

## Compatibility and Stability of New Rhizomania Resistant Multigerm hybrids in Sugar beet (*Beta vulgaris* L.)

Mehdi Hasani<sup>1</sup>, Hamza Hamza<sup>1\*</sup>, Hamed Mansori<sup>1</sup>

Received: 08 December 2021 Accepted: 19 March 2022

1-Assist. Prof., Sugar Beet Research Dept., Agricultural and Natural Resources Research Center of Hamedan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Hamedan, Iran.

\*Corresponding Author Email: h.hamze@areeo.ac.ir

### Abstract

**Background & Objective:** This study was conducted to compare the new multigerm hybrids in different regions and to investigate the interaction of genotype in the environment and the recognition of stable genotypes in different regions of the Iran.

**Materials & Methods:** Five new and resistant rhizomania multigerm hybrids were prepared by crossbreeding of related parents and for preliminary evaluation and compatibility evaluation with two multigerm and resistant internal (Mothar) and foreign, Aras (F-20663) controls and one sensitive internal control (IC), were evaluated in five regions of Hamedan, Karaj, Mashhad, Shiraz and West Azerbaijan under Rhizomania natural infection. The design was a randomized complete block with four replications, which was conducted in the 2020 crop year. In this study, root yield, sugar content, white sugar content and white sugar yield were measured.

**Results:** In the present study, although there was no significant difference between genotypes in Karaj and Shiraz in terms of white sugar yield, but in Mashhad and Hamedan environments, hybrid No.3 (I13 \* SB36) \* 920760, with an average of 11.24 and 13.51 tons per hectare, respectively, and in Miandoab environment foreign control cultivar (Aras) with an average of 15.06 tons per hectare, showed the highest white sugar yield. The results of additive main effects (analysis of variance) and multiplicative interactions (principal component analysis) showed that the first two components explained 69.81 and 25.48% of the variance of the interaction for root yield, respectively. The biplot diagram obtained from the first and second main components of interaction for genotypes and environments showed that genotype G7 (Motahar cultivar) was stable genotype and G9 (Aras cultivar) were unstable genotype. Based on the results of two-dimensional diagrams related to the first two main components of the interaction of genotype in the environment, for Miandoab and Shiraz environments, genotype number G9 (Aras cultivar) and for Hamedan, Mashhad and Karaj environments, G3 hybrid showed a suitable private compatibility, and were identified as suitable genotypes for these environments.

**Conclusion:** According to the evaluation of cultivars in different environments in terms of white sugar yield, Polygram Hybrid No. 3 (I13 \* SB36) \* 920760, has the potential to replace the common domestic cultivar (Motahar), Also, the mentioned genotype showed high private compatibility in Hamedan, Mashhad and Karaj environments, which indicates the success of the mentioned hybrid cultivation in these areas.

**Keywords:** Ammi, Environment, Genotype, Sugar Content, White Sugar Yield

## بررسی سازگاری و پایداری هیبریدهای مولتی ژرم جدید مقاوم به ریزومانیا در چغندر قند (*Beta vulgaris* L.)

مهدی حسنی<sup>۱</sup>، حمزه حمزه<sup>۱\*</sup>، حامد منصوری<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۸

۱-استادیار بخش تحقیقات چغندر قند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران

\*مسئول مکاتبه: Email: h.hamze@areeo.ac.ir

### چکیده

**اهداف:** این تحقیق به منظور مقایسه هیبریدهای مولتی ژرم جدید در مناطق مختلف و بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار در مناطق مختلف کشور اجرا گردید.

**مواد و روش‌ها:** پنج هیبرید مولتی ژرم جدید و مقاوم به بیماری ریزومانیا با تلاقی والد‌های مربوط تهیه و برای ارزیابی مقدماتی و بررسی سازگاری همراه با دو شاهد مولتی ژرم و مقاوم داخلی (مطهر) و خارجی ارس (F-20663) و یک شاهد حساس داخلی (IC) در پنج منطقه همدان، کرج، مشهد، شیراز و آذربایجان غربی در شرایط آلودگی طبیعی به بیماری ریزومانیا مورد ارزیابی قرار گرفتند. طرح به صورت بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار بود که در سال زراعی ۱۳۹۹ اجرا شد. در این پژوهش عملکرد ریشه، عیار قند، درصد قند خالص، عملکرد قند خالص و ناخالص اندازه‌گیری شدند.

**یافته‌ها:** در مطالعه حاضر اگر چه بین ژنوتیپ‌ها در محیط کرج و شیراز از نظر عملکرد قند خالص اختلاف معنی‌دار دیده نشد اما در مکان‌های مشهد و همدان هیبرید شماره ۳ (920760 \* SB36 \* I13)، به ترتیب با متوسط ۱۱/۲۴ و ۱۳/۵۱ تن در هکتار و در مکان میاندوآب رقم شاهد خارجی ارس با متوسط ۱۵/۰۶ تن در هکتار بالاترین عملکرد قند خالص را به خود اختصاص دادند. نتایج اثرات افزایشی جمع‌پذیر (تجزیه واریانس) و اثرات متقابل ضرب‌پذیر (تجزیه به مؤلفه‌های اصلی) نشان داد دو مؤلفه اول به ۶۹/۸۱ و ۲۵/۴۸ درصد از واریانس اثر متقابل را برای عملکرد قند خالص تبیین کردند. نمودار بای‌پلات حاصل از اولین و دومین مؤلفه اصلی اثر متقابل برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها نشان داد ژنوتیپ شماره G7 (رقم مطهر) ژنوتیپ پایدار و G9 (رقم ارس) ژنوتیپ ناپایدار به‌شمار آمدند. بر اساس نتایج نمودار دو بعدی مربوط به دو مؤلفه اصلی اول اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، برای محیط‌های میاندوآب و شیراز ژنوتیپ شماره G9 (رقم ارس) و برای محیط‌های همدان، مشهد و کرج هیبرید G3 به واسطه سازگاری خصوصی بالا به‌عنوان ژنوتیپ مناسب برای این محیط‌ها تشخیص داده شدند.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به ارزیابی ارقام در محیط‌های مختلف از نظر عملکرد قند خالص هیبرید پلی ژرم شماره ۳ (I13 \* 920760 \* SB36)، پتانسیل جایگزینی با رقم مرسوم داخلی (رقم مطهر) را دارد. همچنین ژنوتیپ مذکور سازگاری خصوصی بالایی در محیط‌های همدان، مشهد و کرج نشان داد که نشان‌دهنده موفقیت آمیز بودن کشت هیبرید مذکور در این مناطق است.

**واژه‌های کلیدی:** امی، ژنوتیپ، عیار قند، عملکرد قند خالص، محیط

## مقدمه

چغندر قند (*Beta vulgaris L.*) یکی از محصولات مهم ریشه‌ای و منبع اصلی شکر در مناطقی با آب و هوای معتدل است. در سال ۲۰۱۹ سطح زیر کشت چغندر قند ۴/۶۰ میلیون هکتار و مقدار تولید ریشه این محصول ۲۷۸/۵۰ میلیون تن برآورد شد، سطح زیر کشت و مقدار تولید این محصول در ایران نیز به ترتیب برابر ۷۸/۹۹ هزار هکتار و ۵/۲۹ میلیون تن بود (فائو ۲۰۲۱). تولید و ارزش اقتصادی محصول چغندر قند تا حد زیادی به مقاومت مناسب این محصول در برابر بیماری مخرب ویروسی ریزومانیا بستگی دارد که برای دهه‌ها تأثیر قابل توجهی بر روی صنعت چغندر قند داشته است (صفرو همکاران ۲۰۲۰). ریزومانیا به صورت معنی داری عملکرد ریشه و درصد قند را کاهش می‌دهد، عامل این بیماری ویروس رگبرگ زرد نکروتیک چغندر (*Beet necrotic yellow vein virus*) می‌باشد. این ویروس در طبیعت توسط شبه قارچ *Polymyxa betae* Keskin انتقال می‌یابد (راش و همکاران ۲۰۰۶). در حال حاضر موثرترین روش کنترل این بیماری استفاده از ارقام مقاوم می‌باشد. مقاومت ترکیبی به ویروس و ناقل از طریق به نژادی کلاسیک اقتصادی‌ترین روش جهت مبارزه با این بیماری در صنعت چغندر قند معرفی شده است (مک‌گران و همکاران ۲۰۰۶). به همین دلیل تاکنون تعداد زیادی ارقام چغندر قند مقاوم یا متحمل به این بیماری توسط شرکت‌های متعدد تولید کننده بذر، تهیه و معرفی شده‌اند. ارقام متحمل یا مقاوم به ریزومانیا در بسیاری از کشورها از جمله ایران به صورت وسیعی کشت می‌شوند. از سه دهه گذشته تا کنون مقاومت به ریزومانیا در اکثر ارقام تجاری بر اساس ژن *Rz1* استوار است (استیوناتو و همکاران ۲۰۱۵). ارقام مقاوم به ریزومانیا به دلیل اینکه دارای زمینه ژنوتیپی متفاوتی هستند از نظر تأثیرپذیری از بیماری و مقدار عملکرد با یکدیگر متفاوت هستند (پاولی و همکاران ۲۰۱۳). علاوه بر آن میزان خسارت بیماری به پاتوتیپ ویروس، میزان زاد مایه بیماری، برهمکنش ویروس عامل بیماری با سایر بیمارگرها، زمان آلودگی و شریط اقلیمی بستگی دارد (مک‌گران و همکاران ۲۰۰۹). در ایران تحقیقات جامعی در

زمینه‌های مختلف بیماری از جمله تعیین پراکنش آن در کشور، شناسایی تیپ‌های ویروس عامل بیماری و تهیه ارقام متحمل به ریزومانیا انجام شده است (دارابی و همکاران ۲۰۱۷، حسنی و همکاران ۲۰۲۱). در برنامه‌های معرفی ژنوتیپ‌های اصلاح شده، استفاده از عملکرد ژنوتیپ‌ها به تنهایی معیار مطلوبی جهت گزینش نیست، بلکه میزان سازگاری و پایداری نیز نقش مهمی را ایفاء می‌کند. بدین منظور آزمایش‌های مقایسه عملکرد در مناطق و سال‌های مختلف صورت می‌پذیرد (فرشادفر و سودکا ۲۰۰۶). هر عاملی که جزئی از شرایط محیطی گیاه محسوب شود، توانایی ایجاد تغییر در عملکرد را دارد و با برهمکنش ژنوتیپ و محیط در ارتباط خواهد بود (عبدمیشانی و شاهنژاد بوشهری ۲۰۰۸). روش‌های بررسی برهمکنش ژنوتیپ و محیط به طور کلی به دو گروه اصلی شامل روش‌های تک متغیره و چند متغیره تقسیم می‌شوند. در میان روش‌های چند متغیره، مدل اثرات اصلی افزایشی و اثرات متقابل ضرب-پذیر (AMMI) روش کارآمدی برای حذف خطا (Noise) و آشکار کردن الگوی مناسب داده‌ها است (یان و هانت ۲۰۰۲). از میان روش‌های چند متغیره دیگر می‌توان به روش بای‌پلات که بر مبنای تجزیه به مولفه‌های اصلی پیشنهاد شده است اشاره کرد (یان و همکاران ۲۰۰۶). نسخه‌های متنوعی از بای‌پلات بر اساس روش‌های آماری چند متغیره معرفی و به صورت گسترده توسط به نژادگران گیاهی به منظور تجزیه گرافیکی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط استفاده شده است (گاوچ ۲۰۰۶). یک نسخه ویژه از بای‌پلات، *GGE* بای‌پلات (اثر اصلی ژنوتیپ، *G* و اثر متقابل اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، *GE*) است که به طور همزمان اثر اصلی ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را در اختیار قرار می‌دهد. روش *GGE* بای‌پلات از طریق نمایش گرافیکی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به به نژادگر کمک می‌کند تا به سادگی پایداری ژنوتیپ‌ها و ترکیب پایداری با عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف را ارزیابی کرده و همچنین استفاده از این روش امکان بررسی روابط میان محیط‌ها و شناسایی محیط‌های هدف در برنامه‌های به نژادی را به سادگی میسر می‌سازد (یان و همکاران ۲۰۰۱). در مطالعه

تجاری با کد I13\*SB36 تلاقی یافتند و تعداد پنج هیبرید تست کراس مولتی ژرم جدید حاصل شدند. تلاقی لاین-های اینبرد با پایه مادری مورد نظر در سال ۱۳۹۸ در همدان و در قطعات ایزوله صورت گرفت. در بهار سال ۱۳۹۸، ریشه‌چه‌های هر لاین اینبرد به همراه تعدادی از ریشه‌های والد مادری مذکور در یک قطعه ایزوله کشت شدند. اواسط تیرماه بذر هیبرید از روی بوته‌های والد مادری برداشت شدند. پس از بوجاری و استانداردسازی بذر تست کراس‌ها نسبت به تهیه نقشه آزمایش و آماده-سازی بذر آزمایشات سال آینده (۱۳۹۹) اقدام گردید.

### اجرای طرح و عملیات زراعی

جهت اجرای آزمون مقدماتی پنج هیبرید تولید شده و یک توده گرده افشان باز (14 - SBSI)، یک رقم مولتی-ژرم داخلی با نام مطهر به‌عنوان شاهد مقاوم داخلی و همچنین یک رقم حساس داخلی IC (13 - SBSI)، و رقم ارس (F-20663) به‌عنوان شاهد مقاوم خارجی انتخاب شدند (جدول ۱). ژنوتیپ‌ها در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در مزرعه دارای آلودگی طبیعی به بیماری ریزومانیا در پنج منطقه همدان (ایستگاه اکباتان)، فارس (ایستگاه زرقان)، خراسان رضوی (ایستگاه طرق)، آذربایجان غربی (ایستگاه میاندوآب) و البرز (ایستگاه مطهری کرج) کشت شدند. آزمایش‌ها در زمینی که در پاییز سال قبل شخم خورده، کود فسفره توصیه شده به آن داده شده و جوی و پشته آن آماده گردیده بود، در اوایل بهار ۱۳۹۹ در کرت‌هایی به طول هشت متر و عرض ۱/۵ متر در سه خط کشت (فاصله خطوط ۵۰ سانتی متر) اجرا شدند. طرفین هر تکرار نیز شش خط به‌عنوان حاشیه (سه خط رقم حساس و سه خط رقم مقاوم) کشت شد که از صحت ماده آزمایشی انتخاب شده (دارای آلودگی طبیعی به بیماری ریزومانیا) برای تأمین هدف آزمایش اطمینان حاصل شود. عملیات کوددهی، آبیاری و تنک براساس روش مرسوم در هر ایستگاه انجام شد. بعد از تنک، تعداد بوته‌های هر کرت شمارش شده و بوته‌های از دست رفته طی فصل رشد (بعد از تنک و وجین) به عنوان بوته‌های از دست رفته در اثر بیماری ریزومانیا در نظر گرفته شدند.

مصطفوی و همکاران (۲۰۱۷) بر روی ژنوتیپ‌های چغندر قند گزارش شد که اثر ژنوتیپ و اثر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط از لحاظ عملکرد ریشه معنی‌دار بود. آنها اظهار داشتند دو مؤلفه اصلی اول اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در مجموع بیش از ۷۷ درصد از واریانس اثر متقابل را تبیین نمودند، همچنان نمودار بای‌پلات حاصل از اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل و میانگین عملکرد ریشه برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها نشان داد که رقم JAAM با عملکرد بیشتر از میانگین کل و کمترین مقدار برای اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل به عنوان رقم پایدار شناخته شد. حسنی و همکاران (۲۰۱۸) در ارزیابی ژنوتیپ‌های چغندر قند به‌روش امی (AMMI) دو مؤلفه اصلی اول با اثر متقابل ژنوتیپ در محیط معنی-دار برای عملکرد ریشه و عملکرد قند خالص شناسایی کردند که بر اساس نتایج تجزیه GGE بای‌پلات دو مؤلفه اول به ترتیب ۶۰/۵۲ و ۶۲/۹ درصد از تغییرات ژنوتیپ در محیط را برای عملکرد ریشه و عملکرد قند خالص را تبیین نمودند، در مطالعه آنها ژنوتیپ‌های G28، G21 و G29 به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار نسبت به شرایط محیطی شناسایی شدند. بر اساس نتایج نمودار دو بعدی مربوط به دو مؤلفه اصلی اول اثر متقابل ژنوتیپ در محیط حسنی و همکاران نشان (۲۰۲۱) دادند، ژنوتیپ شماره ۲۴ از لحاظ عملکرد ریشه و عملکرد قند خالص برای محیط‌های همدان، شیراز و مشهد دارای سازگاری خصوصی بالایی بود، در حالی که ژنوتیپ ۴۶ از لحاظ عملکرد ریشه و ژنوتیپ ۳۶ از لحاظ عملکرد قند خالص برای محیط کرمانشاه سازگاری خصوصی مناسبی نشان دادند. با توجه به موارد ذکر شده مطالعه حاضر با هدف تهیه، ارزیابی مقدماتی و بررسی سازگاری و پایداری هیبریدهای مولتی ژرم مقاوم به ریزومانیا صورت گرفت.

### مواد و روش‌ها

#### تهیه هیبریدها:

در این مطالعه تعداد پنج لاین اینبرد که براساس نتایج پژوهش‌های قبلی دارای مقاومت به بیماری ریزومانیا می‌باشند به‌عنوان گرده افشان با سینگل کراس نرعیتم

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ های چغندر قند مورد آزمایش

ژنوتیپ	شناسه ژنوتیپ	ردیف
(I13 * SB36) * 33835 - 94	G1	۱
(I13 * SB36) * 33836 - 94	G2	۲
(I13 * SB36) * 920760	G3	۳
(I13 * SB36) * 920128	G4	۴
(I13 * SB36) * SB 33	G5	۵
SBSI - 14	G6	۶
(مطهررقم مقاوم داخلی) SBSI - 12	G7	۷
(ICرقم حساس) SBSI - 13	G8	۸
(ارس رقم مقاوم خارجی) F-20663	G9	۹

اندازه گیری صفات:

در هنگام برداشت پس از حذف حاشیه‌ها تعداد ریشه‌های هر کرت برداشت، شمارش و توزین گردید و پس از شستشو، توسط دستگاه اتوماتیک خمیر ریشه (پالپ) تهیه و پس از انجام، در آزمایشگاه تکنولوژی قند موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند کرج تجزیه کیفی نمونه‌ها انجام شد. در این بررسی صفات عملکرد ریشه (RY)، عیار قند (SC)، درصد قند خالص (WSC) و عملکرد قند خالص (WSY) اندازه گیری شدند،

جهت اندازه‌گیری درصد قند برای هر نمونه مقدار ۲۰ گرم خمیر ریشه‌های برداشت شده با ۱۷۷ میلی‌لیتر سواستات سرب (مخلوطی از سه قسمت استات سرب و یک قسمت اکسید سرب) در هم‌زن ریخته و به مدت سه دقیقه مخلوط شدند که پس از منتقل نمودن مخلوط حاصله به قیف صافی، شربت زلالی حاصل گردید. شربت به دست آمده جهت تجزیه در دستگاه بتالیزر مورد استفاده قرار گرفت. پلاریمتر برمبنای میزان انحراف نور پلاریزه، میزان قند موجود در هر نمونه را نشان داد که به عنوان درصد قند کل یا ناخالص برای هر کرت ثبت شد و با کسر میزان قند ملاس از قند کل، میزان قند خالص یا قند قابل استحصال برای هر نمونه به دست آمد (ایسیومسا ۲۰۰۹)

عملکرد قند ناخالص و خالص از طریق روابط [۱] و [۲] بدست آمد:

$$SY=RY \times SC \quad [1]$$

$$WSY=RY \times WSC \quad [2]$$

تجزیه و تحلیل آماری

پس از برقراری مفروضات تجزیه واریانس، داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS. 9.2 تجزیه و تحلیل شدند، جهت مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. برای تجزیه آمی بر اساس عملکرد ریشه و عملکرد قند خالص در محیط‌های مختلف از نرم افزار Genstat استفاده شد. جهت تجزیه پایداری عملکرد هیبریدهای مورد بررسی از مدل آمی و از مولفه‌های اثر متقابل اول و دوم آمی (IPCA1, IPCA2) به عنوان پارامترهای پایداری برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها استفاده گردید (آنسیچاریکو ۱۹۹۷). جهت انجام آنالیز داده‌های به دست آمده و تفسیر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و تعیین ابر محیط‌ها (Mega-environment) از روش GGE بای پلات استفاده شد. مدل GGE بای پلات بر پایه مقادیر ویژه تفکیک‌پذیر برای دو مولفه اول به صورت رابطه [۳] است:

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{j1} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{j2} + \epsilon_{ij} \quad [3]$$

که در این مدل میانگین  $Y_{ij}$  میانگین  $i$  امین محیط،  $\mu$  میانگین کل  $\beta_j$  میانگین اثر محیط  $\lambda_1$  و  $\lambda_2$  مقادیر ویژه برای اولین و دومین مولفه،  $\xi_{i1}$  و  $\xi_{i2}$  بردارهای ویژه ژنوتیپی،  $\eta_{j1}$  و  $\eta_{j2}$  بردارهای محیطی مولفه اول و دوم و  $\epsilon_{ij}$

مقدار باقیمانده برای ژنوتیپ آم هستند (ریگر و پرابهکرام ۲۰۰۱).

### نتایج و بحث

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس مرکب داده‌ها (جدول ۲)، بین پنج مکان آزمایشی و نه ژنوتیپ مورد بررسی از نظر کلیه صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد دیده شد، اثر متقابل

ژنوتیپ در مکان نیز برای عملکرد ریشه، عملکرد قند خالص و عملکرد قند ناخالص در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ در مکان برای صفات مهم و اقتصادی که بیانگر واکنش متفاوت ژنوتیپ‌های مختلف در محیط‌های مختلف است، ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورد بررسی به صورت جداگانه در هر مکان مورد ارزیابی قرار گرفتند.

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب خصوصیات کمی و کیفی چغندر قند در پنج مکان مورد آزمایش

میانگین مربعات						
درجه آزادی	عملکرد ریشه	عیار قند	عملکرد قند خالص	عملکرد قند ناخالص	درصد قند خالص	
۴	۵۳۲۸/۴۹**	۱۰۷/۲۴**	۲۴/۰۶**	۴۲/۰۰**	۸۴/۸۹**	مکان
۱۲	۱۵۵/۴۶	۲/۰۵	۱/۸۰	۲/۲۰	۳/۵۹	خطای یک
۸	۱۹۵۱/۳۱**	۱۲/۲۴**	۴۳/۱۱**	۶۱/۱۸**	۲۰/۵۲**	ژنوتیپ
۳۲	۳۸۸/۱۱**	۱/۰۱ns	۹/۶۹**	۱۳/۷۳**	۲/۱۰ns	ژنوتیپ در مکان
۱۲۰	۶۲/۴۵	۱/۳۴	۱/۹۱	۲/۲۶	۲/۱۴	خطای ۲
-	۱۱/۲۱	۶/۵۱	۱۵/۰۲	۱۲/۲۰	۱۱/۰۳	ضریب تغییرات (%)

ns، \* و \*\* به ترتیب عدم معنی داری و معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد آماری می باشد.

ژنوتیپ 14 - SBSI و رقم خارجی ارس به صورت معنی‌داری از درصد قند خالص کمتری برخوردار بود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین، هیبریدهای شماره ۱، ۲، ۳ و رقم مطهر به ترتیب با متوسط ۱۴/۵۵، ۱۴/۳۴، ۱۳/۷۳، ۱۳/۹۹ تن در هکتار بالاترین عملکرد قند ناخالص را به خود اختصاص دادند، کمترین عملکرد قند ناخالص نیز با متوسط ۱۰/۹۲ به ژنوتیپ شماره ۶ (14 - SBSI) اختصاص یافت (جدول ۳).

مکان خراسان رضوی: در مکان خراسان رضوی (ایستگاه طرق) بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد ریشه و عملکرد قند ناخالص، درصد قند خالص و عملکرد قند خالص اختلاف معنی‌دار شد. در مکان خراسان رضوی ژنوتیپ شماره ۲، ۳، ۴ و ۵ به ترتیب با متوسط عملکرد ریشه ۷۶/۷۰، ۷۵/۹۸، ۸۱/۱۵ و ۷۵/۷۶ تن در هکتار، درصد قند خالص ۱۲/۶۲، ۱۴/۸۵، ۱۳/۲۹ و ۱۱/۹۷، عملکرد قند ناخالص ۱۴/۰۷، ۱۵/۰۶، ۱۵/۳۲، ۱۳/۴۳ تن در هکتار و عملکرد قند خالص ۹/۷۵، ۱۱/۲۴، ۱۰/۸۰ و ۹/۱۰ تن در هکتار بالاترین مقادیر صفات مذکور را به خود

مکان کرج: در مکان کرج اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد ریشه، عیار قند، درصد قند خالص و عملکرد قند ناخالص معنی‌دار بود (جدول تجزیه واریانس درج نگردیده است). نتایج مقایسات میانگین ژنوتیپ‌ها نشان داد ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۲، ۳ و ۷ (رقم مطهر) به ترتیب با متوسط ۹۸/۵۰، ۹۹/۶۵، ۹۷/۶۰ و ۹۴/۶۵ بالاترین عملکرد ریشه را به خود اختصاص دادند، کمترین عملکرد ریشه نیز با متوسط ۶۹/۴۲ تن در هکتار به ژنوتیپ شماره ۶ (14 - SBSI) اختصاص داشت. ژنوتیپ شماره ۹ (شاهد خارجی F-20663) به ترتیب با متوسط ۱۶/۶۱ و ۱۲/۴۶ درصد بالاترین عیار قند و درصد قند خالص را به خود اختصاص داد، کمترین مقدار صفات مذکور نیز به ترتیب با متوسط ۱۴/۴۳ و ۹/۶۴ درصد به ژنوتیپ شماره ۴ اختصاص یافت. در این بررسی اختلاف بین رقم مطهر و هیبریدهای جدید و همچنین رقم شاهد حساس (IC) و ژنوتیپ 14 - SBSI از نظر عیار قند اختلاف معنی‌دار نبود، درحالی‌که رقم مذکور در مقایسه با

۴). چنانچه ملاک مقایسه ژنوتیپها در مکان خراسان رضوی عملکرد قند خالص باشد هیبریدهای شماره ۳ 920760 \* (I13 \* SB36) و ۴ \* (I13 \* SB36) (I13 \* SB36) 920128 برتری معنی داری نسبت به رقم شاهد مطهر نشان دادند.

اختصاص دادند. کمترین عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و خالص به ترتیب با متوسط ۵۰/۸۷، ۹/۰۴ و ۶/۱۲ تن در هکتار به ژنوتیپ شماره ۸ (IC رقم حساس) و کمترین درصد قند خالص با متوسط ۹/۹۷ درصد به ژنوتیپ شماره ۷ (رقم مطهر) اختصاص داشت (جدول

جدول ۳- مقایسه میانگین ژنوتیپها از لحاظ صفات مورد بررسی در مکان کرچ

ردیف	ژنوتیپ	عملکرد ریشه (t.ha <sup>-1</sup> )	عیار قند (%)	درصد قند خالص (%)	عملکرد قند ناخالص (t.ha <sup>-1</sup> ) <sup>۱</sup>	عملکرد قند خالص (t.ha <sup>-1</sup> )
۱	(I13 * SB36) * 33835 - 94	۹۸/۵۰ a	۱۴/۷۷bcd	۱۰/۰۹cd	۱۴/۵۵a	۹/۹۴
۲	(I13 * SB36) * 33836 - 94	۹۹/۶۵a	۱۴/۴۲d	۹/۶۴d	۱۴/۳۴a	۹/۵۶
۳	(I13 * SB36) * 920760	۹۷/۶۰ a	۱۴/۶۳cd	۱۰/۲۳bcd	۱۳/۷۳a	۹/۸۴
۴	(I13 * SB36) * 920128	۸۹/۰۷abc	۱۵/۵۰ bc	۱۱/۰۹abc	۱۳/۷۵ab	۹/۷۹
۵	(I13 * SB36) * SB 33	۹۲/۴۰ ab	۱۵/۰۷bcd	۱۰/۵۱bcd	۱۳/۸۴ab	۹/۶۲
۶	SBSI - 14	۶۹/۴۲d	۱۵/۷۵ab	۱۱/۵۶ab	۱۰/۹۲c	۸/۰۲
۷	SBSI - 12 (مطهر)	۹۴/۶۵a	۱۴/۸۰ bcd	۱۰/۰۸cd	۱۳/۹۹a	۹/۵۲
۸	SBSI - 13 (IC رقم حساس)	۸۱/۴۰ bc	۱۵/۱۸bcd	۱۰/۶۰bcd	۱۲/۲۵bc	۸/۵۰
۹	F-20663 (ارس رقم مقاوم)	۷۹/۰۲cd	۱۶/۶۱a	۱۲/۴۶a	۱۳/۱۲ab	۹/۸۴

میانگین دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد هستند.

جدول ۴: مقایسه میانگین ژنوتیپها از لحاظ صفات مورد بررسی در محیط خراسان رضوی

ردیف	ژنوتیپ	عملکرد ریشه (t.ha <sup>-1</sup> )	عیار قند (%)	درصد قند خالص (%)	عملکرد قند ناخالص (t.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد قند خالص (t.ha <sup>-1</sup> )
۱	(I13 * SB36) * 33835 - 94	۵۹/۴۷de	۱۹/۶۳	۱۴/۰۴a	۱۱/۶۵bc	۸/۳۲bcd
۲	(I13 * SB36) * 33836 - 94	۷۶/۷۰ abc	۱۸/۲۸	۱۲/۶۲ab	۱۴/۰۷ab	۹/۷۵abc
۳	(I13 * SB36) * 920760	۷۵/۹۸abc	۱۹/۸۷	۱۴/۸۵a	۱۵/۰۶a	۱۱/۲۴a
۴	(I13 * SB36) * 920128	۸۱/۱۵a	۱۸/۸۶	۱۳/۲۹a	۱۵/۳۲a	۱۰/۸۰ ab
۵	(I13 * SB36) * SB 33	۷۵/۷۶abc	۱۷/۷۰	۱۱/۹۷ab	۱۳/۴۳ab	۹/۱۰ abc
۶	SBSI - 14	۶۷/۵۹cd	۱۹/۱۲	۱۳/۸۳a	۱۲/۹۵ab	۹/۳۹abc
۷	SBSI - 12 (مطهر)	۷۸/۰۵ab	۱۶/۴۸	۹/۹۷b	۱۲/۸۶ab	۷/۷۷cd
۸	SBSI - 13 (IC رقم حساس)	۵۰/۸۷e	۱۷/۶۶	۱۱/۹۵ab	۹/۰۴c	۶/۱۲d
۹	F-20663 (ارس رقم مقاوم)	۶۹/۱۹bcd	۱۹/۸۶	۱۵/۰۳a	۱۳/۸۱ab	۱۰/۵۱abc

میانگین دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد هستند.

اختصاص دادند لازم به ذکر است که اختلاف بین دو ژنوتیپ مذکور و ژنوتیپهای ۳، ۴ و ۷ (رقم مطهر) معنی دار نبود. نتایج نشان داد ژنوتیپ شماره ۹ رقم شاهد مقاوم ارس (F-20663) با متوسط ۴۹/۰۷ تن در هکتار

مکان فارس: در مکان فارس (ایستگاه زرقان) اختلاف بین ژنوتیپها تنها از نظر عملکرد ریشه معنی دار بود. در این مکان هیبریدهای شماره ۱ و ۲ به ترتیب با متوسط ۶۰/۰۰ و ۶۰/۶۰ تن در هکتار بالاترین عملکرد ریشه را به خود

داشت. در این بررسی کمترین عملکرد ریشه، عملکرد قند خالص و ناخالص به ترتیب با متوسط ۲۰/۷۰، ۳/۸۴ و ۲/۸۹ تن در هکتار به ژنوتیپ شماره ۸ (رقم حساس IC) اختصاص یافت. کمترین عیار قند و درصد قند خالص نیز به ترتیب با متوسط ۱۷/۶۲ و ۱۳/۴۳ به ژنوتیپ شماره ۱ اختصاص داشت. همانند دیگر مکان‌ها اگر ملاک مقایسه ژنوتیپ‌ها عملکرد قند خالص باشد بین رقم مطهر و هیبریدهای جدید پلی ژرم در مکان میاندوآب اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد قند خالص دیده نشد (جدول ۶).

کمترین عملکرد ریشه را به خود اختصاص دادند، اختلاف بین رقم مذکور و رقم شاهد حساس (IC) معنی‌دار نبود (جدول ۵).

مکان آذربایجان غربی: در مکان آذربایجان غربی (ایستگاه میاندوآب) اختلاف بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر هر پنج صفت معنی‌دار بود. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بالاترین عملکرد ریشه، عیار قند، درصد قند خالص، عملکرد قند ناخالص و عملکرد قند خالص به ترتیب با متوسط ۸۴/۷۷ تن در هکتار، ۲۱/۱۵ درصد، ۱۷/۸۳ درصد، ۱۷/۸۷ درصد و ۱۵/۰۶ تن در هکتار به رقم شاهد خارجی ۹ (F-20663) اختصاص

جدول ۵- مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفات مورد بررسی در مکان فارس

ردیف	ژنوتیپ	عملکرد ریشه (t.ha <sup>-1</sup> )	عیار قند (%)	درصد قند خالص (%)	عملکرد قند ناخالص (t.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد قند خالص (t.ha <sup>-1</sup> )
۱	(I13 * SB36) * 33835 - 94	۶۰/۰۰a	۱۸/۸۷	۱۳/۴۶	۱۱/۳۱	۸/۰۷
۲	(I13 * SB36) * 33836 - 94	۶۰/۶۰a	۱۸/۵۳	۱۲/۸۶	۱۱/۲۳	۷/۸۱
۳	(I13 * SB36) * 920760	۵۸/۳۲ab	۱۸/۶۳	۱۳/۴۱	۱۰/۸۸	۷/۸۲
۴	(I13 * SB36) * 920128	۵۵/۲۲abc	۱۹/۰۰	۱۳/۵۴	۱۰/۴۸	۷/۴۶
۵	(I13 * SB36) * SB 33	۵۳/۷۰bcd	۱۹/۰۸	۱۳/۸۵	۱۰/۲۶	۷/۴۵
۶	SBSI - 14	۵۱/۷۷cd	۲۰/۲۸	۱۵/۲۱	۱۰/۴۹	۷/۸۶
۷	SBSI - 12 (مطهر)	۵۹/۱۵ab	۱۸/۸۵	۱۳/۲۷	۱۱/۱۵	۷/۸۵
۸	(I13 * SB36) * 920128 (رقم حساس)	۵۰/۹۲cd	۱۹/۸۳	۱۴/۳۸	۱۰/۱۵	۷/۴۰
۹	F-20663 (ارس رقم مقاوم)	۴۹/۰۷d	۲۱/۳۳	۱۶/۶۳	۱۰/۴۸	۸/۱۶

میانگین دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد هستند

جدول ۶- مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفات مورد بررسی در مکان آذربایجان غربی

ردیف	ژنوتیپ	عملکرد ریشه (t.ha <sup>-1</sup> )	عیار قند (%)	درصد قند خالص (%)	عملکرد قند ناخالص (t.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد قند خالص (t.ha <sup>-1</sup> )
۱	(I13 * SB36) * 33835 - 94	۵۵/۱۲d	۱۷/۶۲c	۱۳/۴۳c	۹/۶۶d	۷/۳۳d
۲	(I13 * SB36) * 33836 - 94	۷۸/۵۷ab	bc۱۸/۲۶	۱۴/۲۸bc	۱۴/۲۷b	۱۱/۱۳b
۳	(I13 * SB36) * 920760	۷۹/۶۲ab	۱۷/۵۸c	۱۳/۵۴c	۱۳/۹۷b	۱۰/۶۹bc
۴	(I13 * SB36) * 920128	۶۶/۱۹bcd	۱۹/۷۳ab	۱۶/۱۳ab	۱۳/۰۵bc	۱۰/۶۶bc
۵	(I13 * SB36) * SB 33	۶۴/۰۵cd	۱۸/۷۰bc	۱۴/۴۳bc	۱۱/۸۸c	۹/۱۴c



۱۰/۹۴b	۱۳/۶۴bc	۱۵/۰۵bc	۱۸/۷۵bc	۷۲/۷۷abc	SBSI - 14	۶
۱۰/۰۲bc	۱۳/۲۰bc	۱۳/۹۰bc	۱۸/۲۸bc	۷۲/۳۷abc	SBSI - 12 (مطهر)	۷
۲/۸۹e	۲/۸۴e	۱۳/۹۱bc	۱۸/۴۸bc	۲۰/۷۰e	SBSI - 13 (Cرقم حساس)	۸
۱۵/۰۶a	۱۷/۸۷a	۱۷/۸۳a	۲۱/۱۵a	۸۴/۷۷a	F-20663 (ارس رقم مقاوم)	۹

میانگین دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد هستند

مقاوم به ریزومانیا-نماتد سیستی) و ۱۶ رقمی (هیبریدهای مقاوم به ریزومانیا-پوسیدگی ریشه) در پنج منطقه شیراز، مشهد، تربت جام، قزوین و همدان مورد مقایسه محصولی قرار گرفتند. در آزمایش ۲۰ رقمی، هیبرید SB26-S1-3\*(28-301\*25-201) با ۳۵ درصد حضور ژن مقاومت به نماتد سیستی و ۱۰۰ درصد حضور ژن مقاومت به ریزومانیا و تولید ۶/۵۳ تن شکر سفید در هکتار به عنوان هیبرید برتر این آزمایش شناخته شد همچنین در این آزمایش ارقام شاهد خارجی توکان و ساکارا به ترتیب ۵/۸۸ و ۸/۰۸ تن شکر سفید در هکتار تولید کردند. در آزمایش ۱۶ رقمی نیز هیبرید (۲۰۱-۲۵\*۳۰۱-۲۸)\*(۳۳۳۴۵-۹۳ با ۱۳۲ درصد رقم شاهد اکباتان (۴/۷۲) تن شکر سفید در هکتار) به عنوان بهترین هیبرید این آزمایش شناسایی شدند. (موشاری و همکاران ۲۰۱۹) نیز نشان دادند ارقام بی‌تی‌اس ۲۳۳، فلورس، دلتا و موریل دارای مقاومت نسبی در برابر دو بیماریگر پوسیدگی‌های ریشه ناشی از *R. solani* و *F. oxysporum* بودند و عملکرد قابل ملاحظه‌ای در هکتار نشان داده و در مزارعی با آلودگی توام قابل توصیه بودند.

مکان همدان: در مکان همدان بالاترین عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و خالص به ترتیب با متوسط ۹۵/۹۷ و ۱۶/۳۹ و ۱۳/۵۱ تن در هکتار به ژنوتیپ شماره ۳ اختصاص داشت، این درحالی بود که بالاترین عیار قند و درصد قند خالص به ترتیب با متوسط ۱۸/۶۸ و ۱۶/۰۳ درصد رقم شاهد خارجی ۹ (F-20663) اختصاص یافت. در این مکان ژنوتیپ شماره ۸ (رقم حساس IC) به ترتیب با متوسط ۳۶/۱۹ تن در هکتار، ۱۵/۳۰ درصد، ۱۱/۷۹ درصد، ۵/۴۶ تن در هکتار و ۴/۱۶ تن در هکتار کمترین عملکرد ریشه، عیار قند، درصد قند خالص و عملکرد قند خالص و ناخالص را به خود اختصاص داد. در مکان همدان دو هیبرید پلی ژرم شماره ۳ (I13 \* 920760 \* SB36) و ۴ (I13 \* SB36 \* 920128) به صورت معنی‌داری از عملکرد قند خالص بالاتری نسبت به رقم مطهر برخوردار بودند و هیبرید شماره ۳ (I13 \* 920760 \* SB36) حتی از عملکرد قند خالص بالاتری نسبت به رقم شاهد خارجی برخوردار بود (جدول ۷).

ارقام مختلف چغندر قند تحت شرایط حضور بیماری‌های مختلف در محیط ارزیابی شده‌اند از جمله محمودی و همکاران (۲۰۲۱) در دو آزمایش ۲۰ رقمی (هیبریدهای

جدول ۷- مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفات مورد بررسی در مکان همدان

ردیف	ژنوتیپ	عملکرد ریشه (t.ha <sup>-1</sup> )	عیار قند (%)	درصد قند خالص (%)	عملکرد قند ناخالص (t.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد قند خالص (t.ha <sup>-1</sup> )
۱	(I13 * SB36) * 33835 - 94	۶۵/۴۸cd	۱۶/۶۰bc	۱۳/۶۰bc	۱۰/۸۶c	۸/۹۱c
۲	(I13 * SB36) * 33836 - 94	۷۷/۳۲bv	۱۵/۹۶cd	۱۲/۶۶cd	۱۲/۳۹bc	۹/۸۴bc
۳	(I13 * SB36) * 920760	۹۵/۹۷a	۱۷/۰۷b	۱۴/۰۶b	۱۶/۳۹a	۱۳/۵۱a
۴	(I13 * SB36) * 920128	۸۵/۸۳ab	۱۶/۹۱bc	۱۳/۹۲bc	۱۴/۵۳ab	۱۱/۹۶ab
۵	(I13 * SB36) * SB 33	۷۵/۹۱bcd	۱۶/۹۱bc	۱۳/۹۹b	۱۲/۸۸bc	۱۰/۶۲bc
۶	SBSI - 14	۶۵/۹۰cd	۱۶/۸۶bc	۱۳/۹۲bc	۱۱/۱۰c	۹/۱۶c
۷	SBSI - 12 (مطهر)	۷۳/۹۸bcd	۱۶/۰۷bcd	۱۲/۸۰bcd	۱۱/۸۸c	۹/۴۶c
۸	SBSI - 13 (Cرقم حساس)	۳۶/۱۹e	۱۵/۳۰d	۱۱/۷۹d	۵/۴۶d	۴/۱۶d

۹/۸۸bc	۱۱/۵۰c	۱۶/۰۲a	۱۸/۶۸a	۶۱/۵۱d	F-20663 (ارس رقم مقاوم)	۹
--------	--------	--------	--------	--------	-------------------------	---

میانگین دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد هستند.

کمترین عملکرد ریشه نیز با متوسط ۵/۸۱ تن در هکتار برای ژنوتیپ شماره ۸ ثبت شد. حسنی و همکاران (۱۴۰۰) در بررسی سازگاری و پایداری عملکرد ریشه و عملکرد قندخالص در ژنوتیپ‌های چغندر قند نشان دادند محیط به‌تنهایی ۷۵/۸۲ درصد از مجموع مربعات کل را تبیین کرد و به‌دنبال آن سهم اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به‌ترتیب برابر ۴/۳۴ و ۳/۸۸ درصد بود. همچنین آنها نشان دادند دو مولفه اصلی اول (IPCA1 و IPCA2) به‌ترتیب ۶۲/۳۹ و ۲۶/۰۸ درصد و در مجموع ۹۵/۴۸ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل GE را توجیه کردند.

در این مطالعه ژنوتیپ‌های ۷، ۲ و ۵ به‌ترتیب با ۰/۴۴، ۰/۶۸ و ۰/۸۷ کمترین مقادیر ASV را نشان داده و ژنوتیپ‌های پایدار از نظر عملکرد قند خالص محسوب شدند. در حالی‌که ژنوتیپ‌های ۸، ۹ و ۳ به‌ترتیب با مقادیر ۳/۵۰، ۲/۸۸ و ۲/۲۶ از بالاترین مقادیر ASV برخوردار بوده و به‌عنوان ژنوتیپ‌های ناپایدار شناخته شدند.

مقادیر متوسط عملکرد قند و چهار ژنوتیپ برتر در هر محیط در جدول ۴ قید شده است. در این بررسی محیط‌های آزمایشی همدان و میاندوآب به‌ترتیب با متوسط ۹/۸۰ و ۹/۷۲ تن در هکتار بالاترین عملکرد قندخالص و محیط‌های آزمایشی شیراز با متوسط ۷/۷۶ تن در هکتار کمترین عملکرد قند خالص را به‌خود اختصاص دادند.

در این مطالعه تفاوت بین محیط‌های آزمایشی از نظر شایستگی و توان تولیدی به‌مراتب کمتر از تفاوت بین ژنوتیپ‌ها است تجزیه واریانس نیز بیانگر سهم ۳۴/۴۲ درصدی عامل ژنوتیپ از واریانس کل بود. نتایج مربوط به ژنوتیپ‌های برتر در هر محیط نشان داد ژنوتیپ شماره ۹ شماره G9 در دو محیط همدان و شیراز و ژنوتیپ شماره G3 در سه محیط میاندوآب، مشهد و کرج به‌عنوان مناسب‌ترین ژنوتیپ شناسایی شد. (جدول ۱۰).

**تجزیه پایداری:** نتایج جدول تجزیه واریانس بر اساس عملکرد ریشه نشان داد اختلاف بین ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها (اثرهای جمع‌پذیر) و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط از لحاظ عملکرد ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، ژنوتیپ و محیط به‌ترتیب ۳۴/۴۲ و ۹/۷۰ درصد از کل تغییرات واریانس داده‌ها را تبیین کردند (جدول ۸). در این بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به دو عامل یا مولفه IPCA1 (AMMI 1) و IPCA2 (AMMI 2) تجزیه شدند که هر دو مولفه اول سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. سهم مولفه اول (IPCA1) و دوم (IPCA2) به‌ترتیب ۲۱/۳۷ و ۷/۸۰ درصد از مجموع مربعات کل و ۶۹/۸۱ و ۲۵/۴۸ درصد از مجموع مربعات اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط را توجیه نمود. همچنین دو عامل یا مولفه IPCA1 (AMMI 1) و IPCA2 (AMMI 2) در مجموع ۹۵/۲۹ درصد از کل تغییرات واریانس اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را توجیه نمودند (جدول ۸).

معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بیانگر واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌باشد، وجود اثر متقابل نشان‌دهنده مشکلات پیش روی به نژادگران در گزینش ژنوتیپ‌های جدید جهت آزاد سازی می‌باشد. در مطالعه هافمن و همکاران (۲۰۰۹) محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به‌ترتیب ۸۰، ۵ و ۳ درصد از واریانس کل را به‌خود اختصاص دادند، همچنین در مطالعه مصطفوی و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به‌ترتیب ۸۰، ۱/۳ و ۵/۵ درصد از واریانس کل را توجیه نمودند.

در این مطالعه متوسط عملکرد قند خالص ژنوتیپ‌ها در چهار محیط آزمایشی، مقادیر مؤلفه‌های IPCA1، IPCA2 و آماره ASV در جدول ۳ ذکر شده است. بر اساس نتایج جدول مذکور بالاترین عملکرد قند خالص به‌ترتیب با متوسط ۱۰/۶۹، ۱۰/۶۲ و ۱۰/۲۱ تن در هکتار به‌ترتیب به ژنوتیپ‌های شماره ۹، ۳ و ۴ اختصاص داشت،

جدول ۸- تجزیه واریانس اثرات اصلی و ضرب پذیر برای عملکرد ریشه ژنوتیپ‌های چغندر قند در پنج مکان

SOV	درجه آزادی	میانگین مربعات	درصد واریانس
کل	۴۴	۱۷/۲۲	-
ژنوتیپ	۸	۴۳/۶۳**	۳۴/۴۲
محیط	۴	۲۴/۶۱**	۹/۷۰
تکرار (داخل محیط)	۱۵	۱/۸۲ <sup>NS</sup>	۲۰/۷۰
ژنوتیپ در محیط	۳۲	۹/۷۰**	۳۰/۶۱
IPCA 1	۱۱	۱۹/۶۸**	۲۱/۳۷
IPCA 2	۹	۸/۷۹**	۷/۸۰
باقی مانده (Noise)	۱۲	۱/۲۳ <sup>NS</sup>	۱/۴۶
خطای مرکب	۱۲۰	۱/۹۱	۲۲/۵۴

NS، \* و \*\* به ترتیب عدم معنی دار، معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشد.

جدول ۹- میانگین عملکرد ریشه ژنوتیپ‌ها، ضرایب مولفه های اثر متقابل، آماره امی و آماره ه -

ASV برای ژنوتیپ‌های چغندر قند

ژنوتیپ	میانگین عملکرد قند خالص (t.ha <sup>-1</sup> )	مولفه اول	مولفه دوم	آماره ASV
G1	۸/۵۱d	۰/۸۶	-۰/۱۵	۱/۴۴
G2	۹/۶۲bc	۰/۳۲	۰/۲۵	۰/۶۸
G3	۱۰/۶۲a	۰/۴۴	-۱/۲۹	۲/۲۶
G4	۱۰/۲۱ab	۰/۴۸	-۰/۶۷	۱/۳۷
G5	۹/۱۹cd	-۰/۰۸	-۰/۵۲	۰/۸۷
G6	۹/۰۷cd	۰/۴۷	۰/۴۱	۱/۰۴
G7	۸/۹۲cd	۰/۰۰	۰/۲۶	۰/۴۴
G8	۵/۸۱e	۲/۰۵	۰/۵۱	۳/۵۰
G9	۱۰/۶۹a	۱/۲۶	۱/۱۹	۲/۸۸

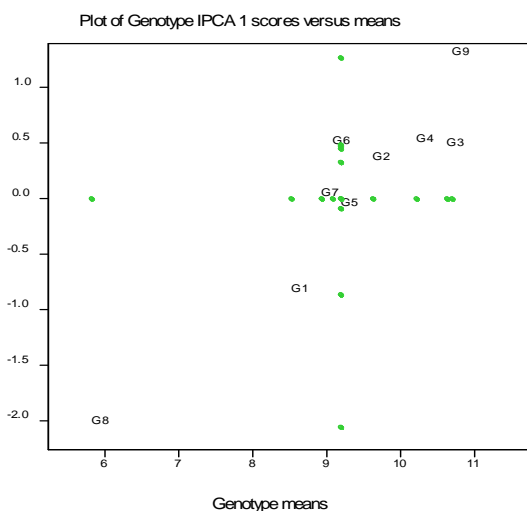
جدول ۱۰، متوسط عملکرد ریشه، مقادیر مولفه‌های اصلی امی و مناسب‌ترین ژنوتیپ برای محیط‌های مورد بررسی

محیط	میانگین	امتیاز	ژنوتیپ اول	ژنوتیپ دوم	ژنوتیپ سوم	ژنوتیپ چهارم
E4 (میان‌دوآب)	۹/۸۰	۱/۹۵	G9	G2	G6	G4
E5 (همدان)	۹/۷۲	۰/۵۶	G3	G4	G5	G9
E2 (مشهد)	۹/۲۲	۰/۰۱	G3	G4	G9	G2
E1 (کرج)	۹/۴۰	-۱/۲۱	G3	G1	G4	G9
E3 (شیراز)	۷/۷۶	-۱/۳۱	G9	G1	G2	G3

بر اساس شکل ۱ بای‌پلات متوسط عملکرد ژنوتیپ‌ها در مقابل مقادیر IPCA1، ژنوتیپ‌های G7 و G5 دارای

بای‌پلات

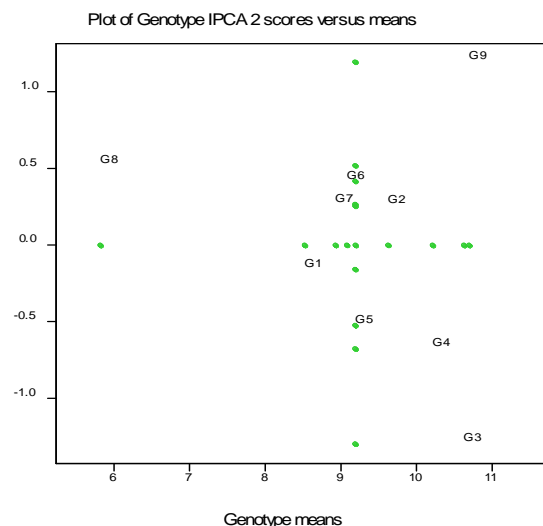
اساس نتایج شکل بای پلات ژنوتیپ‌های شماره ۷ (رقم مطهر) جزء ژنوتیپ‌های پایدار و رقم شاهد خارجی (ارس) جزء ژنوتیپ‌های ناپایدار به‌شمار می‌روند. گزارش شده است که ژنوتیپ‌هایی که عملکرد کمتری دارند اما دارای مقادیر مثبت برای مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل باشند در مناطقی و محیط‌های ضعیف و فقیر مناسب می‌باشد، به عبارتی با مناطق فقیر اثر متقابل مثبت دارند (هاناماراتی و همکاران ۲۰۰۹) در بررسی حاضر ژنوتیپ شماره ۷ (رقم مطهر) چنین وضعیتی داشت.



شکل ۱، بای پلات متوسط عملکرد ریشه ژنوتیپ‌ها در مقابل مقادیر IPCA1

قرار دارند دارای سازگاری عمومی هستند (۱۶). در تحقیق حاضر ژنوتیپ شماره ۷ (رقم مطهر) نزدیکترین ژنوتیپ به مبدأ مختصات بود و به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ شناسایی شد. در این بای پلات یک چند ضلعی مشاهده می‌شود که ارقام برتر برای هر محیط را مشخص می‌کند بر این اساس برای محیط‌های میاندوآب و شیراز ژنوتیپ شماره ۹ (رقم شاهد خارجی ارس) و برای محیط‌های همدان، مشهد و کرج ژنوتیپ شماره ۳ (920760 \* SB36 \* I13) در رأس چند ضلعی قرار گرفتند و به‌واسطه سازگاری خصوصی بالا و به‌عنوان ژنوتیپ مناسب بر این محیط‌ها تشخیص داده شدند. ژنوتیپ شماره G8 که در رأس چند ضلعی قرار داشتند

مقادیر IPCA1 نزدیک به صفر بوده و از پایداری عملکرد و سازگاری عمومی خوبی برخوردار بودند در حالی که ژنوتیپ‌های شماره ۸ (رقم حساس IC) و رقم شاهد خارجی (ارس) دارای بیشترین مقادیر مثبت و منفی IPCA1 بوده و به‌عنوان ژنوتیپ‌های ناپایدار شناسایی شدند. بای پلات متوسط عملکرد ژنوتیپ‌ها در مقابل مقادیر IPCA2 (شکل ۲) نشان داد ژنوتیپ‌های ۱، ۲ و ۷ (رقم مطهر) دارای مقادیر IPCA2 نزدیک به صفر بودند در حالی که ژنوتیپ شماره رقم شاهد خارجی (ارس) بالاترین مقدار IPCA2 به خود اختصاص داد.

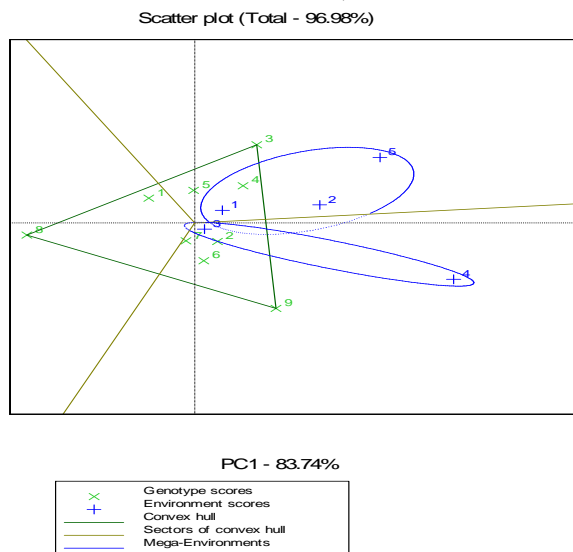


شکل ۲، بای پلات متوسط عملکرد ریشه ژنوتیپ‌ها در مقابل مقادیر IPCA2

نمایش چندضلعی (Convex hull) حاصل از تجزیه GGE ژنوتیپ‌های پلی ژرم چغندر قند در پنج محیط در شکل ۳ نشان داده شده است، در این نمودار، ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها بر اساس مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول و دوم مشخص شده‌اند، آنهایی که از لحاظ مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول و دوم اثر متقابل نزدیک به مبدأ مختصات (نزدیک به صفر) باشند دارای کمترین اثر متقابل هستند. این نمودار (مؤلفه اصلی اول و دوم اثر متقابل) در مجموع ۹۶/۹۸ درصد از واریانس اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را توجیه نمودند، در این نمودار، ژنوتیپ‌هایی که در مجاورت یک مکان واقع شوند با آن محیط سازگاری خصوصی دارند و ژنوتیپ‌هایی که نزدیک مبدأ مختصات

JAAM و (I13\*A37.1)\*SH-1-HSF.5 در مشهد و اصفهان و ژنوتیپ‌های 7233 و IC در محیط کرج سازگاری خصوصی بوده و از عملکرد نسبتاً خوبی برخوردار بودند،

برای هیچ محیطی مناسب تشخیص داده نشده‌اند، با مراجعه به جدول ۳ مشاهده شد که این ژنوتیپ‌ها از کمترین مقدار عملکرد قند خالص برخوردار بود. در مطالعه مصطفوی و همکاران (۱۴) ژنوتیپ‌های 1571، HSF.20 (I13\*KWS)\*302-، (I13\*A37).1)\*S1.88239 در ARAS 101 و BR1 در محیط مغان و کرمانشاه، ژنوتیپ‌های



شکل ۳، نمایش گرافیکی GGE بای‌پلات جهت تعیین برتری کدام ژنوتیپ (ها) در کدام محیط (ها) برای ژنوتیپ‌های چغندر قند

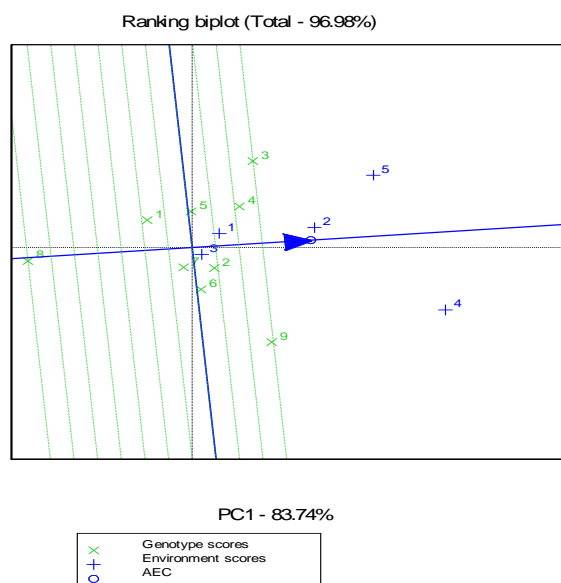
که از خط ACE جزء ژنوتیپ‌هایی با پایداری کم شناخته شدند. در این تحقیق در ژنوتیپ ۲ (I13 \* SB36) (۹۴ - 33836) و ۷ (رقم مطهر) به واسطه نزدیکی به خط ACE جزء ژنوتیپ‌های پایدار بودند اما از عملکرد قند خالص بالایی برخوردار نبودند (شکل ۳). دایره کوچک در شکل ۲ که روی محور افقی ACE واقع است و با یک پیکان به آن اشاره شده است، نشان‌دهنده رقم ایده‌آل است که به وسیله دو معیار تعریف می‌شود: ۱) دارای بالاترین عملکرد در محیط‌های مورد مطالعه است و ۲) کاملاً پایدار نسبت به شرایط محیطی است زیرا بر محور افقی ACE قرار گرفته‌اند. در این مطالعه ژنوتیپی که هم از عملکرد قند خالص بالا و هم از پایداری مناسبی در هر پنج محیط برخوردار باشد مشاهده نشد.

برای استفاده از ژنوتیپ ایده‌آل به‌عنوان مرجع ارزیابی، دایره‌های هم مرکزی در بای‌پلات به‌منظور

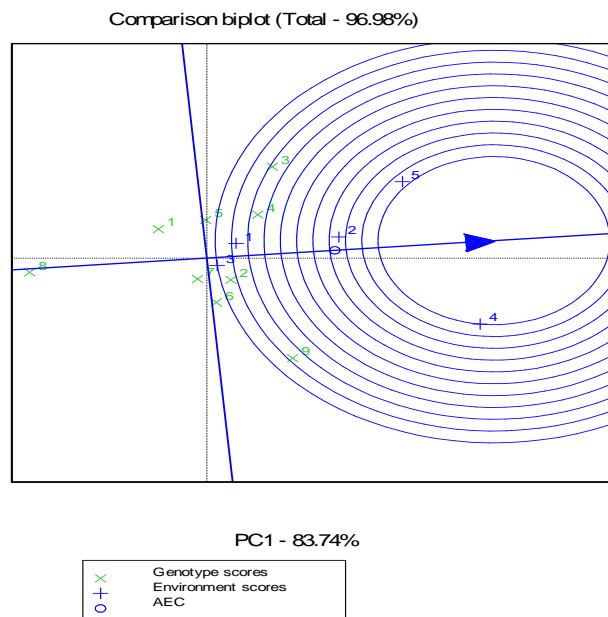
میانگین عملکرد و پایداری: خط مورب که از مرکز بای‌پلات و از نقطه ایده‌آل (که نماینده متوسط ضرایب دو مؤلفه اول اثر متقابل در مدل GGE بای‌پلات است) می‌گذرد، خط متوسط عملکرد محیطی (Average Environment Coordination) نامیده می‌شود. ژنوتیپ‌هایی که به مرکز دایره که بر روی این خط قرار دارند نزدیکتر باشند دارای عملکرد بیشتری هستند. خطی که بر خط متوسط عملکرد محیطی عمود و از مرکز بای‌پلات می‌گذرد معیار سنجش پایداری ژنوتیپ‌ها است هر چه ژنوتیپ‌ها از این خط فاصله بیشتری داشته باشند در اثر متقابل نقش بیشتری داشته و پایداری کمتری خواهند داشت، در این مطالعه دو ژنوتیپ شماره ۳ (I13) 920760 \* (SB36) \* و ۹ (رقم شاهد خارجی ارس) هر چند از متوسط عملکرد قند خالص بالاتری در مقایسه با دیگر ژنوتیپ‌ها برخوردار بودند اما به‌واسطه فاصله‌ای

در مطالعه آنها رقم زرقان بیشترین سازگاری عمومی و رقم لاتیتیا کمترین سازگاری عمومی را نشان داد. بر اساس نتایج نمودار دو بعدی مربوط به دو مؤلفه اصلی اول اثر متقابل ژنوتیپ در محیط حسنی و همکاران (۱۴۰۰) بر روی چغندر قند نشان دادند ژنوتیپ شماره ۲۴ از لحاظ عملکرد ریشه و عملکرد قند خالص برای محیط‌های همدان، شیراز و مشهد دارای سازگاری خصوصی بالایی بود، در حالی که ژنوتیپ ۴۶ از لحاظ عملکرد ریشه و ژنوتیپ ۳۶ از لحاظ عملکرد قند خالص برای محیط کرمانشاه سازگاری خصوصی مناسبی نشان دادند. همچنین ژنوتیپ شماره ۳۷ از لحاظ عملکرد ریشه و ژنوتیپ ۴۴ از نظر عملکرد قند خالص نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از سازگاری عمومی بالاتری برخوردار بودند.

تعیین گرافیکی فاصله بین ژنوتیپ‌های مطالعه شده با ژنوتیپ ایده‌آل ایجاد شده است دوایر هم مرکز، با برخورداری از ژنوتیپ ایده‌آل در مرکز، به تجسم فاصله بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و رقم ایده‌آل کمک می‌کند، بر این اساس ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۴ و ۹ (رقم شاهد خارجی ارس) نزدیک‌ترین ژنوتیپ به ژنوتیپ ایده‌آل بوده و مطلوب‌تر از کلیه ژنوتیپ‌های مورد بودند. در مقابل، ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۸ (شاهد حساس) به‌عنوان نامطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها تعیین شدند زیرا دارای بیشترین فاصله از رقم ایده‌آل بودند (شکل ۵). مرادی و همکاران (۲۰۱۴) در ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط ارقام منوژرم چغندر قند بر اساس عملکرد ریشه با استفاده از روش امی نشان دادند که دو مؤلفه اثر متقابل اول بیش از ۹۹ درصد از واریانس داده‌ها را تبیین کردند،



شکل ۴، خط متوسط عملکرد محیطی در مقایسه ژنوتیپ‌های مورد بررسی بر اساس عملکرد ریشه و پایداری در پنج محیط آزمایشی



شکل ۵. ارزیابی ژنوتیپ مورد بررسی نسبت به ژنوتیپ ایده آل در پنج محیط مورد آزمایش بر اساس عملکرد ریشه

در مطالعه حاضر بین ژنوتیپ‌ها در محیط جرج و شیراز از نظر عملکرد قند خالص اختلاف معنی دار دیده نشد اما در مکان‌های مشهد و همدان هیبرید پلی ژرم شماره ۳ (920760 \* SB36 \* I13)، و در مکان میاندوآب اختلاف بین هیبریدهای جدید پلی ژرم و رقم شاهد مطهر (رقم شایع پلی ژرم) از نظر عملکرد قند خالص اختلاف معنی داری دیده نشد، می‌توان نتیجه گرفت هیبریدهای جدید پلی ژرم از پتانسیل جایگزینی رقم شایع داخلی (رقم مطهر) برخوردار هستند. باتوجه به معنی داری اثر متقابل محیط ژنوتیپ در محیط ژنوتیپ‌های شماره G7 (رقم مطهر) جزء ژنوتیپ پایدار و G9 (رقم شاهد خارجی ارس) جزء ژنوتیپ‌های ناپایدار به شمار آمدند. در این مطالعه ژنوتیپ شماره G9 (رقم شاهد

محیط‌های همدان، مشهد و جرج ژنوتیپ I13 \* SB36 \* 920760 از سازگاری خصوصی بالا برخوردار بوده و به عنوان ژنوتیپ مناسب بر این محیط‌ها شناسایی شدند. در این آزمایش ژنوتیپی که هم از عملکرد قند خالص بالایی برخوردار باشد و هم پایداری و سازگاری عمومی مناسبی داشته باشد شناسایی نشد.

#### سیاسگزاری

از مسئولین محترم مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند که با همکاری و حمایت مالی از این پروژه تحقیقاتی همکاری داشته اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

#### منابع مورد استفاده

- Darabi S, Bazrafshan M, Babaee B and Mahmoodi SB. 2017. impact of Rhizomania Virus (Beet necrotic yellow vein virus) on Sugar Beet Yield and Qualitative Characters. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 6 (3): 67-82.
- Moshari S, Hemati R, Mahmoudi SB and Pedram A. 2019. Evaluation of sugar beet commercial cultivars resistance against root rot caused by *R. solani* and *F. oxysporum*. *Journal of Sugar Beet*, 35 (2):121-139.
- Mahmoudi SB, Norouzi P, Khayamim S, Bazrafshan M, Mansouri H, Ahmadi M, Sadeghzadeh Hemayati S and Ghaeezadeh M. 2021. Identification of proper maternal parent for producing sugar beet cultivars resistant to major soil borne diseases. *Journal of Sugar Beet*, 36 (1):1-13. (In Persian).

- Farshadfar E and Sutka J. 2006. Biplot analysis of genotype-environment interaction in durum wheat using the AMMI model. *Acta Agronomica Hungarica*, 54(4): 459- 467
- Abdemishani S and Shahnejatboshehri AA. 2008. *Advance in Plant Breeding*. Tehran university press, 248 pp (In Persian).
- Annicchiarico P. 1997. Joint regression vs AMMI analysis of genotype-environment interactions for cereals in Italy. *Euphytica*, 94: 53-62.
- Raiger HL and Prabhakaran VT. 2001. A study on the performance of a few non-parametric stability measures using pearl-millet data. *Indian Journal of Genetic*, 61: 7- 11.
- Gauch HG. 2006. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. *Crop Science*, 46: 1488- 1500.
- Yan W, Hunt LA, Sheng Q and Szlavnic Z. 2000. Cultivar evaluation and mega environment investigations based on the GGE biplot. *Crop Science*, 40: 597-605.
- Yan W and Hunt LA. 2002. Biplot analysis of diallel data. *Crop Science*, 42: 21-30.
- FAOSTAT. 2021. Crops Production /Yield quantities of Sugar beet. Available at: <http://www.fao.org/faostat/> (Accessed October 4th 2021).
- Hasani M, Hamze H and Mansori H. 2021. Evaluation of Adaptability and Stability of Root Yield and White Sugar Yield (*Beta vulgaris* L.) in Sugar Beet Genotypes using Multivariate AMMI and GGE Biplot Method. *Journal of Crop Breeding*, 13 (37):222-235. (In Persian).
- Safar S, Bazrafshan M, Khoshnami M, Behrooz AA, Hedayati F, Maleki M, Mahmoudi SB and Ali Malboobi M. 2020. Field evaluation for rhizomania resistance of transgenic sugar beet events based on gene silencing. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 2: 1-10.
- Rush CM, Liu HY, Lewellen RT and Acosta-Leal R. 2006. The continuing saga of rhizomania of sugar beets in the United State. *Plant Disease*, 90: 4-15.
- McGrann GR, Grimmer MK, Mutasa-Göttgens ES and Stevens M. 2009. Progress towards the understanding and control of sugar beet rhizomania disease. *Molecular Plant Pathology*, 10: 129-141.
- Mostafavi K, Orazizadeh MR and Rajabi A. 2017. Genotype - environment interaction pattern analysis for sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars yield using AMMI multivariate method. *Journal of sugar beet*, 33(2): 135-147 (In Persian).
- Hassani M, Heidari B, Dadkhodaie A and Stevanato P. 2018. Genotype by environment interaction components underlying variations in root, sugar and white sugar yield in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Euphytica*, 214(79): 4-21.
- Stevanato P, De Biaggi M, Broccanello C, Biancardi E and Saccomani M. 2015. Molecular genotyping of “Rizor” and “Holly” rhizomania resistances in sugar beet. *Euphytica*, 206: 427- 431.
- Pavli OI, Stevanato P, Biancardi E and Skaracis GN. 2011. Achievements and prospects in breeding for rhizomania resistance in sugar beet. *Field Crop Research*, 122: 165-172.
- McGrann GRD, Grimmer MK, Mutasa-Gottgens ES and Stevens M. 2009. Progress towards the understanding and control of sugar beet rhizomania disease. *Molecular Plant Pathology*, 10: 129– 141.
- CUMSA 2009. International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis, Methods Book. Berlin, Bartens.