



## "مقاله پژوهشی"

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

مهدي حسني<sup>۱</sup>، حمزه حمزه<sup>۲</sup>، حامد منصوری<sup>۳</sup>، داريوش فتح الله طالقاني<sup>۴</sup>، علي جليليان<sup>۵</sup>، جمشيد سلطانی ايديليکي<sup>۶</sup>  
مستانه شريفي<sup>۷</sup> و مژده کاكوئي نژاد<sup>۸</sup>

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 مسؤول: 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- مربي، بخش تحقیقات چغندر قند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوي، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

۷- مربي، بخش تحقیقات چغندر قند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوي، 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: ۱۵۹ تا ۱۴۹

## 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 بیان گیاهان زراعی و بیوپاکه ای برخوردار است. با هدف ارزیابی روابط بین صفات و گروه‌بندی ژنتیکی 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 بلوك‌های ناقص (Alfa لاتیس) در ۶ تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد عیار قند و عملکرد ریشه به ترتیب با ۸۸/۲۴ و ۵۹/۵۳ درصد به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین مقدار و راست‌پذیری 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 استحصال قند خالص همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی مثبت و معنی‌دار و با محتوى پتانسیم ریشه و درصد قند ملاس همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد. بر مبنای تجزیه رگرسیون گام به گام پتانسیم ریشه، عیار قند و نیتروژن مضره با تبیین ۵۲ درصد از تغییرات به عنوان مؤثر ترین صفات در توجیه تغییرات عملکرد قند خالص شناسایی شدند. بر اساس نتایج تجزیه خوش‌های شامل ۴ ژنتیکی‌ها شامل ۴ هیبرید و ۳ شاهد رقم تجاری چغندر قند به چهار خوشه دسته‌بندی شدند که خوشه شماره چهار شامل هیبریدهای شماره ۴، ۲۰، ۴۳، ۳۱، ۲۵، ۲۴، ۳۷ و ۳۷ و ارقام شاهد خارجی Sucrara 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 محتوى پتانسیم ریشه و عیار قند به عنوان مؤثر ترین صفات و هیبریدهای قرار گرفته در خوشه چهار تجزیه خوش‌های به عنوان مناسب‌ترین هیبرید برای برنامه‌های آتی به نژادی شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه خوش‌های، چغندر قند، عملکرد قند خالص، و راست‌پذیری، همبستگی

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

در برنامه‌های به نژادی 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 دهن، برای محققان دارای اهمیت است. در این بین استفاده از همبستگی بین صفات متداول است اما همبستگی‌ها رابطه علی و معلومی بین صفات را نشان نمی‌دهند، بدلیل اینکه ارتباط را تعدادی از عوامل ناشناخته پدید می‌آورند (۲). بنابراین زمانی که به نژادگر تعداد زیادی مواد ژنتیکی در اختیار دارد، تعیین روابط بر اساس تجزیه علیت می‌تواند کمک مؤثری برای گزینش سریع و زودهنگام مواد ژنتیکی باشد (۱۸) تجزیه علیت، رگرسیون جزئی

## 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 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 (۳۳). عامل این بیماری ویروس رگبرگ زرد نکروتیک چغندر (*Beet necrotic yellow vein virus*) می‌باشد. این ویروس در طبیعت توسط شبه قارچ *Polymyxa betae* انتقال می‌باید (۲۶). در حال حاضر موثر ترین 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 به عنوان تأثیرگذارترین صفات بر عملکرد قند خالص شناسایی کردند. با توجه به مطالعه ذکر شده تحقیق حاضر با هدف شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد ریشه و عملکرد قند خالص و گروه‌بندی، مقایسه و شناسایی ژنتیک‌های با پتانسیل عملکرد بالا در شرایط آلوودگی طبیعی به رایزومانیا انجام شد.

### مواد و روش‌ها

در این پژوهش تعداد ۴۷ ژنتیک چندر قند (جدول ۱)، شامل ۴۴ هیرید جدید و ۳ رقم تجاری به منظور ارزیابی روابط بین صفات و گروه‌بندی هیریدهای از لحاظ صفات کمی و کیفی در شرایط آلوودگی طبیعی رایزومونیا در چهار منطقه (همدان، کرمانشاه، مشهد و شیراز) در سال ۱۳۹۸ مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های ناقص (alfa لاتیس) در ۶ تکرار اجرا شد. با توجه به اینکه مقدار کارایی طرح بلوک ناقص نسبت به بلوک کامل یکسان بود، طرح به صورت 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 درسه 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 قند خالص مربوط به همان کرت ضرب و سپس ارقام به دست آمده به صورت عملکرد قند ناخالص و قند خالص در هکتار بر اساس روابط (۱)، (۲) و (۳) ثبت گردید.

(رابطه ۱)  $\text{قند ملاس} - \text{درصد قند} = \text{درصد قند قابل استحصال}$   
(رابطه ۲)

$$\text{درصد قند قابل استحصال} \times \text{عملکرد ریشه} (\text{تن در هکتار}) = \text{عملکرد قند خالص}$$

(رابطه ۳)

$$100 \times (\text{درصد قند ناخالص} / \text{درصد قند خالص}) = \text{ضریب استحصال قند}$$

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 هالتی تعیین‌بافته 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 در عین 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 درون گروهی 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، ایده‌آل ترین نتیجه از تجزیه خوش‌های وققی بدست می‌آید که واریانس داخل گروه‌ها حداقل و واریانس بین گروه‌ها حداقل 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 تشک کم آبی درصد قند ملاس، عملکرد قند ناخالص و عیار قند به صورت معنی‌داری تعییرات عملکرد قند خالص را تحت تأثیر قرار دادند. در مطالعه فتوحی و همکاران (۱۱) عملکرد قند خالص 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 قند ناخالص، میزان آب نسبی برگ و شاخص کلروفیل اثر مستقیم و معنی‌داری بر عملکرد قند خالص نشان دادند. موسوی و همکاران (۲۰) نشان دادند عملکرد ریشه چندر 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 دمیرگ و درصد ماده خشک ریشه بیشترین تعییرات 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 دادها را توجیه نمودند (۲۱). بشیری و همکاران (۵) بر اساس نتایج ضرایب همبستگی بین صفات، تجزیه رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت تحت

Table 1. List and pedigree of studied genotypes

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 به روش وارد<sup>۱</sup> استفاده شد، تجزیه به عامل‌ها از طریق تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به کمک 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 سدیم 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 به طوری که مقدار وراثت‌پذیری محاسبه شده برای عملکرد ریشه، درصد قند خالص و عملکرد قند خالص به ترتیب برابر ۵۹/۵۳، ۵۹/۵۰ 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 درشتیت 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، ضرایب 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 (۹).

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

در آن  $\sigma_g^2$  و  $\sigma_e^2$  به ترتیب واریانس ژنتیکی، واریانس اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و واریانس خطای  $rl$  تعداد تکرار و ۱ تعداد محیط بود. ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی با استفاده از رابطه ۵ و ۶ محاسبه شد (۹).

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

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

که در آن  $\sigma_p$  و  $\sigma_g$  به ترتیب 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 به کمک آزمون بارتلت، تجزیه واریانس داده‌ها و همچنین برآورد همبستگی‌های فنوتیپی با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 انجام شد. در این بررسی جهت گروه‌بندی

این مطالعه پتاسیم ریشه هم به لحاظ فتوتیپی 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، همچین 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 ( $r_{ph} = -0.93^{***}$  و  $r_g = -0.88^{***}$ ) همبستگی فتوتیپی و ژنتیکی مثبت و معنی‌دار نشان داد همچنین همبستگی فتوتیپی عملکرد ریشه با محتوی پتاسیم ( $r_{ph} = -0.51^{***}$ ،  $r_g = -0.45^{***}$ ) و درصد قند ملاس نیتروژن مضره ( $r_{ph} = -0.55^{***}$ ) و درصد قند ملاس ( $r_{ph} = -0.35^*$  و  $r_g = -0.45^{***}$ ) مثبت و معنی‌دار بود. لازم به ذکر است که همبستگی ژنتیکی با عیار قند ( $r_g = -0.33^{**}$ ) منفی و معنی‌دار بود. در این بررسی همبستگی فتوتیپی 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.

### ضوابط همبستگی فتوتیپی و ژنتیکی

بر اساس نتایج همبستگی بین صفات، عملکرد قند خالص با عملکرد ریشه ( $r_{ph} = -0.87^{***}$  و  $r_g = -0.85^{***}$ )، عیار قند ( $r_{ph} = -0.93^{***}$  و  $r_g = -0.85^{***}$ )، عملکرد قند ناخالص ( $r_{ph} = -0.98^{***}$  و  $r_g = -0.81^{***}$ )، ضریب استحصال قند ( $r_{ph} = -0.63^{***}$  و  $r_g = -0.48^{***}$ ) و درصد قند خالص ( $r_{ph} = -0.53^{***}$  و  $r_g = -0.50^{***}$ ) همبستگی فتوتیپی و ژنتیکی مثبت و معنی‌دار نشان دادند، در حالی که همبستگی فتوتیپی و ژنتیکی عملکرد قند خالص با محتوی پتاسیم ریشه ( $r_{ph} = -0.80^{***}$  و  $r_g = -0.81^{***}$ ) درصد قند ملاس ( $r_{ph} = -0.65^{***}$  و  $r_g = -0.43^{***}$ ) منفی و معنی‌دار بود. لازم به ذکر است که همبستگی فتوتیپی عملکرد قند خالص با نیتروژن مضره ( $r_{ph} = -0.50^{***}$ ) منفی و معنی‌دار بود. تفاوت در مقدار همبستگی فتوتیپی 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

جدول ۲- پارامترهای ژنتیکی محاسبه شده در ژنوتیپ‌های چندر قند در شرایط آلدگی طبیعی رایزومنیا

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

صفات	میانگین	دامنه تغیرات	ضریب تبع فتوتیپی	ضریب تبع ژنتیکی	وارث‌پذیری عومومی
عملکرد ریشه	۶۰/۵۰	۹۱/۷۱	۶۰/۰۲	۴۶/۵	۵۹/۵۳
عيار قند	۱۶/۲۲	۸/۵۵	۳/۵۹	۳/۲۸	۸۸/۲۴
عملکرد قند ناخالص	۹/۶۸	۱۶/۴۱	۸/۶۴	۷/۴۵	۷۴/۳۹
سدیم	۱/۹۰	۷/۳۳	۴۴/۰۳	۳۷/۹۵	۷۴/۲۹
پتاسیم	۵/۴۵	۸/۴۲	۵/۸۳	۵/۰۲	۷۴/۴۶
نیتروژن مضره	۴/۶۰	۱۱/۸۵	۱۱/۵۰	۱۰/۲۰	۷۸/۵۷
آلکالیته	۴/۶۰	۱۱/۸۵	۱۱/۵۰	۱۱/۸۲	۷۹/۹۳
ضریب استحصال	۱۳/۱۹	۲۸/۲۴	۱۳/۲۲	۹/۱۴	۸۷/۵۰
درصد قند خالص	۷/۶۶	۱۰/۴۶	۹/۷۷	۰/۰۷	۷۸/۷۳
عملکرد قند خالص	۸۰/۹۱	۱۴/۴۳	۰/۹۹	۶/۳۰	۷۵/۷۶
درصد قند ملاس	۲/۵۱	۳/۹۰	۷/۲۴		

جدول ۳- ضوابط همبستگی فتوتیپی (اعداد بالای قطر) صفات در چمندر قند تحت شرایط آلدگی طبیعی رایزومنیا

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

عملکرد	عيار قند	عملکرد قند ناخالص	سدیم	پتاسیم	الکالیته	نیتروژن مضره	ضریب استحصال	درصد قند خالص	عملکرد قند خالص	درصد قند ملاس
عملکرد ریشه	-۰/۳۴*	-۰/۱۴**	-۰/۱۸**	-۰/۲۶ns	-۰/۰۹ns	-۰/۲۸ns	-۰/۰۹ns	-۰/۰۸ns	-۰/۰۹ns	-۰/۰۹ns
عيار قند	-۰/۰۴ns	-۰/۰۵**	-۰/۲۳ns	-۰/۲۷ns	-۰/۱۶ns	-۰/۲۵ns	-۰/۲۷ns	-۰/۱۲ns	-۰/۰۵**	-۰/۰۳ns
عملکرد قند خالص	-۰/۰۳**	-۰/۰۳۱*	-۰/۰۹۳**	-۰/۰۱۱ns	-۰/۰۲۱ns	-۰/۰۱۸ns	-۰/۰۱۶ns	-۰/۰۲۵ns	-۰/۰۲۵ns	-۰/۰۲۵ns
سدیم	-۰/۰۱*	-۰/۰۷۱*	-۰/۰۱۶ns	-۰/۰۲۳*	-۰/۰۱۱ns	-۰/۰۲۸ns	-۰/۰۲۳*	-۰/۰۲۱ns	-۰/۰۱۶ns	-۰/۰۱۶ns
پتاسیم	-۰/۰۵**	-۰/۰۲۱ns	-۰/۰۱۵**	-۰/۰۱۶ns	-۰/۰۰۸ns	-۰/۰۱۸ns	-۰/۰۰۶**	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۱۵**	-۰/۰۱۵**
نیتروژن مضره	-۰/۰۵**	-۰/۰۵۵**	-۰/۰۰۵ns	-۰/۰۱۳**	-۰/۰۰۵ns	-۰/۰۱۳**	-۰/۰۱۳**	-۰/۰۱۳**	-۰/۰۱۳**	-۰/۰۱۳**
آلکالیته	-۰/۰۴**	-۰/۰۳۱*	-۰/۰۱۵**	-۰/۰۱۱ns	-۰/۰۰۸ns	-۰/۰۰۸ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۱۰**
ضریب	-۰/۰۳ns	-۰/۰۳۱*	-۰/۰۱۳ns	-۰/۰۱۱ns	-۰/۰۰۸ns	-۰/۰۰۸ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۱۰**
استحصال	-۰/۰۳ns	-۰/۰۳۱*	-۰/۰۱۳ns	-۰/۰۱۱ns	-۰/۰۰۸ns	-۰/۰۰۸ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۱۰**
درصد	-۰/۰۴ns	-۰/۰۴۰**	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۱۰**
خالص	-۰/۰۳**	-۰/۰۳۱*	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۱۰**
عملکرد	-۰/۰۳**	-۰/۰۳۱*	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۱۰**
درصد	-۰/۰۴ns	-۰/۰۴۰**	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۱۰**
خالص	-۰/۰۳**	-۰/۰۳۱*	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۱۰**
عملکرد	-۰/۰۳**	-۰/۰۳۱*	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۱۰**
درصد	-۰/۰۴ns	-۰/۰۴۰**	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۱۰**
خالص	-۰/۰۳**	-۰/۰۳۱*	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۱۰**
ملاد	-۰/۰۳**	-۰/۰۳۱*	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۰۷ns	-۰/۰۱۰**	-۰/۰۱۰**

\*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 پتابسیم و نیتروژن مضره ریشه موجب کاهش عملکرد ریشه در رابطه خواهد شد.

نتایج تجزیه علیت صفات مؤثر بر عملکرد قند خالص (جدول ۵) نشان داد پتابسیم ریشه در سطح احتمال یک درصد و نیتروژن مضره در سطح احتمال پنج درصد اثر مستقیم منفی و معنی دار بر عملکرد قند خالص نشان دادند، در حالی که اثرات مستقیم عیار قند بر عملکرد قند خالص در سطح احتمال یک درصد مثبت و معنی دار بود.

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

در مطالعه نیازیان و همکاران (۲۲) همبستگی درصد قند خالص با عیار قند و ضریب استحصال قند مثبت و معنی دار و با محتوی سدیم، پتابسیم، نیتروژن و قند ملاس منفی و معنی دار 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 معنی دار و با محتوی پتابسیم ریشه و آکالیته در سطح احتمال یک درصد همبستگی منفی و معنی دار نشان داد. با توجه به نتایج ضرایب همبستگی می‌توان اظهار داشت عملکرد ریشه، عیار قند، عملکرد قند ناخالص، عملکرد قند خالص، ضریب استحصال، پتابسیم ریشه و آکالیته 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 معنی دار و با درصد قند ملاس، نیتروژن مضره، سدیم و پتابسیم ریشه منفی و معنی دار بود. همچنین در مطالعه رضایی و همکاران (۲۵) همبستگی عملکرد قند خالص با عملکرد ریشه و عملکرد قند خالص معنی دار 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 معنی دار بود.

#### تجزیه رگرسیون و علیت

نتایج تجزیه رگرسیون چندگانه برای مشخص نمودن اجزای مؤثر بر عملکرد قند خالص به عنوان صفت و ایسته در متوسط چهار مکان در جدول (۴) درج شده است. در این مطالعه میزان پتابسیم ریشه، عیار قند و نیتروژن مضره با تبیین ۵۲ درصد (ضریب تبیین تعديل شده) از تغییرات عملکرد قند خالص به عنوان تأثیرگزارترین صفات در توجیه تغییرات عملکرد قند خالص شناسایی شدند. در بین صفات مذکور مقدار پتابسیم ریشه، عیار قند و نیتروژن مضره ریشه به تنها بیان 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 پتابسیم ریشه، عیار قند و نیتروژن مضره به عنوان متغیرهای مستقل به ترتیب با X2 و X3 نشان داد.

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

Table 4. Results of stepwise regression analysis of traits affecting white sugar yield

متغیرها	عدد ثابت
پتابسیم ریشه	-۰/۱۲
عیار قند	-۱/۲۴
نیتروژن مضره	۰/۶۶
ضریب تبیین	۰/۴۳
ضریب تبیین تعديل شده <sup>2</sup>	۰/۴۳

جدول ۵- تجزیه علیت صفات مؤثر بر عملکرد قند خالص

Table 5. Pathway analysis of the traits affecting white sugar yield

متغیرها	اثر مستقیم	متغیرها	اثر مستقیم
پتابسیم	-۰/۴۵ <sup>**</sup>	پتابسیم	-۰/۴۵ <sup>**</sup>
عیار قند	۰/۴۰ <sup>**</sup>	عیار قند	۰/۴۰ <sup>**</sup>
نیتروژن مضره	-۰/۲۹ <sup>*</sup>	نیتروژن مضره	-۰/۲۹ <sup>*</sup>

\* و \*\*: به ترتیب عدم معنی دار و معنی دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱.

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

در خوش شماره سه ژنوتیپ‌های شماره ۲۲، ۴۴، ۶، ۱۰، ۴۱،  
۴۲، ۳۵، ۳۳، ۱۹، ۳۰، ۳۲، ۳۷، ۲۷، ۲۸، ۳۹ و ۴۰ قرار گرفتند،  
ژنوتیپ‌های خوش مذکور با ۳۱/۹۱ درصد از کل ژرمپلاسم  
مورد بررسی را به خود اختصاص دادند، ژنوتیپ‌های کلاستر  
سوم از عملکرد ریشه، محتوی سدیم، آلکالیته، عملکرد قند  
خالص و قند ملاس بالاتر از میانگین کل خوش‌ها و از عیار  
قند، عملکرد قند ناخالص، محتوی پتاسیم و نیتروژن مضره،  
درصد استحصال قند، درصد قند خالص و عملکرد قند خالص  
کمتر از میانگین کل خوش‌ها برخوردار بود، تفاوت بین دو  
خوش شماره یک و دو با خوش سه بدین صورت بود که خوش  
شماره سه در مقایسه با دو خوش مذکور از عملکرد ریشه و  
عملکرد قند خالص بالاتری برخوردار بود و ژنوتیپ‌های خوش  
شماره سه در مقایسه با دو خوش شماره یک و دو ژنوتیپ‌های  
مناسبتری به شمار می‌روند.

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

بر اساس نتایج همبستگی و تجزیه رگرسیون و علیت  
محتوی پتاسیم ریشه و عیار قند به عنوان مؤثرترین صفات در  
تجیه تغییرات عملکرد قند خالص شناسایی شدند، بالا بودن  
عملکرد قند خالص در ژنوتیپ‌های خوش چهار را می‌توان به  
کم بودن محتوی پتاسیم ریشه و بالا بودن عیار قند این  
ژنوتیپ‌ها در مقایسه با سایر خوش‌ها نسبت داد. با توجه به  
اینکه ژنوتیپ‌های شماره ۲۰، ۴۳، ۳۱، ۳۰، ۲۳، ۲۵، ۲۴ با ارقام  
شاهد خارجی در یک خوش قرار داشتند و خصوصیات کمی و  
کیفی یکسانی با شاهد خارجی نشان دادند، گزینش این  
ژنوتیپ‌ها بهخصوص والد گرده افسان آنها برای برنامه‌های  
آتی به نژادی قابل توصیه است.

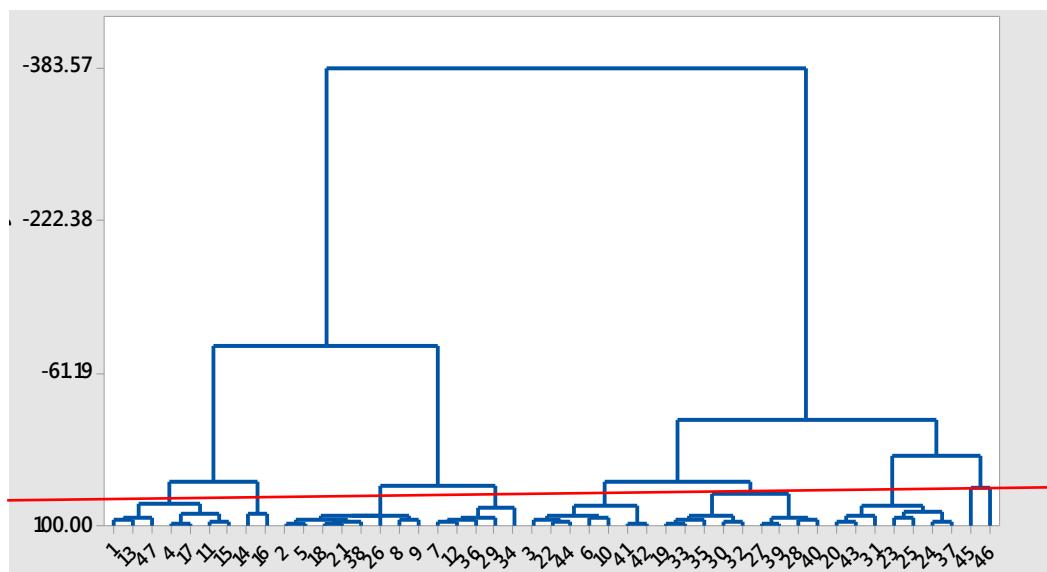
### تجزیه خوش‌های

دندروگرام حاصل از تجزیه خوش‌های ۴۷ ژنوتیپ چندر 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، آلکالیته، ضریب استحصال 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 معنی دار بود (جدول ۶).

در گروه اول ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۱۱، ۴، ۱۵، ۱۴، ۱۳،  
۱۶، ۱۷ و ۴۷ (رقم شاهد داخلی شکوفا) قرار داشت که  
درصد از کل جمعیت مورد بررسی را تشکیل دادند،  
ژنوتیپ‌های واقع در خوش اول از مقادیر عملکرد ریشه،  
عملکرد قند خالص، آلکالیته ریشه، درصد استحصال 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 خوش برخوردار بود.

با توجه به پایین بودن عملکرد ریشه و عملکرد قند خالص  
در این گروه گزینش ژنوتیپ‌ها بر اساس خوش 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،  
۳۸، ۲۱، ۷، ۹، ۸، ۲۶، ۱۲، ۳۶، ۳۴، ۲۹ و ۳ قرار داشت،  
ژنوتیپ‌های خوش دوم از عملکرد ریشه، عیار قند، عملکرد  
قند ناخالص، محتوی سدیم، آلکالیته، ضریب استحصال قند،  
درصد قند خالص و عملکرد قند ناخالص کمتر از میانگین کل  
کلاسترها برخوردار بود، درصورتی که مقدار پتاسیم و نیتروژن  
مضره و همچنین درصد قند ملاس در ژنوتیپ‌های قرار گرفته  
در خوش دوم بالاتر از میانگین کل خوش‌ها بود. مقایسه  
خوش یک با خوش دو نشان داد عملکرد ریشه، عملکرد قند  
ناخالص و عملکرد قند خالص در خوش دوم به صورت  
معنی‌داری بالاتر از خوش اول بود، بنابراین می‌توان گفت  
ژنوتیپ‌های خوش دوم در مقایسه با خوش اول که رقم شاهد



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه کالاستر ۴۷ ژنوتیپ چندرنده در آلودگی طبیعی رایزومونیا

Figure 1. dendrogram of cluster analysis of 47 sugar beet genotypes under natural Rhizomonia infection conditions

جدول ۶- تجزیه کلاستر و مقایسه میانگین گروه ها از لحاظ صفات مورد بررسی در آلودگی طبیعی رایزوکتونیا  
and comparison of mean groups in terms of under natural Rhizomonia infection conditions

Table 6. Cluster analysis and comparison of mean groups in terms of under natural Rhizomonia infection conditions													
فند ملاس	عملکرد قند خالص	درصد قند خالص	ضریب استحصال	الکالیته نیتروژن	پتاسیم	سدیم	عملکرد قد ناخالص	عيار قند ریشه	عملکرد آزادی	درجہ گروہ	sov		
۰/۱۷**	۵/۲۸**	۱/۱۹*	۹/۱۰**	۱/۰۳**	۰/۲۱**	۰/۵۹**	۰/۱۸*	۷/۰۶*	۰/۵۴*	۲۴۶/۶۵**	۳	بین گروہ‌ها	
۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۲۸	۱/۵۰	۰/۲۱	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۱۹	۲/۶۹	۴۳	درون گروہ	
۲/۸۵a	۶/۲۲d	۱۲/۹۴b	۷۸/۶۹b	۴/۱۰c	۲/۲۲a	۶/۳۲a	۲/۱۶b	۸/۴۳d	۱۶/۴۰ab	۵۱/۲۶d	-	۱ خوشے	
۲/۷۷a	۷/۴۱c	۱۲/۹۳b	۷۹/۱۲b	۴/۲۸bc	۲/۱۴a	۶/۰۷ab	۲/۳۳b	۹/۱۹c	۱۶/۳۰b	۵۶/۵۲c	-	۲ خوشے	
۲/۷۸a	۷/۸۰b	۱۲/۷۴b	۷۸/۷۸b	۴/۸۰a	۱/۹۸b	۵/۹۷b	۲/۰۲a	۹/۷۱b	۱۶/۱۳b	۴۰/۲۹a	-	۳ خوشے	
۲/۵۷b	۸/۵۴a	۱۳/۵۲a	۸/۰۷۷a	۴/۶۶ab	۱/۹۰b	۵/۶۶c	۲/۲۳b	۱۰/۴۴a	۱۶/۷۰a	۶۲/۹۳a	-	۴ خوشے	
۲/۷۴	۷/۶۱	۱۳/۰۳	۷۹/۲۴	۴/۴۸	۲/۰۶	۶/۰۰	۲/۴۴	۹/۴۳	۱۶/۲۸	۵۷/۷۵	-	یا نگذین	

تجزیه به عامل‌ها و بای‌بلاط در تجزیه به عامل‌ها مقدار آماره KMO برابر ۰/۸۱ بود و همچنین در هر دو شرایط آزمون اسپرسیستی بارتلت 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 درنظر 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 به عنوان ضرایب معنی‌دار در نظر گرفته شدند.

عامل اول که بیشترین مقدار از تغییرات داده‌ها را تبیین کرد (۵۱/۷۲ 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 آلکالیته 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 هم‌ستگی درونی، مثبت با عملکرد ریشه، عملکرد قند خالص، عملکرد

بر اساس نتایج تجزیه خوشباهی می‌توان اظهار داشت که درصد هیریدهای اصلاحی مورد بررسی از خصوصیات کمی و کیفی یکسانی با آخرين رقم اصلاحی ثبت شده در کشور (رقم شکوفا) برخوردار بودند، در حالیکه ۸۵/۸۸ درصد دیگر از جامعه اصلاحی به صورت معنی داری از خصوصیات کمی و کیفی بالاتری نسبت به رقم شاهد داخلی برخوردار بودند، همچنین ۱۹/۱۴ درصد از هیریدهای 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 هیریدهای اصلاحی مورد بررسی با ارقام خارجی متداول در جهان است. در مطالعه احمدی و همکاران (۲۰۲۰) رقم مختلف چندگزند از لحاظ عملکرد، کیفیت محصول و همچنین شاخص الودگی به بیماری ریزومانیا، به سه گروه دسته‌بندی شدند فتوحی و همکاران (۱۱) با استفاده از تجزیه خوشباهی ۳۷ فامیل ناتی را به سه گروه دسته‌بندی کرد و اظهار داشت HSF-883 در هر دو شرایط نرمال و کم‌آبی بهترین خصوصیات کمی و کیفی را به خود اختصاص داد.

عملکرد قند ناخالص در این ژنوتیپ‌ها پایین و محتوی سدیم ریشه، درصد قند ملاس، آلkalیته، 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، ۲۷، ۳۹، ۴۰، ۴۱، ۴۲ و ۲۸ در قرار داشتن، 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 از درصد قند خالص، عملکرد قند ناخالص، سدیم ریشه، درصد قند ملاس و آلkalیته بالا برخوردار بودند (شکل ۲).

نیازیان 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 و راثت‌پذیری 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، ممچین در این مطالعه هیبریدهای شماره ۲۰، ۲۳، ۳۱، ۴۳، ۲۵، ۲۳، ۳۱ و ۳۷ و ارقام شاهد خارجی Succara و 213 BTS از لحاظ خصوصیات کمی و کیفی در یک گروه قرار داشتند، بنابراین گزینش هیبریدهای مذکور برای برنامه‌های آتی بهترزایی و معرفی رقم قابل توصیه می‌باشد.

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 استحصال قند 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 ۲۰، ۲۴، ۳۷، ۳۲، ۳۰، ۱۹، ۳۲، ۳۱، ۲۹ (BTS 213) قرار گرفته، قرارگیری این ژنوتیپ‌ها در این ناحیه بیانگر آن بود که این ژنوتیپ‌ها از خصوصات کیفی (عامل اول) و عملکرد و اجزای استحصال (عامل دوم) مناسبی برخوردارند، با این صورت 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، آلkalیته، 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 خوش شماره ۴ تجزیه خوش‌های قرار داشتند (شکل ۲).

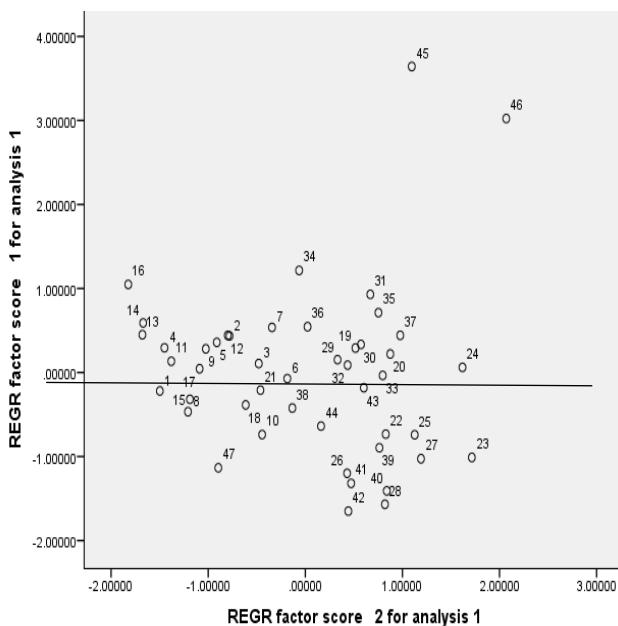
در ناحیه دو ژنوتیپ‌های شماره ۷، ۳، ۲، ۵، ۱۲، ۹، ۱۷، ۱۱، ۱۳، ۱۴ و ۱۶ قرار گرفت، این ژنوتیپ‌ها دارای ضرایب مثبت با عامل اول و ضرایب منفی با عامل دوم بودند، یعنی در مقایسه با دیگر ژنوتیپ‌ها از درصد قند خالص، عیار قند، ضریب استحصال قند، نیتروژن مضره و محتوی پتاسیم ریشه با هر دو عامل بودند. درصد قند خالص،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

نامناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها در ناحیه سه بای‌پلات قرار داشتند، این ژنوتیپ‌ها شامل ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۳۸، ۲۱، ۱۰، ۱۸، ۱، ۱۵، ۸ و 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 و ریماکس در مجموع چهار مکان

Table 7. Factor analysis results of under studied traits After the Verimax rotation of four locations

واریانس مشترک	PC 2	PCI	صفات
.۹۴	.۰۲۰	.۹۴	درصد قند خالص
.۱۵	.۰۰۵	.۹۲	عیار قند
.۹۶	.۰۴۱	.۰۹	ضریب استحصال قند
.۷۳	.۰۱۴	-.۰۸۵	سدیم ریشه
.۸۵	-.۰۴۶	-.۰۷۳	درصد قند ملاس
.۷۷	.۰۴۰	-.۰۶۴	آلkalیته
.۸۱	.۰۸۹	-.۰۰۸	عملکرد ریشه
.۸۲	.۰۸۷	.۰۲۵	عملکرد قند ناخالص
.۸۷	.۰۸۵	.۰۳۸	عملکرد قند خالص
.۷۱	-.۰۸۳	.۰۱۵	نیتروژن مضره
.۸۸	-.۰۷۴	-.۰۳۸	پتاسیم ریشه
-	۳/۲۸	.۵/۶۰	ریشه مشخصه
-	.۳۰/۷۹	.۷۲/۵۱	درصد واریانس توجیه شده
-	.۸۲/۵۲	.۷۲/۵۱	درصد تجمعی واریانس توجیه شده



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

#### منابع

- 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.
- Acquah, G., N.W. Adams and J.O. Kelly. 1992. Factor analysis of plant variable associated with architecture and seed size in day bean. Euphytica, 60: 171-177.
- 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).
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Falconer, D.S. 1989. Introduction to Quantitative Genetics. (3rd edition ) Longman, New York, 415 pp.
- FAOSTAT. 2019. Crops Production /Yield quantities of Sugar beet. Available at: <http://www.fao.org/faostat/> (Accessed October 4<sup>th</sup> 2019).
- Farshadafar, E. 2005. Principles and multivariate statistical methods (second edition). Kermanshah, Publications Taq Bostan, 734 (In Persian).
- 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).
- 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.
- 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.
- ICUMSA. 2009. International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis, Methods Book. Berlin, Bartens.
- 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. Fotohi. 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. Aghaeenezadeh. 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. Hosseinpahahi, 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 ecophysiology*, 6(17): 74-88.
29. Therrien, M.C. 2003. Heritability estimates for forage quality in barley. *Barley Genet. News*, 33: 16-17.

## Evaluation of Genetic Parameters, Relationships between Traits and Grouping of New Sugar Beet Hybrids in Terms of Quantitative and Qualitative Traits under Rhizomania Contamination Condition

Mehdi Hasani<sup>1</sup>, Hamza Hamza<sup>2</sup>, Hamed Mansori<sup>3</sup>, Dariush Fathullah Taleghani<sup>4</sup>, Ali Jalilian<sup>5</sup>, Jamshid Soltani Idliki<sup>6</sup>, Mastaneh Sharifi<sup>7</sup> and Mojdeh Kakouinejad<sup>8</sup>

1- Assistant Professor Sugar Beet Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center of Hamedan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Hamedan, Iran  
(Corresponding author: m.hasani@areeo.ac.ir)

2- Assistant Professor Sugar Beet Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center of Hamedan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Hamedan, Iran.

3- Assistant Professor Sugar Beet Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center of Hamedan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Hamedan, Iran.

4- Associate Professor Sugar Beet Seed Institute, Karaj, Iran.

5- Associate Professor, Sugar Beet Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center of Kermanshah, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kermanshah, Iran.

6- Research Instructor, Sugar Beet Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center of Khorasan razavi, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran.

7- Research Instructor, Sugar Beet Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center of Fars, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran

8- Assistant Professor, Sugar Beet Seed Institute, karaj, Iran.

Received: March 6, 2021

Accepted: May 23, 2021

### Abstract

One of the most important diseases of sugar beet (*Beta vulgaris L.*) is Rhizomania or Root madness, which is currently prevalent in all parts of the world. The damage of this disease in susceptible cultivars has been estimated at more than 50% and in some cases up to 100%. Due to the increase in the country's population and the need for sugar, sugar beet crop has a special place among crops. To evaluate genetic parameters, relationships between traits, and grouping of different sugar beet genotypes, 44 sugar beet hybrids in four regions (Hamedan, Kermanshah, Mashhad, and Shiraz) was evaluated in 2019. The experiment was conducted in the form of an incomplete block design (alpha latest) in 6 replications. The results showed that sugar content and root yield with 88.24 and 59.53%, respectively, had the highest and lowest values of broad-sense heritability. In this study, white sugar yield with root yield, sugar content, sugar yield, sugar extraction coefficient, and white sugar content showed a positive and significant phenotypic and genetic correlation, and with root potassium content and molasses sugar had a negative and significant correlation. Based on stepwise regression analysis root potassium, sugar content, and nitrogen content were explained 52% of the white sugar yield variation and identified as the most effective traits in justifying white sugar yield variation. Cluster analysis classified 44 hybrids and 3 controls of sugar beet cultivar into four clusters in four locations. Cluster number four included hybrids No. 20, 43, 31, 23, 25, 24, and 37 and foreign control cultivars Succara and BTS 213, and had the most suitable quantitative and qualitative characteristics. In factor analysis through principal component analysis, two factors were identified that explained 82.52% of the total variance of the data. In this study, root potassium content and sugar content were identified as the most effective traits, and hybrids located in the cluster of four identified as the most suitable hybrid for future breeding programs.

**Keywords:** Cluster analysis, Genetic correlation, Heritability, White sugar yield