

Study of white sugar yield stability of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars in winter sowing

Dariush Taleghani^{1*}, Masoud Ahmadi², Mostafa Hosseinpour³, Hassan Hamidi⁴,
Reza Nemati⁵, Ali Saremirad⁶

¹ Associate Professor, Sugar Beet Seed Institute (SBSI)-Agricultural Research Education and Extension, Karaj, Iran,
Email: d.taleghani@areeo.ac.ir

² Associate Professor, Sugar Beet Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran, Email: ahmadi50_masoud@yahoo.com

³ Assistant Professor, Sugar Beet Seed Institute (SBSI)- Agricultural Research Education and Extension, Karaj, Iran,
Email: harm558@yahoo.com

⁴ Researcher, Sugar Beet Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran, Email: Hamidy1065@yahoo.com

⁵ Master Expert, Sugar Beet Seed Institute (SBSI)- Agricultural Research Education and Extension, Karaj, Iran,
Email: Rezanemati555@gmail.com

⁶ Sugar Beet Seed Institute (SBSI)- Agricultural Research Education and Extension, Karaj, Iran, Email: Asaremirad@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2022/08/21
Revised: 2022/10/17
Accepted: 2022/11/07

Keywords:
Adaptability
Autumn sowing
Interaction
Water

ABSTRACT

Background and objectives: Water is the most significant limiting factor for sugar beet cultivation in Iran. Autumn sowing of sugar beet in dry climates like Iran consumes less water compared to spring sowing and can be a more suitable option for taking advantage of autumn and winter rains and dealing with the water shortage crisis. It seems that the transfer of sugar beet cultivation from spring to autumn will cause that in addition to consuming much less water in this type of cultivation and increasing the efficiency of water consumption, it will have a significant economic benefit for farmers and will spread quickly. But autumn sowing is facing problems in many areas. Therefore, the current research was conducted to investigate the effect of winter sowing on the quantitative and qualitative characteristics of sugar beet.

Materials and Methods: The experiment was conducted in the form of a randomized complete block design with four replications on 11 early maturity sugar beet cultivars at Jovein, Torbat-Jam, and Moghan agricultural research stations for one, two, and three crop years, respectively. In order to study the effect of genotype-environment interaction and to identify genotypes with general and specific stability, AMMI and MTSI stability analysis methods were used.

Results: The combined analysis of variance results based on the AMMI model confirmed the significant effect of the main effects of environment and cultivar at the one percent probability level. The interaction between them also showed a statistically significant difference at the one percent probability level. The analysis of the multiplicative effects of the AMMI model confirmed that the first two components are significant at the one percent probability level and together explain 75.20% of the interaction variation. The bi-plot obtained from the mean white sugar yield and the first principal component of the interaction confirmed the superiority of FDIR19B4028 and Modex cultivars due to their high white sugar yield and stability. According to the bi-plot results obtained from the first two components, there was no appreciable specific adaptability between cultivars with Moghan environment in 2021 and 2020, but on the other

hand, a very high specific adaptability was observed between Moghan environment in 2019 with Modex cultivar, Torbat-Jam in 2021 and 2020 respectively with Asia and SVZD2019 cultivars, and Jovein with SVZC2019 cultivar. Cadmus cultivar has general adaptability because it is somewhat close to the origin of the coordinates. Based on the results of the MTSI index, SVZD2019 was ranked first, and FDIR19B4028, Dravus, and FDIR19B3021 were placed in the next ranks of the most ideal sustainable cultivars in terms of all studied traits.

Conclusion: In general, four cultivars of SVZD2019, FDIR19B4028, Dravus and FDIR19B3021 are recommended for winter cultivation. The obtained results show that the development of winter sugar beet sowing is certainly one of the important strategies for using seasonal rains and saving water consumption; In this regard, in the winter sowing of sugar beet, choosing the suitable cultivar plays a very vital role, so that it affects most of the quantitative and qualitative characteristics.

Cite this article: Taleghani, D., Ahmadi, M., Hosseinpour, M., Hamidi, H., Nemati, R., Saremirad, A. 2023. Study of white sugar yield stability of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars in winter sowing. *Crop Production Journal*, 16 (2), 1-22.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/ejcp.2023.20425.2521

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources



مطالعه پایداری عملکرد شکر سفید ارقام چغندر قند (*Beta vulgaris L.*)
در کشت زمستانه

داریوش طالبانی^{۱*}، مسعود احمدی^۲، مصطفی حسین پور^۳، حسن حمیدی^۴، نعمتی^۵، علی صارمی راد^۶

^۱ دانشیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، رایانامه: d.taleghani@areeo.ac.ir

^۲ دانشیار، بخش تحقیقات چغندر قند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران، رایانامه: ahmadi50_masoud@yahoo.com

^۳ استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، رایانامه: harm558@yahoo.com

^۴ محقق، بخش تحقیقات چغندر قند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران، رایانامه: Hamidy1065@yahoo.com

^۵ کارشناس ارشد، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، رایانامه: Rezanemati555@gmail.com

^۶ مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، رایانامه: Asaremirad@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: آب مهم ترین عامل محدودکننده زراعت چغندر قند در ایران است. زراعت پاییزه چغندر قند در اقلیم های خشکی مانند ایران در مقایسه با کشت بهاره، میزان آب کمتری مصرف نموده و می تواند گزینه مناسب تری برای بهره گیری از بارندگی های پاییزه و زمستانه و مقابله با بحران کمبود آب باشد. به نظر می رسد انتقال زراعت چغندر قند از بهاره به پاییزه باعث خواهد شد که علاوه بر مصرف آب بسیار کم تر در این نوع کشت و نیز افزایش کارایی مصرف آب، برای کشاورزان صرفه اقتصادی قابل توجهی داشته و به سرعت رواج یابد؛ اما کشت پاییزه در بسیاری از مناطق با مشکلاتی مواجه است. از این رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر کشت زمستانه بر خصوصیات کمی و کیفی چغندر قند اجرا شد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۳۰ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۷/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۱۶	مواد و روش ها: آزمایش در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار روی ۱۱ رقم زودرس چغندر قند در مناطق جوبن، تربت جام و مغان به ترتیب به مدت یک (۱۳۹۹-۱۳۹۸)، دو (۱۳۹۹-۱۳۹۸) و سه (۱۳۹۹-۱۴۰۰) سال انجام گردید. به منظور مطالعه تأثیر برهم کنش ژنوتیپ- محیط و شناسایی ژنوتیپ های با پایداری عمومی و خصوصی، از روش های تجزیه پایداری AMMI و MTSI استفاده شد.
واژه های کلیدی: آزوسپیریوم لیپوفرم آب برهم کنش سازگاری کشت پاییزه	یافته ها: نتایج تجزیه واریانس مرکب بر اساس مدل AMMI مؤید تأثیر معنی دار اثرات اصلی محیط و رقم در سطح احتمال یک درصد بود. برهم کنش میان آن ها نیز تفاوت آماری معنی داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد. تجزیه اثرات ضرب پذیر مدل AMMI مؤید آن بود که دو مؤلفه اول در سطح احتمال یک درصد معنی دار هستند و مجموعاً ۷۵/۲۰ درصد از تغییرات برهم کنش ژنوتیپ- محیط را تبیین می نمایند. بای پلات حاصل از میانگین عملکرد و اولین مؤلفه اصلی برهم کنش ژنوتیپ- محیط مؤید برتری ارقام FDIR19B4028 و مودکس، به دلیل دارا بودن عملکرد شکر سفید و پایداری بالا بود. بر اساس نتایج بای پلات حاصل از دو مؤلفه اول، میان ارقام با محیط مغان در سال های ۱۴۰۰ و ۱۳۹۹ سازگاری خصوصی قابل ملاحظه ای وجود نداشت، اما در مقابل بین محیط مغان در سال ۱۳۹۸ با رقم

مودکس، تربت‌جام در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۳۹۹ به ترتیب با ارقام آسیا و SVZD2019 و جوین با رقم SVZC2019 سازگاری خصوصی بسیار بالایی مشاهده شد. رقم کادموس از سازگاری عمومی برخوردار بود. بر اساس نتایج شاخص MTSI، رقم SVZD2019 در رتبه نخست و ارقام FDIR19B4028، در اووس و FDIR19B3021 در رتبه‌های بعدی ایده‌آل‌ترین ارقام پایدار از نظر تمامی صفات مورد مطالعه قرار گرفتند.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی چهار رقم SVZD2019، FDIR19B4028، در اووس و FDIR19B3021 برای کشت زمستانه توصیه می‌شود. نتایج به‌دست‌آمده مبین آن است که توسعه کشت زمستانه چغندر قند مسلماً یکی از راهکارهای مهم برای استفاده از بارندگی‌های فصلی و صرفه‌جویی در مصرف آب می‌باشد، در این رابطه در کشت زمستانه چغندر قند، انتخاب رقم مناسب نقش بسیار مهمی دارد، به‌طوری که بر اغلب ویژگی‌های کمی و کیفی تأثیر می‌گذارد.

استناد: طالقانی، د.، احمدی، م.، حسین‌پور، حمیدی، م.ح.، نعمتی، صامی‌راد، ع. (۱۴۰۲). مطالعه پایداری عملکرد شکر سفید ارقام چغندر قند (*Beta vulgaris L.*) در کشت زمستانه. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۱۶ (۲)، ۱-۲۲.



© نویسندگان.

DOI: 10.22069/ejcp.2023.20425.2521

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

چغندر قند یکی از گیاهان مهم صنعتی است که به دلیل فصل رشد طولانی و پتانسیل عملکرد بالا، نیاز آبی زیادی دارد (۱). این گیاه به عنوان دومین منبع تولید قند پس از نیشکر به شمار می‌رود (۲،۳)، به نحوی که نزدیک به ۲۰ درصد از تولید سالیانه قند جهان را به خود اختصاص می‌دهد (۲، ۳). ملاس، تفاله و الکل اتیلیک محصولات جانبی هستند که در طول تولید قند سفید به دست می‌آیند و در صنایع مختلف به کار گرفته می‌شوند (۴). علاوه بر این، برگ چغندر قند حاوی پروتئین (۱۹/۴ تا ۲۲/۸ درصد به صورت خشک) (۵، ۶) و اسیدهای آمینه متعادل است (۷، ۸). موارد ذکر شده می‌تواند بخشی از اهمیت کشت چغندر قند را به تصویر بکشد، اما کشت این گیاه در فصل بهار و مواجه شدن بخش عمده دوره رشد آن با فصل گرم سال (تابستان) سبب می‌شود تا مصرف آب آن افزایش یابد. از طرفی آبیاری چغندر قند در گرمای تابستان تلفات آبی بالایی را نیز در نتیجه تبخیر آب به همراه دارد. لذا افزایش مصرف آب در مناطقی که با بحران و کمبود منابع آبی روبرو هستند، مشکلاتی را به وجود می‌آورد و با شدت یافتن آن، ممکن است حتی از کشت این گیاه با ارزش اقتصادی و استراتژیکی بالا صرف نظر شود، به همین منظور بایستی جهت توسعه کشت چغندر قند پاییزه تدابیری اندیشیده شود.

در کشت پاییزه چغندر قند در ایران، نیاز آبی گیاه کاهش یافته و از طرفی بیشترین مقادیر آب مورد نیاز از طریق بارندگی‌های پاییز و زمستان تأمین می‌شود؛ بنابراین، راندمان مصرف آب افزایش یافته و آسیب‌هایی که به دلیل تنش خشکی در طول دوره رشد گیاهی اتفاق می‌افتد، کاهش می‌یابد (۹). علاوه بر افزایش راندمان مصرف آب، کنترل طبیعی آفات و بیماری‌های مختلف را نیز می‌توان از مزایای کشت

پاییزه چغندر قند برشمرد. علی‌رغم مزایا و برتری که کشت پاییزه چغندر قند نسبت به کشت بهاره آن دارد، پدیده ساقه‌روی یک محدودیت اساسی برای کشت پاییزه به شمار می‌رود. شدت زیان ساقه‌روی با توجه به مرحله رشدی گیاهان می‌تواند متفاوت باشد؛ به طوری که وقوع ساقه‌روی در اوایل دوره رشد گیاهان، باعث کاهش قابل توجه عملکرد ریشه تا ۵۰ درصد می‌شود (۱۰)؛ کاهش شدید عملکرد قند از طریق کاهش میزان قند و عملکرد ریشه، ایجاد مشکلاتی برای ماشین‌های برداشت، کند شدن تیغه‌های دستگاه خلال‌گیری در کارخانه قند به علت سخت شدن و فیبری شدن ریشه‌ها و افزایش احتمال پراکنده شدن بذر علف‌های هرز از دیگر معایب پدیده ساقه‌روی می‌باشند (۱۱، ۱۲). به منظور رفع این مسائل که در نتیجه ساقه‌روی ایجاد می‌شوند و نیز جهت بهره‌گیری از مزایایی که برای کشت پاییزه عنوان شد، کشت زمستانه چغندر قند مطرح می‌شود. در کشت زمستانه علاوه بر استفاده از مزایای کشت پاییزه خطر ساقه‌روی ارقام نیز تا حد زیادی کاهش می‌یابد (۱۳). عملکرد تحت کنترل ساختار ژنتیکی رقم، شرایط محیطی حاکم و برهم‌کنش میان آن‌ها می‌باشد. این صفت با توجه به ماهیت چندژنی آن، شدیداً تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. پیش از توصیه ژنوتیپ‌ها برای کشت در مناطق هدف، بایستی طی آزمایش‌های ارزیابی پایداری و سازگاری، اثرات اصلی ژنوتیپ و محیط و نیز برهم‌کنش میان آن‌ها بررسی می‌شود. مطالعه جامع برهم‌کنش ژنوتیپ-محیط نیاز به روش‌های آماری قدرتمندی دارد. روش‌های متعددی برای تجزیه و تحلیل پایداری توسط محققین مختلف ارائه شده است که به‌طور کلی در دو گروه اصلی روش‌های تک‌متغیره و چندمتغیره تقسیم‌بندی می‌شوند.

بنا بر مزایا و معایبی که در خصوص کشت پاییزه و مزایایی که برای کشت زمستانه ذکر شد، مطالعه حاضر با هدف بررسی پایداری عملکرد قند ارقام چغندر قند در کشت زمستانه و پیامدهای آن بر روی عملکرد قند چغندر قند انجام شد.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر در سه منطقه مغان، تربت جام و جوین اجرا شد. مدت اجرای آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی مغان سه سال زراعی (۱۳۹۸-۱۳۹۷، ۱۳۹۹-۱۳۹۸ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹)، در تربت جام دو سال زراعی (۱۳۹۹-۱۳۹۸ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹) و در جوین یک سال زراعی (۱۳۹۹-۱۳۹۸) بود. برخی از مشخصات جغرافیایی و پارامترهای آب و هوایی مناطق اجرای آزمایش به ترتیب در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

آزمایش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار روی ۱۱ رقم زودرس چغندر قند (جدول ۳) اجرا شد. عملیات آماده‌سازی زمین کشت در هر سه منطقه شامل شخم، دیسک و ایجاد ردیف کاشت (فارو کشی) بود. هر کرت آزمایشی دارای چهار خط به طول ۱۰ متر، فاصله خطوط ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی خط هنگام برداشت نهایی حدود ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر بود. نظر به اینکه حداقل درجه حرارت ممکن (صفر فیزیولوژیکی) چغندر قند سه درجه سانتی‌گراد تعیین شده است و در دمای هشت درجه سانتی‌گراد جوانه‌زنی بذر آغاز می‌شود، لذا در نیمه دوم بهمن‌ماه با مهیا شدن شرایط حرارتی و نیز شرایط رطوبتی خاک، تنها نسبت به کشت بذر ارقام مورد بررسی روی خطوط کشت از پیش آماده شده اقدام گردید. روی ردیف‌های کشت تعداد بذر بیش‌تری قرار داده شد که پس از سبز شدن و در مرحله دو تا چهار

در میان روش‌های چندمتغیره، مدل اثرات اصلی جمع‌پذیر و برهم‌کنش ضرب‌پذیر^۱ (AMMI) از اهمیت بالایی برخوردار است. روش امی در واقع ترکیبی از مدل تجزیه واریانس و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی است. بخش اول مدل امی یعنی بخش جمع‌پذیر از تجزیه واریانس استفاده می‌کند (۱۴) و بخش دوم که قسمت ضرب‌پذیر مدل امی را شامل می‌شود از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به‌منظور تجزیه برهم‌کنش ژنوتیپ-محیط به یک تا n مؤلفه اصلی استفاده می‌نماید (۱۵). در حقیقت دلیل استفاده گسترده از این مدل، قدرت تفکیک بالای اثرات اصلی و برهم‌کنش ژنوتیپ-محیط و نیز توجیه بخش بزرگی از مجموع مربعات برهم‌کنش می‌باشد (۱۶).

اخیراً اولیوتو و همکاران (۱۷) مبانی نظری شاخص پایداری چندمتغیره^۲ (MTSI) را برای انتخاب ژنوتیپ‌های با کارایی بالا و پایدار در آزمایش‌های چندمحیطی بر اساس صفات متعدد معرفی نمودند. شاخص پایداری MTSI بر اساس فاصله از ژنوتیپ ایده‌آلی که از طریق تجزیه به عامل‌ها برآورد می‌شود، محاسبه می‌گردد (۱۷). این شاخص امکان‌پذیرش ژنوتیپ‌های پایدار را با دیفرانسیل‌گزینش مثبت برای صفاتی که افزایش آن‌ها مدنظر است و دیفرانسیل‌گزینش منفی برای صفاتی که کاهش آن‌ها مدنظر است، فراهم می‌کند. از طرفی، این شاخص پایداری می‌تواند برای اصلاح‌کنندگان و کشاورزانی که هدف آن‌ها انتخاب هم‌زمان برای میانگین عملکرد و پایداری با در نظر گرفتن چندین صفت است، مفید باشد؛ به دلیل اینکه فرآیند گزینش منحصر به فردی را فراهم می‌کند که تفسیر آن آسان است و ساختار همبستگی را در بین صفات در نظر می‌گیرد (۱۷).

1. Additive main effect and multiplicative interaction

2. Multi-trait stability index

مطالعه پایداری عملکرد شکر سفید ارقام چغندر قند... / داریوش طالقانی و همکاران

برگی تنک گردیدند و به تراکم ۱۱۰۰۰۰ بوته در هکتار رسانده شدند. آزمایش در هر سال اجرای آن به روش نشتی آبیاری گردید. مقادیر آب مصرفی بر اساس میزان تبخیر از طشتک تبخیر کلاس A و با احتساب راندمان ۹۰ درصد محاسبه و به طور مساوی در کلیه کرت‌های آزمایشی توزیع شد. سایر عملیات داشت شامل مبارزه با علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها در حد مطلوب مطابق با عرف منطقه و طبق نظر کارشناسان مربوطه انجام شد.

جدول ۱- برخی از مشخصات جغرافیایی مناطق اجرای آزمایش.

Table 1- Some of geographical characteristics of the experimental regions.

کد محیط Environment code	سال Year	منطقه اجرای تحقیق Location of the research	ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude (m)	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude
M98	۹۸-۹۷ 2019	مغان، اردبیل، ایران Moghan. Ardebil, Iran	66	39°36'N	47°47'E
M99	۹۹-۹۸ 2020				
M00	۰۰-۹۹ 2021				
T99	۹۹-۹۸ 2020	تربت‌جام، خراسان رضوی، ایران Torbat-Jam, Khorasan Razavi, Iran	838	35°12'N	60°48'E
T00	۰۰-۹۹ 2021				
J00	۹۹-۹۸ 2020	جوین، خراسان رضوی، ایران Jovein, Khorasan Razavi, Iran	1100	36°40'N	57°30'E

گرفتند (۱۸) و در نهایت از مقادیر به دست آمده برای این ویژگی‌ها، جهت تخمین سایر ویژگی‌ها از قبیل عملکرد قند ناخالص، درصد قند ملاس، درصد قند قابل استحصال، عملکرد شکر سفید، ضریب استحصال شکر و ضریب آلکالیت به ترتیب بر اساس روابط ۱ تا ۶ استفاده شد:

در زمان برداشت در نیمه دوم تیرماه، ریشه‌های دو ردیف کشت میانی کرت‌های آزمایشی جمع‌آوری، شمارش و توزین شدند. پس از شستشوی ریشه‌ها، با استفاده از دستگاه اتوماتیک و نما نمونه خمیر ریشه تهیه گردید و در آزمایشگاه کنترل کیفی از نظر ویژگی‌های کیفی شامل درصد قند ناخالص، نیتروژن مضره و عنصرهای سدیم و پتاسیم مورد بررسی قرار

$$SY = RY \times SC \quad \text{رابطه ۱:}$$

$$MS = 0.0343(K^+ + Na^+) + 0.094(\alpha \text{ amino } N) - 0.31 \quad \text{رابطه ۲:}$$

$$WSC = SC - (MS + 0.6) \quad \text{رابطه ۳ (۱۹):}$$

$$WSY = WSC \times RY \quad \text{رابطه ۴ (۲۰):}$$

$$ECS = \left(\frac{WSC}{SC} \right) \times 100 \quad \text{رابطه ۵:}$$

$$ALC = \frac{K^+ + Na^+}{\alpha \text{ amino } N} \quad \text{رابطه ۶ (۲۰):}$$

جدول ۲- میانگین حداقل، حداکثر و متوسط درجه حرارت، رطوبت نسبی و مجموع بارندگی ماهانه مناطق آزمایشی.

Table 2- Minimum, Maximum and mean monthly rainfall of the experimental regions.

ماه Month	میانگین حداقل درجه حرارت (درجه سانتی گراد) Mean minimum temperature (°C)			میانگین حداکثر درجه حرارت (درجه سانتی گراد) Mean maximum temperature (°C)			میانگین حداکثر درجه حرارت (درجه سانتی گراد) Mean temperature (°C)			رطوبت نسبی (درصد) Humidity (percent)			مجموع بارندگی (میلی متر) Rainfall (mm)		
	۹۸-۹۷	۹۹-۹۸	۹۹-۰۰	۹۸-۹۷	۹۹-۹۸	۹۹-۰۰	۹۸-۹۷	۹۹-۹۸	۹۹-۰۰	۹۸-۹۷	۹۹-۹۸	۹۹-۰۰	۹۸-۹۷	۹۹-۹۸	۹۹-۰۰
مغان															
Moghan															
بهمن Bahman	2.28	0.14	0.80	10.87	12.49	11.50	5.71	5.48	5.19	82.83	64.78	79.73	21.81	15.56	21.92
اسفند Esfand	3.44	5.09	0.59	14.96	15.17	10.78	8.20	9.17	4.87	73.76	77.84	76.60	13.34	23.21	95.52
فروردین Farvardin	6.70	5.73	6.86	16.60	16.41	20.54	10.85	10.71	13.24	81.19	78.03	72.79	50.52	22.63	17.12
اردیبهشت Ordibehesht	11.88	11.28	12.93	25.96	22.94	26.43	18.18	16.53	18.90	70.40	73.08	69.74	3.81	43.90	15.54
خرداد Khordad	17.04	16.68	18.32	33.19	33.39	32.15	25.26	24.69	24.90	55.90	56.63	64.27	7.52	10.80	16.20
تیر Tir	20.32	19.70	21.22	34.04	34.62	35.88	21.17	27.96	28.35	57.56	57.00	58.26	2.90	0.61	0.00
تربت جام															
Torbat-Jam															
بهمن Bahman	-	-1.00	-1.10	-	11.00	17.40	-	5.00	8.20	-	63.00	44.00	-	10.30	1.60
اسفند Esfand	-	2.30	1.60	-	17.20	15.20	-	9.80	8.40	-	55.00	56.00	-	5.20	21.80
فروردین Farvardin	-	6.40	8.60	-	16.50	24.70	-	11.50	16.70	-	74.00	40.00	-	100.00	3.50
اردیبهشت Ordibehesht	-	12.70	14.30	-	27.00	29.50	-	19.90	21.90	-	57.00	35.00	-	25.80	15.40
خرداد Khordad	-	17.50	20.20	-	35.50	36.50	-	26.50	28.30	-	26.00	18.00	-	0.00	0.00
تیر Tir	-	21.00	22.10	-	35.60	37.20	-	28.30	29.60	-	21.00	20.00	-	0.00	0.00

ماه Month	میانگین حداقل درجه حرارت (درجه سانتی گراد) Mean minimum temperature (°C)		میانگین حداکثر درجه حرارت (درجه سانتی گراد) Mean maximum temperature (°C)		میانگین حدائق درجه حرارت (درجه سانتی گراد) Mean temperature (°C)		رطوبت نسبی (درصد) Humidity (percent)		مجموع بارندگی (میلی متر) Rainfall (mm)	
	۹۸-۹۷	۹۹-۹۸	۹۸-۹۷	۹۹-۹۸	۹۸-۹۷	۹۹-۹۸	۹۸-۹۷	۹۹-۹۸	۹۸-۹۷	۹۹-۹۸
جوهین										
بهمن Bahman	-	-3.60	-	9.50	-	2.90	-	56.20	-	0.90
اسفند Esfand	-	1.40	-	16.30	-	8.80	-	55.20	-	3.70
فروردین Farvardin	-	4.20	-	15.00	-	9.60	-	67.70	-	8.50
اردیبهشت Ordibehesht	-	10.00	-	24.40	-	17.20	-	56.20	-	5.30
خرداد Khordad	-	16.00	-	35.70	-	25.80	-	33.40	-	0.80
تیر Tir	-	18.80	-	34.20	-	26.50	-	34.50	-	2.00

جدول ۳- اسامی ارقام و ژنوتیپ‌های چغندر قند آزمایشی

Table 3- The name of experimental sugar beet cultivars and genotypes

ردیف	کد رقم	نام رقم	ردیف	کد رقم	نام رقم
Row	Cultivar code	Cultivar name	Row	Cultivar code	Cultivar name
1	C1	Cadmus	7	C7	Shokoufa
2	C2	Dravus	8	C8	SVZA2019
3	C3	FDIR19B3021	9	C9	SVZB2019
4	C4	FDIR19B4028	10	C10	SVZC2019
5	C5	Modex	11	C11	SVZD2019
6	C6	SBSI035	-	-	-

ژنوتیپ برای محور g از n مؤلفه اصلی برهم‌کنش ژنوتیپ- محیط، γ_{en} بردار ویژه محیط برای محور e از n مؤلفه اصلی برهم‌کنش، ρ_{ge} مقدار باقی‌مانده و ε_{ge} مربوط به خطا می‌باشد. با انجام تجزیه واریانس AMMI با استفاده از نرم‌افزار R مقادیر مؤلفه‌های اصلی برای هر ژنوتیپ و محیط به دست آمد و با رسم بای‌پلات‌های آن‌ها، سازگاری عمومی و خصوصی ژنوتیپ‌ها تعیین گردید. طی این مطالعه ۱۲ آماره مدل AMMI نیز برای شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار بر اساس روابط ۸ تا ۱۸ با استفاده از نرم‌افزار R محاسبه شد.

$$SIPC_i = \sum_{n=1}^N |\lambda_n^{0.5} \gamma| \quad \text{رابطه ۸ (۲۱)}$$

$$EV = \sum_{n=1}^N \frac{\gamma_{in}^2}{n} \quad \text{رابطه ۹ (۲۲)}$$

$$Da = \sqrt{\sum_{n=1}^N (\lambda_n \gamma_{in})^2} \quad \text{رابطه ۱۰ (۲۳)}$$

$$ASTAB = \sum_{n=1}^{N'} \lambda_n \gamma_{in}^2 \quad \text{رابطه ۱۱ (۲۴)}$$

$$AV_{AMGE} = \sum_{j=1}^E \sum_{n=1}^{N'} |\lambda_n \gamma_{in} \delta_{jn}| \quad \text{رابطه ۱۲ (۲۵)}$$

$$D_Z = \sum_{n=1}^{N'} \gamma_{in}^2 \quad \text{رابطه ۱۳ (۲۶)}$$

در این روابط SY عملکرد قند ناخالص برحسب تن در هکتار، RY عملکرد ریشه برحسب تن در هکتار، SC درصد قند ناخالص برحسب گرم قند در ۱۰۰ گرم خمیر چغندر قند، MS درصد قند ملاس برحسب گرم قند در ۱۰۰ گرم خمیر چغندر قند، α amino N نیتروژن مضره، K^+ پتاسیم برحسب میلی‌گرم در کیلوگرم، Na^+ سدیم برحسب میلی‌گرم در کیلوگرم، WSC قند قابل استحصال برحسب گرم قند در ۱۰۰ گرم خمیر چغندر قند، WSY عملکرد شکر سفید برحسب تن در هکتار، ECS ضریب استحصال شکر برحسب درصد شکر و ALC ضریب آلکالیتسه می‌باشد.

از آنجایی که عملکرد شکر سفید دربرگیرنده مقادیر سایر صفات مورد مطالعه بوده، لذا ویژگی مهم و نهایی محسوب می‌شود؛ بنابراین تجزیه پایداری بر اساس مدل AMMI از نظر این صفت (عملکرد شکر سفید) انجام شد. برای انجام تجزیه پایداری به روش AMMI از رابطه ۷ استفاده شد.

$$Y_{ger} = \mu + \alpha_g + \beta_e + \sum_n \lambda_n \alpha_{gn} \gamma_{en} + \rho_{ge} + \varepsilon_{ge} \quad \text{رابطه ۷}$$

در این رابطه، Y_{ger} عملکرد ژنوتیپ g در محیط e در تکرار t است، μ میانگین کل آزمایش، α_g و β_e به ترتیب اثرات اصلی ژنوتیپ و محیط، λ_n مقدار ویژه برای محور مؤلفه اصلی n ، α_{gn} بردار ویژه

بود. این موضوع حاکی از تنوع میان ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف و مشکلاتی که به‌نژادگران در گزینش و آزادسازی با آن مواجه هستند، می‌باشد. تجزیه واریانس مرکب عملکرد شکر سفید بر اساس مدل AMMI نشان داد که بیش‌ترین مجموع مربعات کل به‌وسیله محیط (۷۱/۵۰ درصد) تبیین می‌شود و پس‌از آن بالاترین واریانس توجیه‌شده متعلق به رقم (۹/۸۰ درصد) می‌باشد. شرایط محیطی تأثیر بسزایی در تغییرات داده‌ها داشته است. درصد واریانس توجیه‌شده برای برهم‌کنش ژنوتیپ-محیط برابر با ۷/۲۰ درصد از مجموع مربعات کل بود. در پژوهشی که با استفاده از روش AMMI انجام شد، واریانس توجیه‌شده به‌وسیله برهم‌کنش ژنوتیپ-محیط برابر با ۷/۸۴ درصد برآورد گردید (۳۰). اثر ضرب‌پذیر مدل AMMI به مؤلفه‌های اصلی برهم‌کنش تجزیه شد. بر اساس این نتایج (جدول ۲) تنها دو مؤلفه اول برهم‌کنش ژنوتیپ-محیط در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. مؤلفه اول ۶۷/۵۰ درصد از تغییرات برهم‌کنش ژنوتیپ-محیط را توجیه نمود. مؤلفه اصلی دوم توانست ۲۸/۷۰ درصد از تغییرات مربوط به برهم‌کنش ژنوتیپ-محیط را تبیین نماید؛ این مؤلفه به همراه مؤلفه اول در مجموع ۷۵/۲۰ درصد تغییرات کل برهم‌کنش ژنوتیپ-محیط را توجیه کردند. مجموع مربعات باقی‌مانده از مدل AMMI با پایین‌ترین میانگین مربعات غیر معنی‌دار به دست آمد که نشان‌دهنده دقت قابل ملاحظه این مدل است (۳۱). مصطفوی و صارمی‌راد (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای که با استفاده از مدل AMMI انجام دادند، بیان نمودند که مؤلفه اصلی اول برهم‌کنش معنی‌دار می‌باشد و حدود ۶۳ درصد از تنوع داده‌ها را تبیین می‌نمایند (۳۲). کریمی‌زاده و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که پنج مؤلفه اصلی اول در مجموع ۹۰/۳۰ درصد از مجموع مربعات برهم‌کنش ژنوتیپ-محیط را توجیه می‌کند (۳۳). عمرانی و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه

$$\text{رابطه ۱۴ (۲۷): } MASI = \sqrt{\sum_{n=1}^{N'} PC_n^2 \times \theta_1^2}$$

$$\text{رابطه ۱۵ (۲۵): } \frac{MASV}{\sum_{n=1}^{N'} \left(\frac{SSIPC_n}{SSIPC_{n+1}} \right) \times (PC_n)^2 + (PC_{N'})^2}$$

$$\text{رابطه ۱۶ (۲۵): } Z_a = \sum_{n=1}^{N'} |\theta_n \gamma_{in}|$$

$$\text{رابطه ۱۷ (۲۸): } ASI = \sqrt{[PC_1^2 \times \theta_1^2] + [PC_2^2 \times \theta_2^2]}$$

$$\text{رابطه ۱۸ (۲۹): } FA = \sum_{n=1}^{N'} \lambda_n^2 \gamma_{in}^2$$

شاخص پایداری MTSI برای محاسبه میانگین عملکرد و پایداری هم‌زمان صفات عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، درصد قند ناخالص، عملکرد شکر سفید، درصد قند خالص، سدیم، پتاسیم، نیتروژن مضره، درصد قند ملاس ضریب استحصال شکر و ضریب آلکالیت به اساس رابطه ۱۹ (۱۷) با استفاده از نرم‌افزار R برآورد گردید.

$$\text{رابطه ۱۹: } MTSI_i = \left[\sum_{j=1}^f (\gamma_{ij} - \gamma_j)^2 \right]^{0.5}$$

در این رابطه، $MTSI_i$ شاخص پایداری چندمتغیره ژنوتیپ i ام، γ_{ij} امتیاز ژنوتیپ i ام در عامل j ام، γ_j نمره ژنوتیپ ایده‌آل در عامل j ام می‌باشد. امتیازها بر اساس تجزیه به عامل‌ها برای ژنوتیپ‌ها و صفات محاسبه شد.

نتایج و بحث

تجزیه اثرات اصلی جمع‌پذیر و اثرات متقابل ضرب‌پذیر (AMMI): طبق نتایج به‌دست‌آمده (جدول ۴)، اثرات اصلی محیط و رقم سبب ایجاد تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد شد. میانگین مربعات برهم‌کنش ژنوتیپ-محیط عملکرد شکر سفید نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار

خود نشان دادند که چهار مؤلفه اول مجموعاً ۸۳ درصد (۳۴) از تغییرات برهم کنش ژنوتیپ- محیط را تبیین می کنند

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب عملکرد شکر سفید ارقام چغندر قند آزمایشی بر اساس مدل AMMI.

Table 4- Combined analysis of variance of white sugar yield of experimental sugar beet cultivars based on AMMI model.

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	مجموع مربعات SS	میانگین مربعات MS	واریانس نسبی (درصد) Relative variance (%)	واریانس تجمعی (درصد) Cumulative variance (%)
محیط Environment	5	1630.41	326.08**	71.50	71.50
بلوک (محیط) Block (env)	18	32.57	1.81	1.40	72.90
ژنوتیپ Genotype	10	222.64	22.26**	9.80	82.70
ژنوتیپ × محیط Genotype × Environment	50	164.45	3.29**	7.20	89.90
اولین مؤلفه برهم کنش IPCA1	14	76.51	5.46**	46.50	46.50
دومین مؤلفه برهم کنش IPCA2	12	47.20	3.93**	28.70	75.20
باقی مانده Noise	24	40.72	1.69 ^{ns}	24.70	100
خطا Error	180	231.15	1.28	10.10	100
ضریب تغییرات (درصد) CV (percent)			14.56		

*, **, و ns: معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیر معنی دار.

*, **, and ns: Significant at 5% and 1% probability levels and non-significant, respectively.

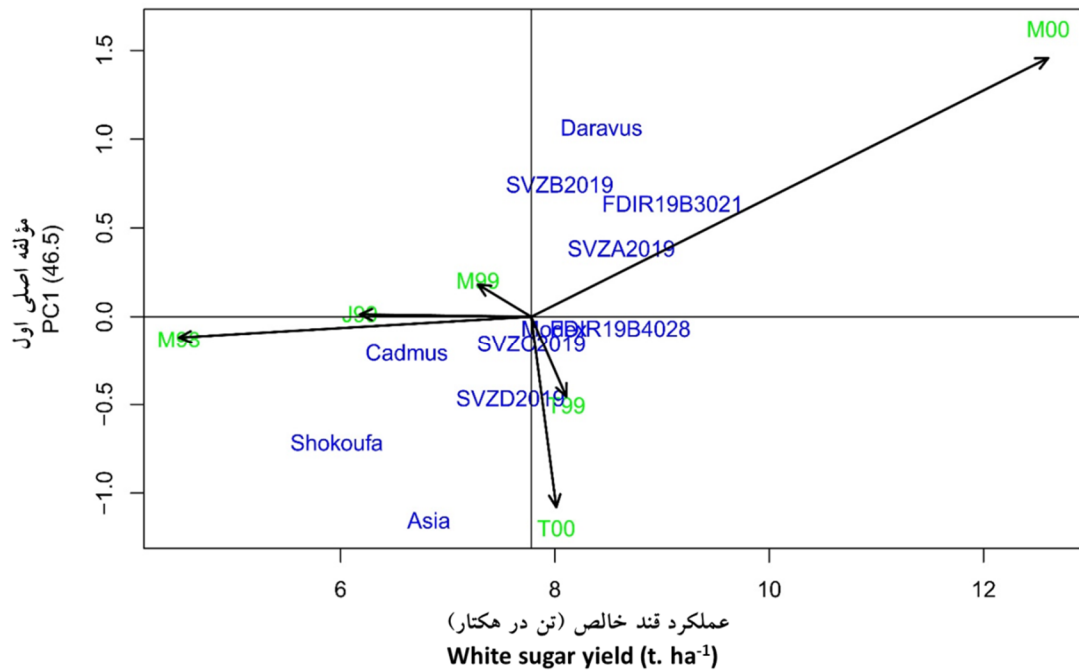
عملکرد شکر سفید بالاتر از میانگین کل و مقدار پایین مؤلفه اول برهم کنش، تحت عنوان پایدارترین ارقام با عملکرد بالا شناخته شدند. محیط های مغان در سال ۱۴۰۰ و تربت جام در سال های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ از میانگین عملکرد شکر سفید بالایی برخوردار بودند، اما با توجه به مقادیر مؤلفه اصلی اول برهم کنش بالا، ناپایدار هستند. اگر رقم و محیطی از لحاظ مؤلفه اول اصلی برهم کنش هم علامت باشند، دارای برهم کنش مثبت و اگر از لحاظ مؤلفه نامبرده هم علامت نباشند، دارای برهم کنش منفی خواهند بود. محیط مغان طی سال های ۱۴۰۰ و ۱۳۹۹ دارای برهم کنش مثبت با ارقام

به منظور در نظر گرفتن پایداری عملکرد و سازگاری ویژه ژنوتیپ ها با مناطق مورد مطالعه، از بای پلات عملکرد شکر سفید با مؤلفه اصلی اول (شکل ۱ الف) و بای پلات دو مؤلفه اصلی اول (شکل ۱ ب) استفاده شد. بر طبق بای پلات میانگین عملکرد شکر سفید در مقابل اولین مؤلفه اصلی برهم کنش ژنوتیپ- محیط، رقمی که از لحاظ عمده لکرد شکر (محور افقی) میزان بیش تر و از نظر مؤلفه اول برهم کنش (محور عمودی) مقدار پایینی (نزدیک به صفر) داشته باشد، رقم مطلوب تری خواهد بود. بر این اساس در میان ارقام، دو رقم FDIR19B4028 و مودکس به دلیل داشتن

خصوصی با آن محیط دارند و ارقامی که نزدیک به مبدأ مختصات باشند، از سازگاری عمومی برخوردارند. بنا بر آنچه بیان شد، همان گونه که در شکل مذکور مشاهده می شود، میان ارقام با محیط مغان در سال های ۱۴۰۰ و ۱۳۹۹ سازگاری خصوصی قابل ملاحظه ای وجود ندارد، اما در مقابل بین محیط مغان در سال ۱۳۹۸ با رقم مودکس، تربت جام در سال های ۱۴۰۰ و ۱۳۹۹ به ترتیب با ارقام آسیا و SVZD2019 و جوین با رقم SVZC2019 سازگاری خصوصی بسیار بالایی مشاهده شد. رقم کادموس به علت این که تا حدودی نزدیک به مبدأ مختصات قرار دارد، از سازگاری عمومی برخوردار است. محیط های جوین، مغان سال ۱۳۹۸ و تربت جام سال ۱۳۹۹ دارای مقادیر مؤلفه های اول و دوم برهم کنش نزدیک به صفر (مبدأ مختصات) بودند که مبین این موضوع می باشد که این محیط ها پتانسیل ایجاد برهم کنش را دارا نیستند. سایر محیط ها پتانسیل قابل ملاحظه ای را باعث شدند. در مطالعه مصطفوی و همکاران (۳۵)، بر اساس نتایج نمودار دو بعدی مربوط به دو مؤلفه اصلی اول برهم کنش ژنوتیپ- محیط، ژنوتیپ های JAAM و SH-1-HSF.5*(I13*A37.1) با محیط های اصفهان و مشهد، ژنوتیپ های 1571، -302*(I13*KWS) و HSF.20*(I13*A37.1)*S1.88239، BR1 و شاهد خارجی با کرمانشاه و مغان و ژنوتیپ های IC و 7233 با کرج دارای سازگاری خصوصی بودند. در مطالعه آنها ژنوتیپ های 7233، S1.88239*(I13*A37.1)، JAAM و شاهد خارجی به عنوان ژنوتیپ های با سازگاری عمومی بالا شناخته شدند.

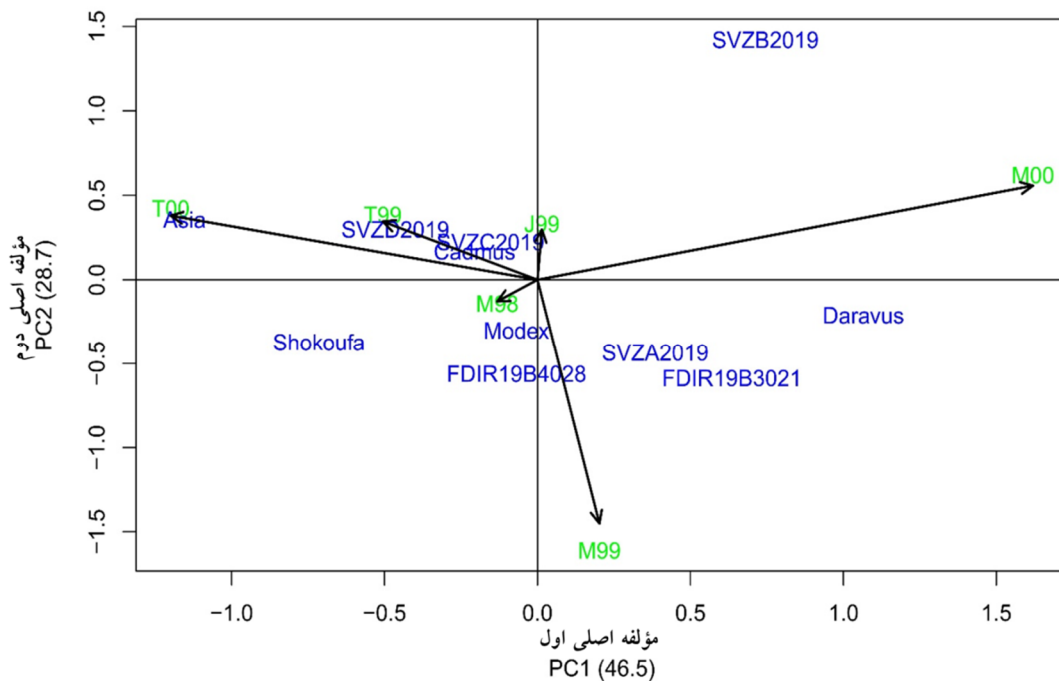
دراووس، SVZB2019، FDIR19B3021 و SVZA2019 و برهم کنش منفی با ارقام آسیا، شکوفا، SVZD2019، کادموس و SVZC2019 بود. محیط تربت جام طی دو سال ۱۴۰۰ و ۱۳۹۹ عملکرد شکر سفیدی بالاتر از میانگین کل داشته و برهم کنش مشابهی نشان دادند. این محیط با ارقام آسیا، شکوفا، SVZD2019، کادموس و SVZC2019 برهم کنش مثبت و با ارقام دراووس، SVZB2019، FDIR19B3021 و SVZA2019 برهم کنش منفی داشتند. محیط های جوین و مغان در سال ۱۳۹۸ مقادیر مؤلفه اصلی اول برهم کنش نزدیک به صفر داشتند. طی مطالعه که به منظور بررسی پایداری ژنوتیپ های چغندر قند به روش AMMI انجام شد (۳۵)، نمودار بای پلات حاصل از میانگین عملکرد و اولین مؤلفه اصلی برهم کنش برای ژنوتیپ ها و محیط ها نشان داد که رقم JAAM دارای عملکردی بیش تر از میانگین کل و از نظر اولین مؤلفه اصلی برهم کنش دارای کم ترین مقدار می باشد که به عنوان رقم پایدار شناخته شد. فصاحت و همکاران (۳۶) ۱۷ ژنوتیپ چغندر قند را در پنج منطقه مختلف مورد بررسی قرار دادند و تنها ژنوتیپ S1-940221 * (301-11) * (201-25) را به عنوان پایدارترین ژنوتیپ معرفی کردند.

در شکل ۱ ب بای پلات مقادیر مؤلفه های اصلی اول و دوم برهم کنش ژنوتیپ- محیط برای ارقام و محیط ها به نمایش گذاشته شده است. مجموعاً ۷۵/۲۰ درصد تغییرات مربوط به اثر ضرب پذیر توسط این بای پلات تبیین می شود. بر اساس این نمودار ارقامی که در مجاورت یک محیط قرار داشته باشند، سازگاری



A

الف



B

ب

شکل ۱- الف: نمودار پراکنش ارقام و محیط‌های مورد آزمایش با استفاده از میانگین عملکرد قند خالص و اولین مؤلفه اصلی برهم‌کنش ژنوتیپ- محیط بر اساس مدل AMMI2 و ب: نمودار پراکنش ارقام و محیط‌های مورد آزمایش بر اساس اولین و دومین مؤلفه اصلی برهم‌کنش ژنوتیپ- محیط بر اساس مدل AMMI2 (J99: جوین سال ۱۳۹۹، M98: مغان سال ۱۳۹۸، M99: مغان سال ۱۳۹۹، M00: مغان سال ۱۴۰۰، T99: تربت‌جام سال ۱۳۹۹، T00: تربت‌جام سال ۱۴۰۰).

Figure 1- A: Scatter plot for cultivars and environments derived from white sugar yield mean (t. ha⁻¹) and first principal component axes based AMMI1 model. B: Scatter plot for cultivars and environments derived from first two interaction principal component axes based AMMI2 (J99: Jovein 2020, M98: Moghan 2019, M99: Moghan 2020, M00: Moghan 2021, T99: Torbat-Jam 2020, T00: Torbat-Jam 2021).

جدول ۵- ارزش و رتبه میانگین عملکرد قند حاصل و آماره‌های مختلف پایداری AMMI در ارقام چغندر قند آزمایشی.

رقم Cultivar	میانگین عملکرد قند (تن/هکتار) White sugar yield mean (t. ha ⁻¹)	ارزش												
		AS1 تأجسی پایداری	ASV ارزش پایداری	ASTAB پایداری پایداری	AVAMGE مطلق مجموع	DA فاصله انقائسی	DZ فاصله امی	EV ویژه	FA پارامتر مدال امی	MASI تأجسی پایداری	MASV ارزش پایداری	dPS ویژه	Za نسب مطلق	WVAS میانگین
Asia	6.82	0.55	1.91	1.46	4.92	2.50	0.59	0.17	6.27	0.55	1.91	1.51	0.31	0.85
Cadmus	6.62	0.11	0.37	0.07	1.09	0.53	0.13	0.01	0.28	0.11	0.37	0.38	0.07	0.19
Dravus	8.43	0.50	1.74	1.18	4.30	2.26	0.52	0.14	5.11	0.50	1.74	1.27	0.27	0.74
FDIR19B3021	9.10	0.34	1.19	0.75	3.48	1.72	0.44	0.10	2.95	0.34	1.19	1.22	0.23	0.62
FDIR19B4028	8.61	0.16	0.57	0.32	1.96	1.05	0.31	0.05	1.11	0.16	0.57	0.63	0.10	0.26
Modex	7.99	0.09	0.32	0.10	1.05	0.58	0.17	0.01	0.33	0.09	0.32	0.37	0.06	0.16
Shokoufa	5.96	0.35	1.22	0.65	3.04	1.64	0.40	0.08	2.71	0.35	1.22	1.09	0.22	0.58
SVZA2019	8.62	0.22	0.76	0.34	2.28	1.14	0.30	0.04	1.29	0.22	0.76	0.82	0.15	0.40
SVZB2019	8.04	0.53	1.86	2.57	5.46	3.06	0.84	0.36	9.35	0.53	1.86	2.16	0.39	1.00
SVZC2019	7.78	0.10	0.33	0.07	1.02	0.52	0.14	0.01	0.27	0.10	0.33	0.37	0.07	0.18
SVZD2019	7.59	0.23	0.81	0.30	2.28	1.12	0.27	0.04	1.24	0.23	0.81	0.76	0.15	0.40

AS1: شاخص پایداری مدال امی، ASV: ارزش پایداری مدال امی، ASTAB: پارامتر پایداری مبتنی بر مدال امی، AVAMGE: مجموع ارزش مطلق برهم‌کش ژنوتیپ- محیط بر اساس مدال امی در سراسر محیط‌ها، DA: پارامتر D یا فاصله اقلیدسی از مبدأ مؤلفه‌های معنی‌دار، DZ: پارامتر D زاگ یا فاصله امی، EV: میانگین مربعات بردارهای ویژه، FA: برآزش مدال امی، MASI: شاخص پایداری تغییر یافته مدال امی، MASV: ارزش پایداری تغییر یافته مدال امی، SIPC: مجموع ارزش مطلق مقادیر ویژه ژنوتیپی مؤلفه‌های باقی‌مانده، ZA: ارزش مطلق سهم نسبی مؤلفه‌های برهم‌کش، WAAS: میانگین وزنی قدرمطلق تیرات.

ASI: AMMI Stability Index, ASV: AMMI Stability Value, ASTAB: AMMI Based Stability Parameter, AVAMGE: Sum Across Environments of Absolute Value of GEI Modelled by AMMI, DA: Annicchiarico's D Parameter, DZ: Zhang's D Parameter, EV: Averages of the Squared Eigenvalue of Values, FA: Stability Measure Based on Fitted AMMI Model, MASI: Modified AMMI Stability Index, MASV: Modified AMMI Stability Value, SIPC: Sums of the Absolute Value of the IPC Scores, Za: Absolute Value of the Relative Contribution of IPCAs to the Interaction, WAAS: Weighted Average of Absolute Scores.

مدل AMMI اطلاعات مفیدی را برای دستیابی به نتایج دقیق ارائه می‌کند (۳۲، ۳۷). بر اساس نتایج حاصل از مطالعه حاضر، اکثریت ژنوتیپ‌های پایدار بر اساس آماره‌های مختلف پایداری AMMI از عملکرد شکر سفید متوسطی در حدود میانگین کل برخوردار بودند. این در حالی است که آجای و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که با توجه به این آماره‌های پایداری AMMI (به‌خصوص با به‌کارگیری آماره‌های SIPC، MASI و MASV) ژنوتیپ‌های پر محصول را می‌توان شناسایی نمود (۴۰).

شاخص پایداری چندمتغیره (MTSI): در جدول ۶ نتایج تجزیه به عامل‌ها ارائه شده است. عامل‌هایی که مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک داشتند، انتخاب شدند و واریانس هر عامل نیز برحسب درصد که نشان‌دهنده اهمیت آن در تفسیر تغییرات کلی داده‌ها است، بیان شد. در این تجزیه، سه عامل مستقل از هم در مجموع ۸۱/۱۰ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه نمودند. عامل اول ۶۷/۶۵ درصد از کل واریانس داده‌ها را توجیه و دارای مقدار ویژه برابر با ۵/۱۳ بود. این عامل دارای ضرایب عاملی بزرگ و مثبت برای درصد قند ناخالص، سدیم، درصد قند خالص، ضریب استحصال شکر و درصد قند ملاس بود. عامل دوم با مقادیر ویژه ۲/۶۱ و توجیه ۲۳/۷۷ درصد از واریانس تغییرات، شامل ضرایب عاملی بزرگ و مثبت برای صفات عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، عملکرد شکر سفید، پتاسیم و نیتروژن مضره بود. عامل سوم ۱۰/۶۷ درصد از تغییرات داده‌ها و ۱/۱۷ از مقادیر ویژه را شامل شد و ضریب عاملی بزرگ و مثبت برای صفت ضریب آلکالیت را در بر داشت.

نتایج میانگین عملکرد شکر سفید ارقام و آماره‌های پایداری مختلف تجزیه AMMI و نیز رتبه آن‌ها در جدول ۵ قابل‌رؤیت می‌باشد. میانگین عملکرد شکر سفید ارقام در همه محیط‌ها برابر ۷/۷۸ تن در هکتار برآورد شد. رقم FDIR19B3021 بیش‌ترین عملکرد شکر سفید را به میزان ۹/۱۰ تن در هکتار به خود اختصاص داد. پایین‌ترین میزان عملکرد شکر سفید به شکوفا با مقدار ۵/۹۶ تن در هکتار تعلق داشت. عملکرد شکر سفید SVZC2019، مودکس و SVZD2019 به ترتیب با مقادیر ۷/۷۸، ۷/۹۹ و ۷/۵۸ تن در هکتار در محدوده میانگین عملکرد شکر سفید همه ارقام در تمامی محیط‌ها قرار داشت. براساس تمامی آماره‌های پایداری برآورد شده مدل AMMI شامل DA، AVAMGE، ASTAB، ASV، ASI، FA، EV، DZ، WAAS، SPIC، MASV، MASI، ZA و WAAS، رقم مودکس با میانگین عملکرد شکر سفید ۷/۹۹ تن در هکتار از نظر اکثریت آماره‌های مذکور در رتبه نخست پایداری رقم قرار گرفت. پس از آن دو رقم SVZC2019 با میانگین عملکرد شکر سفید ۷/۷۸ تن در هکتار و کادموس با میانگین عملکرد شکر سفید ۶/۶۱ تن در هکتار در زمره ارقام پایدار جای یافتند. نتایجی که با استفاده از آماره‌های پایداری مدل AMMI به دست آمد، حاکی از آن بود که ارقام SVZB2019 و آسیا با بیش‌ترین مقادیر برای این آماره‌ها، ناپایداری ارقام بودند. نتایج پژوهش حاضر تا حدودی مشابه یافته‌های شریفی و همکاران (۲۰۱۷)، کریمی‌زاده و همکاران (۲۰۱۶) و چلوئی و همکاران (۲۰۲۰) بود (۳۷، ۳۸، ۳۹). آن‌ها اذعان داشتند که دقیق‌ترین مدل در تجزیه AMMI با استفاده از دو مؤلفه اصلی اول برهمکنش ژنوتیپ-محیط قابل پیش‌بینی است. با وجود روش‌های مختلف پایداری،

جدول ۶- مقادیر ویژه، واریانس نسبی و تجمعی و نیز ضرایب عاملی پس از چرخش واریماکس در تجزیه به عامل‌ها بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی.

Table 6- Eigenvalues, relative and cumulative variance as well as factor coefficients after varimax rotation in factor analysis based on principal component analysis.

صفات Traits	عامل‌ها Factors		
	اول First	دوم Second	سوم Third
عملکرد ریشه Root yield	-0.044	0.900	0.038
درصد قند ناخالص Sugar content	0.913	-0.180	0.044
سدیم Na ⁺	0.890	0.056	-0.046
پتاسیم K ⁺	0.188	0.492	-0.182
نیترژن مضره <i>alpha amino N</i>	-0.127	0.777	0.238
عملکرد قند ناخالص Sugar yield	0.191	0.823	-0.413
درصد قند ملّاس Molasses sugar	0.784	0.505	-0.071
درصد قند قابل استحصال White sugar content	0.952	-0.019	-0.101
عملکرد شکر سفید White sugar yield	0.502	0.672	-0.449
ضریب استحصال شکر Efficiency coefficient of sugar	0.859	0.368	-0.103
ضریب آلكالیتة Alkalinity coefficient	-0.002	-0.048	0.956
مقدار ویژه Eigen value	5.13	2.61	1.17
واریانس نسبی Relative Variance (percent)	46.65	23.77	10.67
واریانس تجمعی Cumulative variance (percent)	46.65	70.42	81.10

پایدار بیش‌تر است و نباید انتخاب شود. در شکل ۲ الف ارقام آزمایشی از بیش‌ترین مقدار تا کم‌ترین مقدار شاخص پایداری MTSI رتبه‌بندی شده‌اند؛ به‌طوری‌که رقم دارای بیش‌ترین مقدار شاخص مذکور در مرکز و رقم دارای کم‌ترین مقدار شاخص مذکور در خارجی‌ترین مدار قرار گرفته است. بر این اساس با اعمال فشار گزینشی ۳۵ درصد، رقم SVZD2019 در

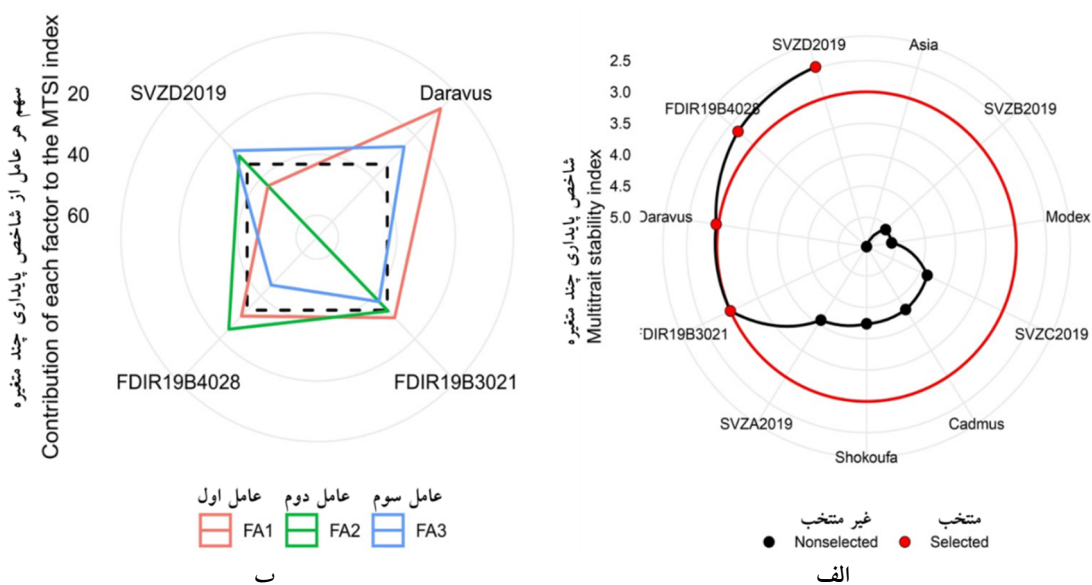
شاخص پایداری MTSI ارقام مورد مطالعه بر پایه نمرات عاملی سه عامل مذکور محاسبه شد. طبق این شاخص هر چه رقمی مقدار کم‌تری از این شاخص را دارا باشد، فاصله کم‌تری از رقم ایده‌آل داشته و قرابت بیش‌تری با رقم ایده‌آل پایدار دارد. از سوی دیگر هرچه مقدار شاخص پایداری MTSI برای رقمی بیش‌تر باشد، به این معنی است که فاصله آن از رقم ایده‌آل

به رقم ایده‌آل نزدیک‌تر است، ارقام دراووس، FDIR19B3021 و FDIR19B4028 که کم‌ترین مقدار را در عامل اول داشتند، برای صفات درصد قند ناخالص، سدیم، درصد قند خالص، ضریب استحصال شکر و درصد قند ملاس که بیشترین ضرایب عاملی را در این عامل داشتند، به رقم ایده‌آل نزدیک هستند. رقم ایده‌آل با توجه به صفات قرار گرفته در هر عامل و اهدافی که برای بهبود آن صفات مدنظر است، تعریف می‌شود. در عامل مذکور (عامل اول) ژنوتیپ ایده‌آل ژنوتیپی است که باعث افزایش ارزش صفات درصد قند ناخالص، درصد قند خالص و ضریب استحصال شکر و کاهش میزان سدیم و درصد قند ملاس می‌شود. ارقام SVZD2019، FDIR19B4028 و FDIR19B3021 کم‌ترین سهم عامل دوم را به خود اختصاص دادند؛ در نتیجه این ارقام از لحاظ صفات عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، عملکرد شکر سفید، پتاسیم و نیتروژن مضره بسیار نزدیک به رقم ایده‌آل بودند. به بیان بهتر این ارقام مقادیر پتاسیم و نیتروژن مضره پایین همراه با عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و عملکرد شکر سفید بالایی را دارند. ارقام دراووس و SVZD2019 در ارتباط با عامل سوم از قدرت بالایی برخوردار بودند. به بیان بهتر ضریب آلکالیتیه بالا و پایداری را داشتند. شریفی و همکاران (۲۰۲۱) در ارزیابی عملکرد و سایر صفات زراعی در مجموعه‌ای از ژنوتیپ‌های برنج از شاخص پایداری MTSI استفاده کردند و نشان دادند این شاخص به‌خوبی قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های برتر از نظر عملکرد، پایداری عملکرد و سایر صفات زراعی بود (۴۱). این نتایج با یافته‌های به‌دست‌آمده از این مطالعه در رابطه با کارایی شاخص پایداری MTSI در شناسایی ژنوتیپ‌های برتر مطابقت داشت.

رتبه نخست و ارقام FDIR19B4028، دراووس و FDIR19B3021 در رتبه‌های بعدی ایده‌آل‌ترین ارقام پایدار از نظر تمامی صفات مورد مطالعه قرار گرفتند. مقایسه ارزش صفات در ارقام منتخب بر اساس شاخص پایداری MTSI با ارزش صفات در همه ارقام آزمایشی نشان داد که میانگین ارزش صفات عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، عملکرد شکر سفید، درصد قند ناخالص، درصد قند خالص، ضریب استحصال شکر و ضریب آلکالیتیه در ارقام منتخب افزایش یافته است. این افزایش ارزش صفات در جهت اهداف مدنظر قرار داشتند. اهدافی که در صفات سدیم، پتاسیم، نیتروژن مضره و درصد قند ملاس دنبال می‌شود، کاهش ارزش آن‌ها است که ارقام منتخب از نظر این صفات به‌جز پتاسیم کاهش نشان دادند. به‌طور کلی ارقام انتخابی سبب ایجاد دیفرانسیل‌گزینش مطلوبی در تمامی صفات به‌جز میزان پتاسیم شدند (جدول ۷). در ارقام منتخب درصد قند ناخالص و خالص از وراثت‌پذیری بالایی برخوردار بودند. نیتروژن مضره، ضریب آلکالیتیه و عملکرد ریشه وراثت‌پذیری پایینی داشتند. در میان صفات، به‌جز پتاسیم، نیتروژن مضره و ضریب آلکالیتیه، سایر صفات از بازده‌گزینش مناسبی برخوردار بودند. رقم آسیا بیش‌ترین مقدار شاخص پایداری MTSI را به خود اختصاص داد و رقم نامطلوبی از نظر صفات مورد مطالعه بود. در شکل ۲ ب نقاط قوت و ضعف ارقام انتخابی بر اساس سهم هر عامل در شاخص پایداری MTSI ارائه شده است. بر اساس این نمودار کم‌ترین سهم توجیه‌شده توسط یک عامل (نزدیک به لبه خارجی) نشان‌دهنده نزدیک بودن صفات درون آن عامل به حالت ایده‌آل پایدار است. خط‌چین نشان‌دهنده ارزش نظری است، در صورتی که همه عوامل به یک اندازه نقش داشته باشند. با توجه به این‌که هر رقم برای عامل‌هایی که سهم کم‌تری در آن‌ها دارد از لحاظ صفات درون آن عامل

جدول ۷- پیش‌بینی دیفرانسیل‌گزینش، وراثت‌پذیری و بازده‌گزینش برای صفات مؤثر بر اساس شاخص پایداری MSTI
 Table 7- Prediction of selection differential, heritability and selection gain for effective traits based on MSTI index.

عامل‌ها Factors	صفات Traits	هدف Goal	میانگین کل Total mean	میانگین انتخابی Selected mean	دیفرانسیل‌گزینش Selection differential	درصد دیفرانسیل‌گزینش Selection differential in percent	وراثت‌پذیری Broad-sense heritability	بازده‌گزینش Selection gains	درصد بازده‌گزینش Selection gains in percent
1	درصد قند ناخالص Sugar content	افزایش Increase	15.33	18.83	0.50	3.26	0.91	0.46	3.00
1	سدیم Na ⁺	کاهش Decrease	4.36	3.91	-0.44	-10.29	0.87	-0.39	-9.04
1	درصد قند خالص White sugar content	افزایش Increase	11.63	12.29	0.65	5.61	0.92	0.60	5.19
1	ضریب استحصال شکر Efficiency coefficient of sugar	افزایش Increase	74.50	76.63	2.13	2.85	0.87	1.87	2.51
1	درصد قند ملاس Molasses sugar	کاهش Decrease	3.09	2.94	-0.15	-4.92	0.89	-0.13	-4.39
2	عملکرد ریشه Root yield	افزایش Increase	67.82	69.27	4.45	2.14	0.73	1.07	1.58
2	عملکرد قند ناخالص Sugar yield	افزایش Increase	10.29	10.88	0.59	5.75	0.81	0.48	4.69
2	عملکرد شکر سفید White sugar yield	افزایش Increase	7.77	8.43	0.65	8.39	0.85	0.55	7.15
2	پتاسیم K ⁺	کاهش Decrease	4.81	4.83	0.02	0.48	0.89	0.02	0.43
2	نیترژن محوره alpha amino N	کاهش Decrease	2.73	2.67	-0.06	-2.42	0.65	-0.04	-1.58
3	ضریب آلكالینته Alkalinity coefficient	افزایش Increase	5.85	5.87	0.02	0.36	0.69	0.01	0.25



شکل ۲- الف: رتبه‌بندی ارقام چغندر قند آزمایشی به صورت صعودی بر اساس شاخص پایداری MTSI و ب: نقاط قوت و ضعف ارقام منتخب به عنوان نسبت هر عامل در شاخص پایداری MTSI.

Figure 2- A: Ranking of experimental sugar beet cultivars in ascending order based on MTSI index and B: Strengths and weaknesses of selected cultivars as the ratio of each factor in the calculated MTSI index.

ضمن انتخاب رقم مناسب مقاوم به ساقه‌روی، تاریخ کاشت نقش بسیار حیاتی دارد و با انتقال تاریخ کاشت از پاییز به زمستان می‌توان تا حد بسیار زیادی این مشکل را کنترل نمود؛ زیرا در کشت زمستانه علاوه بر استفاده از مزایای کشت پاییزه، خطر ساقه‌روی ارقام نیز تا حد زیادی کاهش می‌یابد. لازم به ذکر است، روش جدید MTSI که به تازگی ارائه شده است و در پژوهش حاضر نیز از آن استفاده شد، می‌تواند از نظر گزینش ارقام برتر برای صفات متعدد بر اساس داده‌های چندمحیط بسیار مفید باشد.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج می‌توان بیان کرد که محیط نقش بسیار مهمی در تأثیرگذاری بر بیان فنوتیپی صفات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های چغندر قند داشته است. ارقام SVZD2019، FDIR19B4028، دراوس و FDIR19B3021 ایده‌آل‌ترین ارقام پایدار از نظر تمامی صفات مورد مطالعه بودند، لذا می‌توان آن‌ها را برای کشت زمستانه توصیه کرد. در مجموع نتایج به‌دست‌آمده مبین آن است که برای بهره‌وری از مزایای کشت پاییزه و کنترل ساقه‌روی در چغندر قند پاییزه،

منابع

1. Żarski, J., Kuśmierk-Tomaszewska, R. & Dudek, S. (2020). Impact of irrigation and fertigation on the yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in a moderate climate. J. Agron. 10: 2. 150-166.
2. Monteiro, F., Frese, L., Castro, S., Duarte, M.C., Paulo, O.S., Loureiro, J. & Romeiras, M.M. (2018). Genetic and genomic tools to assist sugar beet improvement: the value of the crop wild relatives. Front. Plant Sci. 9: 74-85.
3. Ribeiro, I.C., Pinheiro, C., Ribeiro, C.M., Veloso, M.M., Simoes-Costa, M.C., Evaristo, I., Paulo, O.S. & Ricardo, C.P. (2016). Genetic diversity and physiological performance of Portuguese wild beet (*Beta vulgaris* spp. *maritima*) from three contrasting habitats. Front. Plant Sci. 7: 1. 1293.

- Zareii, A. (2003). Study of autumn sowing of sugar beet in the tropical areas of kermanshah province. *J. Sugar Beet*. 18: 2. 119-130.
14. Gauch, H. 1992. Statistical analysis of regional yield trials: AMMI analysis of factorial designs. Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
15. Gauch, H.G. & Zobel, R.W. (1997). Identifying mega-environments and targeting genotypes. *Crop Sci*. 37: 2. 311-326.
16. Ebdon, J. and Gauch, H. 2002. Additive main effect and multiplicative interaction analysis of national turfgrass performance trials: I. Interpretation of genotype \times environment interaction. *Crop Sci*. 42: 2. 489-496.
17. Olivoto, T., Lúcio, A.D.C., da Silva, J.A.G., Sari, B.G. & Diel, M.I. (2019). Mean Performance and Stability in Multi-Environment Trials II: Selection Based on Multiple Traits. *J. Agron*. 111: 6. 2961-2969.
18. Kunz, M., Martin, D. & Puke, H. (2002). Precision of beet analyses in Germany explained for polarization. *Sugar IND*. 127: 1. 13-21.
19. Reinfeld, E., Emmerich, G., Baumgarten, C., Winner & Beiss, U. (1974). Zur Voraussage des Melassezuckersaus Rubenanalysen Zucker. edn. D.A. Cooke and R. K. Scott, editors, London, UK., Chapman & Hall, World Crop Series, Pp: 2-5.
20. Cook, D. & Scott, R. (1993). The sugar beet crop: science into practice. New York, USA, Champan and Hall Press, 154 p.
21. Sneller, C., Kilgore-Norquest, L. & Dombek, D. (1997). Repeatability of yield stability statistics in soybean. *Crop Sci*. 37: 2. 383-390.
22. Zobel, R. 1994. Stress resistance and root systems. In: 1-4 Aug. 1994. of the workshop on adaptation of plants to soil stresses, INTSORMIL Publ. 94-2. Inst., Univ Nebraska, Lincoln, Pp: 80-99.
23. Annicchiarico, P. 1997. Joint regression vs AMMI analysis of genotype-environment interactions for cereals in Italy. *Euphytica*. 94: 1. 53-62.
24. Rao, A. & Prabhakaran, V. (2005). Use of AMMI in simultaneous selection of
4. Tomaszewska, J., Bieliński, D., Binczarski, M., Berłowska, J., Dziugan, P., Piotrowski, J., Stanishevsky, A. & Witońska, I. (2018). Products of sugar beet processing as raw materials for chemicals and biodegradable polymers. *RSC Adv*. 8: 6. 3161-3177.
5. Lammens, T., Franssen, M., Scott, E. & Sanders, J. (2012). Availability of protein-derived amino acids as feedstock for the production of bio-based chemicals. *Biomass Bioenergy*. 44: 168-181.
6. Tenorio, A.T., Schreuders, F., Zisopoulos, F., Boom, R. & Van der Goot, A. (2017). Processing concepts for the use of green leaves as raw materials for the food industry. *J. Clean. Prod*. 164: 736-748.
7. Akyüz, A. & Ersus, S. (2021). Optimization of enzyme assisted extraction of protein from the sugar beet (*Beta vulgaris* L.) leaves for alternative plant protein concentrate production. *Food Chem*. 335: 127673.
8. Kiskini, A., Vissers, A., Vincken, J.-P., Gruppen, H. & Wierenga, P.A. (2016). Effect of plant age on the quantity and quality of proteins extracted from sugar beet (*Beta vulgaris* L.) leaves. *Food Chem*. 64: 44. 8305-8314.
9. Taleghani, D., Moharamzadeh, M., Hemayati, S.S., Mohammadian, R. & Farahmand, R. (2011). Effect of sowing and harvest time on yield of autumn-sown sugar beet in Moghan region in Iran. *Seed and Plant*. 27: 2. 355-371. (In persian)
10. Hoffmann, C.M. & Kluge-Severin, S. (2011). Growth analysis of autumn and spring sown sugar beet. *Eur. J. Agron*. 34: 1. 1-9.
11. Rinaldi, M. & Vonella, A.V. (2006). The response of autumn and spring sown sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to irrigation in Southern Italy: water and radiation use efficiency. *Field Crops Res*. 95: 2-3. 103-114.
12. Streibie, J.C., Ritz, C., Pipper, C.B., Yndgaard, F., Fredlund, K. & Thomsen, J.N. (2009). Sugar beet, bioethanol, and climate change. IOP Publishing, Denmark.
13. Basati, J., Kolivand, M., Neamati, A. &

- biplot graphical analysis multivariate methods to study of genotype-environment interaction on safflower genotypes grain yield. Journal of crop Breeding. 11: 31. 153-163. (In persian)
35. Mostafavi, K., Rajabi, A. & Orazizadeh, M.R. (2017). Genotype- environment interaction pattern analysis for sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars yield using AMMI multivariate method. Journal of Sugar Beet. 33: 2. 135-147. (In persian)
 36. Fasahat, P., Khayamim, S., Soltani Idliki, J., Darabi, S., Pedram, A., Hasani, M., Jalilian, A. & Babaei, B. (2019). Stability analysis of genotype \times environment interaction effect on sugar yield in sugar beet hybrids. J Crop Breed. 11: 32. 33-40. (In persian)
 37. Sharifi, P., Aminpanah, H., Erfani, R., Mohaddesi, A. & Abbasian, A. (2017). Evaluation of genotype \times environment interaction in rice based on AMMI model in Iran. Rice Sci. 24: 3. 173-180.
 38. Karimizadeh, R., Asghari, A., Chinipardaz, R., Sofalian, O. & Ghaffari, A. (2016). Determining yield stability and model selection by AMMI method in rain-fed durum wheat genotypes. Turkish J. Field Crop. 21: 2. 174-183.
 39. Cheloei, G., Ranjbar, G.A., Babaeian Jelodar, N., Bagheri, N. & Noori, M.Z. (2020). Using AMMI model and its parameters for yield stability analysis of rice (*Oryza sativa* L.) advanced mutant genotypes of Tarrom-Mahalli. IJGPB. 9: 1. 70-83. (In persian)
 40. Ajay, B., Bera, S., Singh, A., Kumar, N., Gangadhar, K. & Kona, P. (2020). Evaluation of genotype \times environment interaction and yield stability analysis in peanut under phosphorus stress condition using stability parameters of AMMI model. Agric. Res. 9: 4. 477-486.
 41. Sharifi, P., Abbasian, A. & Mohaddesi, A. (2021). Evaluation the mean performance and stability of rice genotypes by combining features of AMMI and BLUP techniques and selection based on multiple traits. Plant Genet. Res. 7: 2. 163-180.
 - genotypes for yield and stability. Jour. Ind. Soc. Ag. Statistics. 59: 76-82.
 25. Zali, H., Farshadfar, E., Sabaghpour, S.H. & Karimizadeh, R. (2012). Evaluation of genotype \times environment interaction in chickpea using measures of stability from AMMI model. Ann. Biol. Res. 3: 7. 3126-3136.
 26. Zhang, Z., Cheng, L. & Zhonghuai, X. (1998). Analysis of variety stability based on AMMI model. Zuo Wu Xue Bao. 24: 3. 304-309.
 27. Ajay, B., Aravind, J. & Abdul Fiyaz, R. (2018). Ammistability: additive main effects and multiplicative interaction model stability parameters. R Package Ver. 11.
 28. Jambhulkar, N., Bose, L. & Singh, O. (2014). AMMI stability index for stability analysis. Central Rice Research Institute, Cuttack, Orissa. 35: 15-15.
 29. Raju, B. 2002. A study on AMMI model and its biplots. Jour. Ind. Soc. Ag. Statistics. 55: 297-322.
 30. Basafa, M. & Taherian, M. (2016). Analysis of stability and adaptability of forage yield among silage corn hybrids. J. Crop Breed. 8: 19. 185-191. (In persian)
 31. Anandan, A. & Eswaran, R. (2009). Genotype by environment interactions of rice (*Oryza sativa* L.) hybrids in the east coast saline region of Tamil Nadu. In the Proceedings of 2nd International Rice Cong, 226 p.
 32. Mostafavi, K. & Saremirad, A. (2021). Genotype- environment interaction study in corn genotypes using additive main effects and multiplicative interaction method and GGE- biplot Method. Crop Production. 14: 3. 1-12. (In persian)
 33. Karimizadeh, R., Dehghani, H. & Dehghanpour Z. (2008). Use of AMMI method for estimating genotype-environment interaction in early maturing corn hybrids. Seed and Plant. 23: 4. 531-546.
 34. Omrani, S., Omrani, A., Afshari, M., Saremirad, A., Bardehji, S. & Foroozesh, P. (2019). Application of additive main effects and multiplicative interaction and