Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Journal of Crop Breeding Vol. 17, Issue 1, 2025 p: 1-10

OPEN ACCESS

Research Paper

Path Analysis and Correlation between Quantitative Traits in Cultivated Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Germplasms under Rhizomania Disease Conditions in Miandoab

Mousa Arshad[1], Behzad Ghanbari Taghi Abad[2], Hamid Hatami Maleki[3] and Keivan Fotuhi[4]

1- Associate Professor, Department of Horticultural Science, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran, (Corresponding author: mo_arshad2002@yahoo.com)
2- M.Sc., Department of Agriculture, Malekan Branch, Islamic Azad University, Malekan, Iran
3- Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Maragheh University, Maraghe, Iran
4- Instructor, Wheat Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Urmia, Iran

Received: 27 July, 2024 Revised: 31 August, 2024 Accepted: 29 October, 2024

Extended Abstract

Background: Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) is one of the most important root crops and the main source of sugar. It has the greatest ability to be cultivated in the temperate regions of Iran. One of the main centers for cultivating this crop in Iran is West Azerbaijan Province, which accounts for a major share of its production in the country. Rhizomania disease is among the most important factors limiting the growth and reducing the yield of sugar beet. Given that the use of some agricultural methods, such as planting date, irrigation methods, crop rotation, chemical methods, and biological methods, are not very useful in fighting the disease, the use of resistant cultivars is suggested as the best and only way to fight this disease. So far, several studies have been conducted on obtaining disease-resistant cultivars. The first prepared and cultivated hybrid, called Rizor, was a relatively resistant monogerm diploid hybrid that significantly increased the yield of sugar beet in contaminated fields. Studies on the genetic diversity of this strategic plant help breeders identify genetic resources resistant to rhizomania disease with breeding objectives, including yield and yield components. It is crucial to be aware of the differences and diversity between different genotypes of sugar beet and the associations of these differences with their potential performance in improving the yield of new cultivars. Since there are mutual effects among the variables in multivariate regression, a variable may be significant next to some variables, but not significant next to some other variables. For this reason, it is necessary to select important variables that have a significant effect on yield. In this regard, this research aimed to evaluate domestic and imported modified varieties of sugar beet under the presence of rhizomania disease in the climatic conditions of Miandoab City.

Methods: An experiment in the form of a completely randomized block design with four replications was conducted at the Miandoab Agricultural and Natural Resources Research Center in the geographic location of 46° 90' E and 36° 58' N with at an altitude of 1314 m above sea level. The experimental materials included 12 sugar beet genotypes (10 domestic genotypes with one imported resistant genotype and 1 domestic sensitive genotype). In this study, the studied genotypes were exposed to the natural infection of the region. After determining the percentage of cultivars, the level of resistance and sensitivity of each genotype was determined based on the percentage of infection. Before the experiment, land preparation operations included plowing, disking, leveling, and plotting the field in the same way. Phosphorus and potash fertilizers were applied based on the results of the soil decomposition test at the time of land preparation, and nitrogen fertilizer was used as a starter in the form of plant feet. The seed distances between and on the rows were 60 cm and 15 cm, respectively. The size of each plot included three planting lines with a length of 8 m. Agricultural operations, including irrigation, pest and disease control, and cultivator application, were carried out as needed. Root yield traits, pure sugar percentage by the polarimetric method, gross sugar percentage, pure sugar yield, gross sugar yield, extraction percentage, and molasses sugar percentage were measured after harvest.

Results: Based on the results of variance analysis of data, significant differences were observed between genotypes in terms of all traits. According to the results of comparing the average traits, genotype 31914 (domestic number) with 11.97% was the least infected and, at the same time, the most resistant variety, and genotype SBSI010 (susceptible-domestic control) with 79.37% was the highest contamination and the most sensitive variety to rhizomania disease among the studied genotypes. In this study, the correlation coefficients of the infection percentage index had negative

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.61186/jcb.17.1.1]

Copyright ©2025 Arshad et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

and significant relationships with root yield traits, gross sugar percentage, pure sugar percentage, gross sugar yield, pure sugar yield, and the extraction coefficient at the probability level of 1%. However, this parameter showed a positive and significant relationship with the molasses sugar trait at the probability level of 1%. Moreover, the infection severity index showed a positive and significant relationship with the yield traits, namely pure sugar, molasses sugar, potash, and harmful nitrogen at the level of 1%. Based on the results of step-by-step regression analysis, the percentages of root infection, sugar extraction, and gross sugar explained 68.7% of the changes in pure sugar yield. Besides, the percentage of root infection had a negative direct effect and the percentages of sugar extraction and gross sugar had a positive direct effect on the yield changes of white sugar.

Conclusion: Although genotype SBSI030 showed the maximum quantitative and qualitative traits in this study, the lowest percentage of root infection was recorded for genotype 31914. After additional tests, genotype 31914 can be used as a genetic source resistant to rhizomania. This investigation showed that gross sugar percentage had the most positive effect on white sugar yield. Thus, selecting genotypes with a high gross sugar percentage can lead to obtaining cultivars with high white sugar yield.

Keywords: Correlation, Path analysis, Rhizomania, Root yield, Sugar beet

How to Cite This Article: Arshad, M., Ghanbari taghi abad, B., Hatami Maleki, M., & Fotuhi, K. (2025). Path Analysis and Correlation between Quantitative Traits in Cultivated Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Germplasms under Rhizomania Disease Conditions in Miandoab. *J Crop Breed,* 17(1), 1-10. DOI: 10.61186/jcb.17.1.1

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.61186/jcb.17.1.1]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

تجزیه علیت و همبستگی بین صفات کمی در ژرم‌پلاسم‌های چغندرقند زراعی (*Beta vulgaris* L.)، تحت شرایط بیماری رایزومانیا در منطقه میاندوآب

موسی ارشد[۱]، بهزاد قنبری تقی‌آباد[۲]، حمید حاتمی ملکی[۳] و کیوان فتوحی[۴]

۱- دانشیار، گروه علوم باغبانی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران، (نویسنده مسوول: mo_arshad2002@yahoo.com)
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه کشاورزی، واحد ملکان، دانشگاه آزاد اسلامی، ملکان، ایران
۳- دانشیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران
۴- هئیت علمی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت:۱۴۰۳/۰۵/۰۶ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۰۸
صفحه: ۱ تا ۱۰

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) یکی از محصولات مهم ریشه‌ای و منبع اصلی شکر بوده و بیشترین قابلیت کشت را در مناطق معتدل ایران دارد و یکی از کانون‌های اصلی کشت این محصول در ایران استان آذربایجان غربی بوده که سهم عمده‌ای از تولید را در کشور به‌خود اختصاص داده است. یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و کاهش عملکرد چغندرقند، بیماری رایزومانیا می‌باشد. توجه به این که کاربرد برخی از روش‌های زراعی از جمله تاریخ کاشت، روش آبیاری و تناوب زراعی، روش‌های شیمیایی و روش‌های بیولوژیکی در مبارزه با بیماری چندان سودمند نیستند، لذا استفاده از ارقام مقاوم به‌عنوان بهترین و تنها راه مبارزه با این بیماری پیشنهاد شده است. تاکنون مطالعات متعددی در زمینه دستیابی به ارقام مقاوم به بیماری انجام شده است. اولین رقم دیپلوئید منوژرم هیبرید نسبتاً مقاوم به‌نام Rizor تهیه شد. با کشت این هیبرید عملکرد چغندرقند در زمین‌های آلوده، به میزان قابل‌توجهی افزایش یافت. بررسی تنوع ژنتیکی این گیاه استراتژیک، به‌نژادگران را در شناسایی منابع ژنتیکی مقاوم به بیماری رایزومانیا با اهداف به‌نژادی از جمله عملکرد و اجزای عملکرد کمک می‌نماید. آگاهی از اختلاف و تنوع بین ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند و چگونگی روابط این تفاوت‌ها با عملکرد بالقوه آنها در بهبود و پیشرفت عملکرد ارقام جدید بسیار حیاتی است. از آنجایی‌که در رگرسیون چند متغیره اثرات متقابل در بین متغیرها وجود دارد. ممکن است یک متغیر در کنار برخی از متغیرها معنی‌دار باشد، اما در کنار برخی دیگر از متغیرها معنی‌دار نباشد. به‌همین علت لازم است متغیرهای مهمی که تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دارند انتخاب گردند. در این راستا این تحقیق به‌منظور ارزیابی ارقام داخلی و خارجی اصلاح شده چغندرقند تحت شرایط وجود بیماری رایزومانیا در شرایط آب و هوایی شهرستان میاندوآب انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی میاندوآب در موقعیت جغرافیایی ۴۶ درجه و ۹۰ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی و در ارتفاع ۱۳۱۴ متری از سطح دریا به مرحله اجرا در آمد. مواد آزمایشی شامل ۱۲ ژنوتیپ چغندرقند (۱۰ ژنوتیپ داخلی همراه با ۱ ژنوتیپ مقاوم خارجی و ۱ ژنوتیپ حساس داخلی) بود. در این بررسی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در معرض آلودگی طبیعی منطقه قرار داده شدند و سپس نسبت به تعیین درصد آلودگی ارقام به بیماری اقدام شده و سطح مقاومت و حساسیت هر ژنوتیپ بر اساس درصد آلودگی مشخص گردید. عملیات آماده‌سازی زمین قبل از اجرای آزمایش شامل شخم، دیسک و تسطیح و کرت‌بندی مزرعه به‌طور یکسان صورت گرفت و کودهای فسفر و پتاس بر اساس نتایج آزمون تجزیه‌ی خاک در زمان آماده‌سازی زمین و کود نیتروژن به‌صورت پای بوته و به‌صورت استارتر مصرف شد. فاصله بذر بین ردیف‌ها ۶۰ و روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. اندازه هر کرت شامل ۳ خط کاشت به‌طول ۸ متر بود. عملیات زراعی شامل آبیاری، مبارزه با آفات و بیماری‌ها و کولتیواتور زنی در حد نیاز انجام گرفت. بعد از برداشت محصول صفات عملکرد ریشه، درصد قند خالص به‌روش پلاریمتری، درصد قند ناخالص، عملکرد قند خالص، عملکرد قند ناخالص، درصد استحصال و درصد قند ملاس اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، بین ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صفات اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. با توجه به نتایج حاصل از مقایسات میانگین صفات، از بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، ژنوتیپ 31914 (رقم داخلی) با ۱۱/۹۷ درصد کمترین و در عین‌حال مقاوم‌ترین رقم و ژنوتیپ SBSI010 (شاهد حساس- داخلی) با ۷۹/۳۷ درصد بیشترین درصد آلودگی و حساس‌ترین رقم نسبت به بیماری رایزومانیا شناخته شدند. در این مطالعه، ضرایب همبستگی شاخص درصد آلودگی با صفات عملکرد ریشه، درصد قند ناخالص، درصد قند خالص، عملکرد قند ناخالص، عملکرد قند خالص و ضریب استحصال رابطه منفی و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد داشت در حالی‌که با صفت قند ملاس رابطه مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد دارا بود. همچنین شاخص شدت آلودگی با صفت عملکرد قند خالص، قند ملاس، پتاسیم و ازت مضره رابطه مثبت و معنی‌داری را در سطح یک درصد نشان داد. بر اساس نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام، درصد آلودگی ریشه، درصد استحصال قند و درصد قند ناخالص ۶۸/۷ درصد از تغییرات عملکرد قند خالص را تبیین کردند، همچنین درصد آلودگی ریشه اثر مستقیم منفی و درصد استحصال قند و درصد قند ناخالص اثر مستقیم مثبت بر تغییرات عملکرد شکر سفید داشتند.

نتیجه‌گیری: در این مطالعه اگرچه ژنوتیپ SBSI030 حداکثر خصوصیات کمی و کیفی را نشان داد اما کمترین درصد آلودگی ریشه برای ژنوتیپ 31914 ثبت شد، پس از آزمون‌های تکمیلی ژنوتیپ 31914 می‌تواند به‌عنوان منبع ژنتیکی مقاوم به رایزومانیا مورد استفاده قرار گیرد، همچنین در این بررسی درصد قند ناخالص بیشترین تأثیر مثبت را بر عملکرد شکر سفید داشت، بنابراین گزینش ژنوتیپ‌ها با درصد قند ناخالص بالا می‌تواند منجر به دست‌یابی به ارقامی با عملکرد شکر سفید بالا شود.

واژه‌های کلیدی: تجزیه علیت، چغندر قند، رایزومانیا، عملکرد ریشه، همبستگی

مقدمه

یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و کاهش عملکرد چغندرقند (*Beta vulgaris* L.)، بیماری‌های قارچی و ویروسی از جمله بیماری رایزومانیا (Rhizomania) می‌باشد. عامل بیماری ویروس زردی نکروتیک رگبرگ چغندرقند (*beet necrotic yellow vein virus:* BNYVV) و ناقل آن شبه قارچ *Polymyxa betae* Keslein که متعلق به جنس بنی‌ویروس (Benyvirus) از خانواده Benyviridae است (Gilmer & Ratti, 2017; Tamada & Baba, 1973). هم اکنون آستانه خسارت اقتصادی بیماری رایزومانیا در اکثر نواحی

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.61186/jcb.17.1.1]

چغندرکاری کشور در بسیاری از موارد موجب تخریب و حذف مزارع و خسارت بالای ۵۰ درصدی گردیده است. این بیماری علاوه بر کاهش شدید وزن ریشه موجب کاهش درصد عیار قند نیز می‌شود. به‌طوری‌که عملکرد شکر در هکتار به نصف و یا کمتر از آن کاهش می‌یابد. تاکنون برای مبارزه با این بیماری روش‌های زیادی از جمله عملیات زراعی، مبارزه شیمیایی و مقاومت ژنتیکی مورد استفاده قرار گرفته است (Richard-Scholten *et al.*, 2005; Molard, 1985). عملکرد و کیفیت قند در چغندرقند نیز همانند سایر گیاهان شدیداً تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد و تغییرات بالایی در عملکرد کمی و کیفی آن رخ می‌دهد (Mirzaei *et al.*, 2023). در ایران این بیماری در سال ۱۳۷۵ توسط ایزدپناه و همکاران (Izadpanah *et al.*, 1996) از استان فارس گزارش شد و بعد از آن در اکثر نقاط چغندرکاری کشور شناسایی شد (Jafarpour & Toudehfallah, 2000; Mahdikhani, 1996). با توجه به این‌که کاربرد برخی از روش‌های زراعی از جمله تاریخ کاشت، روش آبیاری و تناوب زراعی، روش‌های شیمیایی و روش‌های بیولوژیکی در مبارزه با بیماری چندان سودمند نیستند، لذا استفاده از ارقام مقاوم به‌عنوان بهترین و تنها راه مبارزه با بیماری پیشنهاد می‌گردد (Biancardi *et al.*, 2002; Fathi *et al.*, 2012).

تاکنون مطالعات متعددی در زمینه دستیابی به ارقام مقاوم به بیماری انجام شده است. اولین منابع ژنتیکی چغندرقند متحمل به بیماری ریزومانیا از منابعی که برای مقاومت به بیماری لکه برگی ناشی از *Cercospora beticola* Sacc در زمین‌های آلوده به رایزومانیا در ایتالیا کشت شده بودند، به‌دست آمد و اولین رقم دیپلوئید منوژرم هیبرید نسبتاً مقاوم به نام Rizor تهیه شد. با کشت این هیبرید عملکرد چغندرقند در زمین‌های آلوده، به‌میزان قابل‌توجهی افزایش یافت (Richard-Molard, 1985). از آنجایی‌که وسعت آلودگی مزارع به رایزومانیا در مناطق چغندرکاری استان‌های فارس، خراسان، اصفهان و آذربایجان غربی رو به افزایش است، برای کنترل این بیماری استفاده از ارقام مقاوم توصیه می‌شود (Fathi *et al.*, 2012).

استوان و همکاران (Stevan *et al.*, 2006) در پژوهشی در سیبری و مونتنگرو، ۲۱ ژنوتیپ متحمل به بیماری رایزومانیا را در مزرعه آلوده و بدون آلودگی به رایزومانیا مورد بررسی قرار داده و اعلام نمودند که در مزرعه آلوده به رایزومانیا، رقم Concento (با ۵۸/۷۸ تن در هکتار) در مقایسه با رقم شاهد (۱۲ تن در هکتار) دارای بیشترین عملکرد ریشه و رقم Ivona با (۱۵/۳۶ درصد) در مقایسه با رقم شاهد (۱۰/۹۲) درصد از بیشترین درصد عیار قند برخوردار بوده است. رقم Remos با ۹/۲۰ تن در مقایسه با رقم شاهد (۰/۸۴ تن) بیشترین درصد قند قابل استحصال را دارا می‌باشد، در حالی‌که در مزرعه بدون آلودگی از نظر کمی و کیفی تفاوت معنی‌داری بین ارقام مشاهده نشد.

در برنامه‌های اصلاح نباتات، انتخاب براساس تعداد زیادی صفات زراعی صورت می‌گیرد که ممکن است بین آنها همبستگی مثبت یا منفی وجود داشته باشد لذا روش‌های تجزیه و تحلیل که بدون از بین بردن مقدار زیادی از اطلاعات مفید، تعداد صفات مؤثر بر عملکرد را کاهش دهند، برای پژوهش‌گران با ارزش هستند. تجزیه رگرسیون یکی از پر استفاده‌ترین روش‌های آماری است که برای تجزیه و تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، زیرا روابط بین متغیرها را به‌سادگی و با مفهوم بیان می‌کند (Acquah *et al.*, 1992). بهبود عملکرد ریشه از طریق به‌نژادی و بهبود اجزای آن نیز می‌تواند از روش‌های کارآمد در برنامه‌های به‌نژادی باشد و بررسی روابط بین اجزای عملکرد با عملکرد در این راستا نقش مهمی را ایفا می‌کند. از آنجایی‌که در رگرسیون چند متغیره اثرات متقابل در بین متغیرها وجود دارد. ممکن است یک متغیر در کنار برخی از متغیرها معنی‌دار باشد، اما در کنار برخی دیگر از متغیرها معنی‌دار نباشد. به‌همین علت لازم است متغیرهای مهمی که تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دارند انتخاب گردند. برای حذف متغیرهای کم اهمیت در مدل و تصمیم‌گیری برای تشکیل مدل نهایی، روش‌های مختلفی وجود دارد که یکی از آنها روش گام‌به‌گام است (Mobaser *et al.*, 1996).

در رگرسیون گام‌به‌گام می‌توان طی مراحلی نسبت به حذف یا افزودن متغیرها برای انتخاب مدل نهایی اقدام نمود (Zinali *et al.*, 2004).

استفاده از همبستگی بین صفات متداول است اما همبستگی‌ها رابطه علی و معلولی بین صفات را بیان نمی‌کنند، زیرا این ارتباط را تعدادی از عوامل ناشناخته پدید می‌آورند (Acquaah *et al.*, 1992). بنابراین به‌نظر می‌رسد زمانی‌که به‌نژادگر تعداد زیادی لاین در اختیار دارد، تعیین روابط بر اساس تجزیه علیت می‌تواند کمک مؤثرتری برای گزینش سریع و زودهنگام مواد ژنتیکی باشد (Mobaser & Shah Moradi, 1996).

تجزیه علیت یا ضرایب مسیر یکی از قدیمی‌ترین روش‌های آگاهی از اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد دانه و روشی برای تفکیک ضرایب همبستگی به آثار مستقیم صفات و غیرمستقیم آنها از طریق صفات دیگر که می‌تواند اطلاعات مفیدی را از نحوه تأثیرپذیری صفات بر یکدیگر و روابط بین آنها فراهم کند. سهم هریک از اجزاء عملکرد در توجیه عملکرد دانه می‌تواند به‌طور مستقیم نیز تحت تأثیر دیگر اجزاء قرار گیرد. بنابراین، همبستگی‌های بالا میان دو صفت می‌تواند ناشی از تأثیر یک یا مجموعه‌ای از صفات دیگر باشد، گرچه ضرایب همبستگی پیرسون از ارتباط خطی بین متغیرها اطلاعاتی فراهم می‌کند اما قادر به شناسایی روابط علی و معلولی میان صفات نیست (Alipour *et al.*, 2021).

نبی‌زاده و فتوحی (Nabizadeh & Fotohi, 2018) به‌منظور مقایسه و ارزیابی روابط بین صفات کمی و کیفی در ژنوتیپ‌های چغندرقند با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره تحت شرایط بیماری رایزوکتونیا در منطقه میاندوآب، اظهار داشتند براساس نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام صفات عملکرد قند ناخالص، درصد قند ملاس، درصد قند ناخالص، با توجیه ۹۹/۸۹ درصد از تغییرات عملکرد قند خالص به‌عنوان مؤثرترین صفات در توجیه عملکرد قند خالص مطرح شدند. همچنین براساس نتایج تجزیه علیت صفات عملکرد قند ناخالص و درصد

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.61186/jcb.17.1.1]

قند ناخالص اثر مستقیم مثبت و معنی‌دار و درصد قند ملاس اثر مستقیم منفی و معنی‌دار بر عملکرد قند خالص نشان دادند.

احمدی و همکاران (Ahmadi *et al.*, 2022) در ارزیابی همبستگی بین صفات در شرایط آلودگی طبیعی مزرعه و استفاده از ارقام با مقاومت متفاوت به بیماری رایزومانیا اظهار داشتند کلیه ارقام با سطوح مختلف مقاومت، همبستگی معنی‌داری بین عملکرد قند خالص با صفات نمره رشد برگ (r = ۰/۸۸**)، نمره رشد ریشه (r = ۰/۸۵**)، شدت وقوع بیماری (r =- ۰/۸۴**) و شاخص آزمون الایزا (r =- ۰/۶۷**) مشاهده شد. لذا صفات مزبور شاخص‌های مناسبی برای ارزیابی مقاومت ارقام نسبت به بیماری رایزومانیا می‌باشند. علاوه بر این، همبستگی بین شاخص آزمون الایزا با شدت وقوع بیماری (r =- ۰/۸۳**)، نمره رشد برگ (r = -۰/۶۱**) و نمره رشد ریشه (r =- ۰/۶۷**) بسیار معنی‌دار بود. هدف از این مطالعه، ارزیابی ژرم‌پلاسم‌های داخلی و خارجی چغندرقند زراعی تحت شرایط بیماری رایزومانیا می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی ژرم‌پلاسم‌های داخلی و خارجی چغندرقند زراعی تحت شرایط بیماری رایزومانیا، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی میاندوآب به مرحله اجرا درآمد. ایستگاه مذکور در ۵ کیلومتری شمال غربی شهر در موقعیت جغرافیایی ۴۶ درجه و ۹۰ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی و در ارتفاع ۱۳۱۴ متری از سطح دریای آزاد واقع شده است. منطقه از نظر آب و هوایی دارای رژیم دمایی فریک (متوسط دمای سالیانه خاک بین ۸ الی ۱۵ درجه سانتی‌گراد) و رژیم رطوبتی زریک (نیمه خشک) بوده و خاک محل اجرای آزمایش دارای بافت لومی رسی است. در این مطالعه، ۱۲ ژنوتیپ چغندرقند از ژرم‌پلاسم‌های اصلاح شده داخلی و خارجی (شامل ۱۰ ژنوتیپ داخلی، یک ژنوتیپ مقاوم خارجی و یک ژنوتیپ حساس داخلی) استفاده شد (جدول ۱). عملیات آماده‌سازی زمین قبل از اجرای آزمایش شامل شخم، دیسک و تسطیح و کرت‌بندی مزرعه به‌طور یکسان صورت گرفت و کودهای فسفر و پتاس بر اساس نتایج آزمون تجزیه‌ی خاک در زمان آماده‌سازی زمین و کود نیتروژن به‌صورت پای بوته و استارتر مصرف شد. فاصله هر ردیف ۶۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. اندازه هر کرت شامل ۳ خط کاشت به‌طول ۸ متر بود. عملیات زراعی شامل آبیاری، مبارزه با آفات و بیماری‌ها و کولتیواتور زنی در حد نیاز انجام گرفت. در این بررسی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در معرض آلودگی طبیعی منطقه قرار داده شدند و سپس نسبت به تعیین درصد آلودگی ارقام به بیماری اقدام گردید. یادداشت برداری هر کرت پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای خط میانی صورت گرفت و تعداد کل بوته، بوته‌های سالم و بوته‌های بیمار شمارش شدند. بر اساس درصد آلودگی ظاهری ریشه و بر اساس الگوی معرفی شده وانگ و همکاران (Wang *et al.*, 1995) نمره‌هایی بین صفر تا هفت به ریشه‌ها اختصاص یافت. نمره صفر بیانگر عدم آلودگی و نمره هفت نشانگر آلودگی بیش از ۸۵ درصد می‌باشد. همچنین سطح مقاومت و حساسیت هر ژنوتیپ بر اساس درصد آلودگی مشخص گردید، به‌طوری که اگر ژنوتیپی درصد آلودگی کمتر از ۳۰ درصد داشت مقاوم و اگر درصد آلودگی بیشتر از ۳۰ درصد بود حساس محسوب گردید. در این مطالعه بعد از برداشت صفات عملکرد ریشه، درصد قند خالص به‌روش پلاریمتری، درصد قند ناخالص، عملکرد قند خالص، عملکرد قند ناخالص، درصد استحصال و درصد قند ملاس اندازه‌گیری شد.

جهت محاسبات آماری ابتدا آزمون نرمال بودن داده‌ها انجام شد، سپس تجزیه واریانس داده‌ها صورت گرفت. به‌منظور مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. همچنین جهت تجزیه رگرسیون از رگرسیون گام‌به‌گام استفاده گردید. برای شناسایی چند هم‌خطی بین متغیرها از شاخص VIF و Tolerance استفاده شد به این‌ترتیب متغیری که VIF بالای ۱۰ و Tolerance زیر ۰/۱ داشت به‌دلیل شرکت در چند هم‌خطی از مدل رگرسیونی حذف شد.

در این مطالعه از نرم‌افزارهای آماری SAS 9.2 و SPSS استفاده شد. لازم به ذکر است که در تحقیق حاضر در مورد صفاتی که به‌صورت درصد یا رتبه‌ای ارزیابی شدند از تبدیل رادیکالی داده‌ها استفاده شد.

جدول ۱- ژنوتیپ‌های مورد بررسی

Table 1. The studied genotypes

ردیف Ent.	نام ژنوتیپ Name Gen.	خصوصیت property	منشأ رقم Var. origin	ردیف Ent.	نام ژنوتیپ Name Gen.	خصوصیت property	منشأ رقم Var. origin
1	31406+P12	-	داخلی Internal	7	31884	-	داخلی Internal
2	31919	-	داخلی Internal	8	31914	-	داخلی Internal
3	31879	-	داخلی Internal	9	SBSI029	-	داخلی Internal
4	31910	-	داخلی Internal	10	SBSI030	-	داخلی Internal
5	31912	-	داخلی Internal	11	F – 20663	مقاوم به بیماری Disease to resistant	شاهد – خارجی Foreigner - control
6	31881	-	داخلی Internal	12	SBSI010	حساس به بیماری Disease to susceptible	شاهد – داخلی Internal - control

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و مقایسات میانگین صفات تحت شرایط وجود بیماری رایزومانیا

نتایج حاصل از تجزیه واریانس در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج این جدول بین تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از لحاظ صفات درصد آلودگی، شدت آلودگی، درصد قند ناخالص، درصد قند خالص، عملکرد قند خالص، عملکرد قند ناخالص، ضریب استحصال و قند ملاس اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و ۵ درصد مشاهده شد. که این حاکی از وجود تنوع ژنتیکی کافی در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.61186/jcb.17.1.1]

است، این امر می‌تواند جهت گزینش در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ صفات مذکور مثمر ثمر باشد. مقایسات میانگین ژنوتیپ‌ها به‌روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای صفات مورد مطالعه در جدول ۳ نشان داده شد. براساس صفت درصد آلودگی، ژنوتیپ 31914 (رقم داخلی) و ژنوتیپ SBSI010 (شاهد حساس- داخلی) به‌ترتیب با ۱۱/۹۷ درصد کمترین میانگین و به‌عنوان مقاوم‌ترین رقم و ۷۹/۳۷ درصد بیشترین میانگین درصد آلودگی، به‌عنوان حساس‌ترین رقم شناخته شدند. در حالی‌که بین ژنوتیپ‌های 31881، SBSI030، 31919، 31879، P12 + 31406، 31912، 31884 و 31910 از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). همچنین در مقایسه با دیگر ژنوتیپ‌ها از نظر درصد آلودگی با ژنوتیپ شاهد خارجی مقاوم F-20663 مشاهده شد که ژنوتیپ‌های داخلی از شدت آلودگی مساوی و یا حتی کمتر (ژنوتیپ 31914) از ژنوتیپ خارجی برخوردار بودند. به‌عبارت دیگر ژنوتیپ شاهد مقاوم خارجی نتوانست برتری معنی‌داری از لحاظ مقاومت به بیماری رایزومانیا نشان دهد و این نوید این مطلب است که در داخل کشور ارقام و ژرم‌پلاسم‌های متنوع مقاوم به بیماری رایزومانیا وجود دارد که با شناسایی و اصلاح ژنوتیپ‌های مذکور از طریق به‌نژادی می‌توان با این بیماری مبارزه کرد و از آلودگی محیط زیست به‌دلیل مصرف سموم و مواد شیمیایی جهت مبارزه با بیماری مذکور جلوگیری کرد.

یکی از شاخص‌های مهم در زراعت چغندرقند افزایش عملکرد ریشه می‌باشد و به‌دست آوردن ریشه‌ی خوش فرم با وزن و درصد قند مناسب از مهم‌ترین اهداف تولید به‌شمار می‌رود. بنابراین، در مطالعه مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها از لحاظ عملکرد ریشه تنها اختلاف معنی‌دار آماری بین ژنوتیپ‌های SBSI030، 31919 و SBSI029 به‌ترتیب با متوسط عملکرد ۳۷ ، ۳۶ و ۳۳/۵ تن در هکتار و ژنوتیپ SBSI030 با متوسط ۱۰ تن در هکتار مشاهده شد و بین دیگر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر عملکرد ریشه اختلاف معنی‌داری دیده نشد (جدول ۳). با توجه به آلودگی زمین محل آزمایش ژنوتیپ حساس به رایزومانیا SBSI010 کمترین عملکرد ریشه را به‌خود اختصاص داد از آنجا که یکی از اثرات بیماری رایزومانیا کاهش شدید عملکرد ریشه است کاهش عملکرد در رقم مذکور دور از انتظار نبود. همچنین در مقایسه ژنوتیپ F-20663 (شاهد مقاوم خارجی) و دیگر ژنوتیپ‌های داخلی مشاهده شد که بین ژنوتیپ F-20663 و دیگر ژنوتیپ‌های داخلی از لحاظ عملکرد ریشه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت حتی ژنوتیپ‌های 31919، SBS1029 و SBS1030 از عملکرد ریشه بالاتری نسبت به ژنوتیپ F-20663 (شاهد مقاوم خارجی) برخوردار بودند هرچند که اختلاف عملکرد موجود از لحاظ آماری معنی‌دار نبود از آنجاکه ژنوتیپ F-20663 (شاهد مقاوم خارجی) و دیگر ارقام داخلی به‌غیر از SBSI010 (شاهد حساس داخلی) از لحاظ شدت آلودگی به رایزومانیا در یک گروه آماری قرار داشتند کسب چنین نتیجه‌ای دور از انتظار نبود.

فتحی و همکاران (Fathi *et al.*, 2012) در بررسی ۴۹ ژنوتیپ چغندرقند تحت شرایط وجود بیماری رایزومانیا، اظهار داشتند ژنوتیپ F–20663 با میانگین ۴۶/۶۲ تن در هکتار بیشترین و کمترین عملکرد ریشه را در رقم حساس به بیماری IC مشاهده کردند. ایشان دلیل کم بودن عملکرد ریشه در ژنوتیپ SBSI010 را به نمره رشد کم، پایین بودن یکنواختی ریشه، همچنین درصد و شدت آلودگی بالای ژنوتیپ SBSI010 نسبت دادند.

پتانسیل واقعی تولید شکر سفید در واحد سطح، مهم‌ترین شاخص اقتصادی در تولید چغندرقند است. عملکرد قند خالص که از حاصل‌ضرب عملکرد ریشه در درصد قند قابل استحصال به‌دست می‌آید، مهم‌ترین صفت تعیین کننده در صنعت چغندرقند به‌شمار می‌آید. در مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد قند خالص مشاهده شد که ژنوتیپ SBSI030 (داخلی) با متوسط ۶/۱۴ تن در هکتار بیشترین و ژنوتیپ SBSI010 (شاهد حساس داخلی) با میانگین ۱/۱۸ تن در هکتار کمترین عملکرد قند خالص را به‌خود اختصاص دادند. گزارش شده است که بیماری رایزومانیا با تأثیر منفی بر عملکرد ریشه و درصد قند باعث کاهش عملکرد شکر می‌شود، به‌طوری‌که میانگین مقدار کاهش عملکرد شکر در اثر بیماری برای ارقام مقاوم تجاری، ارقام متحمل و ارقام حساس به‌ترتیب ۲۵، ۵۴ و ۹۰ بود (Darabi *et al.*, 2017). در مطالعه‌ای دیگر حمزه و همکاران (Hamze *et al.*, 2021) بین ۵۱ لاین اوتایپ چغندرقند از نظر مقاومت به بیماری رایزوکتونیا اختلاف معنی‌دار مشاهده کردند.

تجزیه همبستگی

نتایج حاصل از همبستگی شاخص‌های بیماری با صفات عملکرد ریشه، عملکرد قند خالص، عملکرد قند ناخالص، درصد قند خالص، درصد قند ناخالص و سایر صفات در جدول ۴ و ۵ نشان داده شده است. با استفاده از نتایج ضرایب همبستگی صفات می‌توان میزان تفاوت‌ها و نوع رابطه‌ی (مثبت یا منفی) بین آنها را شناسایی کرد و در واقع می‌توان صفات مؤثر را انتخاب نمود (Neshaee *et al.*, 2023).

در این مطالعه، در بررسی ضرایب همبستگی شاخص درصد آلودگی با صفات عملکرد ریشه، درصد قند ناخالص، درصد قند خالص، عملکرد قند ناخالص، عملکرد قند خالص و ضریب استحصال رابطه منفی و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد داشت در حالی‌که با صفت قند ملاس رابطه مثبت و معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد دارا بود. همچنین شاخص شدت آلودگی با صفت عملکرد قند خالص، قند ملاس، پتاسیم و ازت مضره رابطه مثبت و معنی‌داری را در سطح یک درصد نشان داد (جدول ۵). نتایج همچنین نشان داد عملکرد قند خالص با عملکرد ریشه، درصد قند ناخالص، درصد قند خالص، عملکرد قند ناخالص و ضریب استحصال قند همبستگی مثبت و معنی‌دار و با محتوی پتاسیم، درصد قند ملاس و شدت آلودگی همبستگی منفی و معنی‌داری داشت. اوراضی‌زاده و همکاران (Orazizadeh & Moharramzadeh, 2009) در ارزیابی ارقام چغندرقند از نظر درصد استحصال بیان کردند بین صفت درصد استحصال و صفات درصد قند ناخالص (r= ۰/۷۴**) و درصد قند خالص (r=۰/۴۷**) همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفات درصد بیماری (r=- ۰/۴۱**)، شدت بیماری (r= -۰/۳۹**)، مقدار سدیم (r =- ۰/۶۴**)، پتاسیم (r =- ۰/۵۵**) و ازت مضره ریشه (r=- ۰/۴۱**) همبستگی منفی و معنی‌داری دیده

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOI: 10.61186/jcb.17.1.1]

شد. با توجه به نتایج تحقیق حاضر می‌توان اظهار نمود آلودگی ریشه به بیماری رایزومانیا علاوه بر اینکه از مقدار عملکرد ریشه و عملکرد قند خالص می‌کاهد موجب افزایش ناخالصی‌های ریشه شده و قند غیرقابل استحصال در ملاس را افزایش می‌دهد بنابراین بالا بودن مقدار قند ملاس در ژنوتیپ شماره SBSI010 را به‌میزان آلودگی این رقم به بیماری می‌توان نسبت داد (جدول ۵).

محمدیان و همکاران (Mohammadian *et al.*, 2016) در بررسی ضرایب همبستگی شاخص بیماری با خصوصیات کمی و کیفی ریشه چغندرقند نشان دادند با افزایش شاخص آلودگی، عملکرد ریشه، تعداد ریشه، عملکرد قند، درصد قند و مقدار نیتروژن ریشه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و در مقابل مقدار ناخالصی‌های سدیم و پتاسیم ریشه افزایش یافت. مطالعات نشان می‌دهد که پایین بودن درصد قند و نیتروژن مضره و افزایش هم‌زمان ناخالصی‌های سدیم از علائم خسارت به بیماری رایزومانیا می‌باشد. همچنین جهت ارزیابی ارقام برای مقاومت به بیماری، بیان شده که مطالعه عملکرد ریشه و عملکرد قند معیار مناسبی می‌باشند (Mahmoudi *et al.*, 2012).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی

Table. 2. Variance analysis of studied traits

		میانگین مربعات Mean square								
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد ریشه Root yield (tone/ha)	درصد آلودگی Infection Percent	شدت آلودگی Infection severity	درصد قند ناخالص Gross sugar content (%)	درصد قند خالص Pure sugar content (%)	عملکرد قند خالص White Sugar yield (tone/ha)	عملکرد قند ناخالص Gross sugar yield (tone/ha)	ضریب استحصال Extraction coefficient	قند ملاس Molasses sugar
تکرار (R)	3	377.72*	0.008^{ns}	0.47^{ns}	6.09*	1.48^{ns}	8.40**	14.54**	6.35^{ns}	0.03^{ns}
ژنوتیپ (G)	11	200.6*	0.17**	4.62*	10.18**	6.24**	6.11*	9.21**	22.15**	0.19**
خطا (Error)	33	86.51*	0.01**	0.29	3.03	1.72	1.78	3.01	8.49	0.09
ضریب تغییرات CV (%)	-	30.03	22.01	17.72	10.22	9.13	33.72	30.76	3.46	15.37

ns، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns, * and ** no significant,and significant in probability level 5% and 1% respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های چغندرقند

Table 3. Mean comparison of studied traits in sugar beet genotypes

ردیف	ژنوتیپ	عملکرد ریشه	درصد آلودگی	شدت آلودگی	درصد قند ناخالص	درصد قند خالص	عملکرد قند ناخالص	ضریب استحصال	عملکرد قند خالص	قند ملاس
Ent.	Gen.	Root yield (tone/ha)	Infection Percent (%)	Infection Severity (%)	Gross sugar content (%)	Pure sugar content (%)	Gross sugar yield (tone/ha)	Extraction coefficient	White Sugar yield (tone/ha)	Molasses sugar (%)
1	31406+P12	24.01 ab	21.75 bc	3.00 b	15.60 bd	13.96 c	4.03 bc	84.57 ab	3.34 c	1.89 bc
2	31919	36.00 a	17.00 bc	2.50 bc	17.15 bc	14.51 bc	6.47 ab	84.38 ab	5.32 ab	2.03 ac
3	31879	36.07 ab	17.34 bc	2.50 bc	17.80 bc	15.11 ac	4.90 bc	84.33 ab	4.12 bc	2.08 ac
4	31910	24.12 ab	22.55 bc	3.00 b	16.67 bd	13.77 c	3.90 cd	81.95 bc	3.28 c	2.30 ab
5	31912	29.50 ab	22.07 bc	3.25 b	18.13 ab	16.06 ab	5.51 ac	87.87 a	4.75 ac	1.71 c
6	31881	24.01 ab	22.37 bc	2.5 bc	17.50 bc	4.74 ac	4.19 bc	85.35 ab	3.43 bc	1.90 bc
7	31884	29.50 ab	22.37 bc	2.75 bc	16.56 bd	13.90 c	4.04 bc	83.67 ab	3.34 c	2.07 ac
8	31914	28.57 ab	11.97 c	2.00 c	16.08 bd	13.64 cd	4.54 bc	84.43 ab	3.88 bc	1.84 c
9	SBSI029	33.50 a	26.93 b	3.25 b	16.56 cd	13.41 cd	5.15 ac	81.87 bc	4.33 ac	1.97 bc
10	SBSI030	37.00 a	16.27 bc	2.5 bc	20.72 a	16.47 a	7.63 a	87.41 a	6.14 a	1.65 c
11	F – 20663	28.50 ab	24.44 b	3.00 b	17.56 bc	15.05 ac	5.00 bc	85.37 ab	4.30 ac	1.90 bc
12	SBSI010	10.00 b	79.37 a	6.00 a	14.20 d	11.81 d	1.41 d	79.34 c	1.18 d	2.43 a

میانگین دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ آماری هستند.

The average common letters without a significant difference is 5% statistical level

جدول ۴- همبستگی بین صفات مورد بررسی

Table 4. Correlations between traits

صفات	عملکرد ریشه	درصد قند ناخالص	سدیم	پتاسیم	ازت مضره	درصد قند خالص	عملکرد قند ناخالص	ضریب استحصال	عملکرد قند خالص
Traits	Root yield (tone/ha)	Gross sugar content (%)	Na	K	N	Pure sugar content (%)	Gross sugar yield (tone/ha)	Extraction coefficient	White Sugar yield (tone/ha)
درصد قند ناخالص Gross sugar content (%)	0.29*								
سدیم (Na)	0.12^{ns}	-0.57**							
پتاسیم (K)	-0.17^{ns}	0.51**	0.48**						
ازت مضره (N)	-0.22^{ns}	-0.26^{ns}	0.30**	0.54**					
درصد قند خالص Pure sugar content (%)	0.15^{ns}	0.77**	-0.60**	-0.65**	-0.33*				
عملکرد قند ناخالص Gross sugar yield (tone/ha)	0.95**	0.54**	-0.06^{ns}	-0.28^{ns}	0.23^{ns}	0.35*			
ضریب استحصال Extraction coefficient	0.11^{ns}	0.74**	-0.64**	-0.55**	0.41**	0.23^{ns}	0.29^{ns}		
عملکرد قند خالص White Sugar yield (tone/ha)	0.95**	0.31**	0.06^{ns}	-0.31**	-0.25**	0.41**	0.98**	0.48**	
قند ملاس sugar Molasses	-0.22^{ns}	-0.64**	0.76**	0.63**	049**	0.65**	-0.36**	0.73**	-0.36**

ns، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح ۵٪ و ۱٪ آماری

ns, * and **, respectively, no significant genotypic level was 5% and 1%

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.61186/jcb.17.1.1]

جدول ۵- ضرایب همبستگی شاخص‌های بیماری رایزومانیا با صفات کمی در چغندرقند در سطوح مختلف آلودگی

Table 5. Correlation coefficients of rhizomania disease indexes with quantitative characteristics in suger beet at different levels of infection

صفات	عملکرد ریشه	درصد قند ناخالص	سدیم	پتاسیم	ازت مضره	درصد قند خالص	عملکرد قند ناخالص	ضریب استحصال	عملکرد قند خالص	قند ملاس
Traits	Root yield (tone/ha)	Gross sugar content (%) (%)	Na	K	N	Pure sugar content (%) (%)	Gross sugar yield (tone/ha)	Extraction coefficient	White Sugar yield (tone/ha)	Molasses sugar
درصد آلودگی Infection Percent (%)	-0.47**	-0.36**	0.03ns	0.50**	0.46**	-0.42**	-0.37**	-0.41**	-0.49**	0.38**
شدت آلودگی infection Severity (%)	-0.48**	-0.39**	0.02ns	0.52**	0.45**	-0.41**	-0.48**	-0.39**	0.39**	0.33**

ns ,** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال آماری یک درصد

ns,** respectively, no significant genotypic level was 1%

تجزیه رگرسیون و علیت بر اساس عملکرد قند خالص

نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام (جدول ۶) برای صفت عملکرد قند خالص نشان داد، صفات درصد آلودگی ریشه، درصد استحصال قند و درصد قند ناخالص با توجیه ۶۸/۷۰ درصد از تغییرات عملکرد قند خالص به‌عنوان مؤثرترین صفات در توجیه عملکرد قند خالص در این مطالعه شناسایی شدند (لازم به ذکر است که قبل از انجام تجزیه رگرسیون از عدم وجود رابطه چند هم‌خطی بین متغیرها اطمینان حاصل شد). چنانچه عملکرد قند خالص (Y) به‌عنوان متغیر وابسته و صفات درصد آلودگی (X_1)، استحصال (X_2) و درصد قند ناخالص (X_3) به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شوند معادله خط رگرسیون به‌صورت ذیل برازش خواهد شد.

$$Y = ۰/۰-۱۸/۰۶ X_1 + ۰ /۲۳ X_2 + ۰/۱۲ X_3$$

از آنجایی‌که آزمایش در محیط مساعد بیماری رایزومانیا انجام گرفته است مشاهده می‌شود که بیماری مذکور بیشترین اثر (منفی) را بر عملکرد قند خالص نشان داده است. یکی از مهم‌ترین اثرات بیماری مذکور بر چغندرقند کاهش وزن ریشه و درصد قند است. بنابراین مشاهده چنین نتیجه‌ای دور از انتظار نبود. در مورد رابطه عملکرد قند خالص با ضریب استحصال می‌توان اظهار داشت با افزایش مقدار ترکیبات قندی قابل استحصال و کاهش ناخالصی‌های ریشه بر مقدار ضریب استحصال و نهایتاً عملکرد قند خالص افزوده می‌شود. همچنین از آنجاکه درصد قند ناخالص در برگیرنده درصد قند خالص نیز هست و با افزایش درصد قند ناخالص به‌صورت غیرمستقیم بر مقدار درصد قند خالص نیز افزوده می‌شود می‌توان اظهار داشت با افزایش درصد قند ناخالص به‌صورت مستقیم بر مقدار قند خالص نیز افزوده می‌شود. نتایج حاصل از تجزیه علیت (جدول ۷) نشان داد براساس صفات باقی‌مانده در مدل (درصد آلودگی ریشه، درصد استحصال قند و درصد قند ناخالص)، صفت درصد آلودگی ریشه هم به‌صورت مستقیم و هم به‌صورت غیرمستقیم از طریق کاهش ضریب استحصال و درصد قند ناخالص عملکرد قند ناخالص را کاهش داد. صفت درصد قند ناخالص نیز دارای اثر مستقیم مثبت و معنی‌داری بر عملکرد قند خالص بود صفت مذکور از طریق افزایش درصد آلودگی ریشه به‌صورت غیرمستقیم موجب کاهش عملکرد قند خالص شد اما صفت درصد استحصال به‌صورت غیرمستقیم از طریق افزایش عملکرد قند ناخالص، عملکرد قند خالص را افزایش داد. اما درصد قند ناخالص هم به‌صورت مستقیم و هم به‌صورت غیرمستقیم عملکرد قند خالص را افزایش داد به‌نظر می‌رسد افزایش آلودگی ریشه به‌علت کاهش وزن ریشه موجب افزایش ناخالصی‌های ریشه شده و به‌صورت غیرمستقیم عملکرد قند خالص را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

جدول ۶- مراحل رگرسیون گام‌به‌گام برای عملکرد قند خالص به‌عنوان متغیر تابع و سایر متغیرها به‌عنوان مستقل

Table 6. The stepwise regression for pure sugar yield as the dependent variable and other variables as independent

متغیر اضافه شده به مدل Variable added to the model	مراحل رگرسیون گام‌به‌گام The stepwise regression		
	1	2	3
عدد ثابت Constant	5.15	0.04	0.18
درصدآلودگی ریشه Root infection Percent (%)	-0.04	-0.03	-0.06
درصد استحصال Extraction coefficient (%)		0.28	0.23
درصد قند ناخالص Gross sugar conten (%)			0.12
ضریب تبیین (R2)	0.491	0.586	0.687

جدول ۷- اثر مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد قند خالص

Table 7. Direct and indirect effect on the performance characteristics of white sugar

صفات	اثر مستقیم (Direct effect)	اثر غیر مستقیم (Indirect effects)			
		درصد آلودگی infectionPercent (%)	ضریب استحصال Extraction coefficien	درصد قند ناخالص Gross sugar content (%)	ضریب همبستگی Coefficient of correlation
درصد آلودگی ریشه Root infection Percent (%)	-0.32**	–	-0.12	-0.08	-0.37**
درصد استحصال قند Extraction coefficient (%)	0.38**	0.09	–	0.1	0.48**
درصد قند ناخالص Sugar content (%)	0.34**	-0.05	0.02	–	0.31*

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.61186/jcb.17.1.1]

در مطالعه حسنی و همکاران (Hasani *et al*., 2021) صفات محتوی پتاسیم ریشه، ازت مضره و درصد قند ناخالص ۵۲ درصد از تغییرات عملکرد شکر سفید را به‌خود اختصاص داد. در مطالعه آنها درصد قند ناخالص اثر مستقیم مثبت و معنی‌داری بر عملکرد شکر سفید داشت. وجود ارتباط مستقیم مثبت و معنی‌دار بین عیار قند و عملکرد قند خالص در مطالعه شریفی (Sharifi, 2014) نیز گزارش شده است. در تحقیقی دیگر صفات عملکرد ریشه، عیار قند، میزان سدیم و میزان پتاسیم بیش از ۹۹ درصد تغییرات عملکرد شکر سفید را توجیه کردند (Ghafari *et al*., 2016).

نتیجه‌گیری

در این مطالعه اگرچه ژنوتیپ SBSI030 حداکثر خصوصیات کمی و کیفی را نشان داد اما کمترین درصد آلودگی ریشه برای ژنوتیپ 31914 ثبت شد، پس از آزمون‌های تکمیلی ژنوتیپ 31914 می‌تواند به‌عنوان منبع ژنتیکی مقاوم به رایزومانیا مورد استفاده قرار گیرد، همچنین در این بررسی درصد قند ناخالص بیشترین تأثیر مثبت را بر عملکرد شکر سفید داشت، بنابراین گزینش ژنوتیپ‌ها با درصد قند ناخالص بالا می‌تواند منجر به دست‌یابی به ارقامی با عملکرد شکر سفید بالا شود.

References

Acquah, G., Adams, N.W., & Kelly, J.O. (1992). Factor analysis of plant variable associated with rchiteture and seed size in day bean. *Euphytica*, *60*, 171- 177.

Ahmadi, M., Hamidi, H., Soltani Idliki, J., Rezaei, J., & Kakuinejad. M. (2022). Correlation between yield and qualitative traits of sugar beet cultivars with Rhizomania disease indices under field infection conditions. *Plant Productions*, *45*(1), 15-28.

Alipour, H., Abdi, H., & Bihamta, M.R. (2021). Path Analysis of Wheat Grain Yield with Overcoming Multi-Collinearity of Traits. *Journal of Crop Breeding*, *13*(39), 122-129. doi:10.52547/jcb.13.39.122. [In Persian]

Biancardi, E., Lewellen, R.T., DeBiaggi, M., Erichsen, A.W., & Stevanato, P. (2002). The origin of rhizomania resistance in sugar beet. *Euphytica*, *127*, 383-397.

Darabi, S., Bazarafsha, M., Babaei, B., & Mahmoudi, S.B. (2016). The effect of Rhizomania viral disease (Beet necrotic yellow vein virus) on yield and quality characteristics of sugar beet. *Journal of Applied Researches in Medicinal Plants*, *6*(3), 67-82.

Fathi, M.R., Vahedi, S.A., Bazrafshan, M., Shahbazi, H., & Abdollahyan Noghabi, C.E. (2012). Preparation of hybrids of sugar beet rhizomania disease resistance gene and comparison of performance and quality. *Seed and Plant Journal*, *29*(4), 777-789.

Ghafari, E., Rajabi, A., Izadi Darbandi, A., Rozbeh, F., & Amiri, R. (2016). Evaluation of New Sugar Beet Monogerm Hybrids for Drought Tolerance. *Journal of Crop Breeding*, *8*(17), 1-16.

Gilmer, D., & Ratti, C. (2017). Consortium IR. ICTV Virus taxonomy profile: benyviridae. *Journal of General Virology*, *98*, 1571–1572. doi: 10.1099/jgv.0.000864

Hamze, H., Hassani, M., & Mansouri, H. (2021). Screening O-type lines of sugar beet in terms of resistance to rhizoctonia root rot. *Journal of Sugar Beet*, *37*(2), 153-165

Hasani, M., Hamze, H., Mansori, H., Fathullah Taleghani, D., Jalilian, A., & Soltani Idliki, J. (2021). Evaluation of Genetic Parameters, Relationships between Traits and Grouping of New Sugar Beet Hybrids in Terms of Quantitative and Qualitative Traits under Rhizomonia Contamination Condition. *Journal of Crop Breeding*, *13*(38), 149-159. [In Persian]

Izadpanah, K., Hashemi, P., Kamran, R., Pakniat, M., Sahandpor, A., & Masoumi, M. (1996). Rhizomania in Fars. *Iranian Journal of Plant Pathology*, *32*, 200-206. [In Persian]

Jafarpour, B., & Mahdikhani, A. (1996). Introduction to Plant Nematology. Ferdowsi University of Mashad Publications, Mashhad, Iran [In Persian]

Mahmoudi, S.Y., Ghanbari, M., Amiri, R., Darabi, S., Kakuei nejad, M., Aghaei zadeh, M., & Hasani, M. (2012). Relative levels of Beet necrotic yellow vein virus in susceptible to resistant genotypes of sugar beets during growing season. *Journal of Sugar Beet*, *28*(1), 1-12. [In Persian]

Mirzaei, M.R., Taleghani, D., Sadeghzadeh Hemayati, S., Ahmadi, M., Soltani, J., Babaei, B., Azizi, H., Bazarafshan, M., & Saremi Rad, A. (2023). Studying the effect of genotype-environment interaction on the quantitative and qualitative production potential of different sugar beet cultivars (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Crop Breeding*. 46, 15.

Mobaser, S., & Shah Moradi, S. (1996). Correlation between protein content of the grain yield and some agronomic and morphological traits using path analysis. *Seed and Plant*, *12*(2), 24-29.

Mohammadian, R., Mahmoudi, S. B., Shahbazi, H., Darabi, S., & Pedram, A. (2016). Performance of Sugar Beet Hybrids in Different Levels of Rhizomania Disease Severity. *Plant Production*, *39*(2), 27-42. [In Persian]

Nabizadeh, E., & Fotohi, K. (2018). Study of Relationships among Qualitative and Quantitative Traits in Sugar Beet Genotypes Infected with Rhizoctonia. *Journal of Crop Breeding*, *10*(27), 94-103. doi:10.29252/jcb.10.27.94. [In Persian]

Neshaee Moghaddam, M., Najafi Zarini, H., Ranjbar, Gh. & Pakdin Parizi, A. (2023). Assessment of Drought Tolerance in Soybean Genotypes Using Multivariate Statistical Methods in Greenhouse Conditions. *Journal of Crop Breeding*, *15*(46), 115-132.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.61186/jcb.17.1.1]

Orazizadeh, M., & Moharramzadeh. M. (2009). Check monogerm commercial sugar beet varieties in different regions of the country, the final report of the Research Institute of Sugar Beet Seed Improvement.

Richard-Molard, M.S. (1985). Rhizomania: a world-wide danger to sugar beet. Span, 28, 92-94.

Scholten, O. E., De Bock, T. S., Klein-Lankhorst, R. M., & Lange, W. (1999). Inheritance of resistance to beet necrotic yellow vein virus in Beta vulgaris conferred by a second gene for resistance. *Theoretical and Applied Genetics*, *99*, 740-746.

Sharifi, M. (2014). Correlation and path analysis of white sugar yield with some of traits under irrigated regimes in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) genotypes. *Journal of Plant Ecophiology, 6*(17), 74 -88.

Stevan, D., Dragica, R., & Ratko, B. (2006). Variation in the yield of root, sugar and the quality of sugar beet depending on varietyand soil infestation with rhizomania". *Proc. Nat. Sci, Matica Srpska Novi Sad, 110*, 91-102.

Tamada, T., & Baba, T. (1973). *Beet necrotic yellow vein virus* from rhizomania-affected sugar beet in Japan. *Annals of Phytopathological Society of Japan, 39*, 325-332.

Toudehfallah, M., Arjmand, N., & Mahmoudi, S.B. (2000). *Evaluation of infection and rhizomania situation in Iran.* Proceedings of the 14th Iranian Plant Protection Congress, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. [in Persian]

Wang, Y., Lin, Y., He, P., Chen, L., Amicarna, L., & Lu, J.D. (1995). Evaluation of foliar resistance to *Uncinula necator* in Chinese Wild Vitis Species. *Vitis*, *34*, 159-164.

Zinali, H., Naser-Abadi, E., Hossein-zadeh, H., Chugan, R., & sabokdast, M. (2004). Factor analysis on hybrid of cultivar grain maize. *Iranian Journal of Agricultur Science*, *36*(4), 895-902. [In Persian]

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.61186/jcb.17.1.1]