh, K. B., Rogers, G. & Midmore, D. J. (2004). Source-sink mainpulatio to increase melon (*Cucumis melo* L.) fruit bimass and soluble suger content. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55, 1241-1251.

11. Nonnecke, I. L. (1988). *Vegetable production*. Springer. USA. 658 pp.
12. Rastogi, A., Mishra, B., Siddiqui, A., Srivastava, M. & Shukla, S. (2012). GGE biplot analysis based on diallel for exploitation of hybrid vigour in opium poppy (*Papaver somniferum* L.). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15, 151-162.
13. Rosa, J. T. (1928). Changes in composition during ripening and storage of melons. University of California Press, USA. 22 pp.
14. Sabaghnia, N., Dehghani, H., Alizadeh, B. & Moghaddam, M. (2011). Yield analysis of rapeseed (*Brassica napus* L.) under water-stress conditions using GGE biplot methodology. *Journal of Crop Improvement*, 25, 26-45.
15. Sebastian, P., Schaefer, H., Telford I. R. H. & Renner S. S. (2010). Cucumber (*Cucumis sativus*) and melon (C. *melo*) have numerous wild relatives in Asia and Australia, and the sister species of melon is from Australia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107, 14269-14273.
16. SPSS INC, (2010). SPSS 19. Users Guide. SPSS Inc, Chicago, IL, USA, 635 pp.
17. Yan, W. (2001). GGEbiplot-A Windows Application for Graphical Analysis of Multienvironment Trial Data and Other Types of Two-Way Data. *Agronomy Journal*, 93, 1111-1118.
18. Yan, W. & Hunt, L. (2002). Biplot analysis of diallel data. *Crop Science*, 42, 21-30.
19. Yan, W., Hunt, L., Sheng, Q. & Szlavnics, Z. (2000). Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Science*, 40, 597-605.
20. Zalapa, J., Staub, J. & McCreight, J. (2006). Generation means analysis of plant architectural traits and fruit yield in melon. *Plant Breeding*, 125, 482-487.