Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Crop Production

Print ISSN: 2008- 739x
Online ISSN: 2008- 7403

Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences

Estimation of gene action and genetic parameters of some characteristics related to sugar beet (*Beta vulgaris* L.) seed germination by line × tester analysis

Mohammad Reza Mirzaei[1*], Ali Saremirad[2]

1. Associate prof., Sugar Beet Seed Institute (SBSI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran, Email: mirzaie_1346@yahoo.com
2. Sugar Beet Seed Institute (SBSI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. Email: Asaremirad@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2023-6-21
Accepted: 2023-11-11

Keywords:
Pollinator
Combining ability
Hybrid
Seed vigor
Meal sterility

ABSTRACT

Background and objectives: The seed vigor, which shows influence of parents on the life cycle and survival of plants, is also very important in for creating food security for human society. The most important objectives of the present study were to evaluate the general compatibility of parents and the specific combining of crosses, determining the nature and degree of gene action, and finally estimate the heritability of quantitative and qualitative traits of sugar beet hybrids through line-tester analysis.

Materials and Methods: Eleven pollinator lines of sugar beet were crossed with three male sterile single crosses using controlled pollination in the form of line-tester. A total of 33 obtained hybrids were investigated in terms of different traits related to seed germination in both laboratory and greenhouse conditions. The existence of diversity among the crosses was confirmed, and the calculation of the combining ability of the parents and their genetic effects was done by line-tester analysis.

Results: The results under laboratory conditions showed that there is a significant difference between the crosses in terms of of different germination traits, non-germinated filled cluster, empty cluster and 1000 seed weight. The line had a significant effect on the characteristics of germination capacity, germination uniformity, empty cluster and 1000 seed weight. Tester mean square for germination rate, mean germination time, empty cluster and 1000 seed weight showed a significant difference. Line-tester interaction resulted in a significant difference for the mean germination time, empty cluster and 1000 seed weight. The results of analysis of variance of different traits in greenhouse conditions indicated significant differences between the crosses in terms of the traits of seedling emergence and mean shoot dry weight of a single seedling. The effect of line was significant only on the seedling emergence capacity. The tester factor had a significant effect on all studied traits. Line-tester interaction was significant only for seedling emergence capacity. The general combinability of lines 970023 and 970100 for germination capacity, lines 970038 and 970100 and all three experimental testers for germination rate and 970097 for germination

uniformity was significant in positive direction. Line 970097 and tester 474*7112-36-6 decreased the mean germination time and Lines 970038, 970023, 970014, 970100 and tester MS KWS and 7112*SB36 caused a decrease in empty cluster. Testers MS KWS and 7112*SB36 caused the reduction of empty cluster with their negative effect. Regarding the 1000 seed weight, lines 970094, 970014 and 970031 and testers 7112*SB36 and MS KWS had positive and significant general combining ability. In the greenhouse experiment, in relation to the seedling emergence capacity, lines 970100, 970023 and 970038 and MS KWS tester and for seedling emergence rate, lines 970038, 970100 and three testers showed positive and significant general combining ability. For the mean shoot dry weight, line 970098 and tester 7112-36-6*474 had positive significant general combining ability, but tester SB36*7112 caused a decrease in mean shoot dry weight.

Conclusion: Considering that general combining ability shows the additive effects of genes, therefore, parents with high general combining ability also have a high additive effect that can be used in the production of synthetic cultivars. On the other hand, these parents can be used through recurrent selection in the development of inbred lines and also as testers to evaluate new inbred lines. According to the obtained results, the selection of useful compounds for the production of suitable hybrids is determined by the breeding goals. Therefore, by considering the positive or negative specific combining ability value of parental compounds for a trait, it is possible to increase genes with non-additive effect to produce hybrids.

Cite this article: Mirzaei, M.R., Saremirad, A. 2023. Estimation of gene action and genetic parameters of some characteristics related to sugar beet (*Beta vulgaris* L.) seed germination by line × tester analysis .*Crop Production Journal*, 16 (4), 67-92.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/ejcp.2024.21403.2578
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تولید گیاهان زراعی
شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۷۳۹x
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷۴۰۳

برآورد عمل ژن و پارامترهای ژنتیکی برخی از خصوصیات مرتبط با جوانه‌زنی بذر چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) از طریق تجزیه لاین× تستر

محمدرضا میرزایی[1*]، علی صارمی‌راد[2]

۱. دانشیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، رایانامه mirzaie_1346@yahoo.com
۲. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، رایانامه: Asaremirad@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۳/۳۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۸/۲۰

واژه‌های کلیدی:
گرده‌افشان
قابلیت ترکیب‌پذیری
هیبرید
بنیه بذر و نرعقیم

چکیده

سابقه و هدف: قدرت بذر در واقع نشان‌دهنده میزان تأثیرگذاری والدین در چرخه زندگی و بقا گیاهان و ایجاد امنیت غذایی برای جامعه بشری می‌باشد. مهمترین اهداف مطالعه حاضر، ارزیابی ترکیب‌پذیری عمومی والدین و ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی‌ها، تعیین ماهیت و میزان عمل ژن و در نهایت برآورد وراثت‌پذیری صفات کمّی و کیفی هیبریدهای چغندرقند از طریق تجزیه لاین- تستر بود.

مواد و روش‌ها: در راستای اهداف مدنظر، تعداد ۱۱ لاین گرده‌افشان چغندرقند با سه لاین نرعقیم در قالب تجزیه لاین- تستر با یکدیگر تلاقی داده شدند. کلیه تلاقی‌ها برای تولید بذر هیبرید با استفاده از گرده‌افشانی کنترل‌شده انجام گردید. ۳۳ هیبرید حاصله در دو شرایط آزمایشگاه و گلخانه از نظر صفات مختلف مرتبط با جوانه‌زنی بذر مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به تأیید وجود تنوع میان تلاقی‌ها، محاسبه ترکیب‌پذیری والدین و تأثیرات ژنی آن‌ها با تجزیه لاین- تستر صورت پذیرفت.

یافته‌ها: نتایج صفات مختلف جوانه‌زنی تحت شرایط آزمایشگاه نشان داد که بین تلاقی‌ها از نظر صفات مختلف جوانه‌زنی، بذرهای جوانه‌نزده، درصد بذر پوک و وزن هزار دانه تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود دارد. عامل لاین برای صفات درصد جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی، درصد پوکی بذر و وزن هزار دانه تأثیر معنی‌داری داشت. میانگین مربعات تستر برای سرعت جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی، درصد پوکی بذر و وزن هزار دانه معنی‌دار بود. برهمکنش لاین- تستر بر میانگین زمان جوانه‌زنی، درصد پوکی بذر و وزن هزار دانه معنی‌دار بود. نتایج تجزیه واریانس در شرایط گلخانه نشان داد که تفاوت بین تلاقی‌ها به لحاظ صفات مختلف ظهور گیاهچه و وزن ماده خشک تک گیاهچه معنی‌دار بود. اثر لاین تنها برای درصد ظهور گیاهچه معنی‌دار بود. عامل تستر تأثیر معنی‌داری بر تمامی صفات مورد مطالعه داشت. برهمکنش لاین- تستر فقط برای درصد ظهور گیاهچه معنی‌دار بود. قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های 970023 و 970100 برای درصد جوانه‌زنی، 970038 و 970100 و هر سه تستر آزمایشی برای سرعت جوانه‌زنی و لاین 970097 برای یکنواختی جوانه‌زنی در جهت

مثبت معنی‌دار گردید. لاین 970097 و تستر 6-36-7112*474 کاهش میانگین زمان جوانه‌زنی و لاین‌های 970038، 970023، 970014 و 970100 و تسترهای MS KWS و 7112*SB36 با اثر منفی سبب کاهش پوکی بذر شدند. در خصوص وزن هزار دانه، لاین‌های 970094، 970014 و 970031 و تسترهای 7112*SB36 و MS KWS دارای قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری بودند. در آزمایش گلخانه‌ای، در رابطه با صفت درصد ظهور گیاهچه لاین‌های 970100، 970023 و 970038 و تستر MS KWS دارای قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری بودند. برای سرعت ظهور گیاهچه، لاین‌های 970038 و 970100 و هر سه تستر آزمایشی قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری نشان دادند. برای وزن خشک تک گیاهچه، لاین 970098 دارای قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار بود. در خصوص تسترها دو تستر 6-36-7112*474 و 7112*SB36 در مقابل یکدیگر قرار داشتند. این تقابل به‌گونه‌ای بود که تستر 6-36-7112*474 افزایش وزن خشک را باعث می‌گردید، اما تستر 7112*SB36 کاهش وزن خشک را به همراه داشت.

نتیجه‌گیری: قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مبین اثرات افزایشی ژن‌ها است، بنابراین والدهایی با قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی بالا، اثر افزایشی زیادی نیز به‌همراه دارند که می‌توان از آن‌ها در تولید ارقام سینتتیک بهره برد. از سوی دیگر این والدها می‌توانند از طریق گزینش مکرر در توسعه لاین‌های اینبرد و نیز به‌عنوان تستر برای ارزیابی لاین‌های اینبرد جدید استفاده شوند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، گزینش ترکیبات مفید برای تولید هیبریدهای مناسب را اهداف اصلاحی تعیین می‌کنند. از این‌رو با در نظر گرفتن ارزش ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و یا منفی، ترکیبات والدینی برای یک صفت می‌توان در افزایش ژن‌هایی با اثر غیرافزایشی جهت تولید هیبرید اقدام نمود.

استناد: میرزایی، م.ر.، صارمی‌راد، ع. (۱٤۰۲). برآورد عمل ژن و پارامترهای ژنتیکی برخی از خصوصیات مرتبط با جوانه‌زنی بذر چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) از طریق تجزیه لاین × تستر. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۱٦ (٤)، ۹۲-٦۷.

DOI: 10.22069/ejcp.2024.21403.2578

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

کیفیت بذر یک عامل اساسی در تولید گیاهان است که بر رشد، نمو، عملکرد و حتی پاسخ آن‌ها نسبت به تنش‌های محیطی تأثیرگذار می‌باشد (۱). چغندرقند نیز از این قاعده مستثنی نبوده و میزان تولید کمّی و کیفی آن تحت‌الشعاع کیفیت بذر قرار می‌گیرد (۲)؛ به‌نحوی که استفاده از بذرهای بی‌کیفیت می‌تواند بر عملکرد و کیفیت محصول چغندرقند تأثیر منفی برجای گذارد (۳). بهبود جوانه‌زنی بذر چغندرقند با چالش‌های متعددی مواجه است. در این رابطه، یکی از چالش‌های اصلی ماهیت پیچیده جوانه‌زنی بذر، رشد آن است که شامل چندین مرحله بیوشیمیایی است (٤) که تحت تأثیر عوامل درونی و بیرونی از جمله عوامل ژنتیکی و محیطی قرار می‌گیرد (٥). فارغ از تأثیر عوامل محیطی، عوامل ژنتیکی نیز در سرعت جوانه‌زنی بذر نقش دارند. غلبه بر این چالش‌ها مستلزم درک عمیق‌تر عوامل مؤثر بر جوانه‌زنی بذر چغندرقند و توسعه سازوکارهای مؤثر برای افزایش سرعت جوانه‌زنی می‌باشد.

مطالعات نشان داده است که تفاوت‌های ژنتیکی مشخصی بین کلون‌های چغندرقند از نظر سرعت جوانه‌زنی وجود دارد (٦)؛ اما اطلاعات محدودی در مورد چگونگی دست‌ورزی ژنتیکی برای بهبود جوانه‌زنی بذر چغندرقند در دسترس است. با این حال، روش‌هایی که سبب شود تا اصلاح‌کنندگان گیاهی پتانسیل ژنتیکی موجود در بذر را شناسایی کنند و از آن در افزایش جوانه‌زنی استفاده کنند، همواره مورد توجه است. در این رابطه به اطلاعات جامعی در رابطه با ساختار ژنتیکی والدین به‌کار رفته در تولید بذر و نیز قابلیت ترکیب‌پذیری آن‌ها مورد نیاز است. ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی مرتبط با تیپ عمل ژن‌های دخیل در کنترل صفات هستند. برای تعیین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی لاین‌ها، روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است که در این راستا می‌توان به طرح‌های دو والدی، تلاقی‌های چندگانه، تلاقی‌های آزمون، تجزیه لاین- تستر و طرح‌های دی‌آلل اشاره کرد (۷، ۸). هدف اصلی این طرح‌ها علاوه بر درک وراثت صفات، تعیین قابلیت‌های ترکیب‌پذیری عمومی والدین و ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی‌ها می‌باشد. برای نیل به این اهداف، معمولاً تجزیه لاین- تستر که یک نسخه اصلاح‌شده از طرح تاپ‌کراس است (۹) و برای اولین بار توسط کمپتورن (۱۰) ارائه شد، در گیاهان خودگرده‌افشان و دگرگرده‌افشان استفاده می‌شود. تحقیقات متعددی با اهداف مختلف جهت مطالعات ژنتیکی و تولید ارقام با پتانسیل ژنتیکی مطلوب در ذرت (۱۱، ۱۲، ۱۳، ١٤)، برنج (١٥، ١٦، ١٧)، جو (١٨، ١٩، ٢٠)، گندم (٢١، ٢٢) و سورگوم (٢٣، ٢٤) انجام شده است. در رابطه با چغندرقند کاسیس و همکاران (۱۹۹۹) بیان کردند که در تمامی صفات کمّی و کیفی چغندرقند بجز میزان ماده خشک، ژن‌های با اثر غالبیت نقش بیشتری ایفا می‌کنند (۲۵). آن‌ها گزارش نمودند که نتایج حاصل از تلاقی یک والد با توانایی ترکیب‌پذیری عمومی بالا با یک والد با توانایی ترکیب‌پذیری عمومی پایین از توانایی ترکیب‌پذیری خصوصی بالایی برخوردار خواهند بود.

مهم‌ترین اهداف مطالعه حاضر، ارزیابی قابلیت‌های ترکیب‌پذیری عمومی والدین و ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی‌ها، تعیین ماهیت و میزان عمل ژن و در نهایت برآورد وراثت‌پذیری صفات کمّی و کیفی هیبریدهای چغندرقند از طریق تجزیه تلاقی لاین- تستر بود.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند انجام شد. در این پژوهش، تعداد ۱۱ لاین گرده‌افشان چغندرقند که از نظر درصد قند گزینش شده بودند، با سه لاین نرعقیم در قالب تجزیه لاین- تستر با یکدیگر تلاقی داده شدند. کلیه تلاقی‌ها برای تولید بذر هیبرید با استفاده از گرده‌افشانی کنترل‌شده بین آن‌ها انجام شد. به این منظور لاین‌های مادری در خطوط میانی و لاین‌های پدری در دو خط جانبی کشت شدند و با رعایت نکات مربوط به ایزولاسیون، کلیه تلاقی‌ها طی سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ انجام گردید. برداشت بذر از اواخر تیر تا اوایل مرداد در ساعات اولیه طلوع خورشید بر روی هر یک از پایه‌های مادری در هر ایزوله جداگانه انجام شد. پس از خشکاندن یکنواخت بوته‌ها و خرمن‌کوبی و استحصال بذر ناخالص، با استفاده از دستگاه درجه‌بندی (Towel or Bound grader) که یک دستگاه بوجاری کوچک است، خاک، گلچه، بذرهای ریز، بقایای برگ، ساقه و شاخه از توده ناخالص بذر جدا شد. پس از بوجاری، بذرهای حاصل با استفاده از غربال‌های گرد و دراز به طبقات بذری شامل بیشتر از ۳/۲ میلی‌متر دراز (≠)، کمتر از ۲ میلی‌متر دراز، کمتر از ۳/۵ میلی‌متر گرد (Ø)، بیشتر از ٤/۵ میلی‌متر گرد، به‌عنوان بذر اندازه غیر استاندارد و ما بین این غربال‌ها به‌عنوان بذر اندازه استاندارد، تقسیم، توزین و سهم‌بندی (پنج طبقه اندازه بذری) شدند؛ بنابراین، بذر اندازه استاندارد F1های حاصله، در دو شرایط آزمایشگاه کنترل بذر و گلخانه‌های تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند از نظر صفات مختلف مرتبط با جوانه‌زنی بذر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار بررسی شدند.

پیش از اجرای آزمایش، به‌منظور رفع اثر مواد ممانعت‌کننده جوانه‌زنی، بذرها در درون دستگاه شستشوی بذر به‌وسیله آب روان با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت چهار ساعت شستشو شدند. سپس بذرهای شسته‌شده با محلول کربوکسین‌تیرام (Vitavax-thiram 75% WP) دو در هزار به مدت یک دقیقه ضدعفونی گردیدند. پس از خشک شدن بذرها، تعداد ۱۰۰ عدد بذر در داخل کاغذ صافی چین‌دار (Pleated filter paper) کشت و با ۳۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه آبیاری و کاغذ صافی چین‌دار مرطوب شده درون جعبه‌های پلاستیکی (۱۲×۱٦×٦ سانتی‌متر) قرار داده شدند. سپس جعبه‌ها به مدت ۱٤ روز در داخل ژرمیناتور در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. اولین شمارش بذرها چهار روز پس از کشت انجام گرفت و تا زمانی که جوانه‌زنی ادامه داشت، روزانه شمارش بذرهای جوانه‌زده انجام شد. درصد جوانه‌زنی نهایی بر اساس شمارش گیاهچه‌های نرمال در روز چهاردهم انجام شد (۲٦).

برای تعیین پتانسیل ظهور گیاهچه، از بستر ماسه در شرایط گلخانه استفاده شد. در این راستا، یک لایه ۱۰ سانتی‌متری ماسه درون جعبه پلاستیکی ریخته شد و سپس تعداد ٦۰ عدد بذر در عمق یک سانتی‌متری کشت گردید. جعبه‌های کشت به گلخانه با شرایط دمایی ۲±۲۰ درجه سانتی‌گراد و فتوپریود ۱٦ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انتقال یافتند و برای رسیدن به مرحله استقرار، ۱٤ روز نگهداری شدند. برای ارزیابی مؤلفه‌های ظهور گیاهچه (درصد، سرعت و یکنواختی) به‌طور روزانه نشان‌گذاری و به‌صورت تجمعی یادداشت‌برداری و ثبت شد. در روز پانزدهم گیاهچه‌های هر واحد آزمایشی برای اندازه‌گیری وزن تر اندام هوایی برداشت شدند. پس از اندازه‌گیری وزن تر، گیاهچه‌ها در داخل آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲٤ ساعت قرار داده شدند؛ پس از گذشت مدت‌زمان مذکور، گیاهچه‌ها از آون خارج شده و وزن خشک اندام هوایی آن‌ها برحسب

میلی‌گرم با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. برای محاسبه درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه بذر هر نمونه، منحنی پیشرفت جوانه‌زنی در مقابل زمان (ساعت) ترسیم و زمان مورد نیاز برای دستیابی به جوانه‌زنی ۱۰ درصدی (T10)، ۵۰ درصدی (T50) و ۹۰ درصدی (T90) بذرها (۲۷) نیز از طریق درون‌یابی خطی برآورد شد. در انتهای آزمایش نیز شاخص‌های مرتبط با قابلیت جوانه‌زنی بذر شامل ضریب یکنواختی جوانه‌زنی[1]، ظرفیت جوانه‌زنی[2]، متوسط زمان جوانه‌زنی[3]، سرعت جوانه‌زنی[4] و ضریب سرعت جوانه‌زنی[5] به‌ترتیب بر اساس روابط یک تا پنج برآورد شد (۲۸):

رابطه ۱: $UG = T_{90} - T_{10}$

رابطه ۲: $GC = 100 \times (\frac{N_i}{S})$

رابطه ۳: $MGT = \sum N_i T_i / \sum N_i$

رابطه ٤: $GR = \frac{1}{T50}$

رابطه ٥: $CVG = [\frac{\sum Ni}{\sum NiTi}] \times 100$

در این روابط، UG، یکنواختی جوانه‌زنی؛ T_{90}، زمان مورد نیاز برای جوانه‌زنی ۹۰ درصدی بذرها؛ T_{10}، زمان مورد نیاز برای جوانه‌زنی ۱۰ درصدی بذرها؛ GC، ظرفیت جوانه‌زنی؛ N_i، تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز iام؛ S، تعداد کل بذرهای کشت شده؛ MGT، متوسط زمان جوانه‌زنی؛ T_i، روز پس از کشت و GR، سرعت جوانه‌زنی می‌باشد.ابتدا بر روی داده‌های به‌دست‌آمده از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار R تجزیه واریانس انجام شد. با توجه به تأیید وجود تنوع میان تلاقی‌ها، محاسبه ترکیب‌پذیری والدین و تأثیرات ژنی آن‌ها با تجزیه لاین- تستر بر اساس روش پیشنهادی کمپتورن (۲۹) با استفاده از رابطه ٦ به‌وسیله نرم‌افزار R و بسته agricolae صورت پذیرفت.

رابطه ٦: $Y_{ijk} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + r_k + e_{ijk}$

در این رابطه، Y_{ijk}، مقدار مشاهده شده صفت در تلاقی jiام و تکرار kام؛ μ، میانگین جمعیت؛ g_i، اثر ترکیب‌پذیری عمومی مربوط به لاین iام؛ g_j، اثر ترکیب‌پذیری عمومی مربوط به تستر jام؛ s_{ij}، اثر ترکیب‌پذیری خصوصی مربوط به تلاقی jiام؛ r_k، اثرات تکرار و e_{ijk}، اثرات محیطی می‌باشد. با استفاده از روش تجزیه لاین- تستر مجموع مربعات تلاقی‌ها به دو جز مربوط به قابلیت‌های ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی تفکیک شده و اثرات ترکیب‌پذیری عمومی برای هر لاین و تستر و ترکیب‌پذیری خصوصی برای تلاقی‌ها به‌ترتیب بر اساس روابط ۷، ۸ و ۹ محاسبه گردید. واریانس ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی طبق روابط ۱۰ و ۱۱ برآورد شد و از مقادیر به‌دست‌آمده برای آن‌ها، به‌منظور بررسی نوع عمل ژن در بیان هر یک از صفات مورد مطالعه و نیز برآورد مقادیر واریانس افزایشی و غیرافزایشی در ایجاد تنوع ژنتیکی هر یک صفات بر اساس روابط ۱۲ و ۱۳ استفاده شد. به‌کارگیری این روابط بر این فرض استوار است که لاین‌ها کاملاً اینبرد هستند، لذا واریانس افزایشی دو برابر واریانس قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و واریانس غیرافزایشی معادل با واریانس قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی در نظر گرفته شد.

رابطه ۷: $GCA_i = \frac{X_{i..}}{tr} - \frac{X_{...}}{ltr}$

رابطه ۸: $GCA_j = \frac{X_{.j.}}{lr} - \frac{X_{...}}{ltr}$

رابطه ۹: $SCA_{ij} = \frac{X_{ij.}}{r} - \frac{X_{i..}}{tr} - \frac{X_{.j.}}{lr} + \frac{X_{...}}{ltr}$

رابطه ۱۰: $\sigma^2_{GCA} = \overline{covHS}$

رابطه ۱۱: $\sigma^2_{SCA} = \frac{MS_{line\times tester} - MS_e}{r}$

رابطه ۱۲: $\sigma^2_A = 2\sigma^2_{GCA}$

1. Uniformity of germination
2. Germination capacity
3. Mean germination time
4. Germination rate
5. Coefficient velocity of germination

رابطه ۱۳: $\sigma_D^2 = \sigma_{SCA}^2$

در این روابط، GCA_i، اثر ترکیب‌پذیری عمومی لاین iام؛ GCA_j، اثر ترکیب‌پذیری عمومی تستر jام؛ S_{ij}، اثر ترکیب‌پذیری خصوصی مربوط به تلاقی ijام؛ t ،l و r، به‌ترتیب تعداد لاین، تستر و تکرار؛ σ_{GCA}^2، واریانس ترکیب‌پذیری عمومی؛ $\overline{covHS}$، میانگین کوواریانس خانواده‌های ناتنی؛ σ_{SCA}^2، واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی؛ $MS_{line\times tester}$؛ میانگین مربعات برهمکنش لاین- تستر؛ MS_e، میانگین مربعات خطا؛ σ_A^2، واریانس مربوط به اثر افزایشی و σ_D^2، واریانس مربوط به اثر غیرافزایشی می‌باشد. نسبت بیکر به‌منظور بررسی اهمیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی در تعیین عملکرد نتاج بر اساس رابطه ١٤ محاسبه گردید (۳۰).

رابطه ١٤:
$$\text{Baker ratio} = \frac{(2 \times MS_{GCA})}{(2 \times MS_{GCA}) + MS_{SCA}}$$

در این رابطه MS_{GCA} و MS_{SCA}، به‌ترتیب میانگین مربعات مربوط به ترکیب‌پذیری عمومی و ترکیب‌پذیری خصوصی می‌باشد. درجه غالبیت با استفاده از رابطه ۱۵ برآورد گردید.

رابطه ۱۵:
$$D = \sqrt{\frac{\sigma_{SCA}^2}{\sigma_{GCA}^2}}$$

درصد وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی به‌ترتیب به‌وسیله روابط ١٦ و ۱۷ محاسبه شدند.

رابطه ١٦:
$$h_b^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_p^2}$$

رابطه ۱۷:
$$h_n^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_p^2}$$

در این روابط h_b^2، σ_G^2، σ_p^2 و h_n^2 به‌ترتیب مربوط به وراثت‌پذیری عمومی، واریانس ژنتیکی، واریانس فنوتیپی و وراثت‌پذیری خصوصی می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج صفات مختلف مرتبط با جوانه‌زنی تحت شرایط آزمایشگاه (جدول ۱) نشان داد که بین تلاقی‌ها از نظر ظرفیت جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی، بذرهای مغزدار جوانه‌نزده، بذر پوک و وزن هزار دانه تفاوت قابل ملاحظه‌ای در سطح احتمال یک درصد وجود داشت؛ به عبارت دیگر، هیبریدهای حاصل از تلاقی‌ها از نظر صفات مزبور دارای تنوع بودند، لذا می‌توان از بین این هیبریدها برای صفات مورد نظر گزینش انجام داد. پس از تأیید تنوع میان هیبریدها، با استفاده از روش تجزیه لاین- تستر واریانس تلاقی‌ها به اجزای واریانس لاین، تستر و برهمکنش لاین- تستر تفکیک شد (جدول ۱). لاین برای صفات ظرفیت جوانه‌زنی و یکنواختی جوانه‌زنی در سطح احتمال پنج درصد و برای صفات بذر پوک و وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری داشت. میانگین مربعات تستر برای سرعت جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی، بذر پوک و وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد. برهمکنش لاین- تستر تفاوت معنی‌داری را برای صفت میانگین زمان جوانه‌زنی در سطح احتمال پنج درصد و برای دو صفت بذر پوک و وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد در پی داشت که نشان می‌دهد در بیان و توارث این صفات اثرات افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها به‌صورت توأم دخالت دارند. با توجه به معنی‌داری نبودن برهمکنش لاین- تستر برای سایر صفات مشخص می‌شود که در کنترل ژنتیکی این صفات ژن‌های با اثر غیرافزایشی نقشی بر عهده نداشته‌اند و نظر به معنی‌داری اثر ترکیب‌پذیری عمومی لاین و یا تستر برای صفات مذکور، صرفاً ژن‌هایی با اثر افزایشی دخالت دارند (۳۱). از آنجایی که کیفیت بذر، یکی از مهم‌ترین مشکلات در اصلاح و تهیه بذر چغندرقند است،

بنابراین تعیین یک شاخص جامع می‌تواند در تهیه بذرهای با رشد و استاندارد بالا مفید باشد (۳۲).

نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف اندازه‌گیری‌شده در شرایط گلخانه، حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار بین تلاقی‌ها به لحاظ صفات ظرفیت ظهور گیاهچه، سرعت ظهور گیاهچه، ضریب سرعت ظهور گیاهچه، میانگین زمان ظهور گیاهچه و وزن ماده خشک تک گیاهچه در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۲). اثر لاین تنها بر ظرفیت ظهور گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. عامل تستر تأثیر معنی‌داری بر تمامی صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد داشت. برهمکنش لاین- تستر فقط برای ظرفیت ظهور گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). از آنجایی که برهمکنش لاین- تستر بغیر از ظرفیت ظهور گیاهچه، برای مابقی صفات معنی‌دار نبود، می‌توان استنباط نمود که اثرات غیرافزایشی در کنترل این صفات سهمی نداشتند، اما در کنترل ظرفیت ظهور گیاهچه هر دو اثر افزایشی و غیرافزایشی نقش دارند. از سوی دیگر در حالی که اثر لاین نیز برای صفات مذکور غیرمعنی‌دار بود، اما اثر تستر معنی‌دار بود؛ نشان می‌دهد تنوع مشاهده شده در هیبریدها از نظر این صفات غالباً توسط تستر (پایه مادری) ایجاد شده است. در مجموع می‌توان بیان داشت که انتخاب یک تستر مطلوب برای استفاده در تهیه هیبرید باید با توجه به اهداف برنامه اصلاحی و نوع عملکرد ژن کنترل‌کننده صفات مدنظر تعیین شود. انتخاب بذور با جوانه‌زنی سریع و یکنواخت و کشت این بذور با کیفیت، کلید موفقیت تولید محصول است، اما هم عوامل محیطی و هم بیولوژیکی می‌تواند کیفیت بذر را کاهش دهد؛ بنابراین تشخیص و شناسایی عامل‌های بیوفیزیکی، بیوشیمیایی و ژنتیکی قدرت بذر در جهت تحمل تنش‌های محیطی و همچنین فهم و درک بهتر از کیفیت بذر، راهنمای خوبی در استفاده از روش‌های اصلاحی به‌منظور تولید بذور با کیفیت بالا است (۳۳).

برآورد سهم لاین، تستر و برهمکنش میان آن‌ها از تنوع هیبریدها نشان داد که بیشترین میزان تنوع در تلاقی‌ها از نظر صفات آزمایشگاهی، ظرفیت جوانه‌زنی و درصد بذر پوک و از نظر صفات گلخانه‌ای، ظرفیت ظهور گیاهچه و وزن خشک تک گیاهچه ناشی از تنوع میان لاین‌های آزمایشی می‌باشد. به بیان بهتر، لاین‌های پدری دارای تنوع زیادی از نظر این صفات بودند و بخش زیادی از بیان صفات مذکور را در اختیار داشتند. در خصوص صفات آزمایشگاهی، سرعت جوانه‌زنی و وزن هزار دانه و صفت سرعت ظهور گیاهچه نتایج متفاوتی به‌دست آمد، به‌طوری‌که بخش قابل توجهی از این صفت تحت کنترل والد مادری (تستر) قرار داشت. شاید بتوان نتیجه گرفت که سرعت جوانه‌زنی تحت تأثیر پریکارپ بذر چغندرقند می‌باشد که آن نیز از رشد دیواره تخمدان ناشی می‌شود. سهم برهمکنش لاین- تستر از تنوع تلاقی‌ها در صفات آزمایشگاهی یکنواختی جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی و بذر جوانه‌نزده و صفات گلخانه‌ای میانگین زمان ظهور گیاهچه و ضریب سرعت ظهور گیاهچه بیش از سهم لاین و تستر بود. لذا با توجه به اهداف اصلاحی برای صفات مذکور، باید ضمن گزینش لاین مناسب، برهمکنش آن با والد مادری مدنظر قرار گیرد تا هیبریدهای مطلوبی به دست آید.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در شرایط آزمایشگاه در ژنوتیپ‌های چغندرقند بر اساس تجزیه لاین× تستر

Table 1. Analysis of variance for laboratory characters in sugar beet genotypes by line× tester

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	ظرفیت جوانه‌زنی Germination capacity	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	یکنواختی جوانه‌زنی Germination uniformity	میانگین زمان جوانه‌زنی Mean germination time	بذر مغزدار جوانه‌نزده Non germinated filled cluster	بذر پوک Empty cluster	وزن هزار دانه 1000 seed weight
تکرار Replication	3	221.15**	0.00**	341.81**	3.95**	20.21**	3.32^{ns}	0.02^{ns}
تلاقی Crosses	32	16.38**	0.00**	170.41^{ns}	0.94**	7.09**	222.41**	0.48**
لاین Line	10	30.75*	0.00^{ns}	191.59*	0.68^{ns}	7.58^{ns}	321.35**	0.36**
تستر Tester	2	1.94^{ns}	0.00**	186.75^{ns}	3.54**	11.96^{ns}	1008.05**	3.21**
برهمکنش لاین× تستر Lines × Testers	20	10.64^{ns}	0.00^{ns}	158.19^{ns}	0.80*	6.36^{ns}	94.37**	0.27**
خطا Error	96	8.78	0.00	87.02	0.32	3.66	13.54	0.04
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (%)		3.17	11.73	12.87	15.02	6.81	20.15	2.45
سهم لاین Contribution of line		58.65	18.54	35.13	22.64	33.40	45.15	23.53
سهم تستر Contribution of tester		0.74	54.52	6.85	23.59	10.54	28.33	41.34
سهم برهمکنش لاین× تستر Contribution of line× tester		40.61	26.94	58.02	53.77	56.06	26.52	35.13

*, ** and ns: Significant at 5 percent, 1 percent and non- significant.

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیر معنی‌دار.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در شرایط گلخانه در ژنوتیپ‌های چغندرقند بر اساس تجزیه لاین× تستر

Table 2. Analysis of variance for greenhouse characters in sugar beet genotypes by line× tester

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	ظرفیت ظهور گیاهچه Seedling emergence capacity	سرعت ظهور گیاهچه Seedling emergence rate	میانگین زمان ظهور گیاهچه Mean Seedling emergence time	ضریب سرعت ظهور گیاهچه Coefficient velocity of seedling emergence	وزن خشک تک گیاهچه Mean shoot dry weight
تکرار Replication	3	113.37**	0.00**	16.42**	0.01**	44.21**
تلاقی Crosses	32	189.49**	0.00**	2.62**	0.00**	2.10**
لاین Line	10	346.03**	0.00^{ns}	1.89^{ns}	0.00^{ns}	2.85^{ns}
تستر Tester	2	392.83**	0.00**	11.30**	0.00**	9.77**
برهمکنش لاین× تستر Lines × Testers	20	90.88**	0.00^{ns}	2.12^{ns}	0.00^{ns}	0.95^{ns}
خطا Error	96	28.30	0.00	0.80	0.00	0.88
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (%)		7.24	5.46	14.34	12.35	9.10
سهم لاین Contribution of line		57.07	21.72	22.58	26.68	42.43
سهم تستر Contribution of tester		12.96	56.99	26.93	31.74	29.06
سهم برهمکنش لاین× تستر Contribution of line× tester		29.98	21.28	50.49	41.59	28.52

*, ** and ns: Significant at 5 percent, 1 percent and non- significant.

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیر معنی‌دار.

نتایج به‌دست‌آمده برای پارامترهای ژنتیکی مختلف مؤید آن بود که در تمامی صفات مورد مطالعه در آزمایشگاه و گلخانه سهم واریانس غیرافزایشی بیشتر از واریانس افزایشی بود؛ واریانس‌های ناشی از ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی نیز این موضوع را تأیید کردند و نشان دادند که برای همه صفات، ترکیب‌پذیری عمومی کم‌تر از واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی است که بیانگر برتری اثر غیرافزایشی ژن‌های کنترل‌کننده این صفات است. نسبت بیکر، اثرات افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها را به شکل آشکارتری نشان می‌دهد؛ به‌طوری‌که اگر این نسبت برای صفتی برابر یک باشد، به مفهوم آن است که آن صفت به‌صورت کامل توسط اثرات افزایشی ژن‌ها کنترل می‌گردد. در صورتی که این نسبت، برابر ۰/۵ برآورد شود، نشان‌دهنده برابری اثرات افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل صفت می‌باشد. چنانچه این نسبت به پایین‌تر از ۰/۵ کاهش یابد، مبین نقش مؤثرتر و مهم‌تر اثرات غیرافزایشی (غالبیت، فوق غالبیت و اپیستازی) در کنترل صفت است (۳٤). بر اساس این نسبت، اثر غیرافزایشی ژن‌ها نقش بیشتری در کنترل تمامی صفات آزمایشگاهی و گلخانه بجز سرعت ظهور گیاهچه و وزن خشک تک گیاهچه دارند، زیرا مقادیر پایینی از این نسبت را به خود اختصاص داده‌اند (جداول ۳ و ٤)؛ اما در کنترل سرعت ظهور گیاهچه سهم اثرات افزایشی ژن‌ها بیشتر از اثر غیرافزایشی بود و در کنترل وزن خشک تک گیاهچه تا حدودی هر دو اثر افزایشی و غیرافزایشی سهم یکسانی داشتند. کاسیس و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که در تمامی صفات کمّی و کیفی چغندرقند، اثر غیرافزایشی ژن‌ها دخالت بیشتری دارد (۲۵). صارمی‌راد و مصطفوی (۲۰۱۸) به‌منظور تعیین میزان دخالت هر یک از اثرات افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل صفات مختلف از نسبت بیکر استفاده نمودند و بیان کردند که اثرات افزایشی در کنترل برخی صفات سهم بیشتری دارند (۳۵).

مقادیر درجه غالبیت تمامی صفات آزمایشگاهی و گلخانه بجز سرعت ظهور گیاهچه و وزن خشک تک گیاهچه بالاتر از عدد یک بود که نشان‌دهنده اثر فوق غالبیت در این صفات است. اگرچه در صفت وزن خشک تک گیاهچه واریانس افزایشی بر واریانس غالبیت چیرگی داشت، اما درجه غالبیت این صفت نزدیک به یک بود که بیانگر غالبیت کامل در این صفت می‌باشد. این موضوع نشان می‌دهد که علاوه بر چیرگی واریانس افزایشی بر واریانس غالبیت، این صفت تحت تأثیر اثر غالبیت ژنی نیز قرار دارد، لذا مطلوب است که به‌منظور بهبود کیفیت بذر عملکرد با تولید ارقام هیبرید و بهره‌گیری از پدیده هتروزیس از این اثرات بهره برد. درجه غالبیت سرعت ظهور گیاهچه پایین‌تر از یک بود که حاکی از غالبیت ناقص در این صفت است. وراثت‌پذیری عمومی صفات در شرایط آزمایشگاه از ۱۷/۷۸ تا ۷۹/٤۱ درصد متغیر بود (جدول ۳). وراثت‌پذیری عمومی صفات مورد مطالعه در آزمایشگاه و گلخانه بجز درصد بذر پوک و وزن هزار دانه به‌طور کلی متوسط به پایین بود که نشان می‌دهد اهمیت واریانس ژنتیکی پایین است. وراثت‌پذیری خصوصی در واکنش صفات به انتخاب در سطح اینبرد دخیل است. از آنجایی که وراثت‌پذیری خصوصی نسبت واریانس افزایشی به واریانس ژنتیکی را به نمایش می‌گذارد، لذا در پیشبرد اهداف اصلاحی از نظر گزینش دارای اهمیت زیادی است. وراثت‌پذیری تمامی صفات تحت مطالعه پایین بود که علت آن می‌تواند ناشی از تأثیر اثرات غیرافزایشی ژن‌ها باشد. عباسی و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که سهم واریانس غالبیت برای عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و عملکرد شکر سفید نسبت به واریانس افزایشی بیشتر است و به‌طور کلی

وراثت‌پذیری خصوصی صفات فیزیولوژیکی در شرایط تنش شوری بالا می‌باشد، اما برای صفات عملکردی عکس این موضوع صدق می‌کند (۳۶). طبق نتایج آن‌ها ترکیب‌پذیری عمومی برای صفات عملکردی، روند ناسازگاری را در شرایط نرمال و تنش داشت؛ بنابراین هر دو ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای عملکرد هر یک از هیبریدها مهم هستند.

معنی‌داری اثرات لاین و تستر حاکی از اثر افزایشی ژن‌ها می‌باشد. مقادیر قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی معنی‌دار برای لاین و تستر در صفات آزمایشگاهی و گلخانه‌ای به‌ترتیب در جداول ۵ و ٦ ارائه شده است. دامنه تغییرات قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها برای ظرفیت جوانه‌زنی بین ۲/۱۹- برای لاین 970097 تا ۲/٦۷ برای لاین 970023 متغیر بود. قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی دو لاین 970023 و 970100 برای صفت مذکور در جهت مثبت به‌ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار گردید. استفاده از این لاین‌ها به‌عنوان بهترین ترکیب‌شونده عمومی، سهم واریانس افزایشی و بازده گزینش را افزایش خواهد داد؛ بنابراین می‌توان برای افزایش درصد جوانه‌زنی در برنامه‌های اصلاحی مبتنی بر گزینش از این لاین‌هایی که دارای قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مثبت هستند، استفاده کرد. همچنین می‌توان از این لاین‌ها جهت افزایش ژن‌هایی با اثر افزایشی و بهره‌برداری از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی سود جست. لاین‌های 970095 و 970097 برای صفت ظرفیت جوانه‌زنی در جهت منفی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بودند؛ بنابراین این لاین‌ها باعث کاهش قابل ملاحظه‌ای در میزان صفت مزبور می‌گردند. در میان سه تستر مورد استفاده به لحاظ صفات مذکور تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، اما آنچه مسلم است این است که تستر 7112-474*-36-6 بر روی ظرفیت جوانه‌زنی اثر مثبت و دو تستر دیگر اثر منفی بر جای می‌گذارند. برای سرعت جوانه‌زنی، لاین‌های 970038 و 970100 و هر سه تستر آزمایشی قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری نشان دادند. به‌کارگیری لاین‌ها و تسترهای مذکور در برنامه‌های اصلاحی سبب خواهد شد تا میزان سرعت جوانه‌زنی به مقدار قابل توجهی افزایش یابد. به‌کارگیری لاین 970097 در برنامه‌های اصلاحی نظر به اینکه قابلیت ترکیب‌پذیری مثبت و معنی‌داری دارد، سبب خواهد شد تا یکنواختی جوانه‌زنی افزایش یابد، اما در مقابل استفاده از لاین 970095 این صفت را با کاهش مواجه می‌سازد. برای صفت میانگین زمان جوانه‌زنی لاین 970097 قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و لاین 970031 ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد نشان داد.

لاین 970097 سبب شد تا میانگین زمان جوانه‌زنی با کاهش مواجه گردد. تسترهای 7112-36-6*474 و MS KWS از نظر صفت مذکور قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد در خلاف جهت یکدیگر داشتند، به‌طوری که تستر 7112-36-6*474 با اثر منفی که داشت سبب کاهش میانگین زمان جوانه‌زنی و تستر MS KWS با اثر مثبت باعث افزایش میانگین زمان جوانه‌زنی شد. در خصوص بذرهای جوانه‌نزده، لاین 970095 از قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری در سطوح احتمال پنج درصد و لاین 970023 و تستر 7112-36-6*474 از قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد برخوردار بودند.

جدول ۳- مقادیر پارامترهای ژنتیکی صفات اندازه‌گیری شده در شرایط آزمایشگاه در ژنوتیپ‌های چغندرقند بر اساس روش تجزیه لاین- تستر

Table 3. Values of genetical parameters for different laboratory characters in sugar beet genotypes by line× tester

مؤلفه‌های واریانس Variance component	ظرفیت جوانه‌زنی Germination capacity	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	یکنواختی جوانه‌زنی Germination uniformity	میانگین زمان جوانه‌زنی Mean germination time	بذر مغزدار جوانه‌نزده Non germinated filled cluster	بذر پوک Empty cluster	وزن هزار دانه 1000 seed weight
واریانس افزایشی δ_A^2	0.15	0.00	0.31	0.00	0.02	3.28	0.01
واریانس غالبیت δ_D^2	0.47	0.00	17.79	0.12	0.67	20.21	0.06
واریانس ترکیب‌پذیری عمومی δ_{GCA}^2	0.07	0.00	0.16	0.00	0.01	1.64	0.00
واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی δ_{SCA}^2	0.47	0.00	17.79	0.12	0.67	20.21	0.06
نسبت بیکر Baker ratio	0.24	0.24	0.02	0.03	0.03	0.14	0.09
درجه عالبیت Degree of dominance	2.51	2.52	10.66	8.47	8.48	3.51	4.55
وراثت‌پذیری عمومی h_b^2	17.78	43.38	19.33	32.04	18.93	79.41	69.81
وراثت‌پذیری خصوصی h_n^2	1.38	3.36	0.29	0.70	0.41	4.99	3.47

جدول ٤- مقادیر پارامترهای ژنتیکی صفات اندازه‌گیری شده در شرایط گلخانه در ژنوتیپ‌های چغندرقند بر اساس روش تجزیه لاین- تستر

Table 4. Values of genetical parameters for different greenhouse characters in sugar beet genotypes by line× tester

مؤلفه‌های واریانس Variance component	ظرفیت ظهور گیاهچه Seedling emergence capacity	سرعت ظهور گیاهچه Seedling emergence rate	میانگین زمان ظهور گیاهچه Mean Seedling emergence time	ضریب سرعت ظهور گیاهچه Coefficient velocity of seedling emergence	وزن خشک تک گیاهچه Mean shoot dry weight
واریانس افزایشی δ_A^2	2.53	0.00	0.01	0.00	0.03
واریانس غالبیت δ_D^2	15.65	0.00	0.33	0.00	0.02
واریانس ترکیب‌پذیری عمومی δ_{GCA}^2	1.26	0.00	0.01	0.00	0.01
واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی δ_{SCA}^2	15.65	0.00	0.33	0.00	0.02
نسبت بیکر Baker ratio	0.14	0.91	0.04	0.08	0.61
درجه غالبیت Degree of dominance	3.52	0.43	7.14	4.75	1.14
وراثت‌پذیری عمومی h_b^2	58.74	33.25	36.28	39.29	25.64
وراثت‌پذیری خصوصی h_n^2	3.69	3.38	1.03	1.87	2.47

لاین‌های 970038، 970023، 970014 و 970100 برای صفت بذر پوک قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی منفی معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان دادند. این لاین‌ها سبب شدند تا پوکی بذر با کاهش مواجه گردد، اما در مقابل لاین‌های 970097، 970098، 970031 و 970095 با توجه به قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار، پوکی بذر را افزایش دادند. تسترهای آزمایشی از نظر صفت مذکور قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند، به‌طوری که تستر MS KWS و 7112*SB36 با اثر منفی که داشتند سبب کاهش پوکی بذر و تستر 6-36-7112*474 با اثر مثبت باعث افزایش پوکی بذر شد. در خصوص وزن هزار دانه لاین‌های 970094، 970014 و 970031 و تسترهای 7112*SB36 و MS KWS دارای قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و لاین‌های 970098، 970038 و 970023 و تستر 6-36-7112*474 دارای قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌داری در سطوح احتمال یک و پنج درصد بودند. در آزمایش گلخانه‌ای، در رابطه با صفت ظرفیت ظهور گیاهچه لاین‌های 970100، 970023 و 970038 و تستر MS KWS دارای قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری در سطوح احتمال یک و پنج درصد بودند. در مقابل آن‌ها لاین‌های 970095، 970097، 970031 و 970098 و تستر 6-36-7112*474 قرار داشتند که دارای قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌داری در سطوح احتمال یک و پنج درصد بودند. برای سرعت ظهور گیاهچه، لاین‌های 970038 و 970100 و هر سه تستر آزمایشی قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری نشان دادند. به‌کارگیری لاین‌ها و تسترهای مذکور در برنامه‌های اصلاحی سبب خواهد شد تا میزان سرعت ظهور گیاهچه به مقدار قابل توجهی افزایش پیدا کند. نتایج دو صفت میانگین زمان ظهور گیاهچه و ضریب سرعت ظهور گیاهچه عکس یکدیگر بود. به‌نحوی که لاین‌های 970013 و 970095 و تستر MS KWS قابلیت ترکیب‌پذیری مثبت و معنی‌داری برای میانگین زمان ظهور گیاهچه و منفی و معنی‌داری برای ضریب سرعت ظهور گیاهچه داشتند. تستر 6-36-7112*474 برای میانگین زمان ظهور گیاهچه قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار و برای ضریب سرعت ظهور گیاهچه قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار نشان داد. یکنواختی در رسیدگی در زمان برداشت ریشه‌ها، تولید ریشه‌های هم اندازه جهت برداشت مکانیزه، مستقیما به ظهور گیاهچه یکنواخت در مزرعه وابسته است. ازاین‌رو هم‌زمانی جوانه‌زنی، اولین مرحله ضروری برای رسیدن به رشد و نمو یکنواخت گیاه می‌باشد (۳۷). برای وزن خشک تک گیاهچه، لاین 970098 دارای قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و لاین‌های 970100 و 970023 دارای قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌داری در سطوح احتمال یک و پنج درصد بودند. در خصوص تسترها دو تستر 6-36-7112*474 و 7112*SB36 در مقابل یکدیگر قرار داشتند. این تقابل به‌گونه‌ای بود که تستر 6-36-7112*474 دارای قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بود و افزایش وزن خشک را باعث می‌گردید، اما تستر 7112*SB36 دارای قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بود و کاهش وزن خشک را به همراه داشت. نظر به اینکه قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مبین اثرات افزایشی ژن‌ها است، بنابراین والدهایی که از قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی بالایی برخوردارند، اثر افزایشی زیادی نیز به همراه دارند که می‌توان از آن‌ها در تولید

ارقام سینتتیک بهره برد. از سوی دیگر این والدها می‌توانند از طریق گزینش مکرر در توسعه لاین‌های اینبرد و نیز به‌عنوان تستر برای ارزیابی لاین‌های اینبرد جدید استفاده شوند (۳۸).

برای صفت ظرفیت جوانه‌زنی قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی هیبرید حاصل از تلاقی لاین 970097 و تستر 7112*SB36 مثبت و معنی‌دار و برای صفت سرعت جوانه‌زنی قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی هیبرید حاصل از تلاقی مذکور منفی و معنی‌دار برآورد شد. در خصوص یکنواختی جوانه‌زنی هیبرید حاصل از تلاقی 970082 و MS KWS دارای ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و هیبریدهای 970082×SB36*7112 و MS KWS×970031 دارای ترکیب‌پذیری خصوصی منفی و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بودند(جدول ۷). جوانه‌زنی سریع و یکنواخت بذر چغندرقند منتج به ظهور گیاهچه سریع‌تر و یکنواخت تر و در نهایت افزایش عملکرد می‌شود. رابطه نزدیکی بین سرعت جوانه‌زنی در آزمایشگاه و ظهور گیاهچه در مزرعه وجود دارد. یکنواختی ظهور گیاهچه در زراعت چغندرقند، علاوه بر ظرفیت ظهور گیاهچه بر عملکرد کمّی و کیفی نهایی محصول بسیار مهم است. همبستگی معنی داری بین ظرفیت جوانه‌زنی در آزمایشگاه و ظرفیت ظهور گیاچه در مزرعه و یکنواختی جوانه‌زنی در آزمایشگاه و ظرفیت ظهور گیاهچه در مزرعه گزارش شده است (۳۹). در خصوص میانگین زمان جوانه‌زنی در میان تلاقی‌های والدینی تنها چهار تلاقی 970031×SB36*7112، 970098×SB36*7112، MS KWS×970094 و MS KWS×970031 ترکیب‌پذیری خصوصی معنی‌داری نشان دادند که در این بین سه تلاقی اول در جهت مثبت و تلاقی چهارم در جهت منفی بود. در خصوص بذر جوانه‌نزده هیبریدهای 970097×SB36*7112، 970014×6-36-7112*474 و MS KWS×970013 از ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد برخوردار بود. قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی هیبریدهای 970098×6-36-7112*474، 970038×SB36*7112، 970082×6-36-7112*474، MS KWS×970097، 970013×6-36-7112*474 و MS KWS×970100 برای صفت پوکی بذر مثبت و معنی‌دار و قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی هیبریدهای 970038×6-36-7112*474، MS KWS×970098، 970097×SB36*7112 و MS KWS×970082 منفی و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بودند. در خصوص وزن هزار دانه تلاقی‌های 970038×6-36-7112*474، MS KWS×970098، 970095×6-36-7112*474، 970014×-36-7112*474 6 و MS KWS×970097 دارای قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌داری در سطوح احتمال یک و پنج درصد و تلاقی‌های 970098×6-36-7112*474، 970097×6-36-7112*474، MS KWS×970038، 970095×SB36*7112 و MS KWS×970100 دارای قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی منفی و معنی‌داری در سطوح احتمال یک و پنج درصد بودند (جدول ۷). برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی برای صفات یادداشت‌برداری‌شده در گلخانه نشان داد که از نظر ظرفیت ظهور گیاهچه تلاقی‌های 970038×6-36-7112*474، 970098×SB36*7112 و MS KWS×970094 دارای قابلیت ترکیب مثبت و معنی‌دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد و تلاقی‌های 970098×6-36-7112*474 و 970038×SB36*7112 دارای قابلیت ترکیب منفی و معنی‌داری به‌ترتیب در سطوح احتمال پنج درصد هستند.

جدول ۵- برآورد مقادیر قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترهای چغندرقند برای صفات اندازه‌گیری شده در شرایط آزمایشگاه بر اساس روش تجزیه لاین- تستر

Table 5. Estimate of general combining ability (GCA) effects of lines and testers for different laboratory characters in sugar beet genotypes by line× tester

لاین/تستر Line/Tester	ظرفیت جوانه‌زنی Germination capacity	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	یکنواختی جوانه‌زنی Germination uniformity	میانگین زمان جوانه‌زنی Mean germination time	بذر مغزدار جوانه‌نزده Non germinated filled cluster	بذر پوک Empty cluster	وزن هزار دانه 1000 seed weight
				لاین Line			
970031	-1.51^{ns}	0.00^{ns}	4.95^{ns}	0.39*	-0.68^{ns}	3.24**	0.15*
970013	-1.01^{ns}	0.00^{ns}	-2.36^{ns}	-0.01^{ns}	0.73^{ns}	2.08^{ns}	0.05^{ns}
970095	-1.97*	0.00^{ns}	-6.78*	0.10^{ns}	1.15*	2.33*	0.05^{ns}
970097	-2.19*	0.00^{ns}	5.86*	-0.35*	0.15^{ns}	9.58**	-0.06^{ns}
970098	-0.66^{ns}	0.00^{ns}	3.42^{ns}	0.26^{ns}	0.82^{ns}	4.74**	-0.28**
970082	0.31^{ns}	0.00^{ns}	-3.19^{ns}	0.11^{ns}	0.07^{ns}	2.08^{ns}	0.01^{ns}
970094	1.35^{ns}	0.00^{ns}	1.62^{ns}	0.23^{ns}	-0.27^{ns}	-1.67^{ns}	0.30**
970014	0.37^{ns}	0.00^{ns}	2.83^{ns}	-0.12^{ns}	0.73^{ns}	-5.17**	0.20**
970023	2.67**	0.00^{ns}	-0.71^{ns}	-0.24^{ns}	-1.27*	-5.76**	-0.16*
970100	1.84*	0.00*	-3.24^{ns}	-0.15^{ns}	-0.85^{ns}	-5.01**	-0.07^{ns}
970038	0.81^{ns}	0.00**	-2.40^{ns}	-0.22^{ns}	-0.60^{ns}	-6.42**	-0.18**
خطای استاندارد Standard error	0.86	0.00	2.69	0.16	0.55	1.06	0.06
				تستر Tester			
7112*SB36	-0.05^{ns}	0.00**	-1.68^{ns}	0.14^{ns}	0.36^{ns}	-2.21**	0.19**
474*7112-36-6	0.23^{ns}	0.00**	-0.62^{ns}	-0.33**	-0.60*	5.49**	-0.31**
MS KWS	-0.18^{ns}	0.00**	2.30^{ns}	0.19*	0.24^{ns}	-3.28**	0.12**
خطای استاندارد Standard error	0.45	0.00	1.41	0.09	0.29	0.55	0.03

*, ** and ns: Significant at 5 percent, 1 percent and non- significant.

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیر معنی‌دار.

جدول ٦- برآورد مقادیر قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترهای چغندرقند برای صفات اندازه‌گیری شده در شرایط گلخانه بر اساس روش تجزیه لاین- تستر

Table 6. Estimate of general combining ability (GCA) effects of lines and testers for greenhouse characters in sugar beet genotypes by line× tester

لاین/تستر Line/Tester	ظرفیت ظهور گیاهچه Seedling emergence capacity	سرعت ظهور گیاهچه Seedling emergence rate	میانگین زمان ظهور گیاهچه Mean Seedling emergence time	ضریب سرعت ظهور گیاهچه Coefficient velocity of seedling emergence	وزن خشک تک گیاهچه Mean shoot dry weight
			لاین Line		
970031	-3.71*	0.00^{ns}	0.25^{ns}	0.00^{ns}	0.37^{ns}
970013	-1.86^{ns}	0.00^{ns}	0.69**	-0.02**	-0.09^{ns}
970095	-7.88**	0.00**	0.67**	-0.02**	0.10^{ns}
970097	-7.09**	0.00^{ns}	0.09^{ns}	0.00^{ns}	0.21^{ns}
970098	-3.25*	0.00^{ns}	-0.35^{ns}	0.01^{ns}	0.91**
970082	1.94^{ns}	0.00^{ns}	-0.05^{ns}	0.00^{ns}	0.01^{ns}
970094	-0.56^{ns}	0.00^{ns}	-0.41^{ns}	0.01^{ns}	0.29^{ns}
970014	1.94^{ns}	0.00^{ns}	0.03^{ns}	0.00^{ns}	-0.17^{ns}
970023	6.80**	0.00^{ns}	-0.22^{ns}	0.01^{ns}	-0.67*
970100	7.35**	0.00^{ns}	-0.30^{ns}	0.01^{ns}	-0.87**
970038	6.33**	0.00^{ns}	-0.40^{ns}	0.01^{ns}	-0.08^{ns}
خطای استاندارد Standard error	1.54	0.00	0.26	0.01	0.27
			تستر Tester		
7112*SB36	1.39^{ns}	0.00**	0.12^{ns}	0.00^{ns}	-0.28*
474*7112-36-6	-3.43**	0.00**	-0.56**	0.01**	0.54**
MS KWS	2.04*	0.00**	0.44**	-0.01**	-0.26^{ns}
خطای استاندارد Standard error	0.80	0.00	0.13	0.00	0.14

*, ** and ns: Significant at 5 percent, 1 percent and non- significant.

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیر معنی‌دار.

جدول ۷- برآورد مقادیر قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی هیبریدهای چغندرقند برای صفات اندازه‌گیری شده در شرایط آزمایشگاه بر اساس روش تجزیه لاین- تستر

Table 7. Estimate of specific combining ability (SCA) effects of hybrids for different laboratory characters in sugar beet genotypes by line× tester

لاین× تستر Line× Tester	ظرفیت جوانه‌زنی Germination capacity	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	یکنواختی جوانه‌زنی Germination uniformity	میانگین زمان جوانه‌زنی Mean germination time	بذر مغزدار جوانه‌نزده Non germinated filled cluster	بذر پوک Empty cluster	وزن هزار دانه 1000 seed weight
970031 ×7112*SB36	-0.84^{ns}	0.00^{ns}	3.42^{ns}	0.62*	0.23^{ns}	1.46^{ns}	0.06^{ns}
970031 ×474*7112-36-6	-0.82^{ns}	0.00^{ns}	6.46^{ns}	0.32^{ns}	-0.32^{ns}	-1.24^{ns}	-0.20^{ns}
970031 ×MS KWS	1.66^{ns}	0.00^{ns}	-9.89*	-0.94**	0.09^{ns}	-0.22^{ns}	0.14^{ns}
970013 ×7112*SB36	0.48^{ns}	0.00^{ns}	3.25^{ns}	-0.11^{ns}	-0.69^{ns}	-2.37^{ns}	0.01^{ns}
970013 ×474*7112-36-6	1.47^{ns}	0.00^{ns}	2.36^{ns}	-0.22^{ns}	-1.23^{ns}	4.92**	0.13^{ns}
970013 ×MS KWS	-1.95^{ns}	0.00^{ns}	-5.61^{ns}	0.33^{ns}	1.92*	-2.55^{ns}	-0.14^{ns}
970095 ×7112*SB36	-0.66^{ns}	0.00^{ns}	-6.93^{ns}	-0.55^{ns}	0.39^{ns}	-0.87^{ns}	-0.24*
970095 ×474*7112-36-6	-0.74^{ns}	0.00^{ns}	-0.03^{ns}	0.51^{ns}	-0.15^{ns}	-2.08^{ns}	0.30**
970095 ×MS KWS	1.40^{ns}	0.00^{ns}	6.97^{ns}	0.03^{ns}	-0.24^{ns}	2.95^{ns}	-0.06^{ns}
970097 ×7112*SB36	-3.27*	0.00*	7.29^{ns}	0.10^{ns}	2.89**	-4.37**	0.15^{ns}
970097 ×474*7112-36-6	2.01^{ns}	0.00^{ns}	-5.51^{ns}	0.06^{ns}	-1.15^{ns}	-0.58^{ns}	-0.37**
970097 ×MS KWS	1.25^{ns}	0.00^{ns}	-1.78^{ns}	-0.16^{ns}	-1.74^{ns}	4.95**	0.21*
970098 ×7112*SB36	0.09^{ns}	0.00^{ns}	2.67^{ns}	0.60*	-0.02^{ns}	-3.04^{ns}	0.09^{ns}
970098 ×474*7112-36-6	0.08^{ns}	0.00^{ns}	-0.54^{ns}	-0.21^{ns}	-0.82^{ns}	8.76**	-0.44**
970098 ×MS KWS	-0.18^{ns}	0.00^{ns}	-2.13^{ns}	-0.39^{ns}	0.84^{ns}	-5.72**	0.35**
970082 ×7112*SB36	0.83^{ns}	0.00^{ns}	-11.65*	0.32^{ns}	-0.52^{ns}	-1.12^{ns}	-0.01^{ns}
970082 ×474*7112-36-6	0.03^{ns}	0.00^{ns}	2.33^{ns}	-0.29^{ns}	-0.07^{ns}	5.17**	0.02^{ns}
970082 ×MS KWS	-0.86^{ns}	0.00^{ns}	9.32*	-0.03^{ns}	0.59^{ns}	-4.05**	-0.01^{ns}
970094 ×7112*SB36	2.20^{ns}	0.00^{ns}	5.66^{ns}	-0.41^{ns}	-0.94^{ns}	2.38^{ns}	0.14^{ns}
970094 ×474*7112-36-6	-0.18^{ns}	0.00^{ns}	-4.72^{ns}	-0.16^{ns}	0.27^{ns}	-0.33^{ns}	-0.15^{ns}
970094 ×MS KWS	-2.02^{ns}	0.00^{ns}	-0.95^{ns}	0.58*	0.67^{ns}	-2.05^{ns}	0.01^{ns}
970014 ×7112*SB36	0.77^{ns}	0.00^{ns}	6.09^{ns}	-0.37^{ns}	-1.69^{ns}	2.63^{ns}	-0.09^{ns}
970014 ×474*7112-	-1.26^{ns}	0.00^{ns}	-4.33^{ns}	0.00^{ns}	2.02*	-2.58^{ns}	0.23*

36-6							
970014 ×MS KWS	0.49^{ns}	0.00^{ns}	-1.75^{ns}	0.37^{ns}	-0.33^{ns}	-0.05^{ns}	-0.14^{ns}
970023 ×7112*SB36	-0.41^{ns}	0.00^{ns}	-3.07^{ns}	-0.08^{ns}	0.56^{ns}	0.96^{ns}	-0.20^{ns}
970023 ×474*7112-36-6	-0.12^{ns}	0.00^{ns}	-0.08^{ns}	0.13^{ns}	0.27^{ns}	0.26^{ns}	0.08^{ns}
970023 ×MS KWS	0.53^{ns}	0.00^{ns}	3.15^{ns}	-0.05^{ns}	-0.83^{ns}	-1.22^{ns}	0.11^{ns}
970100 ×7112*SB36	1.67^{ns}	0.00^{ns}	-3.44^{ns}	-0.30^{ns}	-0.36^{ns}	-2.29^{ns}	0.25*
970100 ×474*7112-36-6	0.26^{ns}	0.00^{ns}	2.55^{ns}	-0.12^{ns}	0.60^{ns}	-2.49^{ns}	-0.03^{ns}
970100 ×MS KWS	-1.93^{ns}	0.00^{ns}	0.89^{ns}	0.41^{ns}	-0.24^{ns}	4.78**	-0.22*
970038 ×7112*SB36	-0.87^{ns}	0.00^{ns}	-3.29^{ns}	0.16^{ns}	0.14^{ns}	6.63**	-0.17^{ns}
970038 ×474*7112-36-6	-0.73^{ns}	0.00^{ns}	1.52^{ns}	0.00^{ns}	0.60^{ns}	-9.83**	0.44**
970038 ×MS KWS	1.60^{ns}	0.00^{ns}	1.77^{ns}	-0.15^{ns}	-0.74^{ns}	3.20^{ns}	-0.27*
خطای استاندارد Standard error	1.48	0.00	4.66	0.29	0.96	1.84	0.11

*, ** and ns: Significant at 5 percent, 1 percent and non- significant.

*، ** و **ns** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیر معنی‌دار.

جدول ۸- برآورد مقادیر قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی هیبریدهای چغندرقند برای صفات اندازه‌گیری شده در شرایط گلخانه بر اساس روش تجزیه لاین- تستر

Table 8. Estimate of specific combining ability (SCA) effects of hybrids for greenhouse characters in sugar beet genotypes by line× tester

لاین× تستر Line× Tester	ظرفیت ظهور گیاهچه Seedling emergence capacity	سرعت ظهور گیاهچه Seedling emergence rate	میانگین زمان ظهور گیاهچه Mean Seedling emergence time	ضریب سرعت ظهور گیاهچه Coefficient velocity of seedling emergence	وزن خشک تک گیاهچه Mean shoot dry weight
970031 ×7112*SB36	1.34^{ns}	0.00^{ns}	-0.92*	0.01^{ns}	0.02^{ns}
970031 ×474*7112-36-6	0.88^{ns}	0.00^{ns}	-0.68^{ns}	0.01^{ns}	0.44^{ns}
970031 ×MS KWS	-2.22^{ns}	0.00^{ns}	1.60**	-0.03**	-0.45^{ns}
970013 ×7112*SB36	-2.18^{ns}	0.00^{ns}	0.75^{ns}	-0.01^{ns}	0.33^{ns}
970013 ×474*7112-36-6	4.59^{ns}	0.00^{ns}	-0.73^{ns}	0.02*	-0.13^{ns}
970013 ×MS KWS	-2.41^{ns}	0.00^{ns}	-0.02^{ns}	-0.01^{ns}	-0.19^{ns}
970095 ×7112*SB36	0.92^{ns}	0.00^{ns}	-0.40^{ns}	0.01^{ns}	-0.39^{ns}
970095 ×474*7112-36-6	-3.28^{ns}	0.00^{ns}	0.13^{ns}	0.00^{ns}	0.72^{ns}
970095 ×MS KWS	2.36^{ns}	0.00^{ns}	0.27^{ns}	-0.01^{ns}	-0.33^{ns}
970097 ×7112*SB36	2.63^{ns}	0.00^{ns}	-0.35^{ns}	0.00^{ns}	0.14^{ns}
970097 ×474*7112-36-6	1.21^{ns}	0.00^{ns}	-0.18^{ns}	0.00^{ns}	-0.27^{ns}
970097 ×MS KWS	-3.84^{ns}	0.00^{ns}	0.53^{ns}	-0.01^{ns}	0.13^{ns}
970098 ×7112*SB36	7.82**	0.00^{ns}	-0.06^{ns}	0.00^{ns}	-0.81^{ns}
970098 ×474*7112-36-6	-8.88**	0.00^{ns}	0.23^{ns}	-0.01^{ns}	0.42^{ns}
970098 ×MS KWS	1.06^{ns}	0.00^{ns}	-0.17^{ns}	0.00^{ns}	0.39^{ns}
970082 ×7112*SB36	-0.56^{ns}	0.00^{ns}	1.13*	-0.02*	0.27^{ns}
970082 ×474*7112-36-6	-1.99^{ns}	0.00^{ns}	-0.35^{ns}	0.01^{ns}	-0.11^{ns}
970082 ×MS KWS	2.55^{ns}	0.00^{ns}	-0.79^{ns}	0.02^{ns}	-0.16^{ns}
970094 ×7112*SB36	-3.48^{ns}	0.00^{ns}	0.35^{ns}	-0.01^{ns}	0.53^{ns}
970094 ×474*7112-36-6	-2.40^{ns}	0.00^{ns}	0.01^{ns}	0.00^{ns}	0.28^{ns}
970094 ×MS KWS	5.88*	0.00^{ns}	-0.36^{ns}	0.01^{ns}	-0.81^{ns}
970014 ×7112*SB36	-1.81^{ns}	0.00^{ns}	-0.77^{ns}	0.02^{ns}	-0.11^{ns}
970014 ×474*7112-	-2.40^{ns}	0.00^{ns}	0.59^{ns}	-0.02^{ns}	-0.25^{ns}

36-6					
970014 ×MS KWS	4.21^{ns}	0.00^{ns}	0.18^{ns}	0.00^{ns}	0.36^{ns}
970023 ×7112*SB36	0.41^{ns}	0.00^{ns}	0.47^{ns}	-0.01^{ns}	-0.14^{ns}
970023 ×474*7112-36-6	1.07^{ns}	0.00^{ns}	0.14^{ns}	0.00^{ns}	-0.24^{ns}
970023 ×MS KWS	-1.48^{ns}	0.00^{ns}	-0.60^{ns}	0.02^{ns}	0.38^{ns}
970100 ×7112*SB36	1.11^{ns}	0.00^{ns}	-0.47^{ns}	0.01^{ns}	0.30^{ns}
970100 ×474*7112-36-6	2.60^{ns}	0.00^{ns}	0.66^{ns}	-0.02^{ns}	-0.62^{ns}
970100 ×MS KWS	-3.70^{ns}	0.00^{ns}	-0.19^{ns}	0.01^{ns}	0.32^{ns}
970038 ×7112*SB36	-6.21*	0.00^{ns}	0.27^{ns}	-0.01^{ns}	-0.14^{ns}
970038 ×474*7112-36-6	8.62**	0.00^{ns}	0.18^{ns}	-0.01^{ns}	-0.23^{ns}
970038 ×MS KWS	-2.41^{ns}	0.00^{ns}	-0.45^{ns}	0.01^{ns}	0.37^{ns}
خطای استاندارد Standard error	2.66	0.00	0.45	0.01	0.47

*, ** and ns: Significant at 5 percent, 1 percent and non- significant.

*، ** و **ns** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیر معنی‌دار.

علی‌رغم اهمیت بالای سرعت ظهور گیاهچه، هیچ‌یک از تلاقی‌های بین لاین‌ها و تسترها ترکیب‌پذیری خصوصی معنی‌داری نشان نداد. تلاقی‌های MS KWS×970031 و 7112*SB36×970082 دارای بالاترین ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار برای صفت میانگین زمان ظهور گیاهچه بودند؛ اما تلاقی 7112*SB36×970031 پایین‌ترین ترکیب‌پذیری خصوصی منفی و معنی‌دار را به خود اختصاص داد و ترکیب مناسبی را سبب شد. در خصوص ضریب سرعت ظهور گیاهچه، تلاقی 474*7112-36-6×970013 باعث ایجاد هیبریدهایی می‌شود که ضریب سرعت ظهور بالایی دارند، اما در مقابل تلاقی‌های MS KWS×970031 و 7112*SB36×970082 هیبریدهای با ضریب سرعت ظهور پایینی را تولید می‌نمایند(جدول ۸). دامنه تغییرات وزن خشک تک گیاهچه بین ۰/۸۱- برای تلاقی‌های 7112*SB36×970098 و MS ×970094 KWS تا ۰/۷۲ برای تلاقی 474*7112-36-×970095 6 متغیر بود؛ اما در میان تلاقی‌ها هیچ‌یک از هیبریدها ترکیب‌پذیری خصوصی معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۸). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده گزینش ترکیبات مفید برای تولید هیبریدهای مناسب را اهداف اصلاحی تعیین می‌کنند. از این‌رو با در نظر گرفتن ارزش ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و یا منفی ترکیبات والدینی برای یک صفت می‌توان در افزایش ژن‌هایی با اثر غیرافزایشی جهت تولید هیبرید اقدام نمود.

نتیجه‌گیری کلی

واریانس غیرافزایشی برای اکثریت صفات جوانه‌زنی و سبزشدن بر واریانس افزایشی ارجحیت داشت. درجه غالبیت در تمام صفات جوانه‌زنی در آزمایشگاه و گلخانه (به غیر از سرعت ظهور گیاهچه) بیش از یک بود، که نشان‌دهنده تأثیر بیش از حد ژن‌های کنترل کننده این صفات است. در نتیجه می‌توان از اثرات ژنی غالب این صفات برای تولید بذر هیبرید‌های با کیفیت بالا در جوانه‌زنی استفاده کرد. قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی دو لاین 970023 و 970100 برای ظرفیت جوانه‌زنی، لاین‌های 970038 و 970100 و هر سه تستر آزمایشی برای سرعت جوانه‌زنی، لاین 970097 برای یکنواختی جوانه‌زنی و میانگین زمان جوانه‌زنی، لاین‌های 970038، 970023، 970014 و 970100 و تسترهای MS KWS و 7112*SB36 برای بذر پوک، لاین‌های 970094، 970014 و 970031 و تسترهای 7112*SB36 و MS KWS برای وزن هزار دانه، لاین‌های 970100، 970023 و 970038 و تستر MS KWS برای ظرفیت ظهور گیاهچه، لاین‌های 970038 و 970100 و هر سه تستر آزمایشی برای سرعت ظهور گیاهچه، لاین‌های 970013 و 970095 و تستر MS KWS برای میانگین زمان ظهور گیاهچه و ضریب سرعت ظهور گیاهچه و لاین 970098 و تستر 474*7112-36-6 برای وزن خشک تک گیاهچه مناسب بود.

References

1. Kiprovski, B., Miladinović, J., Koren, A., Malenčić, Đ., & Mikulić-Petkovšek, M. (2019). Black and yellow soybean: Contribution of seed quality to oxidative stress response during plant development. *Genetika-Belgrade*, 51(2), 495-510.
2. Biancardi, E., McGrath, J. M., Panella, L. W., Lewellen, R. T., & Stevanato, P. (2010). Sugar beet. In *Root and tuber crops* (pp. 173-219). Springer.
3. Tugrul, K. M. (2022). *Sugar Beet Seed and Seed Processing*. Scholars Press.
4. Rajjou, L., Duval, M., Gallardo, K., Catusse, J., Bally, J., Job, C., & Job, D. (2012). Seed Germination and Vigor. *Annual review of plant biology*, 63(1), 507-533.

https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042811-105550
5. Chu, C., Poore, R. C., Bolton, M. D., & Fugate, K. K. (2022). Mechanism of Sugar beet Seed Germination Enhanced by Hydrogen Peroxide. *Frontiers in plant science*, 13, 1-18.
6. Battle, J., & Whittington, W. (1969). The influence of genetic and environmental factors on the germination of sugar beet seed. *The Journal of Agricultural Science*, 73(3), 329-335.
7. 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.
8. Taleghani, D., Rajabi, A., Saremirad, A., & Darabi, S. (2024). Estimation of gene action and genetic parameters of some quantitative and qualitative characteristics of sugar beet (*Beta Vulgaris* L.) by line × tester analysis. *Crop Breeding*, 15(48), 201-212. [In Persian]
9. Sharma, J. R. (2006). *Statistical and biometrical techniques in plant breeding*. New Age International.
10. Kempthorne, O. (1957). An introduction to genetic statistics.
11. Amin, M., Amiruzzaman, M., Ahmed, A., & Ali, M. (2014). Evaluation of inbred lines of maize (*Zea mays* L.) through line× tester method. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 39(4), 675-683.
12. Bekele, A., & Rao, T. N. (2013). Heterosis study for grain yield, protein and oil improvement in selected genotypes of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Plant Sciences*, 1(4), 57-63.
13. Elmyhum, M. (2013). Estimation of combining ability and heterosis of quality protein maize inbred lines. *African journal of agricultural research*, 8(48), 6309-6317.
14. Mahesh, N., Wali, M., Gowda, M., Motagi, B., & UPPINAL, N. F. (2014). Genetic analysis of grain yield, starch, protein and oil content in single cross hybrids of maize. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 26(2).
15. Ghorbani, H. R., Samizadeh Lahiji, H., Rabiei, B., & Allah Gholipour, M. (2013). Line × Tester Analysis for Yield and Yield Components in Rice Lines. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 44(4), 683-692. https://doi.org/10.22059/ijfcs.2013.50337. [In Persian]
16. Pradhan, S., Kumar Bose, L., & Meher, J. (2006). Studies on gene action and combining ability analysis in Basmati rice. *Journal of Central European Agriculture*, 7(2), 267-272.
17. Rahimi, M., Rabiei, B., Samizadeh Lahiji, H., & Kafi Ghasemi, A. (2008). Evaluation of combining ability in rice cultivars based on second and fourth griffing methods. *JWSS-Isfahan University of Technology*, 12(43), 129-141. [In Persian]
18. Amiruzzaman, M., Akond, M., & Uddin, M. (2008). Line× tester analysis of combining ability in hulled and hull-less crosses of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Bangladesh Journal of Agriculture*, 33, 15-20.
19. Istipliler, D., Ilker, E., Tonk, F. A., Gizem, C., & Tosun, M. (2015). Line× tester analysis and estimating combining abilities for yield and some yield components in bread wheat. *Turkish Journal of Field Crops*, 20(1), 72-77.
20. Saremirad, A., & Mostafavi, K. (2018). Genetic analysis of important agronomic traits in some of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars under normal and drought stressconditions. *Cereal Research*, 8(3), 397-408. [In Persian]
21. Abdel Nour, N. A., El–Fateh, H. S., & Mostafa, A. K. (2011). Line x Tester analysis for yield and its traits in bread wheat. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 89(3), 979-992.
22. Fellahi, Z. E. A., Hannachi, A., Bouzerzour, H., & Boutekrabt, A. (2013). Line × Tester Mating Design Analysis for Grain Yield and Yield Related Traits in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Agronomy*, 2013, 201851. https://doi.org/10.1155/2013/201851
23. Thakare, D., Ghorade, R., & Bagade, A. (2014). Combining ability studies in

grain sorghum using line× tester analysis. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(10), 594-603.
24. Williams-Alanís, H., Aranda, U., Cavazos, G. Á., Garcia, F. Z., Júarez, M. G., Vázquez, M. d. C. R., & Barrón, J. E. (2022). Line x tester analysis to estimate combining ability in grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*, 54(2), 12-21.
25. Cacic, N., Kovacev, L., Mezei, S., Sklenar, P., & Nagl, N. (1999). Mode of inheritance and combining abilities for some sugar beet traits (*Beta vulgaris* L.). *Zbornik radova-Naucni institut za ratarstvo i povrtarstvo (Yugoslavia)*.
26. ISTA. (2022). International Rules for Seed Testing. *International Seed Testing Association*.
27. Soltani, A., & Maddah, V. (2010). Applied, Simple programs for Education and Research in Agronomy. *Iranian Society Ecological Agriculture. Tehran, Iran*.
28. Ranal, M. A., & Santana, D. G. d. (2006). How and why to measure the germination process? *Brazilian Journal of Botany*, 29(1), 1-11.
29. Kemptorn, O. (1957). An introduction to genetic statistics. New York: Jhon Wiley and Nordskog. In: Inc.
30. Farshadfar, E. (1998). *Application of biometrical genetics in plant breeding*. Razi University of Kermanshah Publications. [In Persian]
31. Saremirad, A., & Mostafavi, K. (2020). Genetic diversity study of sunflower (*Helianthus annus* L.) genotypes for agro-morphological traits under normal and drought stress conditions. *Plant Productions*, 43(2), 227-240. https://doi.org/10.22055/ppd.2020.27588.1671. [In Persian]
32. Sliwinska, E. (2000). Analysis of the cell cycle in sugarbeet seed during development, maturation and germination. In (pp. 133-139).
33. Rasmussen, H. P., & Lin, L. S. (2008). *nvironmental and Genetic Determinants of Seed Quality and Performance* www.nimss.org/projects/view/mrp/outline/16536
34. Baker, R. (1978). Issues in diallel analysis. *Crop Science*, 18(4), 533-536.
35. Saremirad, A., & Mostafavi, K. (2018). Genetic analysis of important agronomic traits in some of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars under normal and drought stress conditions. *Cereal Research*, 8(3), 397-408. https://doi.org/doi: 10.22124/c.2018.10345.1393. [In Persian]
36. Abbasi, Z., Arzani, A., Majidi, M. M., Rajabi, A., & Jalali, A. (2019). Genetic analysis of sugar yield and physiological traits in sugar beet under salinity stress conditions. *Euphytica*, 215, 1-12.
37. Taylor, A. G. (1997). *Seed storage, germination and quality*. CAB International.
38. Makumbi, D., Betrán, J. F., Bänziger, M., & Ribaut, J.-M. (2011). Combining ability, heterosis and genetic diversity in tropical maize (*Zea mays* L.) under stress and non-stress conditions. *Euphytica*, 180, 143-162.
39. Alipour, S., Taghvaei, M., Jalilian, A., Kazemeini, A., & Razi, H. (2019). Hydro-thermal priming enhance seed germination capacity and seedling growth in sugar beet. *Cellular Molecular Biology*, 65(4), 90-96.