



Evaluation of the General Combining Ability of Doubled Haploid Cucumber Lines and the Heterosis of Their Hybrids

Hooman Sharifi¹ , Jamalali Olfati² , Mehran Enayati Shariatpanahi³ 

1. Department of Horticultural Sciences and Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran. E-mail: Hmnsharifi@yahoo.com
2. Department of Horticultural Sciences and Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran. E-mail: jamalaliolfati@guilan.ac.ir
3. Corresponding Author, Department of Tissue and Cell Culture, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. Corresponding Author E-mail: mehran.shariatpanahi@abrii.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	To create inbred lines, expensive and time-consuming methods such as self-pollination are typically used. However, new efficient technologies like doubled haploids and inverse breeding offer effective and faster solutions for producing inbred lines. In this research, doubled haploid lines produced through parthenogenesis embryo induction following pollination with irradiated pollen were utilized. A top-cross test was conducted using 15 doubled haploid lines and the top-cross parent, Beit Alpha, to examine the general combining ability of the lines. Hybrids derived from line × tester (Beit Alpha) crosses were planted in the greenhouse. To evaluate the general combining ability of the lines, several traits were measured and analyzed, including days to flowering, fruit number, fruit weight, average yield per plant, placental diameter, fruit diameter, fruit length, and the length of 20 nodes of the main stem. Comparison of means using the Tukey test revealed that the doubled haploid lines DH34, DH102, DH4, DH36, and DH5, crossed with the common parent Beit Alpha, had the highest fruit yields, with averages of 854.3, 742.7, 617.7, 545.7, and 519.3 grams per plant, respectively. Among these, the top-cross progeny from DH34 × Beit Alpha and DH102 × Beit Alpha had the highest yields, averaging 854.3 and 742.7 grams per plant, respectively. The heritability of some evaluated traits was over 80%, with the number of days to flowering, fruit weight, and fruit length showing the highest heritability.
Article history: Received: 10 November 2024 Received in revised form: 2 February 2025 Accepted: 17 February 2025 Published online: Autumn 2025	
Keywords: Tester, Yield, Heterosis, Genetic variance, Heritability.	
Cite this article: Sharifi, H., Olfati, J. & Enayati Shariatpanahi, M. (2025). Evaluation of the General Combining Ability of Doubled Haploid Cucumber Lines and the Heterosis of Their Hybrids. <i>Iranian Journal of Horticultural Science</i> , 56 (3), 539-555. DOI: https://doi.org/10.22059/ijhs.2025.385190.2228	
	
© The Author(s). DOI: https://doi.org/10.22059/ijhs.2025.385190.2228	Publisher: The University of Tehran Press.

Extended Abstract

Introduction

Cucumber (*Cucumis sativus* L.) is a highly significant vegetable within the Cucurbitaceae family, cultivated globally. Iran ranks as the fourth-largest cucumber producer worldwide, with a cultivated area of 40,344 hectares yielding 1,205,679 tons. This places Iran behind Turkey, Russia, and China in production volume. Notably, Iran imports over \$120 million worth of vegetable and summer crops annually. This figure represents only legal imports and excludes smuggled goods, with approximately 98% of the country's vegetable and summer crop needs being imported. The production of F1 hybrid seeds presents the most efficient and appealing technology for seed production institutions, owing to substantial yield increases, premium pricing, and the potential to maintain breeder rights.

Materials and Methods

Doubled haploid lines of cucumber were developed by applying parthenogenesis embryo induction following pollination with irradiated pollen from the commercial hybrids Negeen, Isfahan, Datis, Emparator, and Hi Power. This process was conducted at the Department of Tissue and Cell Culture of the Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII). These doubled haploid lines, along with open-pollinated seeds of Beit Alpha, were cultivated. Upon reaching the flowering stage, the doubled haploid lines were crossed with Beit Alpha, serving as the common tester. The resulting seeds from these crosses were planted in a greenhouse for evaluation.

To assess and identify the best line $\times$ tester combinations, key traits were recorded from the plant's early growth stages. These included days to flowering, fruit weight, placental diameter, single plant yield, fruit number, and other morphological characteristics such as fruit length, fruit diameter, and the length of 20 main stem nodes. The research was carried out in the greenhouse of ABRII using a completely randomized design with three replications. Statistical analysis, including analysis of variance and mean comparisons, was performed using Tukey's test at a 5% probability level via SAS software. In this study, doubled haploid (DH) lines exhibiting high, low, or intermediate general combining ability for the desired traits were crossed with each other to examine the outcomes.

Results and Discussion

Out of the 15 selected lines, 12 proved capable of germination and crossbreeding. Variance analysis of the studied traits revealed significant differences among the progeny resulting from the crossing of the selected lines with the Beit Alpha tester across all traits. Mean comparisons using Tukey's test indicated that the doubled haploid lines DH34, DH102, DH4, DH36, and DH5, when crossed with the common parent Beit Alpha, yielded the highest fruit production, with averages of 854.3, 742.7, 617.7, 545.7, and 519.3 grams per plant, respectively. The top-performing top-cross progeny were DH34 $\times$ Beit Alpha and DH102 $\times$ Beit Alpha, yielding approximately 854.3 and 742.7 grams per plant, respectively.

The heritability for some evaluated traits exceeded 80%, with days to flowering, fruit weight, and fruit length demonstrating the highest heritability. The heritability rate for fruit number was 53%, and for single plant yield, it was 57%. High broad-sense heritability values are associated with general combining ability, which was most pronounced in the DH34 and DH102 lines within this research.

Interestingly, crossing lines with high general combining ability, such as DH34 and DH102, did not result in hybrids exhibiting significant heterosis compared to the average of the parents for cucumber plant performance traits. Similarly, crosses involving lines with low or negative general combining ability, like DH25 and DH1, did not yield hybrids with high heterosis for those traits. Furthermore, progeny from crosses between lines with high general combining ability and those with negative or low general combining ability, such as DH102 and DH25, did not display substantial heterosis for cucumber plant yield traits relative to the average of the parents. It is important to note that since genetic variance incorporates a component of dominance variance, high general combining ability values do not automatically guarantee superior combinations through progeny selection. Additionally, the quality of progeny resulting from hybridization between such lines cannot be definitively predicted.

Author Contributions

All authors contributed equally to the development of this manuscript from the initial draft to the final submitted version, including all subsequent revisions.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Acknowledgements

This research was supported by grants from Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII) Project No.34-05-0533-014-020240.

Ethical considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

ارزیابی ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های دابل‌هاپلوئید خیار و قدرت هیبریدهای حاصل از آن‌ها

هومن شریفی^۱ | جمال‌علی الفتی^۲ | مهران عنایتی شریعت پناهی^۳ ✉

۱. گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران. رایانامه: Hmnsharifi@yahoo.com
۲. گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران. رایانامه: jamalaliolfati@guilan.ac.ir
۳. نویسنده مسئول، بخش تحقیقات کشت بافت و سلول، پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی (ABRI) سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO) کرج، ایران. رایانامه: mehran.shariatpanahi@abrii.ac.ir

چکیده	اطلاعات مقاله
معمولاً برای ایجاد لاین‌های خالص از روش‌های پرهزینه و زمان‌بر نظیر خودگشتی استفاده می‌شود. ایجاد فن‌آوری‌های کارآمد جدید نظیر هاپلوئیدهای مضاعف‌شده و اصلاح معکوس می‌تواند یک راه‌حل مؤثر و سریع برای تهیه لاین‌های خالص باشد. در این تحقیق، از لاین‌های دابل‌هاپلوئیدی استفاده گردید که با به‌کارگیری روش القای جنین‌های پارتنوژنز پس از گرده‌افشانی با گرده‌های پرتوتایی‌شده تولید شده بودند. آزمون تاپ‌کراس با استفاده از ۱۵ لاین دابل‌هاپلوئید تولیدی و والد تاپ‌کراس بیت‌آلفا جهت بررسی ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها انجام شد. هیبریدهای حاصل از تلاقی لاین در تستر بیت‌آلفا در گل‌خانه کشت شدند. به‌منظور ارزیابی قدرت ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها صفات روز تا گل‌دهی، تعداد میوه، وزن میوه، میانگین عملکرد تک‌بوته، قطر مغز میوه، قطر میوه، طول میوه و طول بیست‌گره ساقه اصلی اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل شدند. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون توکی نشان داد نتایج حاصل از تلاقی لاین‌های دابل‌هاپلوئید DH34، DH102، DH4، DH36 و DH5 با والد مشترک بیت‌آلفا به‌ترتیب با میانگین ۸۵۴/۳، ۷۴۲/۷، ۶۱۷/۷، ۵۴۵/۷ و ۵۱۹/۳ گرم در بوته، بالاترین میزان عملکرد میوه را داشتند. در این میان، بالاترین مقدار مربوط به نتاج حاصل از تلاقی Beit Alpha × DH34 با میانگین ۸۵۴/۳ گرم در بوته و Beit Alpha × DH102 با میانگین ۷۴۲/۷ گرم در بوته بود. وراثت‌پذیری برخی از صفات مورد ارزیابی بیش از هشتاد درصد بود که در این میان، صفات روز تا گل‌دهی، وزن میوه و طول میوه بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند.	نوع مقاله: مقاله پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۰ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۱/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۹ تاریخ انتشار: پاییز ۱۴۰۴ کلیدواژه‌ها: تستر، عملکرد، هتروزیس، واریانس ژنتیکی، وراثت‌پذیری

استاد: شریفی، هومن؛ الفتی، جمال‌علی و عنایتی شریعت پناهی، مهران (۱۴۰۴). ارزیابی ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های دابل‌هاپلوئید خیار و قدرت هیبریدهای حاصل از آن‌ها. نشریه علوم باغبانی ایران، ۵۶ (۳)، ۵۵۵-۵۳۹. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijhs.2025.385190.2228>



© نویسندگان.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijhs.2025.385190.2228>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

خیار با نام علمی *Cucumis sativus* L. مهم‌ترین سبزی از خانواده کدویان^۱ است و از قدیمی‌ترین گیاهانی است که در سراسر جهان کشت می‌شود. کشور ایران با سطح زیرکشت ۴۰۳۴۴ هکتار و تولید ۱۲۰۵۶۷۹ تن پس از ترکیه، روسیه و چین چهارمین تولیدکننده خیار در جهان است (FAO, 2022). در حال حاضر، سالانه بیش از ۱۲۰ میلیون دلار بذر سبزی و صیفی وارد کشور می‌شود؛ رقمی که تنها مختص واردات قانونی بوده و واردات قاچاق را شامل نمی‌شود. لازم به ذکر است که ۹۸ درصد از بذور مصرفی سبزی و صیفی کشور وارداتی است. علاوه بر ارزیابی، هیبریدهای خارجی غیرگل‌خانه‌ای برای شرایط آب‌وهوایی کشور ما اصلاح نشده‌اند و میانگین مصرف آب آن‌ها عموماً بالا می‌باشد. تولید بذور هیبرید F1 به دلیل افزایش قابل توجه عملکرد، قیمت بالا و امکان حفظ حقوق به‌نژادگر، کارآمدترین و جذاب‌ترین فن‌آوری برای مؤسسات تولید بذر می‌باشد (Dong et al., 2016). امروزه، استفاده از روش تولید هاپلوئیدهای مضاعف به عنوان روشی توسعه یافته و سریع برای به دست آوردن لاین‌های خالص تلقی می‌شود (Enayati Shariatpanahi et al., 2012). پرتوتابی دانه گرده با استفاده از اشعه مولرای بنفش^۲، اشعه گاما^۳ و اشعه ایکس^۴، گسترده‌ترین روش مورد استفاده برای القای بکرزایی در تولید گیاهان هاپلوئید می‌باشد (Gahal & Gosal., 2002).

در سوی دیگر، از مهم‌ترین اهداف برنامه‌های به‌نژادی در خیار، اصلاح برای افزایش عملکرد است. موفقیت برنامه‌های به‌نژادی برای تولید بذر هیبرید به توانایی به‌نژادگر در تشخیص لاین‌های والدینی که در تولید هیبرید بسیار مؤثرند بستگی دارد (Olfati et al., 2011). انواع جنسیت در خیار توسط سه ژن عمده A/a و F/f کنترل می‌شود. از برهم‌کنش این مکان‌های ژنی جنسیت گل‌های خیار تعیین می‌شود (Tatlioglu, 1993). هیبریدهای ماده گل خیار از مزیت عملکرد بالا برخوردار هستند. بنابراین، صفت ماده گل بودن باید همواره در تولید ارقام هیبرید مورد توجه قرار گیرد. میزان بیان گل ماده توسط مکان ژنی F/f تعیین می‌شود ($FF > Ff > ff$) (Wehner, 1989). هیبریداسیون روشی است که در آن گیاهان برای ایجاد ارقام جدید با ترکیبی از صفات مطلوب تلاقی داده می‌شوند. از آنجایی که خیار اساساً ماهیتی تک‌پایه و گرده‌افشانی متقابل دارد، این امر امکان مهار قدرت هتروزیس را فراهم می‌کند. استفاده از لاین ماده گل برای تولید هیبرید در خیار متداول‌ترین روش است (Dey et al., 2023).

چالش‌های فزاینده و پیشرفت سریع در فنون به‌نژادی به دستیابی به مقاومت در برابر تنش‌های زیستی و تحمل تنش‌های غیرزیستی در خیار کمک کرده است (Dey et al., 2023)؛ در همین راستا، برنامه‌های به‌نژادی فرصتی را برای تولید ارقام پرمحصول با کیفیت عالی فراهم می‌کند. اما باید به این نکته توجه کرد که صفات وابسته به عملکرد، در بسیاری از گیاهان زراعی به صورت کمی به ارث می‌رسند که به طور معمول وراثت‌پذیری پائینی دارند (Falconer & Mackay, 1996). بنابراین، گزینش گونه‌ها و ارقام با هدف به‌نژادی در عملکرد معمولاً نیاز به ارزیابی طولانی مدت، بسترهای مکانی و تکرارهای مختلف دارد. انتخاب غیرمستقیم برای عملکرد با استفاده از صفات وابسته یا به عبارت دیگر، اجزای عملکرد در بسیاری از گیاهان موفقیت‌آمیز بوده است (Ashraf & Ahmad, 2000).

پیشینه پژوهشی

موفقیت روش به‌نژادی از طریق دورگ‌گیری عمدتاً به انتخاب صحیح والدین بستگی دارد (Adday, 2017). به همین دلیل، اصلاح ارقام پرمحصول به روش تلاقی، مستلزم شناسایی ساختار ژنتیکی والدین و بررسی خصوصیات مطلوب آن‌هاست که با استفاده از ژنتیک کمی مانند طرح‌های کارولینای شمالی، تلاقی‌های دو والدی، پلی‌کراس، تاپ‌کراس، دی‌آل و یا تلاقی تستر × لاین انجام می‌گیرد (Nduwumuremyi et al., 2013). نتایج یک مطالعه حاصل از تلاقی لاین‌های منتخب خیار B10، A10 و

B12) با هیبرید تجاری رقم نگین باهدف بهبود صفت پارتنوکارپی و ماده‌گلی موردارزیابی قرار گرفت. نتاج حاصل از تلاقی هیبرید تجاری رقم نگین و لاین B12 دارای بیشترین تعداد میوه‌های پارتنوکارپ بودند. بیشترین درصد گل‌های ماده در نتاج حاصل از تلاقی هیبرید رقم نگین و لاین B10 دیده شد و کمترین درصد در نتاج حاصل از تلاقی هیبرید رقم نگین با لاین B12 (Setamdideh *et al.*, 2019). آزمون تاپ‌کراس به‌عنوان بخشی از یک تحقیق، با استفاده از ۳۲ لاین دابل‌هاپلوئید فلفل دلمه‌ای و والد تاپ‌کراس California Wonder جهت بررسی ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها صورت گرفت. به‌منظور ارزیابی قدرت ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها؛ صفات روز تا جوانه‌زنی، روز تا گلدهی، روز تا میوه‌دهی، وزن تر میوه، وزن خشک میوه، طول میوه، عرض میوه، قطر گوشت میوه، تعداد بذر در میوه، میانگین عملکرد تک‌بوته، تعداد میوه در بوته و ارتفاع بوته اندازه‌گیری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج حاکی از آن بود که بیشترین میزان عملکرد میوه مربوط به نتاج تاپ‌کراس حاصل از تلاقی DH55 × California Wonder با میانگین ۸/۵۸ کیلوگرم در بوته بود. وراثت‌پذیری صفات برآورد شده بیش از هفتاد درصد بود که در این میان؛ صفات تعداد روز تا جوانه‌زنی و میانگین عملکرد میوه در بوته، بیشترین مقدار را به‌خود اختصاص دادند (Zarebayati *et al.*, 2022).

در یک مطالعه تحقیقاتی بر روی چهار لاین خیار با استفاده از طرح دای‌آل ناقص، ترکیب‌پذیری عمومی بالایی برای ویژگی‌های تعداد میوه در بوته، نسبت طول به قطر میوه، تعداد شاخه فرعی، تعداد گل ماده در هر گره و ترکیب‌پذیری خصوصی^۲ بیشتری برای زمان تا اولین برداشت مشاهده شد (Ana *et al.*, 2002). در تحقیق دیگری، بین هیبریدهای F1 و والدین آن‌ها برای صفات، تعداد شاخه فرعی، طول بوته، زمان تا ظهور اولین گل ماده و تعداد گل ماده در هر گره تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. ترکیب‌پذیری عمومی همه این صفات بیشتر از ترکیب‌پذیری خصوصی آن‌ها بود (Hanchinamani & Patil, 2009).

در پژوهش دیگری، چهار لاین اینبرد منتخب به‌عنوان والد ماده با سه تستر به‌عنوان والد نر در یک طرح لاین × تستر برای تولید دوازده هیبرید F1 تلاقی داده شدند. هفت والد و دوازده تلاقی آن‌ها همراه با Hesham F1 به‌عنوان هیبرید شاهد از نظر صفات زراعی در گل‌خانه در فصل زمستان ۲۰۱۶-۲۰۱۷ برای تخمین میزان هتروزیس و توانایی ترکیبی موردارزیابی قرار گرفتند. نتایج حاکی از تفاوت معنی‌دار بین والدین، تلاقی‌ها، لاین‌ها، تسترها و اثر متقابل آن‌ها برای تمامی صفات مورد مطالعه بود. عملکرد ژن غیرافزایشی برای اکثر صفات مهم‌تر از افزایشی بود. لاین‌های 62A، 62A، همچنین تستر 54A هیبریدهای خوبی برای اکثر صفات ارزیابی شدند. تلاقی 63 × 54A دارای بیشترین اثرات توانایی ترکیبی ویژه برای صفات عملکرد اولیه و عملکرد کل بودند (Al-Araby *et al.*, 2019).

ترکیب‌پذیری عمومی و ترکیب‌پذیری خصوصی برای عملکرد کل و تعداد میوه در هر بوته خیار در طرح تلاقی لاین × تستر شامل ۴۱ لاین اینبرد و دو تستر که دو گروه هتروزیس را به‌دست می‌آورند، توسط محققین ارزیابی شدند. ۸۲ هیبرید F1 در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با دو تکرار در گل‌خانه‌ای در مؤسسه تحقیقات کشاورزی باتی آکدنیز آنتالیا در فصل رشد بهار ۲۰۱۲ کاشته شدند. نتایج نشان داد که اثر متقابل لاین × تستر و تفاوت بین لاین‌های اینبرد بالا و برای عملکرد کل در بوته معنی‌دار بود. بالاترین اثر بر ترکیب‌پذیری عمومی در بین لاین‌ها مربوط به TH-44، TH-62 و TH-76 برای عملکرد در بوته بود. از سوی دیگر، لاین‌های TH-33، TH-192 و TH-28 اثرات ترکیب‌پذیری عمومی بالایی برای تعداد میوه‌ها داشتند. با در نظر گرفتن اثرات ترکیب‌پذیری خصوصی، ده لاین از ۴۱ لاین اینبرد تستر به دو گروه هتروزیس (هفت لاین در گروه A و سه لاین در گروه B) از نظر عملکرد و تعداد میوه در بوته طبقه‌بندی شدند. در نهایت، ده لاین اینبرد متنوع (۷ لاین مادری و ۳ لاین پدری) را به‌عنوان لاین‌های بالقوه والدین به‌منظور توسعه ارقام هیبریدی جدید در خیار توصیه کردند (Gozen *et al.*, 2020).

تحقیق حاضر باهدف تعیین قدرت ترکیب‌پذیری عمومی و شناخت لاین‌های والدینی برجسته از نظر برخی صفات مورفولوژیک میوه و صفات مرتبط با عملکرد خیار تحت شرایط گل‌خانه‌ای صورت گرفت. سه ترکیب از لاین‌هایی با ترکیب‌پذیری عمومی بالا، ترکیب‌پذیری عمومی پایین و ترکیبی از این دو حالت در صفات طول میوه، قطر میوه، قطر مغز میوه، وزن میوه، تعداد میوه، عملکرد بوته، روز تا گلدهی و طول بیست گره ساقه اصلی مورد ارزیابی قرار گرفتند تا به به‌نژادگران در انتخاب لاین‌ها، تلاقی‌ها و اصلاح هیبریدها کمک نماید.

روش‌شناسی پژوهش

لاین‌های هاپلوئید خیار با به‌کارگیری روش القای جنین‌های پارتنوژنز پس از گرده‌افشانی با گرده‌های پرتوتابی‌شده توسط اشعه گاما از بذور هیبریده‌های تجاری نگین، اصفهان، داتیس، امپراتور، بیت‌آلفا و های‌پاور در بخش کشت بافت و سلول پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران به‌دست آمدند. پایه‌های مادری نگین و های‌پاور، ماده‌گل و ارقام داتیس، امپراتور، اصفهان، بیت‌آلفا، یک‌پایه بودند. گل‌های نر یک روز قبل از باز شدن جمع‌آوری شده و جهت پرتوتابی با پرتو گاما به پژوهشگاه کشاورزی هسته‌ای پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای منتقل شدند. بساک‌ها پس از جدا کردن گلبرگ و کاسبرگ گل‌ها همراه با میله جدا شده و به‌طور مساوی برای هر دز در پتری دیش‌های شیشه‌ای (به قطر ده و ارتفاع دو سانتی‌متر) قرار گرفتند. نمونه‌ها با استفاده از دستگاه گاماسل با دزهای ۳۵۰ و ۶۰۰ گری پرتو گاما توسط منبع کبالت ۶۰ با قدرت اکتیویته ۱۸۰۰ کوری و نرخ دز ۰/۲ گری در ثانیه پرتوتابی شدند. گل‌های ماده با بساک‌های پرتوتابی‌شده گرده‌افشانی شدند و میوه‌های حاصل، پس از ۲۵ تا ۳۰ روز برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند. بذرها پس از جدا سازی در محیط اختصاصی E20 کشت شدند و در درمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و روشنایی قرار گرفتند. گیاهچه‌های حاصل از جنین‌های رشد کرده در محیط بازاری قرار گرفتند. هم‌زمان، فلوسایتومتری گیاهان خیار به‌منظور تعیین سطح پلوئیدی و تکثیر آن‌ها صورت گرفت که گیاهان هاپلوئید، دابل‌هاپلوئیدهای خودبه‌خودی و تتراپلوئید مشخص گردیدند.

بذور لاین‌های دابل‌هاپلوئید در گلدان‌هایی با قطر ۲۵ سانتی‌متر حاوی خاک مزرعه، پیت سیاه و پرلیت کشت شدند. هم‌زمان با کشت لاین‌های دابل‌هاپلوئید حاصل از هیبریده‌های مورد اشاره، تعدادی بذر آزاد گرده‌افشان بیت‌آلفا نیز کشت گردیدند. عملیات تغذیه، آبیاری و مراقبت براساس نیاز گیاهان صورت گرفت. پس از رسیدن گیاهان به مرحله گل‌دهی، لاین‌های دابل‌هاپلوئید به‌عنوان پایه مادری با تستر مشترک بیت‌آلفا محصول شرکت روزن‌سیدز هلند به‌عنوان پایه پدری (دهنده دانه گرده) تلاقی داده شدند. برای انجام گرده‌افشانی، گل‌ها یک روز قبل از شکوفایی به‌منظور جلوگیری از گرده‌افشانی ناخواسته توسط پاکت پوشانده شدند. صبح روز بعد، گرده‌افشانی به‌صورت دستی صورت گرفت و روی غنچه‌ها پاکت‌گذاری شد. تلاقی‌ها به‌دفعات زیاد انجام گرفت و پس از تشکیل کامل میوه حاصل از تلاقی، پاکت‌ها برداشته شده و میوه‌های حاصل، برچسب‌گذاری شدند. پانزده لاین در تلاقی با رقم آزاد گرده‌افشان شرکت کردند که از میان آن‌ها، تنها دوازده لاین دابل‌هاپلوئید منجر به تولید موفق نتاج F1 حاصل از تلاقی لاین با تستر شدند. میوه‌های حاصل از تلاقی پس از برداشت، بذریکشی شده و بذور حاصل از تلاقی لاین‌های دابل‌هاپلوئید و بیت‌آلفا جهت خشک شدن در محلی تاریک و بدون رطوبت نگهداری شدند. سپس بذور حاصل در گل‌خانه پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی جهت ارزیابی گل‌خانه‌ای در گلدان‌های کوچک کشت شدند. پس از حدود یک ماه،

1. Negeen
2. Isfahan
3. Datis
4. Emparator
5. Beit Alpha
6. Hi Power
7. Co60
8. ROSSWN SEESD

نشاءهای حاصل در مرحله چهاربرگی براساس طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار به گلدان اصلی منتقل شده و براساس نیاز گیاه به آبیاری، تغذیه با کودهای ماکرو و میکرو انجام شد. جهت ارزیابی و انتخاب لاین تسترهای برتر، از ابتدای مراحل رشد گیاه، اندازه‌گیری و ثبت صفات آغاز شد و صفات مهمی چون روز تا گلدهی، وزن میوه، قطر مغز میوه، عملکرد تک‌بوته، تعداد میوه و سایر صفات مورفولوژیک مانند طول میوه، قطر میوه و طول ۲۰ گره ساقه اصلی اندازه‌گیری شدند. ارزیابی عملکرد تک‌بوته و تعداد میوه در طول بیست گره ساقه اصلی صورت گرفت.

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون توکی (در سطح احتمال پنج درصد) و توسط نرم‌افزار SAS انجام شد. برای ارزیابی ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های دابل‌هاپلوئید خیار از فرمول ترکیب‌پذیری عمومی در آزمون تاپ‌کراس استفاده شد

$$\text{GCA}(\text{pi}) = \bar{X}_{\text{Prog}} - \bar{X} \dots \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در این فرمول، GCA نشان‌دهنده میزان ترکیب‌پذیری عمومی لاین دابل‌هاپلوئید i ام، $\bar{X}_{\text{prog}}$ نشان‌دهنده ارزش متوسط نتایج مربوط به یک لاین مشخص و $\bar{X}_{..}$ میزان میانگین کل در آزمایش است. همچنین وراثت‌پذیری عمومی لاین‌ها (h^2_{bs}) توسط فرمول زیر محاسبه شد:

$$h^2_{\text{bs}} = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 - \sigma_e^2} \times 100 \quad \text{رابطه (۲)}$$

در فرمول فوق h^2_{bs} وراثت‌پذیری عمومی لاین‌ها، σ_g^2 واریانس ژنوتیپی و σ_e^2 واریانس خطا را نشان می‌دهد که براساس امید ریاضی جدول تجزیه واریانس ژنوتیپ‌ها با تصادفی در نظر گرفتن لاین‌ها محاسبه گردید. وقتی ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها مشخص شد، لاین‌های منتخب با هم تلاقی و هیبریدهای حاصل بررسی شدند. باهدف بررسی کارایی انتخاب لاین‌های والدینی براساس میزان ترکیب‌پذیری به‌دست‌آمده در تاپ‌کراس، در این تحقیق لاین‌هایی که برای صفات موردنظر دارای ترکیب‌پذیری عمومی بالا، ترکیب‌پذیری عمومی پایین و ترکیب‌پذیری بین این دو حالت بودند، با یکدیگر تلاقی داده شد تا نتایج حاصل از این تلاقی‌ها برای صفات موردنظر بررسی شوند. پس از رسیدن گیاهان به مرحله گل‌دهی، لاین‌های دابل‌هاپلوئیدی که به‌عنوان پایه مادری در نظر گرفته شده بودند، با لاین‌هایی که به‌عنوان پایه پدری (دهنده دانه گرده) در نظر گرفته شده بودند تلاقی داده شدند. در این تلاقی‌های لاین‌های دابل‌هاپلوئید با یکدیگر مثلاً در تلاقی $\text{DH5} \times \text{DH34}$ ، به‌ترتیب لاین اول (DH5) به‌عنوان پایه مادری و لاین دوم (DH34) به‌عنوان پایه پدری (دهنده دانه گرده) در نظر گرفته شده‌اند. برای انجام گرده‌افشانی، گل‌ها یک روز قبل از شکوفایی به‌منظور جلوگیری از گرده‌افشانی ناخواسته توسط پاکت پوشانده شدند. صبح روز بعد، گرده‌افشانی به‌صورت دستی صورت گرفت و روی غنچه‌ها پاکت‌گذاری شد. تلاقی‌ها به تعداد لازم انجام گرفت و پس از تشکیل کامل میوه حاصل از تلاقی، پاکت‌ها برداشته شده و میوه‌های حاصل برچسب‌گذاری شدند. بذور هیبریدهای حاصل از تلاقی لاین‌های منتخب در گل‌خانه کشت شدند. بررسی هیبریدهای حاصل از تلاقی لاین‌های منتخب در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین هیبریدها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد و توسط نرم‌افزار SAS صورت گرفت.

یافته‌های پژوهش

از پانزده لاین منتخب پژوهشگاه بیوتکنوژی کشاورزی ایران، هیبریدهای حاصل از تلاقی دوازده لاین با تستر بیت‌آلفا قابلیت تولید گل و میوه داشتند؛ بنابراین، نتایج برپایه آن‌ها ارائه شد. نتایج تجزیه واریانس صفات مطالعه‌شده حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار میان نتایج حاصل از تلاقی لاین‌های منتخب با تستر بیت‌آلفا برای همه صفات مورد مطالعه داشت (جدول ۱). مقایسه میانگین نتایج این پژوهش نشان داد که از نظر صفت روز تا گلدهی، هیبرید حاصل از تلاقی لاین‌های DH5 و DH3 در بیت‌آلفا به‌ترتیب بیشترین و کمترین ارزش ثبت شده (۶۵/۳۳ و ۴۱ روز) را به خود اختصاص دادند. هیبریدهای حاصل از تلاقی لاین‌های DH5، DH1 و DH4 در بیت‌آلفا در گروه ارقام زودگل و هیبریدهای حاصل از تلاقی لاین‌های DH36 و

DH102 در بیت‌آلفا در گروه ارقام دیرگل قرار گرفتند (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد که از نظر صفت طول، بیست‌گره ساقه اصلی هیبرید حاصل از تلاقی لاین‌های DH1 و DH102 در بیت‌آلفا به‌ترتیب بیشترین و کمترین ارزش ثبت شده (۱۹۴/۸۳ و ۱۱۲ سانتی‌متر) را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد که از نظر صفت تعداد میوه، هیبرید حاصل از تلاقی لاین‌های DH26 و DH7 در بیت‌آلفا به‌ترتیب بیشترین و کمترین ارزش ثبت شده (۷ و ۲/۶۶) را به خود اختصاص دادند (جدول ۳).

مقایسه میانگین نشان داد که از نظر صفت وزن میوه هیبرید حاصل از تلاقی لاین‌های DH26 و DH34 در بیت‌آلفا به‌ترتیب بیشترین و کمترین ارزش ثبت شده (۱۹۳/۶۳ و ۶۵/۲۹ گرم) را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد که از نظر صفت طول میوه، هیبرید حاصل از تلاقی لاین‌های DH26 و DH34 در بیت‌آلفا به‌ترتیب بیشترین و کمترین ارزش ثبت شده (۱۸/۴۶ و ۱۱/۰۲ سانتی‌متر) را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد که از نظر صفت قطر میوه، هیبرید حاصل از تلاقی لاین‌های DH102 و DH33 در بیت‌آلفا به‌ترتیب بیشترین و کمترین ارزش ثبت شده (۲/۶۹ و ۲/۲۸ سانتی‌متر) را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد که از نظر صفت قطر مغز میوه هیبرید حاصل از تلاقی لاین‌های DH102 و DH33 در بیت‌آلفا به‌ترتیب بیشترین و کمترین ارزش ثبت شده (۱/۶۱ و ۰/۹۴ سانتی‌متر) را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد که از نظر صفت عملکرد بوته هیبرید حاصل از تلاقی لاین‌های DH34 و DH25 در بیت‌آلفا به‌ترتیب بیشترین و کمترین ارزش ثبت شده (۸۴۵/۳ و ۲۴۱/۷ گرم) را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). براساس امید ریاضی جدول تجزیه واریانس، بیشترین میزان واریانس ژنتیکی و وراثت‌پذیری عمومی برای صفت طول و وزن میوه با (۹۲ درصد) و پس از آن برای روز تا گل‌دهی (۸۳ درصد) به‌دست آمد.

نتایج ارزیابی وراثت‌پذیری صفات موردبررسی نشان داد که برخی صفات وراثت‌پذیری پایین و برخی صفات وراثت‌پذیری بالایی دارا بودند. وراثت‌پذیری برخی از صفات موردارزیابی بیش از هشتاد درصد بود که در این میان، صفات روز تا گل‌دهی، وزن میوه و طول میوه بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند و سایر صفات، وراثت‌پذیری کمتری نشان دادند (جدول ۲). میزان وراثت‌پذیری صفت تعداد میوه ۵۳ درصد و میزان وراثت‌پذیری صفت عملکرد تک بوته ۵۷ درصد بود (جدول ۲).

جدول ۱. تجزیه واریانس برخی صفات حاصل از تلاقی لاین‌های دابل‌هاپلوئید خیار با بیت‌آلفا

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		طول میوه	قطر میوه	قطر مغز میوه	وزن میوه	تعداد میوه	عملکرد بوته
لاین × بیت‌آلفا	۱۱	۱۸/۷۱**	۰/۰۴۸**	۰/۰۹۳**	۴۲۷۸/۳۸۲**	۵/۷۲**	** ۱۱۲۱۶۶/۷۹
خطا	۲۴	۰/۴۹	۰/۰۱۴	۰/۰۱۷	۱۰۷/۰۴۴	۱/۲۷	۲۱۹۰۶/۹۱
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۹۶	۴/۸۷	۱۰/۰۵۱	۹/۷۹	۲۳/۵۲	۳۱/۱۷

D.S.، * و **: به‌ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۲. وراثت‌پذیری برخی صفات لاین‌های دابل‌هاپلوئید خیار

وراثت پذیری (درصد)	طول میوه	قطر میوه	قطر مغز میوه	وزن میوه	تعداد میوه	عملکرد بوته	روز تا گل دهی	طول بیست گره ساقه اصلی
۹۲	۴۴	۵۹	۹۲	۵۳	۵۷	۸۳	۴۸	

جدول ۳. مقایسه میانگین برخی صفات حاصل از تلاقی لاین‌های دابل‌هپلوئید خیار با بیت‌آلفا

ژنوتیپ	طول میوه (سانتی‌متر)	قطر میوه (سانتی‌متر)	قطر مغز میوه (سانتی‌متر)	وزن میوه (گرم)	تعداد میوه	عملکرد بوته (گرم)	روز تا گل‌دهی	طول بیست گره ساقه اصلی (سانتی‌متر)
DH102× Beit Alpha	۱۸٫۰۸ ^a	۲٫۲۸ ^b	۰٫۹۴ ^c	۱۴۸٫۶۹ ^b	۵٫۳۳ ^{ab}	۷۴۲٫۷ ^{ab}	۶۳ ^a	۱۹۴٫۸۳ ^a
DH34× Beit Alpha	۱۸٫۴۶ ^a	۲٫۴۳ ^{ab}	۱٫۱۴ ^{bc}	۱۹۳٫۶۳ ^a	۵٫۳۳ ^{ab}	۸۴۵٫۳ ^a	۴۶٫۶۶ ^{bc}	۱۵۳٫۵۰ ^{abc}
DH1× Beit Alpha	۱۲٫۸۶ ^{bc}	۲٫۶۳ ^{ab}	۱٫۴۲ ^{ab}	۹۲٫۳۳ ^{cde}	۵٫۳۳ ^{ab}	۳۱۵٫۷ ^{bc}	۴۳ ^c	۱۱۳ ^c
DH4× Beit Alpha	۱۳٫۴۶ ^b	۲٫۴۸ ^{ab}	۱٫۲۹ ^{abc}	۹۸ ^{cd}	۶٫۶۶ ^a	۶۱۷٫۷ ^{abc}	۴۳ ^c	۱۱۴٫۸۳ ^c
DH103× Beit Alpha	۱۷٫۶۰ ^a	۲٫۴۰ ^{ab}	۱٫۱۵ ^{bc}	۱۴۵٫۷۲ ^b	۳٫۳۳ ^b	۴۸۴ ^{abc}	۴۸ ^{bc}	۱۷۷ ^{ab}
DH5× Beit Alpha	۱۳٫۷۲ ^b	۲٫۵۶ ^{ab}	۱٫۴۵ ^{ab}	۱۰۳٫۸۶ ^c	۵ ^{ab}	۵۱۹٫۳ ^{abc}	۴۱ ^c	۱۵۶٫۶۷ ^{abc}
DH7× Beit Alpha	۱۳٫۳۹ ^b	۲٫۶۰ ^{ab}	۱٫۳۲ ^{ab}	۸۵٫۱۰ ^{cde}	۲٫۶۶ ^b	۲۴۶٫۷ ^c	۴۵٫۶۶ ^{bc}	۱۵۱٫۸۳ ^{abc}
DH29× Beit Alpha	۱۳٫۰۸ ^{bc}	۲٫۴۶ ^{ab}	۱٫۳۹ ^{ab}	۸۵٫۹۷ ^{cde}	۳٫۳۳ ^b	۲۹۲ ^c	۴۹٫۶۶ ^{bc}	۱۴۲٫۶۷ ^{abc}
DH26× Beit Alpha	۱۱٫۰۳ ^c	۲٫۴۱ ^{ab}	۱٫۳۹ ^{ab}	۶۵٫۲۹ ^e	۷ ^a	۴۶۹٫۳ ^{abc}	۴۷ ^{bc}	۱۳۰ ^{bc}
DH33× Beit Alpha	۱۲٫۵۳ ^{bc}	۲٫۶۹ ^a	۱٫۶۱ ^a	۸۰٫۹۶ ^{cde}	۴٫۶۶ ^{ab}	۳۷۷ ^{bc}	۴۷ ^{bc}	۱۴۵ ^{abc}
DH36× Beit Alpha	۱۳٫۴۳ ^b	۲٫۳۱ ^b	۱٫۲۴ ^{abc}	۹۴٫۷۵ ^{cde}	۵٫۶۶ ^{ab}	۵۴۵٫۷ ^{abc}	۶۵٫۳۳ ^a	۱۳۰٫۶۷ ^{bc}
DH25× Beit Alpha	۱۱٫۷۶ ^{bc}	۲٫۵۷ ^{ab}	۱٫۲۵ ^{abc}	۷۳٫۱۱ ^{de}	۳٫۳۳ ^b	۲۴۱٫۷ ^c	۵۲٫۶۶ ^b	۱۴۲ ^{abc}

میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون، براساس آزمون توکی فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

نتایج حاصل از ارزیابی قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی صفات نشان داد که برخی لاین‌ها در تعدادی از صفات موردبررسی دارای ترکیب‌پذیری عمومی بالا و برای تعدادی از صفات دارای ترکیب‌پذیری عمومی پایین بودند. لاین‌های DH102 و DH34 برای صفت عملکرد در بوته دارای ترکیب‌پذیری عمومی بالاتری بوده و لاین‌های DH2 و DH7 برای صفت عملکرد در بوته ترکیب‌پذیری عمومی پایین‌تری را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). نتایج تجزیه واریانس صفات مطالعه‌شده حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد میان نتایج حاصل از تلاقی لاین‌های منتخب برای همه صفات مورد مطالعه داشت (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در نتایج حاصل از تلاقی لاین‌های منتخب در شناسایی هیبریدهای مطلوب و تعیین لاین‌های برتر کمک نمود (جدول ۶).

از تلاقی لاین‌هایی با ترکیب‌پذیری عمومی بالا از نظر صفت عملکرد بوته خیار DH34 و DH102 هیبرید حاصل دارای هتروزیس بالا نسبت به میانگین والدین برای آن صفت نبود. از تلاقی لاین‌های با ترکیب‌پذیری عمومی پایین یا منفی برای عملکرد بوته خیار DH1 و DH25 هیبرید حاصل دارای هتروزیس بالا نسبت به میانگین والدین برای آن صفت نبود. نهایتاً، نتایج حاصل از تلاقی لاین‌هایی با ترکیب‌پذیری عمومی بالا با لاین‌های دارای ترکیب‌پذیری عمومی منفی یا پایین برای صفت عملکرد بوته خیار DH102 و DH25 منجر به هتروزیس بالا نسبت به میانگین والدین برای آن صفت نشد.

از تلاقی لاین‌هایی با ترکیب‌پذیری عمومی بالا از نظر صفت طول میوه DH34 و DH102 هیبرید حاصل دارای هتروزیس بالا نسبت به میانگین والدین برای آن صفت بود. از تلاقی لاین‌های با ترکیب‌پذیری عمومی پایین یا منفی برای طول میوه DH1 و DH25 هیبرید حاصل دارای هتروزیس بالا نسبت به میانگین والدین برای آن صفت نبود. نهایتاً، نتایج حاصل از تلاقی لاین‌هایی با ترکیب‌پذیری عمومی بالا با لاین‌های دارای ترکیب‌پذیری عمومی منفی یا پایین برای صفت طول میوه DH102 و DH25 منجر به هتروزیس بالا نسبت به میانگین والدین برای آن صفت نشد.

از تلاقی لاین‌هایی با ترکیب‌پذیری عمومی بالا از نظر صفت قطر مغز میوه DH33 و DH5 هیبرید حاصل دارای هتروزیس بالا نسبت به میانگین والدین برای آن صفت نبود. از تلاقی لاین‌های با ترکیب‌پذیری عمومی پایین یا منفی برای قطر مغز میوه DH34 و DH102 هیبرید حاصل دارای هتروزیس بالا نسبت به میانگین والدین برای آن صفت بود. نهایتاً، نتایج حاصل از تلاقی لاین‌هایی با ترکیب‌پذیری عمومی بالا با لاین‌های دارای ترکیب‌پذیری عمومی منفی یا پایین برای صفت قطر مغز میوه DH102 و DH33 منجر به هتروزیس بالا نسبت به میانگین والدین برای آن صفت نشد.

از تلاقی لاین‌هایی با ترکیب‌پذیری عمومی بالا از نظر صفت روز تا گل‌دهی DH36 و DH102 هیبرید حاصل دارای هتروزیس بالا نسبت به میانگین والدین برای آن صفت بود. از تلاقی لاین‌های با ترکیب‌پذیری عمومی پایین یا منفی برای صفت روز تا گل‌دهی DH1 و DH5 هیبرید حاصل دارای هتروزیس بالا نسبت به میانگین والدین برای آن صفت نبود. نهایتاً، نتایج حاصل از تلاقی لاین‌هایی با ترکیب‌پذیری عمومی بالا با لاین‌های دارای ترکیب‌پذیری عمومی منفی یا پایین برای صفت روز تا گل‌دهی DH102 و DH1 منجر به هتروزیس بالا نسبت به میانگین والدین برای آن صفت شد.

از تلاقی لاین‌هایی با ترکیب‌پذیری عمومی بالا از نظر صفت طول بیست گره ساقه اصلی DH103 و DH102 هیبرید حاصل دارای هتروزیس بالا نسبت به میانگین والدین برای آن صفت بود. از تلاقی لاین‌های با ترکیب‌پذیری عمومی پایین یا منفی برای طول بیست گره ساقه اصلی DH1 و DH5 هیبرید حاصل دارای هتروزیس بالا نسبت به میانگین والدین برای آن صفت نبود. نهایتاً، نتایج حاصل از تلاقی لاین‌هایی با ترکیب‌پذیری عمومی بالا با لاین‌های دارای ترکیب‌پذیری عمومی منفی یا پایین برای صفت روز تا گل‌دهی DH102 و DH1 منجر به هتروزیس بالا نسبت به میانگین والدین برای آن صفت شد. این نتایج نشان داد که انتخاب براساس ترکیب‌پذیری عمومی برای تولید هیبرید در خیار راهکاری مناسب نیست.

جدول ۴. برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی برخی صفات لاین‌های دابل‌هاپلوئید خیار

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		طول میوه	قطر میوه	قطر مغز میوه	تعداد میوه	عملکرد بوته	روز تا گل‌دهی
لاین × لاین	۳۸	۱۷,۵۷ **	۰,۰۷ **	۰,۱۲ **	۴۱,۱۲ **	۱۵۸۷۱۱,۱۱ **	۱۳۴/۲۸ **
خطا	۷۸	۰,۲۴	۰,۰۱	۰,۰۰۵	۰,۹۵	۷۰۵۷,۶۹	۶/۴۱
ضریب تغییرات (درصد)		۳,۱۷	۴,۰۰	۴,۹۵	۱۱,۶۸	۱۵,۸۰	۴/۸۴

D.F., *, **: به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۵. تجزیه واریانس برخی صفات حاصل از تلاقی لاین‌های دابل‌هاپلوئید خیار

ژنوتیپ	طول میوه	قطر میوه	قطر مغز میوه	وزن میوه	تعداد میوه	عملکرد بوته	روز تا گل‌دهی	طول بیست گره ساقه اصلی
DH102× Beit Alpha	۳,۹۶	-۰,۲۰	-۰,۳۶	۴۳,۳۳	۰,۵۲	۲۶۷,۹۲	۱۳,۶۷	۳۶,۹۰
DH34× Beit Alpha	۴,۳۵	-۰,۰۶	-۰,۱۶	۸۷,۹۹	۰,۵۲	۳۷۰,۵۸	-۲,۶۶	۵,۵۷
DH1× Beit Alpha	-۱,۲۶	۰,۱۵	۰,۱۲	-۱۳,۳۱	۰,۵۲	-۱۵۹,۰۸	-۶,۳۳	-۲۵,۴۳
DH4× Beit Alpha	-۰,۶۶	-۰,۰۱	-۰,۰۱	-۷,۶۳	۱,۸۶	۱۴۲,۹۲	-۶,۳۳	-۲۳,۴۳
DH103× Beit Alpha	۳,۴۸	-۰,۰۹	-۰,۱۵	۴۰,۰۸	-۱,۴۸	۹,۲۵	-۱,۳۳	۲۳,۲۴
DH5× Beit Alpha	-۰,۴۰	۰,۰۷	۰,۱۶	-۱,۷۷	۰,۱۹	۴۴,۵۸	-۸,۳۳	۸,۵۷
DH7× Beit Alpha	-۰,۷۲	۰,۱۱	۰,۰۳	-۲۰,۵۴	-۲,۱۴	-۲۲۸,۰۸	-۳,۶۶	۴,۴۰
DH29× Beit Alpha	-۱,۰۴	-۰,۰۲	۰,۰۹	-۱۹,۶۷	-۱,۴۸	-۱۸۲,۷۵	۰,۳۴	-۲,۶۰
DH26× Beit Alpha	-۳,۱۰	-۰,۰۷	۰,۱۰	-۴۰,۳۵	۲,۱۹	-۵,۴۲	-۲,۳۳	-۱۲,۱۰
DH33× Beit Alpha	-۱,۵۹	۰,۲۰	۰,۳۱	-۳۴,۶۷	-۰,۱۴	-۹۷,۷۵	-۲,۳۳	-۰,۶۰
DH36× Beit Alpha	-۰,۶۹	-۰,۱۸	-۰,۰۵	-۱۰,۸۹	۰,۸۶	۷۰,۹۲	۱۶,۰۰	-۱۱,۶۰
DH25× Beit Alpha	-۲,۳۶	۰,۰۹	-۰,۰۵	-۳۲,۵۳	-۱,۴۸	-۲۳۳,۰۸	۳,۲۴	-۲,۹۳

جدول ۶: مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در هیبریدهای حاصل از تلاقی لاین های منتخب خیار

ژنوتیپ	طول میوه (سانتی متر)	قطر میوه (سانتی متر)	قطر مغز میوه (سانتی متر)	تعداد میوه	عملکرد بوته (گرم)	روز تا گل دهی	طول بیست گره ساقه اصلی (سانتی متر)
DH5 × DH34	۱۵/۵ ^{hijkl}	۲/۶ ^{abcdefg}	۱/۵۵ ^{abcdefghi}	۵/۳ ^{ijkl}	۳۳۸/۷۴ ^{klmno}	۵۳ ^{bcdefgh}	۲۲۴/۳۳ ^{abcd}
DH34 × DH5	۱۵/۵ ^{ijkl}	۲/۶۰ ^{abcdefgh}	۱/۴۴ ^{cdefghijkl}	۶/۶ ^{ghijkl}	۴۴۸/۰۷ ^{ghijklmn}	۴۶/۳۳ ^{hijkl}	۱۹۴/۳۳ ^{abcdefg}
DH1 × DH5	۱۱/۰۴ ^{mn}	۲/۴۷ ^{cdefghi}	۱/۶ ^{abc}	۴ ^{kml}	۱۹۹/۶۹ ^{no}	۵۰/۶۶ ^{efghijk}	۱۳۸/۳۳ ^h
DH5 × DH1	۱۱/۴۹ ^{mn}	۲/۶۵ ^{abcdefg}	۱/۶۵ ^{abcd}	۱۲/۶ ^{bc}	۸۰۹/۵۹ ^{abcd}	۴۳ ^{ijkl}	۱۴۵ ^{gh}
DH34 × DH33	۱۶/۱۶ ^{Fghij}	۲/۷ ^{abc}	۱/۵۳ ^{abcdefghij}	۹/۳ ^{defgh}	۷۷۲/۲۴ ^{bcde}	۵۲/۶۶ ^{cdefghi}	۲۲۰/۶۷ ^{abcd}
DH33 × DH34	۱۷/۸۰ ^{abcde}	۲/۵۵ ^{bcdefghi}	۱/۳۶ ^{ghijklm}	۱۵ ^b	۱۰۸۰/۵۳ ^a	۴۰/۶۶ ^l	۲۰۰ ^{abcdef}
DH1 × DH33	۱۱/۵۱ ^{mn}	۲/۶۱ ^{abcdefgh}	۱/۵۷ ^{abcdefgh}	۱۵/۳ ^{ab}	۸۵۵/۶۳ ^{abc}	۴۶/۳۳ ^{hijkl}	۱۶۶ ^{efgh}
DH33 × DH1	۹/۹۲ ⁿ	۲/۴۵ ^{cdefghi}	۱/۵۰ ^{abcdefghij}	۲۰/۳ ^a	۸۸۸/۸۱ ^{ab}	۴۲/۶۶ ^{kl}	۱۹۸/۶۷ ^{abcdef}
DH103 × DH1	۱۴/۵۱ ^{kl}	۲/۶۱ ^{abcdefgh}	۱/۴۶ ^{cdefghijkl}	۱۱/۶ ^{cd}	۸۴۳/۹۳ ^{abc}	۴۸ ^{ghijkl}	۲۰۱/۶۷ ^{abcdef}
DH1 × DH103	۱۶/۰۳ ^{ghijk}	۲/۷۳ ^{abcde}	۱/۵۰ ^{abcdefghijk}	۱۱/۶ ^{cd}	۸۶۶/۴۵ ^{abc}	۴۴/۶۶ ^{ijkl}	۲۰۱/۳۳ ^{abcdef}
DH5 × DH103	۱۷/۰۵ ^{cdefgh}	۲/۴۷ ^{cdefghi}	۱/۴۲ ^{defghijklm}	۸/۳ ^{efghij}	۵۴۴/۱۸ ^{defghijkl}	۴۹ ^{efghijkl}	۲۰۷/۶۷ ^{abcdef}
DH103 × DH5	۱۶/۴۸ ^{defghi}	۲/۷۰ ^{abcdef}	۱/۶۴ ^{abcde}	۷/۶ ^{efghij}	۶۱۰/۶۱ ^{cdefghijk}	۴۳ ^l	۱۹۲/۳۳ ^{abcdefg}
DH5 × DH102	۱۴/۲۰ ^l	۲/۶۵ ^{abcdefg}	۱/۵۹ ^{abcdefg}	۹ ^{defghi}	۶۵۲/۴۰ ^{bcdefgh}	۵۱/۳۳ ^{defghij}	۲۱۲ ^{abcdef}
DH102 × DH5	۱۵/۳۳ ^{ijkl}	۲/۴۲ ^{defghi}	۱/۴۳ ^{cdefghijklm}	۹/۶ ^{cdefg}	۴۹۵/۴۹ ^{fghijklm}	۴۶/۳۳ ^{hijkl}	۱۷۵/۶۷ ^{drfgh}
DH33 × DH102	۱۷/۴۷ ^{bcdefg}	۲/۶۲ ^{bcdefgh}	۱/۵۶ ^a ^{bcdefgh}	۷/۳ ^{efghij}	۵۴۴/۱۹ ^{defghijkl}	۴۵/۳۳ ^{ijkl}	۲۱۵/۳۳ ^{abcde}
DH102 × DH33	۱۵/۳۰ ^{ijkl}	۲/۲۸ ^{hi}	۱/۲۳ ^{klmn}	۵/۳ ^{ijkl}	۲۹۵/۷۰ ^{lmno}	۴۷ ^{hijkl}	۲۲۸/۶۷ ^{ab}
DH33 × DH103	۱۷/۱۲ ^{cdefgh}	۲/۶۴ ^{abcdefg}	۱/۴۷ ^{bcdefghijkl}	۹ ^{defghi}	۶۵۷/۰۸ ^{bcdefgh}	۴۷ ^{hijkl}	۲۱۱/۶۷ ^{abcdef}
DH103 × DH33	۱۷/۶۸ ^{bcdef}	۲/۹۰ ^a	۱/۷۰ ^{ab}	۸/۶ ^{cdefghi}	۶۸۱/۶۶ ^{bcdefg}	۵۱ ^{defghijk}	۲۱۵ ^{abcde}
DH102 × DH103	۱۹/۳۵ ^a	۲/۴۸ ^{cdefghi}	۱/۳۵ ^{hijklm}	۷/۶ ^{efghij}	۶۳۱/۲۹ ^{bcdefghi}	۵۶/۳۳ ^{abcdef}	۲۱۴/۶۷ ^{abcde}
DH103 × DH102	۱۸/۴۷ ^{abcd}	۲/۶۱ ^{abcdefgh}	۱/۴۱ ^{efghijklm}	۸/۳ ^{efghij}	۶۲۱/۹۶ ^{bcdefghij}	۵۲ ^{abcdefg}	۲۲۲/۳۳ ^{abcd}
DH102 × DH34	۱۸/۶۳ ^{abc}	۲/۶۶ ^{abcdefg}	۱/۵۳ ^{abcdefghij}	۴ ^{klm}	۲۶۶/۲۳ ^{mno}	۵۶ ^{abcdefg}	۲۰۸ ^{abcdef}
DH34 × DH102	۱۸/۰۳ ^{abcd}	۲/۵۵ ^{bcdefghi}	۱/۳۸ ^{ghijklm}	۱۰ ^{cdef}	۶۳۰/۳۵ ^{bcdefghi}	۶۱ ^{abc}	۲۳۰ ^{ab}
DH34 × DH103	۱۸/۹۱ ^{ab}	۲/۶۸ ^{abcdef}	۱/۵۳ ^{abcdefghij}	۶/۶ ^{ghijk}	۴۹۷/۲۳ ^{efghijklm}	۵۶/۳۳ ^{abcdef}	۲۳۴ ^a
DH103 × DH34	۱۸/۱۹ ^{abcd}	۲/۳۴ ^{ghi}	۱/۳۱ ^{ijklmn}	۶/۶ ^{ghijk}	۳۳۹/۱۹ ^{klmno}	۶۴ ^a	۲۲۷/۳۳ ^{abc}
DH5 × DH33	۱۲/۱۷ ^m	۲/۷۰ ^{abcdef}	۱/۶۱ ^{abcdef}	۶ ^{ijk}	۳۷۲/۳۳ ^{ijklmno}	۴۵/۳۳ ^{ijkl}	۱۹۸ ^{abcdef}
DH33 × DH5	۱۷/۶۱ ^{bcdefg}	۲/۸۴ ^{ab}	۰/۵۵ ^o	۲ ^m	۱۳۵/۴۵ ^o	۴۷/۶۶ ^{ghijkl}	۱۹۰/۳۳ ^{abcdefg}
DH1 × DH34	۱۴/۰۵ ^l	۲/۵۱ ^{bcdefghi}	۱/۲۴ ^{lmn}	۷/۳ ^{efghij}	۴۴۵/۲۷ ^{ghijklmn}	۵۳ ^{bcdefgh}	۱۸۱/۶۷ ^{bcdefgh}
DH34 × DH1	۱۴/۰۹ ^l	۲/۵۴ ^{bcdefghi}	۱/۲۵ ^{lmn}	۷ ^{fghijk}	۴۳۹/۴۹ ^{ghijklmn}	۶۰/۶۶ ^{abc}	۲۱۸ ^{abcd}
DH102 × DH1	۱۵/۲۵ ^{ijkl}	۲/۵۷ ^{abcdefgh}	۱/۴۰ ^{fghijklm}	۶/۶ ^{ghijk}	۳۵۱/۹۳ ^{ijklmno}	۶۲/۳۳ ^{ab}	۲۱۸ ^{abcd}
DH1 × DH102	۱۱۴/۷۳ ^{ijkl}	۲/۴۰ ^{efghi}	۱/۱۲ ⁿ	۶ ^{ijk}	۲۵۹/۵۱ ^{mno}	۶۳/۶۶ ^a	۱۷۶/۶۶ ^{cdefgh}
DH102 × DH25	۱۳/۹۵ ^l	۲/۲۸ ^{hi}	۱/۲۱ ^{mn}	۹/۳ ^{defgh}	۳۹۵/۲۰ ^{hijklmno}	۵۹/۳۳ ^{abcd}	۲۰۸/۶۷ ^{abcdef}
DH1 × DH25	۱۴/۲۵ ^l	۲/۶۰ ^{abcdefgh}	۱/۴۷ ^{bcdefghijkl}	۲/۳ ^{lm}	۱۴۰/۳۸ ^o	۵۵/۶۶ ^{abcdefg}	۱۸۸ ^{abcdefgh}
DH103 × DH25	۱۵/۰۵ ^{kl}	۲/۷۴ ^{abcd}	۱/۴۷ ^{bcdefghijkl}	۸/۶ ^{cdefghi}	۴۲۸/۳۱ ^{ghijklmn}	۵۲ ^{defghi}	۱۹۴/۳۳ ^{abcdefg}
DH1 × DH36	۱۱/۲۲ ^{mn}	۲/۶۱ ^{abcdefgh}	۱/۷۳ ^a	۱۵/۶ ^b	۸۵۷/۲۱ ^{abc}	۴۶/۶۶ ^{hijkl}	۱۶۲/۳۳ ^{fgh}
DH34 × DH25	۱۶/۱۳ ^{fghijk}	۲/۷۴ ^{abcd}	۱/۵۶ ^{abcdefgh}	۶/۳ ^{hijk}	۴۵۱/۲۱ ^{ghijklmn}	۵۷ ^{abcde}	۲۰۲/۶۷ ^{abcdef}
DH34 × DH36	۱۸/۱۶ ^{abcd}	۲/۴۳ ^{cdefghi}	۱/۴۱ ^{efghijklm}	۱۰/۳ ^{cde}	۷۳۵/۲۸ ^{bcdef}	۶۲/۶۶ ^a	۱۹۴/۶۷ ^{abcdefg}
DH103 × DH36	۱۷/۸۰ ^{abcde}	۲/۳۷ ^{fghi}	۱/۴۶ ^{cdefghijkl}	۶/۳ ^{hijk}	۴۳۸/۶۲ ^{ghijklmn}	۵۶/۳۳ ^{abcdef}	۲۰۳ ^{abcdef}
DH102 × DH36	۱۶/۱۷ ^{efghij}	۲/۲۴ ⁱ	۱/۳۱ ^{ijklmn}	۵/۳ ^{ijkl}	۲۸۰/۳۳ ^{lmno}	۶۰/۶۶ ^{abc}	۲۲۱ ^{abcd}
DH33 × DH36	۱۴/۶۸ ^{ijkl}	۲/۶۵ ^{abcdefg}	۱/۴۵ ^{cdefghijkl}	۷ ^{fghijk}	۴۲۲/۲۳ ^{ghijklmn}	۵۶/۶۶ ^{abcde}	۱۸۱ ^{bcdefgh}

میانگین های دارای حرف مشترک در هر ستون، براساس آزمون توکی فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد می باشند

بحث

وراثت‌پذیری صفت تعداد میوه در بوته خیار ۵۳ درصد بود. این نتایج صفت تعداد میوه در بوته خیار با نتایج برخی محققین که میزان وراثت‌پذیری تعداد میوه در خیار را ۴۳/۹۱ درصد و در رده متوسط گزارش نموده‌اند، مطابقت داشت (Setyaningastuti *et al.*, 2019). ارزش تخمینی پایین وراثت‌پذیری نشان‌دهنده سهم اثر محیطی قابل‌توجه است. تعداد میوه را می‌توان به تعداد گل ماده مرتبط کرد. برخی تحقیقات قدیمی‌تر میزان وراثت‌پذیری تعداد میوه در بوته خیار را ۸۲ درصد گزارش کرده‌اند (Kalvandi *et al.*, 2016). نتایج این تحقیق با یافته‌های سایر محققین مبنی بر بالا بودن وراثت‌پذیری این صفت مطابقت نداشت و به نظر می‌رسد که این صفت نیز با بهینه‌شدن نحوه اندازه‌گیری و ثبت آن یک صفت کمی باشد (Kumar *et al.*, 2013; Shukla *et al.*, 2010; Gaiwak *et al.*, 2011; Venna *et al.*, 2012; Yadav *et al.*, 2012). محققین دریافته‌اند که برای صفت تعداد میوه در بوته، میزان وراثت‌پذیری عمومی در جمعیت حاصل از تلاقی دای‌آل به‌طور کامل معنی‌دار شد و به اهمیت عمل افزایشی ژن‌ها در کنترل این صفت اشاره نمودند و انتخاب دوره‌ای را برای اصلاح صفت تعداد میوه در بوته خیار کارآمد گزارش کردند (Golabadi *et al.*, 2015). در پژوهشی دیگر، بیان شد که میزان وراثت‌پذیری عمومی به رقم و نیز به مرحله برداشت بستگی دارد؛ به‌طوری‌که وراثت‌پذیری عمومی در برداشت‌های دوم و سوم نسبت به برداشت اول دارای ثبات بیشتری است (Lopez-Sese & Staub, 2002).

در این تحقیق، میزان وراثت‌پذیری طول میوه ۹۲ درصد و بالا بود که با نتایج پژوهش دیگری که میزان وراثت‌پذیری طول میوه را به‌عنوان وراثت‌پذیری بالا و به‌میزان ۷۶ درصد گزارش کرده بود مطابقت داشت (Setyaningastuti *et al.*, 2019). هم‌چنین میزان وراثت‌پذیری وزن میوه ۹۲ درصد بود، که با نتایج محققین دیگر که میزان وراثت‌پذیری وزن میوه را به‌عنوان وراثت‌پذیری بالا و به‌میزان ۷۸ درصد به‌دست آورده بودند هم‌راستا بود (Setyaningastuti *et al.*, 2019). این نتایج وراثت‌پذیری وزن میوه هم‌چنین با یافته‌های محققین دیگر که وراثت‌پذیری وزن میوه را بالا و معادل ۸۵/۹۰ درصد گزارش نموده‌اند، مطابقت داشت (Kumar *et al.*, 2013). میزان وراثت‌پذیری عملکرد تک‌بوته خیار ۵۷ درصد بود. در پژوهش دیگری ارزش تخمینی وراثت‌پذیری عملکرد در هکتار به‌عنوان وراثت‌پذیری متوسط و به‌میزان ۴۹ درصد برآورد شده است (Setyaningastuti *et al.*, 2019).

درمورد صفاتی که تحت تأثیر محیط قرار نمی‌گیرند به‌خصوص در ارزیابی‌های گل‌خانه‌ای، میزان واریانس محیطی کم و نهایتاً میزان وراثت‌پذیری عمومی به‌دلیل کوچک‌شدن مخرج کسر بزرگ می‌گردد. میزان ترکیب‌پذیری عمومی در چنین مواردی بالاست که در تحقیق حاضر هم بیشترین مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی برای لاین‌های DH34 و DH102 به‌دست آمد. اما از آنجاکه واریانس ژنتیکی دارای جزء متغیر واریانس غالبیت است، الزاماً دارا بودن مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی بالا به‌معنی سهولت دستیابی به ترکیبات برتر با انتخاب بین نتاج نیست. از سوی دیگر، کیفیت نتاج حاصل از هیبریداسیون بین چنین لاین‌هایی نیز قابل‌پیش‌بینی نیست. یکی از مهم‌ترین صفات مربوط به خیار، صفت عملکرد میوه و صفات مرتبط به بازارپسندی، شکل، عطر و طعم آن است که باید در انتخاب لاین‌های دابل‌هاپلوئید موردتوجه قرار گیرد و در این پژوهش اختلاف معنی‌داری بین نتایج تلاقی‌های لاین × تستر برای این صفات مشاهده شد. ترکیب‌پذیری لاین‌های مختلف خیار در تحقیقات متعددی موردبررسی قرار گرفته و لاین‌های برتر هر گروه موردشناسایی قرار گرفته‌اند (Mule *et al.*, 2012; Shen *et al.*, 2015; Airina *et al.*, 2017; Kumar *et al.*, 2017; Ene *et al.*, 2019).

با بررسی ترکیب‌پذیری عمومی مطلوب بر روی لاین‌های خیار و تلاقی آن‌ها با هیبرید تجاری رقم نگین به‌منظور بهبود صفات پارتنوکارپی و ماده‌گلی، مشخص شد که نتاج حاصل از تلاقی لاین B12 و هیبرید تجاری رقم نگین، بیشترین تعداد میوه‌های پارتنوکارپ را دارا بودند (Setamdideh Moslemi *et al.*, 2019). در این تحقیق، نتاج حاصل از تلاقی لاین‌های DH102، DH34، DH1 و DH36 با رقم بیت‌آلفا، بیشترین تعداد میوه‌های پارتنوکارپ را داشتند. هم‌چنین نتاج حاصل از تلاقی

لاین‌های DH4 و DH26 با رقم بیت‌آلفا دارای گل‌های دوجنسه و تعداد میوه بیشتری نسبت به تلاقی سایر لاین‌ها با رقم بیت‌آلفا بودند.

ارزیابی ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی، هتروزیس و نحوه عمل ژن‌ها برای صفات زمان تا ظهور اولین گل ماده، زمان تا اولین برداشت، تعداد میوه در شاخه اصلی و طول بوته تا اولین میوه در قالب آزمایش دای‌آلل ناقص 7×7 با استفاده از روش دوم و چهارم در مدل ثابت گریفینگ برای تعدادی از لاین‌های خیار صورت گرفت. میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای تمامی صفات معنی‌دار بود که بیانگر اهمیت هر دو اثرات افزایشی و غالبیت ژن‌ها در توارث این صفات می‌باشد. لاین‌های B10 و B12 با توجه به ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی بالا برای تولید بذر هیبرید خیار مطلوب بوده و توصیه می‌گردند (Moradipour et al., 2017). در نتایج این تحقیق لاین‌های با ترکیب‌پذیری عمومی بالا در برخی صفات لزوماً صفات برتر خود را به هیبریدها منتقل نکردند؛ احتمالاً انتخاب لاین‌ها با ارزیابی ترکیب‌پذیری خصوصی که در تحقیق قبل به آن اشاره شد، روش مفیدتری باشد. موفقیت هر برنامه اصلاحی مستقیماً به انتخاب والدین درست و مناسب بستگی دارد. ظرفیت رقم با مقایسه میانگین عملکرد و توانایی ترکیب‌پذیری والدین ارزیابی می‌شود؛ هم‌چنین محققین اظهار داشته‌اند که والدین با عملکرد بالا ممکن است همیشه نتوانند صفات برتر خود را به هیبرید منتقل کنند، بنابراین ارزیابی توانایی ترکیب‌پذیری مورد نیاز است (Devi et al., 2018). توانایی ترکیب‌پذیری عمومی یک والد، عاملی است که باعث می‌شود عملکرد یک والد طی مجموعه‌ای از ترکیبات مورد تلاقی پیش‌بینی شود (Rohini et al., 2017).

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، اختلاف زیادی میان لاین‌های منتخب در صفات مورد بررسی نشان داده شد؛ نتایج حاصل از تلاقی لاین‌های با ترکیب‌پذیری عمومی بالا و لاین‌هایی با ترکیب‌پذیری پایین یا منفی برای برخی صفات مورد بررسی حکایت از آن داشت که انتخاب براساس ترکیب‌پذیری عمومی برای تولید هیبرید در خیار راهکاری قابل اطمینان نمی‌باشد. از آن‌جاکه واریانس ژنتیکی دارای جزء متغیر واریانس غالبیت است، مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی بالا لزوماً به معنای سهولت دستیابی به هیبریدهای برتر با انتخاب بین نتاج نیست؛ در نتیجه، کیفیت نتاج حاصل از هیبریداسیون بین این لاین‌ها قابل پیش‌بینی نمی‌باشد.

سپاسگزاری

این تحقیق بخشی از پایان‌نامه دوره دکتری گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشگاه گیلان است که با حمایت پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی در پروژه شماره ۰۰۳-۰۰۵-۰۵-۲ انجام گرفت. بدین ترتیب، از پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی که نگارندگان را در انجام پژوهش یاری نمودند کمال تشکر و قدردانی را داریم. هم‌چنین از همکاری خانم مهندس مریم توکلی تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

- الفتی چیرانی، جمالعلی؛ پیوست، غلامعلی؛ سمیع زاده لاهیجی، حبیب الله؛ ربیعی، بابک؛ خداپرست، سید اکبر. (۱۳۹۰). برآورد ترکیب پذیری عمومی، خصوصی و هتروزیس تعدادی از لاین‌های خیار برای عملکرد از طریق تلاقی دای آل ناقص. *مجله علوم باغبانی ایران*، ۴۲(۱): ۵۳-۶۴.
- زارع بیاتی، اعظم؛ مصطفوی، خداداد؛ عنایتی شریعت پناهی، مهران؛ میری، سید مهدی. (۱۴۰۰). تولید و ارزیابی قدرت ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های دابل‌هاپلوئید فلفل‌دلمه‌ای (*Capsicum annum* L.). *مجله علوم باغبانی ایران*، ۵۲(۴): ۹۶۵-۹۷۶. <https://10.22059/ijhs.2021.320691.1908>
- ستمیدیه مسلمی، فاطمه؛ الفتی، جمالعلی؛ حمیداوغلی، یوسف. (۱۳۹۸). ارزیابی نتایج حاصل از تلاقی لاین‌های منتخب خیار با هیبرید تجاری نگین. *مجله علوم باغبانی ایران*، ۵۰(۳): ۵۳۹-۵۴۸. <https://doi.org/10.22059/ijhs.2018.231888.1236>
- عنایتی شریعت‌پناهی، مهران؛ شکیب، علی محمد؛ امامی میبدی، داوود. (۱۳۹۰). هاپلوئیدی و کاربردهای آن در ژنتیک و اصلاح نباتات. *کرج: انتشارات پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران*. ۲۷۶.
- کلوندی، حمید؛ الفتی، جمالعلی؛ سمیع زاده لاهیجی، حبیب الله؛ وفایی، یاور. (۱۳۹۵). برآورد وراثت‌پذیری و پاسخ به انتخاب برای صفات تعداد میوه در جمعیت اصلاحی خیار. *دوفصلنامه علوم سبزی‌ها*، ۲(۴): ۱۳-۲۰. <https://doi.org/10.22034/ijuvs.2016.32794>
- مرادی‌پور، فاطمه؛ الفتی، جمالعلی؛ حمیداوغلی، یوسف؛ صبوری، عاطفه. (۱۳۹۶). بررسی ترکیب‌پذیری عمومی، خصوصی و هتروزیس صفات رویشی تعدادی از لاین‌های خیار. *نشریه علوم باغبانی*، ۳۱(۱): ۱۳۱-۱۳۹. <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.47343>

REFERENCES

- Adday, H. A. (2017). Estimation of heterosis, combining ability and some genetic parameters in sweet pepper. *Journal of Plant Production*, 8(5): 629-633.
- Airina, C. K.; Pradeepkumar, T. & Krishnan, S. (2017). Combining ability studies exploiting gynoecey in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*, 8(2): 724-731. <https://doi.org/10.1177/1535370220953065>
- Al-Araby, A.A.; Ahmed, M.E.; Omran, S.A. & Aboshanady, A.M. (2019). Heterosis and combining ability in cucumber (*Cucumis sativus* L.) using line $\times$ tester analysis. *Egyptian Journal of plant breeding*, 23(6):1169– 1194. <https://doi.org/10.1080/16857195.2019.1647089>
- Ana, I.; Lopez-Sese, S.; Jack, S. & Staub, J. (2002). Combining ability analysis of yield components in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Journal of American Society for Horticultural Sciences*, 127(6): 931-937.
- Ashraf, M., & Ahmad, S. (2000). Genetic effects for yield components and fiber characteristics in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivated under salinized (NaCl) conditions. *Agronomie*. 20(8): 917- 926.
- Devi, M. B.; Pathania, N. & Thakur, N. (2018). Estimation of genetic variability, GCA and SCA effects for development of early and high yielding bell pepper hybrids suitable for protected cultivation. *Journal of Applied and Natural Science*, 10(1): 410-416.
- Dey, S. S.; Sagar, V.; Kujur, S. N.; Pradeep, K. N.; Munshi, A. D.; Pandey, S. & Behera, T. K. (2023). Cucumber: Breeding and Genomics. *Vegetable Science*, 50: 208-220.
- Dong, Y. Q.; Zhao, W. X.; Li, X. H.; Liu, Xi. C.; Gao, N. N.; Huang, J. H.; Wang, W. Y.; Xu, X. L. & Tang, Z. H. (2016). Androgenesis, gynogenesis and parthenogenesis haploids in cucurbit species. *Plant Cell Reports*, 35(10): 1991-2019.
- Enayati Shariatpanahi, M.; Shakib, A. M. & Emami Meibodi, D. (2012). *Haploidy and its applications in Genetics and Plant breeding*. Agriculture Biotechnology Research Institute of Iran Publications. Karaj. 276. [In Persian]
- Ene, C. O.; Ogbonna, P. E.; Agbo, C. U. & Chukwudi, U. P. (2019). Heterosis and combining ability in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Information processing in agriculture*, 6(1): 150-157.
- Falconer, D. S. & Mackay, T. F. C. (1996). *Introduction to quantitative genetics*. Longman Scientific & Technical, London.
- FAO(2022). *FAOSTAT agricultural database*. Available at: <http://apps.fao.org>
- Faris, N. M. & Niemirowicz-Szczytt, K. (1999). Cucumber (*Cucumis sativus* L.) embryo development in situ after pollination with irradiated pollen. *Acta Biologica Cracoviensia, Series Botanica*, 41(1): 111–118.
- Hanchnamani, C. N. & Pati, M. G. (2009). Heterosis in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Asian Journal of Horticulture*, 4(1): 21-24.
- Gaikwad, A. G.; Musmade, A. M.; Dhumal, S. S. & Sonawane, H. G. (2011). Variability studies in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Ecology Environment and Conservation*, 17(4): 799-802.
- Gahal, G. S. & Gosal, S. S. (2002). *Principles and procedures of plant breeding*. Alpha Science International. Oxford, 604.
- Golabadi, M.; Golkar, P. & Eghtedary, A. (2015). Combining ability analysis of fruit yield and morphological traits in greenhouse cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Canadian Journal of Plant Science*, 95(2): 377-385.
- Gozen, V.; Kestin, L. & Eren, A. (2020). Study on Combining ability and heterotic pattern in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Acta Horticulturae*, 1282: 213-220. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1282.33>
- Kalvandi, H.; Olfati, J.A.; Samizadeh Lahiji, H. & Vafaei, Y. (2016). Number of fruit heritability and response to selection in breeding population of cucumber. *Journal of Vegetables Sciences*, 2(4): 20-13. [In Persian]
- Knopf, R. R. & Trebitsh, T. (2006). The Female-Specific Cs-ACS1G gene of cucumber. A case of gene duplication and recombination between the non-sex-specific 1-ami-nocyclopropane-1-carboxylate synthase gene and a branched-chain amino acid transaminase gene. *Plant Cell Physiology*, 47(9): 1217–1228.
- Kumar, S.; Kumar, D.; Kumar, R.; Thakur, K. S. & Singh Dogra, B. (2013). Estimation of Genetic

- Variability and Divergence for Fruit Yield and Quality Traits in Cucumber (*Cucumis Sativus* L.) in North-Western Himalays. *Universal Journal of Plant Science*, 1(2): 27-36.
- Kumar, S.; Kumar, R.; Kumar, D.; Gautam, N.; Singh, N.; Parkash, C. & Shukla, Y. R. (2017). Heterotic potential, potence ratio, combining ability and genetic control of yield and its contributing traits in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 45(3): 175–190. <https://doi.org/10.1080/01140671.2016.1270336>
- Lopez-Sese, A. I. & Staub, J. (2002). Combining Ability Analysis of Yield Components in Cucumber. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127(6): 931-937. <https://doi.org/10.21273/JASHS.127.6.931>
- Moradipour, F.; Olfati, J. A.; Hamidoghli, Y.; Saburi, A. & Zahedi, B. (2017). Assessment of General and Specific Combining Ability and Heterosis of some Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Fresh Type Lines through Half Diallel Analyses. *Plant Production Technology*, 31(1): 131-139. <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.47343> [In Persian]
- Mule, P. N.; Khandelwal, V.; Lodam, V. A.; Shinde, D. A.; Patil, P. P. & Patil, A. B. (2012). Heterosis and combining ability in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Madras Agricultural Journal*, 99(7-9): 420-423.
- Nduwumuremyi, A.; Tongoona, P. & Habimana, S. (2013). Mating designs: helpful tool for quantitative plant breeding analysis. *Journal of Plant Breeding and Genetics*, 1(3): 117-129.
- Olfati Chirani, J. A.; Peyvast, GH.; Samizadeh Lahiji, H.; Rabie, B. & Khodaparast, S. A. (2011). General and specific combining ability and heterosis estimation of some cucumber lines for qualitative traits in partial diallel design. *Journal of Horticultural Science*, 42 (1), 53-64. [In Persian]
- Pierce, L. K. & Wehner, T. C. (1990). Review of Genes and Linkage Groups in Cucumber. *HortScience*, 25(6): 605-606.
- Rohini, N.; Lakshmanan, V.; Saraladevi, D.; Amalraj, J. J. & Govindaraju, P. (2017). Assessment of combining ability for yield and quality components in hot pepper (*Capsicum annum* L.). *Spanish Journal of Agriculture Research*, 15(2): 1-12.
- Setamdideh Moslemi, F.; Olfati, J. A. & Hamidoghli, Y. (2019). The evaluation of cross progeny between Elite lines and commercial hybrid 'Negeen. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 50(3): 539-548. <https://doi.org/10.22059/ijhs.2018.231888.1236> [In Persian]
- Setyaningastuti, H. F.; Taryono, T. & Sayekti, R. S. (2019). The Estimation of Genetic Parameters of Cucumber Fruit Yield components (*Cucumis sativus* L.). *Journal of Agriculture Innovation*, 2(1): 001-006.
- Shen, J.; Dirks, R. & Havey, M. J. (2015). Diallel Crossing Among Doubled Haploids of Cucumber Reveals Significant Reciprocal-cross Differences. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 140(2):178–182. <https://doi.org/10.1002/jash.1237>
- Shukla, I. N.; Shunder, S.; Singh, D. K.; Singh, N.; Pandey, R. & Awasti, P. N. (2010). Genetic variability and selection parameters for fruit yield in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Current Advances in Agricultural Sciences*, 2(2): 107-108.
- Tatlioglu, T. (1993). Cucumber (*Cucumis sativus* L.). In *Genetic Improvement of Vegetable Crops*. edited by Kalloo, G., & Bergh, B. O. Oxford: Pergamon Press: 197-227.
- Veena, R.; Sidhu, A. S.; Pitchaimuthu, M. & Souravi, K. (2012). Genetic evaluation of some cucumber (*Cucumis sativus* L.) genotypes for some yield and related traits. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 3(3): 945-948.
- Wehner, T.C. (1989). Breeding for improved yield in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Plant Breeding Reviews*, 6: 323-359.
- Yadav, Y. C.; Kumar, S. & Singh, R. (2012). Studies on genetic variability, heritability and genetic advance in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *HortFlora Research Spectrum*, 1(1): 34-37.
- Zarebayati, A.; Mostafavi, KH.; Enayati Shariatpanahi, M. & Miri, S. M. (2022). Production and evaluation of general combining ability of doubled haploid lines in sweet pepper (*Capsicum annum* L.). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 52(4),: 965-976. <https://10.22059/ijhs.2021.320691.1908> [In Persian]