Evaluation of general combining ability of doubled haploid lines and their hybrids heterosis in Cucumber (*Cucumis sativus* L.)

ABSTRACT

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.

Keywords: *Tester, Yield, Heterosis, Genetic variance, Heritability.*

ارزیابی ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های دابل هاپلویید خیار و قدرت هیبریدهای حاصل از آن ها

چکیده

برای ایجاد لاین‌های خالص معمولاً از روش‌های پرهزینه و زمان بر نظیر خودگشنی استفاده می‌شود. ایجاد فن‌آوری‌های کارآمد جدید نظیر هاپلوییدهای مضاعف شده و اصلاح معکوس می‌تواند یک راه‌حل موثر و سریع برای تهیه لاین‌های خالص باشد. در این تحقیق از لاین‌های دابل هاپلوییدی استفاده گردید که با به کارگیری روش القای جنین‌های پارتنوژنز پس از گرده‌افشانی با گرده‌های پرتوتابی شده تولید شده بودند. آزمون تاپ‌کراس با استفاده از ۱۵ لاین دابل هاپلویید تولیدی و والد تاپ‌کراس بیت آلفا جهت بررسی ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها انجام شد. هیبریدهای حاصل از تلاقی لاین در تستر بیت آلفا در گلخانه کشت شدند. به منظور ارزیابی قدرت ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها صفات روز تا گلدهی، تعداد میوه، وزن میوه، میانگین عملکرد تک بوته، قطر مغز میوه، قطر میوه، طول میوه و طول ۲۰ گره ساقه اصلی اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل شدند. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون توکی نشان داد نتایج حاصل از تلاقی لاین‌های دابل هاپلویید DH34، DH102، DH4، DH36 و DH5 با والد مشترک بیت آلفا به ترتیب 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 DH102 × Beit Alpha با میانگین ۷۴۲/۷ گرم در بوته بود. وراثت‌پذیری برخی از صفات مورد ارزیابی بیش از ۸۰ درصد بود که در این میان صفات روز تا گلدهی، وزن میوه و طول میوه بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند.

کلید واژه ها: *تستر، عملکرد، هتروزیس، واریانس ژنتیکی، وراثت پذیری.*

مقدمه

خیار با نام علمی (*Cucumis sativus* L.) مهم‌ترین سبزی از خانواده کدوییان Cucurbitaceae است و در سراسر جهان کشت می‌شود و یکی از قدیمی‌ترین گیاهان کشت شده است. کشور ایران با سطح زیرکشت ۴۰۳۴۴ هکتار و تولید ۱۲۰۵۶۷۹ تن پس

از ترکیه، روسیه و چین چهارمین تولید کننده خیار در جهان است (FAO, 2022). در حال حاضر سالانه بیش از ۱۲۰ میلیون دلار بذر سبزی و صیفی وارد کشور می‌شود و این رقم فقط برای واردات قانونی بوده و واردات قاچاق را شامل نمی‌شود. همچنین ۹۸ درصد از بذور مصرفی سبزی و صیفی کشور وارداتی است. علاوه بر ارزبری، هیبریدهای خارجی غیر گلخانه‌ای برای شرایط آب و هوایی 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 موسسات تولید بذر می‌باشد (Dong *et al*., 2016). امروزه استفاده از روش تولید هاپلوییدهای مضاعف به عنوان یک روش توسعه یافته و سریع برای به دست آوردن لاین‌های خالص تلقی می‌شود (Enayati Shariatpanahi *et al*., 2012). پرتوتابی دانه گرده با استفاده از اشعه ماورای بنفش UV، اشعه گاما γ و اشعه ایکس X، گسترده‌ترین روش مورد استفاده برای القای بکرزایی در تولید گیاهان هاپلوییدمی‌باشد (Ghahal & Gosal., 2002).

امروزه یکی 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 موثر هستند بستگی دارد (Olfati *et al*., 2011). انواع مختلف جنسیت درخیار توسط سه ژن عمده M/m، F/f و A/aکنترل می‌شود. از برهم‌کنش این مکان‌های ژنی جنسیت گل‌های خیار تعیین می‌شود (Tatlioglu, 1993). هیبریدهای ماده‌گل خیار از مزیت عملکرد بالا برخوردار هستند. بنابراین، صفت ماده‌گل 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 تک پایه و گرده‌افشانی متقابل دارد، این امر امکان مهار قدرت هتروزیس را فراهم می‌کند. استفاده از لاین ماده‌گل برای تولید هیبرید در خیار متداول‌ترین روش است (Dey *et al*., 2023).

چالش‌های فزآینده و پیشرفت سریع در تکنیک‌های به‌نژادی به دستیابی به مقاومت در برابر تنش‌های زیستی و تحمل به تنش‌های غیرزیستی در خیار کمک کرده است (Dey *et al*., 2023). یک برنامه به‌نژادی فرصتی را برای تولید ارقام پرمحصول با کیفیت عالی فراهم می‌کند. 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 پایینی دارند (Falconer & Mackay, 1996). بنابراین، انتخاب برای عملکرد معمولاً نیاز به ارزیابی زیاد در سال‌ها، مکان‌ها 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 پژوهش

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 همین‌طور بررسی خصوصیات مطلوب آن‌ها است که هر دوی این موارد با استفاده از ژنتیک کمّی مانند طرح‌های کارولینای شمالی، تلاقی‌های دو والدی، پلی‌کراس، تاپ‌کراس، دای‌آلل و یا تلاقی تستر × لاین انجام می‌گیرد (Nduwumuremyi *et al*., 2013). در یک مطالعه نتایج حاصل از تلاقی لاین‌های منتخب خیار با هیبرید تجاری رقم نگین با هدف بهبود صفت پارتنوکارپی و ماده گلی مورد ارزیابی قرار گرفت. لاین‌های مورد استفاده در این تلاقی A10، B10 و B12 بودند. نتایج نشان داد که 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 گل‌های ماده در نتاج حاصل از تلاقی هیبرید رقم نگین با لاین B12 مشاهده شد (Setamdideh *et al*., 2019). به عنوان بخشی از یک تحقیق، آزمون تاپ‌کراس با استفاده از ۳۲ لاین دابل هاپلوییدفلفل دلمه‌ای و والد تاپ‌کراس California Wonder جهت بررسی ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) لاین‌ها صورت گرفت. به منظور 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 تک بوته، تعداد میوه در بوته و ارتفاع بوته اندازه‌گیری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج این تحقیق نشان داد 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 ۷۰ درصد بود که در این میان؛ صفات تعداد روز تا جوانه‌زنی و میانگین عملکرد میوه در بوته بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند (Zarebayati *et al.*, 2022).

در یک مطالعه تحقیقاتی بر روی ۴ لاین خیار با استفاده از طرح دای‌آلل 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 (SCA) 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 به عنوان والد ماده با سه تستر به‌عنوان والد نر در یک طرح لاین × تستر برای تولید ۱۲ هیبرید F1 تلاقی داده شدند. هفت والد و ۱۲ تلاقی آن‌ها همراه با Hesham F1 به عنوان یک هیبرید شاهد از نظر صفات زراعی در گلخانه در فصل زمستان ۲۰۱۶–۲۰۱۷ برای تخمین میزان هتروزیس و توانایی ترکیبی مورد ارزیابی 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 62، 62A و همچنین تستر 54A هیبریدهای خوبی برای اکثر صفات بودند. 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 ۲ تستر که دو گروه هتروزیس را به دست می‌آورند، توسط محققین ارزیابی شدند. ۸۲ هیبرید F1 در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار در گلخانه‌ای در موسسه 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، ۱۰ 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 ۱۰ لاین اینبرد متنوع (۷ لاین مادری و ۳ لاین پدری) را به عنوان لاین‌های بالقوه والدین به منظور توسعه ارقام هیبریدی جدید در خیار توصیه کردند (Gozen *et al.*, 2020).

تحقیق حاضر با هدف تعیین قدرت ترکیب‌پذیری عمومی و شناخت لاین‌های والدینی برجسته از نظر برخی صفات مورفولوژیکی 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 ۲۰ گره ساقه اصلی مورد ارزیابی قرار گرفتند تا به به‌نژادگران در انتخاب لاین‌ها، تلاقی‌ها و اصلاح هیبریدها کمک نماید.

روش‌شناسی پژوهش

لاین‌های هاپلویید خیار با به‌کارگیری روش القای جنین‌های پارتنوژنز پس از گرده‌افشانی با گرده‌های پرتوتابی شده توسط اشعه گاما از بذور هیبریدهای تجاری Negeen، Isfahan، Datis، Emparator، Beit Alpha و Hi Power در بخش کشت بافت و سلول پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران به‌دست آمدند. پایه‌های مادری Negeen و Hi Power ماده‌گل و ارقام Datis، Emparator،

Isfahan و Beit Alpha یک پایه بودند. گل‌های نر یک روز قبل از باز شدن جمع‌آوری شده و جهت پرتوتابی با پرتو گاما به پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای منتقل شدند. بساک‌ها پس از جدا کردن گلبرگ و کاسبرگ گل‌ها همراه با میله جدا شده و به طور مساوی برای هر دز در پتری دیش‌های شیشه‌ای (به قطر ۱۰ و ارتفاع ۲ سانتی متر) قرار گرفتند. نمونه‌ها با استفاده از دستگاه گاماسل با دزهای ۳۵۰ و ۶۰۰ گری پرتو گاما توسط منبع کبالت ۶۰ (Co^{60}) با قدرت اکتیویته ۱۸۰۰ کوری و نرخ دز ۰/۲ گری در ثانیه پرتوتابی شدند. گل‌های ماده با بساک‌های پرتوتابی شده گرده‌افشانی شدند و میوه های 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 باززایی قرار گرفتند. هم زمان فلوسایتومتری گیاهان خیار به منظور تعیین سطح پلوییدی و تکثیر آن‌ها صورت گرفت که گیاهان هاپلویید، دابل هاپلوییدهای خودبخودی و تتراپلویید مشخص گردیدند.

بذور لاین‌های دابل هاپلویید در گلدان‌هایی با قطر ۲۵ سانتی‌متر حاوی خاک مزرعه، پیت سیاه و پرلیت کشت شدند. هم‌زمان با کشت لاین‌های دابل هاپلویید حاصل از هیبریدهای مورد اشاره، تعدادی بذر آزاد گرده‌افشان Beit Alpha نیز کشت گردیدند. عملیات تغذیه، آبیاری و مراقبت بر اساس نیاز گیاهان صورت گرفت. پس از رسیدن گیاهان به مرحله گلدهی، لاین‌های دابل هاپلویید به عنوان پایه مادری با تستر مشترک Beit Alpha محصول شرکت روزن سیدز هلند (ROSSWN SEESD) به عنوان پایه پدری (دهنده دانه گرده) تلاقی داده شدند. برای انجام گرده‌افشانی، گل‌ها یک روز قبل از شکوفایی به منظور جلوگیری از گرده‌افشانی ناخواسته توسط پاکت پوشانده شدند. صبح روز بعد گرده‌افشانی به صورت دستی صورت گرفت و روی غنچه‌ها پاکت گذاری شد. تلاقی‌ها به دفعات زیاد انجام گرفت و پس از تشکیل کامل میوه حاصل از تلاقی، پاکت‌ها برداشته شده و میوه‌های حاصل برچسب‌گذاری شدند. ۱۵ لاین در تلاقی با رقم آزاد گرده‌افشان شرکت کردند که از میان آن‌ها فقط ۱۲ لاین دابل هاپلویید منجر به تولید موفق نتاج F1 حاصل از تلاقی لاین با تستر شدند. میوه‌های حاصل از تلاقی پس از برداشت، بذرگیری شده و بذور حاصل از تلاقی لاین‌های دابل هاپلویید و Beit Alpha 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 نشاءهای حاصل در مرحله چهار برگی براساس طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار به گلدان اصلی منتقل شده و بر اساس نیاز گیاه 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 تک بوته، تعداد میوه و سایر صفات مورمولوژیکی مانند طول میوه، قطر میوه و طول ۲۰ گره ساقه اصلی اندازه‌گیری شدند. ارزیابی عملکرد تک بوته و تعداد میوه در طول ۲۰ 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 ۵ درصد) و توسط نرم افزار SAS انجام شد. برای ارزیابی ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های دابل هاپلویید خیار از فرمول ترکیب‌پذیری عمومی در آزمون تاپ‌کراس استفاده شد:

$$GCA(pi) = \overline{X}_{PrOg} - \overline{X} \ldots$$ رابطه ۱)

که در این فرمول GCA نشان دهنده میزان ترکیب‌پذیری عمومی لاین دابل هاپلویید i ام، $\bar{X}$prog نشان دهنده ارزش متوسط نتاج 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:

رابطه ۲)

$$h^2_{bs} = \frac{\sigma^2_g}{\sigma^2_g - \sigma^2_e} \times 100$$

در فرمول فوق h^2_{bs} وراثت‌پذیری عمومی لاین‌ها، σg^2 واریانس ژنوتیپی و σe^2 واریانس خطا را نشان می‌دهد، که بر اساس 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. با هدف بررسی کارایی انتخاب لاین‌های والدینی براساس میزان ترکیب‌پذیری به دست آمده در تاپ کراس، در این تحقیق لاین‌هایی که برای صفات مورد نظر دارای ترکیب‌پذیری عمومی بالا، ترکیب‌پذیری عمومی پایین و ترکیب‌پذیری بین این دو حالت بودند، با یکدیگر تلاقی داده شدند تا نتایج حاصل از این تلاقی‌ها برای صفات مورد نظر بررسی شوند. پس از رسیدن گیاهان به مرحله گلدهی، لاین‌های دابل هاپلوییدی که به عنوان پایه مادری درنظر گرفته شده بودند با لاین‌هایی که به عنوان پایه پدری (دهنده دانه گرده) در نظر گرفته شده بودند تلاقی داده شدند. در این تلاقی‌های لاین‌های دابل هاپلویید با یکدیگر مثلا در تلاقی DH5 × DH34 به ترتیب لاین اول (DH5) به عنوان پایه مادری و لاین دوم (DH34) به عنوان پایه پدری (دهنده دانه گرده) در نظر گرفته شده‌اند. برای انجام گرده‌افشانی، گل‌ها یک روز قبل از شکوفایی به منظور جلوگیری از گرده‌افشانی ناخواسته توسط پاکت پوشانده شدند. صبح روز بعد گرده‌افشانی به صورت 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 ۵ درصد و توسط نرم افزار SAS صورت گرفت.

یافته‌های پژوهش

از ۱۵ لاین منتخب پژوهشگاه بیوتکنوژی کشاورزی ایران هیبریدهای حاصل از تلاقی ۱۲ لاین با تستر بیت آلفا قابلیت تولید گل و میوه داشتند. بنابراین، نتایج بر پایه آن‌ها ارائه شد. نتایج تجزیه واریانس صفات مطالعه شده حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار میان نتاج حاصل از تلاقی لاین‌های منتخب با تستر بیت آلفا 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 DH3 و DH5 در بیت آلفا به ترتیب 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 بیت آلفا در گروه ارقام زودگل و هیبریدهای حاصل از تلاقی لاین‌های DH36 و DH102 در بیت آلفا در گروه ارقام دیرگل قرار گرفتند (جدول۳). مقایسه میانگین نشان داد که از نظر صفت طول ۲۰ گره ساقه اصلی هیبرید حاصل از تلاقی لاین‌های DH102 و DH1 در بیت آلفا به ترتیب بیشترین و کمترین ارزش ثبت شده (۱۹۴/۸۳ و ۱۱۲ سانتی متر) را به خود اختصاص دادند (جدول۳). مقایسه میانگین نشان داد که از نظر صفت تعداد میوه هیبرید حاصل از تلاقی لاین‌های DH26 و DH7 در بیت آلفا به ترتیب بیشترین و کمترین ارزش ثبت شده (۷ و ۲/۶۶) را به خود اختصاص دادند (جدول۳).

مقایسه میانگین نشان داد که از نظر صفت وزن میوه هیبرید حاصل از تلاقی لاین‌های DH34 و DH26 در بیت آلفا به ترتیب بیشترین و کمترین ارزش ثبت شده (۱۹۳/۶۳ و ۶۵/۲۹ گرم) را به خود اختصاص دادند (جدول۳). مقایسه میانگین نشان داد که از نظر صفت طول میوه هیبرید حاصل از تلاقی لاین‌های DH34 و DH26 در بیت آلفا به ترتیب بیشترین و کمترین ارزش ثبت شده (۱۸/۴۶و ۱۱/۰۲سانتی متر) را به خود اختصاص دادند (جدول۳). مقایسه میانگین نشان داد که از نظر صفت قطر میوه هیبرید حاصل از تلاقی لاین‌های DH33 و DH102 در بیت آلفا به ترتیب بیشترین و کمترین ارزش ثبت شده (۲/۶۹ و ۲/۲۸ سانتی متر) را به خود اختصاص دادند (جدول۳). مقایسه میانگین نشان داد که از نظر صفت قطر مغز میوه هیبرید حاصل از تلاقی لاین‌های DH33 و DH102 در بیت آلفا به ترتیب بیشترین و کمترین ارزش ثبت شده (۱/۶۱ و ۰/۹۴ سانتی متر) را به خود اختصاص دادند

(جدول۳). مقایسه میانگین نشان داد که از نظر صفت عملکرد بوته هیبرید حاصل از تلاقی لاین‌های DH34 و DH25 در بیت آلفا به ترتیب بیشترین و کمترین ارزش ثبت شده (۸۴۵/۳ و ۲۴۱/۷ گرم) را به خود اختصاص دادند (جدول۳). بر اساس 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 مورد بررسی نشان داد که برخی صفات وراثت‌پذیری پایین و برخی صفات وراثت‌پذیری بالایی دارا بودند. وراثت‌پذیری برخی از صفات مورد ارزیابی بیش از ۸۰ 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 دابل هاپلوییید خیار با بیت آلفا

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		طول میوه	قطر میوه	قطر مغز میوه	وزن میوه	تعداد میوه	عملکرد بوته	روز تا گلدهی	طول ۲۰ گره ساقه
لاین × بیت آلفا	۱۱	۱۸/۷۱**	۰/۰۴۸**	۰/۰۹۲**	۴۲۷۸/۳۸۲**	۵/۷۲**	۱۱۲۱۶۶/۷۹**	۱۷۳/۶۹**	۱۶۹۶**
خطا	۲۴	۰/۴۹	۰/۰۱۴	۰/۰۱۷	۱۰۷/۰۴۴	۱/۲۷	۲۱۹۰۶/۹۱	۱۰/۴۷	۴۴۵/۸۳
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۹۶	۴/۸۷	۱۰/۰۵۱	۹/۷۹	۲۳/۵۲	۳۱/۱۷	۶/۵۵	۱۴/۴۶

n.S، *و **: به‌ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۲. وراثت‌پذیری برخی صفات لاین‌های دابل هاپلوییید خیار

	طول میوه	قطر میوه	قطر مغز میوه	وزن میوه	تعداد میوه	عملکرد بوته	روز تا گلدهی	طول ۲۰ گره ساقه اصلی
وراثت پذیری (درصد)	۹۲	۴۴	۵۹	۹۲	۵۳	۵۷	۸۳	۴۸

جدول ۳. مقایسه میانگین برخی صفات حاصل از تلاقی لاین‌های دابل هاپلویید خیار با بیت آلفا

ژنوتیپ	طول میوه (سانتی متر)	قطر میوه (سانتی متر)	قطر مغز میوه (سانتی متر)	وزن میوه (گرم)	تعداد میوه	عملکرد بوته (گرم)	روز تا گلدهی	طول ۲۰ گره ساقه اصلی (سانتی متر)
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}	۱۱۲^{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	۱۱/۰۲^{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}

میانگین های دارای حرف مشترک در هر ستون، براساس آزمون توکی فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشند.

نتایج حاصل از ارزیابی قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی صفات نشان داد که برخی لاین‌ها در تعدادی از صفات مورد بررسی دارای ترکیب‌پذیری عمومی بالا و برای تعدادی از صفات دارای ترکیب‌پذیری عمومی پایین بودند. لاین‌های DH34 و DH102 برای صفت عملکرد در بوته دارای ترکیب‌پذیری عمومی بالاتری بوده و لاین‌های DH2 و DH7 برای صفت عملکرد در بوته ترکیب پذیری عمومی پایین‌تری را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). نتایج تجزیه واریانس صفات مطالعه شده حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد میان نتاج حاصل از تلاقی لاین‌های منتخب برای همه صفات مورد مطالعه داشت (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در نتاج 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 DH25 و DH1 هیبرید حاصل دارای هتروزیس بالا نسبت به میانگین والدین برای آن صفت نبود. نهایتاً نتاج 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 DH25 و DH1 هیبرید حاصل دارای هتروزیس بالا نسبت به میانگین والدین برای آن صفت نبود. نهایتاً نتاج 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

در انتظار نشانی

DH34 و DH102 هیبرید حاصل دارای هتروزیس بالا نسبت به میانگین والدین برای آن صفت بود. نهایتاً نتاج 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 نتاج حاصل از تلاقی لاین‌هایی با ترکیب‌پذیری عمومی بالا با لاین‌های دارای ترکیب پذیری 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 ۲۰ 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 ۲۰ گره ساقه اصلی DH1 و DH5 هیبرید حاصل دارای هتروزیس بالا نسبت به میانگین والدین برای آن صفت نبود. نهایتاً نتاج 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 ٤. برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی برخی صفات لاین‌های دابل هاپلوئید خیار

ژنوتیپ	طول میوه	قطر میوه	قطر مغز میوه	وزن میوه	تعداد میوه	عملکرد بوته	روز تا گلدهی	طول ۲۰ 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	−۲۴٫۶۷	−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	۳٫۳۴	−۲٫۹۳

n.s، *، **: به‌ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۵. تجزیه واریانس برخی صفات حاصل از تلاقی لاین های دابل هاپلوییید خیار

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		طول میوه	قطر میوه	قطر مغز میوه	تعداد میوه	عملکرد بوته	روز تا گلدهی	طول ۲۰ گره ساقه
لاین × لاین	۳۸	۱۷٫۵۷ **	۰٫۰۷ **	۰٫۱۲ **	۴۱٫۱۲ **	۱۵۸۷۱۱٫۱۱**	۱۳۴/۲۸**	۱۵۰۴٫۶۱**
خطا	۷۸	۰٫۲۴	۰٫۰۱	۰/۰۰۵	۰٫۹۵	۷۰۵۷٫۶۹	۶/۴۱	۲۴۳/۰۳
ضریب تغییرات (درصد)		۳٫۱۷	۴٫۰۰	۴٫۹۵	۱۱٫۶۸	۱۵٫۸۰	۴/۸۴	۷/۷۷

ویراستاری نشده

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 گلدهی	طول ۲۰ گره ساقه اصلی (سانتی متر)
DH5 × DH34	۱۵/۵۳^{hijkl}	۲/۶۶^{abcdefg}	۱/۵۵^{abcdefghi}	۵/۳۳^{jkl}	۳۳۸/۷۴^{klmno}	۵۴^{bcdefgh}	۲۲۴/۳۳^{abcd}
DH34 × DH5	۱۵/۵۲^{ijkl}	۲/۶۰^{abcdefgh}	۱/۴۴^{cdefghijkl}	۶/۶۶^{ghijk}	۴۴۸/۰۷^{ghijklmn}	۴۶/۳۳^{hijkl}	۱۹۴/۳۳^{abcdefg}
DH1 × DH5	۱۱/۰۴^{mn}	۲/۴۷^{cdefghi}	۱/۶۶^{abc}	۴^{kml}	۱۹۹/۶۹^{no}	۵۰/۶۶^{efghijk}	۱۳۸/۳۳^{h}
DH5 × DH1	۱۱/۴۹^{mn}	۲/۶۵^{abcdefg}	۱/۶۵^{abcd}	۱۲/۶۶^{bc}	۸۰۹/۵۹^{abcd}	۴۳^{jkl}	۱۴۵^{gh}
DH34 × DH33	۱۶,۱۶^{Fghij}	۲/۷^{abc}	۱/۵۲^{abcdefghij}	۹/۳۳^{defgh}	۷۷۲/۲۴^{bcde}	۵۲/۶۶^{cdefghi}	۲۲۰/۶۷^{abcd}
DH33 × DH34	۱۷/۸۰^{abcde}	۲/۵۵^{bcdefghi}	۱/۳۶^{ghijklm}	۱۵^{b}	۱۰۸۰/۵۲^{a}	۴۰/۶۶^{l}	۲۰۰^{abcdef}
DH1 × DH33	۱۱/۵۱^{mn}	۲/۶۱^{abcdefgh}	۱/۵۷^{abcdefgh}	۱۵/۳۳^{b}	۸۵۵/۶۲^{abc}	۴۶/۳۳^{hijkl}	۱۶۶^{efgh}
DH33 × DH1	۹/۹۲^{n}	۲/۴۵^{cdefghi}	۱/۵۰^{abcdefghij}	۲۰/۳۳^{a}	۸۸۸/۸۱^{ab}	۴۲/۶۶^{kl}	۱۹۸/۶۷^{abcdef}
DH103 × DH1	۱۴/۵۱^{kl}	۲/۶۱^{abcdefgh}	۱/۴۶^{cdefghijkl}	۱۱/۶۶^{cd}	۸۴۳/۹۳^{abc}	۴۸^{fghijkl}	۲۰۱/۶۷^{abcdef}
DH1 × DH103	۱۶/۰۳^{ghijk}	۲/۷۳^{abcde}	۱/۵۰^{abcdefghijk}	۱۱/۶۶^{cd}	۸۶۶/۴۵^{abc}	۴۴/۶۶^{ijkl}	۲۰۱/۳۳^{abcdef}
DH5 × DH103	۱۷/۰۵^{cdefgh}	۲/۴۷^{cdefghi}	۱/۴۲^{defghijklm}	۸/۳۳^{efghij}	۵۴۴/۱۸^{defghijkl}	۴۹^{efghijkl}	۲۰۷/۶۷^{abcdef}
DH103 × DH5	۱۶/۴۸^{defghi}	۲/۷۰^{abcdef}	۱/۶۴^{abcde}	۷/۶۶^{efghij}	۶۱۰/۶۱^{cdefghijk}	۴۲^{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}	۹/۶۶^{cdefg}	۴۹۵/۴۹^{fghijklm}	۴۶/۳۳^{hijkl}	۱۷۵/۶۷^{drfgh}
DH33 × DH102	۱۷/۴۷^{bcdefg}	۲/۶۲^{bcdefgh}	۱/۵۶a^{bcdefgh}	۷/۳۳^{efghij}	۵۴۴/۱۹^{defghijkl}	۴۵/۳۳^{ijkl}	۲۱۵/۳۳^{abcde}
DH102 × DH33	۱۵/۳۰^{ijkl}	۲/۲۸^{hi}	۱/۲۷^{klmn}	۵/۳۳^{jkl}	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}	۸/۶۶^{defghi}	۶۸۱/۶۴^{bcdefg}	۵۱^{defghijk}	۲۱۵^{abcde}
DH102 × DH103	۱۹/۳۵^{a}	۲/۴۸^{cdefghi}	۱/۳۵^{hijklm}	۷/۶۶^{efghij}	۶۳۱/۲۹^{bcdefghi}	۵۶/۳۳^{abcdef}	۲۱۴/۶۷^{abcde}
DH103 × DH102	۱۸/۴۷^{abcd}	۲/۶۱^{abcdefgh}	۱/۴۱^{efghijklm}	۸/۳۳^{efghij}	۶۲۱/۹۶^{bcdefghij}	۵۶^{abcdefg}	۲۲۲/۳۳^{abcd}
DH102 × DH34	۱۸/۶۲^{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}	۶/۶۶^{ghijk}	۴۹۷/۲۳^{efghijklm}	۵۶/۳۳^{abcdef}	۲۳۴^{a}
DH103 × DH34	۱۸/۱۹^{abcd}	۲/۳۴^{ghi}	۱/۳۱jklmn	۶/۶۶^{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}	۷/۳۳^{efghij}	۴۴۵/۲۷^{ghijklmn}	۵۴^{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}	۶/۶۶^{ghijk}	۳۵۱/۹۳^{jklmno}	۶۲/۳۳^{ab}	۲۱۸^{abcd}
DH1 × DH102	۱۱۴/۷۲^{jkl}	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}	۹/۳۳^{defgh}	۳۹۵/۲۰^{hijklmno}	۵۹/۳۳^{abcd}	۲۰۸/۶۷^{abcdef}
DH1 × DH25	۱۴/۲۵^{l}	۲/۶۰^{abcdefgh}	۱/۴۷^{bcdefghijkl}	۲/۳۳^{lm}	۱۴۰/۳۸^{o}	۵۵/۶۶^{abcdefg}	۱۸۸^{abcdefgh}
DH103 × DH25	۱۵/۰۵^{jkl}	۲/۷۴^{abcd}	۱/۴۷^{bcdefghijkl}	۸/۶۶^{defghi}	۴۲۸/۳۱^{ghijklmn}	۵۲^{defghi}	۱۹۴/۳۳^{abcdefg}
DH1 × DH36	۱۱/۲۲^{mn}	۲/۶۱^{abcdefgh}	۱/۷۳^{a}	۱۵/۶۶^{b}	۸۵۷/۲۱^{abc}	۴۶/۶۶^{hijkl}	۱۶۲/۳۳^{fgh}
DH34 × DH25	۱۶/۱۳^{fghijk}	۲/۷۴^{abcd}	۱/۵۶^{abcdefgh}	۶/۳۳^{hijk}	۴۵۱/۲۱^{ghijklmn}	۵۷^{abcde}	۲۰۲/۶۷^{abcdef}
DH34 × DH36	۱۸/۱۶^{abcd}	۲/۴۳^{cdefghi}	۱/۴۱^{efghijklm}	۱۰/۳۳^{cde}	۷۳۵/۲۸^{bcdef}	۶۲/۶۶^{a}	۱۹۴/۶۷^{abcdefg}
DH103 × DH36	۱۷/۸۰^{abcde}	۲/۳۷^{fghi}	۱/۴۶^{cdefghijkl}	۶/۳۳^{hijk}	۴۳۸/۶۲^{ghijklmn}	۵۶/۳۳^{abcdef}	۲۰۳^{abcdef}
DH102 × DH36	۱۶/۱۷^{efghij}	۲/۲۴^{i}	۱/۳۱^{ijklmn}	۵/۳۳^{jkl}	۲۸۰/۲۳^{lmno}	۶۰/۶۶^{abc}	۲۲۱^{abcd}
DH33 × DH36	۱۴/۶۸^{jkl}	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 معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشند.

ویرایش شده

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 نشان دهنده سهم اثر محیطی قابل توجه 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 بهینه شدن 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 دریافتند که برای صفت تعداد میوه در بوته میزان وراثت‌پذیری عمومی در جمعیت حاصل از تلاقی دای‌آلل به طور 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 مرحله برداشت بستگی دارد. به طوری که وراثت‌پذیری عمومی در برداشت های 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 به عنوان وراثت‌پذیری بالا و به میزان 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 به عنوان وراثت‌پذیری بالا و به میزان ۷۸ درصد به‌دست آورده بودند هم راستا بود (Setyaningastuti *et al*., 2019). این نتایج وراثت‌پذیری وزن میوه هم‌چنین با یافته های محققین دیگر که وراثت‌پذیری وزن میوه را بالا و ۸۵/۹۰ درصد گزارش نموده‌اند، مطابقت داشت (Kumar *et al*., 2013). میزان وراثت‌پذیری عملکرد تک بوته خیار ۵۷ درصد بود. در پژوهش دیگری ارزش تخمینی وارثت‌پذیری عملکرد در هکتار به عنوان وراثت پذیری متوسط و به میزان ۴۹ درصد برآورد شده است (Setyaningastuti *et al*., 2019).

در مورد صفاتی که تحت تاثیر محیط قرار نمی‌گیرند به‌خصوص در ارزیابی‌های گلخانه‌ای میزان واریانس محیطی کم و نهایتاً میزان وراثت پذیری عمومی به دلیل کوچک شدن 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 آنجا که واریانس ژنتیکی دارای جزء متغیر واریانس غالبیت است الزاماً داشتن مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی بالا به معنی سهولت دستیابی به ترکیبات برتر با انتخاب بین نتاج نیست. از سوی دیگر کیفیت نتاج حاصل از هیبریداسیون بین چنین لاین‌هایی نیز قابل پیش‌بینی 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 دابل هاپلویید مورد توجه 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 مورد بررسی قرار گرفته و لاین‌های برتر هر گروه مورد شناسایی 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 به منظور 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 بیت آلفا، بیشترین تعداد میوه های پارتنوکارپ را داشتند. هم‌چنین نتاج حاصل از تلاقی لاین‌های DH4 و DH26 با رقم بیت آلفا دارای گل‌های دو جنسه و تعداد میوه بیشتری نسبت به تلاقی سایر لاین‌ها با رقم بیت آلفا 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 ۷×۷ 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 B12 و B10 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 شده است، روش مفیدتری باشد. موفقیت هر برنامه اصلاحی مستقیما به انتخاب والدین درست و مناسب بستگی دارد. پتانسیل رقم با مقایسه میانگین عملکرد و توانایی ترکیب‌پذیری والدین ارزیابی می‌شود. هم‌چنین محققین اظهار داشتند 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 یک سری ترکیبات مورد تلاقی پیش‌بینی شود(Rohini *et al*., 2017).

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده در این مطالعه اختلاف زیادی میان لاین‌های منتخب در صفات مورد بررسی نشان داد. یافته‌های این مطالعه از اهمیت عملی برخوردار هستند. نتایج حاصل از تلاقی لاین‌های با ترکیب‌پذیری عمومی بالا و لاین‌هایی با ترکیب پذیری منفی پایین یا منفی برای برخی صفات مورد بررسی نشان داد که انتخاب براساس ترکیب‌پذیری عمومی برای تولید هیبرید در خیار راهکاری قابل اطمینان نمی‌باشد. از آنجایی که 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 پایان نامه دوره دکتری گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشگاه گیلان می‌باشد که با حمایت پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی تحت پروژه شماره ۲-۰۵-۰۵-۰۰۳-۰۰۰۳۱۷ انجام گرفت. بنابراین از پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی که ما را در انجام این 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 آلل 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 دابل هاپلویید فلفل دلمه‌ای (Capsicum annum L.). *مجله علوم باغبانی ایران*، ۵۲ (۴)، ۹۶۵-۹۷۶.

ستمدیده 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.

عنایتی شریعت‌پناهی، مهران؛ شکیب، علی محمد؛ امامی میبدی، داوود. (۱۳۹۰). *هاپلوییدی 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 پا سخ به انتخاب برای صفات تعداد میوه در جمعیت اصلاحی خیار. *دو فصلنامه علوم سبزی ها*، ۲ (۴)، ۱۳-۲۰.

مرادی پور، فاطمه؛ الفتی، جمالعلی؛ حمیداوغلی، یو سف؛ صبوری، عاطفه. (۱۳۹۶). برر سی ترکیب‌پذیری عمومی، خ صو صی و هتروزیس صفات رویشی تعدادی از لاین‌های خیار. *نشریه علوم باغبانی*، ۳۱ (۱)، ۱۳۱-۱۳۹.

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 gynoecy in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*, 8 (2): 724-731.

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 × tester analysis. *Egyptian Journal of plant breeding*, 23 (6).1169– 1194.

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*. Agricuture 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.

Ghahal, 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. doi:10.17660/ActaHortic.2020.1282.33.

Kalvandi, H., Olfati, J.A., Samizadeh Lahiji, H., & Vafaee, 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 duplicationand recombination between the non-sex-specific 1-ami-nocyclopropane-1-carboxylate synthase gene and abranched-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. (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 annuum* 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. (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.

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 annuum* L.). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 52 (4), 965-976. (In Persian).

Extended Abstract

Introduction

Cucumber (*Cucumis sativus* L.) is the most important vegetable in the Cucurbitaceae family, cultivated worldwide. Iran, with a cultivated area of 40,344 hectares and a production of 1,205,679 tons, is the fourth largest producer of cucumbers globally, following Turkey, Russia, and China. Currently, more than 120 million dollars' worth of vegetable and summer crops are imported into the country annually, a figure that only accounts for legal imports and excludes smuggling. Additionally, 98% of the country's vegetable and summer crops are imported. The production of F1 hybrid seeds is the most efficient and attractive technology for seed production institutions due to the significant increase in yield, high price, and the possibility of maintaining breeder rights.

Materials and Methods

Cucumber doubled haploid lines were obtained by applying the parthenogenesis embryo induction method after pollination with irradiated pollen from the commercial hybrids Negeen, Isfahan, Datis, Emparator and Hi Power at the Department of Tissue and Cell Culture of the Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII). These doubled haploid lines, along with a number of open-pollinated seeds of Beit Alpha, were grown. After reaching the flowering stage, the doubled haploid lines were crossed with the Beit Alpha as the common tester. The seeds obtained from these crosses were planted in the greenhouse for evaluation. To evaluate and select the best line× tester, traits were recorded from the beginning of the plant's growth. Important traits such as days to flowering, fruit weight, placental diameter, single plant yield, fruit number, and other morphological traits i.e. fruit length, fruit diameter, and the length of 20 main stem nodes were measured. This research was conducted in the greenhouse of the Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII) using a completely randomized design with three replications. Analysis of variance and means comparison were performed using Tukey's test (at a 5% probability level) with SAS software. In this research, DH lines with high general combining ability, low general combining ability, and intermediate combining ability for the desired traits were crossed with each other to examine the results for the desired traits.

Results and Discussion

Among the 15 selected lines, 12 were capable of germination and crossbreeding. Variance analysis of the studied traits indicated significant differences between the progeny resulting from the crossing of the selected lines with the Beit Alpha tester for all traits. Comparison of means using Tukey's test showed 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 days to flowering, fruit weight, and fruit length showing 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 related to general combining ability, which was highest for the DH34 and DH102 lines in this research. Crossing lines with high general combining ability, such as DH34 and DH102, did not result in hybrids with high heterosis compared to the average of the parents for cucumber plant performance traits. Similarly, crossing lines with low or negative general combining ability, such as DH25 and DH1, did not produce hybrids with high heterosis for those traits. Finally, progeny from crosses between lines with high general combining ability and lines with negative or low general combining ability, such as DH102 and DH25, did not exhibit high heterosis for cucumber plant yield traits compared to the average of the parents. However, since genetic variance includes a component of dominance variance, high general combining ability values do not necessarily indicate the ease of obtaining superior combinations by selecting among progeny. Additionally, the quality of progeny resulting from hybridization between such lines cannot be predicted.

Conclusion

The results obtained in this study showed significant differences between the selected lines in the examined traits. The outcomes of crossing lines with high general combining ability and lines with low or negative combining ability for some traits indicated that selection based on general combining ability alone is not a reliable solution for cucumber hybrid seed production.

ویراستاری نشده