Plant Prod., 2023, 46(3), 319-334
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2023.42990.2081
Received: 8 February 2023
Accepted: 13 November 2023

Plant Productions
Research Article

Evaluation of quantitative and qualitative yield of promising sugar beet (*Beta vulgaris* L.) hybrids under infection with cyst nematode

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

1, 2, 4, 5. Assistant Professor, Researcher, Associate Professor and Assistant Professor, Sugar Beet Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.
3. Assistant Professor, Sugar beet Seed Institute (SBSI), karaj, Iran.

Citation: Soltani Idaliki, J., Hamidi, H., Kakueinezhad, M., Ahmadi, M., & Rezaei, R, (2023) Evaluation of quantitative and qualitative yield of promising sugar beet (*Beta vulgaris* L.) hybrids under infection with cyst nematode. *Plant Productions*, 46(3), 319-334.

Abstract

Introduction

Cystic nematode is one of the limiting factors of sugar beet growth. Considering the importance and extent of this nematode in Iran and in order to prevent its damage, it is recommended to use resistant cultivars. The prerequisite for the development of resistant cultivars is the presence of resistant genotypes. Therefore, this study was aimed to evaluate the quantitative and qualitative yield of new sugar beet hybrids and determining their agronomic value in the field with natural infection under sugar beet cyst nematode in Razavi Khorasan province.

Materials and Methods

In order to determine the agronomic value of advanced sugar beet hybrids, 15 new domestic hybrids along with two resistant (Aria) and sensitive (Sharif) control cultivars were evaluated during the years 2020 and 2021 in the field infected with cystic nematode in Torogh Agricultural Research Station (Mashhad) in the form of randomized complete block design with four repetitions. The investigation of resistance to sugar beet cyst nematode of 17 genotypes was also carried out under greenhouse conditions using a completely randomized design with 10 replications. Muller's method was used to evaluate cultivars under greenhouse conditions. After performing the homogeneity of variances test through Bartlett's test, composite analysis of two years' data was done. By using correlation coefficients between measured parameters, their relationships were compared to each other. In order to group the experimental materials, Ward's cluster analysis was used. LSD test was used at the probability level of five percent to compare the mean of the traits.

[*] **Corresponding Author:** Hassan Hamidi
E-mail: Hamidy1065@yahoo.com

© 2023 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.

Results and Discussion

The combined analysis of variance showed a significant difference between the hybrids in terms of all traits. Mean comparison showed that hybrid SBSI 126 had the highest root yield (57.91 $tonha^{-1}$). In addition, this hybrid had higher values of sugar content, sugar yield and white sugar yield than the resistant control cultivar (Aria) as well as the average of all genotypes. The SBSI 138 hybrid had the lowest values of root yield, sugar yield, white sugar yield, sugar content and white sugar content, and it was the most sensitive genotype to cyst nematode among the genotypes after the sensitive control variety (Sharif). The results of cluster analysis in the field experiment showed that hybrids SBSI 126, SBSI 129 and SBSI 128 had high yield potential and were placed in one cluster.Correlation coefficients of studied traits showed that the highest positive and significant correlation (0.97) was found between root yield and sugar yield and the highest negative and significant correlation (-0.93) was also obtained between extraction coefficient of sugar and sugar beet molasses. There was a positive and significant correlation at the level of 1%between white sugar yield and root yield (0.85), sugar content (0.40), sugar yield (0.95), potassium (0.57), nitrogen (0.51) and molasses sugar percentage (0.25). While a negative and significant correlation was observed between white sugar yield and alkalinity coefficient (-0.52) at the level of 1%. In this research, there was a significant difference at the level of 1% between the evaluated genotypes in greenhouse conditions in terms of female index of the cyst nematode (FI). The results of cultivar grouping according to Schmidt and Shannon showed that the SBSI 126 genotype with the lowest index (11.66%) has the highest resistance among genotypes.

Conclusion

In general, the results showed that the SBSI 126 hybrid can be recommended as a cyst nematode-resistant hybrid for growing in infected fields due to its resistance and high white sugar yield.

Keywords: Female index of the cyst nematode (FI), Genotype, Resistance, White sugar yield.

تولیدات گیاهی، ۱٤۰۲، ٤٦(۳)، ۳۱۹-۳۳٤
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2023.42990.2081
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۲

تولیدات گیاهی

مقاله پژوهشی

ارزیابی عملکرد کمی و کیفی هیبریدهای امیدبخش چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) در شرایط آلودگی به نماتد سیستی

جمشید سلطانی ایدلیکی[۱]، حسن حمیدی[۲*]، مژده کاکوئی نژاد[۳]، مسعود احمدی[٤]، جواد رضایی[٥]

۱، ۲، ۴ و ۵– به ترتیب استادیار، محقق، دانشیار و استادیار بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

۳- استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، کرج، ایران.

چکیده

به‌منظور تعیین ارزش زراعی هیبریدهای امیدبخش چغندرقند، ۱۵ هیبرید جدید داخلی به همراه دو رقم شاهد مقاوم (آریا) و حساس (شریف) طی سال‌های ۱۳۹۹ و ۱٤۰۰ در مزرعه آلوده به نماتد سیستی ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق (مشهد) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. بررسی مقاومت به نماتد سیستی چغندرقند ۱۷ ژنوتیپ مورد مطالعه نیز در شرایط گلخانه با استفاده از طرح کاملاً تصادفی با ۱۰ تکرار انجام شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که بین هیبریدها ازنظر کلیه صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری وجود دارد. مقایسه میانگین نشان داد که هیبرید SBSI 126 دارای بیشترین عملکرد ریشه (۵۷/۹۱ تن در هکتار) بود. علاوه بر این هیبرید مزبور دارای مقادیر بیشتری از نظر درصد قند ناخالص، عملکرد قند ناخالص و عملکرد قند خالص نسبت به رقم شاهد مقاوم (آریا) و همچنین میانگین کل ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بود. هیبرید SBSI 138 دارای مقادیر پایین عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، عملکرد قند خالص، درصد قند ناخالص و درصد قند خالص بود و پس از رقم شاهد حساس (شریف) به عنوان حساس ترین ژنوتیپ به نماتد سیستی در بین ژنوتیپهای مورد مطالعه قرار داشت. نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای در آزمایش مزرعه‌ای نشان داد که هیبریدهای SBSI 126، SBSI 129 و SBSI 128 از پتانسیل عملکرد بالایی برخوردار بوده و در یک خوشه قرار گرفتند. ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه نشان داد که بیشترین همبستگی مثبت و معنی دار (۰/۹۷) بین عملکرد ریشه و عملکرد قند ناخالص و بیشترین همبستگی منفی و معنی دار (۰/۹۳-) نیز بین ضریب استحصال شکر و قند ملاس حاصل شد. در این تحقیق، بین ژنوتیپ های مورد ارزیابی در شرایط گلخانه از نظر شاخص ماده نماتد سیستی (FI) تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت. نتایج حاصل از گروه‌بندی ارقام طبق نظر اشمیت و شانون نشان داد که ژنوتیپ SBSI 126 با کمترین شاخص (۱۱/٦٦ درصد)، بیشترین مقاومت را بین ژنوتیپ ها دارد. در نتیجه هیبرید SBSI 126 را با توجه به مقاومت و عملکرد قند خالص بالا می‌توان به عنوان یک هیبرید مقاوم به نماتد سیستی جهت کشت در مزارع آلوده توصیه نمود.

کلیدواژه‌ها: ژنوتیپ ، شاخص ماده نماتد سیستی، عملکرد قند خالص، مقاومت.

* **نویسنده مسئول:** حسن حمیدی
رایانامه: Hamidy1065@yahoo.com

مقدمه

چغندر قند تحت تأثیر آفات و بیماری‌های مختلفی از جمله نماتد مولد سیست چغندرقند (*Heterodera schachtii* Schmidt) قرار دارد. این بیماری اولین بار توسط اسماعیل‌پور در سال ۱۳۴۷ از استان خراسان گزارش شد (Omidvar and Shahidi, 1970). از آن زمان تاکنون تحقیقات زیادی در ارتباط با مناطق انتشار، زیست‌شناسی و نحوه خسارت این نماتد، همچنین استفاده از قارچ‌های آنتاگونیست در ایران انجام شده است (Pakniyat, 2004). این بیمارگر به‌طور گسترده در مناطق مختلف چغندرکاری سراسر جهان پراکنده بوده و از اهمیت فراوانی برخوردار است (Cooke and Scott, 1993). کاهش عملکرد ریشه چغندرقند در اثر حمله نماتدها در دنیا حدود ۱۰ درصد برآورده شده که نماتد مولد سیست موجب کاهش حدود ۹۰ درصدی عملکرد ریشه بوده و به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل بیماری‌زای چغندرقند در جهان شناخته شده است (Whitney and Duffus, 1986). در ایران مناطقی از استان‌های خراسان، اصفهان، فارس، آذربایجان غربی، کرمانشاه و کرمان آلوده به این بیمارگر هستند (Ahmadi *et al.*, 1998). این نماتد بسته به شرایط اقلیمی بین ۵-۲ نسل در سال تولید می‌کند. علائم بیماری در مزرعه به‌صورت لکه‌های موضعی همراه با ضعف و زردی بوته‌ها در اواسط دوره رشد بروز می‌کند که پس از خارج کردن ریشه‌ها از خاک، وجود ریشه‌های فرعی زیاد (Hairy root) و سیست‌های شیری‌رنگ نماتد روی ریشه‌های فرعی نمایان است (شکل ۱). در گیاهان آلوده، ریشه اصلی کوتاه و ریشه‌های فرعی متعددی ایجاد می‌شود. معمولاً برای مبارزه با بیماری، تناوب زراعی، ضدعفونی خاک با نماتدکش‌ها و آفتاب دهی خاک در سطوح کوچک، استفاده از گیاهان تله مقاوم و ارقام مقاوم چغندرقند توصیه شده است (Whitney and Duffus, 1986). استفاده از ارقام مقاوم در کنترل هر بیماری یکی از ساده‌ترین و در عین حال امن‌ترین روش‌های مبارزه است. تلاش‌های زیادی برای تولید ارقام مقاوم با انتقال ژن‌های مقاومت از چغندر وحشی به ارقام چغندرقند زراعی صورت گرفته است (Mesbah *et al.*, 2015).



Figure 1. The creation of numerous hairy roots and the presence of nematode cysts on sugar beet root

دونی و ویتنی (Dony and Whitney, 1969) و های بروک (Heijbrock, 1977) با ارزیابی ژرم پلاسم‌های چغندرقند گزارش نمودند که منبع مقاومت در گونه *Beta vulgaris* subsp. vulgaris وجود ندارد. لانگ و دی بوک (Lang and De Bock, 1994) بیان داشتند که در حال حاضر دو منبع مقاومت در بین گونه‌های وحشی جنس بتا (Beta)، گونه‌های موجود در Procumbents (Patellares) که شامل سه گونه *B. webbiana*, *B. patellaris*, *B. procumbens* و چغندر وحشی *B. maritima* می‌باشند. آن‌ها اظهار داشتندکه، جمعیت نماتد روی ریشه *Beta vulgaris* subsp. maritima، به‌واسطه وجود منبع مقاومت در آن، کاهش می‌یابد (Lang and De Bock, 1994). در کلکسیون ژنتیکی بذر چغندرقند در USDA-ARS بیش از دو هزار منبع وجود دارد که کمیته ژرم پلاسم چغندرقند برنامه ارزیابی آن‌ها را از سال ۱۹۸۵ شروع کرد (Hafez, 1998b). در این راستا حافظ در سال ۱۹۹۸ چهار گروه از جنس Beta را در شرایط گلخانه مورد ارزیابی قرارداد و نتیجه گرفت که هیچ منبع مقاومتی در *Beta vulgaris* وجود ندارد (Hafez, 1998a). وی در آزمایش دیگری، هیبریدهای چغندرقند تهیه‌شده با منبع مقاومت از *B.maritima* را در شرایط

گلخانه بر اساس میزان افزایش جمعیت مورد ارزیابی قرارداد و نشان داد که اغلب هیبریدهای آزمایش‌شده در مقایسه با واریته‌های حساس به نماتد در کاهش جمعیت نماتد اختلاف معنی‌داری داشتند (Hafez, 1998b). در سال ۲۰۰۶ لولن دو ژرم پلاسم CN12 و CN72 را در USDA آمریکا با همکاری موسسه توسعه چغندرقند (BSDF) و شرکت تعاونی کشاورزان کالیفرنیا به ثبت رساند. این دو ژرم پلاسم مولتی ژرم دارای ژن‌های مقاوم به نماتد مولد سیست چغندرقند بودند. فاکتورهای مقاومت این دو ژرم پلاسم از دو ژنوتیپ *Beta vulgaris* subsp. maritima مشتق شده است. لولن (Lewellen, 2006) اظهار کرد که این دو ژرم پلاسم را می‌توان به‌عنوان والد گرده‌افشان در تهیه ارقام مقاوم به نماتد مورداستفاده قرارداد. وی در سال ۲۰۰۷ نیز سه ژرم پلاسم CN927-202، CN926-11-3-3-22 و CN921-306 را در USDA آمریکا بر اساس آزمایش‌ها مزرعه‌ای گلخانه‌ای به ثبت رساند. وی ادعا نمود که این منابع نیز از ژنوتیپ *Beta vulgaris* subsp. maritima مشتق شده و علاوه بر نماتد به ریزومانیا نیز مقاومت دارند (Lewellen, 2007).

ارزیابی مقاومت به نماتد در شرایط گلخانه و با مایه زنی لاروهای سن دوم زنده و فعال انجام شده است (Muller, 1998). مقاومت به نماتد در چغندر زراعی (*Beta vulgaris*) یافت نشده است. حال آن که در گونه‌های وحشی *B. procumbens*، *B. webbiana* و *B. pattelaris* مقاومت به صورت کامل و غالب و در گونه *B. maritime* به صورت مغلوب به ارث می‌رسد (Muller, 1998). حد آستانه خسارت نماتد مولد سیست چغندرقند تقریباً ۵۰۰ تخم و لارو نماتد در صد گرم خاک می‌باشد، البته این آستانه در مناطق مختلف متفاوت است (Hafez, 1998a) و در مناطقی که تعداد نسل نماتد سیستی چغندرقند بالا باشد این آستانه کاهش می‌یابد. رحمانی و همکاران (Rahmani *et al*., 2009) مقاومت ۱۱ ژنوتیپ چغندرقند نسبت به نماتد سیستی در شرایط گلخانه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که از نظر درصد مقاومت اختلاف معنی‌داری بین زنوتیپ‌ها وجود داشت و ژنوتیپ‌ها در سه گروه مقاوم، حساس و بسیار حساس دسته بندی شدند. سلطانی (Soltani Idaliki, 2019) مقاومت ۱۲ رقم از ارقام داخلی و خارجی چغندرقند را در دو منطقه خراسان و آذربایجان غربی با استفاده از شاخص تولیدمثل (RF) نسبت به نماتد مولد سیست ارزیابی کرد. نتایج نشان داد که ارقام Paulina و Pauletta در هردو منطقه نسبت به سایر ارقام مقاومت قابل‌توجهی داشته و نسبت به سایر تیمارها برتری داشتند. در بین هیبریدهای داخلی هیبرید ۲۷۰۶۰ نسبت به سایر هیبریدها بر اساس صفات موردبررسی از وضعیت بهتری برخوردار بود.

نتایج آزمایشی با بررسی نه رقم تجارتی در مزرعه آلوده در مشهد نشان داد که ارقام KO37 و Pauletta بیشترین عملکرد ریشه و قند را در بین ارقام خارجی تولید کرده و هیبرید شماره ۲۸۹۶۴ بالاترین عملکرد قند را در منطقه چناران داشت (Kakouei Nezhad, 2019).

بررسی ۲۵ رقم تجارتی داخلی و خارجی در مزرعه آلوده در مشهد و آذربایجان غربی (خوی) در سال ۱۳۹۰ نشان داد که ارقام FD0901IR و Pauletta بالاترین عملکرد ریشه و قند را نسبت به سایر ارقام تولید نموده و رقم HI0702 نیز از نظر عملکرد ریشه در رتبه دوم قرار گرفت. هیبریدهای ((7112*KWS) * SB28) و (7112*KWS) * SB26)) عملکرد ریشه و قند قابل قبولی را تولید نمودند؛ اما بر اساس نتایج آزمایش در آذربایجان غربی، ارقام FD19,HI1113 و هیبرید (7112*KWS) * SB29)) عملکرد ریشه بالاتری نسبت به سایر ارقام داشتند (Soltani Idaliki, 2012).

مطالعه‌ای بر روی ۲۱ ژنوتیپ چغندرقند ایرانی و وارداتی در ۱۲ منطقه‌ی ایران نشان داد که دو رقم داخلی آریا و شریف به ترتیب به‌عنوان رقم مقاوم و حساس نسبت به نماتد سیستی چغندرقند می‌باشند (Mahmoudi *et al*., 2016).

نماتد سیستی یکی از عوامل محدودکننده رشد چغندرقند می باشد. با توجه به اهمیت و گستردگی این نماتد در ایران و به منظور کاهش خسارت آن استفاده از ارقام مقاوم توصیه می شود. پیش نیاز تهیه رقم مقاوم، وجود ژنوتیپ های مقاوم است. لذا این آزمایش با هدف بررسی عملکرد کمی و کیفی هیبریدهای جدید چغندرقند و تعیین ارزش زراعی آنها در مزارع با آلودگی طبیعی به نماتد مولد سیست چغندرقند در استان خراسان رضوی انجام شد.

مواد و روش‌ها

طی دو سال زراعی (۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰)، ۱۷ ژنوتیپ شامل ۱۵ هیبرید جدید داخلی (SBSI 124، SBSI 125، SBSI 126، SBSI 127، SBSI 128، SBSI 129، SBSI 130، SBSI 131، SBSI 132، SBSI 133، SBSI 134، SBSI 135، SBSI 136، SBSI 137 و SBSI 138) و دو رقم شاهد داخلی آریا و شریف به ترتیب به‌عنوان رقم مقاوم و حساس نسبت به نماتد سیستی چغندرقند به‌منظور تعیین ارزش زراعی آن‌ها در مزرعه آلوده به نماتد سیستی چغندرقند مشهد (ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق) مورد ارزیابی قرار گرفتند. هیبریدهای مورد مطالعه در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند برای مقاومت به بیماری نماتد سیستی اصلاح و تهیه شده‌اند. هیبریدهای تست‌کراس مورد بررسی از تلاقی سینگل کراس منوژرم 7112*SB36 به عنوان والد مادری مشترک با والدهای پدری (گرده افشان) دارای ژن مقاومت به نماتد سیستی (*BCN*) با کدهای مختلف بدست آمده‌اند. ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق در شهر مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۹۹۹ متر واقع شده است. میانگین درازمدت دمای روزانه آن ۱۴/۱، حداقل و حداکثر دمای مطلق آن به ترتیب ۷/۱ و ۲۱/۱ درجه سانتیگراد با میانگین بارش ۲۵۰ میلیمتر در سال است. بر اساس آزمون خاک، بافت خاک مزرعه آزمایشی، لومی با pH معادل ۸ و میزان ماده آلی ۰/۵ درصد بود. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سه ردیف ۵۰ سانتیمتری به طول هشت متر با استفاده از بذرکار وینتراشتایگر در اوایل اردیبهشت کشت شد.

برای انتخاب مزرعه از قسمت‌های مختلف زمین موردنظر نمونه خاک از عمق ۲۵-۲۰ سانتیمتری تهیه و جمعیت نماتد بر اساس روش فنویک (Fenwick, 1940) تعیین و مزرعه‌ای که جمعیت نماتد در آن بیش از ۵۰۰ تخم و لارو نماتد در صد گرم خاک بود انتخاب و کشت ارقام در آن انجام شد. به‌منظور اطمینان از آلودگی مناسب مزرعه آزمایشی و زنده‌بودن تخم و لارو در خاک در هر تکرار فرضی به‌صورت W حرکت کرده و به فاصله هر یک متر، یک نمونه خاک ساده از عمق ۲۰ سانتیمتری به‌وسیله اوگر تهیه و خاک آن درون سطل پلاستیکی تخلیه شد. این عمل در هر بخش ذکرشده، ده مرتبه انجام شد. درنهایت، خاک درون سطل (جهت یکنواخت شدن جمعیت نماتد) مخلوط و یک کیلوگرم از آن به‌عنوان نمونه خاک مرکب آلوده به نماتد سیستی چغندرقند جهت شمارش سیست نماتد به روش فنویک به آزمایشگاه منتقل شد.

جهت تعیین جمعیت نماتد مولد سیست چغندرقند، صد گرم از خاک نمونه مرکب توزین و درون الک ۵۰ مش موجود درروی قیف فنویک ریخته شد. زیر ناودان قیف فنویک الک ۷۰ مش قرار داده شد تا سیست ها درون آن جمع شود. با جریان ملایم آب، خاک شستشو داده شد، سیست ها پس از عبور از الک (فقط ذرات درشت خاک و بقایای گیاهی عبور نمی‌کند) به درون قیف فنویک واردشده و به علت سبک بودن نسبت به ذرات دیگر در آب به‌صورت معلق درآمده و در سطح آب جمع می‌شوند. با جریان مداوم آب، سیست ها از درون قیف فنویک به داخل الک ۷۰ مش منتقل شدند. جریان آب به‌اندازه‌ای ادامه داده شد تا آب در حال شستشو زلال گردد. سپس سیست های درون الک با جریان آب از حاشیه به وسط الک هدایت شدند. حاشیه الک به‌طور کامل با کاغذ صافی پوشش داده شد به‌طوری‌که ارتفاع کاغذ صافی برابر با

ارتفاع لبه الک باشد در این زمان الک حاوی سیست به درون تشتک پرآب منتقل شد. در این حالت سیست ها به روی آب آمده و با چکاندن یک قطره مایع ظرف‌شویی، سیست‌ها به سمت حاشیه الک حرکت کرده و به کاغذ صافی چسبیدند. سپس کاغذ صافی به‌آرامی از درون الک برداشته و روی سطح صاف قرار داده شد و تعداد سیست با استفاده از بینکولار شمارش گردید. با استفاده از بینوکولار، سیست‌ها مشاهده و از روی کاغذ صافی جدا شده و به یک بوته چینی انتقال یافتند. درنهایت کل سیست‌های انتقال‌یافته از صد گرم خاک شمارش شدند. جهت محاسبه تعداد تخم ولارو، سیست ها در درون بوته چینی خرد و سپس حجم معین آب در یک استوانه مدرج (۳۰ سی‌سی) منتقل شدند. سپس تعداد تخم و لارو موجود در یک سی سی در زیر میکروسکوپ با بزرگنمایی ۱۰x شمارش شد. تعداد تخم و لارو شمارش‌شده در عدد ثابت ۳۰ ضرب شد و درمجموع کل تعداد تخم و لارو در صد گرم خاک به دست آمد.

عملیات برداشت در اوایل آبان ماه و با استفاده از دستگاه چغندر کن پشت تراکتوری انجام شد. خطوط حاشیه‌ی آزمایش و نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت حذف گردید. ریشه‌های چغندرقند پس از سرزنی و شست‌وشو توزین گردید و میزان عملکرد نهایی ریشه (بر اساس وزن تر) بر حسب تن در هکتار محاسبه شد. سپس با دستگاه اتوماتیک ونما (Venema Co., Netherland) در آزمایشگاه خمیر ریشه تهیه و صفات کیفی اندازه‌گیری شد. صفاتی از قبیل درصد قند یا عیار قند (SC) به روش پلاریمتری، مقدار پتاسیم (K) و سدیم (Na) به روش فلم فتومتری و مقدار نیتروژن مضره(a-N) به روش عدد آبی و بر حسب میلی اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه چغندرقند با استفاده از دستگاه بتالایزر در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد (Darabi et al., 2017). 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).

معادله ۱) $SY=RY\times SC$

معادله ۲) $MS=0.343(K+Na)+0.094(a-N)–0.31$

معادله ۳) $WSC= SC – (MS + 0.6)$

معادله ۴) $WSY = WSC\times RY$

معادله ۵) $ECS = (WSC \div SC) \times 100$

جهت محاسبه شاخص آلودگی نماتد سیستی چغندرقند و ارزیابی ارقام در گلخانه، گلدان‌هایی به ابعاد ۴×۴×۱۵ سانتیمتر (حجم ۲۴۰ سانتیمترمکعب) با مخلوط خاک و ماسه استریل (نسبت ۳ به ۷) آماده و در داخل جعبه‌های بزرگ پلاستیکی قرار داده شدند. بذر رقم‌های موردنظر در این گلدان‌ها کشت شدند. برای هر ژنوتیپ شش تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی در نظر گرفته شد. در هر گلدان پنج عدد بذر کشت گردید و پس از تنک در هر گلدان سه بوته نگهداری گردید.

روش مولر (Muller, 1998) جهت ارزیابی ارقام در شرایط گلخانه استفاده شد. برای تهیه لارو، بوته‌های آلوده دارای سیست به همراه خاک اطراف بوته جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شد (اواخر مهرماه). برای جدا کردن سیست از خاک از روش استخراج مرطوب استفاده شد. بدین منظور حدود ۲۰۰ گرم خاک‌آلوده به نماتد را داخل تشت ریخته و پنج برابر حجم خاک، آب اضافه و کاملاً مخلوط شد. مخلوط را به مدت ۱۰ دقیقه به حال خود گذاشته تا املاح سنگین ته‌نشین شوند. سپس، آب داخل تشت از الک‌های با قطر منافذ دو میلی‌متری،۸۵۰ و ۲۵۰ میکرونی عبور داده و سیست‌ها روی الک ۲۵۰ میکرونی جمع‌آوری شدند.

جهت تفریخ سیست و تولید لارو از محلول کلرید روی ($ZnCl_2$) نیم در هزار استفاده شد. سیست‌های استخراج‌شده در داخل سبدهای پلاستیکی با قطر ۱۵ سانتیمتر قرار گرفتند. این سبدها درون ظروف پلاستیکی حاوی محلول ۰/۵ گرم در لیتر کلرید روی قرار داده شدند. لاروهای تفریخ شده توسط الک ۳۷ میکرونی جدا و پس از شمارش، توسط سرنگ مخصوص به هر گلدان در مرحله چهارتا شش برگی در چند نوبت مایه‌زنی شدند. دو ماه پس از مایه‌زنی

زمانی که روی رقم شاهد حساس ۴۰ سیست و یا بیشتر تشکیل شد، تعداد سیست های تشکیل‌شده روی هر بوته شمارش و مبنای مقایسه ارقام قرار گرفت. مجموع تعداد نماتدهای بالغ روی ریشه و تعداد لاروهای تشکیل‌شده با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرارگرفته و ارقام گروه‌بندی گردیدند.

شاخص ماده نماتد سیستی از تقسیم میانگین تعداد سیست تشکیل شده در ۱۰ تکرار بر میانگین تعداد سیست تشکیل‌شده روی ریشه شاهد حساس به دست آمد (معادله ۶) و بر اساس جدول اشمیت و شانون (Schmitt and Shannon, 1992) (جدول ۱) ژنوتیپ‌ها در چهار گروه به شرح ذیل قرار گرفتند. شاخص کمتر از ۱۰ درصد در گروه مقاوم، شاخص بین ۱۰ و ۳۰ درصد در گروه نسبتاً مقاوم، شاخص بین ۳۱ تا ۶۰ درصد در گروه نسبتاً حساس و شاخص بیشتر از ۶۰ درصد در گروه حساس قرار گرفتند.

معادله ۶)

$$FI=[(Avr.No.cyst.onVar)/(Avr.No.cyst.on\ Check)]\times 100$$

Avr.No.cyst.on Var =میانگین تعداد سیست تشکیل‌شده بر روی ریشه‌های هر رقم

Avr.No.cyst.on Check =میانگین تعداد سیست تشکیل‌شده بر روی ریشه‌های رقم شاهد حساس

FI= درصد شاخص ماده نماتد سیستی

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. با توجه به اینکه این پژوهش در طی دو سال اجرا گردیده بود لذا قبل از تجزیه مرکب آزمایش‌ها، اقدام به انجام آزمون یکنواختی واریانس‌ها از طریق آزمون بارتلت گردید. نتیجه این آزمون نشان داد واریانس خطاهای آزمایشی یکنواخت هستند، بنابراین اقدام به تجزیه مرکب گردید. همبستگی بین صفات بررسی و به‌منظور گروه‌بندی مواد آزمایشی از تجزیه کلاستر به روش Wards استفاده شد. برای مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه نیز از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب دو سال (جدول ۲) نشان داد که اثر هیبرید در دو سال برای کلیه صفات مورد ارزیابی معنی‌دار بود. اختلاف معنی‌دار بین هیبریدها نشان‌دهنده وجود تنوع کافی بین آن‌ها تحت شرایط این آزمایش (مزرعه با آلودگی طبیعی به نماتد سیستی) و مؤثر بودن انتخاب از لحاظ صفات مورد مطالعه است. علاوه بر این اثر متقابل سال× هیبرید برای کلیه صفات به استثنای درصد قند ناخالص، درصد قند خالص، میزان سدیم و ضریب استحصال شکر معنی‌دار شد (جدول ۲).

مقایسه میانگین طی دو سال مورد آزمایش در مزرعه با آلودگی طبیعی به نماتد سیستی (جدول ۳) نشان داد که بیشترین عملکرد ریشه (۵۷/۹۱ تن در هکتار) در هیبرید SBSI 126 وجود داشت. این هیبرید دارای مقادیر بیشتری از نظر درصد قند ناخالص، عملکرد قند ناخالص و عملکرد قند خالص نسبت به رقم شاهد مقاوم (آریا) و همچنین میانگین کل ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بود. در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، هیبرید SBSI 133 دارای بیشترین مقادیر درصد قند ناخالص (۱۷/۶۱ درصد)، عملکرد قند خالص (۶/۵۲ تن در هکتار)، درصد قند خالص (۱۳/۱۴ درصد)، ضریب استحصال شکر (۷۴/۴۵ درصد) و کمترین مقادیر سدیم (۵/۴۷ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم وزن ریشه) و قند ملاس (۳/۸۸ درصد) بود.

Table 1. Grouping the genotypes based on female index of the cyst nematode (FI) using Schmidt and Shannon method

Group	Female index of the cyst nematode (FI)
R(Resistant)	<10
MR(Moderately Resistant)	10-30
MS(Moderately Suceptible)	31-60
S(Suceptible)	>60

بیشترین عملکرد قند ناخالص (۹/۶۷ تن در هکتار) در هیبرید SBSI 129 وجود داشت. هیبرید SBSI 125 دارای بیشترین مقادیر پتاسیم (۷/۵۲ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم وزن ریشه) و نیتروژن مضره (۲/۱۹ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم وزن ریشه) بود. بیشترین مقادیر ضریب قلیائیت (۱۰/۹۷ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم وزن ریشه) و قند ملاس (۵/۰۳ درصد) در هیبرید SBSI 128 مشاهده شد (جدول ۳).

در این پژوهش، رقم شاهد حساس (شریف) دارای کمترین مقادیر عملکرد ریشه (۱۵/۶۸ تن در هکتار)، عملکرد قند ناخالص (۲/۱۰ تن در هکتار)، عملکرد قند خالص (۱/۶۹ تن در هکتار) و ضریب قلیائیت (۶/۵۰ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم وزن ریشه) در بین ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی بود. علاوه بر این کمترین درصد قند ناخالص (۱۴/۵۷ درصد)، درصد قند خالص (۹/۱۷ درصد) و ضریب استحصال شکر (۶۱/۴۱) در هیبرید SBSI 137 مشاهده شد. هیبرید SBSI 132 نیز دارای کمترین میزان نیتروژن مضره (۱/۵۷ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم وزن ریشه) بود. با توجه به اینکه هیبرید SBSI 138 دارای بیشترین مقادیر سدیم (۹/۹۹ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم وزن ریشه) و کمترین مقادیر پتاسیم (۴/۹۲ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم وزن ریشه) بود و همچنین از نظر صفات عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، عملکرد قند خالص، درصد قند ناخالص و درصد قند خالص با رقم شاهد حساس (شریف) تفاوت معنی داری نشان نداد، لذا ژنوتیپ مزبور پس از رقم شریف به عنوان حساس ترین ژنوتیپ به نماتد سیستی در بین ژنوتیپهای مورد مطالعه قرار داشت (جدول ۳).

کیفیت و کمیت ریشه چغندرقند تحت تأثیر بیماری‌های ریشه طی فصل رشد قرار می‌گیرد. معمولا برای مبارزه با نماتد سیستی روش‌هایی مانند تناوب، ضدعفونی خاک با نماتد کش‌ها، استفاده از گیاهان تله و استفاده از ارقام مقاوم چغندر قند توصیه شده است. اما از آنجائی که استفاده از ارقام مقاوم یکی از ساده‌ترین و در عین حال امن‌ترین روش-های مبارزه است، لذا ارقام تجاری مقاوم به نماتد در اروپا تهیه و در دسترس کشاورزان قرار گرفته است (Whitney and Duffus, 1986). در این راستا بر اساس نتایج آزمایش‌های دوساله در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، تعدادی از توده‌هایی که با ژنوتیپ وحشی W-1009 (حامل ژن مقاومت از منبع *Beta procumbens*) تلاقی یافته بودند، ازنظر کیفی و مقاومت دارای برتری خوبی نسبت به شاهد بودند (Vahedi, 2017).

خسارت غیرمستقیم نماتد معمولاً به‌صورت کاهش مقاومت چغندرقند نسبت به سایر میکروارگانیسم‌ها ظاهر می‌شود، که این خسارت با کاهش عملکرد ریشه و متعاقب آن عملکرد قند در هکتار همراه است. البته میزان خسارت نماتد چغندرقند به فاکتورهایی همچون تراکم اولیه جمعیت نماتد، شرایط خاک، شرایط اقلیمی که گیاه میزبان تحت تأثیر آن قرار می‌گیرد، بقاء و نرخ تولیدمثلی نماتد (RF)، تاریخ کاشت چغندرقند و زمان آلودگی بستگی دارد (Barooti and Alavi, 1995). واکنش ارقام مقاوم و متحمل به نماتد از نظر عملکرد قند تفاوتی ندارند، درحالی‌که ارقام حساس با افزایش جمعیت اولیه نماتد به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرد. درنتیجه، کشت ارقام مقاوم در کنترل نماتد و جلوگیری از خسارت آن نسبت به سایر عوامل کنترل‌کننده مانند نماتدکش‌ها ضروری است (Hauer et al., 2016).

اندازه‌گیری درصد قند اولین قدم اصولی در تعیین کیفیت چغندرقند است، هرچند که برای درک صحیح کیفیت ریشه اندازه‌گیری عیار به‌تنهایی کافی نبوده و سایر مواد (ماده خشک، مواد غیر قندی و یا درجه خلوص شربت خام) نیز بایستی اندازه‌گیری شوند. عملکرد قند خالص مهم‌ترین صفت تعیین‌کننده در صنعت قند می‌باشد. صفت یادشده ازجمله صفات مؤثر و مهم در انتخاب توده‌ها و لاین‌های چغندرقند می‌باشد (Vahedi *et al.*, 2006).

تجزیه خوشه‌ای میانگین ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات کمی و کیفی محصول (شکل ۲) نشان داد که هیبریدهای مورد بررسی در چهار گروه عمده قرار گرفتند. از نظر صفات کمی دامنه تغییرات صفاتی همچون عملکرد ریشه از ۵۷/۹۱ تن در

هکتار برای هیبرید SBSI 126 (ژنوتیپ مقاوم) تا ۱۵/۶۸ تن در هکتار برای ژنوتیپ حساس (رقم Sharif) متغیر بود. نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای نشان داد گروه اول (مقاوم به نماتد سیستی) شامل هیبریدهای SBSI 126، SBSI 129 و SBSI 128 بود که دارای مقادیر عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و عملکرد قند خالص بیشتر از میانگین کل هیبریدهای مورد مطالعه بودند. گروه دوم شامل هیبریدهای SBSI 124، SBSI 131، SBSI 125، SBSI 136، SBSI 127، SBSI 134، SBSI 133، SBSI 130، SBSI 132، SBSI 135 و رقم Arya (شاهد مقاوم) بود که در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از تحمل متوسطی نسبت به نماتد سیستی برخوردار بودند. نتایج نشان داد رقم آریا که در این آزمایش به عنوان رقم شاهد مقاوم استفاده شده بود با یک درجه تنزل در گروه نسبتاً مقاوم به نماتد سیستی قرار گرفت. تحقیقات نشان داده است که میزان خسارت نماتد سیستی بستگی به میزان جمعیت نماتد و طول شرایط مناسب محیطی دارد (Heijbrock, 1977). گروه سوم (نسبتاً حساس به نماتد سیستی) شامل هیبریدهای SBSI 137 و SBSI 138 بود که دارای عملکرد ریشه، درصد قند ناخالص، عملکرد قند ناخالص، عملکرد قند خالص و درصد قند خالص کمتر از میانگین کل هیبریدهای مورد بررسی بودند. گروه چهارم (حساس به نماتد سیستی) شامل یک ژنوتیپ بود به طوریکه رقم Sharif در این گروه قرار گرفت و دارای کمترین مقادیر از نظر عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، عملکرد قند خالص و ضریب قلیائیت در بین کلیه ژنوتیپ‌ها بود (شکل ۲).

واحدی و همکاران (Vahedi *et al*., 2012) مقاومت توده‌های مختلف چغندرقند را نسبت به نماتد سیستی بررسی کردند و نتایج تجزیه خوشه‌ای در آزمایش‌های مزرعه‌ای نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد بررسی بر مبنای عملکرد شکر در چهار گروه قرار گرفتند.

ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های چغندرقند در جدول ۴ نشان داده شده است. بیشترین همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار (۰/۹۷) بین عملکرد ریشه و عملکرد قند ناخالص بود. این میزان همبستگی بالا مبین آن است که با افزایش عملکرد ریشه به موازات آن عملکرد قند ناخالص نیز افزایش یافته است. بیشترین همبستگی منفی و بسیار معنی دار (۰/۹۳-) نیز بین ضریب استحصال شکر و قند ملاس حاصل شد. بین عملکرد قند خالص و صفات عملکرد ریشه (۰/۸۵)، عملکرد قند ناخالص (۰/۹۵)، پتاسیم (۰/۵۷) و نیتروژن مضره (۰/۵۱) همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت (جدول ۴).

درصد قند ناخالص با عملکرد قند خالص دارای جزء مشترک درصد قند خالص است که با افزایش درصد قند خالص بر مقدار هر دو صفت افزوده می‌شود. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار درصد قند ناخالص و عملکرد قند خالص با نتایج Mirmahmoudi *et al*., 2021 انطباق دارد. همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد ریشه با عملکرد قند ناخالص توسط محققین دیگر گزارش شده است (Hamidi *et al*., 2018; Ahmadi *et al*., 2011).

Table 2. Results of combined variance analysis (mean squares) of yield and qualitative traits of different sugar beet hybrids in two years (2020 and 2021)

S.O.V.	df	Root yield	Sugar content	Sugar yield	White sugar yield	White sugar content	Na	K	N	Alkalinity	Extraction coefficient of sugar	Molasses sugar
Year	1	21673.34**	1.14ns	623.72*	145.33**	86.91ns	76.11ns	165.97*	80.53*	996.47*	3192.56ns	68.15*
Replication/year	3	587.04	2.53	10.79	2.33	4.79	6.85	1.47	0.36	0.86	45.88	0.79
Hybrid	16	983.51**	5.33**	32.60**	15.97**	9.7**	11.05**	4.54**	0.21*	14.48**	110.05**	0.82**
Hybrid×Year	16	222.06**	1.79ns	6.23**	2.98*	3.71ns	1.51ns	1.30**	0.47**	8.19**	58.85ns	0.59**
Error	96	76.23	1.67	2.08	1.38	3.18	1.54	0.40	0.11	3.69	44.48	0.33
CV (%)		18.89	8.10	19.04	23.68	16.59	17.61	9.34	17.39	21.87	10.00	12.50

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

Table 3. Mean comparison of yield and qualitative traits of different sugar beet hybrids

Hybrid	Root yield (t.ha-1)	Sugar content	Sugar yield (t.ha-1)	White sugar yield (t.ha-1)	White sugar content	Na(Meq/ 100g)	K(Meq/10 0g)	N(Meq/10 0g)	Alkalinity (Meq/100g)	Extraction coefficient of sugar (%)	Molasses sugar (%)
SBSI 124	46.55 ab	16.58 abc	7.86 ab	5.30 ab	11.59 abc	6.07 bc	7.08 a	1.98 ab	8.20 def	69.32 abc	4.39 bc
SBSI 125	52.44 a	16.08 abc	8.58 ab	5.59 ab	10.78 abc	6.51 abc	7.52 a	2.19 a	7.94 def	66.52 abc	4.71 ab
SBSI 126	57.91 a	16.00 abc	9.58 a	6.28 ab	10.62 abc	6.83 abc	7.44 a	2.09 ab	7.89 defg	66.08 abc	4.78 ab
SBSI 127	50.75 a	17.09 ab	8.98 ab	6.36 ab	12.30 ab	5.70 bc	6.87 ab	1.96 ab	7.80 defg	71.90 ab	4.19 bc
SBSI 128	57.69 a	14.98 bc	8.84 ab	5.30 ab	9.35 bc	7.95 abc	7.15 a	1.74 ab	10.97 a	61.82 c	5.03 a
SBSI 129	57.61 a	16.09 abc	9.67 a	6.28 ab	10.72 abc	6.84 abc	7.48 a	1.91 ab	9.10 bcd	66.07 abc	4.78 ab
SBSI 130	48.26 ab	15.43 abc	7.61 ab	4.77 abcd	9.89 bc	7.86 abc	6.95 ab	1.67 ab	10.74 a	63.71 bc	4.93 ab
SBSI 131	46.91 ab	16.52 abc	7.92 ab	5.36 ab	11.47 abc	6.74 abc	6.64 abc	1.76 ab	8.67 cde	69.14 abc	4.45 bc
SBSI 132	48.53 ab	15.36 bc	7.61 ab	4.82 abcd	9.96 bc	7.35 abc	7.09 a	1.57 b	10.00 abc	64.22 bc	4.79 ab
SBSI 133	49.50 ab	17.61 a	8.94 ab	6.52 a	13.14 a	5.47 c	6.21 abc	1.90 ab	7.16 fg	74.45 a	3.88 c
SBSI 134	50.48 a	16.49 abc	8.58 ab	5.91 ab	11.55 abc	6.03 bc	6.97 ab	2.05 ab	7.34 efg	69.82 abc	4.34 bc
SBSI 135	48.20 ab	15.69 abc	7.66 ab	4.85 abc	10.36 abc	6.67 abc	7.46 a	2.04 ab	8.62 cde	65.05 abc	4.73 ab
SBSI 136	49.83 ab	16.48 abc	8.40 ab	5.62 ab	11.17 abc	6.86 abc	7.23 a	1.92 ab	8.06 def	67.68 abc	4.70 ab
SBSI 137	31.63 ab	14.57 c	4.54 bc	2.49 de	9.17 c	9.16 ab	5.25 bc	1.77 ab	10.26 ab	61.41 c	4.80 ab
SBSI 138	28.71 ab	14.83 c	4.58 bc	2.76 cde	9.26 c	9.99 a	4.92 c	1.80 ab	10.24 ab	61.96 c	4.97 ab
Arya	45.07 ab	15.33 bc	7.06 abc	4.39 bcd	9.91 bc	7.50 abc	6.97 ab	1.76 ab	9.89 abc	64.14 bc	4.82 ab
Sharif	15.68 b	16.25 abc	2.10 c	1.69 e	11.44 abc	6.46 abc	6.18 abc	1.93 ab	6.50 g	69.88 abc	4.21 bc
Mean	46.22	15.96	7.56	4.96	10.75	7.06	6.79	1.88	8.79	66.66	4.62

Means with same letter in each traits are not significantly different based on Duncan's Multiple Range (P≤0.05).

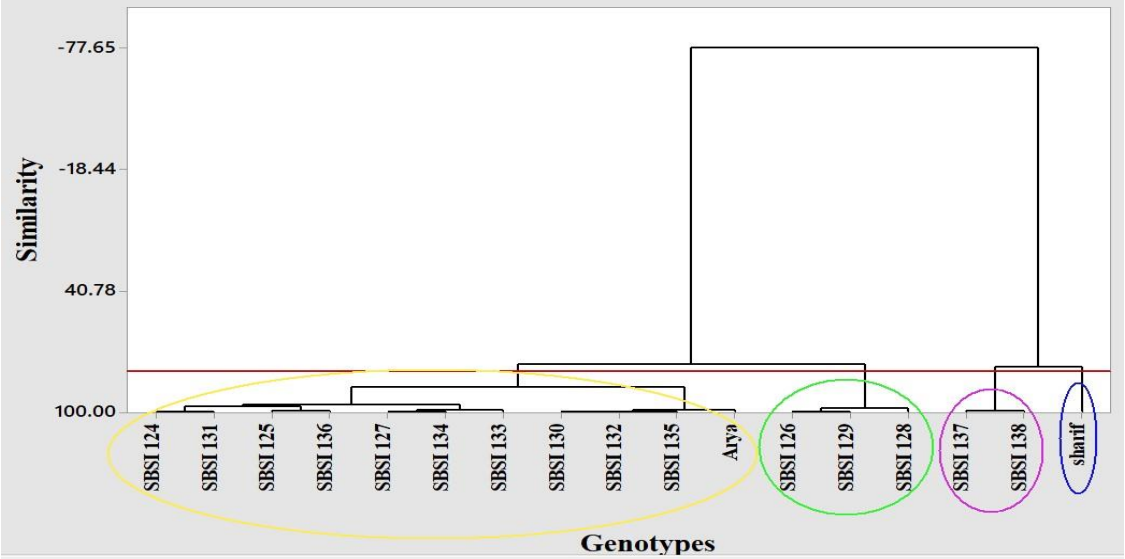


Figure 2. Dendrogram of cluster analysis for 17 sugar beet genotypes based on all of studied traits with Ward method

در این تحقیق، پس از تزریق لارو سن دو نماتد به میزان یکسان (۱۰۰۰ لارو سن دوم) در شرایط گلخانه در گلدان‌ها و گذشت دو ماه از زمان آلوده سازی، تعداد ۱۸ بوته از هر رقم از گلدان‌ها خارج‌شده و سیست های شیری‌رنگ ماده تشکیل‌شده روی هریک از آن‌ها شمارش گردید. تعداد سیست نماتد تشکیل‌شده روی ریشه ارقام نسبت به شاهد حساس (شریف) محاسبه و تجزیه آماری شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ ها از نظر شاخص ماده نماتد سیستی (FI) در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ۵). نتایج حاصل از گروه‌بندی ارقام طبق نظر اشمیت و شانون (۱۹۹۲) (جدول ۱) نشان داد که ژنوتیپ SBSI 126 با کمترین شاخص (۱۱/۶۶ درصد)، بالاترین مقاومت را بین ژنوتیپ ها دارد. به طوریکه شاخص نماتد این هیبرید با رقم شاهد مقاوم آریا (۴۴/۰۴ درصد) نیز تفاوت معنی‌دار داشته و در گروه نسبتاً مقاوم قرار گرفت. بر اساس نظر اشمیت و شانون (۱۹۹۲) ژنوتیپ ها در سه گروه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که رقم حساس شریف و هیبرید SBSI 138 در گروه حساس (F>60%)، رقم آریا به همراه هیبریدهای SBSI 128، SBSI 131، SBSI 124، SBSI 136، SBSI 137، SBSI 134، SBSI 129، SBSI 127، SBSI 130، SBSI 132، SBSI 133 و SBSI 125 در گروه نسبتاً حساس (F=31-60%) و هیبریدهای SBSI 135 و SBSI 126 در گروه نسبتاً مقاوم (F=10-30%) قرار گرفتند (جدول ۶).

نتایج حاصل از گروه‌بندی ارقام طبق نظر اشمیت و شانون (۱۹۹۲) در گلخانه تا حدودی با نتایج حاصل از گروه بندی در مزرعه انطباق داشت به طوریکه ژنوتیپ SBSI 126 در هر دو شرایط گلخانه و مزرعه دارای مقاومت نسبتاً بالایی به نماتد سیستی بود.

مطیعیان و همکاران (Motieean *et al.*, 2016) با بررسی مقاومت ۷۰ ژنوتیپ چغندرقند در برابر نماتد سیستی در سطح گلخانه و مزرعه در اصفهان نشان دادند که ژنوتیپ‌های SB32-HSF-5 و SB31-HSF-2 کمترین میزان تخم و لارو و فاکتور تولید مثل را دارا بودند.

تحقیقات رحمانی و همکاران (Rahmani *et al.*, 2009) نشان دادند که ارزیابی در شرایط گلخانه روشی ساده و مؤثر برای انتخاب ژنوتیپ‌ها و لاین‌های مقاوم است و می توان در هر سال دو تا سه مرتبه در شرایط گلخانه توده های اصلاحی زیادی را ارزیابی کرد.

Table 4. Correlation coefficients among studied traits in the different hybrids of sugar beet

Traits	1-Root yield	2-Sugar content	3- Sugar yield	4-White sugar yield	5-White sugar content	6-Na	7-K	8-N	9-Alkalinity	10-Extraction coefficient of sugar	11-Molasses Sugar
1	1.00										
2	-0.07 ns	1.00									
3	0.97**	0.13 ns	1.00								
4	0.85**	0.40**	0.95**	1.00							
5	-0.33**	0.92**	-0.14ns	0.16ns	1.00						
6	0.20*	-0.76**	0.06ns	-0.20ns	-0.87**	1.00					
7	0.75**	-0.10ns	0.72**	0.57**	-0.42**	0.20*	1.00				
8	0.68**	-0.07ns	0.67**	0.51**	-0.40**	0.40**	0.77**	1.00			
9	-0.54**	-0.23**	-0.57**	-0.52**	0.06ns	-0.09ns	-0.61**	-0.85**	1.00		
10	-0.47**	0.78**	-0.31**	-0.01ns	0.96**	-0.85**	-0.59**	-0.60**	0.27**	1.00	
11	0.62**	-0.54**	0.51**	0.25**	-0.82**	0.77**	0.77**	0.79**	-0.48**	-0.93**	1.00

*, ** significant at 5%, 1% and ns: no significant differences

Table 5. Results of analysis of variance (mean squares) of female index of the cyst nematode (FI) of different sugar beet hybrids in green house conditions

S.O.V.	df	Female Index of the cyst nematode (FI)
Hybrid	16	20.364**
Error	153	2.978
CV (%)		28.78

**: Significant at 1% probability level.

Table 6. Mean comparison of female index of the cyst nematode of different sugar beet hybrids in green house conditions

Hybrid	Female index of the cyst nematode FI (%)	Resistance
Sharif	100.00	S(Suceptible)
SBSI 138	70.93	S(Suceptible)
SBSI 128	51.63	MS(Moderately Suceptible)
Arya	44.04	MS(Moderately Suceptible)
SBSI 131	43.76	MS(Moderately Suceptible)
SBSI 124	41.34	MS(Moderately Suceptible)
SBSI 136	37.32	MS(Moderately Suceptible)
SBSI 137	37.31	MS(Moderately Suceptible)
SBSI 134	36.51	MS(Moderately Suceptible)
SBSI 129	36.34	MS(Moderately Suceptible)
SBSI 127	34.79	MS(Moderately Suceptible)
SBSI 130	34.72	MS(Moderately Suceptible)
SBSI 133	32.93	MS(Moderately Suceptible)
SBSI 125	32.02	MS(Moderately Suceptible)
SBSI 132	30.68	MS(Moderately Suceptible)
SBSI 135	24.20	MR(Moderately Resistance)
SBSI 126	11.66	MR(Moderately Resistance)
Mean	41.19	
LSD 0.05	20.80	
LSD 0.01	27.46	

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که بین هیبریدهای مورد مطالعه از نظر کلیه صفات مورد بررسی تحت شرایط مزرعه با آلودگی طبیعی به نماتد سیستی تفاوت معنی داری وجود دارد. مقایسه میانگین نشان داد که هیبرید SBSI 126 دارای بیشترین عملکرد ریشه بود. این هیبرید دارای مقادیر بیشتری از نظر درصد قند ناخالص، عملکرد قند ناخالص و عملکرد قند خالص نسبت به رقم شاهد مقاوم (آریا) و همچنین میانگین کل ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بود. در شرایط گلخانه نیز هیبرید مزبور دارای بیشترین میزان مقاومت به نماتد سیستی بود. با توجه به اینکه هیبرید SBSI 138 دارای بیشترین مقادیر سدیم و کمترین مقادیر پتاسیم بود و همچنین از نظر صفات عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، عملکرد قند خالص، درصد قند ناخالص و درصد قند خالص با رقم شاهد حساس (شریف) تفاوت معنی‌داری نداشت، لذا ژنوتیپ مزبور پس از رقم شریف به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ به نماتد سیستی در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بود. به طور کلی نتایج نشان داد که هیبرید SBSI 126 را با توجه به مقاومت و عملکرد قند خالص بالا می‌توان به عنوان یک هیبرید مقاوم به نماتد سیستی جهت کشت در مزارع آلوده توصیه نمود.

References

Abdollahian Noghabi, M., Sheikholeslami, R. & Babaei, B., (2005). Technical terms of sugar beet yield and quality. *Journal of Sugar Beet*, 21(1), 101-104. [in Persian]

Ahmadi, A.R., Sharifi Tehrani, A., Kairi, A. & Hjaroud, G. (1998). Isolation of Fusarium solani and Paecilomyces spp. fungi and their performance on biological control of nematode Heterodera schachtii eggs in vitro. *Iranian Journal of Plant Pathology*, 34(3-4), 186–197. [in Persian]

Ahmadi, M., Majidi Heravan, E., Sadeghian, S.Y., Mesbah, M., & Darvish, F., (2011). Drought tolerance variability in S1 pollinator lines developed from a sugar beet open population. *Euphytica*, 178, 339-349.

Barooti, S. & Alavi, A. (1995). Plant nematology, principles, plant and quarantine nematodes of Iran. Publication of Iranian Research Institute of Plant Protection, 278 pp. [in Persian]

Cooke, D. A., & Scott, R.K. (1993). The Sugar beet crop. science into practice. Published by London, Chapman & Hall, ISBN 10: 0412251302.

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 Persian]

Dony, D.L. & Whitney, E.D. (1969). Screening sugar beet for resistance to *Heterodera schachtii*. *Journal of American Society of Sugar Beet Technology*, 15, 546-552.

Fenwick, Kn. (1940). Method for recovery and counting of cyst of Heterodera schachtii from the soil. *Journal of Helminthology*, 18, 155-117.

Hafez, S.L. (1998a). Differential reaction and antagonistic potential of trap crop cultivar management strategy of sugar beet cyst nematode. *International journal of nematology*, 8, 145-148.

Hafez, S.L. (1998b). Management of sugar beet cyst nematode.CIS.1071.

Hamidi, H., Ahmadi, M., Ramezanpour, S.S., Masoumi, A. & Khorramian, S. (2018). Estimation of heterosis and heritability of drought stress tolerance in test cross genotypes of sugar beet. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 11(2), 275-288. [in Persian]

Hauer, M., Koch, H.J., Krüssel, S., Mittler, S. & Märländer, B., (2016). Integrated control of Heterodera schachtii Schmidt in Central Europe by trap crop cultivation, sugar beet variety choice and nematicide application. *Applied soil ecology*, 99, pp.62-69.

Heijbrock, W. (1977). Partial resistant of sugar beet-to-beet cyst eelworm (*Heterodera schachtii*). *Euphytica*, 26, 257-262.

Kakouei Nezhad, M. (2019). Evaluation of sugar beet cultivars and hybrids in terms of resistance to sugar beet cyst nematode in fields with natural pollution. Final Report, Sugar Beet Seed Institute. 20 p. [in Persian]

Lang, W., & De Bock. Ths. M. (1994). Pre-breeding for nematode resistance in beet. *Journal of Sugar Beet Research*, 31:9-26.

Lewellen, R.T. (2006). Registration of CN12 and CN72 sugar beet germplasm populations with resistance to cyst nematode. *Crop Science*, 46, 1144-1145.

Lewellen, R.T. (2007). Registration of CN927-202, CN926-11-3-22, and CN921-306 Sugar beet cyst nematode-resistant sugar beet lines. *Journal of Plant Registrations*, 1(2), 167-69.

Mahmoudi, S. B., Sadeghzadeh Hemaiti, S., Rajabi., A. & Orazizadeh, M. R. (2016). The role of sugar beet diseases in seed trade in Iran. 22nd Iranian plant protection congress, 27-30 Agu.UT. Karaj. Iran. 1429-IPPC22. [in Persian]

Mesbah, M., Mahmoudi, S.B., Baghaei Kia, M., Vahedi, S., Parvizi, R. & Soltani Idaliki, J. (2015). Transferring the resistance trait to sugar beet cyst nematode from *B. maritima* species to cultivated sugar beet. Final Report, Sugar Beet Seed Institute. 46 p. [in Persian]

Mirmahmoudi, T., Fotouhi, K., Hamzeh, H. & Azizi, H. (2021). Evaluation of Quantitative and qualitative characteristics and relationship between traits in sugar beet genotypes under normal and salt stress conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 14(1), 221-233. [in Persian]

Motieean, L., Nasr Esfahani, M. & Olia, M. (2016). Screening of sugar beet genotypes to beet cyst nematode. *Journal of Sugar Beet*, 32 (2), 107-121. [in Persian]

Muller, J. (1998). New pathotypes of the beet cyst nematode differentiated on alien genes for resistance in beet. *Fundamental and Applied Nematology*, 21, 519-526.

Omidvar, M., & Shahidi, H. (1970). Sugar beet nematode in Khorasan and the work done so far on this parasite. Proceedings of the 3rd Iranian Plant Protection Congress. P. 37. [in Persian]

Pakniyat, M. (2004). Combining the effect of rotation and trap plant in reducing the sugar beet cyst nematode population in Fars province. Proceedings of the 16rd Iranian Plant Protection Congress. P. 162. [in Persian]

Panella L., Lewellen, R.T. & Hanson L. E. (2008). Breeding for multiple disease resistance in sugar beet: Registration of FC 220 and FC 221. *Journal of Plant Registration*, 2(2), 146-155.

Rahmani, N., Mesbah, M., Norouzi, P, & Mahmoudi, S.B. (2009). Evaluation of resistance of some sugar beet genotypes to beet cyst nematode under greenhouse conditions. *Journal of Sugar Beet*, 25 (1), 13-22. [in Persian]

Schmitt, D.P. & Shannon, G. (1992). Differentiating soybean responses to Heterodera glycines races. *Crop Science*, 32(1), 275-277.

Soltani Idaliki, J. (2012). Evaluating the resistance of domestic and foreign commercial sugar beet cultivars to sugar beet cyst nematode under natural field pollution conditions. Final Report, Sugar Beet Seed Institute. 28 p. [in Persian]

Soltani Idaliki, J. (2019). Investigating the tolerance of domestic and foreign commercial cultivars to sugar beet cyst nematode. Final Report, Sugar Beet Seed Institute. 20 p. [in Persian]

Vahedi, S. (2017). Evaluation of new improved sugar beet stands against sugar beet cyst nematode. Final Report, Sugar Beet Seed Institute. 46 p. [in Persian]

Vahedi, S., Mesbah, M., Amiri, R. Bihamta, M.R., Yusefabadi, V. & Dehghanshoar, M. (2006). Relationship between agronomic traits and root morphological characteristics and determine traits affecting root yield and sugar content in germplasm of sugar beet monogerm. *Journal of Sugar Beet*, 22(2), 19-34. [in Persian]

Vahedi, S., Rajabi, A., Mahmoudi, B., & Aghaie Zadeh, M. (2012). Evaluation of different sugar beet populations for resistance to beet cyst nematode (*Heterodera schachtii* Schmidt). *Journal of Plant Protection*, 35 (3), 31-43. [in Persian]

Whitney, E. D. & Duffus, J. E. (Eds.). (1986). Compendium of beet diseases and insects. St. Paul, MN: APS Press.