



"مقاله پژوهشی"

ارزیابی پارامترهای ژنتیکی، روابط بین صفات و گروه‌بندی هیبریدهای جدید چغندر قند از لحاظ صفات کمی و کیفی در شرایط آلودگی طبیعی رایزومانی

مهدی حسنی^۱، حمزه حمزه^۲، حامد منصوری^۳، داریوش فتح‌الله طالقانی^۴، علی جلیلیان^۵، جمشید سلطانی ایدلیکی^۶، مستانه شریفی^۷ و مؤده کاکوئی‌نژاد^۸

۱- استادیار، بخش تحقیقات چغندر قند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران، (نویسنده مسوول: m.hasani@areeo.ac.ir)

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

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

۴- دانشیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، کرج، ایران

۵- دانشیار، بخش تحقیقات چغندر قند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه

۶- مربی، بخش تحقیقات چغندر قند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

۷- مربی، بخش تحقیقات چغندر قند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

۸- استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۰۲

صفحه: ۱۴۹ تا ۱۵۹

چکیده

یکی از بیماری‌های مهم چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) بیماری رایزومانیا (*Rhizomania*) یا ریشه گنایی (*Root madness*) است در حال حاضر در تمامی نقاط دنیا شیوع دارد. خسارت این بیماری را در ارقام حساس بیش از ۵۰ درصد و در مواردی تا ۱۰۰ درصد برآورد کرده‌اند. با توجه به افزایش جمعیت کشور و نیاز به شکر، محصول چغندر قند در میان گیاهان زراعی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. با هدف ارزیابی روابط بین صفات و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند، تعداد ۴۴ هیبرید چغندر قند در چهار منطقه (همدان، کرمانشاه، مشهد و شیراز) در سال ۱۳۹۸ مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های ناقص (آلفا لاتیس) در ۶ تکرار اجرا شد. نتایج نشان‌داد عیار قند و عملکرد ریشه به ترتیب با ۸۸/۲۴ و ۵۹/۵۳ درصد به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین مقدار وراثت‌پذیری عمومی را به خود اختصاص دادند. در این مطالعه عملکرد قند خالص با عملکرد ریشه، عیار قند، عملکرد قند ناخالص، ضریب استحصال قند و درصد قند خالص همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی مثبت و معنی‌دار و با محتوی پتاسیم ریشه و درصد قند ملاس همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد. بر مبنای تجزیه رگرسیون گام به گام پتاسیم ریشه، عیار قند و نیتروژن مضره با تبیین ۵۲ درصد از تغییرات به عنوان مؤثرترین صفات در توجیه تغییرات عملکرد قند خالص شناسایی شدند. بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌ها شامل ۴۴ هیبرید و ۳ شاهد رقم تجاری چغندر قند به چهار خوشه دسته‌بندی شدند که خوشه شماره چهار شامل هیبریدهای شماره ۲۰، ۴۳، ۳۱، ۲۳، ۲۵، ۲۴ و ۳۷ و ارقام شاهد خارجی Succara و BTS 213 بودند، و مناسب‌ترین خصوصیات کمی و کیفی را به خود اختصاص دادند. در تجزیه به عامل‌ها از طریق تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نیز، دو عامل شناسایی شد که ۸۲/۵۲ درصد از کل واریانس داده‌ها را تبیین کردند. در این مطالعه محتوی پتاسیم ریشه و عیار قند به‌عنوان مؤثرترین صفات و هیبریدهای قرار گرفته در خوشه چهار تجزیه خوشه‌ای به‌عنوان مناسب‌ترین هیبرید برای برنامه‌های آتی به‌نژادای شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه خوشه‌ای، چغندر قند، عملکرد قند خالص، وراثت‌پذیری، همبستگی

مقدمه

ترکیبی به ویروس و ناقل از طریق اصلاح نژاد کلاسیک اقتصادی‌ترین روش جهت مبارزه با این بیماری در صنعت چغندر قند معرفی شده است (۱۶).

در برنامه‌های به‌نژادی گزینش بر اساس صفات متعددی انجام می‌شود که ممکن است بین آنها ارتباط مثبت یا منفی وجود داشته باشد، بنابراین روش‌های تجزیه و تحلیل که بدون از بین بردن مقدار زیادی از اطلاعات مفید، تعداد صفات مؤثر بر عملکرد را کاهش دهند، برای محققان دارای اهمیت است. در این بین استفاده از همبستگی بین صفات متداول است اما همبستگی‌ها رابطه علی و معلولی بین صفات را نشان نمی‌دهند، به‌دلیل اینکه ارتباط را تعدادی از عوامل ناشناخته پدید می‌آورند (۲). بنابراین زمانی که به‌نژادگر تعداد زیادی مواد ژنتیکی در اختیار دارد، تعیین روابط بر اساس تجزیه علیت می‌تواند کمک مؤثری برای گزینش سریع و زود هنگام مواد ژنتیکی باشد (۱۸) تجزیه علیت، رگرسیون جزئی

چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) یکی از محصولات مهم ریشه‌ای و منبع اصلی شکر در مناطقی با آب و هوای معتدل است. در سال ۲۰۱۸ سطح زیر کشت و مقدار ریشه آن در جهان به ترتیب $4/8 \times 10^6$ هکتار و $2/7 \times 10^8$ تن برآورد شد (۹). تولید و ارزش اقتصادی محصول چغندر قند تا حد زیادی به مقاومت مناسب این محصول در برابر بیماری مخرب ویروسی رایزومانیا بستگی دارد که برای دهه‌ها تأثیر قابل توجهی بر روی صنعت چغندر قند داشته است (۲۷). رایزومانیا به صورت معنی‌داری عملکرد ریشه و درصد قند را کاهش می‌دهد (۲۳). 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 (۲۶). در حال حاضر مؤثرترین روش کنترل این بیماری استفاده از ارقام مقاوم می‌باشد. مقاومت

شرایط نرمال صفات عملکرد ریشه، درصد قند خالص و ازت مضره و تحت شرایط شوری صفات درصد قند خالص و ازت مضره به‌عنوان تأثیرگذارترین صفات بر عملکرد قند خالص شناسایی کردند. با توجه به مطالب ذکر شده تحقیق حاضر با هدف شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد ریشه و عملکرد قند خالص و گروه‌بندی، مقایسه و شناسایی ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا در شرایط آلودگی طبیعی به رایزومانی انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش تعداد ۴۷ ژنوتیپ چغندر قند (جدول ۱)، شامل ۴۴ هیبرید جدید و ۳ رقم تجاری به‌منظور ارزیابی روابط بین صفات و گروه‌بندی هیبریدهای از لحاظ صفات کمی و کیفی در شرایط آلودگی طبیعی رایزومونی در چهار منطقه (همدان، کرمانشاه، مشهد و شیراز) در سال ۱۳۹۸ مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های ناقص (آلفا لاتیس) در ۶ تکرار اجرا شد. با توجه به اینکه مقدار کارایی طرح بلوک ناقص نسبت به بلوک کامل یکسان بود، طرح به‌صورت بلوک کامل تجزیه واریانس شد. هر کرت شامل یک ردیف به طول هشت متر و فاصله دو ردیف مجاور ۵۰ سانتیمتر بود. میزان کود مصرفی بر اساس آزمون خاک انجام شد. کود نیتروژن از منبع اوره، کود پتاس از منبع سولفات پتاسیم و کود فسفر نیز از منبع فسفات آمونیوم تأمین و بطور یکنواخت به کرت‌های آزمایشی اضافه گردید. تمامی کودها بجز نیتروژن قبل از کاشت و در هنگام تهیه زمین استفاده شدند، کود نیتروژن نیز در سه مرحله به صورت سرک مصرف شد. 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 تهیه گردید. برای تعیین میزان درصد قند ناخالص، سدیم، پتاسیم، نیتروژن مضره نمونه‌ها از دستگاه بتالایزر استفاده شد (۱۴)

برای تعیین عملکرد قند ناخالص و عملکرد قند خالص، عملکرد ریشه در هر کرت به درصد قند ناخالص و درصد قندخالص مربوط به همان کرت ضرب و سپس ارقام به‌دست آمده به‌صورت عملکرد قند ناخالص و قند خالص در هکتار بر اساس روابط (۱)، (۲) و (۳) ثبت گردید.

(رابطه ۱) قند ملاس - درصد قند = درصد قند قابل استحصال (رابطه ۲)

درصد قند قابل استحصال × عملکرد ریشه (تن درهکتار) =
عملکرد قند خالص

(رابطه ۳)

۱۰۰ × (درصد قند ناخالص / درصد قند خالص) = ضریب استحصال قند

استاندارد شده‌ای است که اثر مستقیم و غیرمستقیم یک متغیر را بر روی متغیرهای دیگر نشان می‌دهد، همچنین می‌تواند ضریب همبستگی ساده را به اجزای آن که اثرات مستقیم و غیرمستقیم باشد مجزا نماید (۶). یکی دیگر از روش‌های تجزیه و تحلیل چند متغیره، تجزیه به عامل‌ها است که حالتی تعمیم‌یافته از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی است ولی برخلاف آن، بر مبنای یک مدل نسبتاً ویژه‌ی آماری استوار است. در این روش هدف اصلی توضیح رابطه بین متغیرها از طریق تعداد کمیت تصادفی غیرقابل مشاهده تحت عنوان عامل‌ها و درعین حال کاهش حجم داده‌ها است. در چنین شرایطی، عوامل پنهانی که موجب پدید آمدن همبستگی بین صفات می‌شوند، شناسایی گردیده و بر اساس آن‌ها متغیرها به گروه‌هایی با همبستگی درون‌گروهی بالا دسته‌بندی می‌شوند (۱۰). در مقایسه با روش‌هایی که بر اساس گروه‌هایی از افراد استوار هستند، در تجزیه خوشه‌ای، هر فرد با وزن مساوی در تجزیه شرکت می‌کند، بنابراین هم از صفات کمی و هم از صفات کیفی می‌توان استفاده نمود، لذا تمام اطلاعات مورد استفاده قرار می‌گیرد، ایده‌آل‌ترین نتیجه از تجزیه خوشه‌ای وقتی به‌دست می‌آید که واریانس داخل گروه‌ها حداقل و واریانس بین گروه‌ها حداکثر باشد (۱۵).

برادران فیروزآبادی و همکاران (۴) نشان دادند در شرایط نرمال عیار قند، درصد قند ملاس، عملکرد قند ناخالص و طول ریشه و در شرایط تنش کم آبی درصد قند ملاس، عملکرد قند ناخالص و عیار قند به صورت معنی‌داری تغییرات عملکرد قند خالص را تحت تأثیر قرار دادند. در مطالعه فتوحی و همکاران (۱۱) عملکرد قندخالص با صفات عملکرد ریشه، درصد قند ناخالص و درصد استحصال شکر همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفات سدیم، پتاسیم و درصد قند ملاس همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد. آنها بر اساس نتایج تجزیه علیت نشان دادند درصد قندناخالص، میزان آب نسبی برگ و شاخص کلروفیل اثر مستقیم و معنی‌داری بر عملکرد قندخالص نشان دادند. موسوی و همکاران (۲۰) نشان دادند عملکرد ریشه چغندر قند بالاترین همبستگی را با درصد ماده خشک ریشه داشت، در مطالعه آنها بر اساس نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت، وزن خشک دم‌برگ و درصد ماده خشک ریشه بیشترین تغییرات عملکرد ریشه را تبیین کردند. در مطالعه‌ای دیگر تحت شرایط بیماری رایزوکتونیا صفات عملکرد قند ناخالص و درصد قند ناخالص اثر مستقیم مثبت و معنی‌دار و درصد قند ملاس اثر مستقیم منفی و معنی‌دار بر عملکرد قند خالص داشتند، در این مطالعه بر اساس نتایج تجزیه عاملی پنج عامل شناسایی شدند که ۸۱/۶۲ درصد از کل واریانس داده‌ها را توجیه نمودند (۲۱). بشیری و همکاران (۵) براساس نتایج ضرایب همبستگی بین صفات، تجزیه رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت تحت

جدول ۱- لیست و شجره ژنوتیپ‌های مورد بررسی

شماره ژنوتیپ	شجره	شماره ژنوتیپ	شجره
۱	(7112 * SB36) * S1 - 960004	۲۵	(7112 * SB36) * S1 - 960222
۲	(7112 * SB36) * S1 - 960007	۲۶	(7112 * SB36) * S1 - 960223
۳	(7112 * SB36) * S1 - 960008	۲۷	(7112 * SB36) * S1 - 960224
۴	(7112 * SB36) * S1 - 960011	۲۸	(7112 * SB36) * S1 - 960227
۵	(7112 * SB36) * S1 - 960012	۲۹	(7112 * SB36) * S1 - 960234
۶	(7112 * SB36) * S1 - 960014	۳۰	(7112 * SB36) * S1 - 960241
۷	(7112 * SB36) * S1 - 960015	۳۱	(7112 * SB36) * S1 - 960258
۸	(7112 * SB36) * S1 - 960026	۳۲	(7112 * SB36) * S1 - 960279
۹	(7112 * SB36) * S1 - 960045	۳۳	(7112 * SB36) * S1 - 960281
۱۰	(7112 * SB36) * S1 - 960046	۳۴	(7112 * SB36) * S1 - 960283
۱۱	(7112 * SB36) * S1 - 960047	۳۵	(7112 * SB36) * S1 - 960284
۱۲	(7112 * SB36) * S1 - 960056	۳۶	(7112 * SB36) * S1 - 960290
۱۳	(7112 * SB36) * S1 - 960061	۳۷	(7112 * SB36) * S1 - 960294
۱۴	(7112 * SB36) * S1 - 960072	۳۸	(7112 * SB36) * S1 - 960295
۱۵	(7112 * SB36) * S1 - 960089	۳۹	(7112 * SB36) * S1 - 960309
۱۶	(7112 * SB36) * S1 - 960090	۴۰	(7112 * SB36) * S1 - 960313
۱۷	(7112 * SB36) * S1 - 960190	۴۱	(7112 * SB36) * S1 - 960318
۱۸	(7112 * SB36) * S1 - 960192	۴۲	(7112 * SB36) * S1 - 960328
۱۹	(7112 * SB36) * S1 - 960195	۴۳	(7112 * SB36) * S1 - 960334
۲۰	(7112 * SB36) * S1 - 960196	۴۴	(7112 * SB36) * S1 - 960336
۲۱	(7112 * SB36) * S1 - 960206	۴۵	Succara
۲۲	(7112 * SB36) * S1 - 960212	۴۶	BTS 213
۲۳	(7112 * SB36) * S1 - 960215	۴۷	Shokofa
۲۴	(7112 * SB36) * S1 - 960216		

ژنوتیپ‌ها از تجزیه کلاستر به‌روش وارد^۱ استفاده شد، تجزیه به‌عامل‌ها از طریق تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به‌کمک نرم‌افزار SPSS var21 انجام گرفت.

نتایج و بحث

ضرایب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی

نتایج حاصل از محاسبه ضرایب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی نشان داد در کلیه صفات ضرایب تغییرات فنوتیپی بزرگتر از ضرایب تغییرات ژنوتیپی بود (جدول ۲). در این مطالعه بالاترین ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی برای محتوی سدیوم ریشه و کمترین مقدار دو شاخص مذکور برای عملکرد قند خالص برآورد شد. ضرایب تغییرات ژنوتیپی صفات نشان می‌دهند که صفات دارای تنوع بالایی می‌باشند. مسلماً هر چه تنوع موجود در صفات بیشتر باشد انتخاب در آنها از دقت بالاتری برخوردار خواهد بود (۸). در این مطالعه مقدار وراثت‌پذیری عمومی متوسط به بالایی برای کلیه صفات مورد بررسی برآورد شد به‌طوری‌که مقدار وراثت‌پذیری محاسبه شده برای عملکرد ریشه، درصد قند خالص و عملکرد قند خالص به‌ترتیب برابر ۵۹/۵۳، ۸۷/۵۰ و ۷۸/۱۳ درصد بود. بالا بودن مقدار وراثت‌پذیری عمومی در توده ژنتیکی مورد بررسی بیانگر نقش چشم‌گیر عوامل ژنتیکی در مقایسه با عوامل محیطی در کنترل صفات مذکور است. در مطالعه حسنی و همکاران (۱۳) و درشیت سینگ و همکاران (۷) وراثت‌پذیری عمومی متوسط به بالایی برای عملکرد قند خالص و اجزای مرتبط با آن گزارش شد، در مطالعه‌ای دیگر عباسی و همکاران (۱) مقدار وراثت‌پذیری عمومی را برای عملکرد ریشه برابر ۵۱ درصد برآورد نمودند.

در این بررسی آماره‌های میانگین، دامنه تغییرات، ضریب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی، وراثت‌پذیری عمومی برای کلیه صفات با رویه Univariate در نرم‌افزار SAS محاسبه شدند. وراثت‌پذیری عمومی صفات بر اساس رابطه ۴ محاسبه شد (۲۹).

$$h^2 = [\sigma_g^2 / (\sigma_g^2 + \sigma_{gl}^2) + (\sigma_e^2 / r)] \quad (\text{رابطه ۴})$$

در آن σ_g^2 و σ_{gl}^2 و σ_e^2 به‌ترتیب واریانس ژنتیکی، واریانس اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط و واریانس خطا، r تعداد تکرار و l تعداد محیط بود. ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی با استفاده از رابطه ۵ و ۶ محاسبه شد (۲۹).

$$PCV = (\sigma_p / X) \times 100 \quad (\text{رابطه ۵})$$

$$GCV = (\sigma_g / X) \times 100 \quad (\text{رابطه ۶})$$

که در آن σ_p و σ_g به‌ترتیب انحراف معیارهای فنوتیپی و ژنوتیپی و X میانگین صفت در کل جمعیت است.

ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی جهت ارزیابی روابط بین صفات با استفاده از واریانس‌ها و کواریانس‌های فنوتیپی و ژنتیکی از طریق فرمول‌های ارائه شده توسط میلر و همکاران (۱۷) به صورت روابط (۷) و (۸) محاسبه گردید.

$$\sigma_{pxy} / \sigma_{px} \times \sigma_{py} = r_p \quad (\text{رابطه ۷})$$

$$\sigma_{gxy} / \sigma_{gx} \times \sigma_{gy} = r_g \quad (\text{رابطه ۸})$$

پس از اطمینان جهت محاسبات آماری در مرحله نخست آزمون نرمال بودن داده‌ها (آزمون کولموگروف-اسمیرنوف) انجام گرفت و پس از اطمینان یکنواختی واریانس داده‌ها به‌کمک آزمون بارلت، تجزیه واریانس داده‌ها و همچنین برآورد همبستگی‌های فنوتیپی با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 انجام شد. در این بررسی جهت گروه‌بندی

ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی

بر اساس نتایج همبستگی بین صفات، عملکرد قند خالص با عملکرد ریشه ($r_g=0/55^{**}$ و $r_{ph}=0/87^{**}$)، عیار قند ($r_g=0/33^{**}$ و $r_{ph}=0/98^{**}$)، عملکرد قند ناخالص ($r_g=0/56^{**}$ و $r_{ph}=0/63^{**}$)، ضریب استحصال قند ($r_g=0/71^{**}$ و $r_{ph}=0/63^{**}$)، ضریب استحصال قند خالص ($r_g=0/48^{**}$ و $r_{ph}=0/52^{**}$) و درصد قند خالص ($r_g=0/48^{**}$ و $r_{ph}=0/52^{**}$) و ژنتیکی مثبت و معنی‌دار نشان دادند، در حالی که همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی عملکرد قند خالص با محتوی پتاسیم ریشه ($r_g=-0/31^*$ و $r_{ph}=-0/60^{**}$) درصد قند ملاس ($r_g=-0/44^{**}$ و $r_{ph}=-0/65^{**}$) منفی و معنی‌دار بود. لازم به ذکر است که همبستگی فنوتیپی عملکرد قند خالص با نیتروژن مضره ($r_g=-0/50^{**}$) منفی و معنی‌دار بود. تفاوت در مقدار همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی در صفات مورد بررسی را می‌توان به اثر محیط نسبت داد که می‌تواند به صورت مثبت یا منفی در ایجاد همبستگی بین صفات نقش ایفا کند. وجود ارتباط مثبت بین عملکرد قند خالص با عملکرد ریشه و عملکرد قند ناخالص را می‌توان به جز مشترک این صفات یعنی عملکرد ریشه نسبت داد، همچنین همبستگی مثبت عیار قند، ضریب استحصال قند و درصد قند خالص را می‌توان به جزء مشترک این صفات یعنی درصد قند خالص نسبت داد. در

این مطالعه پتاسیم ریشه هم به لحاظ فنوتیپی و هم به لحاظ ژنتیکی اثر منفی بر عملکرد قند خالص داشت، بنابراین می‌توان اظهار داشت وجود این ارتباط بیشتر تحت کنترل عوامل ژنتیکی است تا عوامل محیطی، همچنین به واسطه همبستگی ژنتیکی منفی بین این دو صفت بیان ژن‌های مرتبط با این صفات در جهت عکس یکدیگر عمل کرده و با افزایش بیان هر یک دیگری کاهش نشان خواهد داد. نتایج همچنین نشان داد عملکرد ریشه با عملکرد قند ناخالص ($r_g=-0/68^{**}$ و $r_{ph}=-0/92^{**}$) همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی مثبت و معنی‌دار نشان داد همچنین همبستگی فنوتیپی عملکرد ریشه با محتوی پتاسیم ($r_g=-0/51^{**}$)، نیتروژن مضره ($r_g=-0/55^{**}$) و درصد قند ملاس ($r_g=-0/35^*$) منفی و معنی‌دار و با محتوی آلکالیت ریشه ($r_g=0/45^{**}$) مثبت و معنی‌دار بود. لازم به ذکر است که همبستگی ژنتیکی با عیار قند ($r_g=-0/34^*$) منفی و معنی‌دار بود. در این بررسی همبستگی فنوتیپی عملکرد ریشه با عیار قند معنی‌دار نبود ولی ارتباط ژنتیکی این صفات منفی و معنی‌دار بود، می‌توان اظهار داشت عوامل محیطی بر شکل‌گیری ارتباط بین این دو صفت اثر تعیین‌کننده‌ای داشته‌اند.

جدول ۲- پارامترهای ژنتیکی محاسبه شده در ژنوتیپ‌های چغندر قند در شرایط آلودگی طبیعی رایزومونیا

Table 2. Genetic parameters calculated in sugar beet genotypes under natural Rhizomonina infection conditions

صفات	میانگین	دامنه تغییرات	ضریب تنوع فنوتیپی	ضریب تنوع ژنتیکی	وراثت پذیری عمومی
عملکرد ریشه	۶۰/۵۰	۹۱/۷۱	۶/۰۲	۴/۶۵	۵۹/۵۳
عیار قند	۱۶/۲۲	۸/۶۵	۳/۵۹	۳/۳۸	۸۸/۲۴
عملکرد قند ناخالص	۹/۶۸	۱۶/۴۱	۸/۶۴	۷/۴۵	۷۴/۲۹
سدیم	۱/۹۰	۷/۳۳	۴۴/۰۳	۳۷/۹۵	۷۴/۲۹
پتاسیم	۵/۴۵	۸/۴۲	۵/۸۳	۵/۰۲	۷۴/۲۶
نیتروژن مضره	۱/۸۲	۲/۸۲	۷/۳۷	۶/۰۲	۶۶/۶۷
آلکالیت	۴/۶۰	۱۱/۸۵	۱۱/۵۰	۱۰/۲۰	۷۸/۵۷
ضریب استحصال	۱۳/۱۹	۲۸/۸۴	۱۳/۲۲	۱۱/۸۲	۷۹/۹۳
درصد قند خالص	۷/۶۶	۱۰/۴۶	۹/۷۷	۹/۱۴	۸۷/۵۰
عملکرد قند خالص	۸۰/۹۱	۱۴/۱۴	۰/۹۹	۰/۸۷	۷۸/۱۳
درصد قند ملاس	۲/۵۱	۳/۹۰	۷/۲۴	۶/۳۰	۷۵/۷۶

جدول ۳- ضرایب همبستگی فنوتیپی (اعداد پایین قطر) و ژنتیکی (اعداد بالای قطر) صفات در چغندر قند تحت شرایط آلودگی طبیعی رایزومونیا

Table 3. Phenotypic (low numbers) and genetic (high numbers) correlation coefficients under natural Rhizomonina infection condition

عملکرد ریشه	عیار قند	عملکرد قند ناخالص	سدیم	پتاسیم	نیتروژن مضره	آلکالیت	ضریب استحصال	درصد قند خالص	عملکرد قند خالص	درصد قند ملاس
عملکرد ریشه	۰/۳۳*	۰/۶۸**	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}	۰/۲۳ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۲۸ ^{ns}	۰/۵۵**	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}
عیار قند	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۶۵**	۰/۲۳ ^{ns}	۰/۲۷ ^{ns}	۰/۳۶ ^{ns}	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۵۶**	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}
عملکرد قند ناخالص	۰/۹۳**	۰/۳۱*	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۲۱ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۲۰ ^{ns}	۰/۲۵ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}
سدیم	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۳۳*	۰/۲۸ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۳۵*	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}
پتاسیم	۰/۵۱**	۰/۲۱ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۳۴*	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}
نیتروژن مضره	۰/۵۵**	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۵۰**	۰/۲۰ ^{ns}	۰/۵۷**	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۲۱ ^{ns}	۰/۲۲ ^{ns}	۰/۲۲ ^{ns}
آلکالیت	۰/۴۵**	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۳۴ ^{ns}	۰/۵۴**	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۸۱**	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۲۲ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}
ضریب استحصال	۰/۲۳ ^{ns}	۰/۸۱**	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۲۸ ^{ns}	۰/۵۹**	۰/۴۸**	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}
درصد قند خالص	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۹۷**	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۹۲**	۰/۵۰**	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}
عملکرد قند خالص	۰/۸۷**	۰/۳۳*	۰/۹۸**	۰/۲۱ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۶۳**	۰/۵۳**	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}
درصد قند ملاس	۰/۳۵*	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۵۴**	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۴۳**	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۹۴**	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}

ns, * و ** به ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱

داده شوند، معادله خط رگرسیون به صورت ذیل تبیین خواهد شد.

$$Y = 6.56 - 0.73X_1 + 0.46X_2 - 0.98X_3$$

بر اساس رابطه فوق مشاهده می‌شود که عیار قند باعث افزایش عملکرد قند خالص و پتاسیم و نیتروژن مضره ریشه موجب کاهش عملکرد ریشه در رابطه خواهند شد. نتایج تجزیه علیت صفات مؤثر بر عملکرد قند خالص (جدول ۵) نشان داد پتاسیم ریشه در سطح احتمال یک درصد و نیتروژن مضره در سطح احتمال پنج درصد اثر مستقیم منفی و معنی‌دار بر عملکرد قند خالص نشان دادند، در حالی که اثرات مستقیم عیار قند بر عملکرد قند خالص در سطح احتمال یک درصد مثبت و معنی‌دار بود.

در این مطالعه محتوی پتاسیم ریشه به صورت غیر مستقیم از طریق افزایش محتوی نیتروژن مضره اثر غیرمستقیم منفی بر عملکرد قند خالص داشت، در حالی که اثر غیرمستقیم صفت مذکور از طریق عیار قند مثبت بود. عملکرد قند ناخالص نیز به واسطه محتوی پتاسیم و نیتروژن مضره ریشه اثر غیرمستقیم منفی بر عملکرد قند خالص داشت. در نهایت نیتروژن مضره از طریق محتوی پتاسیم ریشه اثر غیرمستقیم منفی و از طریق درصد قند ناخالص اثر غیرمستقیم مثبت بر عملکرد قند خالص نشان داد.

بر اساس نتایج جدول همبستگی صفات بین نیتروژن مضره ریشه و عملکرد قند خالص همبستگی معنی‌دار دیده نشد، اما تجزیه اثرات صفت مذکور به اثرات مستقیم و غیرمستقیم توسط تجزیه علیت نشان داد که این صفت هم به صورت مستقیم و هم به صورت غیرمستقیم عملکرد قند خالص را تحت تأثیر قرار می‌دهد، وجود ارتباط مستقیم مثبت و معنی‌دار بین عیار قند و عملکرد قند خالص در مطالعه شریفی (۲۸) و فیروزآبادی و همکاران (۴) نیز گزارش شده است. غفاری و همکاران (۱۲) براساس نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام نشان دادند صفات عملکرد ریشه، عیار قند، میزان سدیم و میزان پتاسیم بیش از ۹۹ درصد تغییرات عملکرد شکر سفید را توجیه کردند.

در مطالعه نیازبان و همکاران (۲۲) همبستگی درصد قند خالص با عیار قند و ضریب استحصال قند مثبت و معنی‌دار و با محتوی سدیم، پتاسیم، نیتروژن و قند ملاس منفی و معنی‌دار بود. در این مطالعه عملکرد قند خالص با عملکرد ریشه، عیار قند، عملکرد قند ناخالص، عملکرد قند خالص و ضریب استحصال در سطح احتمال یک درصد همبستگی مثبت و معنی‌دار و با محتوی پتاسیم ریشه و آلکالیت در سطح احتمال یک درصد همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد. با توجه به نتایج ضرایب همبستگی می‌توان اظهار داشت عملکرد ریشه، عیار قند، عملکرد قند ناخالص، عملکرد قند خالص، ضریب استحصال، پتاسیم ریشه و آلکالیت صفات تأثیرگذاری بر تغییرات عملکرد قند خالص هستند. در مطالعه محمدیان و همکاران (۱۹) همبستگی عملکرد قند خالص با عملکرد ریشه و درصد استحصال قند مثبت و معنی‌دار و با درصد قند ملاس، نیتروژن مضره، سدیم و پتاسیم ریشه منفی و معنی‌دار بود. همچنین در مطالعه رضایی و همکاران (۲۵) همبستگی عملکرد قند خالص با عملکرد ریشه و عملکرد قند خالص معنی‌دار بود. در تحقیقی دیگر رجبی و همکاران (۲۴) نشان دادند همبستگی عملکرد ریشه با عملکرد قند، عملکرد ریشه با عملکرد قند خالص عملکرد قند سفید و عملکرد قند ناخالص مثبت و معنی‌دار بود.

تجزیه رگرسیون و علیت

نتایج تجزیه رگرسیون چندگانه برای مشخص نمودن اجزای مؤثر بر عملکرد قند خالص به عنوان صفت وابسته در متوسط چهار مکان در جدول (۴) درج شده است. در این مطالعه میزان پتاسیم ریشه، عیار قند و نیتروژن مضره با تبیین ۵۲ درصد (ضریب تبیین تعدیل شده) از تغییرات عملکرد قند خالص به عنوان تأثیرگذارترین صفات در توجیه تغییرات عملکرد قند خالص شناسایی شدند. در بین صفات مذکور مقدار پتاسیم ریشه، عیار قند و نیتروژن مضره ریشه به تنهایی به ترتیب ۴۳، ۴ و ۵ درصد از تغییرات کل عملکرد خالص را به خود اختصاص دادند. چنانچه عملکرد قند خالص به عنوان متغیر وابسته با Y ، و پتاسیم ریشه، عیار قند و نیتروژن مضره به عنوان متغیرهای مستقل به ترتیب با X_1 ، X_2 و X_3 نشان

جدول ۴- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام صفات مؤثر بر عملکرد قند خالص

متغیرها	۱	۲	۳
عدد ثابت	۱۵/۱۲	۸/۴۳	۶/۵۶
پتاسیم ریشه	-۱/۲۴	-۱/۰۹	-۰/۷۳
عیار قند		-۰/۳۵	۰/۴۶
نیتروژن مضره			-۰/۹۸
ضریب تبیین R^2	۰/۶۶	۰/۷	۰/۷۴
ضریب تبیین تعدیل شده R^2	۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۵۲

جدول ۵- تجزیه علیت صفات مؤثر بر عملکرد قند خالص

متغیرها	اثر مستقیم	پتاسیم	عیار قند	نیتروژن مضره	همبستگی
پتاسیم	-۰/۴۵**	-	۰/۰۹	-۰/۲۵	-۰/۶۰**
عیار قند	۰/۴۰**	-۰/۰۸	-	-۰/۰۲	۰/۳۳**
نیتروژن مضره	-۰/۲۹*	-۰/۱۶	۰/۰۱	-	۰/۱۶ ^{ns}

ns: * و **: به ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱

تجزیه خوشه‌ای

دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ۴۷ ژنوتیپ چغندر قند در مجموع چهار مکان در شکل (۱) آمده است. بر اساس تجزیه واریانس چند متغیره در این شرایط برش دندروگرام از فاصله اقلیدوسی ۵۰ بیشترین مقدار F و در نتیجه بیشترین نسبت واریانس بین گروهی به درون گروهی را فراهم کرد (شکل ۱). بر این اساس، ژنوتیپ‌ها به چهار گروه تقسیم شدند (جدول ۶). نتایج تجزیه واریانس نشان داد اختلاف بین چهار گروه ایجاد شده از نظر عملکرد ریشه، محتوی پتاسیم ریشه، نیتروژن مضره، درصد استحصالی قند، عملکرد قند خالص و درصد قند ملاس در سطح احتمال یک درصد و از نظر عیار قند، محتوی سدیم ریشه، و درصد قند خالص در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۶).

در گروه اول ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۴، ۱۱، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷ و ۴۷ (رقم شاهد داخلی شکوفا) قرار داشت که ۱۴/۱۲ درصد از کل جمعیت مورد بررسی را تشکیل دادند، ژنوتیپ‌های واقع در خوشه اول از مقادیر عملکرد ریشه، عملکرد قند خالص، آلکالیتیه ریشه، درصد استحصالی قند و عملکرد قند خالص کمتر و عیار قند، مقدار سدیم، پتاسیم، درصد قند خالص و درصد ملاس قند بالاتر از دیگر گروه‌ها و متوسط هر چهار خوشه برخوردار بود.

با توجه به پایین بودن عملکرد ریشه و عملکرد قند خالص در این گروه گزینش ژنوتیپ‌ها بر اساس خوشه اول قابل توصیه نیست.

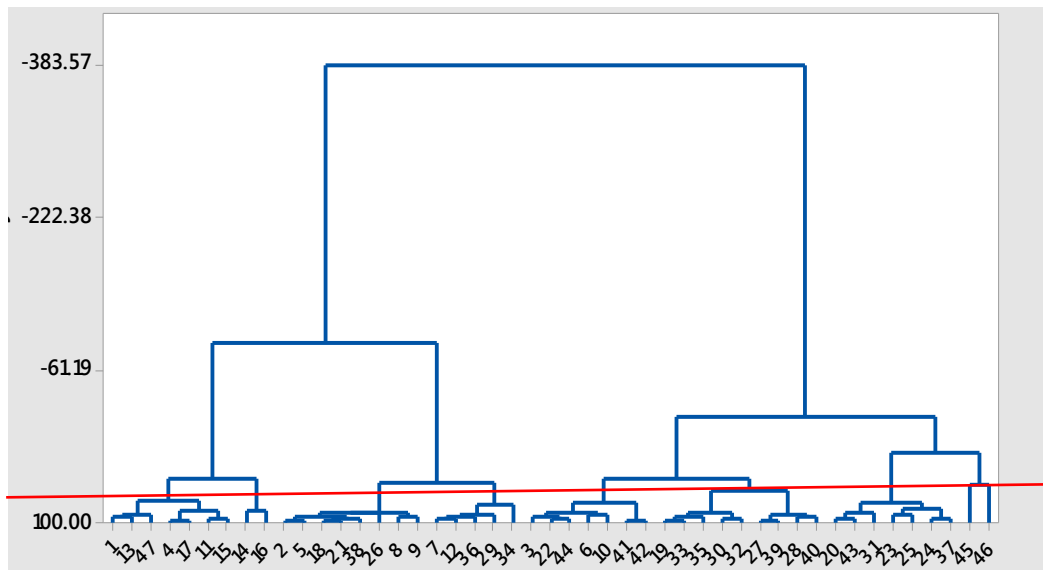
گروه دوم در بر گیرنده ۲۹/۷۸ درصد از جمعیت ژرم‌پلاسم مورد بررسی بود، در این گروه ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۵، ۱۸، ۲۱، ۲۶، ۲۸، ۲۹، ۳۴، ۳۶، ۳۷، ۳۸، ۳۹، ۴۰، ۴۱، ۴۲، ۴۳، ۴۴، ۴۵، ۴۶، ۴۷ و ۴۸ قرار داشت، ژنوتیپ‌های خوشه دوم از عملکرد ریشه، عیار قند، عملکرد قند ناخالص، محتوی سدیم، آلکالیتیه، ضریب استحصالی قند، درصد قند خالص و عملکرد قند ناخالص کمتر از میانگین کل کلاسترها برخوردار بود، در صورتی که مقدار پتاسیم و نیتروژن مضره و همچنین درصد قند ملاس در ژنوتیپ‌های قرار گرفته در خوشه دوم بالاتر از میانگین کل خوشه‌ها بود. مقایسه خوشه یک با خوشه دو نشان داد عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و عملکرد قند خالص در خوشه دوم به صورت معنی‌داری بالاتر از خوشه اول بود، بنابراین می‌توان گفت ژنوتیپ‌های خوشه دوم در مقایسه با خوشه اول که رقم شاهد

داخلی شکوفا در آنها قرار داشت از عملکرد و اجزای عملکرد قند بالاتری برخوردار هستند.

در خوشه شماره سه ژنوتیپ‌های شماره ۲۲، ۴۴، ۶، ۱۰، ۴۱، ۴۲، ۱۹، ۳۳، ۳۵، ۳۰، ۳۲، ۲۷، ۳۹، ۲۸ و ۴۰ قرار گرفتند، ژنوتیپ‌های خوشه مذکور با ۳۱/۹۱ درصد از کل ژرم‌پلاسم مورد بررسی را به خود اختصاص دادند، ژنوتیپ‌های کلاستر سوم از عملکرد ریشه، محتوی سدیم، آلکالیتیه، عملکرد قند خالص و قند ملاس بالاتر از میانگین کل خوشه‌ها و از عیار قند، عملکرد قند ناخالص، محتوی پتاسیم و نیتروژن مضره، درصد استحصالی قند، درصد قند خالص و عملکرد قند خالص کمتر از میانگین کل خوشه‌ها برخوردار بود، تفاوت بین دو خوشه شماره یک و دو با خوشه سه بدین صورت بود که خوشه شماره سه در مقایسه با دو خوشه مذکور از عملکرد ریشه و عملکرد قند خالص بالاتری برخوردار بود و ژنوتیپ‌های خوشه شماره سه در مقایسه با دو خوشه شماره یک و دو ژنوتیپ‌های مناسبتری به شمار می‌روند.

در نهایت ۱۹/۱۴ درصد از جمعیت مورد بررسی در خوشه شماره ۴ قرار داشتند که شامل ژنوتیپ‌های شماره ۲۰، ۴۳، ۳۱، ۲۳، ۲۵، ۲۴، ۳۷، ۴۵ (Succara) و ۴۶ (BTS 213) بودند. ژنوتیپ‌های کلاستر مذکور از عملکرد ریشه، عیار قند، عملکرد قند ناخالص، آلکالیتیه ریشه، درصد استحصالی قند، درصد قند خالص و عملکرد قند خالص بالاتر از میانگین کل خوشه‌ها و همچنین بالاتر از میانگین سه کلاستر دیگر برخوردار بود، همچنین مقدار ناخالصی‌ها سدیم، پتاسیم، نیتروژن مضره و درصد قند ملاس در خوشه چهار کمتر از میانگین کل و میانگین سه خوشه دیگر بود.

بر اساس نتایج همبستگی و تجزیه رگرسیون و علیت محتوی پتاسیم ریشه و عیار قند به‌عنوان مؤثرترین صفات در توجیه تغییرات عملکرد قند خالص شناسایی شدند، بالا بودن عملکرد قند خالص در ژنوتیپ‌های خوشه چهار را می‌توان به کم بودن محتوی پتاسیم ریشه و بالا بودن عیار قند این ژنوتیپ‌ها در مقایسه با سایر خوشه‌ها نسبت داد. با توجه به اینکه ژنوتیپ‌های شماره ۲۰، ۴۳، ۳۱، ۲۳، ۲۵، ۲۴ با ارقام شاهد خارجی در یک خوشه قرار داشتند و خصوصیات کمی و کیفی یکسانی با شاهد خارجی نشان دادند، گزینش این ژنوتیپ‌ها به‌خصوص والد‌گرده افشان آنها برای برنامه‌های آتی به‌نژادی قابل توصیه است.



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر ۴۷ ژنوتیپ چغندر قند در آلودگی طبیعی رایزومونیا
Figure 1. dendrogram of cluster analysis of 47 sugar beet genotypes under natural Rhizomonium infection conditions

جدول ۶- تجزیه کلاستر و مقایسه میانگین گروه‌ها از لحاظ صفات مورد بررسی در آلودگی طبیعی رایزومونیا
Table 6. Cluster analysis and comparison of mean groups in terms of under natural Rhizomonium infection conditions

SOV	درجه آزادی	عملکرد ریشه	عیار قند	عملکرد قند ناخالص	سدیم	پتاسیم	نیترोजن مضره	آلکالینته	ضریب استحصال	درصد قند خالص	عملکرد قند خالص	ملاس
بین گروه‌ها	۳	۲۴۶/۶۵**	۰/۶۴*	۷/۰۶*	۰/۱۸*	۰/۶۹**	۰/۲۱**	۱/۰۳**	۹/۱۰**	۱/۱۹*	۵/۲۸**	۰/۱۳**
درون گروه	۴۳	۲/۶۹	۰/۱۹	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۲۱	۱/۵۰	۰/۲۸	۰/۰۹	۰/۰۱
خوشه ۱	-	۵۱/۲۶d	۱۶/۴۰ab	۸/۲۸d	۲/۳۱b	۶/۳۲a	۲/۲۲a	۴/۲۰c	۷۸/۶۹b	۱۲/۹۴b	۶/۷۲d	۲/۸۶a
خوشه ۲	-	۵۶/۵۲c	۱۶/۳۰b	۹/۱۹c	۲/۳۳b	۶/۰۷ab	۲/۱۴a	۴/۲۸bc	۷۹/۱۲b	۱۲/۹۳b	۷/۴۱c	۲/۷۷a
خوشه ۳	-	۴۰/۲۹a	۱۶/۱۳b	۹/۷۱b	۲/۵۲a	۵/۹۷b	۱/۹۸b	۴/۸۰a	۷۸/۷۸b	۱۲/۷۴b	۷/۸۰b	۲/۷۸a
خوشه ۴	-	۶۲/۹۳a	۱۶/۷۰a	۱۰/۴۴a	۲/۲۳b	۵/۶۶c	۱/۹۰b	۴/۶۶ab	۸۰/۷۷a	۱۲/۵۲a	۸/۵۴a	۲/۵۷b
میانگین	-	۵۷/۷۵	۱۶/۳۸	۹/۴۳	۲/۳۴	۶/۰۰	۲/۰۶	۴/۴۸	۷۹/۳۴	۱۳/۰۳	۷/۶۱	۲/۷۴

ns و **: به ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱

تجزیه به عامل‌ها و بای پلات

در تجزیه به عامل‌ها مقدار آماره KMO برابر ۰/۸۱ بود و همچنین در هر دو شرایط آزمون اسفربستی بار تلت معنی‌دار شد که بیانگر کافی بودن مقادیر همبستگی متغیرهای اولیه برای تجزیه به عامل‌ها بود. در تجزیه به عامل‌ها از طریق تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با در نظر گرفتن مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک، دو عامل شناسایی شد که ۸۲/۵۲ درصد از تغییرات داده‌ها را تبیین کردند (جدول ۷). در این مطالعه ضرایب عاملی بزرگ‌تر از ۰/۵ صرف‌نظر از علامت مربوطه به‌عنوان ضرایب معنی‌دار در نظر گرفته شدند.

عامل اول که بیشترین مقدار از تغییرات داده‌ها را تبیین کرد (۵۱/۷۳ درصد) دارای ضرایب عاملی بزرگ و مثبت برای صفات درصد قند خالص، عیار قند و ضریب استحصال قند و ضرایب عاملی بزرگ و منفی برای سدیم ریشه، درصد قند ملاس و آلکالینته بودند. عامل اول را می‌توان عامل خصوصیات کیفی نامید. عامل دوم نیز که ۳۰/۷۹ درصد از کل تغییرات داده‌ها را تبیین کرد دارای ضرایب همبستگی درونی مثبت با عملکرد ریشه، عملکرد قند خالص، عملکرد

بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای می‌توان اظهار داشت که ۱۴/۱۲ درصد هیبریدهای اصلاحی مورد بررسی از خصوصیات کمی و کیفی یکسانی با آخرین رقم اصلاحی ثبت شده در کشور (رقم شکوفا) برخوردار بودند، در حالیکه ۸۵/۸۸ درصد دیگر از جامعه اصلاحی به‌صورت معنی‌داری از خصوصیات کمی و کیفی بالاتری نسبت به رقم شاهد داخلی برخوردار بودند، همچنین ۱۹/۱۴ درصد از هیبریدهای تهیه شده و مورد مطالعه از لحاظ خصوصیات کمی و کیفی با ارقام شاهد خارجی در یک گروه یکسان قرار گرفتند، که بیانگر امکان رقابت هیبریدهای اصلاحی مورد بررسی با ارقام خارجی متداول در جهان است. در مطالعه احمدی و همکاران (۲۰۲۰) ۱۲ رقم مختلف چغندر قند از لحاظ عملکرد، کیفیت محصول و همچنین شاخص آلودگی به بیماری ریزومانیا، به سه گروه دسته‌بندی شدند فتوحی و همکاران (۱۱) با استفاده از تجزیه خوشه‌ای ۳۷ فامیل ناتنی را به سه گروه دسته‌بندی کرد و اظهار داشت HSF-883 در هر دو شرایط نرمال و کم‌آبی بهترین خصوصیات کمی و کیفی را به‌خود اختصاص داد.

عملکرد قند ناخالص در این ژنوتیپ‌ها پایین و محتوی سدیم ریشه، درصد قند ملاس، آلکالیت، نیتروژن مضره و محتوی پتاسیم ریشه در این ژنوتیپ‌ها در مقایسه با دیگر ژنوتیپ‌ها بالا بود.

در ناحیه چهار بای‌پلات، ژنوتیپ‌های شماره ۳۳، ۴۳، ۴۴، ۲۲، ۲۵، ۲۳، ۲۷، ۳۹، ۲۶، ۴۰، ۴۱، ۲۸ و ۴۲ قرار داشتند، این ژنوتیپ‌ها دارای ضرایب منفی با عامل اول و ضرایب مثبت با عامل دوم بودند، یعنی در مقایسه با دیگر ژنوتیپ‌ها از درصد قند خالص، عیار قند، ضریب استحصال قند، نیتروژن مضره و محتوی پتاسیم ریشه کم و عملکرد ریشه، عملکرد قند خالص، عملکرد قند ناخالص، سدیم ریشه، درصد قند ملاس و آلکالیت بالا برخوردار بودند (شکل ۲).

نیازبان و همکاران (۲۲) در تجزیه عاملی، پنج عامل مختلف را شناسایی کردند که در مجموع ۸۲/۵۲ درصد از کل تغییرات داده‌ها را تبیین نمودند، آنها این عوامل را به ترتیب اهمیت عامل قند خالص، عامل عملکرد (ریشه و قند)، خصوصیات مورفولوژیک ریشه، مقاومت به بولتینگ و سرکوسپورا نامگذاری کردند.

نتیجه‌گیری کلی

در این بررسی صفات عیار قند و محتوی پتاسیم ریشه از مقدار وراثت‌پذیری بالایی برخوردار بودند و نقش چشم‌گیری در توجیه تغییرات عملکرد قند خالص داشتند، می‌توان نتیجه گرفت که در توده ژنتیکی مورد مطالعه گزینش بر اساس عیار قند بالا و محتوی پتاسیم کم ما را در دستیابی به ژنوتیپ‌های با عملکرد قند خالص بالا یاری خواهد کرد، همچنین در این مطالعه هیبریدهای شماره ۲۰، ۴۳، ۳۱، ۲۳، ۲۵، ۲۴ و ۳۷ و ارقام شاهد خارجی Succara و BTS 213 از لحاظ خصوصیات کمی و کیفی در یک گروه قرار داشتند، بنابراین گزینش هیبریدهای مذکور برای برنامه‌های آتی به‌نژادی و معرفی رقم قابل توصیه می‌باشند.

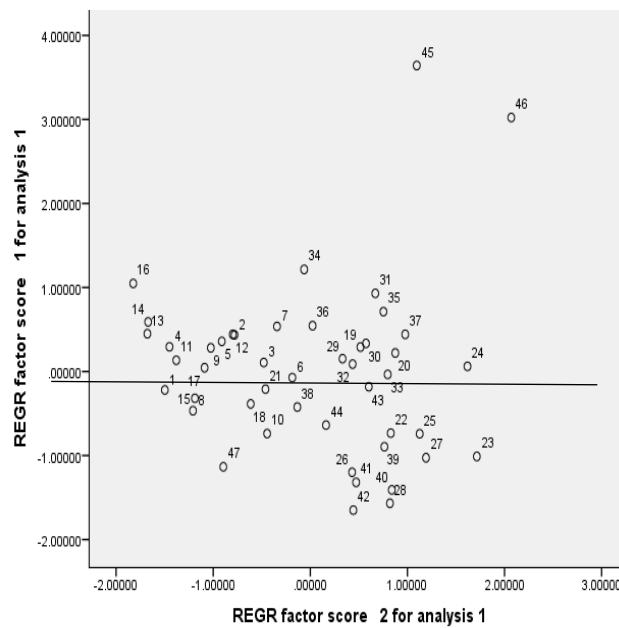
قند ناخالص و ضرایب همبستگی درونی منفی و معنی‌دار با نیتروژن مضره و محتوی پتاسیم ریشه بود، عامل دوم را می‌توان عامل عملکرد و اجزای عملکرد ریشه نامید (شکل ۲). گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس دو مؤلفه تحلیل عامل ژنوتیپ‌ها را در چهار منطقه قرار داد، در منطقه اول که دارای مقادیر مثبت با هر دو عامل بود ژنوتیپ‌های شماره ۲۴، ۲۰، ۳۷، ۳۰، ۳۲، ۱۹، ۲۹، ۳۱، ۳۵، ۳۶، ۳۴، ۴۵ (Succara) و ۴۶ (BTS 213) قرار گرفتند، قرارگیری این ژنوتیپ‌ها در این ناحیه بیانگر آن بود که این ژنوتیپ‌ها از خصوصیات کیفی (عامل اول) و عملکرد و اجزای عملکرد (عامل دوم) مناسبی برخوردارند، با این‌صورت که درصد قند خالص، عیار قند، ضریب استحصال قند، عملکرد ریشه، عملکرد قند خالص، عملکرد قند ناخالص در این ژنوتیپ‌ها بالا و محتوی سدیم ریشه، درصد قند ملاس، آلکالیت، نیتروژن مضره و محتوی پتاسیم ریشه در این ژنوتیپ‌ها در مقایسه با دیگر ژنوتیپ‌ها پایین بود. قسمت اعظم ژنوتیپ‌های قرار گرفته در ناحیه اول بای‌پلات در خوشه شماره ۴ تجزیه خوشه‌ای قرار داشتند (شکل ۲).

در ناحیه دو ژنوتیپ‌های شماره ۷، ۳، ۲، ۱۲، ۵، ۹، ۱۷، ۱۱، ۴، ۱۳، ۱۴ و ۱۶ قرار گرفت، این ژنوتیپ‌ها دارای ضرایب مثبت با عامل اول و ضرایب منفی با عامل دوم بودند، یعنی در مقایسه با دیگر ژنوتیپ‌ها از درصد قند خالص، عیار قند، ضریب استحصال قند، نیتروژن مضره و محتوی پتاسیم ریشه بالا و عملکرد ریشه، عملکرد قند خالص، عملکرد قند ناخالص، سدیم ریشه، درصد قند ملاس و آلکالیت کم برخوردار بودند (شکل ۲).

نامناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها در ناحیه سه بای‌پلات قرار داشتند این ژنوتیپ‌ها شامل ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۳۸، ۲۱، ۱۰، ۱۸، ۱۷، ۸، ۱۵ و ۱ بودند، ۴۷ بودند، ژنوتیپ‌های مذکور دارای ضریب منفی با هر دو عامل بودند. درصد قند خالص، عیار قند، ضریب استحصال قند، عملکرد ریشه، عملکرد قند خالص،

جدول ۷- ضرایب تجزیه به عامل‌ها برای صفات مورد مطالعه بعد از چرخش وریماکس در مجموع چهار مکان

صفات	PC1	PC2	واریانس مشترک
درصد قند خالص	۰/۹۴	۰/۲۰	۰/۹۴
عیار قند	۰/۹۲	۰/۰۵	۰/۸۵
ضریب استحصال قند	۰/۸۹	۰/۴۱	۰/۹۶
سدیم ریشه	-۰/۸۵	۰/۱۴	۰/۷۳
درصد قند ملاس	-۰/۷۳	-۰/۴۶	۰/۸۵
آلکالیت	-۰/۶۴	۰/۴۰	۰/۷۷
عملکرد ریشه	-۰/۰۸	۰/۸۹	۰/۸۱
عملکرد قند ناخالص	۰/۲۵	۰/۸۷	۰/۸۲
عملکرد قند خالص	۰/۳۸	۰/۸۵	۰/۸۷
نیتروژن مضره	۰/۱۵	-۰/۸۳	۰/۷۱
پتاسیم ریشه	-۰/۳۸	-۰/۷۴	۰/۶۸
ریشه مشخصه	۵/۶۰	۳/۳۸	-
درصد واریانس توجیه شده	۷۲/۵۱	۳۰/۷۹	-
درصد تجمعی واریانس توجیه شده	۷۲/۵۱	۸۲/۵۲	-



شکل ۲- بای پلات حاصل از تجزیه کلاستر ۴۷ ژنوتیپ چندرقتند در آلودگی طبیعی رایزومونیا
Figure 2. Biplot of 47 sugar beet genotypes under natural Rhizomania infection conditions

منابع

1. Abbasi Z., A. Arzani and M.M. Majidi. 2014. Evaluation of Genetic Diversity of Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Crossing Parents Using Agro-morphological Traits and Molecular Markers. Journal of Agricultural Science and Technology, 16: 1397-1411.
2. Acquah, G., N.W. Adams and J.O. Kelly. 1992. Factor analysis of plant variable associated with architecture and seed size in day bean. Euphtica, 60: 171-177.
3. Ahmadi, H., J. Hamidi, J. Soltani Idliki, M. Rezaei and M. Kakouinejad. 2020. Correlation between yield and quality traits of sugar beet cultivars with rhizomania disease indices in field contamination conditions. 10.22055 / PPD.2020.32377.1873 (In Persian).
4. Baradaran Firouzabadi, M., N. Farrokhi and M. Parsaeyan. 2011. Sequential path analysis of some yield and quality components in sugar beet grown in normal and drought conditions. Italian Journal of Agronomy, 6(39): 45-51.
5. Bashiri, B., T. Mir Mahmoodi and K. Fotoh. 2015. Evaluation of Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Genotypes for Their Trait Associations under Saline Conditions. Journal of Crop Ecophysiology, 34(2): 243-258.
6. Dewey, D.R. and R.H. Lu. 1959. A correlation and path coefficient analysis of components of crested wheat grass seed production. Agronomy Journal, 51: 515-518.
7. Drishti Singh, A., K. Mall, Varucha Misra, M. Kumar and A.D. Pathak. 2018. Assessment of Coefficient of Variation, Correlations between Yield and Yield Attributes in Sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Plant Archives, 18: 15-18.
8. Falconer, D.S. 1989. Introduction to Quantitative Genetics. (3rd edition) Longman, New York, 415 pp.
9. FAOSTAT. 2019. Crops Production /Yield quantities of Sugar beet. Available at: <http://www.fao.org/faostat/> (Accessed October 4th 2019).
10. Farshadafar, E. 2005. Principles and multivariate statistical methods (second edition). Kermanshah, Publications Taq Bostan, 734 (In Persian).
11. Fotouhi, K., E. Majidi, A. Rajabi and R. Azizinejad. 2017. Study of genetic variation for drought tolerance in sugar beet half-sib families. Journal of Sugar Beet, 33(1): 1-16 (In Persian).
12. Ghafari, E., A. Rajabi, A. Izadi Darbandi, F. Rozbeh and R. Amiri. 2016. Evaluation of New Sugar Beet Monogerm Hybrids for Drought Tolerance. Journal of Crop Breeding, 8(17): 1-16.
13. Hassani, M., B. Heidari and P. Stevanato. 2019. Combining abilities of sugar beet genotypes for root- and sugar-related traits under multi-environment trials. Plant breeding, 139(1): 192-206.
14. ICUMSA. 2009. International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis, Methods Book. Berlin, Bartens.
15. Jobson, J. 2012. Applied multivariate data analysis: volume II: Categorical and Multivariate Methods, Springer Science & Business Media, 732 pp.

16. McGrann, G.R., M.K. Grimmer, E.S. Mutasa-Göttgens and M. Stevens. 2009. Progress towards the understanding and control of sugar beet rhizomania disease. *Molecular Plant Pathology*, 10: 129-141.
17. Miller, P.A., J.C. Williams, J.H.F. Robinson and R.E. Comstock. 1957. Estimates of genotypic and environmental variances and covariances in upland cotton and their implication in selection. *Agronomy Journal*, 29: 126-131.
18. Mobaser, S. and S. Shah Moradi. 1996. Correlation between protein content of the grain yield and some agronomic and morphological traits using path analysis. *Seed and Plant*, 12(2): 24-29.
19. Mohammadnia, M., A. Solaimani, A.H. Shirani Rad and M.R. Naderi. 2006. Effect of Planting Pattern on White – Sugar Yield and Components of Two Cultivars Sugar-Beet, *Journal of Agricultural Sciences*, 12(1): 75-85.
20. Moosavi, S.GH.R., S.H. Ramazani, S. Sadeghzadeh Hemayati and H. Gholizade. 2017. Effect of drought stress on root yield and some morpho-physiological traits in different genotypes of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 20: 167-174.
21. Nabizadeh, E. and K. Fotuhi. 2018. Study of Relationships among Qualitative and Quantitative Traits in Sugar Beet Genotypes Infected with Rhizoctonia. *Journal of Crop Breeding*, 10(27): 94-103.
22. Niazian, M., A. Rajabi, R. Amiri, M.R. Orazizadeh and H. Sharifi. 2012. Surveying the Relations Among Traits Affecting Root Yield and Sugar Content in O-type Lines of Sugar Beet for Winter Sowing. *Journal of Plant Production*, 2(2): 115-135.
23. Pavli, O.I., P. Stevanato, E. Biancardi and G.N. Skaracis. 2011. Achievements and prospects in breeding for rhizomania resistance in sugar beet. *Field Crops Research*, 122: 165-172.
24. Rajabi, A., P. Pirniya, R. Amiri, S. Salimi, M. Ebrahimi and M. Aghaezadeh. 2014. Assessment of heritability and identification of suitable hybrids for late sowing in sugar beet. *Journal of Sugar Beet*, 29(2): 174-163 (In Persian).
25. Rezaei, K., M.J. Zare, F. Hosseinpanahi, A. Bakhshandeh and M. Hosseinpour. 2020. Investigation of the effect of growth period duration on quality and quantity yield of sugar beet (*Beta Vulgaris* L.) under autumn cultivation in Ilam province. *Journal of Plant Process and Function*, 9(38): 187-200.
26. Rush, C.M., H.Y. Liu, R.T. Lewellen and R. Acosta-Leal. 2006. The continuing saga of rhizomania of sugar beets in the United State. *Plant Disease*, 90: 4-15.
27. Safar, S., M. Bazrafshan, M. Khoshnami, A.A. Behrooz, F. Hedayati, M. Maleki, S.B. Mahmoudi and M. Ali Malboobi. 2020. Field evaluation for rhizomania resistance of transgenic sugar beet events based on gene silencing. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 2: 1-10.
28. Sharifi, M. 2014. Correlation and path analysis of white sugar yield with some of traits under irrigated regimes in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) genotypes. *Journal of plant ecophiology*, 6(17): 74-88.
29. Therrien, M.C. 2003. Heritability estimates for forage quality in barley. *Barley Genet. Newsl*, 33: 16-17.

