

Evaluation and selection of test-crosses resistant to rhizomania and root rot based on selection index of ideal genotype (SIIG)

Heydar Azizi^{1*}, Peyman Norouzi², Mehdi Hassani², Masoud Ahmadi³, Mastaneh Sharifi⁴
(Received: 10 Sep. 2024 ; Accepted: 30 Oct. 2024)

How to cite this article:

Azizi H*, Norouzi P, Hassani M, Ahmadi M, Sharifi M. Evaluation and selection of test-crosses resistant to rhizomania and root rot based on selection index of ideal genotype (SIIG). Journal of Sugar Beet. 2024; (40)1. 47- 62. (In Persian with English abstract). Doi: <https://doi.org/10.22092/JSB.2024.366997.1370>

Extended abstract

Introduction

Sugar beet (*Beta vulgaris* L.), belonging to the family *Chenopodiaceae*, is a biennial root crop known for sugar production after sugarcane. Rhizomania and root rot are considered as the most deleterious diseases for sugar beet production and consequently sugar industry. These diseases result in significant yield losses and influence grower profitability. The most efficient way to deal with the disease is to use resistant cultivars. Researchers have introduced various indices to increase selection efficiency. One of these indices is the SIIG index, which was introduced to integrate different methods of stability analysis. For its calculation, a variety of indices and traits with different natures and units can be used, increasing the efficiency of selection. Considering that selecting desirable cultivars with specific and desired characteristics by a single trait alone may not lead to desirable results, in this study, the ideal genotype selection index was used to integrate important traits related to quantitative and qualitative yield for better evaluation of hybrids and identification and selection of ideal hybrids.

Materials and Methods

In order to select the ideal hybrid in terms of all the evaluated traits, 16 hybrids obtained from test cross along with domestic control called Dena and three foreign controls called FD16B3013, Urselina and BTS1930 were evaluated based on randomized complete block design with four replications in five locations of Karaj, Miandoab, Mashhad, Shiraz and Hamedan in 2023. After land preparation including plowing, disking, leveling and plotting, the experiment was planted in late March. The studied materials were evaluated in experimental plots consisting of three rows of 8 m length with 50 cm row space and 18 cm distance between plants in a row. Roots were harvested and weighed in the second half of October, and root yield for each cultivar was converted into t ha⁻¹. In order to obtain pulp sample, 30 roots were randomly selected from each plot. Roots were washed and weighed, the pulp was prepared in the laboratory, and after freezing, it was sent for qualitative analysis and determination of qualitative related traits including sugar content, white sugar content, root α -amino nitrogen, sodium, and potassium content, alkalinity, extraction sugar coefficient and molasses sugar content. After collecting data from all regions, combined ANOVA, mean comparisons in terms of measured traits and correlation coefficients between traits based on the average data of all regions, as well as the heritability of traits based on the estimated

¹ Sugar Beet Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran.

*Corresponding author: heydar.azizi@gmail.com

² Sugar Beet Seed Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

³ Sugar Beet Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO) Mashhad, Iran.

⁴ Sugar Beet Research Department, Fars Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran.



amount of genetic, environmental and phenotypic variances and genotypic and phenotypic coefficients of variation were performed using SAS V. 9.0 software. Finally, in order to evaluate phenotypic diversity and integrate the evaluated traits to determine the ideal hybrid, the ideal genotype selection index (SIIG) was calculated using Microsoft Excel.

Results and Discussion

Bartlett's test confirmed the homogeneity of variance of experimental errors in the studied regions. Therefore, a combined ANOVA was performed to examine the main effects and the interaction between the source of variation. According to the results of the combined ANOVA, the effect of location on all evaluated traits was significant at the ($P \leq 0.01$). Also, the difference among cultivars in terms of all evaluated traits (except for potassium content) was significant ($P \leq 0.01$), which indicates the existence of genetic diversity among studied cultivars and hybrids, and since the existence of diversity is one of the main pillars of breeding, it contributes the breeder to select desirable plant materials. Since one of the most important stages in breeding program is determining an index for the screening of the plant materials, and the occurrence of different hybrid ranking in terms of each trait, the accurate selection of the best hybrid is not possible. Therefore, in order to screen the best hybrid by considering all the evaluated traits at the first stage, all hybrids and cultivars were ranked separately in terms of each trait. Then, the total ranks were calculated for each of the hybrids and cultivars. The hybrid or cultivar with the lowest and highest total rank values were identified as the best (rank 1) or the weakest (rank 20), respectively. Based on the results obtained, after identifying BTS1930 as the superior cultivar, hybrids No. 12, 9, 8 and 14 were ranked second to fifth, respectively and had a good relative advantage over two other foreign controls Urselina and FD16B3013, which were ranked as sixth and eleventh, respectively. The domestic control cultivar Dena (No. 17) ranked ninetieth and showed a significant difference in terms of rank with the superior hybrids of the new generation, which indicates genetic progress and response to appropriate selection of the new generation hybrids compared with older cultivars that can be registered and introduced as new cultivars. The results of calculating the SIIG index

based on the average of traits in all regions in terms of identifying ideal cultivars and hybrids were largely consistent with the results of their ranking as mentioned before. Based on both calculations, hybrids number 12 ((201-9*301-11) * S1 – 980133) and 9 ((201-9*301-11) * S1 – 980126) had a more favorable status than other hybrids. Therefore, these two hybrids and, in the next stage, hybrids number 8 ((201-9*301-11) * S1 – 980119) and 14 ((201-9*301-11) * S1 – 980139) can be introduced as superior and ideal hybrids and can be used for supplementary research. Of course, in this research, in addition to presenting the results of calculating the SIIG index, a two-dimensional diagram of the classification of hybrids and varieties based on SIIG index and sugar yield as the final yield of sugar beet crop based on the average of all regions was also drawn to screen and identify ideal hybrids. Hybrid No. 12 ((201-9*301-11) * S1 – 980133) had a more favorable status than other hybrids, and therefore it can be introduced as a superior hybrid overall.

Conclusion

Overall, results showed that the SIIG index was able to identify ideal cultivars and hybrids and in accordance with the results obtained from the ranking of cultivars and hybrids in terms of all evaluated traits. This index is a selective model and is used to select the most ideal cultivars and hybrids. In other words, using the SIIG index, different traits can be converted into a single index and the selection of superior genotypes can be done more accurately and with less bias in different breeding programs.

Keywords: Dominant diseases, Ideal hybrid, Selection, Sugar beet

References

- Hamze H, Mahdi H, Mansouri H. Screening O-type lines of sugar beet in terms of resistance to rhizoctonia root rot. *Journal of Sugar Beet*. 2021; 37 (2), 153-162 [In Persian]..
- Yan W, Kang M.S. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC press. 2002; pp. 288. Doi: <https://doi.org/10.1201/9781420040371>.

ارزیابی و گزینش تست کراس‌های مقاوم به ریزومانیا و پوسیدگی ریشه بر اساس شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) †

حیدر عزیزی*، پیمان نوروزی، مهدی حسنی، مسعود احمدی، مستانه شریفی^۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۶/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۸/۹

نوع مقاله: پژوهشی

DOI: 10.22092/JSB.2024.366997.1370

ح. عزیزی، پ. نوروزی، م. حسنی، م. احمدی، م. شریفی، ارزیابی و گزینش تست کراس‌های مقاوم به ریزومانیا و پوسیدگی ریشه بر اساس شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG). چغندرقد ۴۰(۱): ۴۷-۶۲

چکیده

به منظور انتخاب هیبرید ایده‌آل به لحاظ کلیه صفات مورد ارزیابی، تعداد ۱۶ هیبرید تست کراس همراه با رقم شاهد داخلی دنا و سه رقم شاهد خارجی FD16B3013، اورسلینا (Urselina) و BTS1930، آزمایش‌هایی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در پنج منطقه کرج، میاندوآب، مشهد، شیراز و همدان طی سال زراعی ۱۴۰۲ اجرا گردید. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اختلاف بین مواد گیاهی مورد مطالعه از نظر کلیه صفات مورد ارزیابی (غیر از صفات میزان پتاسیم ریشه) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند که نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی میان آن‌ها است. بر اساس نتایج محاسبه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG)، رقم FD16B3013 در جایگاه اول و سپس هیبرید شماره ۱۲ [S1 - 980133 * (201-9*301-11)] در جایگاه دوم قرار گرفت. رقم دنا با کمترین SIIG به عنوان ضعیف‌ترین و مطابق نتایج اکثر مناطق، هیبرید شماره ۴ و ۵ نیز بعد از رقم دنا از وضعیت نامطلوبی برخوردار بودند. بر اساس میانگین داده‌ها، بیشترین همبستگی مثبت و منفی معنی‌دار به ترتیب بین SIIG و صفت عملکرد قند خالص (**/۸۵+) و میزان سدیم ریشه (**/۸۰-) مشاهده گردید. نتایج حاصل از محاسبه SIIG به لحاظ شناسایی ارقام و هیبریدهای ایده‌آل تا حدود زیادی مطابق با نتایج حاصل از رتبه‌بندی آن‌ها بود که در مجموع، هیبریدهای شماره ۱۲ [S1-980133 * (201-9*301-11)] و ۹ [S1 - 980126 * (201-9*301-11)] از وضعیت مطلوب‌تری نسبت به سایر هیبریدها برخوردار بودند و لذا می‌توان این دو هیبرید و در مرحله بعد هیبریدهای شماره ۸ [S1 - 980119 * (201-9*301-11)] و ۱۴ [S1 - 980139 * (201-9*301-11)] را به عنوان هیبریدهای برتر و ایده‌آل معرفی نمود و می‌توان از آن‌ها برای تحقیقات تکمیلی مانند آزمایش‌های پیشرفته و سازگاری استفاده نمود. همچنین وجود اختلاف چشمگیر وضعیت رقم شاهد داخلی دنا با هیبریدهای مذکور در کلیه مناطق و میانگین آنها حاکی از پیشرفت ژنتیکی در هیبریدهای جدید بوده و بنابراین، این هیبریدها نویدبخش معرفی نسل جدیدی از ارقام توسط مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقد می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بیماری‌های غالب، چغندرقد، گزینش، هیبرید ایده‌آل.

†- این مقاله مستخرج از پروژه تحقیقاتی با شماره مصوب ۰۰۰۷۹-۰۰۰۳-۰۰۲-۰۰۲-۰۰۲ است.

۱. استادیار بخش تحقیقات چغندرقد، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران. * نویسنده مسئول: heydar.azizi@gmail.com

۲. دانشیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۳. استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۴. استادیار بخش تحقیقات چغندرقد، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

۵. مربی، بخش تحقیقات چغندرقد، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.



مقدمه

در میان محصولات کشاورزی، چغندر قند (*Beta vulgaris*) همواره به عنوان یکی از محصولات رابط بین بخش کشاورزی و صنعت، از طریق ارتباطات پسین و پیشین، سهم قابل ملاحظه‌ای را در رونق بخشیدن به قسمتی از فعالیت‌های بخش صنعتی ایفا می‌نماید. میزان تولید چغندر قند در جهان حدود ۲۶۱ میلیون تن با میانگین عملکرد ۶۰/۷۶ تن در هکتار برآورد شده است که این میزان در کشور برابر با پنج میلیون تن با میانگین عملکرد ۵۵/۵۶ تن در هکتار است (Anonymous 2022b). این میزان تولید در کشور معادل ۸/۸۱ درصد از کل میزان تولید محصولات زراعی و ۵۱/۸۵ درصد از کل میزان تولید محصولات صنعتی است. استان‌های آذربایجان غربی و کرمان به ترتیب با ۲۳/۹۷ و ۰/۰۳ درصد از تولید کشور در جایگاه‌های نخست و آخر قرار دارند (Anonymous 2022a). اهمیت بالای مصرف شکر به عنوان یکی از اقلام مهم در سبد کالای خانوارهای ایرانی از یک سو، تأمین بخش اعظمی از نیاز داخل از طریق واردات و از سوی دیگر، برای کاهش عملکرد ناشی از تأثیر منفی انواع تنش‌های غیرزیستی (کم آبی، شوری و ...) و زیستی (آفات، بیماری‌ها و ...)، لزوم سرمایه‌گذاری در زمینه افزایش عملکرد کمی و کیفی چغندر قند از طریق روش‌های مختلف به‌زراعی و به‌نژادی را تبیین نموده و بنابراین در استقلال اقتصادی و سیاسی کشور، می‌تواند نقش بسیار مؤثری داشته باشد (Azizi et al. 2021).

مطالعات زیادی در ارتباط با ارزیابی صفات و تعیین ماهیت، اهمیت و ارتباط آن‌ها با عملکرد ریشه و قند با استفاده از تجزیه به عامل‌ها و سایر روش‌های چندمتغیره انجام شده است (Baradaran Firozabadi et al. 2011; Mehareb et al. 2021; Taleghani et al. 2023). در بیشتر این تحقیقات، بحث در مورد ارتباط بین صفات با عملکرد ریشه و قند و نهایتاً گروه‌بندی آن‌ها شده است ولی در بسیاری از آن‌ها بحثی در مورد انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها نشده است. بنابراین، نیاز به روش‌هایی است که بتواند انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب را با توجه به صفات مورد بررسی انجام دهد. یکی از این روش‌ها، شاخص انتخاب

ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) است که می‌تواند علاوه بر انتخاب ژنوتیپ‌های ایده‌آل، فاصله بین ژنوتیپ‌ها را هم مشخص کند. عملکرد تحت تأثیر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط قرار می‌گیرد و از نظر بسیاری از محققین برای چنین صفاتی، انتخاب غیرمستقیم از طریق سایر صفات که همبستگی بالایی با عملکرد دارند، از کارایی مطلوبی برخوردار است. محققان شاخص‌های مختلفی را برای افزایش کارایی انتخاب معرفی نموده‌اند (Brim et al. 1959; Kamphorne and Nordskog 1959; Lin et al. 1978). در شاخص‌های انتخاب از قبیل اسمیت هیزل (Smith 1936) و پسک بیکر (Pesek and Baker 1969) گزینش همزمان برای چندین صفت مهم با در نظر گرفتن ارزش اقتصادی و فنوتیپی و همچنین وراثت‌پذیری آن‌ها و همبستگی بین صفات مختلف انجام می‌شود. ولی در روش SIIG نیازی به محاسبه این کمیت‌ها نبوده و امکان شناسایی ژنوتیپ‌ها یا هیبریدهای با ویژگی‌های مورد نظر وجود دارد. این روش برای نخستین بار توسط زالی و همکاران (Zali et al. 2015) برای ادغام روش‌های مختلف تجزیه پایداری معرفی شد که برای محاسبه آن می‌توان از انواع شاخص‌ها و صفات با ماهیت و واحدهای مختلف استفاده نمود و کارایی انتخاب را افزایش داد. از روش SIIG به منظور انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها با استفاده از ادغام شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی (Zali et al. 2017)، ادغام پارامترهای تجزیه پایداری (Zali et al. 2015; Najafi Mirak et al. 2018) و ادغام صفات مختلف مورفولوژیک و فنولوژیک (Zali and Barati 2020; Abdollahi Hesar et al. 2020) لاین‌ها و هیبریدها تحت شرایط محیطی مختلف در محصول چغندر قند (Taleghani et al. 2023) نیز استفاده شده است. با توجه به اینکه انتخاب ارقام مطلوب با ویژگی‌های خاص و مورد نظر با استفاده از یک صفت ممکن است به تنهایی منجر به نتایج مطلوبی نشود، بر همین اساس در این تحقیق از شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل به منظور ادغام صفات مهم مرتبط با عملکرد کمی و کیفی، برای ارزیابی بهتر هیبریدها و شناسایی و گزینش هیبرید ایده‌آل استفاده شد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی و کاربرد شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) جهت انتخاب هیبرید ایده‌آل به لحاظ کلیه صفات مورد ارزیابی و تنوع فنوتیپی هیبریدهای چغندر قند، تعداد ۱۶ هیبرید تست کراس (والد مادری مشترک) همراه با چهار رقم شاهد (شامل رقم شاهد داخلی دنا و سه رقم شاهد خارجی FD16B3013، اورسلینا

(Urselina) و (BTS1930) (جدول ۱)، آزمایشاتی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در پنج منطقه کرج، میاندوآب، مشهد، شیراز و همدان طی سال زراعی ۱۴۰۲ اجرا گردید. مشخصات مواد گیاهی مورد استفاده در (جدول ۱) و مشخصات جغرافیایی و وضعیت فیزیکیوشیمیایی خاک‌های مناطق اجرای آزمایشات در (جدول ۲) ارائه شده است.

جدول ۱ مشخصات مواد گیاهی مورد مطالعه

Table 1. Characteristics of the studied plant materials

ردیف Row	شجره هیبرید/رقم Hybrid pedigree/cultivar	شرکت Co.	ردیف Row	شجره هیبرید/رقم Hybrid pedigree/cultivar	شرکت Co.
1	(201-9*301-11) * S1 – 980059	SBSI	11	(201-9*301-11) * S1 – 980128	SBSI
2	(201-9*301-11) * S1 – 980065	SBSI	12	(201-9*301-11) * S1 – 980133	SBSI
3	(201-9*301-11) * S1 – 980066	SBSI	13	(201-9*301-11) * S1 – 980135	SBSI
4	(201-9*301-11) * S1 – 980073	SBSI	14	(201-9*301-11) * S1 – 980139	SBSI
5	(201-9*301-11) * S1 – 980081	SBSI	15	(201-9*301-11) * S1 – 990098	SBSI
6	(201-9*301-11) * S1 – 980089	SBSI	16	(201-9*301-11) * S1 – 990136	SBSI
7	(201-9*301-11) * S1 – 980111	SBSI	17	Dena	SBSI
8	(201-9*301-11) * S1 – 980119	SBSI	18	FD16B3013	Florimond Desprez
9	(201-9*301-11) * S1 – 980126	SBSI	19	Urselina	KWS
10	(201-9*301-11) * S1 – 980127	SBSI	20	BTS1930 RHC	Beta seed

SBSI: Sugar Beet Seed Institute

SBSI: مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند

جدول ۲ مشخصات جغرافیایی و وضعیت فیزیکیوشیمیایی (عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر) خاک‌های مناطق اجرای آزمایشات

Table 2. Geographical characteristics and physicochemical condition (depth 0-30 cm) of the soils of experimental conducting regions

منطقه Region	طول جغرافیایی Long.	عرض جغرافیایی Lat.	ارتفاع از سطح دریا Alt.	pH	EC (ds/m)	O.C. (%)	P (ppm)	K (ppm)	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	بافت خاک Soil tex.
کرج Karaj	50°52' E	35°50' N	1244	7.2	0.85	1.37	2.75	507	37.3	41.4	21.3	لوم رسی Clay loam
میاندوآب Miandoab	46°06' E	36°57' N	1294	7.6	0.92	0.53	12	395	68	60	23	لوم سیلتی Silty loam
مشهد Mashhad	59°39' E	36°12' N	998	7.4	1.4	0.63	14.3	301	17	44	39	لوم سیلتی Silty loam
شیراز Shiraz	54°33' E	28°45' N	1185	7.8	2.01	0.76	4.4	264	34.6	36.4	29	لوم رسی Clay loam
همدان Hamedan	48°30' E	34°47' N	1819	7.9	6.1	0.45	47.6	499	15.5	27.5	53	لوم سیلتی Silty loam

کشت گردیدند. مواد گیاهی مورد مطالعه در کرت‌های آزمایشی شامل سه ردیف به طول هشت متر با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر

پس از آماده‌سازی زمین به روش مطلوب (شامل شخم، دیسک، تسطیح و کرت‌بندی)، کلیه آزمایشات در دهه اول فروردین ماه

چغندر قند (واقع در کرج) ارسال گردید. در آزمایشگاه، درصد قند (SC) به روش پلاریمتری (بر حسب گرم شکر در ۱۰۰ گرم چغندر قند)، مقدار پتاسیم (K) و سدیم (Na) به روش فلیم‌فوتومتر و مقدار نیتروژن (N) به روش عدد آبی (بر حسب میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه) اندازه‌گیری شدند. جهت تخمین میزان قند ملاس (بر حسب گرم شکر در ۱۰۰ گرم چغندر قند)، عملکرد قند ناخالص (SY) و خالص (WSY) (بر حسب تن در هکتار)، درصد قند خالص (WSC) (بر حسب گرم شکر در ۱۰۰ گرم چغندر قند) و ضریب استحصال شکر (ECS) (بر حسب درصد شکر) و ضریب قلیائیت (AIC) از روابط زیر استفاده شد.

$$SY = SC \times RY$$

$$MS = 0.343 (K+Na) + 0.094 (\alpha\text{-amino N}) - 0.31$$

$$WSC = SC - (MS + 0.6)$$

$$WSY = WSC \times RY$$

$$ECS = \left(\frac{WSC}{SC} \right) \times 100$$

$$AIC = \frac{K+Na}{\alpha\text{-amino N}}$$

(رابطه ۱)

(رابطه ۲)

(Reinfeld *et al.* 1974) (رابطه ۳)

(Cook and Scott, 1993) (رابطه ۴)

(رابطه ۵)

(رابطه ۶)

$$D = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1m} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{nm} \end{bmatrix} \quad (\text{رابطه ۷})$$

در این ماتریس، X_{ij} مقدار صفت i ام ($i = 1, 2, \dots, n$) در رابطه با ژنوتیپ j ام ($j = 1, 2, \dots, m$) می‌باشد. از رابطه زیر برای نرمال کردن داده‌ها و تشکیل ماتریس داده‌های نرمال شده (R) استفاده گردید (رابطه ۸).

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}} \quad R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (\text{رابطه ۸})$$

در مرحله بعد، برای هر صفت به‌طور جداگانه، مقدار حداکثر و حداقل هر صفت تعیین و بر اساس نوع صفت، بهترین و ضعیف‌ترین ژنوتیپ انتخاب می‌شود. به‌عنوان مثال، در مورد صفات مرتبط با عملکرد، مقدار حداکثر آن‌ها و در مورد صفات مرتبط با ناخالصی‌های ریشه، حداقل آن‌ها به‌عنوان ژنوتیپ

و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۸ سانتی‌متر مورد ارزیابی قرار گرفتند. در طول دوره رشد، عملیات داشت (آبیاری، کوددهی، عملیات کولتیوایشیون، مبارزه با علف‌های هرز، مبارزه با آفات و ...) بر اساس عرف منطقه و در حد نیاز محصول انجام شد. برداشت و توزین ریشه‌ها در نیمه دوم مهر ماه صورت گرفت و عملکرد ریشه برای هر رقم بر حسب تن در هکتار تبدیل شد. به منظور خمیرگیری، از محصول هر کرت، تعداد ۳۰ عدد ریشه بطور تصادفی به‌عنوان نمونه انتخاب شدند. ریشه‌ها شستشو و توزین شده، خمیر (پلپ) در آزمایشگاه تهیه و بعد از انجماد، برای تجزیه‌های آزمایشگاهی و تعیین صفات کیفی شامل درصد قند، ناخالصی‌های ریشه شامل نیتروژن مضره، سدیم و پتاسیم به آزمایشگاه تکنولوژی قند مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر

بعد از جمع‌آوری داده‌ها در کلیه مناطق، تجزیه واریانس مرکب، مقایسات میانگین مواد گیاهی به لحاظ صفات اندازه‌گیری شده و ضریب همبستگی بین صفات بر اساس میانگین داده‌های کلیه مناطق و همچنین مقدار توارث‌پذیری صفات بر اساس مقدار برآورد شده واریانس‌های ژنتیکی، محیطی و فنوتیپی و ضرایب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver.9.0 انجام گردید. در نهایت، به منظور بررسی تنوع فنوتیپی و ادغام صفات مورد ارزیابی جهت تعیین هیبرید ایده‌آل از شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (Zali *et al.* 2015; 2017) توسط نرم‌افزار Excel استفاده گردید که نحوه محاسبه آن به شرح زیر است:

نخست- برای محاسبه SIIG، با توجه به تعداد ژنوتیپ‌ها و صفات مختلف مورد بررسی، ابتدا ماتریس داده‌ها به صورت زیر تشکیل شد.

صفات مورد ارزیابی (غیر از صفات میزان پتاسیم ریشه) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳) که نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی میان ارقام و هیبریدهای مورد مطالعه است و از آنجایی که وجود تنوع بین مواد گیاهی مورد مطالعه یکی از ارکان اصلی به‌نژادی است لذا وجود چنین تنوعی امکان‌گزینه‌های مواد گیاهی مطلوب را برای به‌نژادگر با کارایی بالا مهیا می‌سازد. وجود اختلاف معنی‌دار بین توده‌های ژنتیکی در چغندر قند در مطالعات دیگری نیز گزارش شده است (Hamze et al. 2021;

Rajabi et al. 2022; Hassani et al. 2022)

همچنین بر اساس نتایج بدست آمده، اثر متقابل ژنوتیپ × مکان نیز برای کلیه صفات مورد ارزیابی (غیر از صفات میزان پتاسیم ریشه) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳)، به عبارتی، میزان یا چگونگی تفاوت بین ارقام و هیبریدها به لحاظ صفات اندازه‌گیری شده به نوع منطقه بستگی داشته است.

تغییرات قابل توجه شرایط مکان‌ها، ژنوتیپ‌ها و اثر متقابل آن‌ها ممکن است به تغییرات در شرایط محیطی و ساختار ژنتیکی گیاه نسبت داده شود که از یک محیط به محیط دیگر متفاوت بوده است. همین موضوع نشان می‌دهد که اثر متقابل میان عوامل مختلف در تحقیقات کشاورزی غیر قابل اجتناب است (Yan and Kang 2002; Sabaghnia et al. 2010). معنی‌دار شدن اثر متقابل مکان × ژنوتیپ در درجه اول این واقعیت را نمایان کرد که ژنوتیپ‌ها به مکان‌های مختلف واکنش متفاوت نشان دادند. بنابراین، بر ضرورت ارزیابی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های متنوع تأکید می‌کند.

صادق‌زاده حمایتی و همکاران (Sadeghzadeh Hemayati et al. 2022) و صارمی‌راد و طالقانی (Saremirad and Taleghani 2022). نیز نشان دادند که اثر متقابل ژنوتیپ × مکان ویژگی‌های کمی و کیفی ژنوتیپ‌های چغندر قند را تحت تأثیر قرار داد. بنابراین، هنگام اصلاح و تولید هیبریدهای جدید چغندر قند باید این موضوع مد نظر قرار گیرد زیرا برآورد اثر متقابل ژنوتیپ × مکان این امکان را فراهم می‌سازد تا در خصوص راهبردهای به‌نژادی برای سازگاری عمومی و خصوصی که بستگی به عملکرد و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها در یک دامنه محدود یا گسترده‌ای از شرایط محیطی دارد، تصمیم‌گیری شود (Sadeghzadeh Hemayati et al. 2022).

ایده‌آل و برعکس آن به عنوان ژنوتیپ ضعیف در نظر گرفته شد. سپس، فاصله هر ژنوتیپ از ژنوتیپ ایده‌آل (d_i^+) و از ژنوتیپ ضعیف (d_i^-) بر اساس روابط زیر محاسبه شدند.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - r_j^+)^2} \quad i = 1, \dots, n \quad (\text{رابطه ۹})$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - r_j^-)^2} \quad i = 1, \dots, n \quad (\text{رابطه ۱۰})$$

در روابط فوق r_{ij} مقدار نرمال شده شاخص (صفت) i ام ($i = 1, 2, \dots, n$) در رابطه با ژنوتیپ j ام ($j = 1, 2, \dots, m$) می‌باشد. r_j^+ و r_j^- به ترتیب مقدار نرمال شده ژنوتیپ ایده‌آل و ژنوتیپ ضعیف برای هر شاخص (صفت) i ام ($i = 1, 2, \dots, n$) است. d_i^+ فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل و d_i^- فاصله از ژنوتیپ ضعیف می‌باشد. در نهایت مقدار شاخص SIIG بر اساس رابطه ۱۱ محاسبه گردید که مقدار عددی آن بین صفر تا یک متغیر است و هر چه هیبرید یا ژنوتیپ مورد نظر به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک‌تر باشد، مقدار عددی این شاخص به عدد یک نزدیکتر خواهد بود. بر اساس این شاخص، هیبرید ایده‌آل دارای کمترین فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل و بیشترین فاصله از ژنوتیپ ضعیف می‌باشد (Zali et al. 2015; 2017; 2020).

$$SIIG_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{رابطه ۱۱})$$

$$0 \leq SIIG_i \leq 1$$

نتایج و بحث

آزمون بارتلت، همگنی واریانس خطاهای آزمایشی را در آزمایش مناطق تأیید کرد. بنابراین، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها برای بررسی اثرات اصلی و اثر متقابل بین منابع تغییرات انجام گرفت. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها (جدول ۳)، اثر مکان بر کلیه صفات مورد ارزیابی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، به عبارتی اختلاف بین میانگین صفات اندازه‌گیری شده در مناطق مختلف مورد مطالعه به لحاظ آماری معنی‌دار بود. همچنین، اختلاف بین ژنوتیپ‌ها ارقام از نظر کلیه

جدول ۳ تجزیه واریانس مرکب صفات مورد ارزیابی
Table 3. Combined ANOVA of evaluated traits

منابع تغییرات S.O.V	درجه d.f	میانگین مربعات (MS)										
		RY ^a	SC	SY	WSY	Na	K	N	Alc	WSC	ECS	MS
مکان Loc.	4	34093.9*	150.1*	1323.4*	872.8*	111.1*	84.29*	200.2*	679.1*	166.2*	510.7*	5.82*
خطا ۱ Error 1	15	161.82	4.16	8.35	7.54	4.07	1.32	0.75	9.72	3.73	61.66	0.86
ژنوتیپ Geno.	19	1091.7**	5.61**	33.96**	23.20*	7.30**	0.41 ^{ns}	2.10**	8.78**	9.92**	74.41*	0.76*
ژنوتیپ × مکان Geno. × Loc	76	242.7**	1.77**	8.63**	6.58**	1.99**	0.31 ^{ns}	0.65**	4.17**	2.99**	25.63*	0.24*
خطا ۲ Error 2	285	82.4	1.18	2.91	2.39	0.80	0.37	0.23	2.26	1.91	14.61	0.16
واریانس ژنتیکی G.V.		50.47	0.22	1.55	1.04	0.33	0.002	0.09	0.33	0.40	2.99	0.03
واریانس محیطی E.V.		82.4	1.18	2.91	2.39	0.80	0.37	0.23	2.26	1.91	14.61	0.16
واریانس فنوتیپی Ph.V.		132.87	1.40	4.46	3.43	1.13	0.372	0.32	2.59	2.31	17.60	0.19
ضریب تغییرات ژنوتیپی (درصد) GCV(%)		11.67	2.71	11.67	11.83	19.08	0.85	12.99	10.78	4.53	2.15	6.32
ضریب تغییرات فنوتیپی (درصد) PCV(%)		18.94	6.84	19.79	21.49	35.32	11.64	24.49	30.19	10.88	5.22	15.91
وراثت پذیری عمومی h^2		0.38	0.16	0.35	0.30	0.29	0.01	0.28	0.13	0.17	0.17	0.16

ns و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

^aRY: عملکرد ریشه، SC و WSC: درصد قند ناخالص و خالص؛ SY و WSY: عملکرد قند ناخالص و خالص، Na، K و N: به ترتیب میزان سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره ریشه، Alc: ضریب قلیائیت؛ ECS: ضریب استحصال شکر، MS: درصد قند ملاس.

ns and **: Non significant and significant at 0.01 probability level, respectively

^aRY: Root yield SC and WSC: Sugar content and white sugar content; SY and WSY: Sugar yield and white sugar yield; Na, K and N: Root sodium, potassium and α -amino N content Alc: Alkalinity coefficient; ECS: Coefficient of sugar extraction (%); MS: Molasses sugar (%).

انتقال بالایی به نسل بعد از خود را نشان می‌دهند، می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی مبتنی بر گزینش استفاده کرد به طوریکه بر اساس نتایج بدست آمده (جدول ۳) می‌توان از طریق اصلاح و بهبود صفت عملکرد ریشه با وراثت‌پذیری بالا، از طریق غیرمستقیم اقدام به اصلاح و ارتقای عملکرد قند خالص و ناخالص نمود. با توجه به اینکه هدف اصلی در این پژوهش، غربال و انتخاب بهترین هیبرید به لحاظ هر کدام از صفات مورد ارزیابی و یا همزمان کلیه آن‌ها است، نتایج حاصل از مقایسه میانگین صفات مختلف هیبریدها و ارقام مورد مطالعه در کلیه مکان‌ها بر اساس روش دانکن جهت انتخاب بهترین هیبرید بر اساس هر کدام از آن‌ها در جدول ۴ ارائه شده است.

اصلاح برای صفاتی مانند میزان پتاسیم ریشه، ضریب قلیائیت، درصد قند ملاس و درصد قند ناخالص که وراثت‌پذیری آن‌ها بر اساس نتایج بدست آمده پایین است، از طریق گزینش مستقیم دشوار و به عبارتی پاسخ به گزینش آن کم است و برعکس، گزینش برای صفاتی مانند عملکرد ریشه که دارای وراثت‌پذیری نسبتاً بالایی هستند، مفید است. لذا، مقدار وراثت‌پذیری می‌تواند ایده‌ای از نتایج مورد انتظار از گزینش را ارائه دهد. صفات با وراثت‌پذیری بالا بیشتر تحت کنترل اثرات ژنتیکی است و از طرف دیگر، مقدار کم وراثت‌پذیری در برخی صفات بیانگر نقش کم تنوع ژنتیکی افزایشی و یا انعطاف‌پذیری فنوتیپی آن صفت است (Dowlatshah *et al.* 2021). لذا، از صفاتی که قابلیت

جدول ۴ مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی بر اساس میانگین داده‌های کلیه مناطق
Table 4. Mean comparison of evaluated traits based on the average data of all regions

ژنوتیپ Genotype	RY ^a	SC	SY	WSY	Na	K	N	Alc	WSC	ECS	MS
1	70.41 ^b	16.79 ^{e-h}	12.0 ^b	9.7 ^{bc}	2.92 ^{d-g}	5.02 ^{bc}	2.96 ^a	4.28 ^e	13.50 ^{bcd}	80.1 ^{abc}	2.69 ^{b-e}
2	58.25 ^{c-f}	17.39 ^{a-f}	10.3 ^{d-g}	8.4 ^{d-g}	2.86 ^{d-g}	5.23 ^{abc}	2.48 ^{b-e}	4.55 ^{de}	14.08 ^{ab}	80.7 ^{ab}	2.70 ^{b-e}
3	55.11 ^{d-g}	16.92 ^{d-h}	9.4 ^{f-i}	7.5 ^{f-i}	3.12 ^{cde}	5.31 ^{abc}	2.10 ^{f-i}	5.23 ^{cde}	13.54 ^{bcd}	79.8 ^{abc}	2.78 ^{bcd}
4	53.89 ^{fgh}	16.63 ^{fgh}	9.2 ^{ghi}	7.3 ^{ghi}	3.72 ^{bc}	5.20 ^{abc}	2.29 ^{d-g}	6.50 ^a	13.06 ^{cde}	77.9 ^{cd}	2.97 ^{bc}
5	60.72 ^{cde}	16.42 ^{gh}	10.2 ^{d-g}	8.0 ^{d-h}	3.70 ^{bc}	5.14 ^{abc}	2.78 ^{ab}	5.08 ^{cde}	12.84 ^{de}	76.9 ^{de}	2.98 ^b
6	48.44 ^h	17.41 ^{a-f}	8.5 ⁱ	6.9 ^j	2.94 ^{d-g}	5.34 ^{abc}	2.60 ^{bcd}	4.79 ^{de}	14.04 ^{abc}	80.3 ^{abc}	2.77 ^{b-e}
7	55.54 ^{d-g}	17.44 ^{a-e}	9.8 ^{e-h}	8.0 ^{d-h}	2.57 ^{efg}	5.26 ^{abc}	2.49 ^{b-e}	4.98 ^{cde}	14.22 ^{ab}	81.3 ^{ab}	2.61 ^{de}
8	59.86 ^{c-f}	17.69 ^{a-d}	10.7 ^{cde}	8.7 ^{cde}	2.62 ^{efg}	5.23 ^{abc}	2.35 ^{def}	4.86 ^{cde}	14.48 ^{ab}	81.7 ^{ab}	2.60 ^{de}
9	54.92 ^{efg}	18.09 ^a	10.1 ^{d-g}	8.4 ^{def}	2.34 ^g	5.28 ^{abc}	2.20 ^{fgh}	4.98 ^{cde}	14.98 ^a	82.7 ^a	2.51 ^{de}
10	60.11 ^{c-f}	17.78 ^{abc}	10.8 ^{b-e}	8.8 ^{cde}	2.68 ^{d-g}	5.43 ^{ab}	1.99 ^{g-j}	5.96 ^{abc}	14.52 ^{ab}	81.4 ^{ab}	2.66 ^{de}
11	63.14 ^c	17.53 ^{a-e}	11.2 ^{bcd}	9.1 ^{cd}	2.78 ^{d-g}	5.28 ^{abc}	2.42 ^{c-f}	5.20 ^{cde}	14.25 ^{ab}	81.2 ^{ab}	2.68 ^{de}
12	60.52 ^{cde}	17.90 ^{ab}	10.9 ^{b-e}	9.1 ^{cd}	2.38 ^{fg}	5.15 ^{abc}	2.10 ^{f-i}	5.06 ^{cde}	14.83 ^a	82.6 ^a	2.47 ^e
13	62.32 ^c	17.60 ^{a-d}	11.1 ^{b-e}	9.0 ^{cde}	2.71 ^{d-g}	5.40 ^{ab}	2.35 ^{def}	5.36 ^{cde}	14.31 ^{ab}	80.9 ^{ab}	2.69 ^{b-e}
14	61.34 ^{cde}	17.72 ^{a-d}	10.9 ^{b-e}	8.9 ^{cde}	2.56 ^{efg}	5.32 ^{abc}	2.32 ^{d-g}	4.98 ^{cde}	14.51 ^{ab}	81.7 ^{ab}	2.61 ^{de}
15	51.14 ^{gh}	17.06 ^{c-g}	8.9 ^{hi}	7.2 ^{hi}	2.47 ^{efg}	5.54 ^a	2.42 ^{c-f}	4.97 ^{cde}	13.76 ^{bcd}	80.5 ^{abc}	2.67 ^{de}
16	61.44 ^{cde}	16.97 ^{c-g}	10.5 ^{c-f}	8.4 ^{def}	3.03 ^{def}	5.25 ^{abc}	2.72 ^{abc}	5.01 ^{cde}	13.58 ^{bcd}	79.6 ^{bc}	2.79 ^{bcd}
17	61.78 ^{cd}	16.18 ^h	10.2 ^{d-g}	7.9 ^{e-i}	4.64 ^a	5.24 ^{abc}	2.12 ^{f-i}	6.27 ^{ab}	12.30 ^e	75.1 ^e	3.28 ^a
18	64.09 ^c	18.02 ^a	11.7 ^{bc}	9.7 ^{bc}	2.75 ^{d-g}	4.92 ^c	1.90 ^{hij}	5.65 ^{a-d}	14.92 ^a	82.7 ^a	2.50 ^{de}
19	77.09 ^a	17.42 ^{a-f}	13.5 ^a	10.9 ^a	3.33 ^{cd}	5.20 ^{abc}	1.82 ^{ij}	6.30 ^{ab}	14.03 ^{abc}	80.3 ^{abc}	2.78 ^{bcd}
20	77.02 ^a	17.17 ^{c-g}	13.4 ^a	10.7 ^{ab}	4.08 ^{ab}	5.04 ^{bc}	1.70 ^j	6.61 ^a	13.59 ^{bcd}	78.9 ^{bcd}	2.98 ^b

حروف مشابه حاکی از عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین دو هیبرید یا رقم می‌باشد

RY^a: عملکرد ریشه (تن در هکتار)؛ **SC** و **WSC**: درصد قند ناخالص و خالص؛ **SY** و **WSY**: عملکرد قند ناخالص و خالص (تن در هکتار)؛ **Na**، **K** و **N**: به ترتیب میزان سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره ریشه (میلی‌اکی والان گرم در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه)؛ **Alc**: ضریب قلیابیت؛ **ECS**: ضریب استحصال شکر (درصد)؛ **MS**: درصد قند ملاس.

letters indicating non-significant difference between two hyb./cul. means

RY: Root yield (t.ha⁻¹); **SC and WSC**: Sugar content and white sugar content (%); **SY and WSY**: Sugar yield and white sugar yield (t.ha⁻¹); **Na, K and N**: Root sodium, potassium and α-amino N content (Meq.100g⁻¹ root); **Alc**: Alkalinity coefficient; **ECS**: Coefficient of sugar extraction (%); **MS**: Molasses sugar (%).

نگریدید و در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴)، بنابراین کلیه این هیبریدها و والدین آنها می‌توانند در برنامه‌های مختلف به‌نژادی افزایش درصد قند ناخالص به‌عنوان یکی از اهداف به‌نژادی مهم چغندر قند مورد استفاده قرار گیرند. کمترین میزان سدیم ریشه به ترتیب در هیبریدهای شماره ۹ و ۱۲ (به ترتیب ۲/۳۴ و ۲/۳۸ میلی‌اکی‌والان گرم در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه) و کمترین مقادیر پتاسیم و نیتروژن مضره ریشه (به ترتیب ۴/۹۲ و ۱/۷۰ میلی‌اکی‌والان گرم در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه) به ترتیب در ارقام خارجی FD16B3013 و BTS1930 مشاهده گردید که البته اختلاف بین رقم FD16B3013 به لحاظ صفت میزان پتاسیم ریشه با هیبریدهای شماره ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴ و ۱۶ و اختلاف بین رقم BTS1930 به لحاظ صفت میزان نیتروژن مضره ریشه با هیبرید شماره ۱۰ به لحاظ آماری معنی‌دار نبود که این نتایج حاکی از کاهش میزان ناخالصی‌های ریشه در ارقام هیبرید جدید داخلی بوده که در نهایت منجر به افزایش ضریب استحصال شکر و افزایش بهره‌وری اقتصادی این ارقام نیز خواهد شد. بیشترین مقدار ضریب استحصال شکر

بر اساس نتایج بدست آمده، بیشترین و کمترین مقدار صفت عملکرد ریشه به ترتیب مربوط به رقم خارجی اورسلینا (Urselina) و هیبرید شماره ۶ به ترتیب با ۷۷/۰۹ و ۴۸/۴۴ تن در هکتار بود که در دو گروه مختلف آماری قرار گرفتند که البته اختلاف بین میانگین عملکرد ریشه رقم اورسلینا با بیشترین عملکرد ریشه با رقم BTS1930 (۷۷/۰۲ تن در هکتار) معنی‌دار نبود. اختلاف بین رقم FD16B3013 به لحاظ عملکرد ریشه با رقم داخلی دنا به ترتیب با ۶۴/۰۹ و ۶۱/۷۸ تن در هکتار به لحاظ آماری معنی‌دار نبود و همراه با هیبریدهای شماره ۲، ۵، ۸، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۶ در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴). به لحاظ صفت درصد قند ناخالص (عیار قند)، بیشترین مقدار آن به هیبرید شماره ۹ (۱۸/۰۹ درصد) و کمترین آن به رقم داخلی دنا (۱۶/۱۸ درصد) تعلق داشت (جدول ۴) که حاکی از پیشرفت ژنتیکی هیبریدهای جدید تهیه شده نسبت به رقم شاهد داخلی به لحاظ این صفت می‌باشد. همچنین، اختلاف معنی‌داری بین بهترین هیبرید (شماره ۹) با هیبریدهای شماره ۶، ۷، ۸، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴ به لحاظ صفت درصد قند ناخالص مشاهده

ارائه شده در جدول ۴ و رتبه متفاوت هیبریدها به لحاظ هر صفت نمی‌توان به طور دقیق و در کل اقدام به انتخاب بهترین هیبرید نمود. لذا جهت غربال بهترین هیبرید با در نظر گرفتن همزمان کلیه صفات مورد ارزیابی، در مرحله اول کلیه هیبریدها و ارقام مورد مطالعه به لحاظ هر صفت به طور جداگانه رتبه‌بندی شدند، به طوریکه برای صفات مرتبط با عملکرد و ضریب استحصال شکر رتبه ۱ و ۲۰ به ترتیب برای هیبریدها یا ارقامی که دارای بیشترین و کمترین مقدار مربوطه بودند، اختصاص یافتند، در حالیکه برای سایر صفات مانند ناخالصی‌های ریشه، ضریب قلیابیت و میزان قند ملاس رتبه ۱ و ۲۰ به ترتیب برای هیبریدها یا ارقامی که دارای کمترین و بیشترین مقدار مربوطه بودند، اختصاص داده شدند سپس برای هر کدام از هیبریدها و ارقام مورد مطالعه مجموع رتبه‌ها محاسبه گردید. هیبرید یا رقم با کمترین و بیشترین مقدار مجموع رتبه به ترتیب به عنوان هیبرید یا رقم برتر (رتبه ۱) و ضعیف‌ترین هیبرید یا رقم (رتبه ۲۰) شناسایی شدند که نتایج آن در جدول ۵ ارائه شده است.

(۸۲/۷ درصد) متعلق به هیبرید شماره ۹ و رقم خارجی FD16B3013 و کمترین آن متعلق به رقم داخلی دنا (۷۵/۱ درصد) بود (جدول ۴) که با توجه به کمترین مقدار سدیم ریشه هیبرید شماره ۹ حصول این نتیجه دور از انتظار نبود و این احتمالاً می‌تواند نشان‌دهنده‌ی نقش بیشتر کاهش سدیم در افزایش ضریب استحصال شکر نسبت به سایر ناخالصی‌های ریشه (پتاسیم و نیتروژن مضره) باشد. بالاترین و کمترین عملکرد قند ناخالص به عنوان عملکرد نهایی محصول چغندر قند به ترتیب مربوط به ارقام خارجی اورسلینا (Urselina) (۱۳/۵) تن در هکتار) و هیبرید شماره ۶ (۸/۵ تن در هکتار) بود که مطابق انتظار این دو هیبرید به لحاظ عملکرد قند خالص (به ترتیب با ۱۰/۹ و ۶/۹ تن در هکتار) نیز در جایگاه اول و آخر قرار گرفتند. به لحاظ صفت عملکرد قند خالص، بین هیبریدهای شماره ۱، ۸، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴ با رقم خارجی FD16B3013 با ۹/۷ تن در هکتار اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۴). از آنجایی که یکی از مهمترین مراحل به‌نژادی تعیین شاخصی برای غربال بهترین مواد گیاهی مورد مطالعه است و از طرفی با توجه به نتایج

جدول ۵ رتبه‌بندی مواد گیاهی مورد مطالعه به لحاظ صفات مورد ارزیابی

Table 5. Ranking of studied plant materials in terms of evaluated traits

ژنوتیپ Genotype	RY ^a	SC	SY	WSY	Na	K	N	Alc	WSC	ECS	MS	مجموع رتبه Sum of rank	رتبه نهایی Final rank
18	4	2	4	4	9	1	3	15	2	2	2	48	1
12	11	3	7	6	2	5	6	10	3	3	1	57	2
9	17	1	15	12	1	13	8	7	1	1	3	79	3
8	13	6	10	10	6	9	11	4	6	4	4	83	4
14	9	5	8	8	4	16	10	8	5	5	6	84	5
19	1	10	1	1	16	7	2	18	12	13	15	96	6
10	12	4	9	9	7	19	4	16	4	6	7	97	7
11	5	8	5	5	10	14	13	12	8	8	9	97	8
1	3	17	3	3	12	2	20	1	17	14	10	102	9
13	6	7	6	7	8	18	12	14	7	9	11	105	10
20	2	13	2	2	19	3	1	20	14	17	19	112	11
7	15	9	16	15	5	12	16	6	9	7	5	115	12
2	14	12	12	11	11	8	15	2	10	10	12	117	13
15	19	14	19	19	3	20	14	5	13	11	8	145	14
16	8	15	11	13	14	11	18	9	15	16	16	146	15
6	20	11	20	20	13	17	17	3	11	12	13	157	16
3	16	16	17	17	15	15	5	13	16	15	14	159	17
5	10	19	13	14	17	4	19	11	19	19	18	163	18
17	7	20	14	16	20	10	7	17	20	20	20	171	19
4	18	18	18	18	18	6	9	19	18	18	17	177	20

RY^a: عملکرد ریشه، SC و WSC: درصد قند ناخالص و خالص؛ SY و WSY: عملکرد قند ناخالص و خالص، Na، K و N: به ترتیب میزان سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره ریشه، Alc: ضریب قلیابیت؛ ECS: ضریب استحصال شکر، MS: درصد قند ملاس.

^aRY: Root yield SC and WSC: Sugar content and white sugar content; SY and WSY: Sugar yield and white sugar yield; Na, K and N: Root sodium, potassium and α-amino N content; Alc: Alkalinity coefficient; ECS: Coefficient of sugar extraction; MS: Molasses sugar.

بر اساس نتایج بدست آمده، بعد از شناسایی رقم BTS1930 به عنوان رقم برتر، هیبریدهای شماره ۱۲، ۹، ۸ و ۱۴ به ترتیب رتبه دوم تا پنجم را به خود اختصاص دادند و نسبت به دو رقم شاهد خارجی دیگر (اورسلینا و FD16B3013 که به ترتیب در جایگاه ۶ و ۱۱ قرار گرفتند) از برتری نسبی مناسبی برخوردار بودند. در مجموع به لحاظ کلیه صفات مورد ارزیابی، هیبرید شماره ۴ به عنوان ضعیف‌ترین هیبرید شناسایی گردید و رتبه آخر را به خود اختصاص داد (جدول ۵).

رقم شاهد داخلی دنا (شماره ۱۷) در جایگاه ۱۹ قرار گرفت و با هیبریدهای برتر نسل جدید از لحاظ جایگاه اختلاف معنی‌داری نشان داد که حاکی از پیشرفت ژنتیکی و پاسخ به گزینش مناسب هیبریدهای نسل جدید در مقایسه با ارقام قدیمی‌تر می‌باشد که می‌توانند به عنوان رقم جدید ثبت و معرفی گردند. همچنین به منظور انتخاب بهترین هیبریدها برای هر منطقه به طور جداگانه (سازگاری خصوصی) و برای تمام مناطق (سازگاری عمومی) از نظر کلیه صفات اندازه‌گیری شده مرتبط با عملکرد کمی و کیفی به طور همزمان، از شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) (Zali et al. 2015) استفاده گردید. در هر منطقه ابتدا داده‌های مربوط به صفات نرمال شدند و از داده‌های نرمال شده برای محاسبه SIIG استفاده شد (جدول ۶). از آنجایی که میزان تغییرات این شاخص بین صفر تا یک متغیر است، هرچه مقدار عددی شاخص برای هر هیبرید به عدد یک نزدیک‌تر باشد، به معنی کمترین فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل بوده و آن هیبرید از مطلوبیت بالاتری نسبت به بقیه هیبریدها برخوردار خواهد بود و بالعکس (Zali et al. 2017). همچنین در این تحقیق به منظور محاسبه این شاخص، فرض بر این بود که هیبریدهایی با بیشترین مقادیر عملکرد ریشه، عملکرد قند خالص و ناخالص، درصد قند خالص و ناخالص و ضریب استحصال شکر و از طرفی با کمترین مقادیر ناخالصی‌های ریشه (سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره)، ضریب قلیابیت و درصد قند ملاس ایده‌آل می‌باشند. نتایج حاصل از محاسبه SIIG به تفکیک هر منطقه و میانگین کلیه مناطق در جدول ۶ ارائه شده است. بر اساس نتایج بدست آمده از آزمایش اجرا شده در منطقه کرج، هیبریدهای شماره ۱۲، ۹، ۱۴، ۸ و ۱۰ به ترتیب به لحاظ مقدار عددی SIIG در جایگاه اول تا پنجم قرار گرفتند و دارای اختلاف چشمگیری با شاهد

داخلی دنا و ارقام شاهد خارجی FD16B3013، اورسلینا و BTS1930 به لحاظ مقدار شاخص مذکور بودند. ارقام دنا و BTS1930 و هیبریدهای شماره ۶، ۱۹ و ۱۶ پنج رتبه آخر را به خود اختصاص دادند. با توجه به اینکه عملکرد قند ناخالص به عنوان عملکرد نهایی محصول چغندر قند مد نظر است، مقدار این صفت نیز برای هر کدام از ارقام و هیبریدها در کنار SIIG در جدول ۶ ارائه شده است. بعد از رقم اورسلینا و FD16B3013 به ترتیب با عملکرد قند ناخالص ۶/۸ و ۶/۳ تن در هکتار، هیبرید شماره ۱۲ بالاترین مقدار این صفت (۶/۲ تن در هکتار) را به خود اختصاص داد (جدول ۶) و از آنجایی که بیشترین مقدار SIIG را نیز دارا می‌باشد، لذا در منطقه کرج می‌توان این هیبرید را به عنوان بهترین هیبرید انتخاب نمود. در منطقه مشهد، بعد از رقم BTS1930، هیبرید شماره ۱ دارای بیشترین مقدار SIIG (۰/۷۵) بود. در این منطقه، برخلاف منطقه کرج، رقم BTS1930 با بالاترین مقدار عملکرد قند ناخالص (۱۴/۴ تن در هکتار) از جایگاه مناسبی در بین سایر مواد گیاهی مورد مطالعه برخوردار بود. هیبرید شماره ۱۲ به لحاظ SIIG (۰/۶۶) در جایگاه پنجم قرار گرفت. هیبرید شماره ۶، ۴ و ۳ به ترتیب با مقدار عددی SIIG برابر با ۰/۳۲، ۰/۳۳ و ۰/۳۳ به عنوان ضعیف‌ترین هیبریدها در این منطقه شناسایی شدند که از عملکرد قند ناخالص پایینی (به ترتیب ۴/۳، ۶/۲ و ۶/۳ تن در هکتار) نیز برخوردار بودند (جدول ۶). هیبرید شماره ۹، همانند منطقه کرج، در شیراز نیز به SIIG در رتبه اول قرار گرفت و همچنین بعد از رقم FD16B3013، هیبریدهای ۱۲ و ۱۴ با مقادیر شاخص ۰/۷۳ در جایگاه سوم و چهارم قرار گرفتند. در این منطقه نیز همانند منطقه کرج، ارقام اورسلینا (Urselina) و BTS1930 در جایگاه‌های آخر قرار گرفت و رقم داخلی دنا نیز از وضعیت مناسبی برخوردار نبود (جدول ۶). رقم FD16B3013 و هیبریدهای شماره ۱۱، ۹ و ۵ در منطقه میاندوآب به ترتیب با مقادیر عددی SIIG برابر با ۰/۶۸، ۰/۶۶، ۰/۶۳ و ۰/۶۲ رتبه اول تا چهارم را به خود اختصاص دادند و به عنوان رقم و هیبریدهای برتر و ایده‌آل شناسایی شدند. هیبریدهای ضعیف در این منطقه، شامل هیبریدهای شماره ۳، ۱۶، ۷ و ۴ بودند که رتبه‌های آخر را بر اساس SIIG به خود اختصاص دادند. با توجه به اینکه بعد از رقم خارجی FD16B3013 و BTS1930 به ترتیب با عملکرد قند

هکتار) به عنوان ارقام ایده‌آل و بعد از آنها، هیبریدهای شماره ۱، ۱۶ و ۱۱ در جایگاه‌های بعدی قرار گرفتند. در بین کلیه ارقام و هیبریدهای مورد مطالعه، هیبریدهای شماره ۵، ۴ و ۱۵ با مقادیر نسبتاً پایین SIIG و عملکرد قند ناخالص به عنوان هیبریدهای ضعیف با بیشترین فاصله از هیبرید ایده‌آل شناسایی شدند (جدول ۶).

ناخالص ۱۷/۱ و ۱۵/۷ تن در هکتار، هیبرید شماره ۱۱ دارای بیشترین مقدار این صفت بود (۱۵/۶ تن در هکتار)، لذا این هیبرید به عنوان هیبرید ایده‌آل در منطقه میان‌دوآب شناسایی گردید (جدول ۶). در منطقه همدان، ارقام اورسلینا (Urselina) و BTS1930 با بیشترین مقدار SIIG (به ترتیب ۰/۷۸ و ۰/۸۰) و همچنین بیشترین مقدار عملکرد قند ناخالص (۱۴/۶ تن در

جدول ۶ شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) و عملکرد قند در ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی در مناطق مختلف

Table 6. Selection index of ideal genotype (SIIG) and sugar yield in genotypes over different regions

ژنوتیپ Genotyp e	کرج Karaj		ژنوتیپ Genotyp e	مشهد Mashhad		ژنوتیپ Genotyp e	شیراز Shiraz		ژنوتیپ Genotyp e	میان‌دوآب Miandoab)		ژنوتیپ Genotyp e	همدان Hamedan		ژنوتیپ Genotyp e	کل مناطق All of regions	
	SIIG	SY		SIIG	SY		SIIG	SY		SIIG	SY		SIIG	SY		SIIG	SY
۱۲	0.76	6.2	20	0.82	14.4	9	0.78	17.7	18	0.68	17.1	19	0.80	14.6	18	0.70	11.7
۹	0.76	5.8	1	0.75	13.3	18	0.74	17.3	11	0.66	15.6	20	0.78	14.6	12	0.68	10.9
14	0.74	5.9	19	0.70	11.3	12	0.73	15.1	9	0.63	13.4	1	0.75	12.4	19	0.67	13.5
8	0.71	5.8	13	0.69	10.9	14	0.73	15.3	5	0.62	14.8	16	0.69	11.7	14	0.64	10.9
10	0.71	5.7	12	0.66	10.4	2	0.71	15.8	19	0.61	15.0	11	0.68	11.1	8	0.62	10.7
7	0.69	4.9	8	0.63	10.3	3	0.71	15.6	15	0.56	12.0	12	0.67	11.1	11	0.61	11.2
15	0.69	5.5	10	0.60	10.0	15	0.70	15.6	12	0.56	11.9	8	0.63	10.7	9	0.61	10.1
13	0.68	5.2	14	0.56	8.8	7	0.70	14.6	14	0.52	14.2	18	0.62	9.8	13	0.61	11.1
11	0.67	5.5	7	0.53	8.8	10	0.69	14.4	17	0.52	13.0	2	0.61	9.4	10	0.61	10.8
18	0.66	6.3	11	0.50	9.1	8	0.68	14.3	10	0.50	13.9	14	0.58	10.5	1	0.60	12.0
3	0.63	4.9	5	0.49	8.5	16	0.68	15.8	2	0.50	14.5	13	0.55	9.7	20	0.57	13.4
1	0.59	5.3	18	0.48	7.8	13	0.67	15.7	8	0.49	12.3	10	0.54	10.2	2	0.56	10.3
5	0.57	5.3	9	0.47	7.0	1	0.65	15.4	13	0.49	13.8	6	0.54	8.1	7	0.55	9.8
2	0.57	4.5	16	0.46	7.4	11	0.64	14.7	20	0.49	15.7	7	0.51	8.7	15	0.50	8.9
4	0.56	4.8	2	0.44	7.4	6	0.64	14.3	6	0.48	11.3	9	0.41	6.8	16	0.50	10.5
16	0.54	5.1	15	0.38	5.5	5	0.61	15.3	1	0.46	13.6	3	0.40	6.9	3	0.48	9.4
19	0.51	6.8	17	0.36	8.7	4	0.60	16.0	4	0.44	12.3	17	0.34	8.9	6	0.43	8.5
6	0.50	4.7	3	0.33	6.3	19	0.53	20.0	7	0.43	12.1	15	0.33	5.6	5	0.38	10.2
20	0.41	6.1	4	0.33	6.2	17	0.42	16.1	16	0.42	12.4	4	0.22	6.6	4	0.31	9.2
17	0.36	4.5	6	0.32	4.3	20	0.26	16.2	3	0.36	13.4	5	0.16	7.2	17	0.30	10.3

هیبرید شماره ۱۷، شاهد داخلی و هیبریدهای شماره ۱۸، ۱۹ و ۲۰ شاهد خارجی می‌باشند.

Hybrid No. 17 is the domestic control and hybrids No. 18, 19 and 20 are foreign controls.

980133 - S1 (11) * و 9 - S1 (201-9*301-11) از وضعیت مطلوب‌تری نسبت به سایر هیبریدها برخوردار بودند و لذا می‌توان این دو هیبرید و در مرحله بعد هیبریدهای شماره ۸ (201-9*301-11) * S1 - 980119 و ۱۴ (201-9*301-11) * S1 - 980139 را به عنوان هیبریدهای برتر و ایده‌آل معرفی نمود و می‌توان از آن‌ها برای تحقیقات تکمیلی مانند آزمایشات پیشرفته و سازگاری استفاده نمود. همچنین وجود اختلاف چشمگیر وضعیت رقم شاهد داخلی دنا با هیبریدهای مذکور در کلیه مناطق و میانگین آنها حاکی از پیشرفت ژنتیکی در هیبریدهای جدید بوده و بنابراین این هیبریدها نویدبخش معرفی نسل جدیدی از ارقام توسط مؤسسه تحقیقات اصلاح و

به منظور جمع‌بندی و حصول نتایج دقیق‌تر و با اریبی کمتر، از میانگین داده‌های کلیه مناطق برای محاسبه SIIG نیز استفاده گردید. بر اساس نتایج بدست آمده، همانند اکثر مناطق، رقم FD16B3013 در جایگاه اول و سپس هیبرید شماره ۱۲ در جایگاه دوم قرار گرفت. رقم دنا با کمترین SIIG به عنوان ضعیف‌ترین و مطابق نتایج اکثر مناطق هیبرید شماره ۴ و ۵ نیز بعد از رقم دنا از وضعیت نامطلوبی برخوردار بودند. نتایج حاصل از محاسبه SIIG بر اساس میانگین صفات در کلیه مناطق به لحاظ شناسایی ارقام و هیبریدهای ایده‌آل تا حدود زیادی مطابق با نتایج حاصل از رتبه‌بندی آن‌ها (جدول ۵) بود که بر اساس هر دوی آن‌ها و در مجموع، هیبریدهای شماره ۱۲ (201-9*301-)

آن‌ها SIIG را روش مناسب به منظور ادغام صفات موفولوژیکی و فیزیولوژیکی و همچنین سایر شاخص‌های تجزیه پایداری معرفی نمودند. نتایج مشابهی در مورد کاربرد SIIG توسط طهماسبی و همکاران (Tahmasebi *et al.* 2018) گزارش شده است. همچنین طالقانی و همکاران (Taleghani *et al.* 2022) از SIIG برای انتخاب بهترین لاین‌های گرده‌افشان چغندر قند تحت شرایط تنش خشکی استفاده نمودند که نتایج آنها نیز حاکی از انتخاب مؤثر بهترین لاین‌ها از طریق استفاده از این شاخص مطابق با استفاده از سایر شاخص‌ها به منظور شناسایی لاین‌های ایده‌آل و متحمل به تنش خشکی بود. نتایج همبستگی SIIG با صفات اندازه‌گیری شده در مناطق کرج، مشهد، شیراز، میاندوآب، همدان و میانگین مناطق در جدول ۷ ارائه شده است.

تهیه بذر چغندر قند می‌باشد. نجفی میرک و همکاران (Najafi *et al.* 2018). از SIIG به منظور ادغام روش‌های مختلف تجزیه پایداری ناپارامتری در گندم دوروم (*Triticum turgidum*) استفاده نمودند و با استفاده از SIIG و عملکرد در یک نمودار دوعدی توانستند ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا را معرفی نمایند. در تحقیقی دیگر، یاقوتی‌پور و همکاران (Yagoutipour *et al.* 2017). از روش SIIG به منظور ادغام شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی در گندم نان (*Triticum aestivum*) استفاده نمودند و بیان داشتند که این شاخص یک روش ترکیبی جدید و کارا در انتخاب مؤثرتر ژنوتیپ‌های مطلوب است. زالی و همکاران (Zali *et al.* 2015). از SIIG به منظور ادغام روش‌های مختلف تجزیه پایداری پارامتری و ناپارامتری در کلزا (*Brassica napus*) استفاده نمودند.

جدول ۷ ضرایب همبستگی شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل SIIG با صفات مرتبط با عملکرد کمی و کیفی ژنوتیپ‌های مختلف در مناطق مورد مطالعه

Table 7. Selection index of ideal genotype (SIIG) Correlation coefficients of SIIG index with quantitative and qualitative related traits of different hybrids in the study regions

صفات Traits ^a	کرج Karaj	مشهد Mashhad	شیراز Shiraz	میاندوآب Miandoab	همدان Hamedan	کل مناطق All of regions
عملکرد ریشه (RY)	0.32*	0.91**	0.59**	0.39*	0.80**	0.41*
درصد قند ناخالص (SC)	0.87**	0.57**	0.62**	0.37*	0.84**	0.84**
درصد قند خالص (WSC)	0.92**	0.56**	0.73**	0.50*	0.89**	0.58**
عملکرد قند ناخالص (SY)	0.29	0.94**	0.31	0.55**	0.93**	0.69**
عملکرد قند خالص (WSY)	0.57**	0.96**	0.08	0.67**	0.86**	0.85**
ضریب استحصال شکر (ECS)	0.95**	0.48*	0.86**	0.69**	0.85**	0.81**
سدیم ریشه (Na)	-0.97**	-0.20	-0.97**	-0.57**	-0.82**	-0.80**
پتاسیم (K)	-0.18	-0.46*	-0.13	-0.44*	-0.31	-0.16
نیترژن مضره (N)	-0.18	-0.26	-0.12	-0.16	-0.10	-0.30
ضریب قلیابیت (ALC)	-0.67**	-0.005	-0.79*	-0.16	-0.73**	-0.22
قند ملاس (MS)	-0.95**	-0.44*	-0.91**	-0.70**	-0.83**	-0.67**

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

^aRY: عملکرد ریشه، SC و WSC: درصد قند ناخالص و خالص؛ SY و WSY: عملکرد قند ناخالص و خالص؛ Na، K و N: به ترتیب میزان سدیم، پتاسیم و نیترژن مضره ریشه، ALC: ضریب قلیابیت؛ ECS: ضریب استحصال شکر، MS: درصد قند ملاس.

* and **: Significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

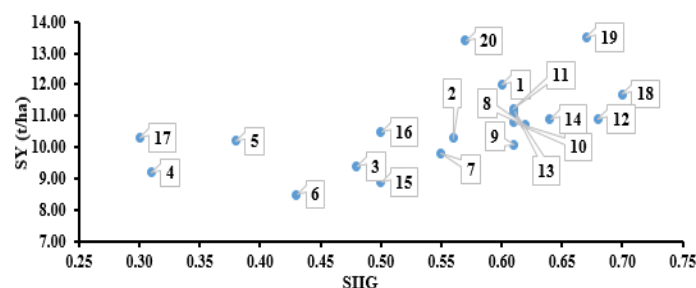
^aRY: Root yield SC and WSC: Sugar content and white sugar content; SY and WSY: Sugar yield and white sugar yield; Na, K and N: Root sodium, potassium and α -amino N content; Alc: Alkalinity coefficient; ECS: Coefficient of sugar extraction; MS: Molasses sugar..

استحصال شکر و عملکرد قند ناخالص در مرحله بعدی قرار گرفتند. بنابراین می‌توان اظهار داشت که بیشتر هیبریدهای انتخابی با استفاده از این شاخص از عملکرد قند خالص نسبتاً بالاتری برخوردار خواهند بود.

در صورتی که در تحقیقی تعداد صفات مورد بررسی زیاد باشد، برای انتخاب ژنوتیپ‌های ایده‌آل با عملکرد بالا و صفات مطلوب بهتر است SIIG محاسبه شود و در نهایت انتخاب ژنوتیپ‌ها در یک نمودار دو بعدی که یک محور آن SIIG و محور دیگر آن عملکرد مورد نظر است صورت گیرد (Najafi Mirak *et al.* 2018; Tahmasebi *et al.* 2018) که البته در این تحقیق در کنار ارائه نتایج محاسبه SIIG، نمودار دو بعدی طبقه‌بندی هیبریدها و ارقام مورد مطالعه بر اساس SIIG و عملکرد قند ناخالص به عنوان عملکرد نهایی محصول چغندر قند مبتنی بر میانگین کل مناطق نیز جهت غربال و شناسایی هیبریدهای ایده‌آل ترسیم گردید (شکل ۱) که هیبرید شماره ۱۲ (-201) 980133 - S1 * (11-301*9) از وضعیت مطلوب‌تری نسبت به سایر هیبریدهای مورد مطالعه برخوردار بود و بنابراین می‌توان در مجموع آن را به‌عنوان هیبرید برتر معرفی نمود.

نتایج نشان داد که مطابق انتظار، صفات عملکرد ریشه، عملکرد قند خالص و ناخالص، درصد قند خالص و ناخالص و ضریب استحصال شکر دارای همبستگی مثبت و صفات ناخالصی‌های ریشه (سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره)، ضریب قلیائیت و درصد قند ملاس دارای همبستگی منفی با SIIG بودند. بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین SIIG با صفت عملکرد قند خالص (**0/۹۶) در مشهد و بیشترین همبستگی منفی و معنی‌دار بین شاخص SIIG با صفت میزان سدیم ریشه در کرج و شیراز (**0/۹۷-) مشاهده گردید. که نشان‌دهنده‌ی بیشترین تأثیر مثبت و منفی این صفات روی SIIG در مناطق مذکور می‌باشد. در مجموع و بر اساس میانگین داده‌های کلیه مناطق، بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین SIIG و صفت عملکرد قند خالص (**0/۸۵) و بیشترین همبستگی منفی و معنی‌دار بین SIIG با صفت میزان سدیم ریشه (**0/۸۰-) مشاهده گردید (جدول ۷). بعد از عملکرد قند خالص، بیشترین همبستگی با SIIG به ترتیب مربوط به صفات درصد قند ناخالص (**0/۸۴)، ضریب استحصال شکر (**0/۸۱) و عملکرد قند ناخالص (**0/۶۹) بود (جدول ۷).

این نتایج نشان داد که عملکرد قند خالص، بیشترین سهم را در مقدار SIIG داشته و صفات درصد قند ناخالص، ضریب



شکل ۱ نمودار دو بعدی طبقه‌بندی ژنوتیپ‌ها مورد مطالعه بر اساس شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) و عملکرد قند ناخالص مبتنی بر میانگین کل مناطق

Fig 1. Two-dimensional diagram of the classification of studied genotypes based on selection index of ideal genotype (SIIG) index and sugar yield (SY) based on the average of all regions

مورد ارزیابی توانست ارقام و هیبریدهای ایده‌آل را شناسایی نماید. در مجموع و بر اساس نتایج حاصل از مقایسات میانگین و رتبه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی به لحاظ هر صفت و محاسبه

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج نشان داد که شاخص SIIG به خوبی و مطابق با نتایج حاصل از رتبه‌بندی ارقام و هیبریدها به لحاظ کلیه صفات

تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

سپاسگزاری

بدینوسیله از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند به پاس تأمین هزینه اجرای پروژه، از مراکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان‌های آذربایجان غربی، خراسان رضوی، فارس و همدان جهت پشتیبانی‌های اجرایی لازم و نیز از مجریان و همکاران محترم پروژه تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

SIIG، هیبریدهای شماره ۱۲ [s1-(201-9*301-11)] و ۹ [980133] و [980126] S1 - (201-9*301-11)] از وضعیت مطلوب‌تری نسبت به سایر هیبریدها برخوردار بودند و لذا می‌توان این دو هیبرید و در مرحله بعد هیبریدهای شماره ۸ (201-9*301-11)] و ۱۴ [S1 - (201-9*301-11)] را به عنوان هیبریدهای برتر و ایده‌آل معرفی نمود. همبستگی و مطابقت نتایج حاصل از انتخاب ژنوتیپ‌های مشترک از طریق روش‌های مختلف انتخاب می‌تواند دلیلی بر اریبی کمتر نتایج حاصل از محاسبه SIIG بوده که مبنای انتخاب آن نظر محقق با در نظر گرفتن کلیه صفات اندازه‌گیری شده با واحدهای مختلف می‌باشد.

References

منابع

- Abdollahi Hesar A, Sofalian O, Alizadeh B, Asghari A, Zali H. Evaluation of some autumn canola genotypes based on agronomy traits and SIIG index. *Journal of Crop Breeding*. 2020; 12: 93-104. [In Persian].
- Anonymous Agricultural statistics. 2022a. Ministry of Agriculture Jihad (<https://new-dpe.maj.ir/>).
- Anonymous. FAO. 2022b. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS> [last visited on 23/12/2022].
- Azizi H, Pedram A, Fasahat P. Identification of effective traits on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) root yield under natural infection conditions to rhizomania virus disease. *Journal of Crop Breeding*. 2021; 13(37): 197-204. Doi:<https://doi.org/10.52547/jcb.13.37.197> [In Persian].
- Baradaran Firouzabadi M, Farrokhi N, Parsaeyan M. Sequential path analysis of some yield and quality components in sugar beet grown in normal and drought conditions. *Italian Journal of Agronomy*. 2011; 6(4): 45-51. Doi:<https://doi.org/10.4081/ija.2011.e39>.
- Brim CA, Johnson HW, Cockerham CC. Multiple selection criteria in soybeans. *Agronomy Journal*. 1959; 51: 42-46.
- Cook D, Scott R. The sugar beet crop: science into practice. Champan and Hall Press. 1993; pp. 675.
- Dowlatshah A, Ismaili A, Ahmadi H, Khademi K, Goudarzi D. Evaluation of genetic diversity and estimation of heritability and genetic correlation using REML for different traits in grass Pea (*Lathyrus sativus* L.) Genotype. 2021; *Plant Genetic Researches*. 7(2): 145-162. [In Persian].
- Hamze H, Mahdi H, Mansouri H. Screening O-type lines of sugar beet in terms of resistance to rhizoctonia root rot. *Journal of Sugar Beet*. 2021; 37 (2), 153-162 [In Persian].
- Hassani M, Hamze H, Mansori H. Compatibility and stability of new rhizomania resistant multigerms hybrids in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. 2022; 33(1): 113-128 [In Persian].
- Kamphorne O, Nordskog AW. Restricted selection indices. *Biometrics*. 1959; 15: 10-19.
- Lin CY. Index selection for genetic improvement of quantitative characters. *Theoretical Applied Genetics*. 1978; 52: 49-56.
- Mehareb M, Mehareb EM, El-Bakary HMY, Elen FM. Comprehensive evaluation of sugar beet genotypes for yield and relative traits by multivariate analysis. *International Journal of Agricultural Sciences*. 2021; 2(1): 96-111. Doi:<https://doi.org/10.21608/svuijas.2021.58999.1072>.
- Najafi Mirak T, Dastfal M, Andarzian B, Farzadi H, Bahari M, Zali H. Stability analysis of grain yield of durum wheat promising lines in warm and dry areas using parametric and non-parametric methods. *Journal of Crop Production and Processing*. 2018; 8: 79-96. [In Persian].
- Pesek J, Baker RJ. Desired improvement in relation to selection indices. *Canadian Journal of Plant Science*. 1969; 49: 803- 804.

- Rajabi A, Ahmadi M, Bazrafshan M, Hassani M, Saremirad A. Evaluation of resistance and determination of stability of different sugar beet (*Beta vulgaris* L.) genotypes in rhizomania-infected conditions. Food Science and Nutrition. 2022; 11, 1403–1414.
- Reinfeld E, Emmerich G, Baumgarten C, Beiss U. Zur Voraussage des Melassezuckers aus Rubenanalysen Zucker. Chapman and Hall, World Crop Series. 1974; pp. 2-5.
- Sabaghnia N, Dehghani H, Alizadeh B, Mohghaddam M. Genetic analysis of oil yield, seed yield, and yield components in rapeseed using additive main effects and multiplicative interaction biplots. Agronomy Journal. 2010; 102 (5): 1361-1368.
- Sadeghzadeh Hemayati S, Saremirad A, Hosseinpour M, Jalilian A, Ahmadi M, Azizi H, Hamidi H, Hamdi F, Matloubi Aghdam F. Evaluation of White Sugar Yield Stability of Some Commercially Released Sugar Beet Cultivars in Iran from 2011-2020. Seed and Plant Journal. 2022; 38: 339 -364 [In Persian].
- Saremirad A, Taleghani D. Utilization of univariate parametric and non-parametric methods in the stability analysis of sugar yield in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) hybrids. Journal of Crop Breeding. 2022; 14 (43): 49-63 [In Persian].
- Smith HF. A discriminant function for plant selection. Annals of Eugenics. 1936; 7: 240- 250.
- Tahmasebi S, Dastfal M, Zali H, Rajaei M. Drought tolerance evaluation of bread wheat cultivars and promising lines in warm and dry climate of the south. Cereal Research. 2018; 8(2): 209-225. [In Persian].
- Taleghani D, Rajabi A, Sadeghzadeh Hemayati S, Saremirad A. Improvement and selection for drought-tolerant sugar beet (*Beta vulgaris* L.) pollinator lines. Results in Engineering. 2022; 13: 100367. Doi:<https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100367>.
- Taleghani D, Rajabi A, Saremirad A, Fasahat P. Stability analysis and selection of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) genotypes using AMMI, BLUP, GGE biplot and MTSI. Scientific Reports. 2023; 13: 10019. Doi:<https://doi.org/10.1038/s41598-023-37217-7>.
- Yagoutipour A, Farshadfar E, Saeedi M. Assessment of durum wheat genotypes for drought tolerance by suitable compound method. Environmental Stress in Crop Sciences. 2017; 10(2): 247 – 256. [In Persian].
- Yan W, Kang M.S. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC press. 2002; pp. 288. Doi: <https://doi.org/10.1201/9781420040371>.
- Zali H, Barati A. Evaluation of selection index of ideal genotype (SIIG) in other to selection of barley promising lines with high yield and desirable agronomy traits. Journal of Crop Breeding. 2020; 12: 93-104. [In Persian].
- Zali H, Sofalian O, Hasanloo T, Asghari A, Hoseini SM. Appraising of drought canola genotypes simultaneously, using selection index of ideal genotype (SIIG) technique: Introduction of new method. Biological Forum – An International Journal. 2015; 7: 703-711.
- Zali H, Sofalian O, Hasanloo T, Asghari A, Zeinalabedini M. Appropriate strategies for selection of drought tolerant genotypes in canola. Journal of Crop Breeding. 2017; 78: 77-90. [In Persian].