

Research Paper

Evaluation of Resistance to Root Aphid in some Sugar Beet Cultivars and its Effect on their Quantitative and Qualitative Yields

Heydar Azizi¹, Esmail Alizadeh², Valiollah Yousefabi³ and Hamed Mansouri⁴

1- Sugar Beet Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran,
(Corresponding Author: heydar.azizi@gmail.com)

2- Plant Protection Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran

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

4- Sugar Beet Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Hamedan, Iran

Accepted: 27 February, 2024

Received: 9 May, 2024

Extended Abstract

Background: About 30% of the world's sugar needs are provided by sugar beet and sugar cane. Many biotic factors, such as pests, diseases, and weeds, decrease production and damage sugar beet fields. To bring sugar beet production to its real potential and maintain it at this level, it is necessary to identify biotic stress-causing factors, determine their individual role in reducing the yield, and investigate their management and control methods. One of the pests of sugar beet is the root aphid that settles on the secondary roots and causes dwarfism and wilting of the plants by feeding on plant sap. It also causes a decrease in root weight and a 30-36% decrease in sugar content. Due to the special conditions of the aphid's life under the soil, the effect of the aphid's white wax secretions on soil non-wetting by the poison solution, and the lack of a suitable systemic poison, the use of chemical poisons in the form of soil-water is not recommended in controlling this pest. Therefore, the most effective method for managing this pest in sugar beet fields is to use resistant and tolerant cultivars. Therefore, this research aimed to evaluate the resistance of domestic and foreign cultivars to this type of aphid. This study also investigates the effect of this pest on their quantitative and qualitative yields to use them or their ancestors in future breeding programs to produce resistant cultivars.

Methods: The resistance to root aphid of eight sugar beet cultivars (Asia, Arta, Dena, Shokoofa, biopolymerized Shokoofa, Nika, Palma, and BTS505) and the effect of this pest on their quantitative and qualitative yields were evaluated in a pilot experiment based on a randomized complete block design with four replications in the West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, agricultural education center of Miandoab city, in 2023 crop season. To this aim, sugar beet root aphid was sampled by harvesting 20 sugar beet roots (four replicates per cultivar) in the middle of September. The samples were grouped into four resistant, semi-resistant (tolerant), sensitive, and very sensitive groups based on the percentage of sugar beet roots infected with aphids. Traits related to quantitative and qualitative yields were also measured after harvesting.

Results: The results of the analysis of variance showed that the effect of the cultivar was significant on all measured traits ($p \geq 0.01$). The highest and lowest values of the genotypic and phenotypic coefficients of variation belonged to the percentage of aphid-infected roots (46.52% and 46.73%, respectively) and the sugar extraction coefficient (4.55% and 4.69%, respectively).

Based on the results from mean comparisons for the cultivars, the highest and lowest values of the root yield trait was measured in BTS505 and Palma foreign cultivars with 82.35 and 62.81 t.ha⁻¹, respectively, which were placed in two statistical groups. However, the average root yield of the Palma cultivar with the lowest root yield was not significantly different from the Shokoofa cultivar (64.41 t.ha⁻¹). The highest sugar content trait belonged to the BTS505 foreign cultivar (16.86%), and the lowest values were obtained for the Palma foreign cultivar and the Shokoofa domestic cultivar (12.65 and 13.01%, respectively). No significant differences were observed between the domestic and foreign cultivars in the averages of the root yield trait (69.56 and 72.58 t.ha⁻¹, respectively) and sugar content (14.25 and 14.75%, respectively). This indicates the genetic progress of the newly introduced domestic hybrid cultivars in terms of these two important traits that influence the final yield of sugar. In terms of the percentage of aphid-infected roots, the



studied cultivars were placed in three statistical groups. As such, BTS505 and Asia cultivars with the lowest infection percentage were in the first group (as resistant cultivars), Arta, Dena, biopolymerized Shokoofa, and Nika cultivars with moderate levels of infection were assigned to the second group (as semi-resistant or tolerant cultivars), and two cultivars, Palma and Shokoofa, were placed in the third group as sensitive cultivars.

Conclusion: The use of chemical pesticides to control this pest should be reduced due to environmental, health, and economic considerations. On the other hand, the improper efficiency of many available pesticides necessitates the use of resistant and tolerant varieties of sugar beet to this pest (BTS505 and Asia as resistant cultivars) as the main management solution. Due to their genetic resistance to rhizomania and nematode diseases, they can be used for cultivation in many beet-growing areas of Iran. However, it is suggested to compare more different cultivars to be examined and evaluated in different years and places with different climatic conditions, which can finally be recommended with more confidence.

Keywords: Aphid, Domestic and foreign cultivars, Quantitative and qualitative yields, Resistance, Sugar beet

How to Cite This Article: Azizi, H., Alizadeh, E., Yousefabadi, V., & Mansouri, H. (2024). Evaluation of Resistance to Root Aphid of Some Different Sugar Beet Cultivars and its Effect on their Quantitative and Qualitative Yield. *J Crop Breed*, 16(3), 104-113. DOI: 10.61186/jcb.16.3.104



مقاله پژوهشی

ارزیابی مقاومت به شته ریشه برخی ارقام مختلف چغندر قند و تأثیر آن بر عملکرد کمی و کیفی آنها

حیدر عزیزی^۱ ID، اسماعیل علیزاده^۲، ولی اله یوسف آبادی^۳ و حامد منصوری^۴

- ۱- بخش تحقیقات چغندر قند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران، (نویسنده مسول: heydar.azizi@gmail.com)
- ۲- بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران
- ۳- مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
- ۴- بخش تحقیقات چغندر قند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۰۸

صفحه: ۱۰۴ تا ۱۱۳

چکیده مسوط

مقدمه و هدف: حدود ۳۰ درصد شکر مورد نیاز جهان، توسط زراعت چغندر قند و مابقی آن از نیشکر تأمین می‌گردد. عوامل زنده متعددی از جمله آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز موجب کاهش تولید و بروز خسارت در مزارع چغندر قند می‌گردند. برای رساندن تولید زراعت چغندر قند به پتانسیل واقعی خود و حفظ آن در این سطح، ضرورت دارد تا ضمن شناسایی عوامل تنش‌زای زنده، نقش هر یک از آن‌ها در کاهش محصول تعیین و روش‌های مدیریت و کنترل آن‌ها بررسی و مشخص شوند. از جمله آفات چغندر قند، شته ریشه می‌باشد که بر روی ریشه‌های فرعی مستقر شده و با تغذیه از شیره گیاهی موجب کوتلگی و پژمردگی بوته‌ها و همچنین موجب کاهش وزن ریشه و کاهش ۳۰-۳۶ درصد عیار قند (درصد قند ناخالص) می‌شود. به دلیل شرایط خاص زندگی شته در زیر خاک و تأثیر ترشحات سفید مومی شته بر عدم خیساندن خاک توسط محلول سم و همچنین به دلیل عدم وجود یک سم سیستمیک مناسب، استفاده از سموم شیمیایی به صورت خاک‌آب در کنترل این آفت توصیه نمی‌شود و بنابراین کارترین روش مدیریت این آفت در مزارع چغندر قند، استفاده از ارقام مقاوم و متحمل می‌باشد. بنابراین این پژوهش با هدف ارزیابی مقاومت ارقام مختلف داخلی و خارجی به این نوع شته و بررسی تأثیر این آفت بر عملکرد کمی و کیفی آن‌ها انجام گرفت که در آینده بتوان از آن‌ها و یا اجدادشان در برنامه‌های مختلف به‌نژادی تولید ارقام مقاوم استفاده نمود.

مواد و روش‌ها: به منظور ارزیابی مقاومت به شته ریشه، هشت رقم مختلف چغندر قند (شامل ارقام ایرانی آسیا، آرتا، دنا، شکوفا، شکوفای بیوپلیمر شده، نیکا و ارقام خارجی Palma و BTS505) و تأثیر این آفت بر عملکرد کمی و کیفی آن‌ها، آزمایشی به صورت پابلوت و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۱۴۰۲ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، مرکز آموزش کشاورزی شهرستان میاندوآب اجرا گردید. به منظور ارزیابی سطح مقاومت ارقام مورد ارزیابی، نمونه‌برداری از شته ریشه چغندر قند با خارج نمودن تعداد ۲۰ عدد ریشه چغندر قند (چهار تکرار از هر رقم) از خاک در اواسط شهریور ماه انجام گردید و نمونه‌ها بر اساس درصد ریشه‌های چغندر قند آلوده به شته به چهار گروه مقاوم، نیمه‌مقاوم (متحمل)، حساس و خیلی حساس گروه‌بندی شدند. همچنین بعد از برداشت، صفات مرتبط با عملکرد کمی و کیفی چغندر قند اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم بر کلیه صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) معنی‌دار بود. همچنین بیشترین و کمترین مقدار ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی به ترتیب مربوط به صفات درصد ریشه‌های آلوده به شته (به ترتیب ۴۶/۵۲ و ۴۶/۷۳ درصد) و ضریب استحصال شکر (به ترتیب ۴/۵۵ و ۴/۶۹ درصد) بود. بر اساس نتایج حاصل از مقایسات میانگین ارقام، بیشترین و کمترین مقدار صفت عملکرد ریشه به ترتیب مربوط به رقم خارجی BTS505 و Palma به ترتیب با ۸۲/۳۵ و ۶۲/۸۱ تن در هکتار بود که در دو گروه مختلف آماری قرار گرفتند که البته اختلاف بین میانگین عملکرد ریشه رقم Palma با کمترین عملکرد ریشه با رقم داخلی شکوفا معمولی (۶۴/۴۱ تن در هکتار) معنی‌دار نبود. به لحاظ صفت درصد قند ناخالص (عیار قند)، بیشترین مقدار آن به رقم خارجی BTS505 (۱۶/۸۶ درصد) و کمترین آن به رقم خارجی Palma و رقم داخلی شکوفا معمولی (به ترتیب با ۱۲/۶۵ و ۱۳/۰۱ درصد) تعلق داشت. همچنین، اختلاف چندانی بین میانگین ارقام داخلی و خارجی به لحاظ صفات عملکرد ریشه (به ترتیب با ۶۹/۵۶ و ۷۲/۵۸ تن در هکتار) و درصد قند ناخالص (به ترتیب با ۱۴/۲۵ و ۱۴/۷۵ درصد) مشاهده نگردید که حاکی از پیشرفت ژنتیکی ارقام هیبرید جدید داخلی معرفی شده به لحاظ این دو صفت مهم و تأثیرگذار بر عملکرد نهایی قند می‌باشد. به لحاظ صفت درصد ریشه‌های آلوده به شته، ارقام مورد مطالعه در سه گروه مختلف آماری قرار گرفتند، به طوری که ارقام BTS505 و آسیا با کمترین درصد آلودگی در گروه اول (به عنوان ارقام مقاوم)، ارقام آرتا، دنا، شکوفا بیوپلیمر و نیکا با حد متوسط آلودگی در گروه دوم (به عنوان ارقام نیمه‌مقاوم یا متحمل) و دو رقم Palma و شکوفا معمولی به عنوان ارقام حساس در گروه سوم قرار گرفتند.

نتیجه‌گیری: با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی، بهداشتی و اقتصادی در جهت کاهش مصرف سموم شیمیایی برای کنترل این آفت و از طرفی عدم کارایی مناسب بسیاری از سموم موجود در بازار، استفاده از ارقام مقاوم و متحمل چغندر قند به این آفت (دو رقم BTS505 و آسیا به عنوان ارقام مقاوم) می‌تواند به عنوان راهکار اصلی مدیریتی همواره مدنظر قرار گیرد و از طرفی با توجه به مقاومت ژنتیکی آن‌ها به بیماری‌های ریزومانی و نامتد، می‌تواند برای کشت در بسیاری از مناطق چغندر کاری کشور مورد استفاده قرار گیرند. البته پیشنهاد می‌گردد ضمن مقایسه ارقام بیشتر و متنوع‌تر، این ارقام در سال‌ها و مکان‌های با شرایط اقلیمی متفاوتی نیز مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرند که در نهایت بتوان با اطمینان بیشتری نسبت به توصیه آن‌ها اقدام نمود.

واژه‌های کلیدی: ارقام داخلی و خارجی، چغندر قند، شته، عملکرد کمی و کیفی، مقاومت

مقدمه

۵۵/۵۶ تن در هکتار می‌باشد (FAO, 2022). این میزان تولید در کشور معادل ۸/۸۱ درصد از کل میزان تولید محصولات زراعی و ۵۱/۸۵ درصد از کل میزان تولید محصولات صنعتی می‌باشد. استان‌های آذربایجان غربی و کرمان به ترتیب با ۲۳/۹۷ و ۰/۰۳ درصد از تولید کشور در جایگاه‌های نخست و آخر قرار دارند (Agricultural statistics, 2022). اهمیت

چغندر قند (*Beta vulgaris L.*) از جمله محصولات است که اهمیت راهبردی روزافزونی را در بخش کشاورزی دارا می‌باشد. میزان تولید چغندر قند در جهان حدود ۲۶۱ میلیون تن با میانگین عملکرد ۶۰/۷۶ تن در هکتار برآورد شده است، که این میزان در کشور برابر با پنج میلیون تن با میانگین عملکرد

چغندر قند در شمال اصفهان انجام گرفت، نتایج نشان داد که در تراکم جمعیت آفت در مقیاس‌های آلودگی یک تا سه موجب کاهش معنی‌دار عیار قند نشد، اما در مقیاس چهار، خسارت اقتصادی بود. این در حالی بود که علی‌رغم سایر گزارشات، کاهش عملکرد محصول در هیچ‌یک از سطوح آلودگی معنی‌دار نبود. همچنین مقاومت به شته ریشه چغندر قند در نه ژنوتیپ مختلف تحت شرایط آزمایشگاهی توسط محسنی و همکاران (Mohseni et al., 2010) مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج بدست آمده، رقم سیمین ۱ در گروه خیلی حساس، ژنوتیپ BR₁ کرج در گروه حساس و دو رقم دزالیبت و پلی‌راو در گروه ژنوتیپ‌های نیمه مقاوم به شته ریشه چغندر قند قرار گرفتند. نتایج حاصل از بررسی مقاومت ۱۲ ژنوتیپ چغندر قند به شته ریشه و ارزیابی تأثیر آن بر کاهش عیار قند رقم دوروتی نشان داد که از میان ۱۲ ژنوتیپ مورد آزمایش، لاین 19610 در گروه خیلی حساس، اتایپ A37.1 و سیمین ۲ در گروه حساس، ژنوتیپ‌های Polyrave، Jit13، 19548 و اتایپ (O-Type) در گروه C2 در گروه نیمه‌مقاوم و دو رقم Branco و Chincko در گروه ارقام مقاوم به شته ریشه چغندر قند جای گرفتند. همچنین نتایج نشان داد که در شرایط زراعی، این آفت باعث کاهش معنی‌دار عیار قند در رقم دوروتی گردید (Mohseni Amin, 2018).

به دلیل شرایط خاص زندگی شته در زیر خاک و تأثیر ترشحات سفید مومی شته بر عدم خیساندن خاک توسط محلول سم و همچنین به دلیل عدم وجود یک سم سیستمیک مناسب، استفاده از سموم شیمیایی به صورت خاک‌آب در کنترل این آفت توصیه نمی‌شود و بنابراین کارترین روش مدیریت این آفت در مزارع چغندر قند، استفاده از ارقام مقاوم و متحمل می‌باشد (Zarrabi, 2007). با توجه به بروز خشکسالی و کم‌آبی در مناطق مختلف چغندرکاری کشور و مخصوصاً استان آذربایجان غربی (دارای رتبه اول به لحاظ سطح زیر کشت و تولید در کشور)، امکان افزایش خسارت این آفت در آینده دور از تصور نیست. بنابراین این پژوهش با هدف ارزیابی مقاومت هشت رقم مختلف (شش رقم داخلی و دو رقم خارجی) به این نوع شته و بررسی تأثیر این آفت بر عملکرد کمی و کیفی آن‌ها انجام گرفت که در آینده، بتوان از آن‌ها و یا اجدادشان در برنامه‌های مختلف به‌نژادی تولید ارقام مقاوم استفاده نمود.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی مقاومت به شته ریشه هشت رقم مختلف چغندر قند (شامل ارقام ایرانی آسیا، آرتا، دنا، شکوفای معمولی، شکوفای بیوپلیمر شده (استفاده از مواد بیوپلیمری در پوشش بذری، نیکا و ارقام خارجی Palma و BTS505) (جدول ۱) و تأثیر این آفت بر عملکرد کمی و کیفی آن‌ها، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۱۴۰۲ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، مرکز آموزش کشاورزی شهرستان میاندوآب (کیلومتر پنج جاده میاندوآب-مهاباد و در موقعیت جغرافیایی ۴۶ درجه و ۸۵ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه ۵۱ دقیقه عرض شمالی و با ارتفاع ۱۳۱۲ متری از سطح دریای آزاد) اجرا گردید.

بالای مصرف قند به‌عنوان یکی از اقلام مهم در سید کالای خانوارهای ایرانی از یک سو، تأمین بخش اعظمی از نیاز داخل از طریق واردات از سوی دیگر و همچنین کاهش عملکرد ناشی از تأثیر منفی انواع تنش‌های غیرزیستی (کم‌آبی، شوری و ...) و زیستی (آفات، بیماری‌ها و ...)، لزوم سرمایه‌گذاری در زمینه افزایش عملکرد کمی و کیفی چغندر قند از طریق روش‌های مختلف به‌زراعی و به‌نژادی را تبیین نموده و بنابراین در استقلال اقتصادی و سیاسی کشور، می‌تواند نقش بسیار مؤثری داشته باشد (Azizi et al., 2021).

حدود ۳۰ درصد شکر مورد نیاز جهان، توسط زراعت چغندر قند و مابقی آن از نیشکر تأمین می‌گردد. سازگاری زراعت چغندر قند به شرایط آب و هوایی متفاوت، امکان توسعه کشت آن در مناطق مختلف اقلیمی را فراهم نموده است. در طول دهه‌های اخیر اقدامات به‌نژادی روی این گیاه و ارائه ارقام با عملکرد بالا، زراعت چغندر قند را در بسیاری از کشورها جزو کشت‌های با توجه اقتصادی مناسب نموده است. با وجود این عوامل زنده متعددی از جمله آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز موجب کاهش تولید و بروز خسارت در مزارع چغندر قند می‌گردند. برای رساندن تولید زراعت چغندر قند به پتانسیل واقعی خود و حفظ آن در این سطح، ضرورت دارد تا ضمن شناسایی عوامل تنش‌زای زنده، نقش هر یک از آن‌ها در کاهش محصول تبیین و روش‌های مدیریت و کنترل آن‌ها بررسی و مشخص شوند (Pourrahim et al., 2016).

از جمله آفات چغندر قند، شته ریشه *P. fuscicornis* (Homoptera: Pemphigidae) می‌باشد که بر روی ریشه‌های فرعی مستقر شده و با تغذیه از شیره گیاهی موجب کوتولگی و پژمردگی بوته‌ها می‌شوند. در آلودگی بالای ریشه چغندر قند به این آفت، ریشه‌های ثانویه از بین رفته و ریشه‌های اصلی پژمرده می‌شوند. علائم ظاهری بوته‌ها شبیه تنش خشکی بوده، به طوری که برگ‌ها زرد شده و در نهایت رشد بوته متوقف می‌شود. در آلودگی سنگین ممکن است تا بیش از ۶۰۰۰ شته روی هر ریشه دیده شود (Mohseni et al., 2010). شته ریشه موجب کاهش وزن ریشه و همچنین کاهش ۳۰-۳۶ درصد عیار قند (درصد قند ناخالص) می‌شود. در ایالات متحده آمریکا، استفاده از ارقام مقاوم برای مدیریت این آفت بسیار معمول می‌باشد (Anonymous, 2007; Frolov, 2007). این آفت تا چند سال پیش از اهمیت زیادی برخوردار نبود و گسترش آن محدود به برخی نقاط در کشور می‌شد. اما هم‌اکنون در اکثر مناطق چغندرکاری کشور از جمله آذربایجان غربی، خراسان رضوی، کرمانشاه و ... در فصول مختلف سال به‌صورت حشره کامل و پوره جمع‌آوری شده است. تا جایی که در سال‌های اخیر آلودگی مزارع چغندر قند به شته، همواره به‌عنوان یکی از معضلات اصلی تولید در این مناطق مطرح بوده است (Mohseni Amin, 2018). این آفت در ایران برای اولین بار در سال ۱۳۷۴ از اصفهان گزارش شد (Ahmadi et al., 1995).

در مطالعه‌ای که توسط ضرابی (Zarrabi, 2007) به‌منظور بررسی تأثیر شته *P. fuscicornis* بر عملکرد کمی و کیفی

جدول ۱- لیست ارقام مختلف چغندر قند مورد بررسی

ردیف	رقم	شرکت / (تیپ)	خصوصیت	ردیف	رقم	شرکت / (تیپ)	خصوصیت
No.	Cultivar	Co./Type	Characteristic	No.	Cultivar	Co./Type	Characteristic
1	آسیا	SBSI (N)	مقاوم به ریزومانیا و نماتد	5	شکوفای بیوپلیمر	SBSI (N)	مقاوم به ریزومانیا و نماتد
2	آرتا	SBSI (N)	مقاوم به ریزومانیا و نماتد	6	نیکا	SBSI (N)	مقاوم به ریزومانیا و نماتد
3	دنا	SBSI (Z)	مقاوم به ریزوکتونیا و ریزومانیا	7	پالما	Maribo Seed (NZ)	مقاوم به بولتینگ و سرکوسپورا
4	شکوفای	SBSI (N)	مقاوم به ریزومانیا و نماتد	8	BTS505	Betaseed (NZ)	مقاوم به ریزومانیا و نماتد

SBSI: Sugar Beet Seed Institute

N: محصول ریشه آن کمتر از نوع E است اما درصد قند آن بیشتر و حدود ۱۶ درصد است. دوره رشد آن حدود ۱۸۰-۲۱۰ روز می‌باشد.

Z: متوسط وزن ریشه آن حدود ۶۰۰ گرم با قند حدود ۱۷-۱۸ درصد است. دوره رشد آن حدود ۱۵۰-۱۸۰ روز است.

NZ: خصوصیاتی شبیه تیپ N دارد اما درصد قند آن بیشتر می‌باشد.

NZ: It has characteristics similar to N type, but its sugar percentage is higher.

منطقه و در حد نیاز محصول انجام شد. به منظور ارزیابی سطح مقاومت ارقام مورد ارزیابی، نمونه برداری از شته ریشه چغندر قند با خارج نمودن تعداد ۲۰ عدد ریشه چغندر قند (چهار تکرار از هر رقم) از خاک در اواسط شهریور ماه انجام گردید. ریشه‌های آلوده به شته ریشه بر اساس میزان آلودگی سطح ریشه چغندر قند به شرح ذیل (Campbell and Hatchiosn, 1995) رتبه بندی شدند.

پس از آماده سازی زمین به روش مطلوب (شامل شخم، دیسک، تسطیح و کرت بندی)، کلیه ارقام در دهه اول فروردین ماه در قالب آزمایش پایلوت با کشت ۱۲ خط به طول ۲۰۰ متر از هر رقم، فاصله خطوط ۵۰ سانتی متر و فاصله بوته‌ها روی خطوط ۱۸ سانتی متر مورد ارزیابی قرار گرفتند. در طول دوره رشد عملیات داشت (آبیاری، کوددهی، عملیات کولتیوایسیون، مبارزه با علف‌های هرز، مبارزه با آفات و ...) بر اساس عرف

جدول ۲- شاخص‌های استاندارد برای رتبه بندی ارقام به لحاظ میزان مقاومت به شته ریشه چغندر قند

خصوصیت	رتبه مورد نظر	درصد ریشه‌های چغندر قند آلوده به شته
Characteristic	Rank	The percentage of sugar beet roots infected with aphids
مقاوم	1	0-25
Resistant		
نیمه مقاوم (متحمل)	2	25-50
Semi resistant (Tolerant)		
حساس	3	50-75
sensitive		
خیلی حساس	4	75>
hypersensitive		

چغندر قند)، عملکرد قند ناخالص (SY) و خالص (WSY) (بر حسب تن در هکتار)، درصد قند خالص (WSC) (بر حسب گرم شکر در ۱۰۰ گرم چغندر قند) و ضریب استحصال شکر (ECS) (بر حسب درصد شکر) و ضریب کلیاتیت (AIC) از روابط زیر استفاده شد.

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

$$MS = 0.343 (K + Na) + 0.094 (\alpha\text{-amino N}) - 0.31 \quad (\text{رابطه ۲})$$

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

(Reinfeld *et al.*, 1974)

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

(Cook and Scott, 1993)

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

$$AIC = \frac{K + Na}{\alpha\text{-amino N}} \quad (\text{رابطه ۶})$$

همچنین ضریب تغییرات ژنوتیپی (GCV) و فنوتیپی (PCV) به ترتیب با استفاده از واریانس ژنوتیپی (σ_g^2) و واریانس

همچنین به منظور ارزیابی عملکرد کمی و کیفی ارقام، برداشت و توزین ریشه‌ها در نیمه دوم مهرماه صورت گرفت. در مرحله برداشت، از هر رقم به طور کاملاً تصادفی چهار تکرار برداشت و عملکرد ریشه (RY) برای هر رقم بر حسب تن در هکتار تبدیل شد. به منظور خمیرگیری، از محصول هر کرت، تعداد ۴۰ عدد ریشه به طور تصادفی به عنوان نمونه انتخاب شدند. ریشه‌ها شستشو و توزین شده، خمیر (پلپ) در آزمایشگاه تهیه و بعد از انجام برای تجزیه‌های آزمایشگاهی و تعیین صفات درصد قند ناخالص، ناخالصی‌های ریشه شامل میزان نیتروژن مضره، سدیم و پتاسیم به آزمایشگاه تکنولوژی قند مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند (واقع در کرج) ارسال شد. در آزمایشگاه، درصد قند ناخالص (SC) به روش پلاریمتری (بر حسب گرم شکر در ۱۰۰ گرم چغندر قند)، مقدار پتاسیم (K) و سدیم (Na) ریشه به روش فلیم فوتومتری و مقدار نیتروژن مضره ($\alpha\text{-amino N}$) به روش عدد آبی (بر حسب میلی اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه) اندازه‌گیری شدند. جهت تخمین میزان قند ملاس (بر حسب گرم شکر در ۱۰۰ گرم

بلوک‌های کامل تصادفی برای کلیه صفات مورد بررسی نشان داد که اثر رقم بر کلیه صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک درصد ($p < 0.01$) معنی‌دار بود. به عبارتی، پاسخ ارقام از لحاظ صفات مورد ارزیابی متفاوت بوده است (جدول ۳). معنی‌دار بودن اختلاف بین ارقام دلالت بر تنوع زیاد میان آن‌ها به لحاظ صفات مورد بررسی می‌باشد.

بررسی ضرایب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی (جدول ۳) نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی به ترتیب مربوط به صفات درصد ریشه‌های آلوده به شکر (به ترتیب ۴۶/۵۲ و ۴۶/۷۳) و ضریب استحصال شکر (به ترتیب ۴/۵۵ و ۴/۶۹) بود. همانطور که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود، برای اکثر صفات بین میزان ضرایب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی اختلاف چندانی مشاهده نمی‌گردد که نشان دهنده توجه بخشی کمی از تغییرات این صفات توسط محیط و به عبارتی عدم تأثیرپذیری شدید این صفات از تغییرات محیطی می‌باشد. بنابراین انتخاب مواد گیاهی در برنامه‌های مختلف به‌زادای بر اساس این صفات و از نظر فنوتیپی می‌توانند معیار مناسبی برای گزینش باشند (Azizi et al., 2017).

فنوتیپی (σ_{ph}^2) و همچنین میانگین صفات (\bar{x}) و بر اساس روابط زیر محاسبه شدند (Azizi et al., 2017).

$$GCV = \frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{\bar{x}} \times 100, (\sigma_g^2 = \frac{MS_g - MS_e}{r}) \quad (\text{رابطه ۷})$$

$$PCV = \frac{\sqrt{\sigma_{ph}^2}}{\bar{x}} \times 100, (\sigma_{ph}^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2) (\sigma_e^2 = MS_e) \quad (\text{رابطه ۸})$$

در نهایت، برای ثبت داده‌ها، رسم نمودارها و انجام تبدیل‌های لازم برای صفت تعداد ریشه از نرم‌افزار Excel و برای تجزیه آن‌ها و محاسبات آماری از نرم‌افزار SAS نسخه 9.0 استفاده گردید.

نتایج و بحث

قبل از تجزیه داده‌ها، فرض نرمال بودن توزیع خطاهای آزمایشی بر اساس روش‌های کولموگراف-اسمیرنوف و شاپیروویلیک مورد آزمون قرار گرفت که نتایج حاکی از نرمال بودن آن برای کلیه صفات مورد ارزیابی غیر از صفت درصد ریشه‌های آلوده بود که برای نرمال‌سازی آن از تبدیل لگاریتمی استفاده گردید. نتایج حاصل از تجزیه واریانس بر اساس طرح

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی

Table 3. The ANOVA results of assessed traits

میانگین مربعات Mean of square													درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
PIR	WSY	SY	MS	ECS	WSC	Alc	N	K	Na	SC	RY			
0.42 ^{ns}	0.2 ^{ns}	0.4 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.3 ^{ns}	0.07 ^{ns}	1.9 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.1 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.1 ^{ns}	8.7 ^{ns}	3	تکرار Rep.	
1140.2 ^{**}	15.8 ^{**}	17.2 ^{**}	0.26 ^{**}	51.96 ^{**}	10.1 ^{**}	24.4 ^{**}	0.06 ^{**}	1.4 ^{**}	1.7 ^{**}	7.5 ^{**}	149.9 ^{**}	7	رقم Cul.	
2.51	0.18	0.23	0.01	0.8	0.13	0.9	0.002	0.02	0.03	0.1	6.2	21	خطا Error	
36.25	7.96	10.04	2.4	78.6	11.3	12.1	0.66	3.8	4.1	14.4	70.3	-	میانگین Mean	
46.52	24.82	20.52	10.42	4.55	13.97	20.03	18.24	15.46	15.76	9.44	8.52		ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	
46.73	25.38	21.06	11.22	4.69	14.32	21.52	19.46	15.79	16.36	9.70	9.23		ژنوتیپی Genotypic	
														فنوتیپی Phenotypic

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

^{ns} and ^{**}: Non significant and significant at 0.01 probability level.

RY: عملکرد ریشه (تن در هکتار); SC و WSC: درصد قند ناخالص و خالص; SY و WSY: عملکرد ریشه (تن در هکتار); N و K: Na: به ترتیب میزان سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره ریشه (میلی اکی‌والان گرم در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه); ECS: ضریب استحصال شکر (درصد); MS: درصد قند ملاس; Alc: ضریب قلیائیت; PIR: درصد ریشه‌های آلوده.

RY: Root yield; SC and WSC: Sugar content and white sugar content; SY and WSY: Sugar yield and white sugar yield; Na, K and N: Root Sodium, Potassium and α -amino nitrogen content, respectively; ECS: Extraction coefficient of sugar; MS: Molasses sugar; Alc: Alkalinity; PIR: Percent of infected root.

Palma BTS505 (۱۶/۸۶ درصد) و کمترین آن به رقم خارجی ۱۳/۰۱ و رقم داخلی شکوفا معمولی (به ترتیب با ۱۲/۶۵ و ۱۳/۰۱ درصد) تعلق داشت (جدول ۴). اختلاف چندانی بین میانگین ارقام داخلی و خارجی به لحاظ صفات عملکرد ریشه (به ترتیب با ۶۹/۵۶ و ۷۲/۵۸ تن در هکتار) و درصد قند ناخالص (به ترتیب با ۱۴/۲۵ و ۱۴/۷۵ درصد) مشاهده نگردید که حاکی از پیشرفت ژنتیکی ارقام هیبرید جدید داخلی معرفی شده به لحاظ این دو صفت مهم و تأثیرگذار بر عملکرد نهایی قند می‌باشد. کمترین میزان سدیم ریشه در رقم خارجی BTS505 و سپس در رقم داخلی آسیا (به ترتیب ۲/۹۹ و ۳/۳۲ میلی اکی‌والان گرم در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه) و کمترین مقادیر پتاسیم و سدیم (به ترتیب ۲/۷۲ و ۰/۵۳ میلی اکی‌والان گرم در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه) به ترتیب در ارقام داخلی آرتا و دنا مشاهده گردید که حاکی از کاهش میزان ناخالصی‌های ریشه در ارقام هیبرید جدید

نتایج حاصل از مقایسه میانگین ارقام به روش دانکن برای کلیه صفات در جدول ۴ ارائه شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، بیشترین و کمترین مقدار صفت عملکرد ریشه به ترتیب مربوط به رقم خارجی BTS505 و رقم خارجی Palma به ترتیب با ۸۲/۳۵ و ۶۲/۸۱ تن در هکتار بود که در دو گروه مختلف آماری قرار گرفتند که البته اختلاف بین میانگین عملکرد ریشه رقم Palma با کمترین عملکرد ریشه با رقم داخلی شکوفا معمولی (۶۴/۴۱ تن در هکتار) معنی‌دار نبود. اختلاف بین رقم BTS505 به لحاظ این عملکرد ریشه با سایر ارقام مورد مطالعه معنی‌دار بود، در حالی که ارقام داخلی آسیا، دنا، شکوفا بیوپلیمر و نیکا به ترتیب با ۷۱/۰۷، ۶۹/۴۴، ۶۹/۳۷ و ۶۸/۳۰ تن در هکتار در یک گروه آماری قرار گرفتند و اختلاف بین آن‌ها به لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۴). به لحاظ صفت درصد قند ناخالص، بیشترین مقدار آن به رقم خارجی

آسیا با ۱۰/۶۰ تن در هکتار در یک گروه آماری و ارقام شکوفا بیوپلیمر و نیکا با ۹/۳۸ و ۹/۵۰ تن در هکتار نیز در گروه دیگر آماری قرار گرفتند. این در حالی است که رقم دنا با ۹/۹۴ تن در هکتار از لحاظ آماری در هر دو گروه مذکور قرار گرفت (جدول ۴). به لحاظ صفت درصد ریشه‌های آلوده به شته، ارقام مورد مطالعه در سه گروه مختلف آماری قرار گرفتند، به طوری که ارقام BTS505 و آسیا با کمترین درصد آلودگی در گروه اول (به عنوان ارقام مقاوم)، ارقام آرتا، دنا، شکوفا بیوپلیمر و نیکا با حد متوسط آلودگی در گروه دوم (به عنوان ارقام نیمه مقاوم یا متحمل) و دو رقم Palma و شکوفا معمولی در گروه سوم (به عنوان ارقام حساس) قرار گرفتند (جدول ۴).

داخلی بوده که در نهایت منجر به افزایش ضریب استحصال شکر و افزایش بهره‌وری اقتصادی این ارقام نیز خواهد شد. متوسط ضریب استحصال شکر برای ارقام داخلی و خارجی ۷۸/۶ درصد برآورد گردید که اختلاف بین میانگین ارقام داخلی و خارجی (به ترتیب ۷۸/۳ و ۷۹/۱ درصد) با ۱/۰۲ درصد تغییر معنی‌دار نبود (جدول ۴). بالاترین و کمترین عملکرد قند ناخالص به عنوان عملکرد نهایی محصول به ترتیب مربوط به ارقام خارجی BTS505 (۱۳/۸۹) و Palma (۷/۰۳) تن در هکتار بود که مطابق انتظار این دو رقم به لحاظ عملکرد قند خالص (به ترتیب با ۱۱/۵۸ و ۵/۲۶ تن در هکتار) نیز در جایگاه اول و آخر قرار گرفتند. به لحاظ صفت عملکرد قند ناخالص، رقم

جدول ۴- مقایسه میانگین ارقام مورد مطالعه به لحاظ صفات اندازه‌گیری شده به روش دانکن

Table 4. Comparison of the average of the studied cultivars in terms of measured traits by Duncan' method

رقم Cultivar	PIR	WSY	SY	MS	ECS	WSC	Alc	N	K	Na	SC	RY
آسیا Asia	11.72 ^c	8.58 ^c	10.60 ^c	2.24 ^{de}	80.98 ^b	12.08 ^c	10.92 ^e	0.67 ^{bc}	3.92 ^{bc}	3.32 ^d	14.91 ^c	71.07 ^c
آرتا Arta	39.48 ^b	9.60 ^b	11.61 ^b	2.08 ^f	82.72 ^a	12.86 ^b	10.42 ^e	0.66 ^{bc}	2.72 ^e	4.08 ^c	15.54 ^b	74.80 ^b
دنا Dena	38.95 ^b	7.89 ^d	9.94 ^{cd}	2.36 ^d	79.30 ^c	11.35 ^d	14.57 ^{ab}	0.53 ^e	3.06 ^d	4.58 ^b	14.31 ^d	69.44 ^c
شکوفا Shokoofa	55.95 ^a	6.19 ^f	8.39 ^e	2.82 ^a	73.71 ^f	9.59 ^f	12.95 ^{cd}	0.69 ^b	3.83 ^c	5.11 ^a	13.01 ^e	64.41 ^d
شکوفا بیوپلیمر Biopolymer Shokoofa	38.35 ^b	7.15 ^e	9.38 ^d	2.68 ^{ab}	76.27 ^c	10.56 ^c	15.28 ^a	0.56 ^{de}	4.49 ^a	4.08 ^c	13.84 ^d	69.37 ^c
نیکا Nika	40.38 ^b	7.38 ^{de}	9.50 ^d	2.51 ^c	77.62 ^d	10.80 ^c	11.79 ^{de}	0.68 ^{bc}	3.95 ^{bc}	4.08 ^c	13.91 ^d	68.30 ^c
Palma	54.25 ^a	5.26 ^g	7.03 ^f	2.59 ^{bc}	74.80 ^f	9.46 ^f	13.54 ^{bc}	0.62 ^{cd}	4.11 ^b	4.17 ^c	12.65 ^e	62.81 ^d
BTS505	10.90 ^c	11.58 ^a	13.89 ^a	2.20 ^{ef}	83.40 ^a	14.06 ^a	7.69 ^f	0.92 ^a	4.06 ^{bc}	2.99 ^e	16.86 ^a	82.35 ^a

حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین دو رقم به لحاظ صفت مورد نظر می‌باشد.

Similar letters indicating non-significant difference between the average of two cultivars in terms of the desired trait.

RY: عملکرد ریشه (تن در هکتار)؛ SC و WSC: درصد قند ناخالص و خالص؛ SY و WSY: عملکرد قند ناخالص و خالص (تن در هکتار)؛ Na، K و N: به ترتیب میزان سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره ریشه (میلی اکی‌والان گرم در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه)؛ ECS: ضریب استحصال شکر (درصد)؛ MS: درصد قند ملاس؛ Alc: ضریب قلیائیت؛ PIR: درصد ریشه‌های آلوده.

RY: Root yield; SC and WSC: Sugar content and white sugar content; SY and WSY: Sugar yield and white sugar yield; Na, K and N: Sodium, Potassium and α -amino nitrogen, respectively; ECS: Extraction coefficient of sugar; MS: Molasses sugar; Alc: Alkalinity; PIR: Percent of infected root.

تأکید می‌باشد. کاشت ارقام چغندر قند با مقاومت نسبی بالا در مناطق آلوده به این شته و اجتناب از کاشت ارقام حساس به همراه اجرای مدیریت صحیح آبیاری و جلوگیری از بروز تنش آبی، به عنوان یک راهکار عملی در مدیریت این آفت محسوب می‌گردد (Frolov, 2007; Mohseni et al., 2010).

نتایج ارزیابی ارقام به لحاظ سطح مقاومت به شته ریشه و گروه‌بندی آن‌ها مطابق رویه استاندارد ارائه شده (Campbell and Hatchiosn, 1995) در جدول ۵ خلاصه و ارائه شده است. با توجه به اینکه در حال حاضر شته ریشه در بیشتر مناطق چغندر کاری کشور پراکندگی دارد، بنابراین بررسی حساسیت ژنوتیپ‌ها و ارقام چغندر قند، به خصوص در مورد ارقام جدید مورد

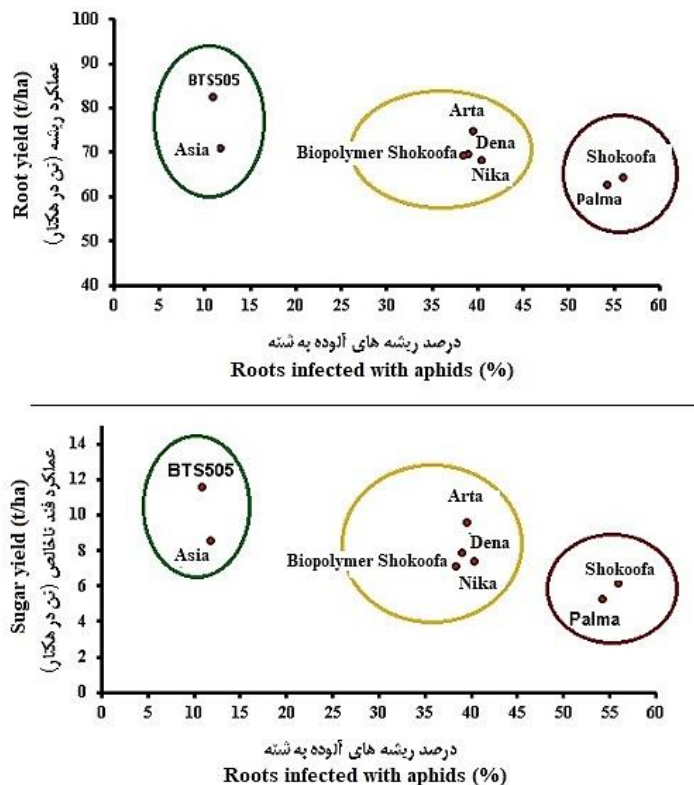
جدول ۵- گروه‌بندی ارقام مورد مطالعه به لحاظ وضعیت مقاومت به شته ریشه چغندر قند

Table 5. Grouping of studied cultivars in terms of sugar beet root aphid resistance status

رقم Cultivar	رتبه مورد نظر Rank	درصد ریشه‌های چغندر قند آلوده به شته The percentage of sugar beet roots infected with aphids
BTS505	1	10.90±0.79
آسیا Asia	1	11.72±0.58
شکوفا بیوپلیمر Biopolymer Shokoofa	2	38.35±1.39
دنا Dena	2	38.95±1.09
آرتا Arta	2	39.48±2.52
نیکا Nika	2	40.38±2.13
Palma	3	54.25±0.85
شکوفا Shokoofa	3	55.95±1.27

ارقام BTS505 و آسیا با حداکثر عملکرد و مقاومت در گروه اول، ارقام آرتا، دنا، نیکا و شکوفا بیوپلیمر با عملکرد و سطح مقاومت متوسط در گروه دوم و ارقام Palma و شکوفا معمولی با عملکرد نسبتاً پایین و حساسیت نسبتاً بالا در یک گروه قرار گرفتند.

جهت شناسایی ارقام با عملکرد ریشه و عملکرد قند ناخالص بالا و درصد ریشه‌های آلوده کمتر (ارقام با سطح مقاومت بالا)، از نمودار دو بعدی جهت گروه‌بندی آن‌ها استفاده شد که نتیجه آن در شکل ۱ ارائه شده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده، هر دو صفت عملکرد ریشه و عملکرد قند ناخالص،



شکل ۱- نمودار دو بعدی جهت گروه‌بندی ارقام بر اساس درصد ریشه‌های آلوده به شته و عملکرد ریشه و عملکرد قند ناخالص (عملکرد نهایی)
Figure 1. Two-dimensional diagram for grouping cultivars based on the percentage of aphid-infected roots and root and sugar yield (final yield).

ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ($p \leq 0.01$) (جدول ۶)، که حاکی از تأثیر آلودگی به این آفت بر سایر صفات مرتبط با عملکرد کمی و کیفی چغندر قند می‌باشد.

معنی‌داری اختلاف بین سه گروه به‌لحاظ کلیه صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از آزمون F و بر اساس طرح کاملاً تصادفی نامتعادل مورد آزمون قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف بین گروه‌های با سطوح مختلف مقاومت به شته ریشه، برای کلیه صفات غیر از صفت میزان پتاسیم

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی برای گروه‌های حاصل از ارزیابی سطح مقاومت آن‌ها

Table 6. The ANOVA results of assessed traits for the groups resulting from the evaluation of their resistance level

میانگین مربعات (MS)													درجه	منابع تغییرات
PIR	WSY	SY	MS	ECS	WSC	Alc	N	K	Na	SC	RY	آزادی	S.O.V	
3982.6**	38.04**	41.16**	0.48**	128.32**	25.13**	43.24**	0.09**	0.72ns	4.76**	18.69**	343.5**	2	گروه	
2.42	1.34	1.52	0.04	4.29	0.81	3.78	0.01	0.30	0.12	0.61	17.86	29	خطا	
36.25	7.96	1.04	2.44	78.60	11.34	12.14	0.66	3.77	4.05	14.38	70.32	-	میانگین	
4.29	14.57	12.27	8.06	2.64	7.94	16.02	14.10	14.63	8.53	5.43	6.01	-	ضریب تغییرات	
													C.V (%)	

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

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

RY: عملکرد ریشه (تن در هکتار); SC و WSC: درصد قند ناخالص و خالص; SY و WSY: عملکرد قند ناخالص و خالص (تن در هکتار); N و K: به ترتیب میزان سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره ریشه (میلی اکی‌والان گرم در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه); ECS: ضریب استحصال شکر (درصد); MS: درصد قند ملاس; Alc: ضریب قلیائیت; PIR: درصد ریشه‌های آلوده.

RY: Root yield; SC and WSC: Sugar content and white sugar content; SY and WSY: Sugar yield and white sugar yield; Na, K and N: Root Sodium, Potassium and α -amino nitrogen content, respectively; ECS: Extraction coefficient of sugar; MS: Molasses sugar; Alc: Alkalinity; PIR: Percent of infected root.

مرتبط با عملکرد کمی و کیفی و سپس کاهش بهره‌وری اقتصادی و بروز خسارت شده است. ضرابی (Zarrabi, 2007) عقیده دارد که خسارت شته *P. fuscicornis* به عملکرد وزن ریشه چغندر قند در ایران بر خلاف گونه *P. betae* در کانادا (Hutchison and Campbell, 1994) اقتصادی نیست. مطالعات پژوهشگر فوق در شمال اصفهان بر اساس شش مقیاس خسارت (۰-۵: بدون آلودگی؛ کمتر از ۲۵؛ ۲۵-۵۰؛ ۵۰-۷۰؛ ۷۰-۹۰؛ بیشتر از ۹۰ درصد آلودگی ریشه به کلنی‌ها و ترشحات مومی شته) نشان داد که در مقیاس‌های آلودگی یک تا سه (یعنی تا ۷۰ درصد آلودگی ریشه) کاهش قند در ریشه معنی‌دار نمی‌شود. اما در مقیاس چهار (بیش از ۷۰ درصد آلودگی ریشه) ممکن است خسارت اقتصادی باشد که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. سایر پژوهشگران مانند Hutchison and Campbell, 1994, (هاچیسون و کمپل، 1995)، محسنی و همکاران (Mohseni et al., 2010) و محسنی امین (Mohseni Amin, 2018) نیز چنین نتایجی (کاهش صفات مرتبط با عملکرد کمی و کیفی ناشی از آلودگی ریشه به شته) را گزارش کردند.

در جدول ۷ نتایج حاصل از مقایسه میانگین سه گروه مقاوم، متحمل و حساس شناسایی شده به لحاظ صفات مورد ارزیابی ارائه شده است. مطابق انتظار بیشترین عملکرد ریشه (۷۶/۷۱) تن در هکتار، درصد قند خالص و ناخالص (به ترتیب ۱۵/۸۹ و ۱۳/۰۷ درصد)، عملکرد قند خالص و ناخالص (به ترتیب ۱۲/۲۴ و ۱۰/۰۸ تن در هکتار) و ضریب استحصال شکر (۸۲/۱۹ درصد) به عنوان معیارهای اصلی عملکرد کمی و کیفی محصول چغندر قند در ارقام مقاوم (BTS505 و آسیا) و کمترین این مقادیر در گروه ارقام حساس (Palma و شکوفا معمولی) مشاهده گردید. بیشترین میزان کاهش ناشی از آلودگی ریشه‌ها به آفت شته در صفات عملکرد قند خالص و ناخالص، درصد قند خالص و ناخالص و عملکرد ریشه به ترتیب با ۴۳/۲۵، ۳۷/۰۱، ۲۷/۰۸، ۱۹/۲۶ و ۱۷/۰۸ درصد کاهش در ارقام حساس نسبت به ارقام مقاوم بود. در حالی که آلودگی به آفت موجب افزایش صفات میزان سدیم ریشه (۴۶/۸۴ درصد) و ضریب قلیائیت (۴۲/۳۶ درصد) ارقام حساس نسبت به ارقام مقاوم شده است. همچنین بر اساس نتایج به دست آمده، درصد ریشه‌های آلوده در ارقام حساس نسبت به ارقام مقاوم حدود ۳/۹ برابر بیشتر برآورد گردید (جدول ۷) که در نهایت منجر به کاهش صفات

جدول ۷- مقایسه میانگین گروه‌های حاصل از ارزیابی مقاومت ارقام مورد مطالعه به لحاظ صفات اندازه‌گیری شده به روش دانکن
Table 7. Comparing the average of the groups resulting from the cultivars resistance evaluation in terms of the measured traits by Duncan's method

رقم Cultivar	PIR	WSY	SY	MS	ECS	WSC	Alc	N	K	Na	SC	RY
گروه اول (مقاوم) First group (Resistant)	11.31 ^c	10.08 ^a	12.24 ^a	2.22 ^c	82.19 ^a	13.07 ^a	9.30 ^b	0.79 ^a	3.99 ^a	3.16 ^c	15.89 ^a	76.71 ^a
گروه دوم (متحمل) Second group (Tolerant)	39.29 ^b	8.01 ^b	10.11 ^b	2.41 ^b	78.98 ^b	11.39 ^b	13.02 ^a	0.61 ^b	3.56 ^a	4.21 ^b	14.40 ^b	70.48 ^b
گروه سوم (حساس) Third group (Sensitive)	55.10 ^a	5.72 ^c	7.71 ^c	2.70 ^a	74.25 ^c	9.53 ^c	13.24 ^a	0.65 ^b	3.97 ^a	4.64 ^a	12.83 ^c	63.61 ^c
درصد تغییرات حساس نسبت به مقاوم Changes sensitive to resistant (%)	+387.18	-43.25	-37.01	+21.62	-9.66	-27.08	+42.36	-17.72	-0.50	+46.84	-19.26	-17.08

حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین دو رقم به لحاظ صفت مورد نظر می‌باشد.

Similar letters indicating non-significant difference between the average of two cultivars in terms of the desired trait.

RY: عملکرد ریشه (تن در هکتار)؛ SC و WSC: درصد قند ناخالص و خالص؛ SY و WSY: عملکرد قند ناخالص و خالص (تن در هکتار)؛ Na، K و N: به ترتیب میزان سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره ریشه (میلی اکی‌والان گرم در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه)؛ ECS: ضریب استحصال شکر (درصد)؛ MS: درصد قند ملاس؛ Alc: ضریب قلیائیت؛ PIR: درصد ریشه‌های آلوده.

RY: Root yield; SC and WSC: Sugar content and white sugar content; SY and WSY: Sugar yield and white sugar yield; Root Na, K and N: Root Sodium, Potassium and α -amino nitrogen content, respectively; ECS: Extraction coefficient of sugar; MS: Molasses sugar; Alc: Alkalinity; PIR: Percent of infected root.

شناسایی شدند و از طرفی با توجه به مقاومت ژنتیکی آن‌ها به بیماری‌های ریزومانی و نماتد، بنابراین می‌توانند برای کشت در بسیاری از مناطق چغندرکاری کشور مورد استفاده قرار گیرند. البته پیشنهاد می‌گردد ضمن مقایسه ارقام بیشتر و متنوع‌تر، این ارقام در سال‌ها و مکان‌های با شرایط اقلیمی متفاوتی نیز مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرند که در نهایت بتوان با اطمینان بیشتری نسبت به توصیه آن‌ها اقدام نمود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند به پاس تأمین هزینه اجرای پروژه و نیز از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی (مرکز آموزش میاندواب) جهت پشتیبانی‌های اجرایی لازم تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

نتیجه‌گیری

با توجه به تغییرات آب و هوایی و عدم مدیریت‌های صحیح زراعی (قبل از کاشت تا پس از برداشت)، زمینه شیوع آفت شته ریشه در بیشتر مناطق چغندرکاری کشور و مخصوصاً استان آذربایجان غربی با دارا بودن بیشترین سطح زیر کشت و تولید محصول چغندر قند فراهم بوده و روز به روز نیز ممکن است بر دامنه آن افزوده شود. با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی، بهداشتی و اقتصادی در جهت کاهش مصرف سموم شیمیایی برای کنترل این آفت و از طرفی عدم کارایی مناسب بسیاری از سموم موجود در بازار، استفاده از ارقام مقاوم و متحمل چغندر قند به این آفت می‌تواند به عنوان راهکار اصلی مدیریتی همواره مدنظر قرار گیرد. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، دو رقم BTS505 و آسیا به عنوان ارقام مقاوم به شته ریشه

References

- Agricultural statistics. (2022). Ministry of Agriculture Jihad (<https://new-dpe.maj.ir/>).
- Ahmadi, A., Akhiani, A., & Hadjat, S.H. (1995). The first record of sugar beet root aphid from Esfahan, Iran. *The 1st Congress of Sugar Beet in Iran*. Esfahan, P: 40.
- Anonymous. *Pemphigus fuscicornis* (Koch). Sugar Beet Root Aphid. (2007). Available in: http://www.agroatlas.ru/en/content/pests/Pemphigus_fuscicornis/.
- Azizi, H., Aalami, A., Esfahani, M., & Ebadi, A. A. (2017). The study of correlation and path analysis of grain yield and its related traits in rice (*Oryza sativa* L.) varieties and lines. *Journal of Crop Breeding*, 9(21), 36-43. [In Persian]
- Azizi, H., Pedram, A., & Fasahat, P. (2021). Identification of effective traits on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) root yield under natural infection conditions to rhizomania virus disease. *Journal of Crop Breeding*, 13(37), 197-204. [In Persian]
- Campbell, C.D., & Hatchiosn, W.D. (1995). Sugar beet resistance to Minnesota population of sugar beet root aphid (Homoptera: Aphidiade). *Journal of Sugar Beet Research*, 32(1), 37-46.
- Cook, D., & Scott, R. (1993). The sugar beet crop: science into practice. Chapman and Hall Press. 675 p.
- FAO. (2022). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS> [last visited on 23/12/2022].
- Frolov, A.N. (2007). *Pemphigus fuscicornis*-Sugar Beet Root Aphid. In: A.N. Afonin, S.L. Green, N. Dzyubenko, A.N. Forlov. Interactive Agricultural Ecological Atlas of Russia and Neighboring Counties. Available from URL: http://www.agroatlas.ru/en/content/pests/Pemphigus_fuscicornis/.
- Hutchison, W.D., & Campbell, C.D. (1994). Economic Impact of sugar beet Root Aphid (Homoptera: Aphidiae) on sugar beet yield and quality in southern Minnesota. *Annales of Entomological Society of America*, 87(2), 465-475.
- Hutchison, W.D., & Campbell, C.D. (1995). Sugar beet root aphid research in Minesota, 1990-1994: recommendations for future research. In: Proceeding 1994 Sugar beet research and extension reports. N. Dakota State University. Extension Service. NDSU. Fargo, 25, 175-177.
- Mohseni, A., Rahnamaeian, M., & Ghaed Rahmati, M. (2010). Resistance to sugar beet root aphid, *Pemphigus fuscicornis* (Hem: Aphididae), in nine sugar beet genotypes at laboratory conditions. *Journal of Plant Protection*, 2(1), 25-34. [In Persian]
- Mohseni Amin, A. (2018). Investigating the resistance of 12 sugar beet genotypes to root aphid and evaluating its effect on sugar content reduction in Dorothea cultivar. *Journal of Plant Protection*, 32(2), 215-220. [In Persian]
- Pourrahim, R., Najafi, H., Farzadfar, Sh., Ardeh, M.J., Sheikholeslami, M., Fatemy, S., Ghasemi, A.Gh., & Arbabi, M. (2016). Sugar beet Handbook (Plant Protection). *Iranian Research Institute of Plant Protection Press*, P: 1.
- Reinfeld, E., Emmerich, G., Baumgarten, C., & Beiss, U. (1974). Zur Voraussage des Melassez zuckersaus Ruben analysen Zucker. *Chapman & Hall, World Crop Series*, 2-5 pp.
- Zarrabi, M. (2007). Effect of sugar beet root aphid, *Pemphigus fuscicornis* (Homoptera: Pemphigidae), on sugar beet yield and quality in Iran. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10(19), 3462-3465.