SBSI

Journal of Sugar Beet

Journal Home Page: https://jsb.areeo.ac.ir

ISCPBS
انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران

Evaluation of various sugar beet hybrids in autumn cultivation for root and sugar yield, bolting resistance, and rate of susceptibility to cercospora leaf spot

Vali-allah Yousefabadi[1]*, Babak Babaee[1], Saeed Darabi[2], Saeed Yarahmadi[3], Moslem Abdipour[4], Abdol Aziz Haghighi[5], Parviz Fasahat[1], Mohammad saeed Hasanvandi[1], Ahmad Nooshkam[6]

(Received: 10 August. 2025 ; Accepted: 27 Sep. 2025)

How to cite this article:
Yousefabadi VA, Babaei B, Darabi S, Yarahmadi S, Abdipour M, Haghighi AA, Fasahat P, Hasanvandi MS, Nooshkam A. Evaluation of various sugar beet hybrids in autumn cultivation for root and sugar yield, bolting resistance, and rate of susceptibility to cercospora leaf spot. Journal of Sugar Beet. 2025: (41)1. 17-28. (In Persian with English abstract). DOI: 10.22092/jsb.2025.370357.1392

Extended Abstract

Introduction

Autumn-sown sugar beet cultivation offers a viable agronomic strategy for enhancing crop productivity and sustainability, particularly in regions with mild winters. By taking advantage of extended growing periods and lower temperatures during the early developmental stages, autumn sowing can contribute to higher root biomass and increased sugar accumulation. However, to successfully implement this system, the selection of appropriate genotypes is crucial. Varieties with strong resistance to bolting, a physiological response triggered by prolonged exposure to low temperatures, are essential to prevent premature flowering, which negatively impacts both yield and quality. In addition, resistance to Cercospora leaf spot, is vital for preserving leaf health and ensuring sustained photosynthetic activity throughout the season.

The adoption of autumn-sown cultivation, when combined with resistant and high-performing varieties, has the potential to reduce production risks and input requirements, particularly in terms of irrigation. Autumn cultivation not only enhances water-use efficiency but also supports more sustainable land management and crop rotation practices.

Materials and methods

In order to evaluate and select superior hybrids, 10 promising hybrids along with one domestic and four foreign controls were compared in two crop seasons of 2022 and 2023 at Safi-Abad Research Center in Dezful region. The desired hybrids along with five commercial varieties were cultivated in a randomized complete block design with four replications and the traits of root yield, white sugar percentage and white sugar yield were measured.

Results and discussion

Based on the results of the combined analysis of data in the Dezful region, the new hybrids SBSI-223 and SBSI-224 showed more than 40% increase in yield with an average white sugar yield of 10.41 and 9.89 t.ha-1, respectively, compared with the domestic resistant control (6.99 t.ha-1). The hybrid SBSI-224 and Palma cultivar were in the superior statistical group with an

1. Sugar Beet Seed Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
*Corresponding author: v_yosef@yahoo.com
2. Sugar Beet Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran.
3. Horticulture Crops Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran
4. kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gachsaran, Iran.
5. Plant Protection Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gonbad, Iran.
6. Sugar Beet Research Department, Safiabad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Dezful, Iran.

average sugar yield of 11.1 t.ha-1, and the hybrid SBSI-223 did not differ significantly from Motor, Semper, and Vangelis cultivars. The average bolting of SBSI-223 and SBSI-224 was 0 and 0.09%, respectively, which is very promising and indicates the good tolerance of these hybrids to bolting under winter cultivation conditions in the southwest of the country. Another feature of these hybrids is their high resistance to cercospora disease. The average infection score of the new hybrids SBSI-223 and SBSI-224 was calculated to be 2.88 and 2.75, respectively, which was the lowest among other new hybrids and domestic and foreign control cultivars. The average infection score of the domestic resistant control was 5, and that for Palma, Semper, Motor, and Vangelis was 3.31, 5.38, 3.38, and 3.94, respectively.

Conclusion

The hybrids SBSI-223 and SBSI-224 were identified as monogerm diploid hybrids suitable for winter cultivation in the beet growing areas of the southwest of the country. These hybrids had high root yield and sugar percentage and showed acceptable resistance to cercospora disease.

Keywords

Cultivar, Water-use efficiency, White sugar yield.

References

Fasahat P, Hosseinpour M, Kakueinezhad M, Hemayati SS, Laidig F. Effect of latitude on sugar beet bolting occurrence. Poljoprivreda i Sumarstvo. 2023; 69(2): 181-190. Doi:https://doi.org/10.17707/AgricultForest.69.2.14

Hosseinpour M, Hosseinian SH, Yousefabadi V. Effect of irrigation management on quantitative and qualitative parameters of autumn-sown sugar beet. Journal of Sugar Beet. 2017; 33(2): 221-235. (In Persian With English Abstract)Doi:https://doi.org/10.22092/jsb.2018.115067.1163

Rezaei J, Fasahat P. Autumn-sown sugar beet cultivation in semiarid regions. pp. 275-290. In: Misra, V. et al. (Eds.) Sugar beet cultivation, management and processing. Singapore: Springer Nature Singapore. 2022 Doi:https://doi.org/10.1007/978-981-19-2730-0_14

نشریه چغندرقند
Journal Home Page: https://jsb.areeo.ac.ir

بررسی هیبریدهای مختلف چغندرقند در کشت پائیزه برای عملکرد ریشه و شکر، مقاومت به ساقه‌روی و میزان آلودگی به بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی†

ولی‌اله یوسف‌آبادی[1*]، بابک بابائی[1]، سعید دارابی[2]، سعید یاراحمدی[3]، مسلم عبدی‌پور[4]، عبدالعزیز حقیقی[5]، پرویز فصاحت[6]، محمدسعید حسنوندی[1]، احمد نوشکام[7]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۵/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۷/۵
نوع مقاله: پژوهشی
DOI: 10.22092/jsb.2025.370357.1392
و. یوسف‌آبادی، ب. بابائی، س. دارابی، س. یاراحمدی، م. عبدی‌پور، ع. حقیقی، پ. فصاحت، م.س. حسنوندی و ا. نوشکام، ۱۴۰۴. بررسی هیبریدهای مختلف چغندرقند در کشت پائیزه برای عملکرد ریشه و شکر، مقاومت به ساقه‌روی و میزان آلودگی به بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی. **چغندرقند ۴۱(۱): ۱۷- ۲۸**

چکیده

چغندرقند پائیزه با بهره‌گیری از شرایط اقلیمی خاص می تواند کشت پائیزه مناسبی باشد. گزینش رقم‌های مقاوم به ساقه‌روی و بیماری سرکوسپورایی می‌تواند در افزایش عملکرد ریشه و شکر مؤثر بوده و ضمن کاهش مصرف آب، خسارت ناشی از ساقه‌روی و بیماری لکه برگی سرکوسپرای را کاهش دهد. به‌منظور ارزیابی و گزینش هیبریدهای برتر، تعداد ۱۰ هیبرید پیشرو به همراه یک شاهد داخلی و چهار شاهد خارجی در دو سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ و ۱۴۰۱-۱۴۰۲ در مرکز تحقیقات صفی‌آباد در منطقه دزفول مورد مقایسه قرار گرفتند. هیبریدهای مورد نظر به همراه پنج رقم تجاری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار کشت و صفات عملکرد ریشه، درصد قند خالص و عملکرد شکر سفید اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌های آزمون تعیین ارزش زراعی در منطقه دزفول، هیبریدهای جدید SBSI-223 و SBSI-224 به ترتیب با متوسط عملکرد شکر سفید ۱۰/۴۱ و ۹/۸۹ تن در هکتار، در مقایسه با شاهد مقاوم داخلی (۶/۹۹ تن در هکتار) بیش از ۴۰ درصد افزایش عملکرد نشان دادند. هیبرید SBSI-224 و رقم پالما (Palma) به‌طور متوسط با عملکرد شکر ۱۱/۱ تن در هکتار، در گروه برتر آماری قرار گرفت و هیبرید SBSI-223 نیز اختلاف معنی‌داری با ارقام موتور (Motor)، سمپر (Semper) و ونجلیس (Vangelis) نداشت. متوسط ساقه‌روی دو هیبرید SBSI-223 و SBSI-224 به ترتیب برابر صفر و ۰/۰۹ درصد به دست آمد که نشان از تحمل خوب این هیبریدها نسبت به ساقه‌روی در شرایط کشت پائیزه در جنوب غرب کشور دارد. ویژگی دیگر این هیبریدها، مقاومت بالای آنها به بیماری لکه‌برگی است. متوسط نمره آلودگی هیبریدهای جدید SBSI-223 و SBSI-224 به ترتیب معادل ۲/۸۸ و ۲/۷۵ محاسبه شد که در میان سایر هیبریدهای جدید و ارقام شاهد داخلی و خارجی کمترین مقدار بود. متوسط نمره آلودگی شاهد مقاوم داخلی برابر ۵ و ارقام مقاوم خارجی پالما، سمپر، موتور و ونجلیس به ترتیب برابر ۳/۳۱، ۵/۳۸، ۳/۳۸ و ۳/۹۴ به‌دست آمد. هیبریدهای SBSI-223 و SBSI-224 به‌عنوان ارقام دیپلوئید منوژرم برای کشت پائیزه در مناطق چغندرکاری جنوب غرب کشور مناسب تشخیص داده شدند. این هیبریدها از عملکرد ریشه و درصد قند بالایی برخوردار بودند و مقاومت قابل قبولی نسبت به بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی از خود نشان دادند.

واژه های کلیدی: رقم، عملکرد شکر سفید، کارائی مصرف آب.

---

†- این مقاله برگرفته از طرح تحقیقاتی به شماره مصوب ۰۱۱۱۸۶-۰۳۳-۰۲-۰۲-۰۰ است.

۱. استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
*- نویسنده مسئول: v_yosef@yahoo.com
۲. مربی بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.
۳. استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.
۴. استادیار پردیس تحقیقات و آموزش کشاورزی گچساران و سایت ملی دیم، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهکیلویه و بویر احمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گچساران، ایران.
۵ . استادیار بخش تحقیقات گیاه پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گنبد، ایران.
۶. دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۷. استادیار بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد دزفول، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران.

مقدمه

در سال‌های اخیر، نگرانی بابت محدودیت منابع آب در کشور افزایش یافته و کشاورزان و پژوهشگران توجه ویژه‌ای به روش‌های کشاورزی پایدار و بهینه مصرف آب داشته‌اند. یکی از روش‌های مؤثر در این زمینه کشت پائیزه چغندرقند (*Beta vulgaris*) است که نسبت به روش سنتی بهاره، مزایای اقتصادی و زیست‌محیطی قابل‌توجهی دارد. در این روش به‌جای کشت چغندرقند بهاره، بذر چغندرقند در پاییز کاشته شده و دوره رشد آن در پاییز، زمستان (با استفاده از بارش‌ها) و بهار اتفاق می‌افتد؛ بنابراین نیاز به آبیاری به طور چشمگیری کاهش می‌یابد (Fasahat *et al*. 2023).

مطالعات متعددی نشان داده‌اند که بهره‌وری مصرف آب در کشت پائیزه بسیار بالاتر از کشت بهاره است؛ به‌عنوان مثال، آبیاری حداکثر هر دو هفته یک‌بار در آزمایشی در دزفول با تأمین ۷۵ تا ۱۰۰ درصد نیاز آبی، منجر به کاهش مصرف آب تا ۱۸ درصد و کاهش هزینه‌ها تا ۳۳ درصد گردید در حالی‌که عملکرد شکر سفید در سطح اقتصادی مطلوب حفظ شد (Hosseinpour *et al*. 2017). عوامل مؤثر در موفقیت کشت پائیزه شامل زمان مناسب کاشت، انتخاب رقم مقاوم به ساقه‌روی و سرکوسپورا، آماده‌سازی زمین و مدیریت زراعی است. به‌طور مثال، در مناطق خوزستان، گلستان، خراسان و کرمانشاه دوره زمانی مناسب کاشت در پاییز بین اواخر شهریور تا اواخر مهر تعیین شده است، به‌طوری‌که کشت زودتر، بسته به طول روز و میزان شدت سرمای پائیزه، باعث افزایش ساقه‌روی و کاهش عملکرد و کیفیت و کشت دیرتر باعث کاهش عملکرد ریشه و تأخیر در زمان برداشت می‌شود. انتخاب رقم مناسب مثل ارقام مقاوم به ساقه‌روی از جمله هما و روبینا نیز نقش کلیدی در موفقیت کشت پائیزه دارد (Rezaei and Fasahat 2022).

چغندرقند گیاهی دوساله است که برای گذار از مرحله رویشی به مرحله زایشی به دمای پایین نیاز دارد و در شرایط روزهای بلند، پس از تشکیل ساقه گل‌دهنده، بذر تولید می‌کند. این ویژگی در مناطق گرمسیر مانند خوزستان که در آن کشت در اوایل پاییز و برداشت در اواسط بهار سال بعد انجام می‌شود، می‌تواند به پدیده‌ای به نام بولتینگ یا ساقه‌روی منجر شود. این پدیده موجب خشبی شدن ریشه و کاهش کیفیت و درصد قند محصول می‌شود و از این‌رو، استفاده از ارقام مقاوم به ساقه‌روی در این مناطق ضروری است (Lexander 1987).

از سوی دیگر، بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی که توسط قارچ *Cercospora beticola* ایجاد می‌شود، یکی از مهم‌ترین بیماری‌های برگی چغندرقند در کشت پائیزه است که به‌ویژه در مناطق گرم و مرطوب مانند خوزستان خسارت قابل‌توجّهی بسته به شرایط آب و هوایی تا ۱۰۰ درصد به بار می‌آورد (Pourrahim *et al*. 2016). در چغندرقند پائیزه، این بیماری به‌دلیل تأثیر مستقیم بر کاهش فتوسنتز برگ‌ها، اُفت کیفیت قند و افزایش مواد فنلی در ریشه، باعث کاهش عملکرد شکر تا ۵۰ درصد (Pourrahim *et al*. 2016) و دشواری در فرآیند استحصال شکر می‌شود. از آن‌جایی که در کشت پائیزه چغندرقند، گیاه در دوره رشد بهینه با شرایط مطلوب رطوبت و دما برای توسعه قارچ مواجه می‌شود، بیماری شیوع بیشتری یافته و برگ‌های اولیه را تخریب می‌کند.

این موضوع علاوه بر کاهش عملکرد، هزینه‌های مدیریت مزرعه را به‌دلیل نیاز به استفاده مکرر از سموم قارچکش، افزایش می‌دهد. کنترل این بیماری از طریق ارقام مقاوم و مدیریت بهینه مزرعه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است تا خسارت اقتصادی ناشی از آلودگی مزرعه به حداقل برسد (Mahmoudi *et al*. 2009). در مطالعات اخیر، زراعت پائیزه چغندرقند به‌عنوان یک جایگزین مؤثر در مقابل کشت بهاره در مناطق نیمه‌خشک مانند تربت‌جام مورد بررسی قرار گرفته است؛ این روش به‌علت بهره‌گیری از نزولات جوی پائیزه و کاهش مصرف آب شناخته شده است. در

پژوهش انجام‌شده در دو سال زراعی ۱۳۹۹–۱۳۹۸ و ۱۴۰۰–۱۳۹۹، ۱۶ ژنوتیپ چغندرقند در منطقه تربت‌جام ارزیابی شدند (Hamidi *et al*. 2022). نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری میان ژنوتیپ‌ها در صفات مختلف به‌جز نیتروژن مضره وجود داشت.

ژنوتیپ SBSI-15 با عملکرد ریشه‌ی حدود ۶۰/۶۶ تن در هکتار، و رقم مودکس با بیشترین قند ناخالص (۱۹/۵ درصد)، قند خالص (۱۶/۳ درصد) و ضریب استحصال شکر (۸۳/۲ درصد) برتر بودند. همچنین ژنوتیپ FDIR19B3021 دارای بیشترین عملکرد قند ناخالص و قند خالص (به‌ترتیب ۱۰/۶۹ و ۸/۶۸ تن در هکتار) بود. با توجّه به تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های SVZA 2019-JD0401، FDIR19B3021 و FDIR19B4028 به‌عنوان برترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد قند خالص و سازگاری به‌عنوان گزینه‌های مناسب برای کشت پائیزه در تربت‌جام معرفی شدند.

در یک مطالعه میدانی اجرا شده در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد دزفول در سال زراعی ۹۷–۱۳۹۶، ۲۲ رقم چغندرقند پائیزه جدید داخلی و خارجی مورد ارزیابی قرار گرفتند تا تفاوت‌های عملکرد کمی (از قبیل عملکرد ریشه و شکر سفید) و کیفی (عیار قند، ضریب استحصال، درصد شکر سفید، نیتروژن مضره، میزان سدیم و پتاسیم ریشه و قند ملاس) بررسی شود (Hasanvandi *et al*. 2022). نتایج نشان داد که در تمام صفات بررسی‌شده میان ارقام، تفاوت معنی‌داری وجود داشت؛ ارقام کالاس و هانی با عملکرد ریشه حدود ۱۲۵ و ۱۱۳ تـن در هـکتار و عملکرد شکر سفید حدود ۱۳/۵ و ۱۳/۶ تن در هکتار، بهترین عملکرد را داشتند و رقم اسپارتاک بیشترین عیار قند (۱۵/۷ درصد)، درصد شکر سفید (۱۳/۶ درصد) و بالاترین ضریب استحصال شکر (۸۶/۵ درصد) را به‌دست آورد. دامنه‌ی متغیرهای آلکالوییدی برای سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره نیز به‌ترتیب از ۱/۵۴ تا ۴/۲۶، ۲/۵۲ تا ۳/۹۵ و ۱/۷۸ تا ۳/۲۲ میلی‌اکی‌والان گزارش شد. بر اساس این نتایج، ارقام کالاس (Callas)، هانی (Honey) و اسپارتاک (Spartak) برای تولید اقتصادی چغندرقند پائیزه در استان خوزستان توصیه شده‌اند.

هدف از این تحقیق، ارزیابی و بررسی عملکرد کمی و کیفی هیبریدهای جدید چغندرقند به‌منظور معرفی آن‌ها به‌عنوان ارقام تجارتی مناسب برای منطقه دزفول است. این تحقیق با تحلیل شاخص‌های کمی مانند میزان عملکرد در هکتار و تولید شکر و همچنین بررسی ویژگی‌های کیفی همچون درصد قند و عملکرد شکر سفید سعی دارد هیبریدهایی را شناسایی کند که بیشترین سازگاری را با شرایط اقلیمی و خاکی منطقه دزفول داشته و از نظر اقتصادی و تجاری نیز بهره‌وری بیشتری را برای کشاورزان به ارمغان می‌آورند.

در نهایت، هدف اصلی این است که هیبریدهای با عملکرد بهینه به‌عنوان گزینه‌های مناسب برای کشت تجاری در این منطقه معرفی شوند.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه، ۱۰ هیبرید چغندرقند داخلی به همراه یک رقم شاهد ایرانی هما و چهار رقم شاهد خارجی مقاوم به ساقه‌روی در دو سال ۱۴۰۰–۱۴۰۱ و ۱۴۰۲–۱۴۰۱ مورد مقایسه قرار گرفتند که خصوصیات ارقام در جدول ۱ آمده است.

شاهد حساس SHR01P12 در کنار آزمایش کشت شد. آزمایش به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در منطقه دزفول (با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۶ دقیقه طول شرقی، ۳۲ درجه و ۲۱ دقیقه عرض شمالی و ۱۲۱ متر ارتفاع از سطح دریا) اجرا شد.

جدول ۱ لیست هیبریدهای مورد ارزیابی چغندرقند

Table 1. List of sugar beet hybrids evaluated in Dezful area for two years

ردیف No.	ژنوتیپ Genotype	ردیف No.	ژنوتیپ Genotype	ردیف No.	ژنوتیپ Genotype
1	SBSI215	6	SBSI220	11	Homa
2	SBSI216	7	SBSI 221	12	Palma
3	SBSI217	8	SBSI222	13	Semper
4	SBSI218	9	SBSI223	14	Motor
5	SBSI219	10	SBSI224	15	Vangelis

هر ساله قبل از آغاز اجرای آزمایش، نمونه‌های خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتر از مزارع محل اجرا جمع‌آوری شد. این نمونه‌ها جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و ارزیابی نیاز کودی به آزمایشگاه خاک‌شناسی ارسال گردید (جدول ۲).

جدول ۲ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی (۱۴۰۱ و ۱۴۰۲)

Table 2 Physical and chemical properties of the experimental field soils (2022 and 2023)

مکان Location	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی Ec ds.m^{-1}	فسفر P	پتاسیم K	نیتروژن کل Total N	رس Clay	سیلت Silt	ماسه Sand	بافت خاک Soil texture
			ppm		%	%			
دزفول Dezful	7.6	1.7	6.1	104	0.74	28	40	32	لوم رسی Clay-Loam

آزمایش در کرت‌های به طول ۸ متر با فاصله ردیف ۶۱ سانتی متر در اواخر شهریور کشت و در اوایل مهر آبیاری انجام شد. به‌منظور مدیریت مؤثر آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، اقدامات کنترلی مطابق با توصیه‌های فنی کارشناسان ذیربط و در بازه‌های زمانی مناسب انجام شد. عملیات یادداشت‌برداری تعداد بوته‌های به ساقه رفته در طول دوره رشد گیاه به‌صورت منظم صورت گرفت. یادداشت برداری از شدت آلودگی برگ‌ها به بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی در مقیاس ۹-۱ انجام شد و نمره ۱ برای گیاهان با برگ‌های سالم و فاقد علائم بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی و نمره ۹ برای گیاهان با برگ‌های خشک‌شده در اثر بیماری داده شد. در مرحله‌ی برداشت، به‌منظور حذف اثرات حاشیه‌ای، نیم‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت حذف گردید. سپس ریشه‌های هر کرت به‌صورت مجزا شمارش، توزین و از آن‌ها نمونه خمیر تهیه شد.

نمونه‌های خمیر تهیه‌شده از ریشه‌ها تا زمان انجام تجزیه‌های شیمیایی در دمای 20°C- در فریزر نگهداری شدند. این نمونه‌ها به آزمایشگاه تکنولوژی قند مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند ارسال شده و مورد تجزیه قرار گرفتند. مقادیر عملکرد شکر سفید (WSY) بر حسب تن در هکتار و درصد قند خالص (WSC)بر اساس روابط استاندارد (۱ تا ۲) محاسبه شدند (Reinfeld *et al*. 1974; Cook and Scott 1993).

$$WSY = \mathrm{RY} \times \mathrm{WSC}$$ رابطه۱

$$WSC = \mathrm{SC} - (\mathrm{MS} + 0.6)$$ رابطه۲

در این روابط RY عملکرد ریشه برحسب تن در هکتار، WSC درصد شکر سفید، SC درصد قند ناخالص و MS درصد قند ملاس است.

آزمون بارتلت (Bartlett 1937) برای بررسی همگن بودن واریانس خطاهای آزمایشی محاسبه شد. پس از تأیید همگنی

واریانس خطا برای هر صفت، تجزیه و تحلیل واریانس مرکب انجام شد. باتوجه به‌این‌که در انتخاب رقم چغندرقند، عملکرد شکر سفید مهم‌ترین صفتی است که هم کشاورز و هم بخش صنعت قند به آن توجه دارند به همین خاطر در تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایشی، صفات دخیل در عملکرد شکر سفید یعنی عملکرد ریشه و درصد قند خالص به همراه صفت عملکرد شکر سفید در کنار درصد ساقه‌روی و تحمل به لکه‌برگی سرکوسپورایی مدنظر قرار گرفت. به استثنای دو صفت درصد ساقه‌روی و شدت بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی که شرایط لازم برای تجزیه پارامتری را نداشتند، سایر صفات شامل عملکرد ریشه، عملکرد شکر سفید و درصد قند خالص تحت تجزیه واریانس و آزمون مقایسه میانگین به روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفتند. برای بررسی گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر شدت آلودگی به بیماری (نمره بیماری)، از روش خوشه‌بندی وارد (Ward 1963) استفاده شد. کلیه تجزیه‌های آماری با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای SAS 9.4 و R انجام گرفت.

نتایج و بحث

این پژوهش با سه هدف اصلی ارزیابی عملکرد کمی و کیفی ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند پائیزه، بررسی میزان ساقه‌روی و سنجش مقاومت نسبت به بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی طراحی و اجرا شده و نتایج حاصل به‌طور هدفمند در سه بخش مجزا، متناسب با هر یک از این اهداف، ارائه و تحلیل شده‌اند.

ارزیابی عملکرد صفات اندازه گیری شده در هیبریدها

براساس نتایج تجزیه واریانس مرکب، اثر سال برای صفت عملکرد ریشه، درصد قند خالص و عملکرد شکر سفید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر ژنوتیپ بر عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد که نشان‌دهنده‌ی اختلاف در پتانسیل عملکرد ارقام است. اثر متقابل سال در رقم برای صفات عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود که حاکی از تأثیر برهم‌کنش رقم در سال بر پتانسیل عملکرد ارقام مورد بررسی بود (جدول ۳).

جدول ۳ نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی در هیبریدهای چغندرقند تحت شرایط کشت پائیزه در منطقه دزفول

Table 3 Combined analysis of variance results of studied traits of sugar beet hybrids in the Dezful region

	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square		
		عملکرد ریشه Root yield	درصد قند خالص White sugar content	عملکرد شکر سفید White sugar yield
سال Year	1	4858.65**	10.26	27.0**
خطای ۱ Error 1	6	67.2	5.51	2.99
ژنوتیپ Genotype	14	833.5**	10.3**	22.4**
سال × ژنوتیپ Genotype × year	14	138.2**	0.43	1.66*
خطا ۲ Error 2	84	52.7	0.55	0.79
ضریب تغییرات Coefficient of variation		9.7	6.6	10.7

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد.

**and * Significant at 1and 5% probability level, respectively.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین عملکرد ریشه مربوط به رقم شاهد خارجی پالما با میانگین ۹۵/۵ تن در هکتار بود که با عملکرد ریشه هیبرید جدید SBSI-223 با میانگین ۸۶/۲ تن در هکتار اختلاف معنی‌دار نداشت و هر دو در گروه برتر آماری قرار گرفتند. همچنین هیبرید جدید دیگر (SBSI-224) و دو رقم شاهد خارجی سمپر (Semper) و موتور (Motor) به ترتیب با متوسط عملکرد ریشه ۸۲/۱، ۸۱/۷ و ۷۷/۴ تن در هکتار بدون اختلاف آماری معنی‌دار در گروه دوم قرار گرفتند. در این شرایط، متوسط عملکرد ریشه شاهد مقاوم داخلی (هما) برابر ۷۱/۹ تن در هکتار بود که اختلاف زیادی با دو هیبرید جدید داشت و اختلاف آنها از نظر آماری نیز معنی‌دار بود (جدول ۴).

بالاترین درصد قند خالص متعلق به شاهد خارجی ونجلیس (Vangelis) با میانگین ۱۳/۳ بود که با شاهد خارجی موتور و هیبرید جدید SBSI-224 به ترتیب با میانگین های ۱۲/۸ و ۱۲/۷ درصد اختلاف معنی‌دار نداشت و جزو برترین ارقام آزمایش بودند. همچنین هیبرید جدید SBSI-223 و ارقام شاهد خارجی پالما (Palma) و سمپر به ترتیب با میانگین های ۱۱/۶، ۱۱/۷ و ۱۱/۳ درصد قند خالص در گروه آماری بعدی قرار داشته و از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. در این آزمایش، هیبریدهای جدید SBSI-223 و SBSI-224 اختلاف زیادی با شاهد مقاوم داخلی هما با میانگین قند خالص ۹/۸ درصد داشتند. تمام هیبریدهای جدید مورد بررسی در این آزمایش به غیر از هیبرید SBSI-216 دارای درصد قند خالص بیشتری نسبت به شاهد مقاوم داخلی هما بودند که نشان از پیشرفت برنامه‌های اصلاحی در خصوص افزایش درصد قند دارد.

جدول ۴ نتایج مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های چغندرقند، تحت شرایط اقلیمی منطقه دزفول در سال‌های زراعی ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲

Table 4 Results of mean comparison of the evaluated traits in sugar beet genotypes under the climatic conditions of Dezful region during the 2022 and 2023 growing seasons

	عملکرد ریشه Root yield ($t.ha^{-1}$)	درصد قند خالص White sugar content (%)	عملکرد شکر سفید White sugar yield ($t.ha^{-1}$)
SBSI215	62.0ef	10.8d	6.7e
SBSI216	70.0cdef	9.7f	6.8e
SBSI217	58.4f	10.9cd	6.4e
SBSI218	64.8def	10.1ef	6.5e
SBSI219	61.2ef	10.8ed	6.6e
SBSI220	77.5bc	10.1ef	7.8de
SBSI221	72.5cde	9.9f	7.2e
SBSI222	80.1bc	11.1bcd	8.8cd
SBSI223	86.2ab	11.5bc	9.8abc
SBSI224	82.1bc	12.7a	10.4ab
Homa	71.9cde	9.7f	7.0e
Motor	77.4bcd	12.8a	9.9abc
Palma	95.6a	11.7b	11.1a
Semper	81.7bc	11.3bcd	9.2bc
Vangelis	75.6bcd	13.3a	10.04abc

در هر ستون، میانگین های دارای حروف مشترک، تفاوت معنی دار باهم ندارند.

In each column, means with the same letters do not differ significantly.

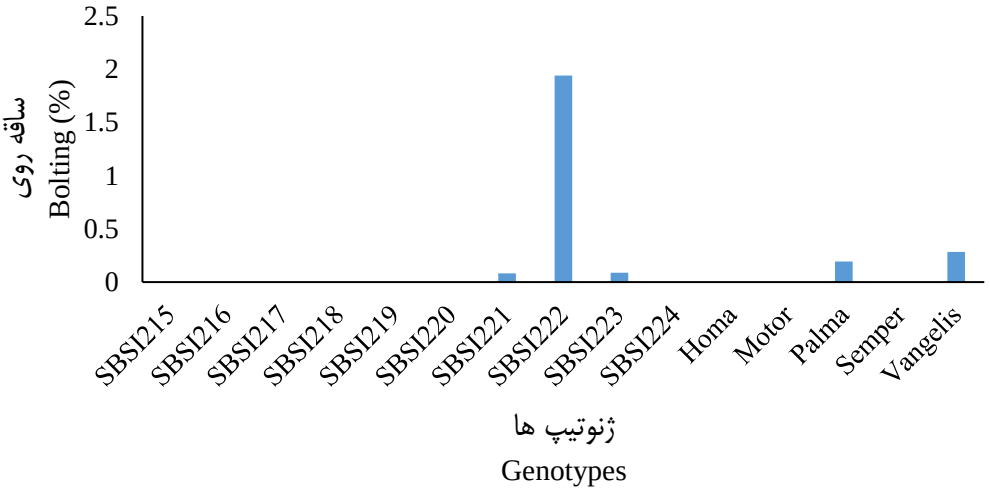
در مجموع از نظر عملکرد شکر سفید که دو صفت عملکرد ریشه و درصد قند خالص بر مقدار آن مؤثر هستند، رقم پالما با میانگین عملکرد شکر سفید ۱۱/۱ تن در هکتار بالاترین عملکرد شکر سفید را به خود اختصاص داد که با هیبرید جدید SBSI-224 با میانگین ۱۰/۴ تن در هکتار اختلاف معنی‌داری نداشت و هر دو جزو برترین ارقام آزمایش بودند. هیبرید جدید SBSI-223 با ارقام شاهد خارجی ونجلیس، موتور و سمپر به ترتیب با متوسط عملکرد شکر خالص ۹/۸، ۱۰، ۹/۹ و ۹/۲ تن در هکتار اختلاف

معنی‌داری نداشت. میانگین عملکرد شکر سفید شاهد مقاوم داخلی هما برابر ۶/۹۹ تن در هکتار بود که اختلاف بسیار زیادی با دوهیبرید جدید SBSI-223 و SBSI-224 داشت. به غیر از این دو هیبرید جدید منتخب، تنها عملکرد شکر سفید هیبرید SBSI-222 از رقم هما بیشتر بود و میان سایر هیبریدها با رقم شاهد مقاوم داخلی هما اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

با توجه به نتایج تجزیه مرکب داده‌های آزمایشی برای صفات عملکرد ریشه، درصد قند خالص و عملکرد شکر سفید به ویژه با تأکید بر عملکرد شکر سفید، هیبریدهای منوژرم SBSI-223 و SBSI-224 به دلیل تفاوت قابل توجه در پتانسیل عملکرد ریشه و شکر در مقایسه با رقم شاهد مقاوم داخلی هما و سایر هیبریدهای جدید به‌عنوان ارقام مناسب برای کشت پائیزه در منطقه جنوب غرب کشور انتخاب و جهت معرفی در نظر گرفته شدند.

علاوه بر ویژگی‌های کمی و کیفی، مقاومت به ساقه‌روی نیز یکی از ویژگی‌های مهم در انتخاب ارقام مناسب برای کشت پائیزه است. همچنین، به دلیل شیوع بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی در جنوب غرب کشور در برخی سال‌ها، مقاومت به این بیماری نیز در موفقیت رقم اهمیت دارد. شکل ۱ درصد ساقه‌روی هیبریدهای جدید در منطقه دزفول را نشان می‌دهد. نتایج نشان‌دهنده‌ی مقاومت خوب تمام هیبریدها نسبت به ساقه‌روی است. با توجه به تغییرات اقلیمی اخیر و کاهش دمای زمستانی در جنوب غرب کشور، خطر ساقه‌روی چغندرقند در کشت پائیزه در این منطقه کاهش یافته است. با این حال در هر دو سال آزمون تعیین ارزش زراعی، آزمایش‌ها در اولین زمان ممکن کاشته شدند و متوسط ساقه‌روی شاهد حساس طی دو سال برابر با ۲۹/۴ درصد بود. به جز هیبرید SBSI-222 با میانگین ۱/۹۴ درصد، ساقه‌روی سایر هیبریدها در این دوره نزدیک به صفر بود که نشان‌دهنده‌ی مقاومت قابل قبول این ژنوتیپ‌ها است.

ژنوتیپ شاهد مقاوم داخلی هما نیز در هر دو سال بدون ساقه‌روی باقی ماند. همچنین متوسط ساقه‌روی ارقام شاهد مقاوم خارجی پالما، سمپر، موتور و ونجلیس به‌ترتیب برابر با ۰/۱۹، صفر، صفر و ۰/۲۴ درصد بود. میانگین ساقه‌روی دو هیبرید جدید SBSI-223 و SBSI-224 نیز به ترتیب برابر ۰/۰۹ و صفر بود که نشان‌دهنده‌ی مقاومت خوب آنها در شرایط کشت پائیزه جنوب غرب کشور است.

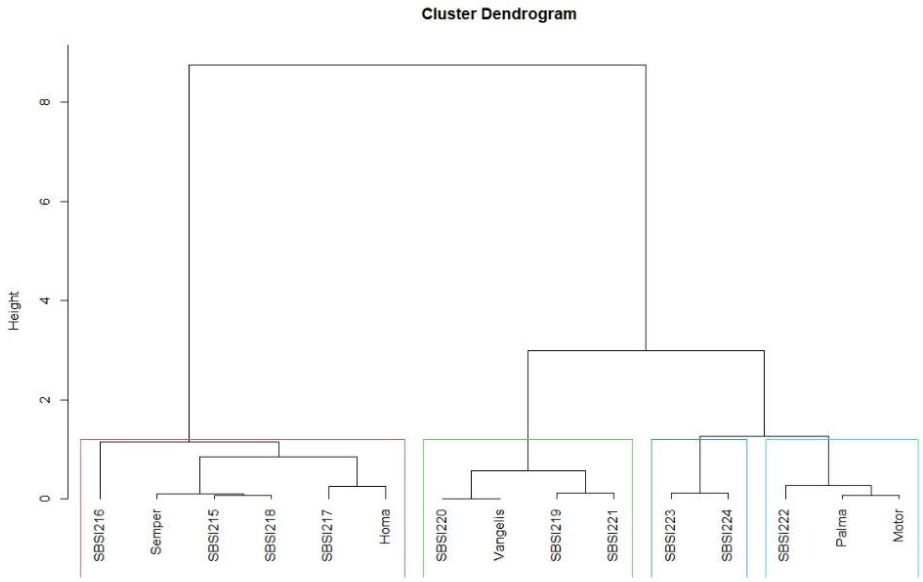


شکل ۱ میانگین ساقه‌روی ژنوتیپ‌های مورد بررسی

Fig 1 The average bolting percentage across the evaluated genotypes

تجزیه خوشه‌ای

از نظر مقاومت به بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی، دو هیبرید SBSI-223 و SBSI-224 به ترتیب با میانگین نمره آلودگی ۲/۸۸ و ۲/۷۵ (در مقیاس ۱ تا ۹) کمترین میزان آلودگی را داشته و مقاومت بسیار خوبی در برابر این بیماری نشان دادند (شکل ۲). کاهش عملکرد ریشه و شکر در سایر هیبریدها طی سال‌های آزمایش عمدتاً ناشی از شیوع این بیماری در منطقه بود. با این حال، دو هیبرید SBSI-223 و SBSI-224 مقاومت بالاتری نسبت به بیماری سرکوسپورا در مقایسه با تمامی ارقام شاهد داخلی و خارجی داشتند.



شکل ۲ گروه‌بندی ژنوتیپ‌های چغندرقند از نظر تحمل به بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی

Fig 2 Clustering of sugar beet genotypes based on tolerance to cercospora leaf spot disease

نتیجه‌گیری

موفقیت کشت پائیزه چغندرقند نیازمند برنامه‌ریزی دقیق زراعی و انتقال یافته‌های تحقیقاتی به مزرعه است. این روش، به‌ویژه در شرایط کم‌آبی کشور، می‌تواند به افزایش عملکرد ریشه، کاهش هزینه‌ها و مصرف منابع آب کمک شایانی کرده، سهم کشور در تولید شکر را بهبود بخشد. به‌طور کلی نتایج دو سال ارزیابی در منطقه جنوب غرب کشور در شرایط کشت پائیزه نشان داد که هیبریدهای SBSI-223 و SBSI-224 از پتانسیل مطلوبی در عملکرد ریشه و شکر برخوردارند. این دو هیبرید دیپلوئید و منوژرم، علاوه بر مقاومت به ساقه‌روی، در برابر بیماری لکه‌برگی نیز مقاوم بودند. مقاومت بالای این دو هیبرید به بیماری لکه‌برگی موجب حفظ اندام هوایی در طول فصل رشد شد که این امر به بهبودی عملکرد کمی و کیفی آنها کمک کرد. این هیبریدها از نظر عملکرد ریشه و شکر نیز اختلاف معنی‌داری با رقم شاهد مقاوم داخلی هما نشان دادند و به‌عنوان ارقام داخلی متحمل به ساقه‌روی و مقاوم به بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی برای کشت پائیزه در جنوب غرب کشور مناسب تشخیص داده شده و قابل معرفی هستند. هزینه تولید هر واحد بذر این ارقام معادل ۴۰ درصد بذرهای مشابه خارجی است و توسعه کشت پائیزه ارقام سبب صرفه‌جویی ارزی بالایی برای کشور خواهد شد. علاوه بر این از منظر حمایت از تولید داخلی و ایجاد اشتغال، معرفی این ارقام در راستای سیاست های اقتصاد مقاومتی کشور تلقی می شود.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

سپاسگزاری

از کلیه همکاران در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر و چغندرقند مرکز تحقیقات صفی‌آباد تشکر می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

Bartlett MS. Properties of sufficiency and statistical tests. Proceedings of the royal society of london. series a-mathematical and physical sciences. 1937; 160(901): 268-282. Doi: https://doi.org/10.1098/rspa.1937.0109

Cook D, Scott R. The sugar beet crop: science into practice. Champan and Hall Press, New York, USA. 1993; pp. 704. Doi:https://doi.org/10.1007/978-94-009-0373-9

Fasahat P, Hosseinpour M, Kakueinezhad M, Hemayati SS, Laidig F. Effect of latitude on sugar beet bolting occurrence. Poljoprivreda i Sumarstvo. 2023; 69(2): 181-190. Doi:https://doi.org/10.17707/AgricultForest.69.2.14

Hamidi H, Ahmadi M, Teleghani D. Selection of suitable sugar beet genotypes for winter sowing (pending) in torbat-e-jam region. Iranian Journal of Field Crops Research. 2022; 20(3)335- 348. Doi:https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.74787.1138. [In Persian]

Hosseinpour M, Hosseinian SH, Yousefabadi V. Effect of irrigation management on quantitative and qualitative parameters of autumn-sown sugar beet. Journal of Sugar Beet. 2017; 33(2): 221-235. (In Persian With English Abstract)Doi:https://doi.org/10.22092/jsb.2018.115067.1163

Hasanvandi MS, Hosseinpour M, Rajabi A, Mahmoudi S B, Taleghani D, Sadeghzadeh Hemayati S, Parmoon Gh. Evaluation of new autumn sown sugar beet cultivars for quantitative and qualitative traits in Khuzestan Province. Journal of Crops Improvement. 2022; 24 (4): 1117-1132. (In Persian). Doi: https://doi.org/10.22059/jci.2022.329580.2606

Lexander K. Characters related to the vernalization requirement in sugar beet. pp. 147-158. In: J.G. Atherton (Ed). Manipulation of flowering, Butterworths, London. 1987;. Doi:https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19871662690

Mahmoudi SB, Sharifi H, Khodadadi S. Evaluation of commercial sugar beet cultivars for resistance to Cercospora leaf spot under field condition. Journal of Agriculture. 2009; 11(1): 129-137. (In Persian).

Pourrahim R, Najafi H, Farzadfar S, Ardeh MJ, Sheikholeslami M, Fatemy S, Ghasemi A, Arbabi M. Sugarbeet Handbook, Iranian Research Institute of Plant Protection, 2016; pp. 161. (In Persian)

Reinfeld E, Emmerich A, Baumgarten G, Winner C, Beiss U. Zur voraussage des melassez zuckersaus ruben analysen zucker. Zucker. 1974; 27: 2-15.

Rezaei J, Fasahat P. Autumn-sown sugar beet cultivation in semiarid regions. pp. 275-290. In: Misra, V. *et al.* (Eds.) Sugar beet cultivation, management and processing. Singapore: Springer Nature Singapore. 2022 Doi:https://doi.org/10.1007/978-981-19-2730-0_14

Ward Jr JH. Hierarchical grouping to optimize an objective function. Journal of the American Statistical Association. 1963; 58(301): 236-244.