

Evaluation of quantitative and qualitative yield, bolting rate and Cercospora leaf spot disease severity of different sugar beet genotypes in autumn cultivation

Saeed Sadeghzadeh Hemayati^{1*}, Mohsen Bazrafshan², Mohammad Saeed Hassanvandi³, Ali Saremirad¹

(Received: 10 Feb. 2025 ; Accepted: 11 May. 2025)

How to cite this article:

Sadeghzadeh Hemayati S, Bazrafshan M, Hassanvandi MS, Saremirad A. Evaluation of quantitative and qualitative yield, bolting rate and Cercospora leaf spot disease severity of different sugar beet genotypes in autumn cultivation. Journal of Sugar Beet. 2024; (40)2: 149-164. (In Persian with English abstract). DOI: <https://doi.org/10.22092/jsb.2025.368599.1382>

Extended Abstract

Introduction

Autumn cultivation of sugar beet presents a viable solution to mitigate water scarcity issues in sugar beet production by leveraging its inherent advantages in plant growth and water use during the autumn and winter seasons. This cultivation method benefits from the seasonal precipitation patterns thereby reducing dependence on irrigation and contributing to water conservation. However, a significant challenge in autumn cultivation is the occurrence of bolting, where the plant transitions from vegetative to reproductive growth. Bolting negatively affects both the quantitative and qualitative yield of sugar beet, posing a serious threat to the economic feasibility of autumn cultivation. Consequently, the identification and development of bolting-resistant cultivars specifically adapted to autumn cultivation is of paramount importance. This study aims to evaluate the quantitative and qualitative yields, bolting rates, and resistance to Cercospora leaf spot disease of various sugar beet cultivars under autumn cultivation conditions. The findings are intended to support the selection of cultivars that can maximize yield while minimizing the adverse effects of bolting and Cercospora infection, ultimately enhancing the sustainability and productivity of sugar beet cultivation in water-limited regions.

The study utilized a set of 19 experimental sugar beet hybrids, along with a control cultivar named Antek which has been specifically developed for bolting resistance. Field evaluations were conducted across two provinces: Fars (Fasa) and Khuzestan (Dezful), representing different environmental conditions. The experimental design was a randomized complete block design with four replications conducted over the 2023-2024 growing season to minimize spatial variability. Data collection included counting the number of established plants before and after the frost period, determining the number of bolted plants in early June, and calculating the bolting percentage based on the total number of plants. Due to the absence of bolting at the Safiabad Agricultural Research Station in Dezful, this evaluation was limited to the Fasa Research Farm. The severity of leaf infection with Cercospora leaf spot disease was recorded on a scale of 1-9 in Dezful. All traits were examined for normality of distribution, and non-normal data were estimated using statistical methods. Variance analysis and mean comparison based on Duncan's multiple range method were performed on traits such as white sugar yield, root yield, sugar content, white sugar content, sodium content, potassium content, amino nitrogen content, extraction coefficient of sugar, and molasses sugar percentage. Cluster analysis of experimental genotypes in terms of disease severity was conducted using the Ward method. All analyses were performed using Excel and R software to ensure accuracy and reliability of the results.

Material and methods

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

*Corresponding author: s.sadeghzadeh@areeo.ac.ir

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

3. Sugar Beet Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Dezful, Iran.

Results and discussion

The effect of genetic diversity on yield was clearly demonstrated in this study, as the genetic diversity among experimental genotypes significantly influenced most of the studied traits, including white sugar yield, root yield, sugar content, white sugar content, root sodium content, and sugar extraction efficiency. At the Fasa Research Farm, genotypes T-10075 and T-10042 exhibited the highest white sugar yields, averaging 18.44, and 18.07 t ha⁻¹, respectively, and were significantly superior to the control cultivar at the 1% probability level. At the Dezful Research Station, genotypes T-10038, T-10076, and T-10073 showed higher white sugar yields compared with other experimental genotypes, with average yields of 10.25, 9.52, and 8.41 t ha⁻¹, respectively, also significantly superior to the control cultivar. The evaluation of bolting rate at the Fasa Research Farm identified several genotypes with high resistance to bolting; 16 experimental genotypes did not show any bolting compared with the control variety Antek. Genotype T-10061 exhibited a low bolting rate of 1.58% and ranked second in terms of bolting resistance, while genotypes T-10043 and T-10053 had higher bolting rates of 8.74% and 10.92%, respectively, making them unsuitable for autumn cultivation. Based on the evaluation of white sugar yield and bolting rate, two genotypes—T-10075, and T-10042—are recommended for cultivation in regions with climatic conditions similar to Fasa, given their high average yields and absence of bolting. The evaluation of resistance to *Cercospora* leaf spot disease at the Safiabad Agricultural Research Station in Dezful revealed varying levels of resistance among the genotypes. Genotypes T-10075 and T-10076, along with the bolting-resistant control Antek, were classified in the resistant group, while genotypes T-10052, T-10053, T-10069, and T-10062 were classified as semi-resistant, and the remaining 13 genotypes were semi-susceptible. Notably, genotype T-10076 exhibited a high white sugar yield (9.52 t ha⁻¹), resistance to *Cercospora* leaf spot

disease, and no bolting, making it highly recommended for cultivation in Dezful.

Conclusion:

In conclusion, this study highlights the significant impact of genetic diversity in influencing yield and resistance traits of sugar beet genotypes. The identification of high-performing genotypes such as T-10075, and T-10042 for white sugar yield and bolting resistance, and T-10076 for its integrated performance in yield, bolting resistance, and *Cercospora* leaf spot resistance, provides a strong foundation for future breeding efforts. These findings underscore the importance of comprehensive evaluations across multiple environments to identify genotypes with superior agronomic traits, ultimately contributing to the sustainability and productivity of sugar beet cultivation..

Keywords:

Bolting, Susceptibility, Sugar beet, White sugar.

References

- Ghasemi S, Sadeghzadeh Hemayati S, Taleghani D, Siavashi K, Hosseinpour M. Determination of the proper planting date and harvest of commercial sugar beet cultivars in autumn cultivation in ilam province. *Journal of Sugar Beet*. 2020; 36(1): 15-25. (In Persian with English abstract). DOI: <https://doi.org/10.22092/jsb.2021.343129.1240>
- Żarski J, Kuśmierk-Tomaszewska R, Dudek S. Impact of irrigation and fertigation on the yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in a moderate climate. *Agronomy*. 2020; 10(2): 166-173. Doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy10020166>
- Gaur MK, Squires VR. Geographic extent and characteristics of the world's arid zones and their peoples. *Climate variability impacts on land use and livelihoods in drylands*. 2018; 3-20. Doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56681-8>.

ارزیابی عملکرد کمی و کیفی، میزان ساقه‌روی و شدت بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی

ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقد در کشت پاییزه[†]

سعید صادق‌زاده حمایتی^{۱*}، محسن بذرافشان^۲، محمد سعید حسونندی^۳، علی صارمی‌راد^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۲/۲۱

نوع مقاله: پژوهشی

DOI: 10.22092/jsb.2025.368599.1382

س. صادق‌زاده حمایتی، م. بذرافشان، م.س. حسونندی، ع. صارمی‌راد، ۱۴۰۳، ارزیابی عملکرد کمی و کیفی، میزان ساقه‌روی و شدت بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقد در کشت پاییزه، چغندرقد ۴۰ (۲): ۱۴۹-۱۶۴

چکیده

کشت پاییزه یک راه حل مناسب برای کاهش مشکل کمبود آب در زراعت چغندرقد است. در این روش کشت، بهره‌مندی از الگوهای بارش طبیعی فصل‌های پاییز و زمستان باعث کاهش اتکا به آبیاری و حفظ منابع آب زیرزمینی می‌شود. با این حال، یک چالش مهم در کشت پاییزه پدیده‌ی ساقه‌روی است. این پدیده بر عملکرد کمی و کیفی چغندرقد تأثیر منفی می‌گذارد و تهدیدی اساسی برای دوام اقتصادی کشت پاییزه است. بنابراین، شناسایی و معرفی ارقام مقاوم به ساقه‌روی برای مناطق کشت پاییزه از اهمیت خاصی برخوردار است. در این ارتباط، ۱۹ هیبرید چغندرقد به همراه یک رقم شاهد مقاوم به ساقه‌روی در دو منطقه فسا و دزفول به مدت یک سال زراعی (۱۴۰۲-۱۴۰۳) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار ارزیابی شدند. در فسا، ژنوتیپ‌های T-10075 و T-10042 علاوه بر عملکرد شکر سفید بالا (به ترتیب ۱۸/۴۴ و ۱۸/۰۷ تن در هکتار)، هیچ‌گونه ساقه‌روی نداشتند و به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد آزمایش برتر بودند. در دزفول، ژنوتیپ‌های T-10038، T-10076 و T-10073 به‌عنوان ژنوتیپ‌های پر محصول (با عملکرد شکر سفید ۱۰/۲۵-۸/۴۱ تن در هکتار) شناسایی شدند حال آنکه ژنوتیپ‌های T-10075 و T-10076 مقاوم در برابر بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی بودند و سایر ژنوتیپ‌ها واکنشی در محدوده نیمه مقاوم تا نیمه حساس داشتند بنابراین، ژنوتیپ T-10076 به دلیل واکنش مقاومت در برابر بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی و عملکرد شکر سفید بالا، پتانسیل خوبی جهت کشت در منطقه دزفول نشان داد.

واژه‌های کلیدی: چغندرقد، حساسیت، ساقه‌روی، شکر سفید.

[†] - این مقاله برگرفته از طرح تحقیقاتی به شماره مصوب ۰۲۰۷۰۰-۰۲۲-۰۲-۰۲-۰۱۴ است.

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

*- نویسنده مسئول: s.sadeghzadeh@areeo.ac.ir

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

۳. استادیار بخش تحقیقات چغندرقد، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران.

۴. پژوهشگر مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

مقدمه

در حال حاضر، نزدیک به ۴۱ درصد از زمین‌های جهان به‌عنوان مناطق خشک یا نیمه‌خشک طبقه‌بندی شده که جمعیتی در حدود ۲/۵۰ میلیارد نفر را در خود جای داده‌اند (Gaur and Squires 2018). این مناطق به دلیل کمبود آب با چالش‌های قابل توجهی مواجه هستند (Elias et al. 2001). این کمبود با این واقعیت که کشاورزی فاریاب روش اولیه تولید مواد غذایی در بسیاری از نقاط جهان و همچنین بزرگ‌ترین مصرف‌کننده منابع آب شیرین است، تشدید می‌شود (Saremirad et al. 2021). در واقع، بیش از ۴۵ درصد غذای جهان از طریق کشاورزی فاریاب تولید می‌شود (Beyazgül et al. 2000). این اتکا به آب برای تولید غذا بر اهمیت استفاده کارآمد از آب و بهینه‌سازی بهره‌وری آن تأکید می‌کند. در پرتو این چالش‌ها، توسعه و اجرای راهبردهایی که استفاده پایدار از منابع آب را تضمین می‌کنند، حیاتی است. چغندرقد (Beta vulgaris L.) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات صنعتی، در تولید تقریباً ۲۰ درصد شکر جهان نقش دارد (Monteiro et al. 2018). علاوه بر نقشی که این گیاه در تهیه شکر ایفا می‌کند؛ به دلیل تطبیق‌پذیری و پتانسیل بالا، در کاربردهای مختلف صنعتی نیز ارزشمند است (Duraisam et al. 2017; Salazar-Ordóñez et al. 2013; Tomaszewska et al. 2018). با این حال، کشت این گیاه به‌ویژه به دلیل نیاز آبی بالای آن که ناشی از فصل رشد طولانی و پتانسیل عملکرد بالا است، بدون چالش نیست (Żarski et al. 2020). کشت پاییزه چغندرقد مزایای متعددی نسبت به کشت بهار دارد که آن را به گزینه‌ای جذاب برای کشاورزان تبدیل می‌کند (Taleghani et al. 2023). کشت پاییزه به گیاه اجازه می‌دهد تا از بارندگی‌های فصلی به‌طور کامل استفاده کند و در نتیجه نیاز به آبیاری تکمیلی کاهش یابد (Taleghani et al. 2022). نیاز کمتر به آب در پاییز و زمستان نه تنها منابع آب را حفظ می‌کند بلکه منجر به کاهش هزینه‌های تولید نیز می‌شود. بحث در مورد مزایای کشت پاییزه چغندرقد به مناطق خاصی محدود نمی‌شود بلکه در استان‌های مختلف کشور مورد توجه قرار گرفته است. علاوه بر خوزستان، کشت پاییزه در استان‌هایی

مانند فارس، گلستان، کرمانشاه، ایلام، خراسان بزرگ و اردبیل (مغان) در حال توسعه است. این موضوع ناشی از تمایل به بهینه‌سازی پتانسیل عملکرد و بازده اقتصادی و در عین حال پرداختن به چالش‌های ناشی از کمبود آب و هزینه‌های بالای تولید مرتبط با کشت بهار است. علی‌رغم این مزایا، کشت پاییزه چغندرقد با چالش مهم انتقال از مرحله رشد رویشی به مرحله زایشی که به نام ساقه‌روی شناخته می‌شود، مواجه است (Taleghani et al. 2023). ساقه‌روی یک فرآیند فیزیولوژیکی است که در آن گیاه انرژی خود را از رشد برگ و ریشه به تولید یک ساقه گل‌دهنده منتقل می‌کند. این انتقال می‌تواند بر کیفیت و کمیت عملکرد چغندرقد تأثیر منفی بگذارد (Hoffmann and Kluge-Severin 2011).

شدت زیان ساقه‌روی با توجه به مرحله رشدی گیاهان می‌تواند متفاوت باشد؛ به‌طوری که وقوع ساقه‌روی در اوایل دوره رشد گیاهان، باعث کاهش قابل توجه عملکرد ریشه تا ۵۰ درصد می‌شود (Hoffmann and Kluge-Severin. 2011). کاهش شدید عملکرد شکر 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 این گیاه از دیگر معایب پدیده ساقه‌روی است (Rinaldi and Vonella 2006; Streibie et al. 2009). در نتیجه گیاهان به ساقه رفته برای تولید قند مناسب نیستند (Reinsdorf et al. 2014) در این ارتباط، مقاومت در برابر ساقه‌روی یک ویژگی مهم محسوب می‌شود که مستقیماً بر بهره‌وری چغندرقد و دوام اقتصادی آن تأثیر می‌گذارد.

یکی دیگر از عوامل تأثیرگذار بر محصول نهایی چغندرقد، بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی است که توسط قارچ *Cercospora beticola* ایجاد می‌شود و تهدیدی قابل توجه در سراسر جهان به شمار می‌رود (Holtshulte 2000). این بیماری به‌صورت ضایعات دایره‌ای روی برگ‌ها ظاهر می‌شود که می‌تواند به هم متصل و منجر به از بین رفتن شدید برگ‌ها شود و در نتیجه باعث کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه و در نهایت

مناسب برای بیماری، نباید نادیده گرفته شود. مطالعه‌های محمودی و همکاران (Mahmoudi et al. 2009) و عباسی و همکاران (Abbasi et al. 2002) نشان داده است که حتی در کشت پاییزه نیز تفاوت‌هایی در واکنش ژنوتیپ‌ها به این بیماری وجود دارد لذا، نیاز مستمر به ارزیابی هیبریدهای جدید و امیدبخش، به‌ویژه از نظر ترکیب صفات مطلوب عملکردی، مقاومت به ساقه‌روی و واکنش به بیماری‌های شایع مانند لکه‌برگی، در مناطق عمده کشت پاییزه احساس می‌شود.

این مطالعه با هدف ارزیابی عملکرد کمی و کیفی، مقایسه میزان ساقه‌روی و شدت بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند در شرایط کشت پاییزه انجام شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

مواد گیاهی مورد استفاده، مجموعه‌ای متشکل از ۱۹ هیبرید آزمایشی به همراه یک رقم شاهد مقاوم به ساقه‌روی به نام آنتک بود. این هیبریدها با هدف مقاومت در برابر پدیده ساقه‌روی ایجاد شده‌اند. رقم شاهد حساس به ساقه‌روی نیز در آزمایش قرار داده شد اما در بررسی‌های آماری حذف شد. مشخصات هیبریدهای مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱ فهرست ژنوتیپ‌های آزمایشی چغندر قند

Table. 1 List of experimental sugar beet genotypes

ردیف	ژنوتیپ	ردیف	ژنوتیپ	ردیف	ژنوتیپ	ردیف	ژنوتیپ
Row	Genotype	Row	Genotype	Row	Genotype	Row	Genotype
1	T-10049	6	T-10048	11	T-10062	16	T-10075
2	T-10061	7	T-10076	12	T-10039	17	T-10073
3	T-10043	8	T-10054	13	T-10055	18	T-10069
4	T-10052	9	T-10053	14	T-10042	19	T-10070
5	T-10038	10	T-10056	15	T-10036	20	Antek

۱). ایستگاه تحقیقات کشاورزی دزفول در ۴۸ درجه و ۲۶ دقیقه طول شرقی، ۳۲ درجه ۱۴ دقیقه عرض شمالی و ارتفاعی معادل ۸۱ متر از سطح دریا واقع شده است (شکل ۱). بر اساس مطالعات بلندمدت، این منطقه دارای میانگین درجه حرارت ۲۳ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالیانه ۲۵۵ میلی‌متر است. برخی از ویژگی‌های هواشناسی مزارع تحقیقاتی طی مدت اجرای آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است.

کاهش عملکرد آن گردد. مدیریت مؤثر بیماری لکه برگی سرکوسپورایی برای حفظ بهره‌وری و اقتصادی بودن کشت چغندر قند بسیار مهم است.

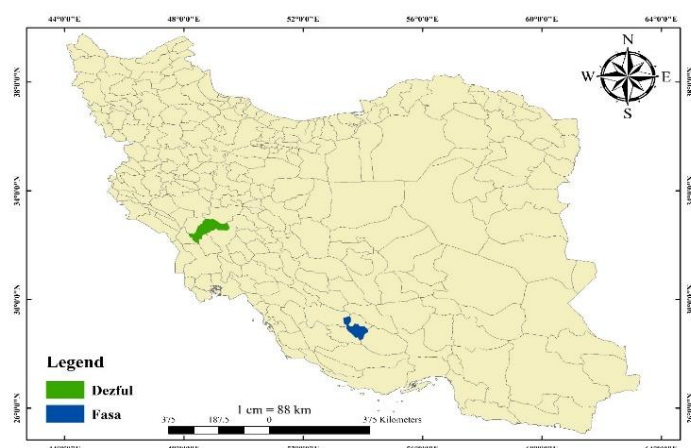
در راستای بهره‌برداری از مزایای کشت پاییزه، محققان متعددی به ارزیابی و مقایسه ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند در این سیستم پرداخته‌اند (Ahmadi et al. 2017; Ghasemi et al. 2020). نتایج این تحقیقات به طور کلی نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی قابل توجه برای صفات مهم زراعی است. حمیدی و همکاران (Hamidi et al. 2022) در بررسی ژنوتیپ‌ها در شرایط تربت‌جام، اختلاف معنی‌داری را در عملکرد ریشه و شکر سفید گزارش کردند و ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد بالا را شناسایی نمودند. مقاومت به ساقه‌روی به‌عنوان یک صفت کلیدی در این مطالعات مورد تأکید بوده است چنانکه طالقانی و همکاران (Taleghani et al. 2022) نشان دادند واکنش ژنوتیپ‌ها به شرایط القاکننده گل‌دهی متفاوت است و برخی ژنوتیپ‌ها مقاومت بسیار خوبی از خود نشان می‌دهند در حالی که سایرین حساسیت بالایی دارند و عملکرد آن‌ها به شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرد. همچنین، اگرچه بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی ممکن است در کشت پاییزه نسبت به بهاره شدت کمتری داشته باشد اما اهمیت آن به‌خصوص در مناطق مستعد و در سال‌های با شرایط محیطی

مکان و طرح آزمایشی

مواد گیاهی در دو استان فارس (فسا، مزرعه کشاورز) و خوزستان (مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد دزفول) به مدت یک سال (۱۴۰۲-۱۴۰۳) ارزیابی شد. مزرعه منتخب برای اجرای آزمایش در استان فارس در بخش ششده و قره‌بلاغ شهرستان فسا با طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی، ۲۸ درجه و ۵۵ دقیقه عرض شمالی و ۱۳۹۰ متر ارتفاع از سطح دریا قرار داشت (شکل

جدول ۲ میانگین حداقل، حداکثر و متوسط درجه حرارت و مجموع بارندگی ماهانه مناطق فسا و دزفول در سال ۱۴۰۲-۱۴۰۳
Table 2 Minimum, Maximum and mean temperature, and total monthly rainfall in the Fasa and Dezful regions during 2023-2024

ماه Month	میانگین حداقل درجه حرارت ماهانه Mean monthly minimum temperature C		میانگین حداکثر درجه حرارت ماهانه Mean monthly maximum temperature C		متوسط درجه حرارت ماهانه Mean monthly temperature C		مجموع بارندگی ماهانه Rainfall mm	
	فسا Fasa	دزفول Dezful	فسا Fasa	دزفول Dezful	فسا Fasa	دزفول Dezful	فسا Fasa	دزفول Dezful
مهر September 23- October 22	11.00	21.90	26.30	38.80	18.10	30.36	0.00	0.40
آبان October 23- November 21	10.00	16.82	25.20	29.91	17.60	23.37	16.60	88.80
آذر November 22- December 21	3.50	10.74	20.60	23.23	12.10	16.99	0.00	47.20
دی December 22- January 20	1.40	8.99	19.20	21.74	10.30	15.36	0.20	15.30
بهمن January 21- February 19	2.80	7.82	18.80	21.56	10.80	14.69	8.80	22.80
اسفند February 20- March 20	4.30	9.83	19.70	23.22	12.00	16.52	34.90	62.60
فروردین March 21- April 20	10.20	14.30	23.50	29.50	16.90	21.90	72.50	83.60
اردیبهشت April 21- May 21	13.00	18.85	27.50	34.80	20.30	26.83	52.00	137.70
خرداد May 22- June 21	28.60	23.72	38.00	45.57	33.30	34.65	0.00	0.00
تیر June 22- July 22	32.50	25.90	41.30	48.20	36.90	37.00	1.10	0.00
مرداد July 23- August 22	33.00	27.01	41.60	49.40	37.30	37.06	13.40	0.00
جمع/میانگین Sum/Mean	13.66	16.90	27.43	33.27	20.50	24.97	199.50	462.00



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی مناطق اجرای آزمایش

Fig. 1 Geographic position of the experimental regions

پیش از اجرای آزمایش، از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر مزارع اجرای آزمایش، نمونه‌های خاک تهیه شد و به‌منظور مشخص شدن برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و تعیین میزان کود به آزمایشگاه خاک‌شناسی انتقال یافت (جدول ۳).

ارزیابی مواد آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. عملیات آماده‌سازی زمین کشت در هر یک از مزارع تحقیقاتی شامل شخم، دیسک و ایجاد ردیف کشت بود. هر کرت آزمایشی، سه ردیف کشت به طول هشت متر در نظر گرفته شد. کاشت آزمایش‌ها پس از آماده‌سازی بستر کشت با

استفاده از دستگاه آبیوردر در هر یک از دو مزرعه تحقیقاتی فسا و دزفول به ترتیب در بیست و چهارم مهرماه و سی‌ام شهریورماه سال ۱۴۰۲ انجام شد. بر روی ردیف‌های کشت، تعداد بذر بیشتری قرار داده شد که پس از سبز شدن و در مرحله دو تا چهار برگی تنک گردیدند و به تراکم ۱۲۰۰۰ بوته در هکتار رسانده شدند. آزمایش به روش نشتی آبیاری گردید. سایر عملیات داشت شامل مبارزه با علف‌های هرز، آفت‌ها و بیماری‌ها در حد مطلوب و مطابق با عرف منطقه و طبق نظر کارشناسان مربوطه انجام شد.

جدول ۳ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع آزمایشی (۱۴۰۲-۱۴۰۳)

Table 3 Physical and chemical properties of soil at the experimental fields (2023-2024)

مکان Location	هدایت الکتریکی Ec ds.m ⁻¹	اسیدیته pH	فسفر P mg. k ⁻¹	پتاسیم K	نیتروژن کل Total N %	رس Clay	سیلت Silt %	ماسه Sand	بافت خاک Soil texture
فسا Fasa	0.91	7.90	9.60	446.00	0.10	32	44	24	سیلت- رس- لوم Silt- Clay- Loam
دزفول Dezful	1.50	7.78	9.70	140.00	0.07	28	40	32	سیلت- رس- لوم Silt- Clay- Loam

بین ۱ تا ۹ به گیاهانی که شدت بیماری آن‌ها در مقیاس پایین (مقاوم) تا بالا (حساس) متغیر بود، اختصاص داده شد.

به‌منظور ارزیابی‌های کمی و کیفی، در زمان برداشت (دزفول دهه دوم اردیبهشت ماه و فسا دهه سوم تیرماه) ریشه‌های کرت‌های آزمایشی جمع‌آوری، شمارش و توزین شدند. پس از شستشوی ریشه‌ها، با استفاده از دستگاه خودکار ونما نمونه خمیر ریشه تهیه گردید و در آزمایشگاه کنترل کیفی ستاد مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند از نظر ویژگی‌های کیفی شامل درصد قند ناخالص، نیتروژن آمینه و عنصرهای سدیم و پتاسیم مورد بررسی قرار گرفتند (Kunz et al. 2002) و در نهایت از مقادیر به‌دست‌آمده برای این ویژگی‌ها، جهت تخمین سایر ویژگی‌ها از قبیل قند ملاس، درصد قند قابل استحصال، عملکرد شکر سفید و راندمان استحصال شکر به ترتیب بر اساس روابط ۱ تا ۴ استفاده شد:

اندازه‌گیری میزان ساقه‌روی، شدت بیماری و ویژگی‌های کمی و کیفی

پیش از وقوع سرما، تعداد بوته‌های مستقرشده در هر کرت شمارش و بعد از رفع دوره سرما نیز تعداد بوته‌ها مجدداً شمارش و یادداشت شد. تعداد بوته‌های به ساقه‌رفته در اوایل خرداد مشخص و با توجه به تعداد کل بوته‌ها، درصد ساقه‌روی محاسبه شد. از آنجایی که هیچ‌گونه ساقه‌روی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد دزفول رخ نداد این ارزیابی به مزرعه تحقیقاتی فسا محدود شد. یادداشت‌برداری از شدت آلودگی برگ‌ها به بیماری لکه برگی سرکوسپورایی در مقیاس ۹-۱ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد دزفول انجام شد. واکنش گیاهان به آلودگی با ثبت نمره ۱ برای گیاهان با برگ‌های سالم (فاقد علائم بیماری لکه برگی سرکوسپورایی) و نمره ۹ برای گیاهان با برگ‌های خشک‌شده در اثر بیماری بررسی شد. نمرات

مطلوب با استفاده از روش‌های آماری برآورد و جایگذاری شد. به جز دو صفت درصد ساقه‌روی و شدت بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی که صلاحیت تجزیه آماری پارامتری آن‌ها تأیید نشد، سایر صفات متشکل از عملکرد شکر سفید، عملکرد ریشه، درصد قند ناخالص، درصد قند خالص، محتوی سدیم، محتوی پتاسیم، محتوی نیتروژن آمینه، راندمان استحصال شکر و درصد قند ملاس تحت تجزیه واریانس و مقایسه میانگین بر اساس روش چند دامنه‌ای دانکن در سطوح احتمال مربوطه قرار گرفتند. تجزیه واریانس مرکب به دلیل عدم همگنی واریانس خطا و عدم تبدیل‌پذیری داده‌های آزمایشی انجام نشد. تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های آزمایشی از نظر شدت بیماری (نمره آلودگی) به روش وارد انجام شد. کلیه تجزیه‌های یادشده در محیط اکسل و نرم‌افزار R صورت پذیرفت.

نتایج

مطالعه حاضر با سه هدف اصلی ۱- ارزیابی عملکرد کمی و کیفی، ۲- میزان ساقه‌روی و ۳- مقاومت به بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند پاییزه طراحی شد لذا نتایج به‌طور هدفمند در سه بخش مربوط به این اهداف سازمان‌دهی شده است.

$$\begin{aligned} MS &= 0.343(K^+ + Na^+) + 0.094(\alpha \text{ amino N}) - 0.31 \\ WSC &= SC - (MS + 0.6) \\ WSY &= WSC \times RY \\ ECS &= \left(\frac{WSC}{SC} \right) \times 100 \end{aligned}$$

رابطه ۱
رابطه ۲
رابطه ۳
رابطه ۴

در این روابط RY عملکرد ریشه برحسب تن در هکتار، SC درصد قند ناخالص برحسب گرم قند در ۱۰۰ گرم چغندر قند، MS درصد قند ملاس برحسب گرم قند در ۱۰۰ گرم چغندر قند، $\alpha \text{ amino N}$ نیتروژن آمینه برحسب میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه، K^+ پتاسیم برحسب میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه، Na^+ سدیم برحسب میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه، WSC قند قابل استحصال برحسب گرم قند در ۱۰۰ گرم چغندر قند، WSY عملکرد قند خالص برحسب تن در هکتار و ECS راندمان استحصال شکر برحسب درصد شکر می‌باشد.

تجزیه و تحلیل آماری

پس از ثبت اطلاعات یادداشت‌برداری شده و پیش از هرگونه تجزیه و تحلیل آماری، کلیه صفات از نظر نرمال بودن توزیع آن‌ها بررسی شدند. داده‌های غیر نرمال مشخص و مقادیر

جدول ۴ نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های چغندر قند در شرایط کشت پاییزه در منطقه فسا

Table. 4 Analysis of variance results of studied traits of sugar beet genotypes in the Fasa region

صفات Trait	منابع تغییر Source of variation			ضریب تغییرات Coefficient of variation %
	بلوک Block df: 3	ژنوتیپ Genotype df: 19	خطا Error df: 57	
عملکرد شکر سفید White sugar yield	6.42**	21.55**	1.53	8.59
عملکرد ریشه Root yield	21.88 ^{ns}	960.73**	95.53	10.73
درصد قند ناخالص Sugar content	4.77 ^{ns}	3.57 ^{ns}	2.21	7.84
درصد قند خالص White sugar content	5.98*	3.31*	1.78	8.21
سدیم Na^+	0.05 ^{ns}	0.49**	0.09	14.83
پتاسیم K^+	1.22*	0.44 ^{ns}	0.43	15.41
نیتروژن آمینه $\alpha \text{ amino N}$	1.14*	0.46 ^{ns}	0.28	23.98
راندمان استحصال شکر Extraction coefficient of sugar	12.52**	5.21**	1.94	1.62
قند ملاس Molasses sugar	0.14 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.09	14.51

***, * و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار.

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

ارزیابی عملکرد کمی و کیفی

نتایج مزرعه تحقیقاتی فسا، فارس

بر اساس نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف مورد مطالعه (جدول ۴)، میان ژنوتیپ‌های آزمایشی تفاوت معنی‌داری از نظر صفات عملکرد شکر سفید، عملکرد ریشه، محتوی سدیم ریشه و راندمان استحصال شکر در سطح احتمال یک درصد و از نظر

صفت درصد قند خالص در سطح احتمال پنج درصد وجود داشت. به‌طور کلی این تفاوت‌ها حاکی از تنوع ژنتیکی قابل توجهی میان ژنوتیپ‌های آزمایشی است. نتایج مربوط به مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های آزمایشی در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵ نتایج مقایسه میانگین صفات در مورد مطالعه ژنوتیپ‌های چغندر قند در منطقه فسا در سال ۱۴۰۲-۱۴۰۳

Table. 5 Mean comparison results of the studied traits of sugar beet genotypes in the Fasa region during 2023-2024

ژنوتیپ Genotype	عملکرد شکر سفید White sugar yield t. ha ⁻¹		عملکرد ریشه Root yield t. ha ⁻¹		درصد قند خالص White sugar content %		سدیم Na ⁺ (meq.100 g ⁻¹ pulp)		راندمان استحصال شکر Extraction coefficient of sugar (%)	
	ارزش Value	گروه Group	ارزش Value	گروه Group	ارزش Value	گروه Group	ارزش Value	گروه Group	ارزش Value	گروه Group
T-10036	16.21	abc ^a	96.74	bcd	16.84	ab	1.62	e	86.86	abc
T-10038	11.72	ef	67.79	gh	17.24	ab	2.08	a-e	86.41	a-d
T-10039	16.13	abc	88.31	c-f	18.26	a	1.71	de	88.05	a
T-10042	18.07	a	118.29	a	15.41	bc	2.27	a-e	84.94	a-d
T-10043	9.39	f	54.90	h	17.13	ab	2.55	abc	85.37	a-d
T-10048	13.18	de	84.24	c-g	15.69	bc	2.37	a-d	84.13	cd
T-10049	13.18	de	77.88	d-g	16.92	ab	2.19	a-e	87.61	ab
T-10052	15.24	bcd	91.81	cde	16.65	ab	2.75	a	85.13	a-d
T-10053	14.52	bcd	102.19	abc	14.26	c	2.69	ab	83.52	d
T-10054	16.40	abc	102.79	abc	16.06	abc	1.74	de	86.19	a-d
T-10055	11.22	ef	70.90	fgh	15.94	bc	2.09	a-e	84.57	bcd
T-10056	16.63	ab	97.17	bcd	17.22	ab	1.74	de	87.23	abc
T-10061	15.26	bcd	102.29	abc	15.05	bc	2.22	a-e	85.32	a-d
T-10062	13.78	cde	84.17	c-g	16.39	abc	1.69	de	86.55	a-d
T-10069	11.72	ef	73.36	e-h	16.03	abc	1.87	cde	85.39	a-d
T-10070	14.48	bcd	92.33	cde	15.70	bc	1.73	de	85.96	a-d
T-10073	12.86	de	82.43	c-g	15.61	bc	2.11	a-e	85.33	a-d
T-10075	18.44	a	113.02	ab	16.46	abc	2.53	abc	85.14	a-d
T-10076	15.04	bcd	95.79	bcd	15.66	bc	2.03	b-e	85.93	a-d
Antek	14.80	bcd	89.07	c-f	16.81	ab	1.94	cde	86.29	a-d

^aدر هر ستون اعداد دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوتی بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال معنی‌داری مربوط به هر صفت ندارند.

^aMeans with at least one common letter do not have a significant difference at their probability level based on Duncan's multiple range test.

میانگین عملکرد ریشه ۱۱۳/۰۲، ۱۰۲/۷۹، ۱۰۲/۲۹ و ۱۰۲/۱۹ تن در هکتار قرار گرفتند. رقم شاهد آنتک با میانگین عملکرد ۸۹/۰۷ تن در هکتار در رتبه یازدهم جای گرفت و تفاوت معنی‌داری را با ژنوتیپ‌های پیشرو نشان داد. ژنوتیپ T-10043 با میانگین عملکرد ریشه ۵۴/۹۰ تن در هکتار کمترین عملکرد ریشه را از آن خود کرد. درصد قند خالص در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش متفاوت بود. ژنوتیپ‌های T-10038، T-10039، T-10052، T-10036، T-10049، T-10043، T-10056

از نظر عملکرد شکر سفید، ژنوتیپ‌های T-10075 و T-10042 به ترتیب با میانگین ۱۸/۴۴ و ۱۸/۰۷ تن در هکتار بیشترین عملکرد را داشتند و نسبت به رقم شاهد آنتک (میانگین عملکرد ۱۴/۸۰ تن در هکتار)، برتری معنی‌داری نشان دادند. در مقابل، ژنوتیپ T-10043 با میانگین ۹/۳۹ تن در هکتار کمترین عملکرد را داشت. از نظر عملکرد ریشه، ژنوتیپ T-10042 با میانگین ۱۱۸/۲۹ تن در هکتار پیش‌تاز بود. پس از آن ژنوتیپ‌های T-10075، T-10054، T-10061 و T-10053 به ترتیب با

T-10075، T-10062، T-10054 و T-10069 همراه با رقم شاهد بیشترین میزان قند خالص را در بازه ۱۶/۰۳ تا ۱۸/۲۶ درصد نشان دادند. ژنوتیپ T-10053 با ۱۴/۲۶ درصد کمترین میزان قند خالص را داشت.

ناخالصی‌های موجود در ریشه که مهم‌ترین آن‌ها را املاح معدنی محلول (سدیم و پتاسیم) و نیتروژن آمینه تشکیل می‌دهد، صفات نامطلوبی بوده و مشکلاتی را در استحصال قند به وجود می‌آورند. در این میان تنها میزان سدیم بین ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری نشان داد. ژنوتیپ‌های T-10036، T-10062، T-10039، T-10070، T-10054 و T-10056 کمترین میزان سدیم را داشتند که از ۱/۶۲ تا ۱/۷۴ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه متغیر بود. در مقابل، ۱۱ ژنوتیپ دارای بالاترین محتوای سدیم بین ۲/۰۸ تا ۲/۷۵ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه بودند. مقایسه میانگین راندمان استحصال شکر حاکی از آن بود

که دو ژنوتیپ آزمایشی T-10039 و T-10049 راندمان بالایی با میانگین ۸۸/۰۵ و ۸۷/۶۱ درصد داشتند. ژنوتیپ‌های T-10053 و T-10048 از راندمان پایینی (به ترتیب با میانگین ۸۳/۵۲ و ۸۴/۱۳ درصد) جهت استحصال شکر برخوردار بودند (جدول ۵).

نتایج ایستگاه تحقیقات کشاورزی دزفول، خوزستان

تجزیه واریانس روی صفات مختلف از جمله عملکرد شکر سفید، عملکرد ریشه، درصد قند ناخالص، درصد قند خالص، سدیم، پتاسیم، نیتروژن آمینه، راندمان استحصال شکر و درصد قند ملاس انجام شد (جدول ۶). اثر ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد برای تمامی صفات مورد مطالعه به جز محتوای پتاسیم ریشه معنی‌دار بود که نشان از تنوع ژنتیکی میان ژنوتیپ‌های آزمایشی دارد.

جدول ۶ نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های چغندر قند در شرایط کشت پاییزه در منطقه دزفول

Table. 6 Analysis of variance results of studied traits of sugar beet genotypes in the Dezful region

صفات Trait	منابع تغییر Source of variation			ضریب تغییرات Coefficient of variation %
	بلوک Block df: 3	ژنوتیپ Genotype df: 19	خطا Error df: 57	
عملکرد شکر سفید White sugar yield	4.30 ^{ns}	12.50 ^{**}	1.78	20.07
عملکرد ریشه Root yield	885.86 ^{**}	983.91 ^{**}	141.84	19.70
درصد قند ناخالص Sugar content	1.70 ^{**}	1.05 ^{**}	0.15	2.88
درصد قند خالص White sugar content	4.53 ^{**}	1.63 ^{**}	0.24	4.47
سدیم Na ⁺	2.06 ^{**}	1.21 ^{**}	0.20	22.06
پتاسیم K ⁺	1.25 ^{**}	0.28 ^{ns}	0.21	13.54
نیتروژن آمینه Alpha amino N	0.23 [*]	0.45 ^{**}	0.06	12.26
راندمان استحصال شکر Extraction coefficient of sugar	71.04 ^{**}	14.07 ^{**}	3.73	2.34
قند ملاس Molasses sugar	0.82 ^{**}	0.14 ^{**}	0.05	13.18

***، * و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار.

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

ژنوتیپ‌های T-10043، T-10075 و T-10056 به ترتیب با میانگین عملکرد ۳/۱۷، ۴/۱۰ و ۴/۲۱ تن در هکتار مشاهده شد (جدول ۷). عملکرد ریشه در بین ژنوتیپ‌های تحت بررسی به‌طور قابل توجهی تفاوت داشت و از ۲۹/۶۳ تا ۸۸/۳۸ تن در هکتار متغیر بود. بیش‌ترین میزان این صفت برای ژنوتیپ‌های T-10038، T-10076 و T-10073 به ترتیب با میانگین عملکرد

مقایسه میانگین عملکرد شکر سفید در میان ژنوتیپ‌ها نشان داد که ژنوتیپ‌های T-10038، T-10076 و T-10073 به ترتیب با میانگین عملکرد ۱۰/۲۵، ۹/۵۲ و ۸/۴۱ تن در هکتار، به‌صورت معنی‌داری عملکرد بیشتری نسبت به رقم شاهد آتک و نیز سایر ژنوتیپ‌های آزمایشی داشتند. بالعکس، کمترین عملکرد در

کمترین میزان قند را نشان دادند که همچنین به طور معنی داری کمتر از رقم شاهد بود. تجزیه درصد قند خالص نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد بررسی مقادیر قند متفاوتی داشتند. ژنوتیپ‌های T-10070 و T-10039 به ترتیب با میانگین ۱۲/۴۱ و ۱۲/۱۹ درصد بیشترین میزان قند خالص را داشتند. در مقابل، ژنوتیپ‌های T-10053، T-10054 و T-10052 به ترتیب با میانگین ۱۰/۰۴، ۱۰/۱۴ و ۱۰/۲۵ درصد کمترین میزان قند خالص را ثبت کردند. رقم شاهد آنتک دارای محتوای قند خالص ۱۱/۳۰ درصد بود که تفاوت معنی داری با ژنوتیپ‌های فوق‌الاشاره نشان داد (جدول ۷).

۸۸/۳۸، ۸۵/۳۹ و ۷۹/۵۷ تن در هکتار ثبت شد. رقم شاهد آنتک با عملکرد ریشه معادل ۵۵/۸۲ تن در هکتار، رتبه دوازدهم را در بین ژنوتیپ‌ها به خود اختصاص داد. کمترین عملکرد ریشه متعلق به ژنوتیپ‌های T-10043، T-10056 و T-10075 به ترتیب با میانگین عملکرد ۲۹/۶۳، ۳۶/۴۷ و ۳۷/۰۳ تن در هکتار بود. بررسی نتایج درصد قند ناخالص نشان داد که ژنوتیپ‌های T-10070 و T-10039 به ترتیب با مقادیر ۱۴/۴۳ و ۱۴/۶۳ درصد بیشترین میزان قند را داشتند. این ژنوتیپ‌ها نسبت به رقم شاهد آنتک که دارای محتوای قند ۱۳/۵۸ درصد بود، برتری معنی داری داشتند. در مقابل، ژنوتیپ‌های T-10054، T-10052 و T-10053 به ترتیب با مقادیر ۱۲/۷۴، ۱۲/۷۷ و ۱۲/۷۸ درصد

جدول ۷ نتایج مقایسه میانگین صفات در مورد مطالعه ژنوتیپ‌های چغندر قند در منطقه دزفول در سال ۱۴۰۲-۱۴۰۳

Table 7 Mean comparison results of the studied traits of sugar beet genotypes in the Dezful region during 2023-2024

ژنوتیپ Genotype	عملکرد شکر سفید White sugar yield (t. ha ⁻¹)		عملکرد ریشه Root yield t. ha ⁻¹		قند ناخالص Sugar content %		قند خالص White sugar content %		سدیم Na ⁺ meq.100 g ⁻¹ pulp		نیتروژن آمینه N meq.100 g ⁻¹ pulp		راندمان استحصال شکر Extraction coefficient of sugar %		قند ملاس Molasses sugar %	
	ارزش Value	گروه Group	ارزش Value	گروه Group	ارزش Value	گروه Group	ارزش Value	گروه Group	ارزش Value	گروه Group	ارزش Value	گروه Group	ارزش Value	گروه Group	ارزش Value	گروه Group
T-10036	7.84	a-d ^a	71.74	abc	13.23	def	11.08	c-g	1.22	e	2.39	bcd	83.70	abc	1.55	cd
T-10038	10.25	a	88.38	a	13.95	bc	11.61	a-d	1.67	cde	2.36	bcd	83.21	abc	1.74	a-d
T-10039	7.61	a-d	62.71	abc	14.43	ab	12.19	ab	1.86	cde	2.20	cde	84.49	ab	1.64	a-d
T-10042	7.68	a-d	71.61	abc	13.26	def	10.73	c-g	2.08	b-e	2.16	cde	80.92	a-d	1.93	a-d
T-10043	3.17	g	29.63	e	13.19	def	10.76	c-g	2.64	abc	1.69	ef	81.55	a-d	1.82	a-d
T-10048	5.64	c-g	53.95	b-e	13.05	def	10.48	efg	2.52	a-d	2.92	a	80.27	bcd	1.97	abc
T-10049	7.95	a-d	68.22	abc	13.99	bc	11.69	abc	1.85	cde	1.69	ef	83.51	abc	1.70	a-d
T-10052	5.21	d-g	50.98	cde	12.77	ef	10.25	fg	3.08	a	1.45	f	80.13	cd	1.93	a-d
T-10053	6.64	c-f	66.87	abc	12.78	ef	10.04	g	3.08	a	1.90	def	78.51	d	2.14	a
T-10054	6.52	c-f	64.81	abc	12.74	f	10.14	g	2.16	a-e	2.77	ab	79.55	cd	2.00	abc
T-10055	7.05	b-e	65.25	abc	13.19	def	10.75	c-g	2.03	b-e	1.93	def	81.56	a-d	1.83	a-d
T-10056	4.21	efg	36.47	de	13.70	cd	11.42	a-e	1.77	cde	1.49	f	83.33	abc	1.68	a-d
T-10061	7.28	bcd	66.23	abc	13.21	def	11.02	c-g	2.08	b-e	1.80	ef	83.25	abc	1.59	bcd
T-10062	5.89	c-g	51.21	cde	13.59	cd	11.55	a-e	1.50	e	1.71	ef	85.00	a	1.44	d
T-10069	5.70	c-g	52.79	cde	13.14	def	10.79	c-g	1.89	cde	1.99	c-f	82.12	a-d	1.74	a-d
T-10070	6.25	c-f	50.40	cde	14.63	a	12.41	a	1.19	e	2.49	abc	84.84	a	1.62	a-d
T-10073	8.41	abc	79.57	ab	13.26	def	10.56	d-g	2.94	ab	2.22	cde	79.61	cd	2.10	ab
T-10075	4.10	fg	37.03	de	13.40	cde	11.12	c-g	2.18	a-e	1.69	ef	82.85	abc	1.68	a-d
T-10076	9.52	ab	85.39	a	13.61	cd	11.24	b-f	2.09	b-e	1.92	def	82.48	a-d	1.77	a-d
Antek	6.31	c-f	55.82	bcd	13.58	cd	11.30	b-f	1.61	de	2.20	cde	83.26	abc	1.67	a-d

^aدر هر ستون اعداد دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوتی بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال معنی داری مربوط به هر صفت ندارند.

^aMeans with at least one common letter do not have a significant difference at their probability level based on Duncan's multiple range test.

بیشترین میزان سدیم بودند. بر اساس نتایج، ملاحظه شد که ژنوتیپ‌های T-10048 و T-10054 دارای مقادیر نیتروژن آمینه بالایی بودند، در حالی که ژنوتیپ‌های T-10052 و T-10056

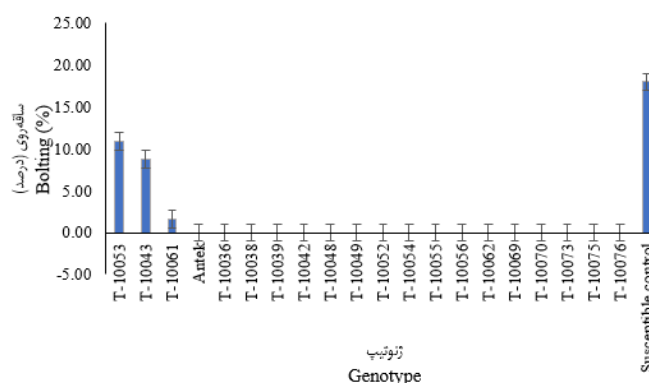
ژنوتیپ‌های T-10070، T-10036 و T-10062 به همراه رقم شاهد کمترین میزان سدیم را از آن خود کردند. بالعکس، ژنوتیپ‌های T-10052، T-10053 و T-10073 دارای

مقاوم بودند. از بین ۲۰ ژنوتیپ مورد بررسی در مزرعه تحقیقاتی فسا، ۱۶ ژنوتیپ همانند رقم شاهد آنتک کاملاً مقاوم بوده و هیچ‌گونه ساقه‌روی نداشتند (شکل ۲). این نتایج نشان‌دهنده پتانسیل قوی این ژنوتیپ‌ها برای استفاده در کشت پاییزه بدون خطر ساقه‌روی و تأثیر آن بر کمیت و کیفیت عملکرد است. ژنوتیپ T-10061 میزان ساقه‌روی پایینی برابر با ۱/۵۸ درصد نشان داد که از نظر مقاومت به ساقه‌روی در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه رتبه دوم را به خود اختصاص داد (شکل ۲). در حالی که ژنوتیپ‌های T-10043 و T-10053 به‌طور معنی‌داری نرخ ساقه‌روی بالایی به میزان ۸/۷۴ و ۱۰/۹۲ درصد نشان دادند (شکل ۲). این افزایش میزان ساقه‌روی در دو ژنوتیپ مذکور نگران‌کننده است؛ زیرا ساقه‌روی می‌تواند بر عملکرد کمی و کیفی تأثیر منفی بگذارد؛ بنابراین ژنوتیپ‌های مورد نظر به دلیل حساسیت بالا به ساقه‌روی برای کشت پاییزه در این منطقه قابل توصیه نبود، اما سایر ژنوتیپ‌ها از پتانسیل مناسبی جهت کشت پاییزه برخوردار بودند.

حتی در مقایسه با رقم شاهد آنتک به‌طور قابل ملاحظه‌ای از کمترین مقدار نیتروژن آمینه برخوردار بودند (جدول ۷). راندمان استحصال شکر در ژنوتیپ‌های T-10062، T-10070 و T-10039 به ترتیب با میانگین ۸۵/۰۰، ۸۴/۸۴ و ۸۴/۴۹ درصد بالاترین میزان بود و تفاوت معنی‌داری با رقم شاهد داشتند. رقم شاهد دارای راندمان استحصال معادل ۸۳/۲۶ درصد بود و در بین ژنوتیپ‌ها رتبه هفتم را به خود اختصاص داد. ژنوتیپ‌های T-10053، T-10054، T-10073 و T-10052 به ترتیب با میانگین ۷۸/۵۱، ۷۹/۵۵، ۷۹/۶۱ و ۸۰/۱۳ درصد کمترین راندمان استحصال را داشتند. ژنوتیپ‌های T-10053 و T-10073 به ترتیب با میانگین ۲/۱۴ و ۲/۱۰ درصد دارای بیشترین میزان قند ملاس بودند، در حالی که ژنوتیپ‌های T-10062 و T-10036 به ترتیب با میانگین ۱/۴۴ و ۱/۵۵ درصد کمترین میزان قند ملاس را به خود اختصاص دادند (جدول ۷).

ارزیابی میزان ساقه‌روی

در ارزیابی به عمل آمده در ایستگاه تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد هیچ‌یک از ژنوتیپ‌های آزمایشی ساقه‌روی نشان ندادند و کاملاً



شکل ۲ میزان ساقه‌روی ژنوتیپ‌های چغندر قند آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی فسا

Fig. 2 Bolting rate of experimental sugar beet genotypes at Fasa, Fars Research Field

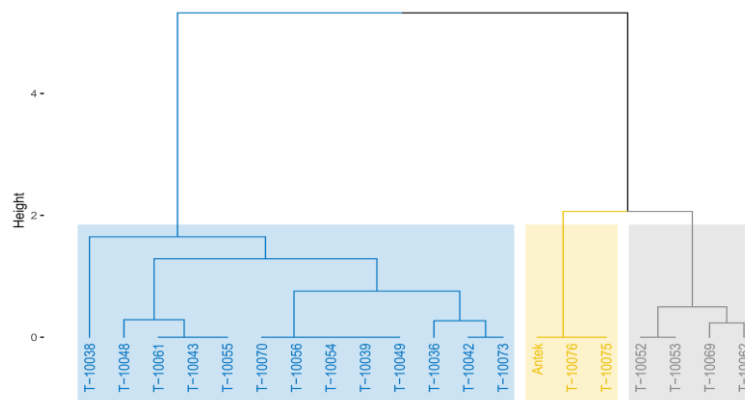
همراه رقم شاهد آنتک در گروه ژنوتیپ‌های مقاوم طبقه‌بندی شدند. این طبقه‌بندی نشان می‌دهد که این ژنوتیپ‌ها دارای توانایی ژنتیکی قوی برای مقاومت در برابر بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی هستند و آن‌ها را برای کشت در مناطقی که این بیماری شایع است، مناسب می‌کند. ژنوتیپ‌های T-10052، T-10053، T-10062 و T-10069 در دسته ژنوتیپ‌های نیمه‌مقاوم قرار گرفتند. در حالی که این ژنوتیپ‌ها سطح متوسطی

ارزیابی مقاومت به بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی

ارزیابی ژنوتیپ‌های آزمایشی از نظر مقاومت در برابر بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد دزفول انجام شد. نتایج ارائه‌شده در شکل ۳، درجات مختلف مقاومت را در میان ژنوتیپ‌ها، از مقاوم تا نیمه حساس نشان می‌دهد. در این ارتباط، ژنوتیپ‌های T-10075 و T-10076 به

است کاهش عملکرد قابل توجهی تجربه کنند بنابراین، در صورت کشت این ژنوتیپ‌ها برنامه‌های مدیریت یکپارچه بیماری از جمله استفاده از قارچ‌کش‌ها، تناوب زراعی و سایر اقدامات زراعی که با هدف کاهش شدت بیماری انجام می‌شود، باید با تأکید بیشتری مدنظر قرار گیرد.

از مقاومت را نشان می‌دهند، ممکن است همچنان به اقدامات حفاظتی بیشتر یا شرایط محیطی مطلوب برای کاهش کامل تأثیر بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی نیاز داشته باشند. تعداد ۱۳ ژنوتیپ آزمایشی باقی‌مانده، در گروه ژنوتیپ‌های نیمه‌حساس طبقه‌بندی شدند. این ژنوتیپ‌ها نسبت به بیماری آسیب‌پذیر هستند و در صورت عدم مدیریت مؤثر بیماری سرکوسپورا ممکن



شکل ۳ گروه‌بندی ژنوتیپ‌های چغندر قند آزمایشی از نظر شدت بیماری لکه برگی سرکوسپورایی بر اساس نتایج ایستگاه تحقیقاتی دزفول. رنگ زرد: مقاوم، رنگ خاکستری: نیمه مقاوم و رنگ آبی: نیمه حساس.

Fig. 3 Grouping of experimental sugar beet genotypes in terms of *Cercospora* leaf spot disease severity based on the results of the Dezful Research Station. Yellow: resistant, gray: semi-resistant, and blue: semi-susceptible group.

(2022). نشان دادند که شرایط محیطی، نوع رقم و برهم‌کنش میان رقم و شرایط محیطی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد شکر سفید در کشت زمستانه ارقام چغندر قند در سطح احتمال یک درصد داشت. آن‌ها اعلام نمودند که شرایط محیطی نقش بسزایی در بیان فنوتیپی صفت عملکرد شکر سفید داشته است. لذا لازم است ارقام بر اساس شرایط حاکم بر مناطق هدف برای کشت توصیه شوند. با وجودی که در این مطالعه اثر محیط مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار نگرفت، نتایج حاکی از آن است که کنترل ساقه‌روی در چغندر قند پاییزه نه‌تنها مستلزم انتخاب رقم‌های مقاوم به ساقه‌روی است، بلکه در نظر گرفتن واکنش رقم‌ها به شرایط محیطی حاکم در منطقه نیز ضرورت دارد. این امر نشان می‌دهد که نمی‌توان ارقام را از نظر ساقه‌روی در مناطقی که شرایط محیطی لازم برای تحریک ساقه‌روی فراهم نیست، ارزیابی کرد.

بحث

مطالعه حاضر با سه هدف ۱- ارزیابی عملکرد کمی و کیفی، ۲- میزان ساقه‌روی و ۳- مقاومت به بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی در ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند در کشت پاییزه طی سال ۱۴۰۲-۱۴۰۳ انجام شد.

تأثیر تنوع ژنتیکی بر عملکرد در این مطالعه مشهود بود به‌طوری که تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های آزمایشی به‌طور معنی‌داری بر اکثر صفات مورد مطالعه از جمله عملکرد شکر سفید، عملکرد ریشه، درصد قند ناخالص، درصد قند خالص، محتوای سدیم ریشه و راندمان استحصال شکر تأثیر داشت. حمیدی و همکاران (Hamidi et al. 2022) طی مطالعه‌ای که با هدف بررسی کشت زمستانه در منطقه تربت‌جام انجام دادند، تأثیر تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند بر صفات مختلف را تأیید کردند. نتایج حاصل از مطالعه طالقانی و همکاران (Taleghani et al.

تجارتی چغندر قند در برابر بیماری لکه برگی سرکوسپورایی به این نتیجه رسیدند که برای انتخاب رقم مناسب در هر منطقه، علاوه بر ارزیابی مقاومت باید عملکرد محصول در شرایط آلوده نیز مورد توجه قرار گیرد. بر اساس نتایج مطالعه حاضر، ژنوتیپ T-10076 علاوه بر واکنش مقاومت در برابر بیماری لکه برگی سرکوسپورایی، از عملکرد شکر سفید بالایی به میزان ۱۵/۰۴ و ۹/۵۲ تن در هکتار به ترتیب در فسا و دزفول نیز برخوردار بود. همچنین این ژنوتیپ در مزرعه تحقیقاتی فسا هیچ گونه ساقه‌روی نداشت.

نتیجه‌گیری

در مجموع، این مطالعه پتانسیل کشت چغندر قند در پاییز را برجسته می‌کند. تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های آزمایشی به طور معنی‌داری بر عملکرد، میزان ساقه‌روی و مقاومت به بیماری لکه برگی سرکوسپورایی تأثیر گذاشت. شناسایی ژنوتیپ‌های پر محصول، مقاوم به ساقه‌روی و بیماری، پایه‌ای را برای توسعه رقم‌هایی فراهم می‌کند که می‌توانند عملکرد و کیفیت را در شرایط پاییز بهینه کنند. با تمرکز بر این ژنوتیپ‌های انعطاف‌پذیر، جامعه کشاورزی می‌تواند پایداری و بهره‌وری کشاورزی چغندر قند را افزایش داده و برداشت پایدارتر و سودآورتری را برای کشاورزان تضمین کند. یافته‌ها بر اهمیت در نظر گرفتن عوامل ژنتیکی و محیطی در انتخاب رقم و شیوه‌های مدیریتی برای به حداکثر رساندن مزایای کشت پاییزه تأکید می‌کند.

تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

سپاسگزاری

نگارندگان از مدیریت و کارکنان مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند و ایستگاه‌های تحقیقاتی به دلیل همکاری و حمایت ارزشمند در طول اجرای این مطالعه تشکر و قدردانی می‌کنند.

نتایج حاصل از مزرعه تحقیقاتی فسا نشان داد که ژنوتیپ‌های T-10075 و T-10042 به ترتیب با میانگین ۱۸/۴۴ و ۱۸/۰۷ تن در هکتار، بالاترین عملکرد شکر سفید را داشتند. در ایستگاه تحقیقاتی دزفول، ژنوتیپ‌های T-10038، T-10076 و T-10073 به ترتیب با میانگین عملکرد ۱۰/۲۵، ۹/۵۲ و ۸/۴۱ تن در هکتار، دارای عملکرد شکر سفید بالاتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌های آزمایشی بودند. این ژنوتیپ‌ها با اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نسبت به رقم شاهد مقاوم به ساقه‌روی آنتک برتری نشان دادند. عملکرد بالای این ژنوتیپ‌ها، پتانسیل آن‌ها را برای کشت پاییزه برجسته می‌کند.

بر اساس ارزیابی میزان ساقه‌روی در مزرعه تحقیقاتی فسا که حداقل دمای ماهانه آن ۳/۲ درجه و حداکثر دمای ماهانه آن ۱۰ درجه از دزفول خنک‌تر ولی با ۲۵۸/۹ میلیمتر بارندگی کمتر خشک‌تر بود، چندین ژنوتیپ با مقاومت بالا در برابر ساقه‌روی شناسایی شد. ۱۶ ژنوتیپ آزمایشی هیچ گونه ساقه‌روی نشان ندادند که قابل مقایسه با رقم شاهد مقاوم به ساقه‌روی آنتک بود. ژنوتیپ T-10061 نرخ ساقه‌روی پایینی برابر با ۱/۵۸ درصد نشان داد و از نظر مقاومت به ساقه‌روی در رتبه دوم قرار گرفت. با این حال، ژنوتیپ‌های T-10043 و T-10053 به ترتیب دارای نرخ ساقه‌روی بالاتری به میزان ۸/۷۴ و ۱۰/۹۲ درصد بودند که آن‌ها را برای کشت پاییزه نامناسب کرد. در مجموع، بر اساس ارزیابی عملکرد شکر سفید و میزان ساقه‌روی، دو ژنوتیپ T-10075 و T-10042 با میانگین بالای عملکرد و بدون هیچ گونه خطر ساقه‌روی جهت کشت در مناطق با شرایط آب و هوایی مشابه با فسا پتانسیل خوبی دارند.

ارزیابی مقاومت به بیماری لکه برگی سرکوسپورایی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد دزفول سطوح مختلف مقاومت را در بین ژنوتیپ‌ها نشان داد. ژنوتیپ‌های T-10075 و T-10076 به همراه شاهد مقاوم به ساقه‌روی آنتک در گروه مقاوم طبقه‌بندی شدند. ژنوتیپ‌های T-10052، T-10053، T-10069 و T-10062 به عنوان نیمه مقاوم طبقه‌بندی شدند، در حالی که ۱۳ ژنوتیپ باقی‌مانده نیمه حساس بودند. محمودی و همکاران (Mahmoudi et al. 2009) با ارزیابی ۱۶ رقم

References

منابع مورد استفاده

- Abbasi S, Mesbah M, Mahmoudi S. Optimization of field evaluation of resistance of sugar beet cultivars to cercospora leaf spot. *Journal of Sugar Beet*. 2002; 18(1): 81-91. (In Persion with English abstract) Doi: <https://doi.org/10.22092/jsb.2002.8274>
- Ahmadi M, Taleghani D, Shahbazi HA. Investigating the feasibility of growing autumn-sown sugar beet in southern part of khorasan razavi province. *Journal of Sugar Beet*. 2017; 33(1): 46-33. (In Persion with English abstract) Doi: <https://doi.org/10.22092/jsb.2017.103535.1109>
- Beyazgül M, Kayam Y, Engelsman F. Estimation methods for crop water requirements in the gediz basin of western turkey. *Journal of Hydrology*. 2000; 229(1-2): 19-26. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(99\)00196-1](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(99)00196-1)
- Duraisam R, Salelgn K, Berekete A K. Production of beet sugar and bio-ethanol from sugar beet and it bagasse: A review. *International Journal of Engineering Trends and Technology*. 2017; 43(4): 222-233. Doi: <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V43P237>
- Elias E, Salih A, Alaily F. Cracking patterns in the vertisols of the sudan gezira at the end of dry season. *International agrophysics*. 2001; 15(3): 151-156.
- Gaur MK, Squires VR. Geographic extent and characteristics of the world's arid zones and their peoples. *Climate variability impacts on land use and livelihoods in drylands*. 2018; 3-20. Doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56681-8>
- Ghasemi S, Sadeghzadeh Hemayati S, Taleghani D, Siavashi K, Hosseinpour M. Determination of the proper planting date and harvest of commercial sugar beet cultivars in autumn cultivation in ilam province. *Journal of Sugar Beet*. 2020; 36(1): 15-25. (In Persion with English abstract). Doi: <https://doi.org/10.22092/jsb.2021.343129.1240>
- Hamidi H, Ahmadi M, Taleghani D. Selection of suitable sugar beet genotypes for winter sowing (pending) in torbat-e-jam region. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 2022; 20(3): 335-348. Doi: <https://doi.org/10.22067/jcsc.2022.74787.1138>
- Hoffmann C M, Kluge-Severin S. Growth analysis of autumn and spring sown sugar beet. *European Journal of Agronomy*. 2011; 34(1): 1-9. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.09.001>
- Holtschulte B. Cercospora beticola—worldwide distribution and incidence. *Cercospora beticola*. 2000. 2: 5-16. Doi: <https://doi.org/10.1080/15592324.2023.2214765>
- Kunz M, Martin D, Puke H. Precision of beet analyses in germany explained for polarization. *Zuckerindustrie*. 2002; 127(1): 13-21.
- Mahmoudi SB, Sharifi H, Khodadadi S. Evaluation of commercial sugar beet cultivars for resistance to cercospora leaf spot under field condition. *Agriculture*. 2009; 11(1): 129-137.
- Monteiro F, Frese L, Castro S, Duarte MC, Paulo OS, Loureiro J, Romeiras MM. Genetic and genomic tools to assist sugar beet improvement: The value of the crop wild relatives. *Frontiers in Plant Science*. 2018; 9: 74-89. Doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00074>
- Reinsdorf E, Koch H-J, Loel J, Hoffmann C. Yield of bolting winter beet (*Beta vulgaris* L.) as affected by plant density, genotype and environment. *European Journal of Agronomy*. 2014; 54: 1-8. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.11.011>
- Rinaldi M, Vonella AV. The response of autumn and spring sown sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to irrigation in southern italy: Water and radiation use efficiency. *Field crops research*. 2006; 95(2-3): 103-114. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.12.004>
- Salazar-Ordóñez M, Pérez-Hernández PP, Martín-Lozano JM. Sugar beet for bioethanol production: An approach based on environmental agricultural outputs. *Energy Policy*. 2013; 55: 662-668. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.12.063>

- Saremirad A, Mostafai K, Hosseini M. Evaluation of tolerance to terminal drought stress in sunflower genotypes (*Helianthus annuus* L.). Plant Production Technology. 2021; 12(2): 1-18. Doi: <https://doi.org/10.22084/ppt.2021.17747.1895>
- Streible JC, Ritz C, Pipper CB, Yndgaard F, Fredlund K, Thomsen JN. Sugar beet, bioethanol, and climate change. Paper presented at the IOP Conference Series. Earth and Environmental Science. 2009; 125: 1-10. Doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1307/6/4/242040>
- Taleghani D, Hosseinpour M, Nemati R, Saremirad A. Study of the possibility of winter sowing of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) early cultivars in moghan region, iran. Iranian Society of Crops and Plant Breeding Sciences. 2023; 24(4): 319-334. DOI: <https://doi.org/20.1001.1.15625540.1401.24.4.1.8>
- Taleghani D, Saremirad A, Hosseinpour M, Ahmadi M, Hamidi H, Nemati R. Genotype $\times$ environment interaction effect on white sugar yield of winter-sown short-season sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars. Seed and Plant Journal. 2022; 38(1): 53-69. (In Persion) Doi: <https://doi.org/10.22092/spj.2022.360021.1275>
- Tomaszewska J, Bieliński D, Binczarski M, Berłowska J, Dziugan P, Piotrowski J, Witońska I. Products of sugar beet processing as raw materials for chemicals and biodegradable polymers. RSC advances. 2018; 8(6): 3161-3177. Doi: <https://doi.org/10.1039/C7RA12782K>
- Żarski J, Kuśmierk-Tomaszewska R, Dudek S. Impact of irrigation and fertigation on the yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in a moderate climate. Agronomy. 2020; 10(2): 166-173. Doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy10020166>