Plant Prod., 2026, 48(4), 699- 714
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2025.48501.2238
Received: 07 December 2024
Accepted: 23 March 2025

Plant Productions
Research Article

Study of quantitative and qualitative traits and resistance to bolting and Cercospora disease of new sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars in autumn cultivation

Ahmad Nooshkam[1*], Saeed Sadeghzadeh Hemayati[2], Said Yarahmadi[3], Mohammad Saeed Hasanvandi[1]

1. Assistant Professor, Department of Sugar Beet Research, Safiabad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Dezful, Iran
2. Professor, Sugar Beet Seed Institute (SBSI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREOO), Karaj, Iran
3. Assistant Professor, Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREOO), Golestan, Gonbad, Iran

Citation: Nooshkam, A., Sadeghzadeh Hemayati, S., Yarahmadi, S., Hasanvandi, M.S. (2026). Study of quantitative and qualitative traits and resistance to bolting and Cercospora disease of new sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars in autumn cultivation. *Plant Productions*, 48(4), 699- 714.

Abstract

Introduction

Autumn cultivation has been proposed as a strategy to take advantage of seasonal rainfall and reduce irrigation water consumption. However, this approach has faced major challenges, particularly the incidence of Cercospora leaf spot disease and bolting, across different regions.

Materials and Methods

Considering the adverse effects of bolting and Cercospora leaf spot disease on both the quantitative and qualitative yield of autumn-sown sugar beet, this study was conducted to evaluate the performance of 16 sugar beet cultivars in terms of bolting resistance, Cercospora resistance, and yield potential. The experiment was carried out during the 2022–2023 growing season using a randomized complete block design with four replications in two regions: Khuzestan province (Dezful) and Golestan province (Gonbad-e Kavus). In the Dezful region, the bolting percentage was zero for all cultivars; therefore, this trait was excluded from the analysis of variance for that location.

Results and Discussion

In Dezful region, analysis of variance indicated significant differences among cultivars for all measured traits, except bolting and sugar content. Mean comparisons showed that the highest white sugar yield was obtained from the Vanilla (10.60 t ha^{-1}) and Volga (9.49 t ha^{-1}) cultivars.

* **Corresponding Author:** Ahmad Nooshkam
E-mail: nooshkam@gmail.com

© 2026 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

The highest root yield was recorded for Vanilla (83.10 t ha^{-1}) and Sibelius (79.81 t ha^{-1}). The highest white sugar content was observed in Volga (13.77%), Flixter (13.36%), and Algar (13.26%). Regarding root impurities, Volga (1.83 meq 100 g^{-1} pulp) and Balzan (1.89 meq 100 g^{-1} pulp) had the lowest sodium content, while Volga (2.55 meq 100 g^{-1} pulp) and Allegra (2.56 meq 100 g^{-1} pulp) had the lowest potassium levels.The lowest amino nitrogen content was found in Allegra (2.94 meq 100 g^{-1} pulp), Algar (3.43), Pegaz (3.35), and Contenta (3.09). Sugar extraction efficiency was highest in Volga (86.46%), followed by Balzan (83.36%) and Lodata (83.33%). Among the evaluated cultivars, only Casablanca exhibited a semi-resistant reaction to Cercospora leaf spot (score 3.88 out of 9), while the remaining cultivars ranged from semi-sensitive to sensitive (scores >4). No bolting was observed in any cultivar in Dezful, whereas the sensitive control exhibited 36.84% bolting. This suggests that although conditions were partially favorable for bolting, the tested cultivars expressed resistance, likely influenced by climatic conditions during the growing season.

In the Gonbad-e Kavus region, analysis of variance showed that cultivar effects were significant for all traits except root yield and sodium content. Mean comparisons showed that the highest white sugar yield was obtained from Volga (10.26 t ha^{-1}) and Algar (9.21 t ha^{-1}). The highest sugar content was recorded in Volga (17.33%), Contenta (17.28%), Sy_muse (17.24%), Vanilla (17.13%), and Flickster (17.11%). The highest white sugar content was observed in Volga (14.87%), Sy_muse (14.27%), Vanilla (13.96%), and Contenta (13.94%). Regarding root impurities, Volga (4.73 meq 100 g^{-1} pulp) had the lowest potassium content, while other cultivars showed higher potassium levels (>5 meq 100 g^{-1} pulp). Except for Oxalide (2.03 meq 100 g^{-1} pulp), Laudata (1.72), and Balzan (1.77), which showed relatively high amino nitrogen levels, the remaining cultivars had low amino nitrogen content (<1.5 meq 100 g^{-1} pulp). The highest sugar extraction efficiency was observed in Volga (85.56%). Most cultivars showed resistance to semi-resistance against Cercospora leaf spot, with Balzan and Vanilla showing complete resistance. The lowest bolting percentages were observed in Balzan (3.32%), Oxalide (3.62%), Sibelius (3.96%), and Cardamone (4.14%), whereas the sensitive control showed a bolting rate of 93.41%.

Conclusion

Overall, the environmental conditions of Dezful were more favorable for the development and establishment of Cercospora leaf spot disease than those of Gonbad-e Kavus. In contrast, environmental conditions in the Gonbad-e Kavus region were more conducive to bolting than in Dezful. These findings indicate that successful autumn cultivation of sugar beet depends not only on selecting cultivars resistant to bolting and Cercospora leaf spot but also on careful consideration of regional environmental conditions.

Keywords: Root yield, Sugar content, Sugar yield, Water use

تولیدات گیاهی، ۱٤۰٤، ٤۸(٤)،٦۹۹-۷۱٤
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2025.48501.2238
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۰۳

تولیدات گیاهی
مقاله پژوهشی

مطالعهٔ صفات کمی و کیفی، مقاومت به ساقه‌روی و بیماری سرکوسپورا ارقام جدید چغندرقند در کشت پاییزه

احمد نوش‌کام[1*]، سعید صادق‌زاده حمایتی[2]، سعید یاراحمدی[3]، محمد سعید حسنوندی[1]

۱- استادیار، بخش تحقیقات چغندر قند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران
۲- استاد، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۳- استادیار، ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گنبد، ایران

چکیده

کشت پاییزه چغندرقند باعث بهره‌گیری بهتر از بارندگی‌های فصلی و صرفه‌جویی در آب می‌شود، اما در بسیاری از مناطق به‌دلیل بروز ساقه‌روی و بیماری لکه‌برگی سرکوسپورا با کاهش عملکرد مواجه است. پژوهش حاضر با هدف بررسی ١٦ رقم از نظر مقاومت به ساقه‌روی و بیماری سرکوسپورا و نیز عملکرد کمی و کیفی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در استان‌های خوزستان (منطقهٔ دزفول) و گلستان (منطقهٔ گنبدکاووس) در سال زراعی ١٤٠٢-١٤٠١ انجام گردید. نتایج تجزیه واریانس در دزفول نشان داد که بین ارقام، به‌جز در صفت‌های ساقه‌روی و درصد قند ناخالص، اختلاف معنی‌دار وجود داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین عملکرد شکر سفید در ارقام وانیلا (١٠/٦ تن در هکتار) و ولگا (٩/٤٩ تن در هکتار)، بیش‌ترین عملکرد ریشه در رقم وانیلا (٨٣/١٠ تن در هکتار) و سیبلیوس (٧٩/٨١ تن در هکتار)، بیشترین درصد قند خالص در ارقام ولگا (١٣/٧٧ درصد)، فلیکستر (١٣/٣٦ درصد) وآلگار (١٣/٢٦ درصد) مشاهده شد. کمترین میزان سدیم مربوط به ارقام ولگا (١/٨٣ میلی اکی‌والان) و بالزان (١/٨٩ میلی اکی‌والان)، پایین‌ترین مقدار پتاسیم مربوط به ارقام ولگا (٢/٥٥ میلی اکی‌والان)، آلگرا (٢/٥٦ میلی اکی‌والان) و کمترین مقادیر نیتروژن آمینه مربوط به ارقام آلگرا (٢/٩٤ میلی اکی‌والان)، آلگار (٣/٤٣ میلی اکی‌والان)، پگاز (٣/٣٥ میلی اکی‌والان) وکونتنتا (٣/٠٩ میلی اکی‌والان) بود. بیشترین راندمان استحصال شکر در ارقام ولگا (٨٦/٤٦ درصد)، بالزان (٨٣/٣٦ درصد)، لوداتا (٨٣/٣٣ درصد)، سیموس (٨٣/٢٥ درصد) و فلیکستر (٨٣/١٦ درصد) مشاهده شد. تنها رقم کازابلانکا نسبت به بیماری سرکوسپورا نیمه‌مقاوم بود و سایر ارقام نیمه‌حساس تا حساس بودند. در دزفول هیچ‌یک از ارقام ساقه‌روی نداشتند، درحالی‌که شاهد حساس ٣٦/٨٤ درصد ساقه‌روی نشان داد. در منطقه گنبدکاووس، اثر رقم بر تمامی صفات به غیر از عملکرد ریشه و میزان سدیم معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد شکر سفید در ارقام ولگا (١٠/٢٦ تن در هکتار) و آلگار (٩/٢١ تن در هکتار)، بیشترین درصد قند ناخالص متعلق به ارقام ولگا (١٧/٣٣ درصد)، کونتنتا (١٧/٢٨ درصد)، سیموس (١٧/٢٤ درصد)، وانیلا (١٧/١٣ درصد)، فلیکستر (١٧/١١

نویسنده مسئول: احمد نوش‌کام
رایانامه: nooshkam@gmail.com

درصد) و بالاترین درصد قند خالص در ارقام ولگا (۱٤/۸۷ درصد)، سیموس (۱٤/۲۷ درصد) وانیلا (۱۳/۹٦ درصد) و کونتنتا (۱۳/۹٤ درصد) مشاهده گردید. رقم ولگا دارای کمترین مقدار پتاسیم (٤/۷۳ میلی اکی‌والان) و سایر ارقام دارای مقدار پتاسیم بالایی (بیش از ٥ میلی اکی‌والان) بودند. به‌غیراز ارقام اکسالید (۲/۰۳ میلی اکی‌والان)، لوداتا (۱/۷۲ میلی اکی‌والان) و بالزان (۱/۷ میلی اکی‌والان) که مقادیر نیتروژن آمینه بالایی داشتند، سایر ارقام از کمترین مقدار نیتروژن آمینه (کمتر از ۱/٥ میلی اکی‌والان) برخوردار بودند. بیشترین میزان ضریب استحصال متعلق به رقم ولگا (۸٥/٥٦ درصد) بود. نتایج نشان داد که بیشتر ارقام واکنشی در محدودهٔ مقاوم تا نیمه مقاوم در برابر بیماری سرکوسپورا داشتند و دو رقم بالزان و وانیلا دارای واکنش مقاومت کامل بودند. حداقل میزان ساقه‌روی در منطقهٔ گنبد در ارقام بالزان (۳/۳۲ درصد)، آکسالید (۳/٦۲ درصد)، سیبلیوس (۳/۹٦ درصد) و کاردامون (٤/۱٤ درصد) مشاهده گردید، درحالی‌که درصد ساقه‌روی در شاهد حساس ۹۳/٤ درصد بود. باتوجه‌به نتایج می‌توان گفت که شرایط محیطی دزفول برای ایجاد و استقرار بیماری سرکوسپورا و شرایط محیطی منطقهٔ گنبدکاووس برای بروز میزان ساقه‌روی ارقام، مساعدتر بوده است.

کلیدواژه‌ها: درصد قند، عملکرد ریشه، عملکرد شکر، مصرف آب

مقدمه

گیاهان قندی عمده در جهان، نیشکر و چغندرقند می‌باشند که از نظر تأمین قند جامعهٔ بشری، چغندرقند به‌عنوان دومین منبع تولید قند پس از نیشکر به شمار می‌رود به‌نحوی که نزدیک به ۲۰ درصد از تولید سالیانهٔ قند جهان را به خود اختصاص می‌دهد (Monteiro *et al.*, 2018; Ribeiro *et al.*, 2016; Taleghani *et al.*, 2023). این محصول از نظر ارزش غذایی در ردیف گیاهان برنج، ذرت و سیب زمینی قرار دارد (Nusrat *et al.*, 2021). ایران یکی از شش کشور جهان محسوب می‌شود که به لحاظ تنوع اقلیمی و عرض جغرافیایی، شرایط رشد و تولید شکر از هر دو محصول چغندرقند و نیشکر را داراست (Taleghani *et al.*, 2014). عمدهٔ کشت چغندرقند در جهان به‌صورت بهاره است ولی کشت پاییزه در مناطقی با آب‌وهوای مدیترانه‌ای مثل مصر، مراکش، جنوب اسپانیا، و جنوب کالیفرنیا نیز انجام می‌شود که در آن چغندرقند در پاییز کشت و قبل از گرمای تابستان برداشت می‌گردد (Hoffmann *et al.*, 2021). غالب کشت پاییزه کشور ایران در استان خوزستان می‌باشد ولی در استان‌های گلستان، کرمانشاه و فارس نیز کشت پاییزه چغندرقند انجام می‌شود. مهم‌ترین عاملی که می‌توان آن را به عنوان شاخصی بارز برای اولویت و برتری کشت پاییزه چغندرقند نسبت به کشت بهاره معرفی کرد، استفاده بهینه از نزولات آسمانی در طول دورهٔ رشد (پاییز و زمستان) و کارایی بالای مصرف آب در زراعت چغندرقند پاییزه است (Hasanvandi *et al.*, 2023). با وجود برتری کشت پاییزه نسبت به کشت بهاره چغندرقند، پدیدهٔ ساقه‌روی (بولتینگ یا همان گلدهی در سال اول) و بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی دو محدودیت اساسی برای کشت پاییزه به شمار می‌روند (Metzger *et al.*, 2005; Schnepel and Hoffmann, 2016). پدیدهٔ ساقه‌روی تحت تأثیر عوامل ژنتیکی، محیطی و فیزیولوژیک قرار دارد و چنانچه مزارع چغندرقند به مدت طولانی در معرض دمای بهاره شدن (۸-۶ درجه سانتی گراد: دمای پایین و طولانی در طول فصل زمستان) یا کمتر قرار داشته باشد، پس از سپری شدن دورهٔ سرما و به دنبال آن شرایط روزهای بلند در فصل بهار باعث تولید ساقهٔ گل‌دهنده و گل‌دهی گیاهان در سال اول خواهند شد (Taleghani *et al*, 2014; Milford *et al.*, 2010). کاهش شدید عملکرد قند از طریق کاهش میزان قند و عملکرد ریشه، ایجاد مشکلات 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 پدیدهٔ ساقه‌روی می‌باشند (Rinaldi and Vonella, 2006; Streibie *et al.*, 2009).

مطالعات متعددی در رابطه با میزان مقاومت به ساقه‌روی ژنوتیپ‌های چغندرقند انجام شده است. برای مثال در بررسی ژنوتیپ‌های چغندرقند در منطقهٔ دزفول در شرایط کشت پاییزه دامنه ساقه‌روی ژنوتیپ‌ها از صفر در ژنوتیپ‌های مقاوم تا ۶۷/۷ درصد در ژنوتیپ‌های حساس متغیر بود (Niazian *et al.*, 2012). در مطالعهٔ دیگری در خراسان رضوی، بالاترین درصد ساقه‌روی (۲۳/۳ درصد) در کشت پاییزه از رقم شریف در تاریخ کشت اول و بیشترین عملکرد ریشه در تاریخ کشت اول از ارقام مراک و موناتونو به ترتیب با ۵۴/۲ و۵۴/۳ تن در هکتار و کمترین عملکرد ریشه نیز در تاریخ کشت دوم از رقم شریف و موناتونو حاصل شده است. همچنین بالاترین عملکرد شکر ناخالص و شکر سفید نیز در رقم مراک و بیشترین درصد قند نیز در رقم موناتونو گزارش گردید (Jahani Moghadam *et al.*, 2017). بررسی ارقام خارجی چغندرقند در مناطق کشت پاییزه در دو سال نشان داد که بین ارقام از نظر عملکرد، کیفیت و میزان ساقه‌روی تفاوت معنی‌دار وجود داشت و ارقام رزوناب[1]، کالاس[2]، پورتال[3]، آلگار[4]، بیفورت[5]، سنتینل[6] و روزلا[7] از نظر عملکرد شکر سفید با رقم شاهد مراک هم گروه اما از نظر میزان ساقه‌روی، فقط ارقام رزوناب و جیتکا[8] به ترتیب با ۱۱/۷۶ و ۱۰/۶۲ درصد دارای ساقه‌روی کمتری نسبت به رقم مراک[9] (با ۱۸/۶۳ درصد) بودند (Rajabi *et al.*, 2018). در مجموع، پدیدهٔ ساقه‌روی باعث ایجاد محصولی با مادهٔ خشک حاوی درصد بالای بافت ساقه و مقدار اندک بافت ریشه می‌شود (Hoffmann and Kluge-Severin, 2011) و در نهایت منجر به کاهش عملکرد کمی و کیفی چغندرقند می گردد؛ در نتیجه گیاهان به ساقه رفته برای تولید قند مناسب نیستند (Reinsdorf *et al.*, 2014). کشت پائیزه چغندرقند علاوه‌بر خطر ساقه‌روی، در برخی سال‌ها با پدیدهٔ همه‌گیری بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی مواجه است که تحت شرایط گرم و مرطوب بیشترین خسارت را به عملکرد ریشه و عیار قند وارد می‌کند. بیماری لکه‌برگی سرکوسپورایی که به وسیله قارچ سرکوسپورا بتیکولا[10] ایجاد می‌شود یکی از مهم‌ترین و گسترده‌ترین بیماری‌های برگی چغندرقند است که تقریباً در تمام مناطق گرم و مرطوب که چغندرکاری رواج دارد شیوع داشته و همه ساله خسارت هنگفتی به زراعت چغندرقند وارد می‌سازد (Skaracis and Biancardi, 2000). این بیماری علاوه‌بر کاهش فتوسنتز و عملکرد، با ایجاد مواد فنولی سبب کاهش قند و میزان اسیدهای آمینه می‌شود و در استحصال شکر که محصول نهایی چغندرقند است تولید اشکال می‌نماید (Arjmand, 1998; Rossi *et al.*, 2000). بنابراین استفاده از ارقام مقاوم به بیماری بهترین راهکار جهت مقابله با این بیماری و افزایش محصول در شرایط کشت پاییزه است. نتایج ارزیابی شش جفت رگه نرعقیم و اوتایپ منوژرم و سینگل کراس‌های حاصل از آن‌ها در یک طرح تلاقی دای آلل یک طرفه از نظر مقاومت به بیماری لکه گرد برگ چغندر قند و میزان ساقه روی نشان داد که رگهٔ اوتایپ منوژرم ۷۱۱۲ از نظر مقاومت به ساقه روی و رگه اوتایپ منوژرم ۷۶۱۷ از نظر تحمل به بیماری لکه گرد برگ چغندر قند از شرایط مطلوبی برخوردار بوده و ترکیب پذیری خوبی نیز در تلاقی با رگه‌های نرعقیم داشته و سینگل کراس‌های حاصل از آن‌ها در مقایسه با سایر سینگل کراس‌ها برتری نشان دادند (Ourazizadeh *et al.*, 2001). در این راستا، ارزیابی ۱۶ هیبرید جدید از لحاظ مقاومت به ساقه‌روی و لکه برگی سرکوسپورایی، نشان داد که

1 -ROSANAB
2 - CALLAS
3 - PORTAL
4 - ALGAR
5 - BIFORT
6 - SENTINEL
7 - ROSELLA
8 - JITKA
9 - MERAK

10 - *Cercospora beticola*

هیبرید SBSI-094 به عنوان هیبرید مقاوم به ساقه‌روی و بیماری لکه برگی انتخاب و پس از ارزیابی‌های تکمیلی به نام رقم هما معرفی گردید (Hoseipour *et al.*, 2020). با توجه به بروز پدیدهٔ ساقه‌روی و همچنین خسارت بیماری لکه برگی سرکوسپورایی در کشت پاییزه چغندرقند که تأثیر نامطلوبی بر عملکرد کمی و کیفی چغندرقند دارد، شناسایی و معرفی ارقام مقاوم به ساقه‌روی و لکه برگی سرکوسپورایی برای مناطق کشت پاییزه از اهمیت خاصی برخوردار است. بنابراین مطالعه حاضر با هدف شناسایی و معرفی ارقام برتر از نظر مقاومت به ساقه‌روی و بیماری سرکوسپورا و در نتیجه عملکرد کمی و کیفی بالا برای کشت پاییزه در استان خوزستان و گلستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌منظور مطالعهٔ ۱۶ رقم جدید چغندرقند (از شرکت سینجنتا سوئد (جدول ۱)) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دو ایستگاه تحقیقات کشاورزی دزفول (خوزستان) و گنبدکاووس (گلستان) در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ اجرا شد.

در این آزمایش در دو منطقه، از لاین پدری SHR01-12 به‌عنوان شاهد حساس به ساقه‌روی در ۳ ردیف کاشت در حاشیهٔ آزمایش استفاده گردید. جهت افزایش دقت و صحت نتایج، شاهد حساس از آزمایش حذف و سپس تجزیه و تحلیل‌ها انجام شد. قبل از اجرای آزمایش، نمونه‌برداری از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر از خاک مزرعهٔ ایستگاه‌ها جهت تعیین عناصر غذایی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و در نتیجه توصیه کودی انجام شد (جدول ۲).

جدول ۱- ارقام جدید چغندرقند مورد آزمایش

Table1. New sugar beet cultivars in experiment

Number	Cultivar name	Number	Cultivar name
1	Contenta	9	Zenit
2	Cardamone	10	Sybelius
3	Pegaz	11	Casablanca
4	Algar	12	Helita
5	SY_Muse	13	Volga
6	Laudata	14	Vanilla
7	Alegra	15	Oxalide
8	Flixter	16	Balzane

جدول۲- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اجرای آزمایش

Table 2. Physical and chemical properties of the soil before starting the experiment

Soil properties	Amount	
	Gonbad-e Kavus	Dezful
Total nitrogen (%)	0.12	0.07
K (ppm)	729	104
P (ppm)	18.2	6.1
pH	7.77	7.6
EC ($ds.m^{-1}$)	2.3	1.7
Soil texture	Silty clay loam	Silty clay loam

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. از نظر مختصات جغرافیایی ایستگاه تحقیقاتی گنبد کاووس در ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه ۱۶ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع معادل ۴۵ متر از سطح دریا واقع شده است. برخی از خصوصیات هواشناسی ایستگاه‌های تحقیقاتی طی مدت اجرای آزمایش در جدول ۳ ارائه شده است. مراحل تهیه و آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و لولر در پانزدهم شهریورماه قبل از کاشت انجام گرفت. پس از تسطیح زمین، بر اساس آزمون خاک، مقدار کودهای پایه به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (از منبع اوره) قبل از کاشت به طور یکنواخت به زمین اضافه شد و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌صورت سرک پس از تنک در هر دو منطقه به خاک اضافه گردید.

جدول ۳- میانگین درجه حرارت حداقل، حداکثر ماهانه، مجموع بارندگی ماهانه دزفول و ایستگاه گنبدکاووس در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱

Table 3. Minimum, maximum and monthly mean temperature and monthly total rainfall of Dezful and Gonbad-e Kavus research stations in the 2022-2023.

Month	Total monthly rainfall (mm)		Monthly relative humidity (%)		Mean monthly temperature (°C)		Mean monthly maximum temperature (°C)		Mean monthly minimum temperature (°C)	
	Gonbad-e Kavus	Dezful	Gonbad-e Kavus	Dezful	Gonbad-e Kavus	Dezful	Gonbad-e Kavus	Dezful	Gonbad-e Kavus	Dezful
November	42.5	24	67	65	16.2	23	22.5	29.5	9.9	16.46
December	27.20	13.5	72	69	11.6	18.3	16.6	24.8	6.5	11.7
January	8	129.6	63	87.4	7.4	12.5	13.9	17	0.9	8
February	19.7	38.8	65	81.1	7.6	12.4	13.9	17.9	1.4	6.9
March	9.3	53.8	64	70.4	14.9	19.1	22.5	26	7.3	12.1
April	26.6	61.5	65	66.7	16.9	20.5	24.3	27.8	9.5	13.2
May	33.5	0.5	64	37	21.6	27.7	28.9	37.6	14.4	17.9
June	38.6	0.1	57	26.6	28.4	34.3	35.5	43.9	21.4	24.7
July	0.4	0	54	22.4	29.4	36.4	35.8	47.9	23	24.9
August	13.7	0	52	26.1	31.4	37.7	38.4	47.6	24.3	27.8

هر کرت آزمایشی شامل سه خط هشت‌متری با فاصلهٔ بین ردیف ۶۱ سانتی‌متر در منطقهٔ دزفول و ۵۰ سانتی‌متر در منطقهٔ گنبدکاووس بود. کشت با دستگاه آیورد در دهه اول مهرماه در دزفول و در دهه دوم مهرماه در گنبدکاووس انجام و بلافاصله آبیاری صورت گرفت. عملیات تنک در مرحلهٔ دو تا چهار برگی و فاصلهٔ بین بوته‌ها روی ردیف ۲۰-۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. قبل از وقوع سرما، تعداد بوته‌های مستقرشده در هر کرت شمارش و پس از رفع دورهٔ سرما نیز تعداد بوته‌ها مجدداً شمارش و یادداشت شد. تعداد بوته‌های به ساقه رفته در اوایل خرداد مشخص و باتوجه‌به تعداد کل بوته‌ها، درصد ساقه‌روی محاسبه شد. در فروردین‌ماه، ارزیابی ارقام از نظر میزان آلودگی به بیماری سرکوسپورا از سه ردیف کاشت با مقیاس ۱-۹ انجام گرفت، به‌طوری‌که نمره ۱ (به بوته‌های فاقد علائم) و نمره ۹ (به بوته دارای علائم سوختگی و بلایت شدید) اختصاص یافت. به‌منظور تجزیه کیفی، از ۲۰ عدد ریشه سرزنی شده در هر کرت، نمونه خمیر تهیه و نمونه‌ها بلافاصله فریز و سپس جهت تجزیه کیفی به آزمایشگاه تکنولوژی قند ستاد مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند (کرج) ارسال شد. درصد قند به روش پلاریمتری، مقدار سدیم و پتاسیم به روش فلیم فتومتری و نیتروژن آمینه به روش عدد آبی و با استفاده از دستگاه بتالایزر اندازه‌گیری شد. همچنین میزان قند ملاس، درصد قند سفید (قند قابل‌استحصال) و ضریب استحصال با استفاده از روابط ۱ تا ۵ محاسبه شد: (Kunz, Martin, and Puke, 2002).

رابطهٔ ۱: $$SY = RY \times SC$$

رابطهٔ ۲: $$MS = 0.343(K^{+} + Na^{+}) + 0.094(alpha\ amino\ N) - 0.31$$

رابطهٔ ۳ $$WSC = SC - (MS + 0.6)$$
(Reinfeld *et al.*, 1974)

رابطهٔ ۴: $$WSY = WSC \times RY$$
(Cook and Scott, 1993)

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

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 ریشه، MS درصد قند ملاس برحسب گرم قند در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه، نیتروژن آمینه، K^{+} پتاسیم و Na^{+} سدیم برحسب میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه، WSC قند قابل استحصال برحسب گرم قند در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه، WSY عملکرد قند خالص برحسب تن در هکتار و ECS راندمان استحصال قند برحسب درصد می‌باشد.

آزمون نرمال بودن دادها با نرم‌افزار آماری SPSS 27 و تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین در سطوح معنی‌داری مربوط به هر صفت به روش آزمون چند دامنه دانکن با نرم‌افزار آماری SAS 9.4 انجام شد. به دلیل شرایط آب‌وهوایی و عرض جغرافیایی متفاوت دو منطقه، داده‌های هر منطقه به‌صورت جداگانه تجزیه واریانس گردید. در منطقهٔ دزفول، میزان ساقه‌روی در تمام ژنوتیپ‌ها صفر بود و این صفت در تجزیه واریانس منطقهٔ دزفول لحاظ نشد. مقادیر پایین نمره سرکوسپورا و درصد ساقه‌روی مطلوب است؛ بنابراین در جدول مقایسه میانگین، کمترین مقدار عددی، با گروه برتر آماری نشان‌داده شده است.

نتایج و بحث

منطقهٔ دزفول

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در منطقهٔ دزفول نشان داد که در میان ارقام آزمایشی از نظر صفات عملکرد شکر سفید، عملکرد ریشه، درصد قند خالص، سدیم، پتاسیم، نیتروژن آمینه، راندمان استحصال شکر و آلودگی به بیماری سرکوسپورا در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۴). مقایسه میانگین ارقام آزمایشی در منطقهٔ دزفول از نظر صفات موردمطالعه نشان داد که از نظر عملکرد شکر سفید، ارقام وانیلا و ولگا به ترتیب با میانگین عملکرد شکر ۱۰/۶۰ و ۹/۴۹ تن در هکتار، بیشترین میزان را داشتند؛ اما رقم اکسالید با ۷/۴۴ تن در هکتار کمترین عملکرد را نشان داد (جدول ۵). بیش‌ترین میزان عملکرد ریشه (۸۳/۱۰ تن در هکتار) به رقم وانیلا و کمترین آن متعلق به

رقم آلگار (۶۳/۱۶ تن در هکتار) بود. بیشترین میزان درصد قند خالص در رقم ولگا (۱۳/۷۷ درصد) و کمترین آن در رقم کازابلانکا (۱۱/۳۵ درصد) بدست آمد (جدول ۵). ناخالصی‌های موجود در ریشه که مهم‌ترین آن‌ها را املاح معدنی محلول (سدیم و پتاسیم) و آلفا آمینو نیتروژن تشکیل می‌دهد، صفات نامطلوبی بوده و مشکلاتی را در استحصال قند به وجود می‌آورند. بیشترین میزان سدیم در رقم کونتتا (۴/۱۶ میلی اکی‌والان) و کمترین مقدار در رقم ولگا (۱/۸۳ میلی اکی‌والان) حاصل شد. از نظر مقادیر پتاسیم، نتایج کمی متفاوت بود و مشاهده شد که ابتدا رقم اکسالید (۴/۲۱ میلی اکی‌والان) و سپس آلگار (۴/۲ میلی اکی‌والان) دارای بالاترین مقدار و رقم ولگا (۲/۵۵ میلی اکی‌والان) دارای پایین‌ترین مقدار پتاسیم بود. بر اساس نتایج، ملاحظه شد که رقم اکسالید (۶/۶۳ میلی اکی‌والان) مقادیر نیتروژن آمینه بالایی دارد، اما در مقابل رقم آلگرا (۲/۹۴ میلی اکی‌والان) از کمترین مقادیر نیتروژن آمینه برخوردار بودند. مقایسه میانگین راندمان استحصال شکر حاکی از آن بود که بالاترین میزان استحصال شکر در رقم ولگا (۸۶/۴۶ درصد) و کمترین مقدار در رقم اکسالید (۷۷/۱۴ درصد) بدست شد. بر طبق ارزیابی ارقام در برابر بیماری سرکوسپورا، تنها یک رقم (کازابلانکا) از ارقام تحت مطالعه دارای واکنش نیمه مقاوم بود؛ لذا این رقم می‌تواند حامل ژن‌هایی باشد که در بروز مقاومت مشاهده‌شده در آن دخیل است. سایر ارقام آزمایشی واکنشی در محدوده نیمه حساس تا حساس نشان دادند. در منطقهٔ دزفول، میزان ساقه‌روی در تمام ژنوتیپ‌ها صفر بود. درحالی‌که درصد ساقه‌روی در شاهد حساس ۳۶/۸۴ درصد بود (جدول ۵). بنابراین می‌توان گفت که شرایط برای ساقه‌روی تا حدودی مساعد بوده است ولی ارقام در منطقهٔ دزفول با توجه به شرایط آب و هوایی در طول فصل رشد مقاومت نشان داده‌اند.

منطقهٔ گنبدکاووس

نتایج تجزیه واریانس صفات در منطقهٔ گنبدکاووس نشان داد که اثر رقم برای صفات درصد قند ناخالص، درصد قند خالص، بیماری سرکوسپورا و میزان ساقه‌روی در سطح احتمال یک درصد و برای صفات عملکرد شکر سفید، پتاسیم، نیتروژن آمینه و راندمان استحصال شکر در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). معنی‌دار بودن اثر رقم، به دلیل تنوع ژنتیکی میان ارقام آزمایشی می‌باشد. مقایسه میانگین ارقام از نظر عملکرد شکر سفید حاکی از آن بود که بالاترین مقدار در رقم ولگا (۱۰/۲۶ تن در هکتار) وکمترین مقدار در رقم اکسالید (۵/۸۵ تن در هکتار) بدست آمد (جدول ۷). بیشترین میزان درصد قند ناخالص (۱۷/۳۳ درصد) در رقم ولگا و کمترین مقدار در رقم زنیت (۱۴/۴۶درصد) مشاهده شد. از نظر درصد قند خالص، رقم ولگا، مقدار بالاتری (۱۴/۸۷ درصد) و رقم زنیت (۱۱/۷ درصد) مقدار پایین‌تری را در مقایسه با سایر ارقام دارا بودند (جدول ۷). از نظر مقادیر پتاسیم، مشاهده شد که تمامی ارقام موردمطالعه به‌جز رقم ولگا (۴/۷۳ میلی اکی‌والان)، مقدار پتاسیم بالایی دارند.

بر اساس نتایج، ملاحظه شد که رقم اکسالید مقادیر نیتروژن آمینه بالایی (۲/۰۳ میلی اکی‌والان) دارد، اما در مقابل سایر رقم از کمترین مقدار نیتروژن آمینه برخوردار هستند (جدول ۷). بررسی نتایج مربوط به راندمان استحصال شکر نشان داد که بیشترین میزان ضریب استحصال متعلق به رقم ولگا (۸۵/۵۶ درصد) بود. در مقابل ارقام زنیت (۷۶/۱۸ درصد) و اکسالید (۷۶/۲۶ درصد) کمترین راندمان استحصال شکر را نشان دادند. بررسی فراوانی حساسیت یا مقاومت ارقام در برابر عامل بیماری سرکوسپورا نشان داد که ارقام از نظر واکنش در برابر این بیماری متفاوت هستند، اما اکثریت آن‌ها واکنشی در محدوده مقاوم تا نیمه مقاوم دارند. بر طبق ارزیابی ارقام آزمایشی در برابر بیماری، تعداد دو رقم از ارقام تحت مطالعه شامل بالزان و وانیلا دارای واکنش مقاومت کامل بودند؛ لذا این ارقام می‌توانند حامل ژن‌هایی باشند که در بروز مقاومت مشاهده شده در آن‌ها دخالت داشته باشند (جدول ۷).

جدول ٤- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در دزفول

Table 4. Variance analysis of studied traits in Dezful

S.O.V	d.f	Mean squares								
		Root yield	Sugar content	Na^+ content	K^+ content	Alpha amino nitrogen content	White sugar content	Extraction coefficient of sugar	White sugar yield	Cercospora Score
Replication	3	10.83	2.22	6.13	0.52	1.44	4.18	68.25	1.16	5.16
Cultivar	15	117.66**	2.04^{ns}	1.78**	1.3**	3.3**	2.5**	21.65**	2.19**	2.48**
Error	45	32.88	1.3	0.48	0.22	0.37	0.84	3.53	0.83	0.17
CV%	-	8.18	7.47	21.2	14.85	15.25	7.42	2.31	10.53	7.74

ns :غیرمعنی دار، ** : معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

^{ns}: Non-significant, **: Significant at 1 % probability level

جدول ٥- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در دزفول

Table 5. Mean comparison for the studied traits in Dezful

Number	Cultivar	Root yield ($t.ha^{-1}$)	Sugar content (%)	Na^+ (meq.100 g^{-1} pulp)	K^+ (meq.100 g^{-1} pulp)	Alpha amino nitrogen (meq.100 g^{-1} pulp)	White sugar content (%)	Extraction coefficient of sugar (%)	White sugar yield ($t.ha^{-1}$)	Cercospora Score
1	Contenta	69.68 ^{bc}	14.80 $^{a-c}$	4.16 ^{a}	2.92 $^{b-d}$	3.09 ^{d}	11.79 ^{ab}	79.58 $^{b-d}$	8.19 ^{bc}	4.38 ^{ba}
2	Cardamone	71.89 $^{a-c}$	14.50 $^{a-c}$	4.04 ^{a}	2.7 ^{cd}	3.63 ^{cd}	11.56 ^{b}	79.67 $^{b-d}$	8.32 ^{bc}	6.50 ^{f}
3	Pegaz	72.12 $^{a-c}$	15.51 $^{a-c}$	4.02^{a}	2.74 ^{cd}	3.35 ^{d}	12.59 ^{ab}	81.29 ^{bc}	9.05 $^{a-c}$	6.38 $^{f-d}$
4	Algar	63.16 ^{c}	16.34 ^{a}	2.98 $^{a-c}$	4.2 ^{a}	3.43 ^{d}	13.26 ^{ab}	81.33 ^{bc}	8.38 ^{bc}	5.75 $^{f-d}$
5	SY_Muse	68.17 ^{bc}	15.73 $^{a-c}$	3.28 $^{a-c}$	2.58 ^{cd}	3.52 ^{cd}	13.09 ^{ab}	83.25 ^{ab}	8.93 $^{a-c}$	5.63 $^{f-c}$
6	Laudata	66.46 ^{c}	15.49 $^{a-c}$	2.94 $^{a-c}$	2.78 ^{cd}	3.52 ^{cd}	12.91 ^{ab}	83.33 ^{ab}	8.57 ^{bc}	5.50 $^{e-c}$
7	Alegra	70.36 ^{bc}	14.04 ^{c}	3.36 ^{ab}	2.56 ^{d}	2.94 ^{d}	11.44 ^{b}	81.56 ^{bc}	8.05 ^{bc}	5.00 $^{d-b}$
8	Flixter	65.56 ^{c}	16.05 ^{ab}	3.25 $^{a-c}$	2.66 ^{cd}	4.03 $^{b-d}$	13.36 ^{ab}	83.16 ^{ab}	8.73 $^{a-c}$	6.25 ^{fe}
9	Zenit	65.33 ^{c}	15.38 $^{a-c}$	3.92 ^{a}	3.55 $^{a-d}$	5.13 ^{b}	12.05 ^{ab}	78.40 ^{cd}	7.88 ^{bc}	5.5 $^{e-c}$
10	Sybelius	79.81 ^{ab}	14.44 $^{a-c}$	3.58 ^{a}	3.16 $^{b-d}$	3.96 $^{b-d}$	11.47 ^{b}	79.44 $^{b-d}$	9.16 $^{a-c}$	4.38 ^{ba}
11	Casablanca	74.33 $^{a-c}$	14.26 ^{bc}	3.42 ^{a}	3.09 $^{b-d}$	4.24 $^{b-d}$	11.35 ^{b}	79.50 $^{b-d}$	8.41 ^{bc}	3.88 ^{a}
12	Helita	70.85 ^{bc}	15.78 $^{a-c}$	3.12 $^{a-c}$	3.8 ^{ab}	3.8 ^{cd}	12.75 ^{ab}	80.89 $^{b-d}$	9.04 $^{a-c}$	4.63 ^{ba}
13	Volga	68.75 ^{bc}	15.93 $^{a-c}$	1.83 ^{c}	2.55 ^{d}	3.84 ^{cd}	13.77 ^{a}	86.46 ^{a}	9.49 ^{ab}	6.00 ^{fe}
14	Vanilla	83.10 ^{a}	15.91 $^{a-c}$	3.28 $^{a-c}$	3.6 $^{a-c}$	4.82 ^{bc}	12.81 ^{ab}	80.30 $^{b-d}$	10.60 ^{a}	5.88 $^{f-d}$
15	Oxalide	64.23 ^{c}	15.06 $^{a-c}$	3.20 $^{a-c}$	4.21 ^{a}	6.63 ^{a}	11.61 ^{b}	77.14 ^{d}	7.44 ^{c}	4.75 ^{cb}
16	Balzane	67.41 ^{bc}	14.61 $^{a-c}$	1.89 ^{bc}	3.34 $^{a-d}$	3.63 ^{cd}	12.19 ^{ab}	83.36 ^{ab}	8.24 ^{bc}	5.63 $^{f-c}$

میانگین های دارای حروف مشابه در هر ستون، اختلاف معنی داری باهم بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن درسطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means in each column, followed by similar letters are not significantly different, using Duncan's multiple range test at 5% probability level.

نتایج به‌دست‌آمده برای میزان ساقه‌روی در منطقهٔ گنبد نشان داد که ارقام بالزان، آکسالید، سیبلیوس و کاردامون دارای حداقل میزان ساقه‌روی (به ترتیب ۳/۳۲، ۳/۶۲، ۳/۹۶ و ۴/۱۴ درصد) و ارقام آلگار، سیموس، لوداتاو هلیتا دارای بیشترین میزان ساقه‌روی (به ترتیب ۲۱/۵۱، ۲۰/۶۰، ۲۴/۵۳ و ۲۰/۴۶ درصد) بودند درحالی‌که درصد ساقه‌روی در شاهد حساس در منطقهٔ گنبدکاووس۹۳/۴۱۵ درصد بود (جدول ۷).

نتایج به‌دست‌آمده از میزان ساقه‌روی ارقام نشان داد که شرایط محیطی، میزان ساقه‌روی را به طور قابل‌ملاحظه‌ای تحت‌تأثیر قرار می‌دهد؛ درصد ساقه‌روی در منطقهٔ دزفول باتوجه‌به عرض جغرافیایی ۳۲ درجه شمالی و شرایط آب‌وهوایی در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ (میانگین دما برابر ۲۴/۱۹ درجه سانتیگراد و حداقل دما در دی و بهمن‌ماه برابر ۱۲/۵ درجه سانتی‌گراد) در همهٔ ارقام برابر با صفر ولی در شاهد حساس۳۶/۸۴ درصد بود؛ بنابراین شرایط برای ساقه‌روی در منطقهٔ دزفول تا حدودی مهیا بوده است و ارقام مقاومت نشان داده‌اند. در منطقهٔ گنبد به دلیل عرض جغرافیایی بالاتر (عرض جغرافیایی ۳۷ درجه شمالی) و هوای خنک‌تر در طول دوره رشد گیاه (میانگین دما ۱۸/۵۴ درجه سانتی‌گراد و حداقل دما در دی و بهمن‌ماه زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد و برابر ۷/۶ درجه سانتی‌گراد)، همه ارقام به نسبت‌های مختلف ساقه‌روی داشتند و میزان ساقه‌روی در شاهد حساس۹۳/۴۱۵ درصد بود. تفاوت میزان ساقه‌روی شاهد حساس در دو منطقه (۵۶/۵۷ درصد) نشان‌دهندهٔ شرایط مساعدتر منطقهٔ گنبد برای بروز پدیدهٔ ساقه‌روی در ارقام می‌باشد و این بیانگر آن است که برای کنترل ساقه‌روی در چغندرقند پاییزه، ضمن انتخاب رقم مناسب مقاوم به ساقه‌روی، شرایط محیطی حاکم بر منطقه نقش بسیار حیاتی دارد. قرار گرفتن گیاهان در فصل زمستان در معرض دماهای سرد، منجر به بهاره‌سازی آن‌ها شده (Schnepel and Hoffmann, 2016) و به دنبال آن شرایط روزهای بلند در فصل بهار باعث تولید ساقه گل‌دهنده و گل‌دهی در آن‌ها می‌گردد (Milford *et al.*, 2010). تأثیر شرایط محیطی و مدیریتی بر میزان ساقه‌روی و نیز کمیت و کیفیت محصول نهایی چغندرقند اثبات شده است (Sadeghzadeh Hemayati *et al.*, 2012; Taleghani *et al.*, 2011).

(میانگین دمای ۱۵/۵۷ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۶۴/۶۲ درصد) باشد لذا می‌توان اذعان نمود که در دزفول شرایط محیطی برای توسعه و نیز استقرار بیماری سرکوسپورا مساعدتر از شرایط محیطی گنبدکاووس بوده است؛ بنابراین باید ارقامی برای کشت در دزفول توصیه شوند که حائز ژن‌های مقاومت مؤثرتری در برابر بیماری باشند تا از توسعه آن و ایجاد خسارات سنگین ناشی از کاهش درصد قند و عملکرد ریشه جلوگیری شود.

در یک آزمایش، اثر عرض جغرافیایی مناطق مغان، مشهد، شیراز و دزفول روی میزان ساقه‌روی چغندرقند پاییزه بررسی و بر اساس نتایج بیشترین درصد ساقه‌روی به ترتیب در شهر مغان با عرض جغرافیایی ۳۹ درجه شمالی، ۳۶/۶۷ درصد و پس از آن در مشهد با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه، ۲۸/۸۲ درصد، شیراز با عرض جغرافیایی ۲۸ درجه، ۱۳/۷۷ درصد و دزفول با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه، ۱/۴۷ درصد مشاهده شد (Fasahat *et al.*, 2023). همچنین این محققان گزارش دادندکه میانگین حداقل ماهانه دمای هوای مغان و مشهد در زمستان به کمتر از صفر می‌رسد، در دزفول بالای صفر بوده و در شیراز تنها در سردترین ماه سال (دی ماه) به زیر صفر می‌رسد. مشهد و پس از آن مغان نسبت به دزفول و شیراز روزهای سردتری را تجربه کردند که باعث ایجاد ساقه‌روی شد. نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر نیز تأیید می‌کند که اختلاف پنج درجه‌ای عرض جغرافیایی گنبد کاووس نسبت به دزفول و شرایط محیطی بخصوص دمای هوا در طول فصل رشد، میزان ساقه‌روی را به‌طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر قرار می‌دهد.

جدول٦- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گنبد کاووس

Table 6. Variance analysis of studied traits in Gonbad-e Kavus

S.O.V	d.f	Mean squares									
		Root yield	Sugar content	Na^+ content	K^+ content	Alpha amino nitrogen content	White sugar content	Extraction coefficient of sugar	White sugar yield	Cercospora	Bolting (%)
Replication	3	2602.55	33.58	9.31	2.25	1.24	45.94	229.81	10.28	0.56	0.075
Cultivar	15	213.89^{ns}	3.99**	0.97^{ns}	0.64*	0.29*	5.46**	25.21*	4.72*	2.03**	0.047**
Error	45	160.92	0.81	0.73	0.27	0.14	1.49	12.99	1.99	0.2	0.013
CV%	-	20.4	5.59	34.04	9.04	27.22	9.52	4.54	18.16	17.53	34.74

ns :غیرمعنی دار، *، ** : به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

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

جدول ۷- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در گنبد کاووس

Table 7. Mean comparison for the studied traits in Gonbad-e Kavus

Number	Cultivar	Root yield ($t.ha^{-1}$)	Sugar content (%)	Na^+ content ($meq.100\ g^{-1}$ pulp)	K^+ content ($meq.100\ g^{-1}$ pulp)	Alpha Amino nitrogen content ($meq.100\ g^{-1}$ pulp)	White sugar content (%)	Extraction coefficient of sugar (%)	White sugar yield ($t.ha^{-1}$)	Cercospora Score	Bolting (%)
1	Contenta	59.19 ^{a}	17.28 ^{a}	2.48 $^{a-c}$	6.03 ^{a}	1.33 ^{bc}	13.94 ^{ab}	80.35 $^{a-c}$	8.16 $^{a-d}$	3 ^{b}	8.84 ^{ba}
2	Cardamone	68.28 ^{a}	15.00 ^{bc}	2.97 ^{ab}	5.86 ^{ab}	1.18 ^{bc}	11.57 $^{b-d}$	77.07 ^{bc}	7.89 $^{b-d}$	3 ^{b}	4.14 ^{a}
3	Pegaz	65.81 ^{a}	16.20 $^{a-c}$	2.50 $^{a-c}$	5.84 ^{ab}	1.09 ^{bc}	12.95 $^{a-d}$	79.66 $^{a-c}$	8.29 $^{a-c}$	3 ^{b}	13.57 ^{ba}
4	Algar	67.84 ^{a}	16.80 ^{ab}	2.04 $^{a-c}$	6.14 ^{a}	1.42 ^{bc}	13.57 $^{a-d}$	80.55 $^{a-c}$	9.21 ^{ab}	2 ^{b}	21.15 ^{ba}
5	SY_Muse	53.34 ^{a}	17.24 ^{a}	1.80 ^{bc}	5.66 ^{ab}	1.35 ^{bc}	14.27 ^{ab}	82.69 ^{ab}	7.51 $^{b-d}$	3 ^{b}	20.60 ^{ba}
6	Laudata	64.84 ^{a}	15.91 $^{a-c}$	2.95 ^{ab}	5.80 ^{ab}	1.72 ^{ab}	12.46 $^{a-d}$	78.18 ^{bc}	8.13 $^{a-d}$	3 ^{b}	24.53 ^{b}
7	Alegra	57.81 ^{a}	15.83 $^{a-c}$	3.35 ^{a}	5.55 ^{ab}	1.20 ^{bc}	12.37 $^{a-d}$	77.50 ^{bc}	6.88 $^{b-d}$	3 ^{b}	18.85 ^{ba}
8	Flixter	50.34 ^{a}	17.11 ^{a}	2.64 $^{a-c}$	5.48 ^{ab}	1.38 ^{bc}	13.91 $^{a-c}$	80.62 $^{a-c}$	6.79 ^{cd}	3 ^{b}	9.17 ^{ba}
9	Zenit	63.72 ^{a}	14.46 ^{c}	2.96 ^{ab}	5.75 ^{ab}	1.27 ^{bc}	11.07 ^{d}	76.18 ^{c}	6.71 ^{cd}	3 ^{b}	6.83 ^{ba}
10	Sybelius	68.00 ^{a}	14.83 ^{c}	2.64 $^{a-c}$	5.79 ^{ab}	1.05 ^{c}	11.55 $^{b-d}$	77.30 ^{bc}	7.56 $^{b-d}$	3 ^{b}	3.96 ^{a}
11	Casablanca	76.34 ^{a}	15.41 $^{a-c}$	2.57 $^{a-c}$	6.21 ^{a}	1.47 $^{a-c}$	11.98 $^{b-d}$	77.42 ^{bc}	8.83 $^{a-c}$	3 ^{b}	7.46 ^{ba}
12	Helita	61.16 ^{a}	15.76 $^{a-c}$	2.62 $^{a-c}$	5.15 ^{ab}	1.04 ^{c}	12.71 $^{a-d}$	80.27 $^{a-c}$	7.66 $^{b-d}$	3 ^{b}	20.46 ^{ba}
13	Volga	70.25 ^{a}	17.33 ^{a}	1.28 ^{c}	4.73 ^{b}	1.18 ^{bc}	14.87 ^{a}	85.56 ^{a}	10.26 ^{a}	2 ^{b}	14.91 ^{ba}
14	Vanilla	61.56 ^{a}	17.13 ^{a}	2.61 $^{a-c}$	5.38 ^{ab}	1.43 ^{bc}	13.96 ^{ab}	80.75 $^{a-c}$	7.95 $^{b-d}$	1 ^{a}	7.11 ^{ba}
15	Oxalide	52.28 ^{a}	14.69 ^{c}	2.50 $^{a-c}$	6.22 ^{a}	2.03 ^{a}	11.22 ^{cd}	76.26 ^{c}	5.85 ^{d}	2.5 ^{b}	3.62 ^{a}
16	Balzane	54.13 ^{a}	16.18 $^{a-c}$	2.29 $^{a-c}$	6.08 ^{a}	1.70 ^{ab}	12.85 $^{a-d}$	79.23 ^{bc}	6.78 ^{cd}	1 ^{a}	3.32 ^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means in each column, followed by similar letters are not significantly different, using Duncan's multiple range test at 5% probability level.

در خصوص واکنش ارقام نسبت به بیماری سرکوسپورا، تنها دو رقم بالزان و وانیلا در منطقهٔ گنبدکاووس واکنش مقاومت کامل بروز دادند و سایر ارقام آزمایشی طیفی از واکنش‌های نیمه مقاوم تا نیمه حساس را در مناطق مورد بررسی نشان دادند بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از شدت آلودگی ارقام به بیماری در دزفول، تنها یک رقم (کازابلانکا) از ارقام تحت مطالعه دارای واکنش نیمه مقاوم بود و سایر ارقام دارای واکنشی در محدوده نیمه حساس تا حساس را در پی داشتند. آنچه مسلم است، شدت آلودگی ارقام به بیماری سرکوسپورا در ایستگاه تحقیقاتی دزفول بیشتر از ایستگاه تحقیقاتی گنبدکاووس بوده است که احتمالاً به دلیل شرایط محیطی مساعدتر در طول فصل رشد منطقهٔ دزفول برای بروز بیماری سرکوسپورا (میانگین دمای ۱۹/۰۷ درجه سانتی-گراد و رطوبت نسبی ۶۸/۰۸ درصد) نسبت به منطقهٔ گنبدکاووس (میانگین دمای ۱۵/۵۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۴/۶۲ درصد) باشد لذا می‌توان اذعان نمود که در دزفول شرایط محیطی برای توسعه و نیز استقرار بیماری سرکوسپورا مساعدتر از شرایط محیطی گنبدکاووس بوده است؛ بنابراین باید ارقامی برای کشت در دزفول توصیه شوند که حائز ژن‌های مقاومت مؤثرتری در برابر بیماری باشند تا از توسعه آن و ایجاد خسارات سنگین ناشی از کاهش درصد قند و عملکرد ریشه جلوگیری شود.

همان‌طورکه نتایج این آزمایش نشان داد ارقام، واکنش متفاوتی از نظر صفات عملکرد شکر سفید و سایر صفات مورد بررسی در دو منطقه نشان دادند که در آزمایش های دیگر نیز نتایج مشابه گزارش شده است. نتایج حاصل از مطالعهٔ طالقانی و همکاران (Taleghani *et al.*, 2022) نشان داد که شرایط محیطی، نوع رقم و برهم‌کنش میان رقم و شرایط محیطی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد شکر سفید در کشت زمستانه ارقام چغندرقند در سطح احتمال یک درصد داشت. آن‌ها اذعان نمودند که شرایط محیطی نقش بسزایی در بیان فنوتیپی صفت عملکرد شکر سفید دارد. حمیدی و همکاران (Hamidi *et al.*, 2022) طی مطالعه‌ای که با هدف بررسی کشت زمستانه در منطقهٔ تربت‌جام انجام دادند، تأثیر تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های چغندرقند بر صفات مختلف را تأیید کردند. تفاوت موجود بین ارقام در خصوص این صفات می‌تواند به تفاوت در ویژگی‌های ژنتیکی هر رقم در پاسخ به شرایط محیطی وابسته باشد. نتایج مطالعه بیات و همکاران (Bayat *et al.*, 2000) نیز نشان داد که در کشت زمستانه و کشت زودهنگام برخی از ارقام دارای تحمل به تنش سرما بوده و از عملکرد ریشه و عملکرد قند قابل استحصال بالاتری برخوردار بودند. یک بررسی دو ساله بر روی خصوصیات زراعی و مقاومت به ساقه‌روی ارقام خارجی چغندرقند در دزفول و زرقان نشان داد که ارقام آمالدی[1]، کاستلار[2]، هستون[3]، هانی[4]، کرزور[5]، اسپورتا[6] و وردی[7] در دزفول از نظر عملکرد شکر سفید نسبت به میانگین ارقام شاهد خارجی برتری داشته و فاقد ساقه‌روی بودند . همچنین، در زرقان ارقام آمالدی، هستون و اسپورتا از لحاظ عملکرد شکر سفید با میانگین ارقام شاهد خارجی در یک گروه آماری قرار گرفتند (Rajabi *et al*, 2019). در تحقیقی دیگرکه بر روی عملکرد، کیفیت و مقاومت به ساقه‌روی ارقام خارجی چغندرقند در مناطق کشت پاییزه در دو سال زراعی انجام شد مشخص گردید که در دزفول ارقام بوس[8] ، نرو[9]، ۷۱۱۹B ، چارلستون[10]، سیلانتو[11]و جونکال[12] از نظر عملکرد شکر سفید نسبت به میانگین ارقام شاهد مقاوم برتری داشته و میزان ساقه‌روی آن‌ها بسیار پایین (کمتر از ۰/۱ درصد) بود، در داراب ارقام ۴۷۷۰BTS، چارلستون و جونکال به ترتیب با ۱۵/۹، ۱۵/۲ و ۱۶/۳ تن در هکتار از لحاظ عملکرد شکر

1 - AMALDI
2 - CASTELLAR
3 - HESTON
4 - HONEY
5 - KURSOR
6 - SPORTA
7 - VERDI
8 - BOSS
9 - NERO
10 - CHARLESTON
11 - SILANTO
12 - JUNCAL

سفید دارای برتری معنی دار نسبت به میانگین ارقام شاهد مقاوم بودند اما فقط رقم ۴۷۷۰BTS از درصد ساقه‌روی پایین (۰/۱ درصد) برخوردار بود. همچنین، در گنبد فقط رقم نرو از نظر عملکرد شکر سفید نسبت به میانگین ارقام شاهد مقاوم برتری معنی دار داشته و از مقاومت به ساقه‌روی مناسبی (۰/۰۹ درصد) نیز برخوردار بود (Rajabi *et al*., 2021).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش در بین ۱۶ رقم چغندرقند، بیشترین عملکرد شکر سفید در منطقهٔ دزفول در ارقام ولگا و وانیلا و در منطقهٔ گنبد در ارقام ولگا و آلگار به دست آمد. از نظر ساقه‌روی، در منطقهٔ دزفول، درصد ساقه‌روی همه ارقام به غیر از شاهد حساس صفر بود و کمترین مقدار ساقه‌روی در منطقهٔ گنبد کاووس در ارقام بالزان، آکسالید، سیبلیوس و کاردامون به دست آمد هر چند که همه ارقام به شدت‌های مختلف به ساقه رفتند. کمترین میزان بیماری سرکوسپورا در منطقهٔ دزفول در رقم کازابلانکا و در منطقهٔ گنبد کاووس در ارقام وانیلا و بالزان حاصل شد. بنابراین می توان گفت که در منطقهٔ دزفول شرایط محیطی (دما و رطوبت نسبی بالاتر در طول دورهٔ رشد) برای توسعهٔ بیماری سرکوسپورا مساعدتر از شرایط محیطی گنبدکاووس بوده است. در منطقهٔ گنبد کاووس، نیز شرایط محیطی (عرض جغرافیایی بالاتر و هوای سردتر در طول دورهٔ رشد) برای بروز پدیدهٔ ساقه‌روی ارقام، مساعد تر از منطقهٔ دزفول بوده است این بیانگر آن است که برای کنترل ساقه‌روی و بیماری سرکوسپورا در چغندرقند پاییزه، ضمن انتخاب رقم مناسب مقاوم، شرایط محیطی حاکم بر منطقه نقش بسیار حیاتی دارد.

سپاس‌گزاری

این مقاله برگرفته از طرح تحقیقاتی به شماره مصوب 04-02-02-024-010500 است. به این وسیله از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد دزفول، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان (ایستگاه گنبد کاووس) و مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

Arjmand, M.N. (1998). Identification of the pathotypes of the fungus that causes sugar beet leaf spot disease (*Cercospora beticola* Sacc) and the reaction of Beta species to it. Sugar beet seed institute, pp 38. final report of project. [In Persian].

Bayat, A., Dastmalchi, A., Shahbazi, H.A. & Fazli, H. (2000). Investigation the possibility of winter cultivation of sugar beet without irrigation to get water from cereals. Final report of project. Issue. Khorsan Razavi. [In Persian].

Cook, D., & Scott, R. (1993). The sugar beet crop, science into practice. Champan and Hall Press.

Fasahat, P., Hosseinpour, M., Kakueinezhad, M., Hemayatim S.S., & Laidig, F. (2023). Effect of latitude on sugar beet bolting occurrence. *Poljoprivreda i Sumarstvo*, 69 (2), 181-190.

Hamidi, H., Ahmadi, M., & Taleghani, D. (2022). Selection of suitable sugar beet genotypes for winter sowing (Pending) in Torbat-e-Jam region. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 20 (3), 335-348. https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.74787.1138

Hasanvandi, M.S., Hoseinpour, M., Yarahmadi, S., Jalilian, A., Bazrafshan, M., Nooshkam, A., & Babai, B. (2023). Analytical report of the autumn sugar beet cultivation in Iran in the crop year 2021-2022. Sugar beet seed institute, pp 36, Final report of project. [In Persian].

Hoffmann, C.M., & Kluge-Severin, S. (2011). Growth analysis of autumn and spring sown sugar beet. *European Journal of Agronomy*, 34 (1), 1-9. https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.09.001

Hoffmann, C.M., Koch, H.J., & Märländer, B. (2021). Sugar beet. In Crop Physiology Case Histories for Major Crops, (pp. 634-672). Academic Press.

Hoseinpour, M., Taleghani, D., & Aghaizadeh, M. (2020). Naming and release of a monogerm hybrid tolerant to Bolting and resistant to cercospora leaf spot disease of sugar beet suitable for the southwest of the country. Sugar beet seed institute, pp 29. Final report of project. [In Persian].

Jahani moghadam, E., Parsa, S., Mahmoudi, S., & Ahmadi, M. (2017). Effect of planting date and cultivar on yield and the early flowering in autumn sowing of sugar beet varieties. *Agronomy and Plant Breeding Journal*, 13 (2), 43-57. [In Persian].

Kunz, M., Martin, D., & Puke, H. (2002). Precision of beet analyses in Germany explained for polarization. *Zuckerindustrie*, 127 (1), 13-21.

Metzger, M.J., Bunce, R.G.H., Jongman, R.H., Mücher, C.A., & Watkins, J.W. (2005). A climatic stratification of the environment of Europe. *Global Ecology and Biogeography*, 14 (6), 549-563. https://doi.org/10.1111/j.1466-822X.2005.00190.x

Milford, G., Jarvis, P., & Walters, C.A. (2010). vernalization-intensity model to predict bolting in sugar beet. *The Journal of Agricultural Science*, 148 (2), 127-137. https://doi.org/10.1017/S0021859609990323

Monteiro, F., Frese, L., Castro, S., Duarte, M.C., Paulo, O.S., Loureiro, J., & Romeiras, M.M. (2018). Genetic and genomic tools to asssist sugar beet improvement, the value of the crop wild relatives. *Frontiers in Plant Science*, 9, 74-85. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00074

Niazian, M., Rajabi, A., Amiri, R., Orazizadeh, M.R., & Sharifi, H. (2012). Relationship among effective traits on root yield and sugar content in different sugar beet O-type genotypes for autumn sowing. *Plant Productions*, 35 (2), 115-135. [In Persian].

Nusrat, N., Goldani, M., Rezai, J. (2021). Effect of N fertilizer and growth stimulation bacteria on growth of sugar beet in delayed sowing. *Plant Productions*, 44 (2), 295-304. https://doi.org/10.22055/ppd.2020.30457.1811 [In Persian].

Ourazizadeh, M.R. (2001). Genetic analysis of resistance to bolting and leaf spot disease in sugar beet leaf, Master's thesis. Islamic Azad University, Karaj branch, Iran [In Persian].

Rajabi, A., Ahmadi, M., Azizpour, M.H., Moharamzadeh, M., Jamali, H., Abdillahi, K., & Anahid, S. (2018). Evaluation of the agronomic value of foreign sugar beet cultivars in autumn sowing areas. Sugar beet seed institute, pp 24, Final report of project. [In Persian].

Rajabi, A., Ahmadi, M., Azizpour, M.H., Nemati, R., Ourazizadeh, M.R., & Jamali, H. (2019). Study of agronomic characteristics and bolting resistance of foreign sugar beet varieties in autumn-sown regions. Sugar beet seed institute, pp 31. Final report of project. [In Persian].

Rajabi, A., Rezai, J., Darabi, S., Saberi, A.R., Hasanvandi, M.S., Khedri, G.H., Fathirad, M.H., Shahmoradi, S.H., Ahmadi, M., Abdollahi, K., Bakhtiari, K., & Jazaeri Nooshabadi, M.R. (2021). Study of yield, quality and bolting resistance of foreign sugar beet varieties in autumn-sown regions. Sugar beet seed institute, pp 23, Final report of project. [In Persian]

Reinfeld, E., Emmerich, G., Baumgarten, C., Winner & Beiss, U. (1974). Zur Voraussage des Melassez zuckersaus Ruben analysen Zucker. Chapman & Hall, World Crop Series.

Reinsdorf, E., Koch, H.J., Loel, J., & Hoffmann, C. (2014). Yield of bolting winter beet (*Beta vulgaris* L.) as affected by plant density, genotype and environment. *European Journal of Agronomy*, 54, 1-8. https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.11.011

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. *Frontiers in Plant Science*, 7 (1), 1293. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01293

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 Research*, 95 (2-3), 103-114. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.12.004

Rossi, V., Meriggi, P., Biancardi, E., & Rosso, F. (2000). Effect of Cercospora leaf spot on sugar beet growth, yield and quality, *Cercospora beticola* Sacc. biology, agronomic influence and control measures in sugar beet, pp. 49-76.

Sadeghzadeh Hemayati, S., Shirzadi, M., Aghaeezadeh, M., Taleghani, D., Javaheri, M., & Aliasghari, A. (2012). Evaluation of sowing and harvesting date effects on yield and quality of five sugar beet cultivars in jiroft region (autumn planting). *Journal of Sugar Beet*, 28 (1), 42-25. https://doi.org/10.22092/jsb.2012.659 [In Persian].

Schnepel, K., & Hoffmann, C. (2016). Effect of extending the growing period on yield formation of sugar beet. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 202 (6), 530-541.https://doi.org/10.1111/jac.12153

Skaracis, G.N., & Biancardi, E. (2000). Breeding for Cercospora resistance in sugar beet. In: *Cercospora beticola* Sacc. Biology, Agronomic Influence and Control Measures in Sugar Beet, Vol. 2, eds. pp. 177-196.

Streibie, J.C, Ritz, C., Pipper, C.B., Yndgaard, F., Fredlund, K., & Thomsen, J.N. (2009).Sugar beet, bioethanol, and climate change. In IOP Conference Series. *Earth and Environmental Science*, 6 (24), IOP Publishing.

Taleghani, D., Saremirad, A., Hosseinpour, M., Ahmadi, M., Hamidi, H., & Nemati, R. (2022). Genotype × Environment interaction effect on white sugar yield of winter-sown short-season sugar seet (*Beta vulgaris* L.) cultivars. *Seed and Plant Journal*, 38 (1), 53-69. https://doi.org/10.22092/spj.2022.360021.1275 [In Persian].

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 Production Journal*, 27 (2), 355-371. https://doi.org/10.22092/sppj.2017.110442 [In Persian].

Taleghani, D., Rajabi, A., Saremirad, A., & Khodadadi, SH. (2023). Genotype-enviroment interaction analysis and selection of sugar beet stable genotype in terms of white sugar yield using AMMI model. *Plant Pruductions*,46 (2), 155-169. https://doi.org/10.22055/ppd.2023.43177.2089 [In Persian].

Taleghani, D., Mohammadian, R., & Sadeghzadeh hemayati, S. (2014). Guide to planting, planting and harvesting autumn sugar beet. Agricultural Education Publications, First Edition, pp,194. [In Persian].