Sari Agriculture Sceinces and Natural Resources University

Journal of Crop Breeding Vol. 15, No 47, Autumn 2023 p: 1-13

"Research Paper"

Genetic Variation in Among Seed Vigor of Single Crosses and Top Cross Hybrids of Sugar Beet

Mohammad Reza Mirzaei

Sugar Beet Seed Institute (SBSI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran, (Corresponding author: Mirzaie_1346@yahoo.com)
Received: 16 October, 2022 Accepted: 24 January, 2023

Extended Abstract

Introduction and Objective: Germination and seedling emergence potential of monogerm sugar beet seed in the field, depends on seed quality. Also, crop yield and resource use efficiency of agricultural inputs depend on successful plant establishment in the field, and it is the vigor of seeds that defines their ability to germinate and establish seedlings rapidly, uniformly, and robustly across diverse environmental conditions. Our knowledge of variation in vigor and function of seed in crop yield, is limited. Accordingly, the quality characteristics of seeds, including seed vigor, are essential in the process of sugar beet breeding to provide cultivars with vigor and seed function good in the field. The present study was conducted to evaluate and rank single crosses and hybrids being improved in terms of different traits of seed vigor and determining the relationship between them to achieve maximum seed quality.

Materials and Methods: In this study, the seed vigor traits of 22 single crosses and 22 top cross hybrids, from crossing along with the sugar beet pollinating line, under greenhouse conditions in Sugar Beet Seed Institute in 2020-2021 were studied. The quality traits of single crosses and hybrids in two separate experiments in greenhouse conditions, each with 22 treatments were evaluated in a randomized completely block design with four replications.

Results: The results showed that seedling emergence traits in single crosses and top cross hybrids resulting from their crossings in sugar beet were influenced by genotype. Genetic variation was observed between single crosses and hybrids in terms of seed vigor. Hybrids with low abnormal germination percentage, low non-germinated seeds and high germination uniformity in the laboratory have a significant increase in seedling emergence compared to other hybrids. Finally, hybrids that high germination uniformity in the laboratory, had the higher coefficient velocity of germination and were green in less time.

Conclusion: It seems that the uniformity trait of sugar beet seed germination has a decisive and significant role compared to the rest of the quality traits in the laboratory and can be used in breeding programs as an index of seed quality selection; Also, the multivariate cluster analysis method and the ideal genotype selection index (SIIG) of genotypes based on the qualitative traits of sugar beet seeds (seedling emergence percentage, seedling emergence rate, mean emergence time of seedling, emergence uniformity of seedling, mean dry weight of seedling) obtained a statistically significant difference in the cluster and their ranking in SIIG. It seems that the germination traits of sugar beet seeds can be used in breeding programs as one of the indexes of seed quality selection; Therefore, it is expected that selecting and screening superior genotypes to increase the quality of sugar beet seeds, it will lead to the improvement and increase of seedling emergence in the field and finally, will be accompanied by an increase in crop yield.

Keywords: Establishment seedling, Germination uniformity, Selection index of ideal genotype, Seed quality

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-05-31]

[DOI: 10.61186/jcb.15.47.1]

OPEN ACCESS
CC BY NC

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

"مقاله پژوهشی"

تنوع ژنتیکی در قدرت بذر سینگل‌کراس‌ها و هیبریدهای تاپ کراس چغندرقند

محمدرضا میرزایی

مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، (نویسنده مسوول: Mirzaie_1346@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۷/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۴

صفحه: ۱ تا ۱۳

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: جوانه‌زنی و پتانسیل ظهور گیاهچه مطلوب بذر منوژرم چغندرقند در سطح مزرعه، به کیفیت بذر وابسته است. همچنین عملکرد محصول و بهره‌وری از نهاده‌های کشاورزی، به استقرارگیاهچه در مزرعه بستگی دارد و توانایی برای جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه به سرعت و یکنواختی ظهور گیاهچه قوی در شرایط مختلف محیطی بستگی دارد. دانش ما در رابطه با تنوع قدرت بذر و کارکرد آن در عملکرد محصول، محدود است. بر همین اساس، خصوصیات کیفی بذر از جمله قدرت بذر، در فرآیند اصلاح چغندرقند برای تهیه ارقام با بنیه و کارکرد مناسب بذر در مزرعه، ضروری است. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی و رتبه‌بندی سینگل کراس‌ها و هیبریدهای در حال اصلاح به لحاظ صفات مختلف قدرت بذر و تعیین ارتباط بین آن‌ها جهت دست‌یابی به حداکثر کیفیت بذر انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق، صفات قدرت بذر ۲۲ سینگل کراس و ۲۲ هیبرید تاپ کراس حاصل از تلاقی آنها با یک لاین گرده‌افشان چغندرقند، در شرایط گلخانه و در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند طی سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ مطالعه شد. ارزیابی صفات کیفی سیگل‌کراس‌ها و هیبریدها در دو آزمایش جداگانه در شرایط گلخانه هر یک با ۲۲ تیمار و با استفاده طرح بلوک های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد صفات ظهور گیاهچه در سینگل کراس‌ها و هیبریدهای تاپ کراس حاصل از تلاقی انها در چغندرقند تحت تأثیر ژنوتیپ می‌باشد. تنوع ژنتیکی بین سینگل کراس‌ها و هیبریدهای حاصل به لحاظ قدرت بذر مشاهده شد. هیبریدهایی که درصد جوانه غیر نرمال و بذرهای جوانه نزده مغزدار کمتر و یکنواختی جوانه‌زنی بالا در شرایط آزمایشگاه داشتند، افزایش درصد ظهور گیاهچه آن‌ها نسبت به دیگر هیبریدها، معنی‌دار بود. در نهایت، هیبریدهایی که یکنواختی جوانه‌زنی بالا در آزمایشگاه داشتند، ضریب سرعت ظهور گیاهچه بیشتر و در زمان کمتری سبز شدند.

نتیجه‌گیری: به‌نظر می‌رسد، صفت یکنواختی جوانه‌زنی بذر چغندرقند نقش تعیین‌کننده و معنی‌داری نسبت به مابقی صفات کیفی در آزمایشگاه دارد و می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی به‌عنوان یکی از شاخص‌های انتخاب کیفی بذر، استفاده شود؛ همچنین روش تجزیه خوشه‌ای چند متغیره و شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات کیفی بذر چغندرقند (درصد ظهور گیاهچه، سرعت ظهور گیاهچه، میانگین زمان ظهور گیاهچه، ضریب سرعت ظهور گیاهچه، یکنواختی ظهور گیاهچه و میانگین وزن خشک گیاهچه) اختلاف آماری معنی‌داری را در خوشه و رتبه‌بندی آنها در SIIG بدست آورد. به نظر می‌رسد، از صفات جوانه‌زنی بذر چغندرقند می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی به‌عنوان یکی از شاخص‌های انتخاب کیفی بذر، استفاده شود؛ بنابراین انتظار می‌رود، با انتخاب و غربال ژنوتیپ‌های برتر برای افزایش کیفیت بذر چغندرقند، منتج به بهبود و افزایش ظهور گیاهچه در مزرعه و در نهایت، با افزایش عملکرد محصول همراه شود.

واژه‌های کلیدی: استقرار گیاهچه، شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل، کیفیت بذر، یکنواختی جوانه‌زنی

مقدمه

بحرانی‌ترین مرحله زندگی هر گیاه، زمان جوانه‌زنی و سبز شدن است؛ زیرا در این مرحله بذر بیشتر در معرض شرایط نامساعد محیطی قرار می‌گیرد که این عوامل نامساعد می‌توانند استقرار بوته در مزرعه را دچار مشکل سازند (Sadeghzadeh Hemayati *et al*., 2023). قدرت بذر، یک ویژگی فیزیولوژیکی پیچیده است که برای اطمینان از ظهور سریع و یکنواخت گیاهان در مزرعه ضروری است (Ventura *et al*., 2012). این صفت توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود. در اصل قدرت بذر شامل طول عمر بذر، تحمل تنش‌های محیطی برای جوانه‌زنی و توانایی ذخیره طولانی‌مدت و CDT[1] می‌باشد. همچنین قدرت بذر تحت تأثیر عوامل محیطی در طول مدت رشد و نمو بذر روی گیاه مادر، برداشت و انبارداری بذر، قرار می‌گیرد (Wu *et al*., 2017)؛ بنابراین قدرت بذر، به‌عنوان یک ویژگی مفرد و قابل اندازه‌گیری نیست، بلکه یک مفهوم مرتبط با جنبه‌های مختلف عملکرد بذراست که شامل، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی بذر، رشدگیاهچه، پتانسیل ظهورگیاهچه بذر در شرایط نامساعد محیطی، عملکرد پس از ذخیره‌سازی به‌ویژه حفظ توانایی جوانه‌زنی، می‌باشد (Finch-Savage & Bassel, 2016). کنت (Kenneth) بیان کرد اصلاح‌گرهای بذر چغندرقند از آزمون‌های قدرت بذر برای شناسایی هیبریدهای بذر چغندرقند با قدرت بذر بالا (seed vigor) از دو تنش ترکیبی غیر زیستی شامل سطوح مختلف رطوبت از خشک تا مرطوب و تنش سرما، استفاده می‌کنند؛ زیرا مقدار واحد گرمایی مورد نیاز برای جوانه‌زنی در هر گیاهی و همچنین بین ژنوتیپ‌های مختلف یک گیاه، متفاوت است. این تفاوت‌ها به دمای پایه هر گیاه، ساختمان بذر و رطوبت، بستگی دارد. واحد گرمایی مورد نیاز برای سبز شدن در شرایط مزرعه بین ژنوتیپ‌های مختلف ممکن است تفاوت زیادی وجود داشته باشد. به‌عنوان مثال در خصوص چغندرقند واحد گرمایی برای سبز شدن در مزرعه از ۸۱ تا ۱۳۶ روز–درجه ذکر شده است (Campbell & Enz, 1991). در بیان دیگر، قدرت گیاهچه یک ترکیب منتج از صفات سرعت جوانه‌زنی، ظهور گیاهچه خوب در مزرعه و یکنواختی سبز می‌باشد. سرعت سبز شدن بذر بعد از کاشت در مزرعه عمدتاً به درجه حرارت محیط و رطوبت خاک بستگی دارد. در تحقیقی نشان داده شد که بین ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند سرعت سبز غیر یکنواخت در شرایط مزرعه و تفاوت اندازه بوته‌ها، عمدتاً ناشی از زمان سبز شدن آن‌ها در مزرعه می‌باشد (Stibbe & Märländer, 2002). یکنواختی ظهور گیاهچه در زراعت چغندرقند، علاوه بر

1- Controlled deterioration test

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-05-31]

[DOI: 10.61186/jcb.15.47.1]

درصد ظهور گیاهچه بر عملکرد کمی و کیفی نهایی محصول بسیار مهم است. نتایج تحقیق نشان داد که همبستگی معنی‌داری بین درصد جوانه‌زنی در آزمایشگاه و درصد ظهور گیاهچه در مزرعه (**۰/۶۵) وجود دارد. علاوه بر این، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین یکنواختی جوانه‌زنی در آزمایشگاهو درصد ظهور گیاهچه در مزرعه (**۰/۷۵) مشاهده شد (Alipour *et al*., 2019). کنترل کیفیت بذر چغندرقند را می‌توان از طریق درصد توانایی جوانه‌زنی در روز چهارم، چهاردهم، میانگین زمان جوانه‌زنی بر واحد روز، هدایت الکتریکی بر واحد میکرو زیمنس بر سانتی‌متر مربع، درصد تخلخل و قطر مزوپور، ارزیابی کرد. بهترین بذر چغندرقند با ویگور بالا، دارای ویژگی‌هایی با توانایی جوانه‌زنی بالاپس از چهار روز، جوانه‌زنی سریع، کمترین میزان هدایت الکتریکی میوه چغندرقند، تخلخل کل نسبتاً زیاد و بیشترین قطر مزوپور (Mesopore diameter) تعریف شده است (Chomontowski *et al*., 2020). تفاوت در عملکرد ریشه چغندرقند، با بنیه‌های متفاوت درتوانایی ظهورگیاهچه تعیین می‌شود، بلکه نتیجه اختلاف در زمان ظهور گیاهچه ویکنواختی ظهور گیاهچه است. این اختلافات بعداً درطول توسعه رشد محصول کاهش می‌یابد، اما همان‌طورکه تحقیقات نشان داده است، تأثیرآن‌هاتا زمان برداشت ادامه دارد (Stibbe & Märländer, 2002). جلیلیان (Jalilian, 2005) نشان داد که تفاوت بین هفت رقم چغندرقند از نظر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود. همچنین عکس‌العمل ارقام در دماهای مختلف برای صفات جوانه‌زنی متفاوت بود. ایشان دمای پایه جوانه‌زنی ارقام چغندرقند را در شرایط آزمایشگاه ۲/۶ درجه سانتی‌گراد گزارش کردند. همچنین بیان کردند که پیش‌بینی سبز مزرعه علاوه بر دمای پایه به عوامل دیگری از جمله رطوبت خاک بستگی دارد. در نهایت پیشنهاد و توصیه کردند که در کنار فرآیند اصلاح چغندرقند علاوه بر صفات عملکرد ریشه و درصد قند، به خصوصیات کیفی بذر از جمله قدرت بذر و سرعت سبز شدن در شرایط تنش دمای پایین و رطوبت، توجه شود. در میان اهداف بالقوه برای بهبود یا اصلاح این صفت‌ها، افزایش تحمل به تنش به دلیل تأثیر منفی بالای تنش‌های محیطی بر این صفت‌ها، مورد توجه می‌باشد. در نتیجه توسعه و گسترش دانش ما از عوامل ژنتیکی و مولکولی جوانه‌زنی چغندرقند در پاسخ به تنش و سازوکارهای سازگاری، می‌تواند اهداف جدیدی برای اصلاح چغندرقند باشد تا پتانسیل ظهور گیاهچه در مزرعه را افزایش دهد. برای دست یافتن به بینش کافی در جوانه‌زنی چغندرقند، تجزیه و تحلیل بیان ژن در یک هیبرید چغندرقند که به‌خوبی ظهور گیاهچه را نشان خواهد داد که پتانسیل جوانه‌زنی بالایی را در شرایط مختلف محیطی، نشان دهد. آزمایش جوانه‌زنی بر روی ژرم‌پلاسم‌های چغندرقند تحت شرایط تنش کامل، ۱۵۷ ژن نشان‌دهنده واکنش‌های متفاوت معنی‌داری را در پاسخ به تنش، نشان داد (Pestsova *et al*., 2008). بخشی از تغییرات در ظهور گیاهچه ناشی از تفاوت در جوانه‌زنی و قدرت گیاهچه در میان یک رقم بذر و یا بین ارقام است (Habib, 2010). بدیهی است که رشد قابل قبول گیاهان در شرایط خشک و نیمه‌خشک که در معرض تنش‌های محیطی قرار دارند، مربوط به قدرت بذر برای جوانه‌زنی در شرایط نامساعد می‌باشد، لذا ضرورت ارزیابی ژنوتیپ های مقاوم در مراحل جوانه‌زنی و اوایل فصل رشد بسیار مهم است (Zare *et al*., 2012). البته اصلاح برای بهبود ظهور گیاهچه چالشی غامض است، زیرا نه‌تنها شرایط محیطی بر ظهور گیاهچه مؤثر است، بلکه شرایط تولید بذر نیز قویاً بر کارکرد بذر تأثیر می‌گذاردکه منجر به خروج نتیجه ارزیابی به وراثت‌پذیری کم (هیچ) برای صفات بذری می‌شود. لیکن در تحقیق دیگری گزارش شد که انتخاب و غربال برای افزایش جوانه‌زنی در آزمایشگاه با بهبود و افزایش ظهور گیاهچه در مزرعه همراه بود (McGrath *et al*., 2008). وقوع تنش خشکی به‌ویژه در مراحل اولیه رشد چغندرقند می‌تواند عملکرد نهایی را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد (Monti *et al*., 2006; Taleghani & Saremirad, 2023a, 2023b). این کاهش عملکرد ممکن است ناشی از تأخیر یا عدم استقرار گیاه، از بین رفتن گیاهان استقرار یافته، مستعد شدن گیاه نسبت به حمله آفات و بیماری‌ها و تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در سوخت‌وساز گیاه، باشد. تهیه ارقام با بنیه و کارکرد بذر بالا از اولویت خاصی برخوردار است. تحقیقات نشان داده است که از قدرت سازگاری ژنوتیپ ها در محیط‌های مختلف تنش می‌تواند برای ارزیابی رگه‌های اصلاحی استفاده شود (Saremirad & Mostafavi, 2020; Taleghani *et al*., 2022; Zare *et al*., 2012)؛ بنابراین، کیفیت محصولات اول تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی است (Nik *et al*., 2011). دوم تحت تأثیر عواملی چون ترکیب شیمیایی خاک، کوددهی، در دسترس بودن آب، دما، قرارگرفتن در معرض نور و محل قرار گرفتن بذرها بر روی گیاه مادر می‌باشد (Ilkaee *et al*., 2020; Schopfer *et al*., 2001).

هنگامی‌که رشد توسط عوامل تغذیه‌ای خاک محدود نمی‌شود، تغییرات وسیع در بیوماس هوایی گیاه قبل از رقابت بین بوته‌ها، عمدتاً به دلیل تفاوت در ابتدای رشد گیاهچه است که قبل از مرحله ۴ برگ ایجاد شده است. هنگامی‌که آب و مواد مغذی زیاد استکه معمولاً در مراحل اولیه وجود دارد، عوامل محیطی کنترل رشد گیاهان درجه حرارت و نور هستند. در نتیجه، می‌توان فرض کرد که تغییرات درجه حرارت در طول مراحل اولیه تأثیر بیشتری نسبت به تغییرات نور داشته و منجر به همبستگی قوی بین رشد نسبی (RGR[1]) و دما خواهد شد. همان‌طور که درجه حرارت در شرایط مزرعه تغییر می‌کند، رشد اولیه یک تابع نمایی مستقیم از زمان نیست. جایگزینی زمان حرارتی (thermal time) برای زمان‌بندیبه‌منظور پیش‌بینی توسعه فنولوژیکی، یک روش کلاسیک است که برای روش وقوع زمان فنولوژیکی جایگزین شده است. زمان حرارتی شامل درجه حرارت خاک، نزدیک به سطح خاک اندازه‌گیری شده، به نظر می‌رسد به پیش‌بینی رشد، نسبت به زمان حرارتی که معمولاً با دمای هوا محاسبه می‌شود، بیشتر مناسب است. اندازه گیاهچه‌ها و رابطه آن به‌ویژه با مشخصات بذر مورد مطالعه قرار گرفته است. عوامل محیطی که قبل از ظهور یا بعد از ظهور عمل می‌کنند، ممکن است بخشی از اندازه تغییر در اندازه گیاهچه باشند. شرایط مختلف کاشت، از جمله ارقام مختلف، بر پارامتر شیب این مدل تأثیرنمی‌گذارد. این شرایط شامل کمبود

1- Relative Growth Rate

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-05-31]

[DOI: 10.61186/jcb.15.47.1]

آب، کمبود مواد مغذی مشخص شده، آب زیاد و PH پایین نبود (Boiffin *et al*., 1992). تغذیه مطلوب والدین اجازه می‌دهد که صفات جوانه‌زنی را از طریق تغییرات ماده خشک (seed mass)، تحت تأثیر قرار دهد و میزان نقش والدین (ژنوتیپ) کاهش یابد؛ بنابراین اثرات محیط والدین از طریق اندازه بذر عمل می‌کند در مقابل صفات جنین که به‌طور مستقیم عمل می‌کند، ظاهر می‌شود. بذر از پوسته و بافت‌های جنینی (آندوسپرم و جنین) تشکیل شده است؛ بنابراین تغییر در ماده خشک بذر ممکن است به دلیل تغییر در اندازه جنین یا در ضخامت پوسته بذر باشد. پوسته بذر یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده جوانه‌زنی، ویگور و طول عمر بذر است. حساسیت به آسیب مکانیکی به مقدار لیگنین پوسته بذر مربوط است. در حالی که طول عمر بذر و تحمل به تنش‌های آب و هوایی به یکپارچگی پوسته بذر بستگی دارد. تغییر در جوانه‌زنی ممکن است بخشی به دلیل سهم اندازه بذر مربوط باشد. در بسیاری از مطالعات اثرات مواد مغذی در پایه مادری ممکن است از طریق اندازه بذر عمل کند (Aarssen & Burton, 1990; Ventura *et al*., 2012). از آنجایی که ماده خشک بذر (seed mass) فقط صفات جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، وقتی‌که والدین در محدوده‌ای از شرایط مواد مغذی رشد داده می‌شود و پوسته بذر اغلب با زمان جوانه‌زنی همراه است (Baskin & Baskin, 1998) و این نتایج نشان می‌دهد که تخصیص متناسب به پوسته بذر ممکن است در شیب تغذیه‌ای متنوع باشد، اما تغییرات در پاسخ به مقدار نور در گیاه پایه مادر کم است. یافته‌های تحقیقی از فرضیه، بذرهای بزرگ نسبت به بذرهای کوچک سریع‌تر جوانه می‌زند، پشتیبانی نمی‌کند. بلکه بذرهای کوچک‌ترسریع‌تر جوانه می‌زنند (در واقع میانگین زمان جوانه‌زنی کمتری دارند). بخش قابل توجهی از واریانس میانگین زمان جوانه‌زنی در تمام مناطق مورد مطالعه ناشناخته باقی مانده است و این نشان می‌دهد که عوامل دیگری زیستی (biotic) یا غیر زیستی (abiotic) (به غیر از توده بذر seed mass) که اثر متقابل به‌طور بالقوه با دیگر صفات بذر و میانگین زمان جوانه‌زنی مربوط بوده و مسئول تغییرات گسترده بین گیاهان استوایی است، وجود دارد. جوانه‌زنی عمدتاً تحت تأثیر هویت گیاه مادر قرار دارد. کارکرد بذر در جوانه‌زنی نه‌تنها به کیفیت ژنوتیپ، بلکه به انعطاف‌پذیری فنوتیپی در سازگاری و تطابق با شرایط محیط، بستگی دارد. شرایط مختلف محیط رشد پایه مادری بر صفات جوانه‌زنی مؤثر است. تغییرات در واکنش جوانه‌زنی بذر به شرایط محیط پایه مادری شناخته شده است. سرعت جوانه‌زنی در بذوری که در شرایط غنی از اکسیژن هستند، کاهش می‌یابد (نیتروژن زیاد از حد). این موضوع ممکن است به علت القای خواب عمیق ناشی از غلظت بالای نیتروژن در بذر باشد. افزودن آب به محیط پایه مادری باعث کاهش درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی شد (Luzuriaga *et al*., 2006). کنترل محیطی بر صفت جوانه‌زنی از طریق تأثیر بر پوسته بذر، اندوسپرم، عرضه منابع و هورمون، عمل می‌کند (Baskin & Baskin, 1998). کاهش سرعت جوانه‌زنی احتمالاً مربوط به سطح رسیدگی (در نتیجه سطح دورمانسی) بذر است که در شرایط غنی از نیتروژن، بذر رشد و نمو کرده است؛ زیرا نتایج ما نشان می‌دهد که در دسترس بودن نیتروژن، میانگین وزن توده بذر و رنگ پوسته بذر راتعیین نمی‌کند و هر دو این دو صفت سطح رسیدگی بذر را نشان می‌دهد (Luzuriaga *et al*., 2006).

هدف از این مطالعه بررسی تنوع ژنتیکی و رتبه‌بندی سینگل‌کراس‌ها و هیبریدهای چغندرقند به لحاظ قدرت بذر در جهت معرفی ارقامی با حداکثرکیفیت بذر است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با استفاده از بذر ۲۲ سینگل کراس و ۲۲ هیبرید حاصل از تلاقی ۲۲ سینگل‌کراس مذکور با یک لاین گرده‌افشان تحت کد ۹۲۰۷۶۰ در سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ در ایزوله‌های ایستگاه تحقیقات چغندرقند مرحوم مطهری کرج تولید شده بود، انجام شد (جدول ۳ و ۴). سینگل‌کراس‌ها و هیبریدها مربوط به مواد اصلاحی پروژه تهیه و ارزیابی مقدماتی هیبرید های مقاوم به ریزومانیا و نماتد مولد سیست می‌باشد. ارزیابی صفات کیفی سیگل‌کراس‌ها و هیبریدها در دو آزمایش جداگانه در شرایط گلخانه هر یک با ۲۲ تیمار و با استفاده طرح بلوک های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. برای تعیین پتانسیل ظهور گیاهچه، از بستر ماسه در شرایط گلخانه استفاده شد. یک لایه ۱۰ سانتی‌متری ماسه که قبلاً برای هیچ آزمایشی استفاده نشده بود را در ته جعبه پلاستیکی ریخته و تعداد ۶۰ بذر در عمق یک سانتی‌متر کشت شد. هر تیمار در چهار تکرار (چهار جعبه) که در مجموع ۲۴۰ عدد بذر کشت شد. جعبه‌ها جهت انجام آزمایش گلخانه‌ای با میانگین دمای شبانه‌روزی حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۴ 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 کرت از کف بریده شده، سپس وزن تر و خشک گیاهچه‌های هر کرت تعیین گردید. برای تعیین وزن خشک، گیاهچه‌ها را به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۰ درجه سلسیوس در آون قرار داده و در نهایت با ترازوی حساس (چهار رقم اعشار) وزن شد. از تقسیم وزن کل گیاهچه‌های بر تعداد گیاهچه‌های همان کرت، میانگین وزن تک گیاهچه محاسبه شد. برای محاسبه درصد، سرعت و یکنواختی ظهور گیاهچه هر نمونه، منحنی پیشرفت جوانه‌زنی در مقابل زمان (ساعت) ترسیم و زمان لازم برای ۱۰،۵۰ و ۹۰ درصد (G10، G50 و G90 مدت زمانیکه طول می‌کشد، ظهور گیاهچه تجمعی به ترتیب ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد حداکثر ظهور گیاهچه خودبرسد)، از طریق درون‌یابی خطی برآورد شد. سرعت ظهور گیاهچه (ER[1]) و یکنواختی ظهور گیاهچه (UE[2]) از فرمول‌های زیر محاسبه شدند (Bradford *et al*., 1990; Silva *et al*., 2019). هرچه مقدار این مدت‌زمان کمتر باشد نشان‌دهنده ظهور گیاهچه یکنواخت‌تر (هم‌زمان) بذرها می‌باشد.

رابطه (۱)

$$T50 = \frac{\sum NiTi}{\sum Ni}$$

1- Emergnce rate

2 - Uniformity of emergnce

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-05-31]

[DOI: 10.61186/jcb.15.47.1]

رابطه (۲) $$GR50 = \frac{1}{D50}$$

رابطه (۳) $$\text{Uniformity of emergnce} = T90 - T10$$

T50 زمان رسیدن به ۵۰ درصد ظهور گیاهچه، Ni تعداد بذر جوانه زده در هر شمارش و Ti میانگین زمان ظهور گیاهچه می‌باشد. درصد ظهور گیاهچه نهایی، سرعت و یکنواختی هر یک از تیمارهای بذری با استفاده از برنامه Germin از طریق درون‌یابی منحنی افزایش ظهور گیاهچه در مقابل زمان، محاسبه شد. برای تعیین میانگین زمان جوانه‌زنی[1] و ضریب سرعت جوانه‌زنی[2] پس از ۱۴ روز بر اساس فرمول زیر محاسبه شد (Podlaski & Chomontowski, 2020; Ranal & Santana, 2006). هر چقدر ضریب سرعت جوانه‌زنی بیشتر باشد سرعت جوانه‌زنی افزایش می‌یابد.

رابطه (۴) $$MGT = \frac{\sum FX}{\sum X}$$

رابطه (۵) $$CVG = [\frac{\sum X}{\sum FX}] * 100$$

MGT = میانگین زمان سبز شدن (روز)
F= شماره روز شمارش
X = تعداد بذر جدید جوانه زده در هر روز
CVG = ضریب سرعت سبز شدن (درصد)

شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) به‌ترتیب زیر محاسبه می‌باشد.

۱- با توجه به تعداد ژنوتیپ‌ها و تعداد شاخص‌ها یا صفت‌ها مختلف مورد بررسی، ماتریس داده‌ها به صورت زیر تشکیل می‌شود.

رابطه (۶) $$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & & x_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

در این ماتریس Xij مقدار ژنوتیپ iام (j=1,2, …m) در رابطه با شاخص (صفت) jام (i=1,2, …n) می‌باشد.

۲- تبدیل ماتریس داده‌ها به یک ماتریس نرمال که از رابطه زیر برای نرمال کردن داده‌ها استفاده می‌شود:

رابطه (۷) $$r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} X_{ij}^2}}$$

ماتریس R به صورت زیر تعریف می‌شود:

رابطه (۸) $$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & & r_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

۳-پیدا کردن ژنوتیپ ایده‌آل و ژنوتیپ غیر ایده‌آل

در این مرحله برای هر شاخص یا صفت به‌طور جداگانه، بهترین ژنوتیپ و ضعیف‌ترین انتخاب می‌شود. اگر ژنوتیپ‌های ایده‌آل با G^+ و ژنوتیپ غیر ایده‌آل با G^- نشان داده شود، در این صورت:

رابطه (۹) $$G^+ = \{r_1^+ . r_2^+ . \ldots . r_n^+\}$$

رابطه (۱۰) $$G^- = \{r_1^- . r_2^- . \ldots . r_n^-\}$$

که در آن r_j^+ بهترین مقدار شاخص (صفت) j از بین تمام ژنوتیپ‌ها و r_j^- ضعیف‌ترین مقدار شاخص (صفت) j از بین تمام ژتوتیپ‌ها می‌باشد. گزینه‌هایی که در r_j^+ و r_j^- قرار می‌گیرند، به‌ترتیب نشان دهنده ژنوتیپ‌های کاملاً بهتر و کاملاً بدتر هستند. به‌عنوان مثال در مورد عملکرد، ژنوتیپ ایده‌آل ژنوتیپی با بیش‌ترین مقدار عملکرد و ژنوتیپ غیر ایده‌آل ژنوتیپی با کم‌ترین مقدار عملکرد تعریف می‌شود. ولی در مورد بسیاری از آماره‌های پایداری (مانند شاخص برتری، انحراف از خط رگرسیون و ضریب تغییرات محیطی و غیره) ژنوتیپ ایده‌آل، ژنوتیپی با کم‌ترین مقدار و ژنوتیپ غیر ایده‌آل با بیش‌ترین مقدار این آماره‌ها تعریف می‌شود.

۴- محاسبه فاصله از ژنوتیپ غیر ایده‌آل

دراین مرحله برای هر گزینه، فاصله از ژنوتبپ ایده‌آل و فاصله از ژنوتیپ غیر ایده‌آل به‌ترتیب از روابط زیر محاسبه می‌شوند:

رابطه (۱۱) $$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (r_{ij} - r_j^+)^2} \quad i = 1, \ldots, m$$

رابطه (۱۲) $$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (r_{ij} - r_j^-)^2} \quad i = 1, \ldots, m$$

در روابط فوق اندیس‌های i و j به‌ترتیب معرف ژنوتیپ‌ها و شاخص‌ها و d_i^+ فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل و d_i^- فاصله از ژنوتیپ غیر ایده‌آل می‌باشد.

۵- محاسبه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG)

در آخرین مرحله شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) از رابطه زیر (رابطه ۱۳) محاسبه می‌شود:

$$SIIG_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad i = 1.2 \ldots . n \quad 0 \le SIIG_i \le 1$$

مقدار SIIG بین صفر و یک تغییر می‌کند و هرچه گزینه مورد نظر به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک‌تر باشد مقدار SIIG آن به یک نزدیک‌تر خواهد بود (Mirzaei & Hemayati, 2022).

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SAS استفاده شد. جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل (Excel) استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد بین سینگل کراس‌های مختلف چغندرقند، تفاوتها از لحاظ درصد ظهور گیاهچه، ضریب ظهور گیاهچه، یکنواختی ظهور گیاهچه و میانگین زمان ظهور گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). همچنین تفاوت بین هیبریدها مختلف چغندرقند، به غیر از صفت یکنواختی ظهور گیاهچه، در همه صفات معنی‌دار بود. (جدول ۲)؛ بنابراین، صفات مختلف ظهور گیاهچه در سینگل‌کراس‌ها و هیبریدهای چغندرقند تحت تأثیر ژنوتیپ بود و تنوع ژنتیکی به لحاظ صفات کیفی بین سینگل کراس‌ها و هیبریدها مشاهده شد. بر همین اساس، ارزیابی و رتبه‌بندی ژنوتیپ ها بسیار با اهمیت می‌تواند باشد.

1- Mean Germination Time
2- Coefficient velocity of germination

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-05-31]
[DOI: 10.61186/jcb.15.47.1]

پژوهشگران مختلف نیز عوامل اصلی مؤثر بر کیفیت محصول را ژنتیک و محیط، گزارش کرده‌اند (Pestsova *et al*., 2008). البته عواملی چون ترکیب شیمیایی خاک، کوددهی، در دسترس بودن آب و محل قرارگرفتن بذرها بر روی گیاه مادر، بر عملکرد کمی و کیفی محصول مؤثر است. لیکن در اولویت بعد از ژنوتیپ و محیط مطرح می‌باشد (Schopfer *et al*., 2001). توجه به خصوصیات کیفی بذر از جمله قدرت بذر در فرآیند اصلاح چغندرقند برای تهیه ارقام با بنیه و کارکرد بذر بالا مورد توجه و تأکید پژوهشگران دیگر قرار گرفته است (Zare *et al*., 2012)

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات ظهور گیاهچه ۲۲ سینگل کراس چغندرقند
Table 1. The analysis of varianceresults of seedling emergence traits of 22 single crosses of sugar beet

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	درصد ظهور گیاهچه Emergence seedling percentage	سرعت ظهور گیاهچه Emergence seedling rate	میانگین زمان ظهور گیاهچه Mean emergence seedling time	ضریب سرعت ظهور گیاهچه Coefficient velocity emergence seedling	یکنواختی ظهور گیاهچه Emergence seedling uniformity	وزن خشک تک گیاهچه Mean dry weight of seedling
تکرار Replication	3	598.82**	0.0000053*	0.909**	11.58**	2631.24**	993.95**
سینگل کراس Single cross	21	159.40**	0.00000068ns	0.266**	2.77**	394.70**	9.97ns
خطا Error	63	46.79	0.0000005	0.099	1.21	169.90	8.94
ضریب تغییر (درصد) Coefficient variation (%)		8.58	8.03	5.73	6.01	21.08	16.54

**, *و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد و غیر معنی‌دار

**,*, ns: Significant at one and five percent probability level and non- significant, respectively.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات ظهور گیاهچه ۲۲ هیبرید چغندرقند
Table 2. The analysis of varianceresults of seedling emergence traits of 22 single crosses of sugar beet

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	درصد ظهور گیاهچه Emergence seedling percentage	سرعت ظهور گیاهچه Emergence seedling rate	میانگین زمان ظهور گیاهچه Mean emergence seedling time	ضریب سرعت ظهور گیاهچه Coefficient velocity emergence seedling	یکنواختی ظهور گیاهچه Emergence seedling uniformity	وزن خشک تک گیاهچه Mean dry weight of seedling
تکرار Replication	3	400.05**	0.000040**	61.01**	273.61**	407.18ns	479.42**
هیبریدها Hybrids	21	171.22**	0.00000081*	0.25*	2.35	498.33ns	9.18**
خطاError	63	43.63	0.00000043	0.13	1.21	380.84	3.83
ضریب تغییر (درصد) Coefficient variation (%)		8.07	7.53	5.28	7.04	28.32	14.14

**, *و ns به ترتیب معنی‌داردر سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد و غیر معنی‌دار.

**,*, ns: Significant at one and five percent probability level and non- significant, respectively.

اغلب سینگل کراس‌هایی که درصد ظهور گیاهچه بالایی داشتند، هیبریدهای آن‌ها نیز به لحاظ درصد ظهور گیاهچه بالا بودند. میانگین درصد ظهور گیاهچه هیبریدها (۸۱/۸۸٪) نسبت سینگل کراس‌ها (۷۹/۷۳٪) بیشتر بود (جدول‌های ۳ و ۴). شماره سینگل کراس‌ها ۱، ۷، ۲، ۲۱، ۳، ۱۰، ۲۰، ۱۵، ۱۹ به لحاظ ضریب سرعت ظهور گیاهچه، در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۳). هیبریدهای همین شماره‌ها نیز (۱، ۷، ۲، ۲۱، ۳، ۱۰، ۲۰، ۱۵، ۱۹) بیشترین سرعت ظهور گیاهچه داشتند (جدول ۴). البته می‌تواند تفاوت سرعت ظهور گیاهچه بین سینگل‌کراس‌ها و هیبریدها، به دلیل نیاز واحد گرمایی متفاوت (Campbell & Enz, 1991) و قدرت بذر بین آن‌ها، باشد (Habib, 2010). با توجه به نتایج که نشان‌دهنده تنوع در سرعت و یکنواختی ظهور گیاهچه بین ۲۲ سینگل کراس و ۲۲ هیبرید بود، می‌توان از دو صفت اخیر برای شناسایی و انتخاب هیبریدها با قدرت بذر بالا برای پیش‌بینی کارکرد بذر هیبریدها در مزرعه استفاده نمود (Ventura *et al*., 2012)؛ زیرا صفات سرعت و یکنواختی ظهور گیاهچه از صفات بسیار مهم چغندرقند علاوه بر درصد ظهور گیاهچه محسوب می‌شود. جوانه‌زنی سریع و یکنواخت بذر چغندرقند، منتج به ظهور گیاهچه سریع‌تر و یکنواخت‌تر و در نهایت افزایش عملکرد می‌شود. از طرفی، رابطه نزدیکی بین یکنواختی جوانه‌زنی در آزمایشگاه با یکنواختی ظهور گیاهچه و استقرار بوته در مزرعه گزارش شده است (Alipour *et al*., 2019; Stibbe & Märländer, 2002). به‌عنوان مثال، تفاوت چشمگیری به لحاظ یکنواختی سبز بین هیبرید هفتم (۴۵/۷۸ ساعت) و هیبرید چهارم (۹۵/۱۸ ساعت) مشاهده می‌شود (جدول ۴)؛ بنابراین، برای هیبرید چهارم سرعت سبز غیر یکنواخت و اندازه متفاوت بوته‌ها در مزرعه متصور خواهد بود. بر همین اساس پژوهشگران بیان کردند، در صورت مدیریت مزرعه مناسب در زراعت چغندرقند و با تراکم بوته یکسان و تحت شرایط اگرواکولوژیکی مشابه، تفاوت عملکرد ریشه و عملکرد قند در مزارع، ناشی از تفاوت در سرعت ظهور گیاهچه و یکنواختی ظهور گیاهچه ارقام خواهد بود (Chomontowski *et al*., 2020).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-05-31]

[DOI: 10.61186/jcb.15.47.1]

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات ظهور گیاهچه ۲۲ سینگل کراس چغندرقند

Table 3. Meancomparison of seedling emergence traits of 22 single crosses of sugar beet

وزن هزار بذر 1000-seed weight گرم gr	یکنواختی ظهور گیاهچه Emergence seedling uniformity ساعت hour	میانگین زمان ظهور گیاهچه Mean emergence seedling time روز Day	ضریب سرعت ظهور گیاهچه Coefficient velocity emergence seedling	ظهور گیاهچه Emergence seedling درصد Percent	شجره Origin	کد Code
8.91	72.32^{abc}	5.61^{bcd}	17.92^{a-d}	88.73^{ab}	MS - 940028 * OT-940102	MS-1
8.25	66.70^{bcd}	5.49^{bcd}	18.32^{abc}	77.5^{b-f}	MS - 940023 * OT-940106	MS-2
8.87	59.38^{bcd}	5.58^{bcd}	17.93^{a-d}	76.68^{c-f}	MS - 940028 * OT-940106	MS-3
8.28	61.44^{bcd}	5.39^{cd}	18.58^{abc}	83.33^{a-e}	MS - 940023 * OT-940107	MS-4
8.61	60.04^{bcd}	5.59^{bcd}	17.94^{a-d}	79.6^{a-f}	MS - 940028 * OT-940107	MS-5
8.23	90.40^{a}	6.21^{a}	16.13^{d}	65^{g}	MS - 940047 * OT-940107	MS-6
9.07	58.16^{bcd}	5.59^{bcd}	17.91^{a-d}	79.15^{a-f}	MS - 940028 * OT-940132	MS-7
8.45	71.59^{abc}	5.71^{bc}	17.54^{b-d}	73.35^{d-g}	MS - 940047 * OT-940170	MS-8
9.09	58.90^{bcd}	5.36^{cd}	18.80^{ab}	86.25^{abc}	MS - 940102 * OT-940170	MS-9
8.81	50.51^{cd}	5.36^{cd}	18.71^{ab}	82.08^{a-e}	MS - 940106 * OT-940170	MS-10
8.69	67.44^{bc}	5.51^{bcd}	18.29^{abc}	79.15^{a-f}	MS - 940107 * OT-940170	MS-11
8.56	58.54^{bcd}	5.59^{bcd}	17.92^{a-d}	84.15^{a-e}	MS - 940132 * OT-940170	MS-12
8.61	77.52^{ab}	5.99^{ab}	16.73^{cd}	69.58^{gf}	MS - 940023 * OT-940171	MS-13
8.38	64.38^{bcd}	5.39^{cd}	18.76^{ab}	75.85^{c-g}	MS - 940028 * OT-940171	MS-14
8.18	55.31^{bcd}	5.30^{cd}	18.98^{ab}	79.15^{a-f}	MS - 940102 * OT-940171	MS-15
9.68	57.98^{bcd}	5.37^{cd}	18.71^{ab}	88.75^{ab}	MS - 940107 * OT-940171	MS-16
9.03	54.40^{cd}	5.20^{cd}	19.25^{ab}	81.68^{a-e}	MS - 940028 * OT-940184	MS-17
7.35	53.44^{cd}	5.12^{d}	19.57^{a}	72.5^{e-g}	MS - 940033 * OT-940184	MS-18
9.31	58.77^{bcd}	5.11^{d}	19.61^{a}	75.4^{c-g}	MS - 940047 * OT-940184	MS-19
8.43	53.77^{cd}	5.39^{cd}	18.57^{abc}	81.65^{a-e}	MS - 940102 * OT-940184	MS-20
8.84	44.35^{d}	5.27^{cd}	19.03^{ab}	89.58^{a}	MS - 940106 * OT-940184	MS-21
8.85	64.90^{bcd}	5.50^{bcd}	18.38^{abc}	84.98^{a-d}	MS - 940107 * OT-940184	MS-22
8.66	61.83	5.48	18.34	79.73		Mean

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون از لحاظ آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means with the same letters in each column do not have a statistically significant difference based on Duncan's test at the 5% probability level.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات ظهور گیاهچه ۲۲ هیبرید چغندرقند

Table 4. Meancomparison of seedling emergence traits of 22 single crosses of sugar beet

وزن هزار بذر 1000-seed weight گرم gr	میانگین وزن خشک تک گیاهچه Mean dry weight of seedling میلی‌گرم	یکنواختی ظهور گیاهچه Emergence seedling uniformity ساعت hour	میانگین زمان ظهور گیاهچه Mean emergence seedling time روز Day	ضریب سرعت ظهور گیاهچه Coefficient velocity emergence seedling درصد Percent	سرعت ظهور گیاهچه Emergence seedling rate درصد/ساعت hour/%	ظهور گیاهچه Emergence seedling درصد Percent	شجره Origin	کد Code
10.01	16.36	60.67^{ab}	6.31^{ef}	16.95^{ab}	0.0096^{a}	85.83^{a}	(MS - 940028 * OT-940102) * 920760	Hibrid1
9.47	13.95	69.08^{b-e}	6.58^{a-f}	15.98^{a-d}	0.00925^{abc}	84.58^{ab}	(MS - 940023 * OT-940106) * 920760	Hibrid2
10.75	15.42	55.3^{a-d} 4	6.43^{c-f}	16.37^{abc}	0.009175^{a-d}	85.85^{a}	(MS - 940028 * OT-940106) * 920760	Hibrid3
10.19	13.33	95.18^{b-e}	7.04^{abc}	14.79^{cd}	0.008125^{cd}	67.93^{d}	(MS - 940023 * OT-940107) * 920760	Hibrid4
10.05	15.02	77.82^{a-e}	7.05^{ab}	14.67^{cd}	0.00815^{cd}	67.93^{d}	(MS - 940028 * OT-940107) * 920760	Hibrid5
9.79	15.26	76.86^{a-e}	6.69^{a-f}	15.84^{bcd}	0.008525^{a-d}	77.93^{a-d}	(MS - 940047 * OT-940107) * 920760	Hibrid6
9.62	17.62	45.78^{a}	6.11^{f}	17.69^{a}	0.009525^{ab}	86.25^{a}	(MS - 940028 * OT-940132) * 920760	Hibrid7
9.51	13.18	62.69^{b-e}	6.70^{a-f}	15.64^{bcd}	0.00865^{a-d}	85.00^{ab}	(MS - 940047 * OT-940170) * 920760	Hibrid8
9.48	13.64	68.76^{b-e}	6.77^{a-e}	15.30^{bcd}	0.0086^{a-d}	82.50^{ab}	(MS - 940102 * OT-940170) * 920760	Hibrid9
9.68	14.25	64.74^{b-e}	6.51^{b-f}	16.15^{a-d}	0.0091^{a-d}	87.10^{a}	(MS - 940106 * OT-940170) * 920760	Hibrid10
9.46	13.16	71.35^{b-e}	6.73^{a-e}	15.39^{bcd}	0.0085^{a-d}	86.68^{a}	(MS - 940107 * OT-940170) * 920760	Hibrid11
9.03	12.02	62.34^{e}	6.69^{a-f}	15.64^{bcd}	0.0082^{cd}	87.08^{a}	(MS - 940132 * OT-940170) * 920760	Hibrid12
9.21	12.09	73.61^{de}	6.93^{a-d}	15.18^{bcd}	0.00825^{cd}	79.18^{abc}	(MS - 940023 * OT-940171) * 920760	Hibrid13
9.73	12.47	86.09^{de}	7.14^{a}	14.40^{d}	0.0081^{d}	81.25^{ab}	(MS - 940028 * OT-940171) * 920760	Hibrid14
9.52	13.58	60.60^{b-e}	6.60^{a-f}	15.83^{bcd}	0.008925^{a-d}	86.25^{a}	(MS - 940102 * OT-940171) * 920760	Hibrid15
10.04	12.11	68.97^{de}	6.95^{a-d}	14.85^{cd}	0.0085^{a-d}	74.20^{bcd}	(MS - 940107 * OT-940171) * 920760	Hibrid16
9.33	13.01	61.49^{b-e}	6.83^{a-e}	15.18^{bcd}	0.0084^{bcd}	81.68^{ab}	(MS - 940028 * OT-940184) * 920760	Hibrid17
9.56	16.15	62.62^{abc}	6.70^{a-f}	15.68^{bcd}	0.008625^{a-d}	78.08^{a}	(MS - 940033 * OT-940184) * 920760	Hibrid18
9.49	13.12	84.09^{b-e}	6.78^{a-e}	15.29^{bcd}	0.0087^{a-d}	69.58^{cd}	(MS - 940047 * OT-940184) * 920760	Hibrid19
9.65	12.91	74.70^{cde}	6.63^{a-f}	15.80^{bcd}	0.009025^{a-d}	88.75^{a}	(MS - 940102 * OT-940184) * 920760	Hibrid20
9.87	13.35	58.46^{b-e}	6.42^{def}	16.42^{abc}	0.0092^{a-d}	78.90^{a}	(MS - 940106 * OT-940184) * 920760	Hibrid21
10.42	12.68	75.01^{de}	6.82^{a-e}	15.13^{bcd}	0.008625^{a-d}	80.85^{ab}	(MS - 940107 * OT-940184) * 920760	Hibrid22
9.72	13.85	68.92	6.70	15.64	0.00872	81.88		Mean

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون از لحاظ آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

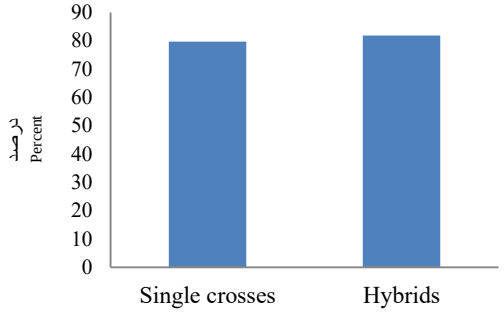
Means with the same letters in each column do not have a statistically significant difference based on Duncan's test at the 5% probability level.

پتانسیل ظهور گیاهچه هیبریدها نسبت به سینگل کراس‌های آن‌ها، بیشتر بود (شکل ۱). به نظر می‌رسد پتانسیل ظهور گیاهچه هیبریدها به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های قدرت بذر، برتری معنی‌داری نسبت سینگل کراس‌ها، ندارد؛ اما به لحاظ یکنواختی ظهور گیاهچه سرعت ظهور گیاهچه و میانگین ظهور گیاهچه هیبریدها نسبت به سینگل کراس‌ها، کاهش داشت (شکل‌ها ۲، ۳ و ۴). از طرفی بیان شده، سرعت جوانه‌زنی بذر چغندرقند، یک صفت پیچیده از پتانسیل فیزیولوژیکی

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-05-31]

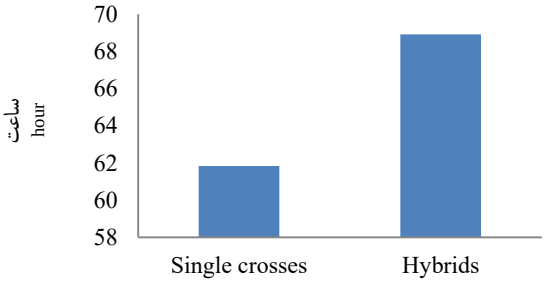
[DOI: 10.61186/jcb.15.47.1]

(Marcos Filho, 2015) و کیفیت بذر است که به‌طور مشترک تحت تأثیرمؤلفه‌های فیزیکی و شیمیایی میوه چغندرقند قرار دارد که بخشی از آن ارثی می‌باشد (Luzuriaga *et al.*, 2006). سرعت و یکنواختی پایین ظهور گیاهچه درهیبریدها نسبت به سینگل کراس‌ها (شکل ۳) ممکن است به دلیل وزن هزار دانه بیشتر هیبریدها (۹/۷۲ گرم) نسبت به سینگل کراس‌ها (۸/۶۶ گرم) باشد (جدول ۳ و ۴)؛ زیرا پریکارپ بزرگ‌تر چغندرقند، می‌تواند جذب آب و اکسیژن را به داخل بذر را محدود نماید (Hermann *et al.*, 2007) در نتیجه فرایند زمان جوانه‌زنی طولانی شود.



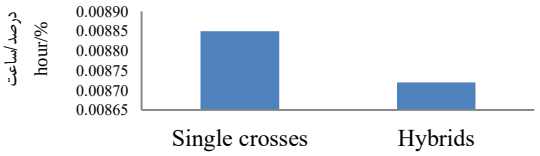
شکل ۱- مقایسه میانگین پتانسیل ظهور گیاهچه سینگل‌کراس‌ها و هیبریدها

Figure 1. Mean comparison of the seedling emergence potential of single crosses and hybrids



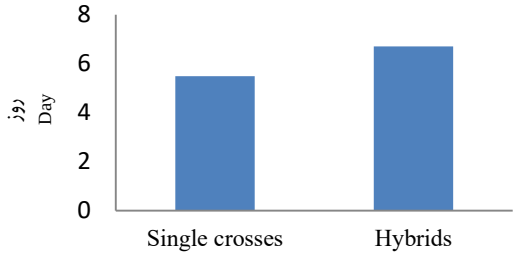
شکل ۲- مقایسه میانگین یکنواختی ظهور گیاهچه سینگل کراس‌ها و هیبریدها

Figure 2. Mean comparison of the uniformity of seedling emergence of single crosses and hybrids



شکل ۳- مقایسه میانگین سرعت ظهور گیاهچه سینگل‌کراس‌ها و هیبریدها

Figure 3. Mean comparison of the rate of seedling emergence of single crosses and hybrids



شکل ۴- مقایسه میانگین زمان ظهور گیاهچه سینگل‌کراس‌ها و هیبریدها

Figure 4. Mean comparison of the time of seedling emergence of single crosses and hybrids

به‌منظور شناسایی بهتر و رتبه‌بندی سینگل‌کراس‌ها و هیبریدهای حاصل از تلاقی آن‌ها با یک گرده‌افشان از نظر مجموع صفات کیفی (شامل درصد ظهور گیاهچه، سرعت ظهور گیاهچه، میانگین زمان ظهور گیاهچه، ضریب سرعت ظهور گیاهچه، یکنواختی ظهور گیاهچه و میانگین وزن خشک گیاهچه)، از شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل[1] (SIIG) (Zare *et al.*, 2012) استفاده شد. با توجه به اینکه مقدار شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG)، بین صفر ویک است و سینگل-کراس‌ها و هیبریدهایی که مقدار شاخص آن‌ها نزدیک به یک باشد، جزء برترین سینگل‌کراس‌ها و هیبریدها معرفی می‌شوند. سینگل‌کراس‌ها وهیبریدهایی که مقدار SIIG آن نزدیک به صفر باشد، جزء ضعیف‌ترین سینگل‌کراس‌ها و هیبریدها درنظرگرفته می‌شوند. سینگل‌کراس‌های ۲۱، ۱۰، ۱۷، ۲۰، ۱۸، ۱۹ و ۱۵ کمترین فاصله را از سینگل‌کراس ایده‌آل و بیشترین فاصله را از سینگل‌کراس غیر ایده‌آل نسبت به سینگل کراس‌های دیگر داشتند. همچنین مقدار SIIG آن‌ها از مقدار میانگین SIIG (۰/۶۱) بیشتر بود. مضاف بر اینکه هیبریدهای حاصل ازآن‌ها نیز مقدار SIIG آن‌ها از مقدار میانگین SIIG (۰/۵۱) بیشتر بود (جدول ۵). لذا سینگل‌کراس‌ها و هیبریدهای مذکور که مقدار SIIG آن‌ها نزدیک به یک است، بعنوان با کیفیت‌ترین سینگل‌کراس ها و هیبریدها نسبت به سایر سینگل‌کراس‌ها و هیبریدها که مقدار SIIG آن‌ها نزدیک به صفر است، محسوب می‌شوند (جدول ۵). در نهایت هیبرید هفتم (MS - 940028 * OT-940132 * 920760) به لحاظ مجموع صفات کیفی بذر نسبت به هیبریدهای دیگر برتری دارد.

1- Selection index of ideal genotype

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-05-31]
[DOI: 10.61186/jcb.15.47.1]

جدول ۵- مقادیر شاخص انتخاب سینگل کراس‌ها و هیبریدهای ایده‌آل (SIIG) به‌ترتیب رتبه
Table 5. Selection index values of ideal single crosses and hybrids (SIIG) in order of rank

SIIG	هیبرید Hybrids	SIIG	سینگل کراس single crosses
0.98	Hybrid-7	0.90	MS-21
0.76	Hybrid-3	0.83	MS-10
0.71	Hybrid-1	0.76	MS-17
0.68	Hybrid-21	0.73	MS-20
0.64	Hybrid-15	0.73	MS-18
0.64	Hybrid-18	0.70	MS-19
0.60	Hybrid-10	0.70	MS-15
0.59	Hybrid-8	0.69	MS-16
0.59	Hybrid-17	0.67	MS-9
0.58	Hybrid-12	0.65	MS-7
0.52	Hybrid-2	0.63	MS-4
0.50	Hybrid-9	0.62	MS-3
0.46	Hybrid-11	0.61	MS-5
0.46	Hybrid-16	0.57	MS-14
0.42	Hybrid-20	0.57	MS-22
0.39	Hybrid-13	0.56	MS-12
0.39	Hybrid-6	0.53	MS-2
0.38	Hybrid-22	0.53	MS-1
0.33	Hybrid-5	0.51	MS-11
0.22	Hybrid-19	0.48	MS-8
0.19	Hybrid-14	0.24	MS-13
0.06	Hybrid-4	0.11	MS-6
0.50	Mean	0.61	Mean

نتایج همبستگی بین صفات کیفی ۲۲ هیبرید در آزمایشگاه و گلخانه نشان داد، هیبریدهایی که درصد جوانه غیر نرمال (**۰/۶۱-) و بذر های جوانه نزده مغزدار (**۰/۸۲-) پایین و یکنواختی جوانه‌زنی بالا (**۰/۷۲-) در شرایط آزمایشگاه داشتند، افزایش درصد ظهور گیاهچه آن‌ها نسبت به دیگر هیبریدها، معنی‌دار بود (جدول ۶). همچنین هیبریدهایی که یکنواختی جوانه‌زنی بالا در آزمایشگاه داشتند، ضریب سرعت ظهور گیاهچه (*۰/۴۳-) بیشتر و در زمان کمتری سبز (میانگین زمان ظهور گیاهچه پایین) شدند (جدول ۶)؛ بنابراین انتظار می‌رود، با انتخاب و غربال ژنوتیپ های برتر برای افزایش کیفیت بذر چغندرقند، منتج به بهبود و افزایش ظهور گیاهچه در مزرعه و در نهایت، با افزایش عملکرد محصول همراه شود (Alipour *et al*., 2019; McGrath *et al*., 2008).

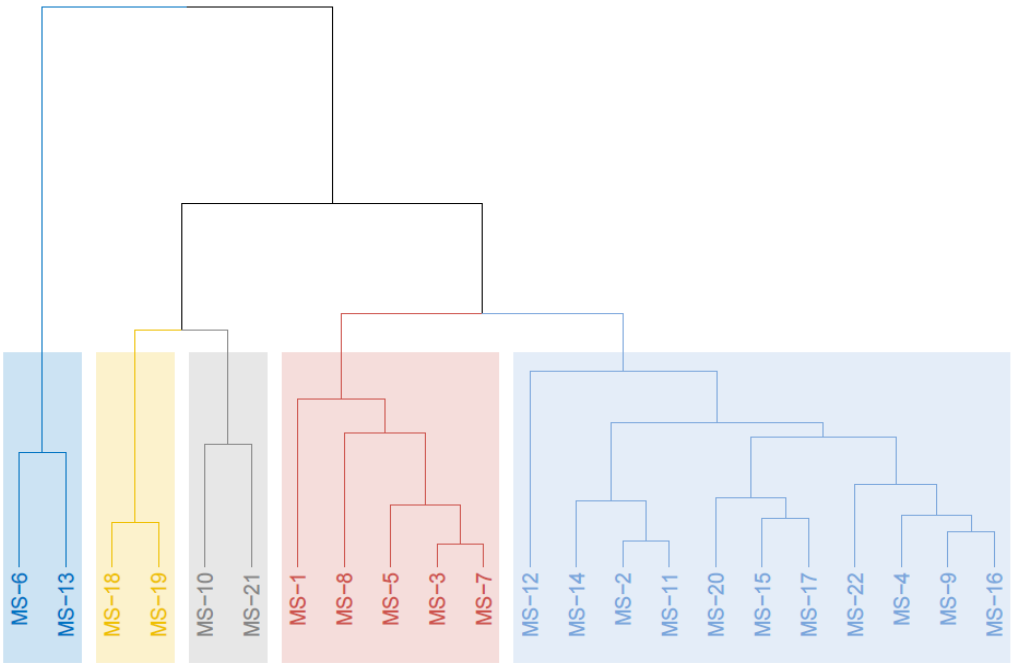
با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای به روش حداقل واریانس وارد ۲۲ سینگل‌کراس (A) و ۲۲ هیبرید (B) به دست آمده دسته بندی شدند. برای این منظور ابتدا داده‌ها برای همه صفت‌های کیفی بذر (درصد ظهور گیاهچه، سرعت ظهور گیاهچه، میانگین زمان ظهور گیاهچه، ضریب سرعت ظهور گیاهچه، یکنواختی ظهور گیاهچه و میانگین وزن خشک گیاهچه) استاندارد شد و ماتریس فاصله اقلیدسی، محاسبه گردید. برش دندروگرام برای سینگل‌کراس‌ها و هیبریدها در فاصله چهار و در مقیاس اقلیدس به ترتیب پنج و سه گروه یا خوشه را نشان داد (شکل ۵). خوشه‌های یک تا پنج سینگل‌کراس‌ها به ترتیب از ۲، ۲، ۲، ۵ و ۱۱ ژنوتیپ تشکیل شده است. سینگل‌کراس‌های ۱۰ و ۲۱ در خوشه سوم ۱۸ و ۱۹ درخوشه دوم قرار گرفتند. سینگل‌کراس‌های موصوف بیشترین مقدار SIIG و باکیفیت‌ترین سینگل کراس‌ها محسوب می‌شوند (جدول ۵). سینگل‌کراس‌های ۶ و ۱۳ در خوشه اول قرار گرفتند. سینگل‌کراس‌های موصوف کمترین مقدار SIIG و جزء ضعیف‌ترین سینگل‌کراس‌ها می‌باشند (جدول ۵). سینگل کراس‌های ۲، ۱۱،۱۲ و ۱۴ در خوشه پنجم قرار گرفتند. سینگل‌کراس‌های موصوف مقدار SIIG کمتر از میانگین را داشتند و جزء سینگل‌کراس‌های متوسط به پایین محسوب می‌شوند. سینگل‌کراس‌های ۱۵، ۱۷ و ۲۰ در خوشه پنجم قرار گرفتند. سینگل‌کراس‌های موصوف مقدار SIIG بیشتر از میانگین را داشتند و جزء سینگل‌کراس‌های نسبتا خوب محسوب می‌شوند (جدول ۵). خوشه‌های یک تا ۳ هیبریدها به ترتیب از ۷، ۳ و ۱۲ ژنوتیپ تشکیل شده است. سینگل کراس‌های ۱، ۳ و ۷ در خوشه دوم قرار گرفتند. هیبریدهای موصوف بیشترین مقدار SIIG و باکیفیت ترین هیبریدها محسوب می‌شوند. هیبریدهای ۴، ۵، ۱۳، ۱۴، ۱۶، ۱۹ و ۲۲ در خوشه اول قرار گرفتند. هیبریدهای موصوف کمترین مقدار SIIG و جزء ضعیف ترین هیبریدها می‌باشند (جدول ۵)؛ بنابراین می‌توان گفت که خوشه دوم نسبت به خوشه‌های اول و سوم و خوشه سوم نسبت به خوشه اول به لحاظ کیفیت بذر برتری دارد (شکل ۵). این نتیجه با با نتایج مقدار SIIG مطابقت دارد (جدول ۵). چنانچه نتایج نشان داد از تجزیه و تحلیل صفات کیفی بذر در دسته‌بندی، توصیف و مقایسه ژنوتیپ‌ها استفاده شد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-05-31]
[DOI: 10.61186/jcb.15.47.1]

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین صفات جوانه‌زنی در آزمایشگاه با صفات ظهور گیاهچه در شرایط گلخانه بذر هیبریدهای چغندرقند

Table 6. Correlation coefficients between germination traits in the laboratory and seedling emergence traits in greenhouse conditions of sugar beet hybrid seeds

درصد بذر پوک seed empty percentage	درصد بذرهای مغزدار جوانه نزده Non germinated seeds percentage	درصد جوانه‌های غیر نرمال Abnormal buds percentage	میانگین زمان جوانه‌زنی Mean germination time	یکنواختی جوانه‌زنی Germination uniformity	ضریب سرعت جوانه‌زنی Coefficient velocity germination	سرعت جوانه زنی Germination rate	درصد جوانه زنی Germination percentage	صفات جوانه‌زنی، صفات ظهور گیاهچه Germination traits, emergence traits
-.36^{ns}	-0.82**	-0.61**	-0.54**	-0.72**	0.53*	0.50*	0.67**	درصد ظهور گیاهچه Emergence seedling percentage
0.12^{ns}	-0.30^{ns}	-0.24^{ns}	-0.14^{ns}	-0.40^{ns}	0.08^{ns}	0.18^{ns}	0.06^{ns}	سرعت ظهور گیاهچه Emergence seedling rate
-0.07^{ns}	-0.30^{ns}	-0.22^{ns}	-0.21^{ns}	-0.43*	0.20^{ns}	0.18^{ns}	0.20^{ns}	ضریب سرعت ظهور گیاهچه Coefficient velocity emergence seedling
0.20^{ns}	0.57**	0.26^{ns}	0.30^{ns}	0.53*	-0.34^{ns}	-0.38^{ns}	-0.39^{ns}	یکنواختی ظهور گیاهچه Emergence seedling uniformity
0.06^{ns}	0.37^{ns}	0.31^{ns}	0.24^{ns}	0.46*	-0.21^{ns}	-0.21^{ns}	-0.23^{ns}	میانگین زمان ظهور گیاهچه Mean emergence seedling time
-0.12^{ns}	0.03^{ns}	-0.04^{ns}	0.24^{ns}	0.01^{ns}	-0.21^{ns}	-0.17^{ns}	0.09^{ns}	وزن ماده خشک تک گیاهچه Mean dry weight of seedling



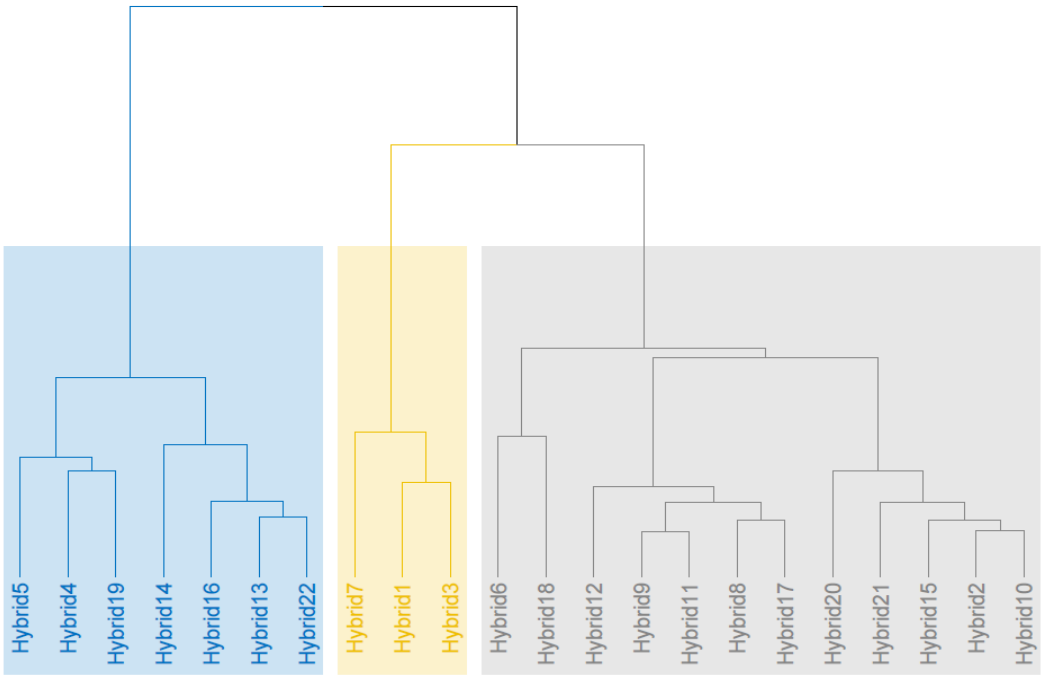
A

شکل ۵- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش حداقل واریانس وارد برای ۲۲ سینگل‌کراس (A) و ۲۲ هیبرید (B) با استفاده از شش صفت کیفی بذر. محور X نشان دهنده فاصله اقلیدسی بین ژنوتیپ‌ها محاسبه شده از داده‌ها به میانگین صفر و استاندارد به واریانس واحد و محور Y نشان دهنده ژنوتیپ‌ها است. خوشه بندی سینگل‌کراس و هیبریدها به ترتیب ۵ و ۳ خوشه می باشد.

Figure 5. Dendrogram derived from cluster analysis using Ward's minimum variance method for 22 single crosses (A) and hybrids (B) with using 6 seed quality traits. The X axis represents the Euclidean distance between the genotypes and the Y axis represents the genotypes. The clustering of single crosses and hybrids is 5 and 3 clusters, respectively

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-05-31]

[DOI: 10.61186/jcb.15.47.1]



B

ادامه شکل ۵- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش حداقل واریانس وارد برای ۲۲ سینگل‌کراس (A) و ۲۲ هیبرید (B) با استفاده از شش صفت کیفی بذر. محور X نشان دهنده فاصله اقلیدسی بین ژنوتیپ‌ها محاسبه شده از داده‌ها به میانگین صفر و استاندارد به واریانس واحد و محور Y نشان دهنده ژنوتیپ‌ها است. خوشه بندی سینگل‌کراس و هیبریدها به ترتیب ۵ و ۳ خوشه می باشد.

Continued Figure 5. Dendrogram derived from cluster analysis using Ward's minimum variance method for 22 single crosses (A) and hybrids (B) with using 6 seed quality traits. The X axis represents the Euclidean distance between the genotypes and the Y axis represents the genotypes. The clustering of single crosses and hybrids is 5 and 3 clusters, respectively

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده می‌توان نتیجه گرفت که صفات ظهور گیاهچه در سینگل کراس‌ها و هیبریدهای تاپ کراس حاصل از تلاقی انها در چغندرقند تحت تأثیر ژنوتیپ می‌باشد. هیبریدهایی که درصد جوانه غیر نرمال پایین و بذرهای جوانه نزده مغزدار کمتر و یکنواختی جوانه‌زنی بالا در شرایط آزمایشگاه داشتند، افزایش درصد ظهور گیاهچه آن‌ها نسبت به دیگر هیبریدها در شرایط گلخانه، معنی‌دار بود. همچنین هیبریدهایی که یکنواختی جوانه‌زنی بالا در آزمایشگاه داشتند، ضریب سرعت ظهور گیاهچه بیشتر و در زمان کمتری سبز شدند. روش تجزیه خوشه‌ای چند متغیره و شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات کیفی بذر چغندرقند (درصد ظهور گیاهچه، سرعت ظهور گیاهچه، میانگین زمان ظهور گیاهچه، ضریب سرعت ظهور گیاهچه، یکنواختی ظهور گیاهچه و میانگین وزن خشک گیاهچه) اختلاف آماری معنی‌داری را در خوشه و رتبه‌بندی آن‌ها در SIIG بدست آورد. به نظر می‌رسد، از صفات جوانه‌زنی بذر چغندرقند می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی به‌عنوان یکی از شاخص‌های انتخاب کیفی بذر، استفاده شود؛ بنابراین انتظار می‌رود، با انتخاب و غربال ژنوتیپ‌های برتر برای افزایش کیفیت بذر چغندرقند، منتج به بهبود و افزایش ظهور گیاهچه در مزرعه و در نهایت، با افزایش عملکرد محصول همراه شود.

منابع

Aarssen, L., & Burton, S. (1990). Maternal effects at four levels in Senecio vulgaris (Asteraceae) grown on a soil nutrient gradient. *American Journal of Botany*, *77*(9), 1231-1240.

Alipour, S., Taghvaei, M., Jalilian, A., Kazemeini, A., & Razi, H. (2019). Hydro-thermal priming enhance seed germination capacity and seedling growth in sugar beet. *Cell. Mol. Biol.*, *65*(4), 90-96.

Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (1998). *Seeds: ecology, biogeography, and, evolution of dormancy and germination*. Elsevier.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-05-31]

[DOI: 10.61186/jcb.15.47.1]

Boiffin, J., Dürr, C., Fleury, A., Marin-Laflèche, A., & Maillet, I. (1992). Analysis of the variability of sugar beet (Beta vulgaris L) growth during the early stages. I. Influence of various conditions on crop establishment. *Agronomie*, *12*(7), 515-525.

Bradford, K. J., Steiner, J. J., & Trawatha, S. E. (1990). Seed priming influence on germination and emergence of pepper seed lots. *Crop Science*, *30*(3), 718-721.

Campbell, L., & Enz, J. (1991). Temperature effects on sugar beet seedling emergence. *Journal of Sugar Beet Research*, *28*(3), 129-140.

Chomontowski, C., Wzorek, H., & Podlaski, S. (2020). Impact of sugar beet seed priming on seed quality and performance under diversified environmental conditions of germination, emergence and growth. *Journal of Plant Growth Regulation*, *39*(1), 183-189. https://doi.org/10.1007/s00344-019-09973-2

Finch-Savage, W. E., & Bassel, G. W. (2016). Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation. *Journal of experimental botany*, *67*(3), 567-591.

Habib, M. (2010). Sugarbeet (Beta vulgaris L.) seed pre-treatment with water and HCl to improve germination. *African journal of biotechnology*, *9*(9).

Hermann, K., Meinhard, J., Dobrev, P., Linkies, A., Pesek, B., Heß, B., Macháčková, I., Fischer, U., & Leubner-Metzger, G. (2007). 1-Aminocyclopropane-1-carboxylic acid and abscisic acid during the germination of sugar beet (Beta vulgaris L.): a comparative study of fruits and seeds. *Journal of experimental botany*, *58*(11), 3047-3060.

Ilkaee, M. N., Saremirad, A., Abbaszadeh, B., & Salehi, H. (2020). Role of Maternal Plant Nutrition with Chemical and Biological Fertilizers on Germination Characteristics of Nepeta racemosa. *Seed Research Journal*, *10*(2), 54-64.

Jalilian, A. (2005). *Investigation of the effect of low temperature and frost stress on germination, emergence and growth processes of sugar beet seedlings* University of Tehran]. Tehran, Iran.

Luzuriaga, A., Escudero, A., & Pérez-García, F. (2006). Environmental maternal effects on seed morphology and germination in Sinapis arvensis (Cruciferae). *Weed Research*, *46*(2), 163-174.

Marcos Filho, J. (2015). Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. *Scientia agricola*, *72*, 363-374.

McGrath, J. M., Elawady, A., El-Khishin, D., Naegele, R. P., Carr, K. M., & De los Reyes, B. (2008). Sugar beet germination: Phenotypic selection and molecular profiling to identify genes involved in abiotic stress response.

Mirzaei, M. R., & Hemayati, S. S. (2022). The effect of environment and maternal plant on germination traits of sugar beet seeds and an approach to select the superior genotype. *Agricultural Research*, *11*(4), 608-614.

Monti, A., Brugnoli, E., Scartazza, A., & Amaducci, M. T. (2006). The effect of transient and continuous drought on yield, photosynthesis and carbon isotope discrimination in sugar beet (Beta vulgaris L.). *Journal of experimental botany*, *57*(6), 1253-1262.

Nik, M. M., Babaeian, M., & Tavassoli, A. (2011). Effect of seed size and genotype on germination characteristic and seed nutrient content of wheat. *Scientific Research and Essays*, *6*(9), 2019-2025.

Pestsova, E., Meinhard, J., Menze, A., Fischer, U., Windhövel, A., & Westhoff, P. (2008). Transcript profiles uncover temporal and stress-induced changes of metabolic pathways in germinating sugar beet seeds. *BMC plant biology*, *8*, 1-21.

Podlaski, S., & Chomontowski, C. (2020). Various Methods of Assessing Sugar Beet Seed Vigour and Its Impact on the Germination Process, Field Emergence and Sugar Yield. *Sugar Tech*, *22*(1), 130-136. https://doi.org/10.1007/s12355-019-00754-5

Ranal, M. A., & Santana, D. G. d. (2006). How and why to measure the germination process? *Brazilian Journal of Botany*, *29*(1), 1-11.

Sadeghzadeh Hemayati, S., Shariari, R., & Saremirad, A. (2023). Role of humic acid pretreatment on sugar beet (Beta vulgaris L.) seed germination characteristics and early seedling growth. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *12*(1), 79-89.

Saremirad, A., & Mostafavi, K. (2020). Genetic Diversity Study of Sunflower (*Helianthus annus* L.) Genotypes for Agro-morphological Traits Under Normal and Drought Stress Conditions. *Journal of Plant Productions*, *43*(2), 227-240. https://doi.org/10.22055/ppd.2020.27588.1671

Schopfer, P., Plachy, C., & Frahry, G. (2001). Release of reactive oxygen intermediates (superoxide radicals, hydrogen peroxide, and hydroxyl radicals) and peroxidase in germinating radish seeds controlled by light, gibberellin, and abscisic acid. *Plant physiology*, *125*(4), 1591-1602.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-05-31]

[DOI: 10.61186/jcb.15.47.1]

Silva, L. J. d., Medeiros, A. D. d., & Oliveira, A. M. S. (2019). SeedCalc, a new automated R software tool for germination and seedling length data processing. *Journal of Seed Science*, *41*, 250-257.

Stibbe, C., & Märländer, B. (2002). Field emergence dynamics significance to intraspecific competition and growth efficiency in sugar beet (Beta vulgaris L.). *European Journal of Agronomy*, *17*(3), 161-171.

Taleghani, D., Rajabi, A., Sadeghzadeh Hemayati, S., & Saremirad, A. (2022). Improvement and selection for drought-tolerant sugar beet (*Beta vulgaris* L.) pollinator lines. *Results in Engineering*, *13*, 100367. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100367

Taleghani, D., & Saremirad, A. (2023a). Drought impacts on the reaction of sugar beet (Beta vulgaris L.) pollinator lines in terms of sugar. *Crop Science Research in Arid Regions*, *4*(2), 371-388.

Taleghani, D., & Saremirad, A. (2023b). Evaluation of the sugar beet (Beta vulgaris L.) half-sib lines response to drought stress. *Crop Science Research in Arid Regions*, *5*(1), 81-104.

Ventura, L., Donà, M., Macovei, A., Carbonera, D., Buttafava, A., Mondoni, A., Rossi, G., & Balestrazzi, A. (2012). Understanding the molecular pathways associated with seed vigor. *Plant Physiology and Biochemistry*, *60*, 196-206.

Wu, X., Ning, F., Hu, X., & Wang, W. (2017). Genetic modification for improving seed vigor is transitioning from model plants to crop plants. *Frontiers in plant science*, *8*, 8.

Zare, M., Ghaemi, M., & Mostafavi, K. (2012). Role of salt stress on seed germination and growth of sugar beet cultivars. *International Journal of Recent Scientific Research*, *3*(10), 800-804.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-05-31]

[DOI: 10.61186/jcb.15.47.1]