Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Plant Production Research

Print ISSN: 2322-2050
Online ISSN: 2322-2778

(OPEN ACCESS)

Evaluation of new hybrids of sugar beet against cyst nematode in infested fields

Peyman Norouzi[1], Hassan Hamidi[*2], Jamshid Soltani Idliki[3], Mohsen Bazrafshan[4]

1. Associate Prof., Sugar Beet Seed Institute (SBSI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: norouzi1389@gmail.com
2. Corresponding Author, Researcher, Sugar Beet Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran. E-mail: hamidy1065@yahoo.com
3. Assistant Prof., Sugar Beet Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran. E-mail: soltani51@gmail.com
4. Assistant Prof., Sugar Beet Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center of Fars, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran. E-mail: bazrafshanmohsen@yahoo.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 03.09.2025
Revised: 05.06.2025
Accepted: 07.19.2025

Keywords:
Cyst nematode,
Hybrid,
Resistance,
Sugar beet

ABSTRACT

Background and Objectives: Sugar-beet cyst nematode (SBCN) (*Heterodera schachtii*) is a major limiting factor in production of sugar beet in Iran and other countries of the world. This research was conducted with the aim of investigating the yield of foreign hybrids in areas infected with cyst nematode, selecting hybrids resistant to this nematode and high yielding, and ultimately introducing them for cultivation in infected areas of the country.

Materials and Methods: To evaluate the resistance of new sugar beet hybrids of Syngenta Company, one trial was conducted in nematode-infested fields in Khorasan Razavi (Torogh), Fars (Zarghan) and West Azarbyejan (Khoy, Pekachik village) provinces. In this experiment, 16 genotypes (13 hybrids and two susceptible genotypes belonging to Syngenta Company and three resistant checks) were envaluated in randomized complete block design with four replications. After harvesting, the qualitative and quantitative characteristics of sugar beet roots were measured and statistically analyzed. Bartlett's test was performed to test the homogeneity of error variance of three experiments.

Results: Chi-square of sugar content, white sugar yield and root sodium were insignificant and were used for combined variance analysis. In combined variance analysis, the interaction effect of genotype at location was significant for the mentioned traits. It was not possible to compare the average of the main effects of location and genotype, but genotype averages were compared within each region. The highest root yield in Mashhad and Zarghan regions was attributed to hybrid F-20814 at 79.71 and 57.74 tons per hectare, respectively, and in Khoy region to hybrid F-21119 at 68.52 tons per hectare. In addition, the highest sugar content in Mashhad and Zarghan regions was attributed to hybrid F-21109 at 21.73 and 21.04 percent, respectively, and in Khoy region to hybrid F-21100 at 13.39 percent. The results of cluster analysis showed that hybrids F-21119,

F-21109, F-20814, F-21108, F-21104, F-20747, F-21113, F-21101 and F-20701 had the highest white sugar yield and were identified as the most resistant hybrids and were placed in a cluster.

Conclusion: In general, it was determined that in all three regions of Mashhad, Zarghan and Khoi, hybrid F-21119 was the best experimental hybrid with white sugar yield of 10.63 tons per hectare, 6.54 tons per hectare and 5.73 tons per hectare respectively and it has been well adapted in three regions.

Cite this article: Norouzi, Peyman, Hamidi, Hassan, Soltani Idliki, Jamshid, Bazrafshan, Mohsen. 2026. Evaluation of new hybrids of sugar beet against cyst nematode in infested fields. *Journal of Plant Production Research*, 32 (4), 165-183.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/jopp.2025.23417.3240
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۵۰
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۷۸

ارزیابی مقاومت هیبریدهای جدید چغندرقند نسبت به نماتد سیستی در مناطق آلوده

پیمان نوروزی[۱]، حسن حمیدی*[۲]، جمشید سلطانی ایدلیکی[۳]، محسن بذرافشان[٤]

۱. دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: norouzi1389@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، محقق بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران. رایانامه: hamidy1065@yahoo.com

۳. استادیار بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران. رایانامه: soltani51@gmail.com

٤. استادیار بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران. رایانامه: bazrafshanmohsen@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۳/۱۲/۱۹
تاریخ ویرایش: ۱٤۰٤/۰۲/۱٦
تاریخ پذیرش: ۱٤۰٤/۰٤/۲۸

واژه‌های کلیدی:
ارقام مقاوم،
چغندرقند،
نماتد سیستی چغندرقند،
هیبرید

چکیده

سابقه و هدف: نماتد سیستی چغندرقند یکی از عوامل مهم محدودکننده تولید چغندرقند در کشور و سایر نقاط جهان است. بهترین و مؤثرترین روش مبارزه، استفاده از ارقام و هیبریدهای مقاوم می‌باشد. این پژوهش با هدف بررسی عملکرد هیبریدهای خارجی در مناطق آلوده به نماتد سیستی و انتخاب هیبریدهای مقاوم به این نماتد و عملکرد بالا و در نهایت معرفی آن‌ها جهت کشت در مناطق آلوده کشور انجام شد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور ارزیابی مقاومت به نماتد سیستی، هیبریدهای جدید چغندرقند شرکت سینجنتا، پروژه‌ای به سفارش شرکت نامبرده به صورت یک آزمایش در سه منطقه در استان‌های خراسان رضوی (مشهد، ایستگاه طرق)، فارس (ایستگاه زرقان) و آذربایجان غربی (خوی، روستای پکاچیک) انجام شد. در این آزمایش، تعداد ١٦ ژنوتیپ (١١ هیبرید متعلق به شرکت مذکور و دو شماره حساس به همراه سه رقم تجارتی به عنوان شاهد مقاوم به نماتد سیستی) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در مزارع آلوده به نماتد سیستی چغندرقند مورد ارزیابی قرار گرفتند. پس از به‌دست آمدن نتایج آزمایش‌ها، خصوصیات کمی و کیفی هر یک از ژنوتیپ‌ها مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. آزمون بارتلت برای تست یکنواختی واریانس خطای سه آزمایش انجام شد.

یافته‌ها: نتایج آزمون بارتلت نشان داد که کای‌اسکوئر صفات عیارقند، عملکرد شکر سفید و سدیم ریشه معنی‌دار نبوده و برای تجزیه واریانس مرکب استفاده شدند. در تجزیه واریانس مرکب، اثرمتقابل ژنوتیپ در مکان برای صفات نامبرده معنی‌دار شد. بنابراین، امکان مقایسه میانگین اثرات اصلی مکان و ژنوتیپ فراهم نبوده و فقط در داخل هر منطقه، ژنوتیپ‌ها با یکدیگر مقایسه میانگین شدند. بالاترین عملکـرد ریشه در منطقه مشهد و زرقان به هیبرید F-20814 به ترتیب به میزان ۷۹/۷۱ و ۵۷/۷٤ تن در هکتار و در منطقه خوی به هیبرید F-21119 به میزان ٦۸/۵۲ تن در هکتار اختصاص داشت. علاوه بر این بیش‌ترین درصد قند در منطقه مشهد و زرقان به هیبرید F-21109 به ترتیب به میزان ۲۱/۷۳ و ۲۱/۰٤ درصد و در منطقه خوی به هیبرید F-21100 به میزان ۱۳/۳۹ درصد تعلق داشت. نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای نشان داد که هیبریدهای F-21119، F-21109، F-20814، F-21108، F-21104، F-20747، F-21113، F-21101 و F-20701 دارای بالاترین عملکرد شکر سفید بودند و به‌عنوان مقاوم‌ترین هیبریدها شناخته شدند و در یک خوشه قرار گرفتند.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی نتایج نشان داد که در هر سه منطقه مشهد، زرقان و خوی، هیبرید F-21119 به ترتیب با عملکرد شکر سفید ۱۰/٦۳ تن در هکتار، ٦/۵٤ تن در هکتار و ٦/۰۷ تن در هکتار برترین هیبرید آزمایشی بوده و سازگاری خوبی در سه منطقه داشته است.

استناد: نوروزی، پیمان، حمیدی، حسن، سلطانی ایدلیکی، جمشید، بذرافشان، محسن (۱۴۰۴). ارزیابی مقاومت هیبریدهای جدید چغندرقند نسبت به نماتد سیستی در مناطق آلوده. *نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی*، ۳۲ (۴)، ۱۸۳-۱۶۵.
DOI: 10.22069/jopp.2025.23417.3240

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

نماتد سیستی چغندرقند به عنوان مهم‌ترین نماتد چغندرقند بیش از یکصد سال است که موضوع مطالعات گسترده‌ای می‌باشد (۱). تخمین زده می‌شود که نماتدها سالانه بیش از ۸۰ میلیارد دلار خسارت به محصولات در سراسر جهان وارد می‌کنند (۲). یکی از این نماتدها، نماتد سیستی چغندرقند (BCN) *Heterodera schachtii* Schmidt است که از اواسط قرن نوزدهم به‌عنوان یک بیماری چغندرقند شناخته‌شده است. این نماتد در سطح جهانی پراکنده است و به‌طور عمده در آب و هوای معتدل، مدیترانه‌ای و نیمه‌گرمسیری یافت می‌شود، به‌طوری‌که در مناطق عمده کشت چغندرقند در بیش از ۸۷ کشور یافت و شناسایی‌شده است (۳). خسارت این نماتد به محصول چغندرقند در اروپا سالانه بیش از ۹۰ میلیون یورو تخمین زده می‌شود (٤). این نماتد خاک‌های آلی، لومی و شنی را ترجیح داده و می‌تواند باعث کاهش عملکرد تا ٦۰ درصد در محصول چغندرقند شود، به‌ویژه در شرایطی که آلودگی شدید همراه با تنش رطوبتی وجود داشته باشد (۵) و کاهش عملکرد چغندرقند در اثر حمله انواع نماتدها به‌طور متوسط حدود ۱۰ درصد برآورد شده است (٦). نماتد سیستی چغندرقند دارای دامنه میزبانی وسیعی از گیاهان خانواده کنوپودیاسه[1] و کروسیفره[2] بوده و در همه مناطق عمده کشت چغندرقند در جهان پراکنده است، و افزایش جمعیت آن در خاک منجر به کاهش شدید عملکرد می‌گردد (۷). در استان‌های اصفهان، خراسان، فارس، آذربایجان غربی، کرمان، کرمانشاه و همدان مزارع چغندرکاری آلوده به نماتد سیستی هستند. مبارزه شیمیایی با این بیماری به‌صرفه نبوده و از طرفی مصرف این سموم برای محیط‌زیست خطرناک می‌باشد. تناوب زراعی نیز ممکن است نتواند مانع از گسترش جمعیت نماتد در مناطق بسیار آلوده گردد. بنابراین بهترین روش مبارزه با نماتد استفاده از ارقام مقاوم است (۸). نماتد سیستی چغندرقند در سال ۱۸۵۹میلادی در اروپا شناسایی گردید و وجود آن در سال ۱۳٤۷ در ایران از مزارع تربت‌حیدریه استان خراسان گزارش گردید (۹). از آن زمان تاکنون پژوهش‌ها در ارتباط با مناطق انتشار، زیست‌شناسی و نحوه خسارت روی این نماتد در استان خراسان و سایر نقاط کشور توسط پژوهش‌گران مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور انجام‌گرفته است. نماتد سیستی تاکنون به‌عنوان یک مشکل و عامل محدودکننده کشت چغندرقند مطرح بوده است. دامنه گسترش این نماتد در مناطق چغندرکاری کشور رو به افزایش است و هر ساله مناطق جدیدی به این نماتد آلوده می‌گردد و اکنون اکثر مناطق چغندرکاری ایران آلوده می‌باشد. پرویزی و همکاران (۱۰) عنوان کردند که در اغلب مناطقی که سابقه کشت چغندرقند دارند این نماتد مسأله‌ساز بوده است و در مزارع آذربایجان غربی که آلودگی شدید نسبت به این نماتد دارند میزان عملکرد چغندرقند را به ۱۰ تن در هکتار کاهش می‌دهد. مهدیخانی (۱۱) نماتد یادشده را در مزارع چغندرقند استان خراسان به‌عنوان مهم‌ترین نماتد خسارت‌زا معرفی کرد. در کشورهای اروپایی نیز در مزارع با آلودگی بسیار زیاد میزان خسارت را بین ۸۰-۱۰ درصد تخمین زده‌اند. بنابراین با توجه به خسارت بالای نماتد یادشده، باید روشی برای کنترل استفاده نمود که هم برای تولیدکنندگان مقرون به‌صرفه باشد و هم به محیط‌زیست آسیبی وارد نشود و آن استفاده از ارقام مقاوم یا متحمل می‌باشد.

دونی و ویتنی (۱۲) در امریکا و های بروک (۱۳) در هلند با ارزیابی ژرم پلاسم‌های چغندرقند و مواد

1- Chenopodiaceae
2- Cruciferae

اصلاحی آن گزارش کردند که منبع مقاومت در گونه *Beta vulgaris* subsp. وجود ندارد. لانگ و دی بوک (١٤) بیان داشتند که در حال حاضر دو منبع مقاومت در بین گونه‌های وحشی جنس Beta وجود دارد. یکی از گونه‌های موجود در بخش Procumbent (Patellaris) است که شامل سه گونه *B.webbian*، *B. patellaris* و *B. procumbens* می‌باشد. دومین منبع مقاومت را چغندر وحشی *B. maritima* ذکر کردند. در کلکسیون ژنتیکی بذر چغندرقند در ARS-USDA بیش از دو هزار منبع وجود دارد که کمیته ژرم‌پلاسم چغندرقند برنامه ارزیابی را در سال ۱۹۸۵ شروع کردند (١٥). در این راستا حافظ (١٦) چهار گروه از *B. vulgaris* را در شرایط گلخانه مورد ارزیابی قرار داد و نتیجه گرفت که هیچ منبع مقاومتی در *B. vulgaris* وجود ندارد. وی در آزمایش دیگری هیبریدهایی از چغندرقند را در شرایط گلخانه بر اساس میزان افزایش جمعیت مورد ارزیابی قرار داد و نشان داد که اغلب هیبریدهای تست‌شده در مقایسه با واریته های حساس به نماتد در کاهش جمعیت نماتد اختلاف معنی‌داری داشتند.

سلطانی (١٧) با ارزیابی ارقام و هیبریدهای جدید در خراسان رضوی نتیجه گرفت که ژنوتیپ ۲۳۱*(۲۰٤٤۷*W-۱۰۰۹) از نظر عملکرد ریشه و شکر سفید در بین هیبریدها در رتبه دوم قرار دارد که از نظر این دو صفت با ارقام شاهد مقاوم Paulina، ۰۰۲۳HI و Nemakill اختلاف معنی‌داری نداشت و نسبت به دو رقم شاهد مقاوم Pauletta و Anema برتر بود.

واحدی و همکاران (١٨) در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند گام‌های اولیه جهت تعیین منابع مقاومت به نماتد مولد سیست برداشتند و طی دو سال آزمایش مزرعه‌ای نتیجه گرفتند که تعدادی از توده‌های مورد آزمون که با ژنوتیپ W-1009 تلاقی یافته‌اند، از نظر کیفی و مقاومت برتری خوبی نسبت به والدین و شاهد خود داشتند.

سلطانی (١٩) با ارزیابی مقاومت ۱۲رقم تجارتی چغندرقند در استان‌های خراسان رضوی نتیجه گرفت که ارقام Pauletta و SN ۲۱۵ علاوه بر دارا بودن پتانسیل عملکرد ریشه در هکتار از نظر عملکرد قند خالص نیز نسبت به سایر ارقام مورد بررسی برتری داشتند. رقم FD ۰۹۰۱ اگرچه از نظر عملکرد ریشه و قند در بین ارقام در میانه‌های جدول قرار دارد ولی کم‌ترین مقدار درصد قند ملاس و ناخالصی‌ها و بیش‌ترین ضریب استحصال را داشته است.

سلطانی و همکاران (٢٠) با ارزیابی مقاومت ۲۵ رقم تجارتی چغندرقند در استان‌های خراسان رضوی (چناران) و آذربایجان غربی (خوی) نشان دادند که ارقام FD ۰۹۰۱ IR و Pauletta بالاترین عملکرد ریشه و قند را نسبت به سایر ارقام داشته و رقم ۰۷۰۲HI نیز از نظر عملکرد ریشه در رتبه دوم قرار گرفت. اما عملکرد قند و درصد استحصال قند کم‌تری نسبت به ارقام یاد شده داشت. رقم FD ۱۰۲۳ IR در این بررسی به این نماتد حساسیت نشان داده و کم‌ترین عملکرد ریشه و قند را تولید نمود.

سلطانی و همکاران (٢١) با ارزیابی مقاومت ۲۵ رقم تجارتی چغندرقند در دو منطقه چناران و خوی نتیجه گرفتند که رقم HI ۱۱۹۲ بیش‌ترین و ارقام Sanetta و Kuhn ۲۹ کم‌ترین عملکرد ریشه را داشتند و بیش‌ترین عملکرد قند ناخالص و خالص را رقم HI ۱۱۹۲ و کم‌ترین آن‌ها را رقم SBSI-۵ تولید کرد. هم‌چنین رقم Bering بیش‌ترین استحصال قند و کم‌ترین قند ملاس و برخلاف آن رقم HI ۱۱۷۳ کم‌ترین استحصال قند و بیش‌ترین قند ملاس را داشتند.

نوروزی (۲۲) بر اساس نتایج عملکرد حاصل از دو منطقه خوی و مشهد و نیز نتایج ارزیابی گلخانه‌ای و مولکولی، سه هیبرید ۳۱۹۷٦، ۳۱۹۸۰ و ۳۱۹۸۵ را به عنوان برترین هیبریدهای مقاوم به نماتد سیستی انتخاب کردند.

سلطانی و همکاران (۲۳) با ارزیابی مقاومت نه رقم تجارتی چغندرقند در استان‌های خراسان رضوی (مشهد) و آذربایجان غربی (خوی) نتیجه گرفتند که در شرایط گلخانه ارقام Sanetta، SN ٦۲۰، Charly به همراه رقم Pauletta مقاومت دارند. رقم Sanetta علاوه بر پایین بودن میزان تولید ریشه و قند در هکتار در هر دو منطقه، از ضریب استحصال قابل‌قبولی نیز برخوردار نبود. نتایج آزمایش‌های مزرعه‌ای و آزمون مقاومت در گلخانه نشان داد که رقم Charly علاوه بر دارا بودن پتانسیل عملکرد ریشه در هکتار، از نظر عملکرد قند خالص، ضریب استحصال و پایین بودن قند ملاس نیز نسبت به سایر ارقام مورد بررسی برتری دارد. نتایج ارزیابی مقاومت و عملکرد کمی و کیفی ۲۳ ژنوتیپ تجارتی داخلی و خارجی در مزرعه آلوده در مشهد نشان دادند که هیبرید SBSI 126 (با توجه به مقاومت و عملکرد قند سفید بالا) و رقم خارجی 9K978 را می‌توان به‌ترتیب به‌عنوان یک هیبرید داخلی و رقم جدید مقاوم به نماتد سیستی جهت کشت در مزارع آلوده توصیه کرد (۲٤).

هدف از انجام این پژوهش تعیین عملکرد هیبریدهای خارجی در مناطق آلوده به نماتد سیستی و انتخاب هیبرید یا هیبریدهای مقاوم به این نماتد و عملکرد بالا برای آزمایش‌های آتی و در نهایت معرفی آن‌ها برای کشت در مناطق آلوده کشور می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این پروژه، تعداد ١٦ ژنوتیپ به شرح مندرج در جداول نتایج و بحث مورد مطالعه قرار گرفتند. این ژنوتیپ‌ها شامل ۱۱ هیبرید آزمایشی جدید و دو شماره ۵ و ۱۰ به‌عنوان شاهد حساس و سه رقم به‌عنوان شاهد مقاوم شامل توکان، BTS213 و ساکارا در ردیف‌های ۱، ۸ و ١٦ جداول مقایسه میانگین بودند. ژنوتیپ‌های مزبور به‌منظور تعیین ارزش زراعی آن‌ها در مزارع آلوده سه استان خراسان رضوی (مشهد، ایستگاه تحقیقاتی طرق)، استان فارس (زرقان) و آذربایجان غربی (خوی) مورد ارزیابی قرار گرفتند.

به‌منظور انتخاب مزرعه از قسمت‌های مختلف زمین موردنظر نمونه خاک از عمق ۲۵-۲۰ سانتی‌متری تهیه و جمعیت نماتد بر اساس روش فنویک (۲۵) تعیین گردید. 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 (٢٤).

جهت تعیین جمعیت نماتد مولد سیست چغندرقند، صد گرم از خاک نمونه مرکب توزین و درون الک ۵۰ مش موجود در روی قیف فنویک ریخته شد. زیر ناودان قیف فنویک الک ۷۰ مش قرار داده شد تا سیست‌ها 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 به اندازه‌ای ادامه داده شد تا آب در حال شستشو زلال گردد. سپس سیست‌های 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 سیست‌ها 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 و لارو، سیست‌ها 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 سی‌سی در زیر میکروسکوپ با بزرگنمایی 10X شمارش شد. تعداد تخم و لارو شمارش شده در عدد ثابت ۳۰ ضرب شد و درمجموع کل تعداد تخم و لارو در صد گرم خاک به دست آمد (٢٤).

پس از اثبات بالا بودن جمعیت نماتد در مزرعه و زنده‌بودن آن‌ها، هیبریدهای ارسالی از شرکت سفارش‌دهنده پروژه در سه منطقه خراسان رضوی- مشهد (ایستگاه طرق)، فارس- شیراز (ایستگاه زرقان) و آذربایجان غربی (خوی، روستای پکاجیک) در قالب یک آزمایش ١٦ رقمی در هر منطقه به کار رفتند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ١٦ رقم در چهار تکرار اجرا شد. هر رقم در سه خط به طول هشت متر و با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر در آزمایش مشهد و زرقان فارس و فاصله ردیف ٦٠ سانتی‌متر در خوی کشت شد. عملیات داشت (تنک، وجین و....) به موقع انجام شده و یادداشت برداری لازم بر اساس صفات موردنظر در طی فصل رشد انجام و داده‌ها برای شرکت ارسال‌کننده بذر فرستاده شد. عملیات برداشت در اوایل آبان ماه و با استفاده از دستگاه چغندرکن پشت تراکتوری انجام شد. خطوط حاشیه آزمایش و نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت حذف گردید. ریشه‌های چغندرقند پس از سرزنی و شست‌وشو توزین و میزان عملکرد نهایی ریشه بر حسب تن در هکتار محاسبه شد. سپس از تهیه خمیر ریشه صفاتی کیفی مانند درصد قند ناخالص (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 برحسب میلی اکی‌والان در ٣٤٤ گرم خمیر ریشه چغندرقند با استفاده از دستگاه بتالایزر در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد (٢٦). صفاتی مانند 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 (٢٧).

$$SY=RY\times SC.,$$

$$MS=0.343\ (K+Na) + 0.094\ (a-N)–0.31.,$$

$$WSC= SC–(MS+0.6).,$$

$$WSY = WSC\times RY.,$$

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

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 اجرای این پژوهش در سه منطقه، قبل از تجزیه مرکب اقدام به انجام آزمون یکنواختی واریانس‌ها از طریق آزمون

بارتلت گردید. با توجه به این‌که واریانس خطای آزمایشی برای برخی صفات یکنواخت بودند، بنابراین اقدام به تجزیه مرکب گردید. مقایسه میانگین صفات نیز با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

در خصوص نتایج مقایسه عملکرد هیبریدهای این پژوهش که در جداول یک تا شش ارائه‌شده‌اند، می‌توان مشاهده کرد که در هر سه منطقه مشهد، زرقان فارس و خوی بین عملکرد هیبریدها با شاهدهای مقاوم در برخی صفات اختلاف معنی‌دار وجود دارد و در برخی صفات بدون اختلاف معنی‌دار هستند. نتایج آزمایش‌های سه منطقه مشهد (ایستگاه طرق)، فارس (ایستگاه زرقان) و خوی (روستای پکاجیک) به شرح ذیل خلاصه شده است.

– **آزمایش مشهد:** در آزمایش مشهد، بین ژنوتیپ‌ها در خصوص صفات عملکرد ریشه، عملکرد قند سفید، سدیم، پتاسیم، نیتروژن مضره و ضریب استحصال شکر اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد. علاوه بر این بین بلوک‌ها از نظر همه صفات به استثنای عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۱). نتایج آزمایش ایستگاه طرق مشهد نشان داد از نظر همه صفات کمی و کیفی ریشه، تعدادی از هیبریدهای جدید شرکت در قیاس با میانگین شاهدهای مقاوم در یک گروه بوده و اختلاف آماری ندارند. البته برخی هیبریدها از برتری نسبی و مطلوبی نسبت به میانگین شاهدهای مقاوم نیز برخوردار بودند (جدول ۲). برای صفت عملکرد ریشه بین هیبریدهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری در سطح آماری یک درصد وجود داشت. میانگین کل آزمایش و میانگین شاهدهای مقاوم برای صفت عملکرد ریشه به ترتیب معادل ۵۰/۵۷ و ۵۸/۸۳ تن در هکتار بود. این در حالی بود که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار عملکرد ریشه در بین هیبریدهای آزمایشی به ترتیب با ٦۲/۲۱ تن در هکتار مربوط به هیبرید شماره ٤ و ٤٥/۷۱ تن در هکتار مربوط به هیبرید شماره ۳ بود. برای صفت عیار قند بین هیبریدهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری در سطح آماری یک درصد وجود داشت. میانگین کل آزمایش و میانگین شاهدهای مقاوم برای صفت عیار قند به‌ترتیب معادل ۲۰/۰۹ درصد و ۲۰/۵۱ درصد بود. از نظر صفت عیار قند بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار در بین هیبریدهای آزمایشی به ترتیب مربوط به هیبرید شماره ٦ با ۲۱/۷۳ درصد و هیبرید شماره ٤ با ۱۸/۲ درصد بود. برای صفت عملکرد شکر سفید بین هیبریدهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری در سطح آماری یک درصد وجود داشت. میانگین کل آزمایش و میانگین شاهدهای مقاوم به ترتیب معادل ۸/٦۰ و ۱۰/۲۹ تن در هکتار بود. این در حالی بود که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار عملکرد شکر سفید به‌ترتیب با ۱۰/٦۳ تن در هکتار مربوط به هیبرید شماره ۱۳ و ۷/۳٦ تن در هکتار مربوط به هیبرید شماره ۳ بود. صفات غیر قندی آزمایش نیز از شرایط مطلوب و متعارفی برخوردار بودند. میانگین سدیم، پتاسیم و نیتروژن آزمایش به ترتیب معادل ۳/٦٥، ٤/۰٦ و ۱/۱٥ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه بود. به همین دلیل راندمان استحصال قند نیز تحت‌تأثیر این صفات و اجزاء غیر قندی قرار گرفته و از شرایط مطلوبی برخوردار بود. از نظر راندمان استحصال قند بین هیبریدهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده شد. میانگین راندمان استحصال قند معادل ۸٤/۷٥ درصد و کیفی‌ترین هیبرید آزمایشی، هیبرید شماره ٦ با راندمان ۸۷/٦٤ درصد بود.

سلطانی (۱۷) مقاومت به نماتد مولد سیست را در ۱۲ رقم از ارقام داخلی و خارجی در دو منطقه خراسان و آذربایجان غربی با استفاده از شاخص تولیدمثلی RF (Reproduction Factor) ارزیابی کرد. نتایج وی نشان داد که ارقام Paulina و Pauletta در هر دو منطقه نسبت به این نماتد مقاومت در خور توجهی داشتند و نسبت به سایر تیمارها برتری داشتند. در بین هیبریدهای داخلی، هیبرید ۲۷۰۶۰ نسبت به سایر هیبریدها از نظر صفات موردبررسی از وضعیت بهتری برخوردار بود.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و صفات کیفی هیبریدهای چغندرقند مورد بررسی در منطقه مشهد.

Table 1. Results of variance analysis (mean squares) of yield and qualitative traits of different sugar beet hybrids in Mashhad region.

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Degrees of freedom	عملکرد ریشه Root yield	عملکرد شکر سفید White sugar yield	درصد قند Sugar content	سدیم Na	پتاسیم K	نیتروژن مضره N	ضریب استحصال شکر Extraction coefficient of sugar
بلوک Block	3	1189.04**	41.05**	2.07^{ns}	0.78^{ns}	0.22^{ns}	0.18^{ns}	3.76^{ns}
ژنوتیپ Genotype	15	708.49**	21.98**	2.96**	2.49**	0.54**	0.078^{ns}	14.74**
خطا Error	45	81.41	1.77	0.82	0.37	0.15	0.066	3.91
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (%)		17.84	15.50	4.52	16.69	9.63	22.21	2.33

** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، ^{ns} عدم اختلاف معنی‌دار

** Significant at 1% level, ^{ns} not significant

جدول ۲- مقایسه میانگین هیبریدهای مورد بررسی برای عملکرد و صفات کیفی چغندرقند در منطقه مشهد.

Table 2. Mean comparison of yield and qualitative traits of sugar beet in Mashhad region.

کد Rank	ژنوتیپ Genotype	عملکرد ریشه Root yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد شکر سفید White sugar yield ($t.ha^{-1}$)	درصد قند Sugar content	سدیم Na	پتاسیم K	نیتروژن مضره N	ضریب استحصال شکر Extraction coefficient of sugar (%)
					(Meq/100g)			
1	F - 20747	48.07^{CDE}	8.40^{CD}	20.15^{BCDE}	2.61^{F}	4.01^{BCDE}	1.14^{ABCD}	86.75^{ABC}
2	F - 21112	47.21^{CDE}	7.62^{DE}	19.81^{BCDE}	4.65^{AB}	4.27^{BC}	1.15^{ABCD}	82.49^{DE}
3	F – 21107	45.71^{DE}	7.36^{DE}	19.39^{DEF}	4.56^{AB}	3.85^{CDE}	1.17^{ABCD}	83.09^{DE}
4	F – 21108	62.21^{B}	9.23^{BCD}	18.20^{F}	4.76^{A}	3.95^{BCDE}	1.14^{ABCD}	81.42^{E}
5	F - 21114	37.00^{E}	6.14^{E}	19.44^{CDEF}	4.01^{ABC}	3.74^{CDE}	0.88^{D}	84.39^{BCD}
6	F - 21109	52.57^{BCD}	10.01^{BC}	21.73^{A}	2.58^{F}	4.05^{BCDE}	1.21^{ABCD}	87.64^{A}
7	F - 21110	48.14^{CDE}	8.42^{CD}	20.21^{CDE}	2.84^{EF}	4.25^{BC}	1.08^{ABCD}	86.02^{ABC}
8	F - 20814	79.71^{A}	13.78^{A}	20.45^{ABCD}	3.83^{BCD}	4.13^{BCD}	1.43^{A}	84.58^{BCD}
9	F - 21103	48.29^{CDE}	7.56^{DE}	19.39^{DEF}	4.65^{AB}	3.76^{CDE}	0.97^{CD}	82.83^{DE}
10	F - 21118	15.29^{F}	2.79^{F}	20.85^{AB}	3.52^{CDE}	3.52^{E}	1.06^{BCD}	86.54^{ABC}
11	F - 21101	56.93^{BCD}	9.91^{BC}	20.71^{ABC}	4.28^{ABC}	4.22^{BCD}	1.11^{ABCD}	84.04^{CDE}
12	F - 21113	57.64^{BCD}	9.71^{BC}	19.93^{BCDE}	3.68^{CDE}	4.26^{BC}	1.14^{ABCD}	84.28^{BCD}
13	F - 21119	58.64^{BC}	10.63^{B}	20.79^{AB}	2.97^{DEF}	3.72^{CDE}	1.10^{ABCD}	87.08^{AB}
14	F - 21104	55.07^{BCD}	9.80^{BC}	20.41^{BCDE}	2.85^{EF}	3.69^{DE}	1.16^{ABCD}	87.04^{AB}
15	F - 21100	47.86^{CDE}	7.49^{DE}	19.13^{EF}	3.86^{BC}	4.48^{AB}	1.31^{ABC}	82.81^{DE}
16	F - 20701	48.71^{CDE}	8.68^{CD}	20.93^{AB}	2.85^{EF}	5.00^{A}	1.40^{AB}	85.06^{ABCD}

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن با هم اختلاف معنی‌دار ندارند

Means with the same letters are not significantly different based on Duncan's test

- **آزمایش زرقان:** در آزمایش زرقان فارس بین ژنوتیپ‌ها در خصوص صفات عملکرد ریشه، عملکرد قند سفید، سدیم، پتاسیم، نیتروژن مضره و ضریب استحصال شکر اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد. علاوه بر این بین بلوک‌ها از نظر همه صفات به استثنای نیتروژن مضره تفاوت معنی‌داری وجود داشت. معنی‌دار شدن بلوک‌ها نشان می‌دهد که بلوک‌بندی یک انتخاب درست می‌باشد. به عبارتی بلوک‌بندی یک استراتژی مؤثر برای کاهش واریانس خطا بوده است و عامل بلوک‌بندی بر صفت مورد بررسی تأثیر دارد (جدول ۳). نتایج آزمایش ایستگاه زرقان نشان داد از نظر کلیه صفات کمی و کیفی ریشه، تعدادی از هیبریدهای جدید شرکت در قیاس با میانگین شاهدهای مقاوم در یک گروه بوده و اختلاف آماری ندارند. البته برخی هیبریدها از برتری نسبی و مطلوبی نسبت به میانگین شاهدهای مقاوم نیز برخوردار بودند (جدول ٤). برای صفت عملکرد ریشه بین هیبریدهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری در سطح آماری یک درصد وجود داشت. میانگین کل آزمایش و میانگین شاهدهای مقاوم برای صفت عملکرد ریشه به ترتیب معادل ۳۵/۷۷ و ٤۱/۳۱ تن در هکتار بود. این در حالی بود که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار عملکرد ریشه در بین هیبریدهای آزمایشی به ترتیب با ٤٤/۲۹ تن در هکتار مربوط به هیبرید شماره ۱۱ و ۳۰/۲٤ تن در هکتار مربوط به هیبرید شماره ۹ بود. برای صفت عیار قند بین هیبریدهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری در سطح آماری یک درصد وجود داشت. میانگین کل آزمایش و میانگین شاهدهای مقاوم برای صفت عیار قند به‌ترتیب معادل ۱۸/۸۳ درصد و ۱۸/۷۲ درصد بود. از نظر صفت عیار قند بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار در بین هیبریدهای آزمایشی به ترتیب مربوط به هیبرید شماره ٦ با ۲۱/۰٤ درصد و هیبرید شماره ۱۱ با ۱۷/٤۹ درصد بود. برای صفت عملکرد شکر سفید بین هیبریدهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری در سطح آماری یک درصد وجود داشت. میانگین کل آزمایش و میانگین شاهدهای مقاوم به ترتیب معادل ۵/۵۳ و ٦/۳۲ تن در هکتار بود. این در حالی بود که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار عملکرد شکر سفید به ترتیب با ٦/٥٤ تن در هکتار مربوط به هیبرید شماره ۱۳ و ٤/٤٦ تن در هکتار مربوط به هیبرید شماره ۹ بود. صفات غیرقندی آزمایش نیز از شرایط مطلوب و متعارفی برخوردار بودند. میانگین سدیم، پتاسیم و نیتروژن آزمایش به ترتیب معادل ۳/۲۸، ٤/۹۵ و ۱/۳۲ بود. به‌همین دلیل راندمان استحصال قند نیز تحت‌تأثیر این صفات و اجزاء غیرقندی قرارگرفته و از شرایط مطلوبی برخوردار بود. از نظر صفت راندمان استحصال قند بین هیبریدهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری در سطح آماری یک درصد مشاهده شد. میانگین راندمان استحصال قند معادل ۸۲/٦٦ درصد و کیفی‌ترین هیبرید آزمایشی، هیبرید شماره ٦ با راندمان ۸٦/۱۵ درصد بود.

سلطانی (۱۹) تعداد ٤٤ شماره هیبرید حاصل از تلاقی‌هایی که از منابع خارجی مقاوم به نماتد با ژرم پلاسم‌های نر عقیم داخلی (MS261 و MS231) به‌دست‌آمده بود را به همراه چهار رقم تجارتی جلگه، پائولینا، پائولتا و F-20747 در مزرعه آلوده به نماتد در مشهد مورد ارزیابی قرار داد و در نهایت ۱۳۸ شماره بذر هاف سیب، ۵ توده مقاوم به‌صورت بالک و ۲۰ شماره بذر فول سیب جهت ادامه کار اصلاحی به‌دست آورد.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و صفات کیفی هیبریدهای چغندرقند مورد بررسی در منطقه زرقان.

Table 3. Results of variance analysis (mean squares) of yield and qualitative traits of different sugar beet hybrids in Zarghan region.

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Degrees of freedom	عملکرد ریشه Root yield	عملکرد شکر سفید White sugar yield	درصد قند Sugar content	سدیم Na	پتاسیم K	نیتروژن مضره N	ضریب استحصال شکر Extraction coefficient of sugar
بلوک Block	3	384.51**	6.15**	4.35*	5.16**	3.32**	0.006^{ns}	35.19*
ژنوتیپ Genotype	15	320.94**	6.36**	2.76*	3.77**	1.75**	0.058**	22.70*
خطا Error	45	16.90	0.59	1.30	0.68	0.65	0.014	9.50
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (%)		11.49	13.89	6.05	25.12	16.21	9.04	3.73

**، * به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد، ns عدم اختلاف معنی‌دار

** Significant at 1% level, * Significant at 5% level, ns not significant

جدول ٤- مقایسه میانگین هیبریدهای مورد بررسی برای عملکرد و صفات کیفی چغندرقند در منطقه زرقان.

Table 4. Mean comparison of yield and qualitative traits of sugar beet in Zarghan region.

کد Rank	ژنوتیپ Genotype	عملکرد ریشه Root yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد شکر سفید White sugar yield ($t.ha^{-1}$)	درصد قند Sugar content	سدیم Na	پتاسیم K	نیتروژن مضره N	ضریب استحصال شکر Extraction coefficient of sugar (%)
					(Meq/100g)			
1	F - 20747	33.21^{DE}	5.20^{DEFG}	18.71^{BCD}	2.38^{E}	5.09^{ABC}	1.30^{BCDE}	84.03^{ABC}
2	F - 21112	43.10^{BC}	5.97^{BCDE}	17.85^{CD}	3.94^{ABC}	5.91^{A}	1.47^{AB}	78.41^{E}
3	F – 21107	32.02^{E}	4.95^{EFG}	18.90^{BCD}	3.72^{ABC}	5.02^{ABC}	1.32^{BCDE}	81.95^{ABCDE}
4	F – 21108	40.48^{BC}	6.50^{BC}	18.94^{BCD}	2.91^{CDE}	4.25^{C}	1.25^{DE}	84.98^{A}
5	F - 21114	22.02^{F}	3.31^{H}	19.03^{BCD}	4.84^{A}	5.24^{ABC}	1.20^{E}	79.68^{CDE}
6	F - 21109	31.79^{E}	5.71^{BCDEF}	21.04^{A}	2.31^{E}	4.91^{ABC}	1.42^{ABCD}	86.15^{A}
7	F - 21110	31.19^{E}	4.74^{FG}	18.25^{CD}	2.28^{E}	5.06^{ABC}	1.33^{BCDE}	83.91^{ABC}
8	F - 20814	57.74^{A}	8.35^{A}	18.06^{CD}	3.65^{BCD}	5.30^{ABC}	1.42^{ABCD}	80.53^{BCDE}
9	F - 21103	30.24^{E}	4.46^{G}	18.55^{BCD}	4.47^{AB}	4.86^{ABC}	1.27^{CDE}	80.56^{BCDE}
10	F - 21118	20.95^{F}	3.25^{H}	18.64^{BCD}	4.84^{A}	3.07^{D}	1.02^{F}	83.23^{ABCD}
11	F - 21101	44.29^{B}	6.16^{BC}	17.49^{D}	3.80^{ABC}	5.57^{AB}	1.29^{CDE}	79.18^{ED}
12	F - 21113	37.98^{CD}	5.84^{BCDE}	18.61^{BCD}	2.95^{CDE}	5.23^{ABC}	1.54^{A}	82.59^{ABCDE}
13	F - 21119	42.02^{BC}	6.54^{B}	18.85^{BCD}	3.69^{ABCD}	4.42^{C}	1.31^{BCDE}	82.76^{ABCDE}
14	F - 21104	39.64^{BC}	6.47^{BC}	19.08^{BCD}	2.52^{DE}	4.67^{BC}	1.28^{CDE}	84.80^{AB}
15	F - 21100	32.74^{DE}	5.57^{BCDEF}	19.93^{AB}	2.33^{E}	4.99^{ABC}	1.36^{BCDE}	85.30^{A}
16	F - 20701	32.98^{DE}	5.42^{CDEFG}	19.39^{BC}	1.81^{E}	5.68^{AB}	1.43^{ABC}	84.58^{AB}

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن با هم اختلاف معنی‌دار ندارند

Means with the same letters are not significantly different based on Duncan's test

- **آزمایش خوی:** در آزمایش خوی، بین ژنوتیپ‌ها در خصوص صفات عملکرد ریشه، عملکرد قند سفید، سدیم، پتاسیم، نیتروژن مضره و ضریب استحصال شکر اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد. علاوه بر این بین بلوک‌ها از نظر همه صفات به استثنای سدیم و ضریب استحصال شکر تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۵). نتایج آزمایش در منطقه خوی نشان داد از نظر همه صفات کمی و کیفی ریشه، تعدادی از هیبریدهای جدید شرکت در قیاس با میانگین شاهدهای مقاوم در یک گروه بوده و اختلاف آماری ندارند. البته برخی هیبریدها از برتری نسبی و مطلوبی نسبت به میانگین شاهدهای مقاوم نیز برخوردار بودند (جداول ٦). برای صفت عملکرد ریشه بین هیبریدهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری در سطح آماری یک درصد وجود داشت. میانگین کل آزمایش و میانگین شاهدهای مقاوم برای صفت عملکرد ریشه به ترتیب معادل ٤٩/٥٣ و ٥٥/٩٢ تن در هکتار بود. این در حالی بود که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار عملکرد ریشه در بین هیبریدهای آزمایشی به ترتیب با ٦٨/٥٢ تن در هکتار مربوط به هیبرید شماره ۱۳ و ٣٦/٠١ تن در هکتار مربوط به هیبرید شماره ۹ بود. برای صفت عیار قند بین هیبریدهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری در سطح آماری یک درصد وجود داشت. میانگین کل آزمایش و میانگین شاهدهای مقاوم برای صفت عیار قند به ترتیب معادل ۱۲/۰۵ درصد و ۱۲/۳۲ درصد بود. از نظر صفت عیار قند بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار در بین هیبریدهای آزمایشی به ترتیب مربوط به هیبرید شماره ۱۵ با ۱۳/۳۹ درصد و هیبرید شماره ۷ با ۹/۵۳ درصد بود. برای صفت عملکرد شکر سفید بین هیبریدهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری در سطح آماری یک درصد وجود داشت. میانگین کل آزمایش و میانگین شاهدهای مقاوم به‌ترتیب معادل ٤/٤٥ و ٥/٢ تن در هکتار بود. این در حالی بود که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار عملکرد شکر سفید به ترتیب با ٦/٠٧ تن در هکتار مربوط به هیبرید شماره ۱۳ و ۳/۱۱ تن در هکتار مربوط به هیبرید شماره ۹ بود. صفات غیرقندی آزمایش خوی برخلاف آزمایش‌های شیراز و مشهد از شرایط مطلوب و متعارفی برخوردار نبودند. میانگین سدیم، پتاسیم و نیتروژن آزمایش به‌ترتیب معادل ٤/٢٦، ٣/٤٢ و ١/٢٥ بود. به همین دلیل راندمان استحصال قند نیز تحت‌تأثیر این صفات و اجزاء غیرقندی قرارگرفته و از شرایط نامطلوبی برخوردار بود. از نظر صفت راندمان استحصال قند بین هیبریدهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری در سطح آماری یک درصد مشاهده شد. میانگین راندمان استحصال قند معادل ٧٤/١٢ درصد و کیفی‌ترین هیبرید آزمایشی شماره ۲ با راندمان ٧٩/٥٤ درصد بود.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و صفات کیفی هیبریدهای چغندرقند مورد بررسی در منطقه خوی.

Table 5. Results of variance analysis (mean squares) of yield and qualitative traits of different sugar beet hybrids in Khoy region.

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Degrees of freedom	عملکرد ریشه Root yield	عملکرد شکر سفید White sugar yield	درصد قند Sugar content	سدیم Na	پتاسیم K	نیتروژن مضره N	ضریب استحصال شکر Extraction coefficient of sugar
بلوک Block	3	521.96**	11.21**	8.75**	1.99^{ns}	3.99**	0.66**	44.02^{ns}
ژنوتیپ Genotype	15	405.19**	3.27**	2.99^{ns}	1.22^{ns}	0.58^{ns}	0.096^{ns}	50.18^{ns}
خطا Error	45	55.98	1.003	1.93	0.95	0.50	0.13	32.72
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (%)		15.11	22.51	11.54	22.90	20.74	29.22	7.72

** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، ^{ns} عدم اختلاف معنی‌دار

** Significant at 1% level, ^{ns} not significant

جدول ٦- مقایسه میانگین هیبریدهای مورد بررسی برای عملکرد و صفات کیفی چغندرقند در منطقه خوی.

Table 6. Mean comparison of yield and qualitative traits of sugar beet in Khoy region.

کد Rank	ژنوتیپ Genotype	عملکرد ریشه Root yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد شکر سفید White sugar yield ($t.ha^{-1}$)	درصد قند Sugar content	سدیم Na	پتاسیم K	نیتروژن مضره N	ضریب استحصال شکر Extraction coefficient of sugar (%)
					(Meq/100g)			
1	F - 20747	60.03^{A}	6.23^{A}	13.20^{A}	3.26^{C}	3.41^{ABCD}	1.19^{AB}	78.69^{AB}
2	F - 21112	39.67^{CD}	3.90^{CDE}	12.29^{A}	3.20^{C}	2.98^{DC}	1.03^{B}	79.54^{A}
3	F – 21107	44.12^{CD}	3.96^{CDE}	11.86^{A}	4.32^{ABC}	3.33^{ABCD}	1.21^{AB}	74.28^{AB}
4	F – 21108	44.98^{CD}	4.55^{BCD}	13.01^{A}	4.06^{ABC}	3.25^{ABCD}	1.28^{AB}	77.41^{AB}
5	F - 21114	41.17^{CD}	3.45^{DE}	11.66^{A}	5.24^{A}	3.25^{ABCD}	1.23^{AB}	71.09^{BC}
6	F - 21109	61.03^{A}	5.73^{AB}	12.25^{A}	4.18^{ABC}	3.52^{ABCD}	1.20^{AB}	73.67^{AB}
7	F - 21110	66.30^{A}	4.17^{CDE}	9.53^{B}	4.90^{AB}	3.49^{ABCD}	1.59^{A}	64.66^{C}
8	F - 20814	49.16^{BC}	4.13^{CDE}	11.66^{A}	4.34^{ABC}	3.90^{ABC}	1.16^{AB}	71.68^{ABC}
9	F - 21103	36.01^{D}	3.11^{E}	11.53^{A}	4.72^{AB}	2.58^{D}	1.07^{B}	74.25^{AB}
10	F - 21118	41.91^{CD}	3.93^{CDE}	12.25^{A}	3.74^{BC}	3.44^{ABCD}	1.30^{AB}	76.50^{AB}
11	F - 21101	47.40^{C}	3.96^{CDE}	11.85^{A}	4.58^{ABC}	3.52^{ABCD}	1.27^{AB}	71.94^{ABC}
12	F - 21113	46.74^{C}	4.25^{CDE}	12.16^{A}	4.19^{ABC}	3.99^{AB}	1.50^{AB}	73.16^{AB}
13	F - 21119	68.52^{A}	6.07^{A}	12.01^{A}	4.70^{AB}	3.17^{BCD}	1.04^{B}	74.25^{AB}
14	F - 21104	45.55^{CD}	4.19^{CDE}	12.06^{A}	4.52^{ABC}	3.39^{ABCD}	1.20^{AB}	73.72^{AB}
15	F - 21100	41.33^{CD}	4.28^{CDE}	13.39^{A}	4.31^{ABC}	3.36^{ABCD}	1.23^{AB}	77.36^{AB}
16	F - 20701	58.58^{AB}	5.24^{ABC}	12.09^{A}	3.87^{ABC}	4.18^{A}	1.43^{AB}	73.65^{AB}

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن با هم اختلاف معنی‌دار ندارند

Means with the same letters are not significantly different based on Duncan's test

تجزیه مرکب سه منطقه: با توجه به آزمون یکنواختی واریانس خطای سه آزمایش به روش بارتلت مشخص شد کای اسکوئر صفات عیار قند، عملکرد شکر سفید و میزان سدیم ریشه معنی‌دار نیست (جدول ۷) و می‌توان آن‌ها را برای سه منطقه تجزیه واریانس مرکب کرد (جدول ۸). در تجزیه واریانس مرکب، اثرمتقابل ژنوتیپ در مکان برای صفات مذکور معنی‌دار شده است. بنابراین، نمی‌توان برای هر یک از اثرات اصلی مقایسه میانگین انجام داد و فقط در داخل هر منطقه می‌توان ژنوتیپ‌ها را با یکدیگر مقایسه کرد که این کار در تجزیه واریانس ساده هر یک از مناطق انجام و ارائه شده است. نوروزی و همکاران (۲۸) به‌منظور ارزیابی مقاومت به نماتد مولد سیست در هیبریدهای جدید چغندرقند پس از تجزیه مرکب نشان دادند که در بین مناطق، منطقه مشهد با عملکرد قند سفید ۹/۰۲ تن در هکتار در گروه A و مناطق شیراز و خوی به‌ترتیب با ۵/۸۰ و ۵/٦۰ تن در هکتار در گروه B قرار می‌گیرند. هم‌چنین در بین هیبریدهای آزمایشی از نظر عملکرد قند سفید، ژنوتیپ F-20814 با ۹/٤۸ تن در هکتار در گروه A و ژنوتیپ F-21103 با ۵/۵۱ تن در هکتار در گروه EF قرار می‌گیرند.

تجزیه خوشه‌ای به‌منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌های چغندرقند بر اساس عملکرد شکر سفید انجام شد. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای نشان داد که ١٦ ژنوتیپ چغندرقند موردمطالعه به سه گروه مجزا از هم تفکیک شدند (شکل ۱). ژنوتیپ‌های گروه اول که دارای بالاترین عملکرد شکر سفید بودند شامل ژنوتیپ‌های F-21119، F-21109، F-20814، F-21108، F-21104، F-20747، F-21113، F-21101 و F-20701 می‌باشند به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های F-20701، F-20814 و F-20747 به‌عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم به نماتد سیستی در این گروه قرار داشتند. گروه دوم شامل ژنو تیپ‌های F-21107، F-21103، F-21112، F-21110 و F-21100 هستند که دارای مقادیر متوسطی از نظر میزان عملکرد شکر سفید می‌باشند. ژنوتیپ‌های F-21118 و F-21114 در گروه سوم قرار گرفتند و به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس به نماتد سیستی بودند. این دو ژنوتیپ دارای کم‌ترین میزان عملکرد شکر سفید بودند که نشان‌دهنده تمایز بسیار زیاد آن‌ها نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس عملکرد شکر سفید می‌باشد (جدول ۹ و شکل ۱). به‌طورکلی ژنوتیپ F-21119 که در گروه اول قرار داشته و دارای عملکرد شکر سفید بالایی در هر سه منطقه مشهد، زرقان فارس و خوی بود، سازگاری خوبی در سه منطقه نشان داد.

جدول ۷- آزمون یکنواختی واریانس خطای صفات کمی و کیفی ریشه چغندرقند در سه منطقه مورد آزمایش (آزمون بارتلت).

Table 7. Uniformity of variance test of quantitative and qualitative traits of sugar beet in three test regions (Bartlett test).

	عملکرد ریشه Root yield	عملکرد شکر سفید White sugar yield	مقدار قند Sugar content	سدیم Na	پتاسیم K	نیتروژن مضره N	ضریب استحصال شکر Extraction coefficient of sugar
(χ2)	8.28*	2.61^{ns}	4.44^{ns}	3.12^{ns}	7.35*	15.40**	15.96**

**، * به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد، ^{ns} عدم اختلاف معنی‌دار

** Significant at 1% level, * Significant at 5% level, ^{ns} not significant

جدول ۸- نتایج تجزیه واریانس مرکب سه منطقه برای درصد قند، عملکرد قند سفید و میزان سدیم.

Table 8. Results of combined variance analysis (mean squares) of sugar content, white sugar yield and Na of different sugar beet hybrids in three regions.

سدیم Na	عملکرد قند خالص White sugar yield	درصد قند Sugar content	درجه آزادی Degrees of freedom	منابع تغییرات Sources of variation
15.70**	235.99**	1197.66**	2	مکان Location
2.64**	23.30**	5.06**	9	بلوک داخل مکان Replication/Location
4.04**	23.56**	3.46**	15	ژنوتیپ Genotype
1.72**	6.44**	2.62**	30	مکان*ژنوتیپ Location×Genotype
0.67	1.40	1.35	135	خطای کل Error

** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

** Significant at 1% level

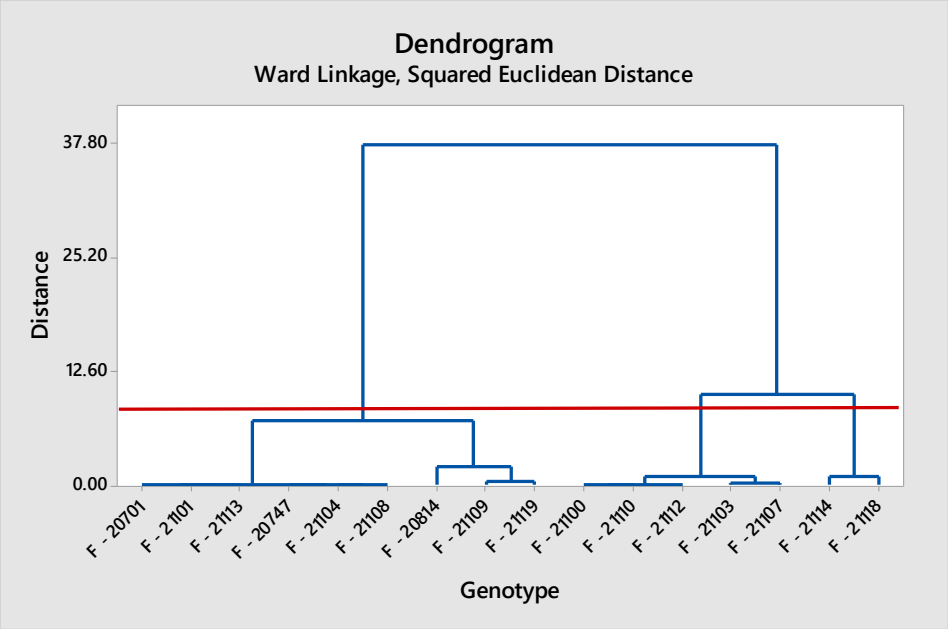
جدول ۹- مقایسه میانگین هیبریدهای مورد بررسی چغندرقند برای درصد قند، عملکرد قند خالص و سدیم در سه منطقه.

Table 9. Mean comparison of sugar content, white sugar yield and Na of sugar beet in three regions.

سدیم Na (Meq/100g)	مقدار قند Sugar content (%)	عملکرد شکر سفید White sugar yield ($t.ha^{-1}$)	ژنوتیپ Genotype	کد Rank
2.75^{B}	17.35^{A}	7.38^{AB}	F - 20747	1
3.93^{AB}	16.65^{A}	6.40^{AB}	F - 21112	2
4.20^{AB}	16.72^{A}	5.97^{AB}	F – 21107	3
3.91^{AB}	16.72^{A}	7.42^{AB}	F – 21108	4
4.70^{A}	16.71^{A}	4.76^{AB}	F - 21114	5
3.02^{AB}	18.34^{A}	7.91^{AB}	F - 21109	6
3.34^{AB}	16.00^{A}	6.36^{AB}	F - 21110	7
3.94^{AB}	16.73^{A}	9.48^{A}	F - 20814	8
4.62^{A}	16.49^{A}	5.51^{AB}	F - 21103	9
4.03^{AB}	17.25^{A}	3.77^{B}	F - 21118	10
4.22^{AB}	16.68^{A}	7.29^{AB}	F - 21101	11
3.61^{AB}	16.90^{A}	7.23^{AB}	F - 21113	12
3.78^{AB}	17.22^{A}	8.56^{AB}	F - 21119	13
3.30^{AB}	17.18^{A}	7.45^{AB}	F - 21104	14
3.50^{AB}	17.48^{A}	6.37^{AB}	F - 21100	15
2.84^{B}	17.47^{A}	7.14^{AB}	F - 20701	16

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن با هم اختلاف معنی‌دار ندارند

Means with the same letters are not significantly different based on Duncan's test



شکل ۱- تجزیه خوشه‌ای برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی چغندرقند با استفاده از روش وارد.

Fig. 1. Cluster analysis for evaluated sugar beet genotypes using Ward's method.

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از مزرعه، خصوصیات کمی و کیفی ارقام تجزیه و تحلیل آماری شده و درنهایت ارقام از نظر صفات کمی و کیفی ریشه گروه‌بندی شدند. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر متقابل ژنوتیپ در مکان برای صفات مذکور معنی‌دار شده است. بنابراین، نمی‌توان برای هر یک از اثرات اصلی مقایسه میانگین انجام داد و فقط در داخل هر منطقه می‌توان ژنوتیپ‌ها را با یکدیگر مقایسه کرد. بدین‌ترتیب مشخص شد در هر سه منطقه مشهد، زرقان فارس و خوی، هیبرید F-21119 به ترتیب با عملکرد شکر سفید ۱۰/۶۳ تن در هکتار، ٦/٥٤ تن در هکتار و ٦/۰۷ تن در هکتار برترین هیبرید آزمایشی در سه منطقه آزمایشی بوده و سازگاری خوبی در سه منطقه داشته است. البته برای تائید برتری هیبرید منتخب از این پژوهش، پیشنهاد می‌گردد در آزمایش‌های تعیین ارزش زراعی آتی کشت‌شده و پایداری عملکرد قند سفید آن نیز به اثبات برسد.

منابع

1. Draycott, A. P. (2006). *Sugar beet (World Agriculture Series)*. Wiley-Blackwell.
2. Nicol, J. M., Turner, S. J., Coyne, D. L., Nijs, L. D., Hockland, S., & Maafi, Z. T. (2011). Current nematode threats to world agriculture. In *Genomics and molecular genetics of plant-nematode interactions* (pp. 21-43).
3. CABI. (2020). *Invasive Species Compendium*. **https://www.cabi.org/isc/datasheet/27036.**
4. Müller, J. (1999). The economic importance of *Heterodera schachtii* in Europe (pp. 205-213).
5. Cooke, D. A. (1987). Beet cyst nematode (*Heterodera schachtii* Schmidt) and its control on sugar beet. *Agricultural Zoology Reviews*, 2, 135-183.
6. Whitney, E. D., & Duffus, E. (1991). *Compendium of beet diseases and insects*. APS Press.

7.Krump, D. (1991). Biological control of the beet cyst nematode. *British Sugar Beet Review,* 59(1), 54-55.
8.Scientific Board Members of the Sugar Beet Seed Institute. (2013). *Compilation of standards for determination of potential and damage assessment by separating management and coercive factors in different stages of growth in sugar beet fields.* Agricultural Education and Extension Publications. [In Persian]
9.Omidvar, M., & Shahidi, H. (1970). Sugar beet nematode in Khorasan and the work done so far on this parasite. In *Proceedings of the 3rd Iranian Plant Protection Congress* (p. 37). Shiraz University. [In Persian]
10.Parvizi, R., Ishtiaki, H., & Khairi, M. (1993). Effect of sugar beet nematode population on yield and nutrients. In *11th Iranian Plant Protection Congress* (p. 129). Rasht: Gilan University. [In Persian]
11.Mehdikhani, P. (2015). *Improvement of diploid pollinators resistant to beet cyst nematode* [Final research report, Registration No. 48440]. SBSI, AREEO. [In Persian]
12.Dony, D. L., & Whitney, E. D. (1969). Screening sugar beet for resistance to *Heterodera schachtii*. *Journal of the American Society of Sugar Beet Technologists,* 15, 546-552.
13.Heijbrock, W. (1977). Partial resistance of sugar beet to beet cyst eelworm (*Heterodera schachtii*). *Euphytica*, 26, 257-262.
14.Lang, W., & De Bock, T. M. (1994). Pre-breeding for nematode resistance in beet. *Journal of Sugar Beet Research*, 31, 13-26.
15.Panella, L., Hafez, S., & Lewellen, B. (2001). Development and testing of sugar beet cyst nematode resistant germplasm. *Annual Sugar Beet Research Report*, CIS, University of Idaho.
16.Hafez, S. L. (1998). Management of sugar beet cyst nematode. *CIS Report No. 1071*.
17.Soltani Idliki, J. (2006). *Studying tolerance of commercial cultivars against sugar beet cyst nematode* [Final research report, Reg. No. 85/938]. SBSI, AREEO. [In Persian]
18.Vahedi, S., Mahdikhani, P., Soltani, J., & Mahmoudi, S. B. (2007). *Evaluation of new sugar beet breeding populations against beet cyst nematode* [Final research report, Reg. No. 86/1403]. SBSI, AREEO. [In Persian]
19.Soltani Idliki, J. (2010). *Evaluation of resistance of sugar beet hybrids to nematode* [Final report, Reg. No. 89/1554]. SBSI, AREEO. [In Persian]
20.Soltani Idliki, J., Mehdikhani, P., & Kakuinejad, M. (2012). *Resistance of commercial and domestic hybrids to sugar beet cyst nematode* [Final report, Reg. No. 42887]. SBSI, AREEO. [In Persian]
21.Soltani Idliki, J., Mehdikhani, P., & Kakuinejad, M. (2013). *Response of varieties and hybrids to cyst nematode under greenhouse and field conditions* [Final report, Reg. No. 44856]. SBSI, AREEO. [In Persian]
22.Norouzi, P. (2014). *Resistance of monogerm sugar beet hybrids to nematode under field and greenhouse conditions* [Final report, Reg. No. 45616]. SBSI, AREEO. [In Persian]
23.Soltani Idliki, J., Mehdikhani, P., & Moaven, A. (2015). *Investigation of resistance of commercial cultivars to cyst-forming nematode* [Final report, Reg. No. 45616]. SBSI, AREEO. [In Persian]
24.Soltani Idaliki, J., Hamidi, H., Kakueinezhad, M., Ahmadi, M., & Rezai, J. (2023). Evaluation of quantitative and qualitative yield of promising sugar beet hybrids under cyst nematode infection. *Plant Productions*, 46(3), 319-334.
25.Fenwick, K. N. (1940). Method for recovery and counting of cysts of *Heterodera schachtii* from soil. *Journal of Helminthology,* 18, 155-117.

26.Darabi, S., Bazrafshan, M., Babaee, B., & Mahmoodi, S. B. (2017). Impact of rhizomania virus on sugar beet yield and quality. *Applied Research in Medicinal Plants,* 6(3), 67-82. [In Persian]

27.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]

28.Norouzi, P., Soltani, M., Mehdikhani, P., & Darabi, M. (2019). *Evaluation of new hybrids of sugar beet against cyst nematode in infested fields* [Final report, Reg. No. 55994]. SBSI, AREEO. [In Persian]