Plant Prod., 2022, 45(1), 15-28
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/PPD.2020.32377.1873
Received: 25 January 2020
Accepted: 22 July 2020

Plant Productions
Research Article

Correlation between Yield and Qualitative Traits of Sugar Beet Cultivars with Rhizomania Disease Indices under Field Infection Conditions

Masoud Ahmadi [1]*, Hassan Hamidi[2], Jamshid Soltani Idliki [3], Javad Rezaei[4], Mozhdeh Kakueinezhad[5]

1- Associate Professor, Sugar Beet Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran
2- Researcher, Sugar Beet Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran
3- Instructor, Sugar Beet Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.
4- Assistant Professor, Sugar Beet Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.
5- Assistant Professor, Sugar Beet Seed Institute, AREEO, Karaj, Iran

Citation: Ahmadi, M., Hamidi, H., Soltani Idliki, J., Rezaei, J., & Kakueinezhad, 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.

Abstract

Introduction

Rhizomania viral disease is one of the limiting factors of sugar beet cultivation and significantly reduces its yield. The most important way to deal with this disease is to use resistant cultivars.

Materials and Methods

In order to evaluate the correlation between yield and qualitative traits of sugar beet cultivars with rhizomania disease indices, an experiment was conducted in a randomized complete block design with 12 different sugar beet cultivars in four replications in test site with natural infection with rhizomania in Torbat-e-Jam area at two years (2017 and 2018). The traits studied in this study included root yield, sugar content, sugar yield, white sugar content, white sugar yield, sodium, potassium, trace nitrogen, alkalinity, sugar extraction coefficient, leaf growth score, root growth

* **Corresponding Author:** Masoud Ahmadi
E-mail: ahmadi50_masoud@yahoo.com

© 2022 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.

score, disease severity and ELISA test index (OD). Analysis of variance was performed using SAS v.9.1 statistical software. Mean comparisons of traits were performed using LSD test at the probability level of 5 and 1%.

Results and Discussion

Analysis of variance showed significant differences among genotypes for all studied traits except for sodium. Cluster analysis of yield, crop quality as well as rhizomania severity of infection divided the sugar beet cultivars into three groups (resistant, semi-resistant and sensitive). Correlation between traits in a rhizomania infected field and different levels of resistance to rhizomania was different. In all cultivars with different levels of resistance, there was a significant correlation between pure sugar yield with leaf growth score (r=0.88 **), root growth score (r=0.85**), disease severity (r= -0.84 **) and ELISA index (r= -0.67 **) was observed. Therefore, these traits are suitable indicators for evaluation of cultivars for suseptibility or resistance to rhizomania disease. In addition, correlation between ELISA index with disease severity (r=0.83**), leaf growth score (r= -0.61 **) and root growth score (r= -0.67 **) was significant.

Conclusion

According to the obtained results, because the ELISA test and determining the virus concentration is expensive, and on the other hand, this index had a positive and very significant correlation with the severity of the disease infection, so the disease severity index can be used to evaluate cultivars for resistance to rhizomania disease.

Keywords: ELISA test, Pure sugar yield, Root growth score, Severity of disease

تولیدات گیاهی، ۱۴۰۱، ۴۵(۱)، ۲۸-۱۵
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/PPD.2020.32377.1873
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۰۱

تولیدات گیاهی

مقاله پژوهشی

همبستگی عملکرد و صفات کیفی ارقام چغندرقند با شاخص های بیماری ریزومانیا در شرایط آلودگی مزرعه

مسعود احمدی[۱]*، حسن حمیدی[۲]، جمشید سلطانی ایدلیکی[۳]، جواد رضایی[۴]، مژده کاکوئی‌نژاد[۵]

۱- دانشیار، بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
۲- محقق بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
۳- مربی پژوهشی، بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
۴- استادیار، بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
۵- استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده

بیماری ویروسی ریزومانیا از عوامل محدودکننده زراعت چغندرقند بوده و عملکرد آن را به شدت کاهش می‌دهد. مهم‌ترین راهکار مقابله با این بیماری استفاده از ارقام مقاوم است. به منظور بررسی همبستگی عملکرد و صفات کیفی ارقام چغندرقند با شاخص‌های بیماری ریزومانیا، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از ۱۲ رقم مختلف چغندرقند در چهار تکرار در مزرعه با آلودگی طبیعی به بیماری ریزومانیا در منطقه تربت جام طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ انجام شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند از نظر کلیه صفات مورد مطالعه به استثنای میزان سدیم تفاوت معنی‌داری وجود داشت. تجزیه خوشه‌ای عملکرد، کیفیت محصول و هم‌چنین شاخص آلودگی به بیماری ریزومانیا، ارقام مختلف چغندرقند را به سه گروه مقاوم، نیمه مقاوم و حساس دسته‌بندی نمودند. همبستگی بین صفات در شرایط آلودگی طبیعی مزرعه و استفاده از ارقام با مقاومت متفاوت به بیماری ریزومانیا، روند متفاوتی داشت. در ارزیابی کلیه ارقام با سطوح مختلف مقاومت، همبستگی بسیار 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 ریزومانیا 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.

کلیدواژه‌ها: آزمون الایزا، شدت وقوع بیماری، عملکرد قند خالص، نمره رشد ریشه

* **نویسنده مسئول:** مسعود احمدی
رایانامه: ahmadi50_masoud@yahoo.com

© 2022 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.

مقدمه

عوامل بیماری‌زا کمیت وکیفیت ریشه چغندرقند را تحت تأثیر قرار می‌دهند. این عوامل را می‌توان به دو گروه بیماری‌های برگی و ریشه چغندرقند تقسیم‌بندی کرد. عوامل اصلی این بیماری‌ها عمدتاً قارچ‌ها و ویروس‌ها هستند. بیماری ویروسی ریزومانیا به‌عنوان مخرب‌ترین بیماری چغندرقند در جهان شناخته شده است (Poimenopoulou, 2017) که باعث کاهش شدید عملکرد و کیفیت آن می‌شود (McGrann et al., 2009). این بیماری می‌تواند باعث کاهش بیش از ۵۰ و حتی تا ۱۰۰ درصد محصول شود (Salarian et al., 2014). ریزومانیا به‌وسیله ویروس زردی نکروتیک رگبرگ چغندرقند که به‌وسیله قارچ خاکزی و پارازیت اجباری *Polymyxa betae* منتقل می‌شوند ایجاد می‌شود (McGrann et al., 2009).

بیماری ریزومانیا در ایران اولین بار در سال ۱۳۷۵ توسط Izadpanah et al. (1996) از فارس گزارش شد و در پی آن وجود بیماری در مزارع چغندرقند اکثر مناطق کشور گزارش شده و در برخی موارد به آستانه خسارت اقتصادی رسیده است (Todefallah et al., 1999). با توجه به گسترش سریع بیماری ریزومانیا در مزارع چغندرقند تولید موفق بدون استفاده از ارقام با تحمل بالا به ریزومانیا امکان‌پذیر نیست (Radivojevic et al., 2008). استفاده از ارقام مقاوم نه‌تنها به دلیل کاهش خسارت بیماری (Biancardi et al., 2002) بلکه به‌عنوان ساده‌ترین روش برای امکان ادامه تولید چغندرقند توصیه شده است (Draycott, 2006). کاربرد ارقام مقاوم در جلوگیری از گسترش بیماری نیز مؤثر است (Scholten and Lang, 2000).

سطح مقاومت ژرم پلاسم چغندرقند بستگی به مقدار ویروس در ریشه آن‌ها دارد و بر این اساس ژنوتیپ‌های مقاوم به بیماری شناسایی و گزینش می‌شوند (Asher and Kerr, 1996). برای شناسایی این گونه ژنوتیپ‌ها از روش‌های متعددی استفاده می‌شود که یکی از آن‌ها ارزیابی‌های مزرعه‌ای است. بدین منظور ژنوتیپ‌های موردنظر در مزرعه آلوده به ریزومانیا کاشته شده و از بین آن‌ها ژنوتیپ‌های مقاوم به بیماری بر اساس ارزیابی علائم بیماری، عملکرد ریشه و مقدار شکر گزینش می‌شوند (Lewellen and Biancardi, 1990).

در مطالعه‌ای با ارزیابی هیبریدهای چغندرقند در سطوح مختلف آلودگی به بیماری ریزومانیا نشان داده شد که با افزایش شدت علائم آلودگی به بیماری، عملکرد ریشه، تعداد ریشه، عملکرد قند، درصد قند و مقدار نیتروژن ریشه به‌طور معنی‌داری کاهش و در مقابل مقدار ناخالصی‌های سدیم و پتاسیم ریشه افزایش یافت. هم‌چنین با انتخاب ارقام مقاوم به ریزومانیا می‌توان عملکرد کمی و کیفی چغندرقند را بهبود داد (Mohammadian et al., 2016).

در پژوهشی گزارش شد که در شرایط آلوده به بیماری ریزومانیا، ماده خشک ریشه ذخیره‌ای و شاخص سطح برگ ارقام حساس در مقایسه با ارقام متحمل به‌ترتیب ۵۷ و ۲۴ درصد کمتر بود. به‌طورکلی بیماری ریزومانیا از طریق کاهش سطح سبز و توان فتوسنتزی ارقام حساس منجر به کاهش سرعت رشد و تولید ماده خشک گردید (Rezaei et al., 2015).

در مطالعه‌ای نشان داده شد که بیماری ریزومانیا به‌شدت صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ارقام حساس چغندرقند را در منطقه مشهد تحت تأثیر قرار داد. این بیماری در دو بخش هوایی و زیرزمینی باعث تغییراتی در فرآیندهای اندام‌های گیاهی شد به‌طوری‌که برآیند این تغییرات از طریق کاهش عملکرد ریشه ذخیره‌ای در گیاه ظاهر شد (Rezaei et al., 2014). پژوهش‌های محققین در برزیل نشان داد که ریزومانیا بر وزن خشک اندام هوایی چغندرقند پاییزه اثری نداشت اما باعث کاهش ۲۷/۵ درصدی وزن ریشه شد. درحالی‌که این بیماری وزن خشک اندام هوایی و ریشه چغندرقند بهاره را به ترتیب ۴۸ و ۶۴/۶ درصد کاهش داد (Garcia-Vila et al., 2019).

محققین گزارش کردند که بیماری ریزومانیا با تأثیر منفی بر عملکرد ریشه و درصد قند باعث کاهش عملکرد شکر می‌شود. میانگین مقدار کاهش عملکرد شکر در اثر بیماری برای ارقام مقاوم تجاری، ارقام متحمل و ارقام حساس به‌ترتیب ۲۵، ۵۴ و ۹۰ درصد بود. در شرایط آلوده به ریزومانیا میزان سدیم در تمامی ارقام به‌طور میانگین ۱۶۵ درصد افزایش یافت ولی میزان نیتروژن آمینه به‌طور میانگین ۴۳ درصد کاهش نشان داد (Garcia-Vila et al., 2019).

حدود نیمی از مزارع چغندرقند در ایران آلوده به بیماری ریزومانیا است که شدت آلودگی در مزارع با یکدیگر متفاوت است. لذا انتخاب ارقامی‌که بتوانند در شرایط مختلف آلودگی عملکرد قابل قبولی داشته باشند

مهم است. هدف از اجـرای ایـن پـژوهش، بررسـی صـفات کمی و کیفی و تأثیر بیماری ویروسـی ریزومانیـا بـر ارقـام حساس و متحمل چغندرقند در شرایط مزرعه بـا آلـودگی طبیعی به بیماری ریزومانیا در منطقه تربت جام است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، ۱۲ رقم تجـارتی چغندرقنـد (جـدول ۱) شـامل هشـت رقـم خـارجی (Dorotea، Palma، Laetitia، Toucan، Castile، Tous، Flores و Pecora) و چهـار رقـم داخلـی (Sharif، Shokoufa، Rasoul و Arya) در مزرعه کارخانه قند تربت جـام بـا آلـودگی طبیعـی بـه بیماری ریزومانیا با طول جغرافیایی ۳۵ درجـه و ۶ دقیقـه شمالی و عرض جغرافیایی ۶۰ درجـه و ۴۱ دقیقـه شـرقی کشت شد. این آزمایش در قالـب طـرح بلوک‌هـای کامـل تصادفی با چهار تکرار طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ انجـام شد. به‌منظور بررسی مقاومت گیاه چغندرقنـد بـه بیمـاری ریزومانیـا، انتخـاب ارقـام چغندرقنـد مـورد اسـتفاده در آزمایش به گونه‌ای بود که طیفی از ارقام حساس تا مقـاوم را شامل شوند. در ایـن آزمـایش، ارقـام Dorotea و Sharif به‌ترتیب به‌عنوان رقم مقاوم و حساس نسبت بـه ریزومانیـا در نظـر گرفتـه شـدند. عملیـات کاشـت در اوایـل اردیبهشت‌ماه با استفاده از بذرکار ردیفـی صـورت گرفـت. فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر، فاصله روی ردیف‌هـا ۲۰ سانتی‌متر (بعد از تنک) و عمق کاشـت ۳-۲/۵ سـانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر کرت شامل سه خـط بـا فاصـله ۵۰ سانتی‌متر و طول ۷ متر بود. بـه‌منظور ایجـاد تـراکم ۱۰۰ هزار بوته در هکتار گیاهچـه‌های سـبز شـده تنـک شـدند. آبیاری (بر اسـاس عـرف مزرعـه)، کـوددهی (بـر اسـاس آزمون خاک و طبق جدول ۲)، کنترل شیمیایی آفات و بیماری‌هـای غیـر از بیمـاری ریزومانیـا (بـر اسـاس بازدیدهای منظم) و وجین دستی علف‌های هـرز انجـام شد. عملیات برداشت در اوایل آبان‌مـاه و بـا اسـتفاده از دستگاه چغندر کن پشت تراکتوری انجام شـد. خطـوط حاشیه‌ی آزمایش و نیم متر از ابتدا و انتهای هـر کـرت حذف گردید. ریشـه‌های چغندرقنـد پـس از سـرزنی و شست‌وشو توزین گردید و میزان عملکرد نهـایی ریشـه (بر اساس وزن تر) بر حسب تن در هکتار محاسبه شـد. سـپس بـا دسـتگاه اتوماتیـک و نمـا (VENEMA) در آزمایشگاه خمیر ریشه تهیه و صفات کیفی انـدازه‌گیری شد صفاتی از قبیل درصد قند یا عیار قنـد (SC) بـه روش پلاریمتری، مقدار پتاسیم (K) و سدیم (Na) به روش فلـم فتومتری و مقدار نیتروژن مضره(*a*-N) به روش عدد آبی و بـر حسـب میلـی اکـی‌والان در ۱۰۰ گـرم خمیـر ریشـه چغندرقنـد بـا اسـتفاده از دسـتگاه بتـالایزر در آزمایشـگاه اندازه‌گیری شد (Darabi et al., 2017).

Table 1. Characters of experimental cultivars

Code	Cultivar name	Characters	Production company
1	Dorotea	Monogerm	Syngenta, Sweden
2	Palma	Monogerm	Maribo, Denmark
3	Laetitia	Monogerm	KWS, Germany
4	Toucan	Monogerm	Florimond Desprez, France
5	Castile	Monogerm	SESVANDERHAVE, Netherlands
6	Tous	Monogerm	Syngenta, Sweden
7	Sharif	Monogerm	Sugar beet Seed Institute (SBSI), Iran
8	Shokoufa	Monogerm	Sugar beet Seed Institute (SBSI), Iran
9	Flores	Monogerm	Maribo, Denmark
10	Pecora	Monogerm	Florimond Desprez, France
11	Rasoul	Monogerm	Sugar beet Seed Institute (SBSI), Iran
12	Arya	Monogerm	Sugar beet Seed Institute (SBSI), Iran

Table 2. Physical and chemical properties of the experimental farm soil at the Torbat Jam region

Soil depth	Soil texture	EC (dS/m)	pH	N.tot (%)	K.ava (mg/kg)	P.ava (mg/kg)	OC (%)
0-30	Clay Loam	1.77	8.1	0.05	201	15.5	0.55

صفاتی از قبیل عملکرد قند ناخالص (SY)، قند ملاس (MS)، قند قابل استحصال (WSC)، عملکرد قند خالص (WSY) و ضریب استحصال شکر (ECS) نیز از طریق روابط زیر محاسبه گردید (Abdollahian Noghabi et al., 2005).

$$SY=RY\times SC \quad (1$$

$$MS=0.343(K+Na)+0.094(a-N)-0.31 \quad (2$$

$$WSC= SC - (MS + 0.6) \quad (3$$

$$WSY = WSC\times RY \quad (4$$

$$ECS = (WSC \div SC) \times 100 \quad (5$$

وضعیت رشدی برگ گیاهان در هر کرت بر اساس مقیاس ۵-۱ نمره‌دهی شد. به این صورت که به کرت‌های با گیاهان دارای رشد کاملاً مطلوب اندام هوایی و سبز بودن آن عدد ۵ و رشد ضعیف و زرد بودن برگ آن عدد ۱ اختصاص داده شد. اعداد ۲، ۳ و ۴ حالت‌های حد واسط بین ۱ تا ۵ در نظر گرفته شدند.

هم‌چنین وضعیت رشدی ریشه گیاهان در هر کرت بر اساس مقیاس ۵-۱ نمره‌دهی شد به‌طوری‌که کرت‌های با گیاهان دارای رشد ریشه مطلوب عدد ۵ و رشد کم عدد ۱ اختصاص داده شد. در زمان برداشت هر کرت مساحت ۱۰/۵ مترمربع برداشت گردید. به‌منظور بررسی روند توسعه بیماری در ریشه ارقام مورد آزمایش در زمان برداشت، شدت وقوع بیماری در ریشه ارقام با استفاده از شاخص بیماری لوترباخر (Luterbacher et al., 2005) مورد مقایسه قرار گرفت. در این روش بر اساس میزان ریشه ریشی، تغییر رنگ و نکروزه شدن ریشه ذخیره‌ای در اثر شدت بیماری ریزومانیا، می‌توان ریشه ارقام مختلف را درجه‌بندی و به‌طور نسبی مقاومت ارقام را ارزیابی کرد. این روش با مقیاس از ۱ الی ۹ طراحی شده است که با افزایش نمره بیماری تا ۹ بر شدت آلودگی و خسارت رقم افزوده خواهد شد. علاوه بر این روش، جهت بررسی دقیق‌تر میزان آلودگی ارقام به بیماری ریزومانیا در زمان برداشت از ریشه هر یک از ارقام نمونه لازم برای آزمون الایزا تهیه و در آزمایشگاه گیاهپزشکی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند (کرج) میزان جذب نوری نمونه‌ها (Optical Density) با استفاده از دستگاه قرائت خوان الایزا در طول موج ۴۰۵ نانومتر تعیین گردید. سپس نتایج شاخص این آزمون مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

پس از نمونه‌برداری و ثبت اطلاعات در برنامه Excel نسبت به تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 اقدام شد. پس از انجام آزمون یکنواختی واریانس‌ها از طریق آزمون بارتلت نسبت به تجزیه‌ی مرکب داده‌های دو سال اقدام گردید. با استفاده از ضرایب همبستگی بین صفات روابط آن‌ها با یکدیگر مقایسه شد. به‌منظور گروه‌بندی مواد آزمایشی از تجزیه کلاستر به روش Ward استفاده شد. برای مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه از آزمون LSD در سطح احتمال پنج و یک درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

نشانه‌های بیماری ریزومانیا در اندام هوایی و ریشه ارقام مورد مطالعه در مزرعه با آلودگی طبیعی به این بیماری در شکل ۱ نشان داده شده است. این نشانه‌ها در ریشه ارقام حساس شامل کاهش رشد و افزایش ریشه‌های فرعی (ریشکی شدن ریشه) بود (شکل ۱).

Figure 1. Comparison of root and shoots of resistant cultivars (right) and sensitive (left) to rhizomania disease under field infection conditions

نتایج تجزیه واریانس مرکب دو سال (جدول ۳) نشان داد که اثر رقم در دو سال برای کلیه صفات به استثنای میزان سدیم معنی‌دار بود. اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها نشان‌دهنده وجود تنوع کافی بین آن‌ها تحت شرایط این آزمایش (مزرعه با آلودگی طبیعی به بیماری ریزومانیا) و مؤثر بودن انتخاب از لحاظ صفات مورد بررسی است. علاوه بر این اثر متقابل سال× رقم برای صفات درصد قند ناخالص، درصد قند خالص، پتاسیم، نیتروژن مضره، ضریب قلیائیت، ضریب استحصال شکر و شاخص آزمون الایزا معنی‌دار شد و برای سایر صفات مورد مطالعه معنی‌دار نشد (جدول ۳).

مقایسه میانگین طی دو سال مورد آزمایش در مزرعه با آلودگی طبیعی به بیماری ریزومانیا (جدول ۴) نشان داد که بیشترین عملکرد ریشه (۱۰۴/۱۵ تن در هکتار)، عملکرد قند ناخالص (۱۷/۲۲ تن در هکتار)،

Table 3. Results of combined variance analysis (mean squares) of yield and qualitative traits of different sugar beet cultivars in two years (2017 and 2018)

S.O.V.	df	Root yield	Sugar content	Sugar yield	White sugar content	White sugar yield	Na	K	N	Alkalinity	Extraction coefficient of sugar	Leaf growth score	Root growth score	Severity of infection	Optical density
Year	1	1299.70**	20.65**	10.72*	7.04*	8.44*	2.86^{ns}	6.93**	31.80**	563.04**	41.46^{ns}	0.37^{ns}	0.37^{ns}	0.01**	0.01^{ns}
Replication (Year)	6	290.61	1.21	5.96	2.27	3.09	1.10	1.98	0.14	5.06	28.54	0.21	1.19	0.24	0.01
Cultivar	11	5082.47**	10.61**	169.82**	14.73**	122.25**	0.69^{ns}	2.13**	0.85*	13.80**	64.21**	8.50**	7.89**	62.60**	0.13**
Cultivar × Year	11	75.25^{ns}	2.16**	3.20^{ns}	2.62*	2.39^{ns}	0.52^{ns}	2.09**	1.87**	18.58**	26.41*	0.19^{ns}	0.10^{ns}	0.27^{ns}	0.03**
Error	66	63.29	0.75	1.75	1.31	1.50	0.80	0.70	0.36	4.52	11.83	0.13	0.12	0.42	0.004
CV (%)		11.80	6.35	11.92	8.89	13.70	26.20	14.84	33.48	32.72	4.33	9.15	9.01	9.01	15.43

ns, * and**: No significant and significant at 5 and 1%, Respectively.

Table 4. Mean comparison of two year of studied traits of different sugar beet cultivars in two years (2017 and 2018)

Cultivar	Root yield (t.ha^{-1})	Sugar content (%)	Sugar yield (t.ha^{-1})	White sugar content (%)	White sugar yield (t.ha^{-1})	Na (Meq/100g)	K (Meq/100g)	N (Meq/100g)	Alkalinity (Meq/100g)	Extraction coefficient of sugar (%)	Leaf growth score	Root growth score	Severity of infection	Optical density
Dorotea	104.15	16.58	17.22	13.52	14.03	3.33	5.08	1.91	4.64	81.50	5.00	5.00	1.00	0.09
Palma	94.04	16.89	15.81	13.90	13.00	3.34	4.99	1.39	6.09	82.19	5.00	4.88	1.63	0.20
Laetitia	93.05	18.04	16.78	15.06	14.00	3.43	4.92	1.37	6.78	83.41	5.00	5.00	1.00	0.10
Toucan	75.44	17.84	13.48	14.85	11.22	3.17	5.09	1.66	5.69	83.10	4.63	4.75	1.25	0.12
Castile	70.04	16.48	11.50	13.30	9.28	3.36	5.49	1.55	7.52	80.70	4.13	3.50	6.63	0.41
Tous	53.50	15.36	8.21	11.93	6.37	3.22	6.27	1.97	6.91	77.61	3.38	3.38	6.25	0.27
Sharif	24.09	14.38	3.46	10.78	2.60	3.97	5.88	2.34	5.68	74.98	1.88	2.63	8.00	0.42
Shokoufa	90.82	16.23	14.74	12.78	11.61	3.54	5.98	1.97	5.86	78.56	4.75	4.88	1.13	0.11
Flores	59.85	16.03	9.59	12.81	7.67	3.00	5.87	1.91	5.39	79.87	4.13	3.38	6.75	0.39
Pecora	54.41	15.98	8.67	12.52	6.79	3.34	6.27	1.77	7.63	78.21	3.63	2.63	4.75	0.24
Rasoul	31.78	14.34	4.50	10.89	3.41	3.99	5.68	1.51	9.61	75.50	2.38	2.63	7.25	0.39
Arya	58.08	15.63	9.03	12.12	6.95	3.42	6.19	2.32	6.18	77.32	3.88	3.38	4.63	0.25
Mean	67.44	16.15	11.08	12.87	8.91	3.42	5.64	1.81	6.50	79.41	3.98	3.83	4.19	0.25
LSD 0.05	7.94	0.86	1.32	1.14	1.22	0.89	0.84	0.60	2.12	3.43	0.36	0.34	0.64	0.06
LSD 0.01	10.55	1.15	1.75	1.52	1.62	1.19	1.11	0.80	2.82	4.56	0.48	0.46	0.86	0.08

ns, *and**: None significant and significant at 5 and 1%, Respectively.

عملکرد قند خالص (۱۴/۰۳ تن در هکتار)، نمره رشد برگ (۵) و نمره رشد ریشه (۵) در رقم Dorotea وجود داشت. علاوه بر این رقم مزبور دارای کمترین شدت وقوع بیماری (۱) و شاخص آزمون الایزا (۰/۰۹) بود. لذا رقم Dorotea به‌عنوان متحمل‌ترین رقم نسبت به بیماری ریزومانیا در بین کلیه ارقام مورد مطالعه شناسایی شد. رقم Laetitia دارای بیشترین درصد قند ناخالص (۱۸/۰۴)، درصد قند خالص (۱۵/۰۶) و ضریب استحصال شکر (۸۳/۴۱ درصد) بود. بیشترین میزان سدیم (۳/۹۹ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم وزن ریشه) در رقم Rasoul و بیشترین مقادیر پتاسیم (۶/۲۷ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم وزن ریشه) و ضریب قلیائیت (۷/۶۳ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم وزن ریشه) در رقم Pecora مشاهده گردید. بیشترین مقادیر از نظر میزان نیتروژن مضره (۲/۳۴ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم وزن ریشه)، شدت وقوع بیماری (۸) و شاخص آزمون الایزا (۰/۴۲) در رقم Sharif وجود داشت (جدول ۴). در این پژوهش، کمترین عملکرد ریشه (۲۴/۰۹ تن در هکتار)، عملکرد قند ناخالص (۳/۴۶ تن در هکتار)، درصد قند خالص (۱۰/۷۸)، عملکرد قند خالص (۲/۶۰ تن در هکتار)، ضریب استحصال شکر (۷۴/۹۸ درصد)، نمره رشد برگ (۱/۸۸) و نمره رشد ریشه (۲/۶۳) در رقم Sharif مشاهده شد. با توجه به این‌که رقم مزبور دارای بالاترین شدت وقوع بیماری و شاخص آزمون الایزای نسبت به سایر ارقام بود. لذا رقم Sharif به‌عنوان حساس‌ترین رقم نسبت به بیماری ریزومانیا در بین کلیه ارقام مورد مطالعه شناسایی شد. رقم Rasoul دارای کمترین درصد قند ناخالص (۱۴/۳۴) بود. کمترین میزان سدیم (۳/۰۰ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم وزن ریشه) و ضریب قلیائیت (۴/۶۴ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم وزن ریشه) به‌ترتیب در رقم Flores و Dorotea مشاهده شد. رقم Laetitia نیز دارای کمترین میزان پتاسیم (۴/۹۲ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم وزن ریشه) و نیتروژن مضره (۱/۳۷ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم وزن ریشه) بود. علاوه بر این رقم Dorotea دارای کمترین شدت وقوع بیماری (۱) و شاخص آزمون الایزا (۰/۰۹) بود. لازم به ذکر است که ارقام Dorotea، Palma، Laetitia و Shokoufa دارای مقادیر عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، عملکرد قند خالص، نمره رشد برگ و نمره رشد ریشه بیشتر از میانگین کل ارقام مورد مطالعه بودند. هم‌چنین این ارقام دارای مقادیر شدت وقوع بیماری و شاخص آزمون الایزا کمتر از میانگین کل ارقام بودند. از این رو ارقام مزبور به‌عنوان ارقام متحمل به بیماری ریزومانیا شناسایی شدند (جدول ۴).

در رابطه با روش مناسب غربال ژنوتیپ‌های مقاوم به بیماری ریزومانیا، گزارش‌های متفاوتی وجود دارد. انتخاب برای مقاومت به ریزومانیا می‌تواند در گلخانه و یا مزرعه انجام شود (Whitney, 1989). پژوهش‌ها نشان داده است که همبستگی مثبتی بین علائم ظاهری ریشه و وزن تر ریشه با غلظت ویروس و سطح مقاومت ارقام در چغندرقند وجود دارد (Pferdmenges et al., 2009). گزارشی نیز وجود دارد مبنی بر این‌که در برخی منابع مقاومت علی‌رغم غلظت بالای ویروس، عملکرد کمتر تحت تأثیر قرار گرفته است (Rush et al., 2006). از طرف دیگر اعلام شده است که جهت ارزیابی ارقام برای مقاومت به بیماری، عملکرد ریشه و قند معیار مناسبی هستند (Mahmoudi et al., 2012). محققین گزارش کردند که میزان کاهش عملکرد شکر در اثر بیماری به نوع رقم چغندرقند و نیز میزان حساسیت یا مقاومت آن به بیماری بستگی دارد (Darabi et al., 2017). در پژوهش حاضر، صرف‌نظر از اختلاف ژنتیکی بین ارقام، یکی از دلایل این تفاوت عملکرد مربوط به خسارت ناشی از بیماری ریزومانیا است (جدول ۴). به نظر می‌رسد کاهش سطح سبز، کاهش توان فتوسنتزی و کاهش تثبیت دی‌اکسیدکربن گیاه از مهم‌ترین دلایل کاهش شدید عملکرد اقتصادی در شرایط آلوده به بیماری هستند. هم‌چنین در شرایط آلوده، تنفس گیاه در بخش ریشه اصلی و ریشه‌های فرعی افزایش یافته و بخشی از مواد فتوسنتزی صرف تولید ویروس و قارچ ناقل ریزومانیا در این ناحیه می‌شود، درنتیجه ذخیره و خلوص قند در ریشه کاهش می‌یابد (Rezaei et al., 2014; Tamada, 1999). در آزمایش حاضر، کمترین و بیشترین خسارت ناشی از آلودگی بیماری ریزومانیا به‌ترتیب به رقم Dorotea و رقمSharif وارد شده است. افزایش شدت وقوع بیماری (شاخص لوترباخر) نشانه افزایش میزان ریشه‌های فرعی، افزایش میزان نکروزه شدن آوندهای ریشه و از بین رفتن سیستم جذب و انتقال آب و مواد غذایی در ریشه است. این پدیده درنهایت گیاه را در بخش زیرزمینی به‌شدت تضعیف کرده و اثرات آن درنهایت تمام اندام‌های گیاه را تحت تأثیر منفی قرار خواهد داد (Rezaei et al., 2014).

تجزیه خوشه‌ای میانگین ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات

کمی و کیفی محصول و شاخص آلودگی در دو سال (شکل ۲) نشان داد که ارقام مورد بررسی در سه گروه عمده مقاوم، نیمه مقاوم و حساس قرار گرفتند. لازم به ذکر است که از نظر صفات کمی دامنه تغییرات صفاتی همچون عملکرد ریشه از ۱۰۴/۱۵ تن در هکتار برای رقم مقاوم (Dorotea) تا ۲۴/۰۹ تن در هکتار برای رقم حساس (Sharif) متغیر بود. این امر نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی کافی در بین ژنوتیپ‌ها از نظر این صفت بود. نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای نشان داد گروه اول (مقاوم به بیماری ریزومانیا) شامل ارقام Dorotea، Palma، Laetitia و Shokoufa بود که دارای مقادیر عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، عملکرد قند خالص، نمره رشد برگ و نمره رشد ریشه بیشتر از میانگین کل ارقام مورد مطالعه بودند. گروه دوم شامل ارقامToucan، Castile، Tous، Flores، Pecora و Arya بود که در بین ارقام مورد مطالعه از تحمل نسبی و متوسطی نسبت به بیماری ریزومانیا برخوردار بودند. گروه سوم (حساس به بیماری ریزومانیا) شامل ارقام Sharif و Rasoul بود که دارای مقادیر عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، عملکرد قند خالص، نمره رشد برگ و نمره رشد ریشه کمتر از میانگین کل ارقام مورد مطالعه بودند (شکل ۲). در پژوهش حاضر، میزان شدت وقوع بیماری از ۱ برای رقم مقاوم Dorotea تا ۸ برای رقم حساس Sharif متغیر بود. این تفاوت نشان‌دهنده آلودگی مزرعه و اعتماد به ارزیابی ارقام در یک مزرعه با آلودگی طبیعی است. در کل ارقام گروه اول را برای کشت در مناطق با آلودگی طبیعی به بیماری ریزومانیا می‌توان توصیه نمود.

تجزیه خوشه‌ای یکی از روش‌های آماری برای بررسی تنوع ژنتیکی در بین ارقام مختلف است که از آن برای گروه‌بندی صفات و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها استفاده می‌شود. محققین با استفاده از تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های مورد بررسی را بر اساس شباهت آن‌ها از نظر تعدادی از صفات گروه‌بندی می‌نمایند. در این حالت افرادی که در یک گروه قرار می‌گیرند، نزدیک به هم بوده و افراد گروه‌های دورتر، تفاوت بیشتری با هم خواهند داشت (Romesborg, 1990). محققین صفات مربوط به عملکرد در هیبریدهای چغندرقند مقاوم به ریزومانیا را مورد ارزیابی قرار دادند و نتایج تجزیه خوشه‌ای نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر مبنای میانگین صفات عملکردی و کیفیت در چهار گروه قرار گرفتند (Vahedi et al., 2017; Fathi et al., 2013).

با توجه به این‌که ارقام مورد مطالعه چغندرقند بر اساس نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای در سه گروه مقاوم، نیمه مقاوم و حساس نسبت به بیماری ریزومانیا قرار گرفتند، ضرایب همبستگی در کلیه ارقام، ارقام مقاوم، نیمه مقاوم و حساس به بیماری ریزومانیا به تفکیک در جدول‌های ۵، ۶، ۷ و ۸ ارائه شده است.

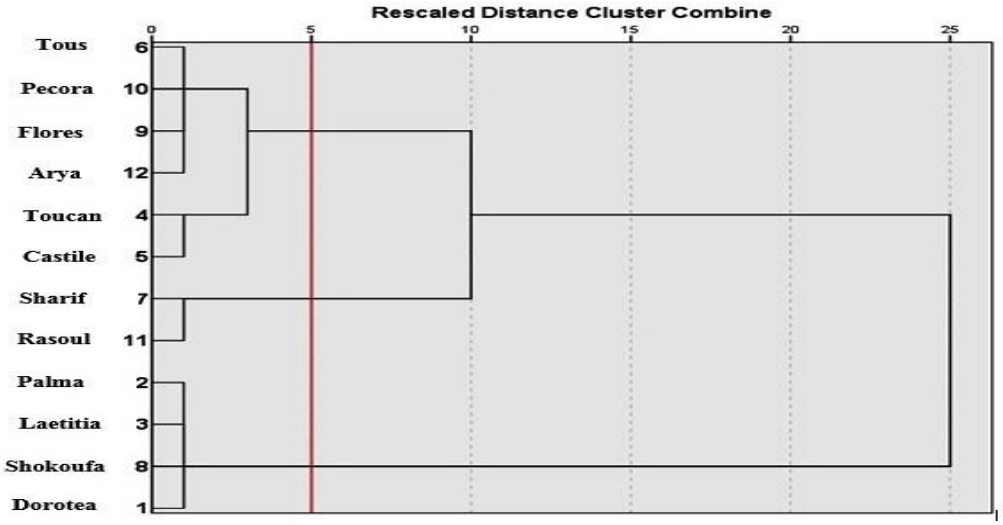

Figure 2. Dendrogram of cluster analysis for 12 sugar beet cultivars based on all of studied traits with Ward method in two years

Table 5. Correlation coefficients of studied traits in all cultivars of sugar beet

Row		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Root yield	1.00													
2	Sugar content	0.49**	1.00												
3	Sugar yield	0.98**	0.64**	1.00											
4	White Sugar content	0.51**	0.95**	0.64**	1.00										
5	White Sugar yield	0.96**	0.67**	0.99**	0.70**	1.00									
6	Na	-0.13^{ns}	-0.32**	-0.16^{ns}	-0.44**	-0.22*	1.00								
7	K	-0.14^{ns}	-0.44**	-0.24*	-0.59**	-0.31**	0.17^{ns}	1.00							
8	N	-0.17^{ns}	-0.01^{ns}	-0.17^{ns}	-0.20*	-0.20*	-0.10^{ns}	0.29**	1.00						
9	Alkalinity	-0.11^{ns}	-0.34**	-0.15^{ns}	-0.22*	-0.15^{ns}	0.34**	0.11^{ns}	-0.77**	1.00					
10	Extraction coefficient of sugar	0.42**	0.67**	0.52**	0.86**	0.59**	-0.57*	-0.68**	-0.45**	-0.01^{ns}	1.00				
11	Leaf growth score	0.88**	0.63**	0.89**	0.62**	0.88**	-0.17^{ns}	-0.19^{ns}	-0.15^{ns}	-0.13^{ns}	0.49**	1.00			
12	Root growth score	0.85**	0.51**	0.85**	0.50**	0.85**	-0.05^{ns}	-0.21*	-0.13^{ns}	-0.14^{ns}	0.37**	0.79**	1.00		
13	Severity of infection	-0.82**	-0.58**	-0.84**	-0.58**	-0.84**	0.11^{ns}	0.27**	0.12^{ns}	0.14^{ns}	-0.44**	-0.78**	-0.83**	1.00	
14	Optical density	-0.63**	-0.53**	-0.67**	-0.49**	-0.67**	0.06^{ns}	0.20*	0.05^{ns}	0.16^{ns}	-0.33**	-0.61**	-0.67**	0.83**	1.00

ns, *and**: None significant and significant at 5 and 1%, Respectively.

Table 6. Correlation coefficients of studied traits in rhizomania resistant sugar beet cultivars

Row		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Root yield	1.00													
2	Sugar content	-0.38*	1.00												
3	Sugar yield	0.78**	0.26^{ns}	1.00											
4	White Sugar content	-0.25^{ns}	0.95**	0.35*	1.00										
5	White Sugar yield	0.61**	0.45**	0.94**	0.59**	1.00									
6	Na	-0.07^{ns}	-0.19^{ns}	-0.19^{ns}	-0.43*	-0.41*	1.00								
7	K	0.29^{ns}	-0.56**	-0.07^{ns}	-0.68**	-0.32^{ns}	0.37*	1.00							
8	N	0.08^{ns}	-0.34^{ns}	-0.13^{ns}	-0.34^{ns}	-0.19^{ns}	-0.13^{ns}	0.11^{ns}	1.00						
9	Alkalinity	-0.10^{ns}	0.07^{ns}	-0.08^{ns}	-0.09^{ns}	-0.18^{ns}	0.61**	0.42*	-0.68**	1.00					
10	Extraction coefficient of sugar	-0.01^{ns}	0.67**	0.44*	0.87**	0.71**	-0.68**	-0.72**	-0.27^{ns}	-0.30^{ns}	1.00				
11	Leaf growth score	0.33^{ns}	0.11^{ns}	0.42*	0.12^{ns}	0.37*	0.06^{ns}	0.06^{ns}	-0.18^{ns}	0.20^{ns}	0.14^{ns}	1.00			
12	Root growth score	0.22^{ns}	-0.13^{ns}	0.15^{ns}	-0.13^{ns}	0.09^{ns}	-0.03^{ns}	0.28^{ns}	0.05^{ns}	0.10^{ns}	-0.10^{ns}	0.47**	1.00		
13	Severity of infection	-0.21^{ns}	-0.03^{ns}	-0.25^{ns}	-0.01^{ns}	-0.19^{ns}	0.02^{ns}	-0.15^{ns}	-0.07^{ns}	-0.07^{ns}	0.03^{ns}	-0.17^{ns}	-0.45**	1.00	
14	Optical density	0.01^{ns}	-0.21^{ns}	-0.13^{ns}	-0.14^{ns}	-0.11^{ns}	0.01^{ns}	0.08^{ns}	-0.19^{ns}	0.06^{ns}	0.01^{ns}	-0.05^{ns}	-0.31^{ns}	0.79**	1.00

ns, *and**: None significant and significant at 5 and 1%, Respectively.

Table 7. Correlation coefficients of studied traits in semi- resistant sugar beet cultivars to rhizomania

Row		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Root yield	1.00													
2	Sugar content	0.27^{ns}	1.00												
3	Sugar yield	0.95**	0.54**	1.00											
4	White Sugar content	0.26^{ns}	0.93**	0.52**	1.00										
5	White Sugar yield	0.90**	0.62**	0.98**	0.64**	1.00									
6	Na	0.14^{ns}	-0.21^{ns}	0.06^{ns}	-0.29*	-0.02^{ns}	1.00								
7	K	0.01^{ns}	-0.50**	-0.15^{ns}	-0.70**	-0.29*	0.15^{ns}	1.00							
8	N	-0.21^{ns}	-0.08^{ns}	-0.20^{ns}	-0.35*	-0.29*	-0.12^{ns}	0.37**	1.00						
9	Alkalinity	0.05^{ns}	-0.20^{ns}	-0.02^{ns}	0.03^{ns}	0.03^{ns}	0.27^{ns}	-0.09^{ns}	-0.83**	1.00					
10	Extraction coefficient of sugar	0.16^{ns}	0.58**	0.33*	0.84**	0.48**	-0.36*	-0.79**	-0.65**	0.34*	1.00				
11	Leaf growth score	0.58**	0.40**	0.63**	0.42**	0.64**	-0.01^{ns}	-0.13^{ns}	-0.21^{ns}	0.02^{ns}	0.32*	1.00			
12	Root growth score	0.59**	0.35*	0.63**	0.33*	0.62**	0.04^{ns}	-0.11^{ns}	-0.08^{ns}	-0.08^{ns}	0.19^{ns}	0.54**	1.00		
13	Severity of infection	-0.30*	-0.48**	-0.43**	-0.45**	-0.45**	-0.03^{ns}	0.27^{ns}	0.08^{ns}	0.03^{ns}	-0.28^{ns}	-0.39**	-0.48**	1.00	
14	Optical density	-0.09^{ns}	-0.36*	-0.21^{ns}	-0.28^{ns}	-0.22^{ns}	-0.04^{ns}	0.06^{ns}	-0.05^{ns}	0.10^{ns}	-0.08^{ns}	-0.11^{ns}	-0.29*	0.66**	1.00

ns, *and**: None significant and significant at 5 and 1%, Respectively.

Table 8. Correlation coefficients of studied traits in rhizomania sensitive sugar beet cultivars

Row		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Root yield	1.00													
2	Sugar content	-0.30^{ns}	1.00												
3	Sugar yield	0.80**	0.32^{ns}	1.00											
4	White Sugar content	-0.25^{ns}	0.93**	0.33^{ns}	1.00										
5	White Sugar yield	0.68**	0.44^{ns}	0.95**	0.52*	1.00									
6	Na	-0.07^{ns}	-0.33^{ns}	-0.23^{ns}	-0.55*	-0.42^{ns}	1.00								
7	K	0.25^{ns}	-0.14^{ns}	0.08^{ns}	-0.38^{ns}	-0.07^{ns}	-0.10^{ns}	1.00							
8	N	-0.40^{ns}	0.62**	-0.04^{ns}	0.38^{ns}	-0.08^{ns}	-0.10^{ns}	0.29^{ns}	1.00						
9	Alkalinity	0.60*	-0.74**	0.14^{ns}	-0.61*	0.06^{ns}	0.23^{ns}	0.13^{ns}	-0.85**	1.00					
10	Extraction coefficient of sugar	-0.11^{ns}	0.39^{ns}	0.15^{ns}	0.70**	0.42^{ns}	-0.75**	-0.48*	-0.19^{ns}	-0.15^{ns}	1.00				
11	Leaf growth score	0.28^{ns}	0.32^{ns}	0.51*	0.25^{ns}	0.47^{ns}	0.16^{ns}	-0.11^{ns}	-0.01^{ns}	0.01^{ns}	-0.02^{ns}	1.00			
12	Root growth score	0.28^{ns}	0.01^{ns}	0.31^{ns}	-0.07^{ns}	0.24^{ns}	0.33^{ns}	-0.07^{ns}	-0.05^{ns}	0.07^{ns}	-0.21^{ns}	0.20^{ns}	1.00		
13	Severity of infection	-0.25^{ns}	-0.13^{ns}	-0.34^{ns}	-0.09^{ns}	-0.31^{ns}	0.08ns	-0.19^{ns}	-0.03^{ns}	-0.01^{ns}	0.03^{ns}	-0.04^{ns}	-0.21^{ns}	1.00	
14	Optical density	0.13^{ns}	-0.12^{ns}	0.01^{ns}	-0.11^{ns}	-0.01^{ns}	-0.25^{ns}	0.23^{ns}	0.21^{ns}	-0.01^{ns}	-0.02^{ns}	0.05^{ns}	-0.14^{ns}	0.47^{ns}	1.00

ns, *and**: None significant and significant at 5 and 1%, Respectively.

نتایج حاصل از محاسبه ضرایب همبستگی بین صفات در کلیه ارقام مورد مطالعه (جدول ۵) نشان داد که عملکرد قند خالص با کلیه صفات به‌استثنای ضریب قلیائیت همبستگی معنی‌داری نشان داد. بالاترین همبستگی (**۰/۹۹) نیز بین عملکرد قند خالص و عملکرد قند ناخالص مشاهده شد. همبستگی عملکرد قند خالص با صفاتی از قبیل عملکرد ریشه، درصد قند ناخالص، عملکرد قند ناخالص، درصد قند خالص، ضریب استحصال شکر، نمره رشد برگ و نمره رشد ریشه مثبت و معنی‌دار بود؛ ولی با سدیم، پتاسیم، نیتروژن مضره، شدت وقوع بیماری و شاخص آزمون الایزا منفی و معنی‌دار بود. علاوه بر این بین شدت وقوع بیماری و شاخص آزمون الایزا همبستگی مثبت و معنی‌داری (r=۰/۸۳**) مشاهده شد (جدول ۵). در گروه ارقام مقاوم، همبستگی عملکرد قند خالص با صفاتی از قبیل عملکرد ریشه، درصد قند ناخالص، عملکرد قند ناخالص، درصد قند خالص، ضریب استحصال شکر و نمره رشد برگ مضره مثبت و معنی‌دار بود؛ اما همبستگی عملکرد قند خالص با میزان سدیم منفی و معنی‌دار بود (جدول ۶). در گروه ارقام نیمه مقاوم، بین عملکرد قند خالص با صفاتی از قبیل عملکرد ریشه، درصد قند ناخالص، عملکرد قند ناخالص، درصد قند خالص، ضریب استحصال شکر، نمره رشد برگ و نمره رشد ریشه همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد؛ اما همبستگی عملکرد قند خالص با میزان پتاسیم، نیتروژن مضره و شدت وقوع بیماری منفی و معنی‌دار بود (جدول ۷). در گروه ارقام حساس، همبستگی عملکرد قند خالص با صفاتی از قبیل عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و درصد قند خالص مثبت و معنی‌دار بود؛ اما همبستگی معنی‌داری بین عملکرد قند خالص با سایر صفات مورد مطالعه مشاهده نشد (جدول ۸). لازم به ذکر است که در گروه ارقام مقاوم و حساس، عملکرد ریشه با درصد قند ناخالص همبستگی منفی نشان داد درحالی‌که در کل ارقام و هم‌چنین ارقام نیمه مقاوم این همبستگی مثبت بود. علاوه بر این بالاترین همبستگی مثبت و معنی‌دار (r=۰/۸۳**) بین شدت وقوع بیماری و شاخص آزمون الایزا در کل ارقام مشاهده گردید و بین دو صفت مزبور در گروه ارقام حساس همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد (جدول‌های ۵، ۶، ۷ و ۸). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در شرایط آلودگی و استفاده از ارقام با مقاومت متفاوت به بیماری ریزومانیا همبستگی بین صفات روند متفاوتی دارد. نتایج همبستگی شاخص آزمون الیزا نشان دادکه این صفت در شرایط آلودگی مزرعه در صورتی که تنها از ارقام حساس استفاده شود نمی‌تواند شاخص مناسبی برای ارزیابی مقاومت به ریزومانیا باشد. شدت وقوع بیماری در گروه ارقام مقاوم با کلیه صفات به استثنای شدت وقوع بیماری و شاخص آزمون الایزا همبستگی معنی‌داری نداشت و در گروه نیمه مقاوم این صفت با عملکرد ریشه، درصد قند ناخالص، عملکرد قند ناخالص، درصد قند خالص، عملکرد قند خالص، نمره رشد برگ و نمره رشد ریشه همبستگی منفی و معنی‌داری نشان داد اما در بین ارقام حساس، صفت مزبور با هیچ کدام از صفات مورد مطالعه همبستگی معنی‌داری نشان نداد. درحالی‌که در ارزیابی کلیه ارقام با سطوح مختلف مقاومت، همبستگی معنی‌داری بین شدت وقوع بیماری با کلیه صفات به استثنای سدیم، نیتروژن مضره و ضریب قلیائیت مشاهده شد که نشان می‌دهد صفت شدت وقوع بیماری شاخص مناسبی برای ارزیابی کلیه ارقام نسبت به بیماری ریزومانیا است. نمره رشد برگ و نمره رشد ریشه به دلیل وجود همبستگی معنی‌دار بین عملکرد قند خالص با آن‌ها نیز شاخص‌های مناسبی برای ارزیابی کلیه ارقام نسبت به بیماری ریزومانیا هستند.

محققین نشان دادند که همبستگی منفی بین شاخص آزمون الایزا (میزان جذب نوری) در ریشه چغندرقند و عملکرد ریشه وجود دارد، به طوری که افزایش میزان غلظت ویروس ریزومانیا در ریشه با کاهش وزن ریشه اصلی (درصورتی‌که وجود اثرات دیگر بیماری‌ها و تأثیرات مربوط به خود ارقام وجود نداشته باشد) همراه است. هم‌چنین واکنش ارقام را نسبت به ریزومانیا می‌توان با امتیازدهی و توزین ریشه‌ها با اطمینان کامل مورد ارزیابی قرار داد (Wisler et al., 1999). در مطالعه‌ای نیز ضمن ارزیابی ارقام در شرایط مزرعه با آلودگی طبیعی از آزمون الایزا استفاده شد و نتایج بیانگر ارتباط مستقیم بین آزمون الایزا و عملکرد در مزرعه بود (Asher et al., 2002). برخی از پژوهش‌ها نشان داده است که علی‌رغم وجود غلظت بالای ویروس

در ریشه، عملکرد رقم کمتر تحت تأثیر بیماری قرار گرفته است (Rush et al., 2006).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که در بین ارقام مورد مطالعه چغندرقند در شرایط آلودگی طبیعی به ریزومانیا در دو سال از نظر کلیه صفات به‌استثنای میزان سدیم اختلاف بسیار معنی‌داری وجود دارد. ارقام مورد بررسی چغندرقند بر اساس نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای در سه گروه مقاوم، نیمه مقاوم و حساس نسبت به بیماری ریزومانیا قرار گرفتند. همبستگی بین صفات در شرایط آلودگی و استفاده از ارقام با مقاومت متفاوت به بیماری ریزومانیا روند متفاوتی داشت. در ارزیابی کلیه ارقام با سطوح مختلف مقاومت، همبستگی معنی‌داری بین شدت وقوع بیماری با کلیه صفات به استثنای سدیم، نیتروژن مضره و ضریب قلیائیت مشاهده شد که نشان می‌دهد صفت مزبور شاخص مناسبی برای ارزیابی کلیه ارقام نسبت به بیماری ریزومانیا است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده چون آزمون الایزا و تعیین غلظت ویروس هزینه‌بر است و از طرفی همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری این شاخص با شدت وقوع آلودگی بیماری داشت، لذا می‌توان از شاخص شدت وقوع بیماری جهت ارزیابی ارقام برای مقاومت به بیماری ریزومانیا استفاده کرد.

سپاس‌گزاری

بدینوسیله از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی و کارخانه قند تربت جام که در انجام این تحقیق همکاری نمودند، قدردانی می‌گردد.

References

Abdollahian Noghabi, M., Sheikholeslami, R., & Babaei, B. (2005). Terms and definitions of technological quantity and quality of sugar beet. *Journal of Sugar Beet*, 21(1), 101-104. [In Farsi]

Asher, M. J. C., & Kerr, S. (1996). Rhizomania: Progress with resistance varieties. *British Sugar Beet Review*, 64, 19-22.

Asher, M. J. C., Chwarszczynska, D. M., & Leaman, M. (2002). The evaluation of rhizomania resistant sugar beet for the UK. *Annual Appleid Biology,* 141(2), 101-109.

Biancardi, E., Lewellen, R. T., DeBiaggi, M., Erichsen, A. W., & Stevanato, P. (2002). The origin of rhizomania resistance in sugar beet. *Euphytica,* 12 (3), 383-397.

Darabi, S., Bazrafshan, M., Babaee, B., & Mahmoodi, S.B. (2017). Impact of rhizomania virus (beet necrotic yellow vein virus) on sugar beet yield and qualitative characters. *Applied Research Medical Plant,* 6(3), 67-82. [In Farsi]

Draycott, A.P. (2006). *Sugar beet*. London, UK: Blackwell Scientific Publishing Co. Ltd.

Fathi, M.R., Vahedi, S., Bazrafshan, M., Shabazi, H.A., & Abodlahian Noghabe, M. (2013). Development of sugar beet hybrids carrying rhizomania resistance gene and comparison of their performance and quality. *Seed and Plant Improvement Journal*, 29(4), 777-789. [In Farsi]

Garcia-Vila, M., Morillo-Velarde, R., & Fereres, E. (2019). Modeling sugar beet responses to rrigation with AquaCrop for optimizing water allocation. *Water*, 11(1918), 1-15.

Izadpanah, K., Hashemi, P., Pakniat, R., Sahanpour, M., & Masoumi, M. (1996). Extensive existence of oot beard disease (rhizomania) in Fars. *Journal of Plant Pathology*, 32(3), 200-206. [In Farsi]

Lewellen, R. T., & Biancardi, E. (1990). *Breeding and performance of rhizomania resistant sugar beet*. Proceedings of the 53th IIRB Congress, Brussels. pp. 69-87.

Luterbacher, M., Asher, M. J. C., Beyer, W., Mandolino, G., Scholten, O. E., Frese, L., … & Slyvchenko, O. (2005). Sources of resistance to diseases of sugar beet in related beta germplasm: Soil borne diseases. *Euphytica*, 141(1), 49-63.

Mahmoudi, S. B., Ghanbari, M., Amiri, R., Darabi, S., Kakuei nejad, M., Aghaee zadeh, M., & Hasani M. (2012). Relative levels of Beet necrotic yellow vein virus in susceptibl e to resistant genotypes of sugar beets during growing season. *Journal of Sugar Beet,* 28(1), 1-6. [In Farsi]

McGrann, G. R. D., Grimmer, M. K., Mutasa-Gottgens, E. S., & Stevens, M. (2009). Progress towards the understanding and control of sugar beet rhizomania disease. *Molecular Plant Pathology*, 10(1), 129-141.

Mohammadian, R., Mahmoudi, S. B., Shabazi, H. A., Darabi, S., & Pedram, A. (2016). Performance of sugar beet hybrids in different levels of rhizomania disease severity. *Plant Productions*, 39(2), 27-42. [In Farsi]

Pferdmenges, F., Korf, H., & Varrelmann, M. (2009). Identification of rhizomania-infected soil in Europe able to overcome Rz1 resistance in sugar beet and comparison with other resistance-breaking soils from different geographic origins. *European Journal of Plant Pathology*, 124(1), 31-43.

Poimenopoulou, E. (2017). *Molecular characterization of soilborne viruses infecting sugar beet in Europe and USA*. Independent project in Biology, 60 hp, EX0778 Examensarbete / Institutionen för växtbiologi, SLU Uppsala. Nr: 159. Plant Biology-Master's Programme.

Radivojevic, S., Kabic, D., Filipovic, V., & Jacimovic, G. (2008). Yield and technological quality of modern sugar beet varieties in the republic of SERBIA. *Food and Feed Research Journal*, 35(2), 53-58.

Rezaei J, Bannayan M, Nezami A, Mehrvar M, & Mahmoodi B, (2015). Growth analysis of rhizomania infected and healthy sugar beet. *Iranian Journal of Field Crops Research,* 12(4), 683-692. [In Farsi]

Rezaei, J., Banayan Aval, M., Nezame, A., & Mahmoodi, B. (2014). Physiological behavior in response to sugar beet rhizomania virus. *Journal of Plant Protection Research*, 28(1), 138-146. [In Farsi]

Romesborg, H.C.(1990).Cluster analysis for researches, R.K. Publishing Company, Malabar, Florida, 9-25.

Rush, C.M., Liu, H.Y., Lewellen, R.T., & Acosta-Leal, R. (2006). The continuing saga of rhizomania of sugar beets in the United State. *Plant Disease*, 90(1), 4-15.

Salarian, A., Pouresmaeil, P., & Tarighaleslami, M. (2014). A comparison of quantitative and qualitative yield on some resistant cultivars to rhizomania disease of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) into qualification of alloy and unspotted to rhizomania. *European Journal of Experimental Biology*, 4(1), 177-185.

Scholten, O. E., & Lang, W. (2000). Breeding for resistance to rhizomania in sugar beet: A review. *Euphytica*, 112(3), 219-231.

Tamada, T. (1999). Benyviruses. In R.G. Webster, A. Granoff (Eds.). *Encyclopedia of virology* (2nd ed. p.154-160). London, UK: Academic Press.

Todefallah, M., Arjmand, N., & Mahmoudi, S. B. (1999). *Study on infection condition and extension of sugar beet rhizomania disease in Iran.* Proceedings of 14th Iranian Plant Protection Congress, Isfahan Industrial University Isfahan, Iran. [In Farsi]

Vahedi, S., Shahbazi , H., Bazrafshan, M., Noshad, H., & Fasahat, P. (2017). Evaluation of yield related traits in sugar beet multigerm hybrids resistant to rhizomania disease. *Seed and Plant Improvment Journal,* 32 (4), 543-556. [In Farsi]

Whitney, E. D. (1989). Identification, distribution, and testing for resistance to rhizomania in beet maritima. *Plant Disease*, 73(4), 287-290.

Wisler,G. C., Lewellen, R. T., Sear,J. L., Wasson, J. W., Liu, H. Y., & Duffus, J.E. (1999). Specificity of TAS-ELISA for beet necrotic yellow vein virus and its application for determining rhizomania resistance in field grown sugar beet. *Plant Disease*, 83(9), 864-870.