مقاله پژوهشی

نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال شانزدهم، شماره ۶۳، پاییز ۱۴۰۰ / صفحات: ۱۲۸-۱۱۶

Doi: 10.30495/iper.2021.686564 ***Dor: 20.1001.1.76712423.1400.16.63.9.1***

انتخاب صفات مؤثر بر عملکرد قند به‌عنوان شاخص‌های انتخاب در ارقام مختلف داخلی و خارجی چغندرقند (*Beta vulgaris* L.)

فرهنگ مولودی[۱]، اسماعیل نبی‌زاده[۱*]، حیدر عزیزی[۲]

[۱]گروه زراعت و اصلاح‌نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، مهاباد، ایران.

[۲]گروه تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۱۴

چکیده

به منظور شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد قند و تعیین روابط علت و معلولی بین آن‌ها، تعداد ۱۳ رقم مونوژرم مختلف داخلی و خارجی چغندرقند در سال زراعی ۱۳۹۷ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار به لحاظ ۱۱ صفت مهم کمّی و کیفی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میاندوآب طی سه تاریخ برداشت مختلف (۱۵ مهر، ۳۰ مهر و ۱۵ آبان) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف بین ارقام مورد بررسی از نظر کلیه صفات مورد ارزیابی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی برای اکثر صفات بالا بود که بیانگر وجود تنوع نسبتاً بالا در ارقام مورد مطالعه برای صفات ارزیابی شده می‌باشد. ضرایب همبستگی ژنتیکی بین صفات نشان داد که بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار به ترتیب در بین صفت عملکرد قند با صفات عملکرد قند خالص (**۰/۸۸)، درصد قند ناخالص (**۰/۷۱) و خالص (**۰/۶۵) و با صفات میزان قند ملاس (**۰/۶۲-)، ضریب قلیاییت (**۰/۵۸-) و میزان پتاسیم ریشه (**۰/۵۲-) همبستگی منفی و معنی‌داری وجود دارد. در تجزیه رگرسیون چندگانه به روش گام به گام، صفات درصد قند خالص، درصد قند ناخالص، میزان نیتروژن مضره و عملکرد ریشه به ترتیب وارد مدل رگرسیونی شدند که ۸۴ درصد از کل تغییرات عملکرد قند را توجیه کردند. بر اساس نتایج تجزیه علیّت، صفات درصد قند ناخالص (۱/۱۲) و عملکرد ریشه (۱/۰۳) به‌ترتیب بیشترین اثر مستقیم را با عملکرد قند داشتند، بنابراین گزینش بر اساس صفات مذکور می‌تواند ما را در دستیابی به ژنوتیپ‌های با عملکرد قند بالا یاری دهد.

واژه‌های کلیدی: چغندرقند، روابط علت و معلولی، عملکرد نهایی، همبستگی ژنتیکی

مقدمه

ازدیاد روزافزون جمعیت دنیا و مسأله گرسنگی که حال و آینده بشر را تهدید می‌کند، جز با افزایش تولیدات کشاورزی قابل کنترل نیست که نیل به این هدف از دو طریق افزایش سطح زیر کشت و افزایش عملکرد در واحد سطح میسر می‌شود. به دلیل محدود بودن زمین‌های زراعی و کمبود سطح زیر کشت، بدون تردید، افزایش عملکرد در واحد سطح مناسب‌ترین و بهترین گزینه خواهد بود (Aghazadeh et al., 2008).

* نویسنده مسئول: nabizadeh.esmaeil@gmail.com

چغندرقند از جمله محصولاتی است که اهمیت راهبردی روزافزونی را در بخش کشاورزی دارا می‌باشد. در ایران سابقه کشت چغندرقند به حدود ۱۰۰ سال پیش برمی‌گردد. میزان تولید چغندرقند در جهان در سطحی معادل ٤/٨ میلیون هکتار، حدود ۲۷۵ میلیون تن با میانگین عملکرد ۵۷/۱٦ تن در هکتار برآورد شده است، که این میزان در کشور برابر با ٤/۹ میلیون تن با میانگین عملکرد ۵۵/۹۰ تن در هکتار می‌باشد (FAO, 2018). این میزان تولید در کشور معادل ۷/۲٦ درصد از کل میزان تولید محصولات زراعی و ٤۹/۱ درصد از کل میزان تولید محصولات صنعتی می‌باشد. استان‌های آذربایجان غربی و زنجان بترتیب با ۳۳/۱٤ و ۰/۰۱ درصد از تولید کشور در جایگاه‌های نخست و آخر قرار دارند (Anonymous, 2017).

اهمیت بالای مصرف قند به‌عنوان یکی از اقلام مهم در سبد کالای خانوارهای ایرانی از یک سو، تأمین بخش اعظمی از نیاز داخل از طریق واردات از سوی دیگر و همچنین کاهش عملکرد ناشی از تأثیر منفی تنش‌های غیرزیستی از جمله خشکی، لزوم سرمایه‌گذاری در زمینه افزایش عملکرد کمیّ و کیفی چغندرقند از طریق روش‌های مختلف به‌زراعی و به‌نژادی را تبیین نموده و بنابراین در استقلال اقتصادی و سیاسی کشور، می‌تواند نقش بسیار مؤثری داشته باشد.

ژرم‌پلاسم چغندرقند موجود در ایران دارای تنوع مطلوبی از نظر صفات کمی و کیفی است. با ارزیابی صفات مختلف زراعی، به ویژه صفات مهمی که در عملکرد چغندرقند مؤثر هستند، می‌توان اصلاح چغندرقند را دقیق‌تر برنامه‌ریزی نمود. یکی از رمزهای کلیدی موفقیت در برنامه‌های مختلف اصلاح گیاهان، درک و فهم روابط بین صفات (به ویژه صفاتی که به آسانی قابل اندازه‌گیری نبوده و یا وراثت‌پذیری کمی دارند) در گزینش غیرمستقیم برای آن‌هاست. شناسایی و درک روابط بین صفاتی که توارث پیچیده و در عین حال میزان وراثت‌پذیری کمی نیز دارند، با صفاتی که وراثت‌پذیری ساده و بالاتری دارند، عامل افزایش بازده ژنتیکی اصلاح صفات پیچیده‌ای همچون عملکرد قند خواهد بود (Babaie et al., 2013; Ahmadkhansari et al., 2016)، زیرا انتخاب برای صفات همبسته موجب تغییر در صفت اصلی نیز می‌شود. هنگامی که شمار متغیرهای مستقل مؤثر بر صفت وابسته زیاد می‌شود، میزان وابستگی صفات به یکدیگر محدود می‌شود. در چنین شرایطی همبستگی‌ها به تنهایی نمی‌توانند روابط بین متغیرها را توجیه کنند (Hamel Niyat et al., 2016)، بلکه باید روابط اساسی میان صفات با تجزیه‌ای به نام تجزیه علیت بیان شود. هدف از این تجزیه، ارائه توضیحات قابل پذیرش از همبستگی میان صفات بر پایه یک مدل علت و معلولی است و در آن اهمیت صفات مؤثر بر یک صفت خاص برآورد می‌شود. در این روش، ضرایب همبستگی به آثار مستقیم و غیرمستقیم مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل بر یک متغیر وابسته تقسیم و اهمیت هر یک از آن‌ها اندازه‌گیری می‌گردد. بنابراین با استفاده از تجزیه علیت می‌توان به اطلاعات تکمیلی دست یافت که عموماً در همبستگی‌های ساده مشاهده نمی‌شوند (Soghani et al., 2010). تعداد زیادی از محققیق روابط علت و معلولی بین عملکرد و سایر صفات را در گیاهان زراعی مختلف از جمله برنج (Azizi et al., 2017)، گندم (Mohammadi, 2014)، جو (Babaie et al., 2013; Zare, 2017)، کلزا (Rahimi et al., 2016) و همچنین چغندرقند (Nasri et al., 2012; Bashiri et al., 2015; Ahmadkhansari et al., 2016; Mohammad Yousefi et al., 2017; Baradaran Firouzabadi et al., 2011) مورد بررسی قرار داده‌اند که در چغندرقند به اثرهای مستقیم مساحت برگ

(Mohammad Yousefi et al., 2017)، وزن خشک ریشه، وزن تر کل، وزن تر برگ و وزن تر طوقه (Nasri et al., 2012)، قطر ریشه و محتوای قند ملاس (Baradaran Firouzabadi et al., 2011) بر عملکرد ریشه و درصد قند خالص و ناخالص، ضریب قلیاییت و مقدار پتاسیم بر عملکرد قند (Ouda Sohier, 2005; Nasri et al., 2012) اشاره کرده‌اند.

با توجه به اهمیت افزایش عملکرد قند به عنوان عملکرد نهایی چغندرقند و همچنین شناسایی عوامل مؤثر در بهبود آن، پژوهش حاضر با هدف بررسی نحوه و میزان روابط میان عملکرد قند و اجزای آن و در نهایت تعیین مهم‌ترین صفات مؤثر بر صفت عملکرد قند چغندرقند صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی روابط بین صفات و همچنین شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد قند در ۱۳ رقم مونوژرم مختلف چغندرقند شامل ۱۱ رقم داخلی (SBSI035، SBSI037، SBSI048، سینا، شکوفا، پایا، مطهر، اکباتان، آریا، شریف و آرتا) و دو رقم خارجی (پرفکتا و پالما)، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۷ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، ایستگاه تحقیقات کشاورزی میاندوآب اجرا گردید. ایستگاه مذکور در پنج کیلومتری شمال غربی شهر در موقعیت جغرافیایی ٤٦ درجه و ۹۰ دقیقه طول شرقی و ۳٦ درجه ۵۸ دقیقه عرض شمالی و در ارتفاع ۱۳۱٤ متری از سطح دریای آزاد واقع شده است. این منطقه از نظر تقسیمات آب و هوایی کشور دارای رژیم دمایی مزیک (متوسط دمای سالیانه خاک بین ۸ تا ۱۵ درجه سلسیوس) و رژیم رطوبتی زریک (نیمه خشک) و خاک محل آزمایش دارای بافت سیلتی لوم با اسیدیته ۸-۷/۵ و هدایت الکتریکی حدود ۲/۳ دسی‌زیمنس بر متر بود.

پس از آماده‌سازی زمین به طرز مطلوب (شامل شخم، دیسک، تسطیح و کرت‌بندی)، کلیه ارقام در دهه اول فروردین ماه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار با کشت سه خط به طول ۸ متر، فاصله خطوط ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی خطوط ۱۸ سانتی‌متر مورد ارزیابی قرار گرفتند. در طول دوره رشد عملیات داشت (آبیاری، کوددهی، عملیات کولتیواسیون، مبارزه با علف‌های هرز، مبارزه با آفات و ...) بر اساس عرف منطقه و در حد نیاز انجام شد.

صفات مورد بررسی شامل عملکرد ریشه (تن در هکتار)، عملکرد قند خالص و ناخالص (تن در هکتار)، درصد قند خالص و ناخالص (درصد)، میزان ناخالصی‌های ریشه (سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره) (میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه)، میزان قند ملاس (درصد)، ضریب استحصال شکر و ضریب قلیاییت بود که نحوه تعیین و اندازه‌گیری آن‌ها به شرح زیر می‌باشد:

عملکرد ریشه (RY): هر کرت آزمایشی شامل سه خط به طول هشت متر با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر بود. با توجه به اینکه طول خط برداشت، هفت متر بوده و لذا ابعاد یا مساحت کرت ۱۰/۵ متر مربع در نظر گرفته شد. بعد از برداشت و توزین ریشه‌های هر کرت در سه تاریخ ۱۵ مهر، ۳۰ مهر و ۱۵ آبان ماه، عملکرد ریشه بر مبنای وزن هر کرت بر حسب تن در هکتار محاسبه گردید (Mirzaei and Rezvani, 2007).

بعد از برداشت، توزین و تعیین عملکرد ریشه، از هر کرت تعداد ۳۰-۳۵ عدد ریشه به‌عنوان نمونه به طور کاملاً تصادفی انتخاب، در بخش خمیرگیری ریشه‌ها شستشو شده و در نهایت خمیر (پلپ) تهیه شده در آزمایشگاه بعد از انجماد برای تجزیه‌های آزمایشگاهی و تعیین صفات مورد نظر که در زیر به

آن‌ها اشاره شده است، به آزمایشگاه تکنولوژی قند مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند (واقع در کرج) ارسال شد. اصطلاحات و نحوه اندازه‌گیری و تعیین کمیت و کیفیت تکنولوژیکی چغندرقند که در این بررسی نیز اندازه‌گیری شده و مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند، به طور خلاصه و به شرح زیر می‌باشد:

درصد قند ناخالص (SC): به منظور تعیین درصد قند ناخالص، مقدار ۲۶ گرم خمیر تهیه از نمونه (۳۰-۳۵ عدد ریشه) هر کرت با ۱۷۷/۸ سی‌سی محلول سواستات سرب مخلوط و توسط جریان مغناطیسی به خوبی آمیخته و سپس صاف می‌گردد. قسمتی از محلول صاف شده را توسط قیفی به داخل دستگاه پلاریمتر ریخته و درصد قند ناخالص بر حسب میزان انحراف نور پلاریزه مشخص می‌گردد (Babaei et al., 2013).

درصد قند خالص (WSC): این صفت که همان مقدار شکر خالص قابل استحصال در کارخانه می‌باشد، از تفاوت بین درصد قند ناخالص (SC) با مجموع میزان قند ملاس و مقدار ضایعات شکر در کارخانه (که معمولاً برابر با ۰/۶ در نظر گرفته می‌شود)، حاصل می‌شود. هر چه مقدار این صفت با درصد قند ناخالص نزدیک‌تر باشد، به معنای ضایعات کمتر و به عبارتی ضریب استحصال بیشتر می‌باشد (Abdollahian-Noghabi and Froud-Williams, 2000).

عملکرد قند ناخالص (SY): این صفت که معادل مقدار شکر تولید شده در واحد سطح مزرعه و یا مقدار ساکارز ذخیره شده در ریشه چغندرقند می‌باشد و به عنوان عملکرد نهایی در زراعت چغندرقند مطرح است، از حاصلضرب عملکرد ریشه (RY) در درصد قند ناخالص (SC) بر حسب تن در هکتار بدست می‌آید (Khayamim et al., 2003).

عملکرد قند خالص (WSY): عملکرد قند خالص که همان مقدار شکر قابل استحصال از چغندرقند در واحد سطح مزرعه است، از حاصلضرب عملکرد ریشه (RY) در درصد قند خالص (WSC) بر حسب تن در هکتار بدست می‌آید (Khayamim et al., 2003).

ناخالصی‌های ریشه (Na، K و N): میزان ناخالصی‌های ریشه که شامل میزان سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره ریشه است، بر حسب میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه اندازه‌گیری می‌شوند. به منظور اندازه‌گیری آن‌ها، بخش دیگری از محلول صاف شده را در دستگاه بتالایزر ریخته تا به طریق فلیم‌فوتومتری میزان املاح سدیم و پتاسیم تعیین گردد. این عمل از طریق مقایسه با طیف نشتی لیتیوم که قبلاً کالیبره شده است، مقادیر سدیم را تعیین می‌کند. در مرحله بعدی، مقداری از محلول صاف شده به منظور میزان ازت مضره ریشه (کلیه ترکیبات آلی ازت مثل اسیدهای آمینه) مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای سنجش ترکیبات ازته از روش عدد آبی استفاده می‌شود (Flavy and Vukou, 1977).

ضریب استحصال شکر (ECS): ضریب استحصال شکر که به صورت مقدار سفید قابل استحصال از ساکارز موجود در ریشه چغندرقند نیز تعریف می‌شود، از حاصل تقسیم درصد قند خالص (WSC) بر درصد قند ناخالص (SC) در ۱۰۰ حاصل می‌شود. هرچه این مقدار به ۱۰۰ نزدیک‌تر باشد، یعنی راندمان تولید شکر بیشتر بوده و به عبارتی بیشتر قند موجود در ریشه، قابل استحصال خواهد بود و ریشه دارای درصد ناخالصی کمتری می‌باشد (Orojnia et al., 2012).

میزان قند ملاس (MS): مقدار و یا درصد شکر غیر قابل استحصال از ریشه چغندرقند، تحت عنوان قند

ملاس بوده و بر اساس مقدار و میزان ناخالصی‌های ریشه (سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره بر حسب فرمول زیر محاسبه گردید (Reinfeld et al., 1974).

$$MS = ۰/۳٤۳(Na + K) + ۰/۰۹٤N - ۰/۲۹$$

ضریب قلیاییت یا آلکالیته (Alc): این صفت به صورت نسبت مجموع سدیم و پتاسیم به میزان نیتروژن مضره موجود در ریشه چغندرقند محاسبه گردیده است (Sohrabi et al., 2006).

میانگین مشاهدات هر سه تاریخ برداشت در هر کرت جهت انجام تجزیه‌های آماری اعم از تجزیه واریانس، تجزیه همبستگی ژنتیکی، تجزیه رگرسیون چندگانه و تجزیه علیّت مورد استفاده قرار گرفت. همچنین ضریب تغییرات ژنوتیپی (GCV) و فنوتیپی (PCV) به‌ترتیب با استفاده از واریانس ژنوتیپی (σ_g^2) و واریانس فنوتیپی (σ_{ph}^2) و همچنین میانگین صفات ($\bar{x}$) و بر اساس روابط زیر محاسبه شدند (عزیزی و همکاران، ۱۳۹٦).

$$GCV = \frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{\bar{x}} \times 100, \quad (\sigma_g^2 = \frac{MS_g - MS_e}{r})$$

$$PCV = \frac{\sqrt{\sigma_{ph}^2}}{\bar{x}} \times 100, \quad (\sigma_{ph}^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2)$$

در روابط فوق MS_g، MS_e و r به‌ترتیب میانگین مربعات بین ژنوتیپ‌ها، میانگین مربعات خطا و تعداد تکرار می‌باشند. از آنجایی که عملکرد صفتی پیچیده می‌باشد که تابعی از تغییرات سایر صفات که اصطلاحاً به اجزای عملکرد موسوم‌اند، می‌باشند، بنابراین، اطلاع از روابط رگرسیونی بین آن‌ها می‌تواند نقش مهمی در برنامه‌ریزی برای تولید عملکرد بالا در واحد سطح داشته باشد. در این پژوهش، برای بررسی تأثیر هر یک از صفات مورد ارزیابی روی متغیر تابع یا وابسته (عملکرد قند به عنوان عملکرد نهایی چغندرقند) و همچنین کاهش تعداد متغیرهای مستقل و برازش بهترین مدل رگرسیونی، از تجزیه رگرسیون چندگانه به روش گام به گام استفاده شد. برای این منظور، هریک از صفات مورد ارزیابی به عنوان متغیرهای مستقل و عملکرد قند به عنوان متغیر وابسته مشخص گردید. همچنین برای درک روابط بین صفات و شناخت صفاتی که بیشترین نقش را در عملکرد قند ایفا می‌نمایند، از تجزیه علیّت بر مبنای ضرایب همبستگی ژنتیکی استفاده شد. بدین منظور با استفاده از ضرایب همبستگی ژنتیکی و تجزیه رگرسیون گام به گام با در نظر گرفتن عملکرد قند به عنوان متغیر تابع (Y) و سایر صفات به عنوان متغیر علّت (X_i)، متغیرهایی که بیشترین سهم از توجیه تغییرات متغیر تابع را دارند، شناسایی شدند. سپس آثار مستقیم و غیر مستقیم صفات انتخابی مؤثر بر عملکرد قند محاسبه گردید. برای تجزیه داده‌ها و محاسبات آماری از نرم‌افزارهای Excel، SAS نسخه ۹ و Path2 استفاده گردید.

نتایج

قبل از تجزیه داده‌ها، آزمون نرمالیته بر اساس روش‌های کولموگراف اسمیرنوف و شاپیروویلک انجام گرفت که نتایج حاکی از نرمال بودن توزیع خطای آزمایشی داده‌ها برای صفات مورد ارزیابی بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای کلیه صفات مورد بررسی نشان داد که اثر تیمار (رقم) بر کلیه صفات مورد ارزیابی در سطح احتمال یک درصد ($p\leq$۰/۰۱) معنی‌دار بود. به عبارتی، پاسخ ارقام از لحاظ صفات مورد ارزیابی متفاوت بود (جدول ۱).

بررسی ضرایب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی (جدول ۱) نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار ضریب تغییرات ژنوتیپی به ترتیب مربوط به صفات سدیم ریشه (٦٤/٢٦) و درصد قند ناخالص (۹/۲۸) بود. در حالیکه این مقادیر برای ضریب تغییرات

فنوتیپی به ترتیب مربوط به صفات سدیم ریشه (۸۱/۱۱) و ضریب استحصال شکر (۱۱/۱۰) بود. مقادیر متوسط این ضرایب مربوط به صفاتی مانند عملکرد قند ناخالص (SY) و ناخالص (WSY)، نیتروژن مضره ریشه (N)، ضریب قلیاییت (Alc) و میزان قند ملاس (MS) می‌باشد.

جدول ۱: تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		RY	SY	WSY	SC	WSC	ECS
تکرار	۳	۹۱/۳۸*	۰/۳۶ns	۰/۰۵ns	۲/۴۴ns	۳/۱۷ns	۱۷/۹۵ns
رقم	۱۲	۱۱۷۲/۸۵**	۴۹/۱۳**	۴۳/۷۲**	۱۱/۵۹**	۲۵/۹۰**	۲۴۷/۹۳**
خطا	۳۶	۳۱/۳۸	۱/۸۴	۱/۷۲	۱/۴۸	۲/۳۹	۲۳/۰۹
ضریب تغییرات (٪)	ژنوتیپی	۲۸/۰۷	۳۲/۷۷	۳۷/۶۳	۹/۲۸	۱۷/۴۶	۹/۳۵
	فنوتیپی	۲۹/۵۷	۳۵/۲۳	۴۰/۶۰	۱۱/۶۸	۲۰/۷۰	۱۱/۱۰
میانگین کل		۶۰/۱۸	۱۰/۴۹	۸/۶۱	۱۷/۱۴	۱۳/۸۹	۸۰/۱۹

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

RY: عملکرد ریشه (تن در هکتار)؛ SY: عملکرد قند ناخالص (تن در هکتار)؛ WSY: عملکرد قند خالص (تن در هکتار)؛ SC: درصد قند ناخالص (گرم شکر در ۱۰۰ گرم چغندرقند)؛ WSC: درصد قند خالص (گرم شکر در ۱۰۰ گرم چغندرقند)؛ ECS: ضریب استحصال شکر (درصد شکر).

ادامه جدول ۱.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		N	Na	K	Alc	MS
تکرار	۳	۰/۲۱ns	۱/۶۰ns	۲/۳۴**	۰/۸۰ns	۰/۱۶ns
رقم	۱۲	۱/۹۲**	۱۳/۳۱**	۲/۳۳**	۳۵/۶۲**	۳/۰۱**
خطا	۳۶	۰/۱۶	۱/۷۲	۰/۴۸	۱/۲۱	۰/۳۲
ضریب تغییرات (٪)	ژنوتیپی	۳۷/۶۹	۶۴/۲۶	۱۲/۳۵	۵۵/۹۶	۳۰/۸۹
	فنوتیپی	۴۴/۰۱	۸۱/۱۱	۱۷/۶۶	۵۹/۷۷	۳۷/۵۵
میانگین کل		۱/۷۶	۲/۶۵	۵/۴۹	۵/۲۴	۲/۶۵

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

N: نیتروژن مضره (میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه)؛ Na: سدیم (میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه)؛ K: پتاسیم (میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه)؛ ALC: آلکالیته یا ضریب قلیاییت؛ MS: قند ملاس (گرم شکر در ۱۰۰ گرم چغندرقند).

ضرایب همبستگی ژنتیکی بین صفات مختلف در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج حاصل نشان داد که بیشترین همبستگی منفی و معنی‌دار به ترتیب در بین صفت عملکرد ریشه با صفات درصد قند ناخالص (**۰/۶۰-)، درصد قند خالص (**۰/۵۴-)، ضریب قلیاییت (**۰/۵۲-)، مقدار پتاسیم (**۰/۴۷-) و میزان قند ملاس (**۰/۴۵-) و همچنین میزان سدیم ریشه (**۰/۳۳-) و با صفات عملکرد قند ناخالص (**۰/۸۶)، عملکرد قند خالص (**۰/۷۹) و ضریب استحصال شکر (**۰/۵۸) همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد (جدول ۲). بین صفت عملکرد قند ناخالص با درصد قند ناخالص (**۰/۷۱)، درصد قند خالص (**۰/۶۵)، ضریب استحصال شکر (**۰/۵۹) و میزان سدیم ریشه (**۰/۵۰) نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۲). صفت عملکرد قند خالص با صفات درصد قند

ناخالص (۰/۷۷**)، ضریب استحصال شکر (۰/۷۶**) و درصد قند خالص (۰/۷۱**) همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفات ضریب قلیاییت (۰/۶۸**-)، میزان سدیم ریشه (۰/۶۴**-)، میزان پتاسیم ریشه (۰/۶۰**-) و همچنین میزان قند ملاس (۰/۵۹**-) همبستگی منفی و معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). همچنین نیتروژن مضره با سدیم و پتاسیم (به ترتیب ۰/۲۴* و ۰/۲۹*) دارای همبستگی مثبت است.

جدول ۲: ضرایب همبستگی ژنتیکی بین صفات مورد ارزیابی.

صفات	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
RY -۱	۱/۰۰										
SY -۲	۰/۸٦**	۱/۰۰									
WSY -۳	۰/۷۹**	۰/۸۸**	۱/۰۰								
SC -٤	-۰/٦۰**	۰/۷۱**	۰/۷۷**	۱/۰۰							
WSC -٥	-۰/٥٤**	۰/٦٥**	۰/۷۱**	۰/۹۰**	۱/۰۰						
ECS -٦	۰/٥۸**	۰/٥۹**	۰/۷٦**	۰/۷۹**	۰/۸٤**	۱/۰۰					
Na -۷	-۰/۳۳**	۰/٥۰**	-۰/٦٤**	-۰/۷٤**	-۰/۸٦**	-۰/۷٦**	۱/۰۰				
K -۸	-۰/٤۷**	-۰/٥۲**	-۰/٦۰**	-۰/٥٦**	-۰/٦۷**	-۰/۸٤**	۰/٦٤**	۱/۰۰			
N -۹	۰/۱٦*	-۰/۳۳*	۰/۰٦	-۰/۱۰	-۰/۰۳	-۰/۰۲	۰/۲٤*	۰/۲۹*	۱/۰۰		
ALC-۱۰	-۰/٥۲**	-۰/٥۸**	-۰/٦۸**	-۰/۷۲**	-۰/۷۱**	-۰/٦۷**	۰/٦۱**	۰/٥۷**	-۰/٥۲**	۱/۰۰	
MS -۱۱	-۰/٤٥**	-۰/٦۲**	-۰/٥۹**	-۰/۸۰**	-۰/۷۷**	-۰/۹۰**	۰/۸۳**	۰/۸٦**	۰/۲۱*	۰/٦۱**	۱/۰۰

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

RY: عملکرد ریشه؛ SY: عملکرد قند ناخالص؛ WSY: عملکرد قند خالص؛ SC: درصد قند خالص؛ WSC: درصد قند ناخالص؛ ECS: درصد قند خالص؛ ضریب استحصال شکر؛ N: نیتروژن مضره؛ Na: سدیم؛ K: پتاسیم؛ ALC: آلکالیته یا ضریب قلیاییت؛ MS: قند ملاس.

صفات درصد قند خالص، درصد قند ناخالص، نیتروژن مضره و عملکرد ریشه به‌ترتیب وارد مدل گردیدند (جدول ۳). سایر صفات مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری بر مدل نداشتند و به همین دلیل اختلاف ژنوتیپ‌ها از نظر صفت عملکرد قند را می‌توان به تفاوت در صفات فوق نسبت داد. نتایج نشان داد که متغیرهای مستقل درصد قند خالص، درصد قند ناخالص، نیتروژن مضره و ضریب قلیاییت به ترتیب ۲٤، ۲۸، ۱۱ و ۲۱ درصد از تغییرات عملکرد قند را توجیه کردند. ضریب تبیین (R^2) تجمعی مدل برازش شده حاکی از آن است که در مجموع ۸٤ درصد از تغییرات عملکرد قند توسط متغیرهای مستقل موجود در مدل توجیه می‌گردد. البته لازم به ذکر است که با توجه به همبستگی نسبتاً بالای بین برخی متغیرهای وارد شده در مدل، از فاکتور تورم واریانس (VIF) جهت تعیین وجود احتمالی پدیده هم خطی استفاده گردید و در نهایت صفاتی وارد مدل شدند که مقدار این شاخص برای آن‌ها کمتر از ۱۰ بود. همچنین با محاسبه ضرایب جزئی رگرسیون استاندارد شده مشخص شد که اثر کلیه متغیرهای مستقل وارد شده در مدل به جز متغیر میزان نیتروژن مضره ریشه بر عملکرد قند افزاینده بود.

به منظور تفسیر جامع‌تر نتایج حاصل از محاسبه ضرایب همبستگی ژنتیکی و همچنین رگرسیون گام به گام و نیز تعیین روابط علّت و معلولی جهت تعیین اثرات مستقیم و غیر مستقیم اجزاء، از تجزیه علیّت استفاده شد. با استفاده از تجزیه علیّت مشخص می‌شود که همبستگی صفات با عملکرد قند به علت اثر مستقیم آن‌ها روی عملکرد و یا در نتیجه اثر غیر مستقیم از طریق سایر صفات است. اگر همبستگی بین

عملکرد قند و یک صفت به علت اثر مستقیم آن صفت باشد، این مطالب منعکس کننده‌ی یک رابطه واقعی بین آن‌هاست و لذا می‌توان صفت مذکور را به منظور اصلاح و بهبود عملکرد انتخاب نمود، اما اگر این همبستگی به علت اثر غیر مستقیم صفت از طریق سایر صفات باشد، در این صورت عمل انتخاب را باید بر روی صفتی انجام داد که سبب اثر غیر مستقیم شده است (Nasri et al., 2013).

جدول ۳: تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد قند به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل

گام	متغیر	ضریب رگرسیون جزئی استاندارد شده	R^2 نسبی	R^2 تجمعی
۱	درصد قند خالص (X_1)	٤/٥١	۰/۲٤	۰/۲٤
۲	درصد قند ناخالص (X_2)	٥/۱۳	۰/۲۸	۰/٥۲
۳	ازت مضره (X_3)	-۳/۲٦	۰/۱۱	۰/٥۳
٤	عملکرد ریشه (X_4)	٤/۷٥	۰/۲۱	۰/۸٤

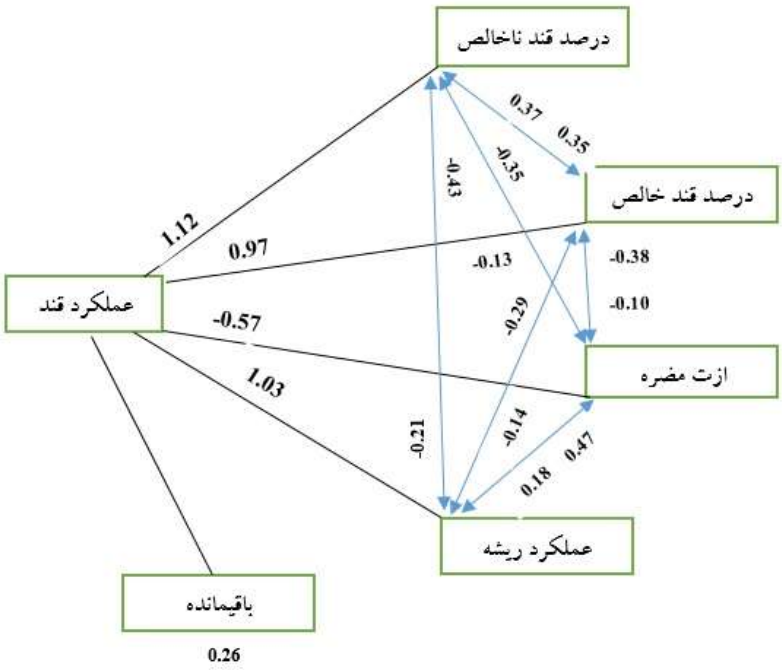
$Y = ۱۰/۳ + ٤/٥۱X_1 + ٥/۱۳X_2 - ۳/۲٦X_3 + ٤/۷٥X_4$

همچنین، با توجه به اینکه چگونگی ارتباط بین صفات مختلف در پیشرفت برنامه‌های به‌نژادی و شناخت صفات مناسب جهت به‌گزینی اهمیّت زیادی دارد و انتخاب یک طرفه برای صفات زراعی بدون در نظر گرفتن سایر صفات، نتایج نامطلوبی را در پی خواهد داشت، بنابراین در برنامه‌های به‌نژادی و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر استفاده از همبستگی بین صفات و اثرات مستقیم و غیر مستقیم آن‌ها بایستی مورد توجه قرار گیرد و به همین منظور انجام تجزیه علیّت ضروری می‌باشد (Sabokdast and Khialparast, 2008). به این منظور برای انجام تجزیه علیّت، عملکرد قند به‌عنوان متغیر وابسته (معلول) و صفات موجود در مدل رگرسیونی گام به گام به‌عنوان متغیرهای مستقل (علت) در نظر گرفته شد. نتایج تجزیه علیّت (جدول ٤، شکل ۱) نشان داد که بیشترین و کمترین اثر مستقیم به‌ترتیب مربوط به صفات درصد قند ناخالص (۱/۱۲) و میزان نیتروژن مضره ریشه (۰/٥۷-) بود. در این مطالعه درصد قند ناخالص با بیشترین اثر مستقیم و مثبت (۱/۱۲)، دارای اثرات غیر مستقیم منفی از طریق صفات میزان نیتروژن مضره ریشه (۰/۳٥-) و عملکرد ریشه (۰/٤۳-) و اثر غیرمستقیم مثبت از طریق صفت درصد قند خالص (۰/۳۷) روی عملکرد ریشه می‌باشد (جدول ٤، شکل ۱). پس از صفت درصد قند ناخالص، صفت عملکرد ریشه دارای اثر مستقیم و مثبت بالائی (۱/۰۳) بر عملکرد قند بود. اثر غیر مستقیم این صفت از طریق صفت درصد قند خالص (۰/۱٤-) و ناخالص (۰/۲۱-) کاهنده و از طریق صفت میزان نیتروژن مضره ریشه (۰/۱۸) افزاینده می‌باشد (جدول ٤، شکل ۱).

اثر باقیمانده نیز که مقدار آن در این پژوهش برابر با ۰/۲٦ بود (جدول ٤، شکل ۱)، نحوه توجیه تغییرات عامل وابسته (عملکرد قند) را توسط عامل‌های علّی یا سببی نشان می‌دهد. بنابراین، متغیرها (درصد قند خالص و ناخالص، میزان ازت مضره و عملکرد ریشه) حدود ۷٤ درصد از تغییرات عملکرد قند را توجیه می‌کنند. به نظر می‌رسد دلیل این موضوع همبستگی‌های نسبتاً کم این صفات و مخصوصاً صفت میزان نیتروژن مضره ریشه با عملکرد قند باشد. علاوه بر این، عامل‌های دیگر نیز که در اینجا منظور نشده‌اند، بایستی در تجزیه علیّت دخالت داده شوند تا بتوان به‌طور کامل تغییرات عملکرد قند را توجیه نمود.

جدول ٤: اثرات مستقیم و غیر مستقیم (ضرایب علیت) صفات مورد ارزیابی بر عملکرد قند ارقام چغندرقند

صفات	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم از طریق				همبستگی با عملکرد (اثر کل)
		درصد قند خالص	درصد قند ناخالص	ازت مضره	عملکرد ریشه	
درصد قند ناخالص	۱/۱۲	۰/۳۷	–	-۰/۳۵	-۰/٤۳	۰/۷۱
درصد قند خالص	۰/۹۷	–	۰/۳۵	-۰/۳۸	-۰/۲۹	۰/٦۵
ازت مضره	-۰/۵۷	-۰/۱۰	-۰/۱۳	–	۰/٤۷	-۰/۳۳
عملکرد ریشه	۱/۰۳	-۰/۱٤	-۰/۲۱	۰/۱۸	–	۰/۸٦
$R^2 = 0.93$						باقیمانده = : $\sqrt{1 - R^2} = 0.26$



شکل ۱: دیاگرام حاصل از تجزیه علیت برای صفت عملکرد قند و صفات مؤثر بر آن

بحث

اختلاف موجود بین ارقام مورد مطالعه به لحاظ کلیه صفات مورد ارزیابی بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، نشان دهنده وجود تنوع زیاد میان ارقام بر اساس صفات مورد بررسی می‌باشد که می‌توان در برنامه‌های اصلاحی برای گزینش ارقام برتر از آن‌ها بهره جست.

همانطور که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود، برای اکثر صفات مورد ارزیابی بین میزان ضرایب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی اختلاف چندانی مشاهده نمی‌گردد، که نشان دهنده توجیه بخشی کمی از تغییرات این صفات توسط محیط و به عبارتی عدم تأثیرپذیری شدید این صفات از تغییرات محیطی می‌باشد. بنابراین انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس این صفات و از نظر فنوتیپی می‌تواند معیار مناسبی برای گزینش باشد. از طرفی، با توجه به اینکه این اختلاف برای برخی صفات مانند میزان سدیم ریشه به نسبت سایر صفات بیشتر می‌باشد و به عبارتی در تظاهر این صفات نقش

محیط نسبت به ژنتیک حداکثر می‌باشد، لذا نمی‌توانند به‌عنوان معیار مناسبی جهت گزینش و غربال مد نظر به‌نژادگران قرار گیرند.

وجود ارتباط معنی‌دار بین عملکرد قند ناخالص و درصد قند ناخالص (**۰/۷۱)، احتمالاً به‌دلیل وجود رابطه ریاضی بین این دو صفت باشد، که درصد قند ناخالص جزئی از رابطه ریاضی است که عملکرد قند ناخالص از آن مشتق می‌شود. از آنجا که سدیم یکی از عناصری است که بصورت ناخالص در ریشه وجود دارد، بنابراین افزایش این عنصر میزان عملکرد قند ناخالص را افزایش داده و از خلوص قند می‌کاهد (Bashiri et al., 2015). همچنین وجود همبستگی معنی‌دار و مثبت نیتروژن مضره با میزان سدیم و پتاسیم ریشه (به‌ترتیب *۰/۲٤ و *۰/۲۹) نشان می‌دهد که پتاسیم مانع از جذب نیتروژن نمی‌شود و شاید مصرف پتاسیم در اراضی شور بتواند خسارت سدیم را تا حدی کاهش دهد (Nasri et al., 2013). همچنین با توجه به وجود همبستگی منفی و معنی‌دار بین صفت میزان سدیم ریشه با درصد قند خالص (**۰/۸٦-) و ناخالص (**۰/۷٤-)، می‌توان چنین استنباط نمود که در صورت وجود سدیم بالای خاک (مثلاً در خاک‌های شور)، در صورت کمبود پتاسیم، درصد قند بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. همچنین ارتباط مثبت بین ضریب استحصال قند و عملکرد قند خالص (**۰/۷٦) را می‌توان به جزء مشترک این دو صفت یعنی درصد قند خالص نسبت داد، به‌طوری‌که با افزایش درصد قند خالص، بر هر دو صفت افزوده خواهد شد. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین درصد قند خالص با ضریب استحصال قند و عملکرد قند خالص نیز دلیلی بر این ادعاست. همچنین درصد قند ناخالص نیز با عملکرد قند خالص دارای جزء مشترک درصد قند خالص است که با افزایش درصد قند خالص بر مقدار هر دو صفت افزوده می شود (وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار درصد قند ناخالص و عملکرد قند خالص با درصد قند خالص) (Mirmahmoudi et al., 2021). نتایج حاصل از این بررسی با نتایج حاصل از برخی تحقیقات مرتبط مطابقت دارد (Fotouhi et al., 2010; Nasri et al., 2013; Bashiri et al., 2015). به هر حال شرایط متفاوت بررسی‌ها و همینطور ژنوتیپ‌های متنوع مورد بررسی بر نتایج همبستگی‌ها در تحقیقات مختلف مؤثر بوده و لذا انجام بررسی‌های بیشتر به‌منظور حصول نتایج بهتر و دقیق‌تر ضروری به نظر می‌رسد (Nasri et al., 2013; Azizi et al., 2017).

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون گام به گام (جدول ۳) می‌توان اظهار داشت که صفات درصد قند خالص و ناخالص، میزان نیتروژن مضره ریشه و عملکرد ریشه، مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد قند (۷) در ارقام مورد مطالعه می‌باشند و احتمالاً گزینش به منظور افزایش عملکرد قند از طریق این صفات، اثر بخش خواهد بود. طوریکه افزایش در مقدار هر یک از این اجزای عملکرد در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه می‌تواند به افزایش عملکرد قند منجر شود. البته از آنجایی که درصد قند جزیی از عملکرد نهایی می‌باشد، لذا به هنگام انتخاب ارقام با عملکرد نهایی (عملکرد قند) بالاتر، ضمن انتخاب ارقام با عملکرد ریشه بالاتر، بایستی به تعادل این جز نیز با عملکرد ریشه توجه شود. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون گام به گام توسط Bashiri و همکاران (۲۰۱۵) دو متغیر درصد قند و ازت مضره وارد مدل گردید که ٦۱ درصد از کل تغییرات را توجیه نمودند. اگرچه این اختلاف می‌تواند از تفاوت در ژنوتیپ‌ها و ارقام مورد آزمایش ناشی شود.

بر اساس نتایج تجزیه علیت و با توجه به اثر مستقیم نسبتاً بالا و منفی صفت میزان نیتروژن مضره ریشه (۰/۵۷-) و معنی‌داری همبستگی منفی آن با

عملکرد قند (۰/۳۳-) در سطح احتمال پنج درصد، این صفت می‌تواند به عنوان معیار گزینش برای بهبود عملکرد قند انتخاب شود که البته باید جهت معکوس این ارتباط نیز در نظر گرفته شود. همچنین با توجه به اینکه اثرات مستقیم صفت میزان نیتروژن مضره ریشه (۰/۵۷-) منفی است (جدول ٤، شکل ۱)، می‌توان گفت که اثرات غیر مستقیم این صفت از طریق سایر صفات مورد ارزیابی عامل اصلی همبستگی بین این صفت و عملکرد قند می‌باشد، بنابراین برای گزینش بایستی عوامل علی غیرمستقیم را به‌طور همزمان مورد توجه قرار داد.

نتیجه‌گیری نهایی

در مجموع، با توجه به نتایج حاصل از تحقیق حاضر می‌توان گفت که استفاده از صفاتی مانند درصد قند خالص و ناخالص و همچنین عملکرد ریشه در جهت مستقیم و صفت میزان نیتروژن مضره ریشه در جهت معکوس برای انتخاب غیر مستقیم جهت نیل به عملکرد قند بیشتر نویدبخش بوده و بنابراین این صفات می‌توانند نقش مهمی در انتخاب غیر مستقیم ژنوتیپ‌های برتر جهت افزایش عملکرد قند داشته باشند و هر گونه فعالیت‌های اصلاحی یا زراعی در جهت بهبود مورد نظر این صفات می‌تواند موجب افزایش عملکرد قند شود. همچنین به‌طورکلی نتایج این پژوهش حاکی از این است که نمی‌توان تنها با تکیه بر همبستگی بین صفات مورد بررسی و عملکرد قند معیارهای مناسبی برای انتخاب به‌منظور بهبود عملکرد قند یافت و بررسی ارتباط با روش‌های آماری مانند تجزیه رگرسیون گام به گام برای شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد قند و متعاقباً انجام تجزیه ضرایب علیت به منظور فهم اثرات مستقیم و غیرمستقیم متغیرهای مستقل بر عملکرد قند ضروری می‌باشد. البته وجود تفاوت در نتایج حاصل از این تحقیق و نتایج حاصل از سایر مطالعات مرتبط را می‌توان به متفاوت بودن مواد گیاهی، تاریخ و نحوه کاشت و برداشت، تراکم مختلف و شرایط محیطی متفاوت نسبت داد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله نگارندگان از دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد و همچنین پردیس تحقیقات و آموزش کشاورزی میاندوآب (بخش تحقیقات چغندرقند) که امکانات لازم برای انجام این تحقیق و بررسی را فراهم نمودند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

References

Abdollahian-Noghabi, M. and Froud-Williams, B. (2000). Drought stress and weed competition in sugar beet. British Sugar Beet Review, 68(1): 47-49.

Aghazadeh, K., Nematzadeh, G. and Babaeian-Jelodar, N. A. (2008). The genetic diversity of rice cultivars (*Oryza sativa* L.) using quantitative traits. New Agricultural Science, 3 (9): 1-12.

Ahmadkhansari, V., Sabouri, H., Biyabani, A.L., Falahi, H.A. and Zarei, M. (2016). Study of correlation and path analysis of agronomic traits in wheat-wheat and sugar beet-wheat rotations. Applied Research of Plant Ecophysiology, 2(2): 145-156.

Anonymous. (2017). Ministry of Agriculture-Jahad press. 95 Pp.

Azizi, H., Aalami, A., Esfahani, M. and Ebadi, A.A. (2017). The study of correlation and path analysis of grain yield and its related traits in rice (*Oryza sativa* L.) varieties and lines. Journal of Crop Breeding. 9 (21):36-43.

Babaei, B., Abdollahian-Noghabi, M., Jahad Akbar, M.R. and Yousefabadi, V. (2013). Introduction of appropriate method for determination of sugar

content in sugar beet produced under drought, salinity and normal conditions. Journal of Sugar Beet, 29(1): 99-111 (In Persian).

Babaie, A.H., Aharizad, S., Mohammadi, S.A., Yarnia, M. and Norouzi, M. (2013). Identification of traits affecting grain yield in barley lines. Journal of Crop Breeding, 5(11): 49-59.

Baradaran Firouzabadi, M., N. Farrokhi, M. and Parsaeyan, M. (2011). Sequential path analysis of some yield and quality components in sugar beet grown in normal and drought conditions. Italian Journal of Agronomy, 6: 45-51.

Bashiri, B., Mir Mahoudi, T. and Fotouhi, K. (2015). Evaluation of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) genotypes for their trait associations under saline conditions. Journal of Crop Ecophysiology, 9(2): 243-258.

FAO (Food and Agriculture Organization) Rome. (2018). http://faostat.fao.org/.

Flavy, A. and Vukou, K. (1977). Physics and chemistry of sugar beet in sugar manufacture. Elsiviere scientific pub.co. Hungry.

Fotouhi, K., Mesbah, M., Sadeghian, S.Y. and Ranji, Z. (2010). Path analysis under normal and salt stress conditions in sugar beet germplasm. Journal of Sugar Beet, 26(1): 1-13.

Hamel Niyat, M., Babaeian Jelodar, N.A., Bagheri, A. and Kiani, Gh. (2016). Determination of correlation coefficients and path analysis of traits affecting yield in local Tarom mutant lines. Journal of Crop Breeding, 8(20): 198-206.

Khayamim, S., Mazaher, D., Banaian Aval, M., Govhari, J. and Jahansooz, M.R. (2003). Assessment of sugar beet physiologic and technologic characteristics at different plant density and nitrogen use levels. Journal of Pajouhesh & Sazandegi, 60: 21-29 (In Persian).

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

Mirzaei, M.R. and Rezvani, S.M. (2007). Effects of water deficit on quality of sugar beet at different growth stages. Journal of Sugar Beet, 23(1): 29-42 (In Persian).

Mohammad Yousefi, S., Ahmadi, M. and Najafi Zarrini, H. (2017). Evaluation of the relationship between traits affecting stem shrub and root yield in sugar beet lines in autumn agriculture. Journal of Plant Productions, 10(2): 11-28.

Mohammadi, S. (2014). Evolution of grain yield and its components relationships in bread wheat genotypes under full irrigation and terminal water stress conditions using multivariate statistical analysis. Iranian Journal of Field Crops Research, 12(1): 99-109.

Nasri, R., Kashani, A., Paknezhad, F., Sadeghishoa, M. and Gorbani, S. (2012). Correlation and path analysis of qualitative and quantitative yield in sugar beet in transplant and direct cultivation method in saline lands. Journal of Agronomy and Plant Breeding, 8(1): 213-226.

Nasri, R., Paknezhad, F., Sadeghishoa, M., Gorbani, S. and Fatemi, Z. (2013). Correlation and path analysis of drought stress on yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare*) in Karaj region. Journal of Agronomy and Plant Breeding, 8(4):155-165.

Orojnia, S., Habibi, D., Taleghani, D., Dovlatabadi, S., Pazoki, A., Moaveni, P., Rahmani, M. and Farshidi, M. (2012). Evaluation of yield and yield components of different sugar beet genotypes under drought stress. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding, 8(1): 127-144 (In Persian).

Ouda Sohier, M. M. (2005). Yield and quality of sugar beet as affected by planting density and nitrogen fertilizer levels in the newly reclaimed soil. Sugar Crop Research Egypt.

Rahimi, M., Ramazani, M. and Ozoni Duji, A.A. (2016). Correlation analysis

and causality of pattern effect and planting density on two rapeseed cultivars. Journal of Crop Breeding, 8(19): 218-227.

Reinfeld, E., Emmerich, A., Baumgarten, G., Winner, C. and Beiss, U. (1974). Zur voraussage des melassezuckers aus rubenanalysen. Zucker. 27:2-15

Sabokdast, M. and Khialparast, F.A. (2008). Study of relationship between grain yield and yield component in common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Water and Soil Science, 11(42): 123-134.

Soghani, M., Vaezi, Sh., Sabaghpour, S.H. (2010). Study on correlation and path analysis for seed yield and its dependent traits in white bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agronomy and Plant Breeding, 6(3): 27-36.

Sohrabi, Y., Shakiba, M.R., Abdollahian-Noghabi, M., Rahimzadeh, F., Tourchi, M. and Fotouhi, K. (2006). Evaluation of limited irrigation effect and root harvest time on yield and some quality characteristics of sugar beet. Journal of Pajouhesh and Sazandegi, 70: 8-15 (In Persian).

Zare, M. (2017). Analysis of phenotypic correlation and causality of different agronomic traits in barley under optimal irrigation conditions and drought stress. Journal of Crop Ecophysiology, 9(28): 60-67.

Journal of Plant Environmental Physiology, Serial 63, 16th year, Number 3, Autumn 2021
Doi: 10.30495/iper.2021.686564
Dor: 20.1001.1.76712423.1400.16.63.9.1

Selection of traits affecting sugar yield as selection criteion in various domestic and foreign sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars

Farhang Moloudi[1], Esmaiel Nabizadeh[1]*, Heydar Azizi[2]
[1]Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Mahabad Branch, Mahabad, Iran
[2]Sugar Beet Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Urmia, Iran

Received date: 2021/02/23 Accepted date: 2021/04/03

Abstract

In order to identify traits affecting sugar yield and determine cause and effect relationships between them, 13 different domestic and foreign sugar beet monogerm cultivars were evaluated at three different harvest time (7 October, 22 October, and 6 November) in a RCB design with four replications in terms of 11 important quantitative and qualitative traits in 2018 crop season in Miandoab Agricultural Research Station. The ANOVA results showed that the difference between studied cultivars was significant for all evaluated traits at 0.01 probability level. Phenotypic and genotypic coefficients of variation were high for most traits, indicating relatively high variability in the studied cultivars for evaluated traits. Genetic correlation coefficients between traits showed that the highest positive and significant correlations were observed between sugar yield trait on the one hand and white sugar yield (0.88^{**}), impure sugar content (0.71^{**}) and white sugar content (0.65^{**}) traits in that order, and the highest negative and significant correlation was found between sugar yield trait on the one hand and molasses sugar (-0.62^{**}), alkalinity coefficient (-0.58^{**}), and root potassium (-0.52^{**}) traits, in that order. In multiple regression analysis by stepwise method, sugar content, white sugar content, α-amino nitrogen, and root yield traits were entered into the regression model, respectively, that explained %84 of the total sugar yield variations. Based on path analysis results, sugar content (1.12) and root yield (1.03) traits had the highest positive direct effect on sugar yield and thus, selection based on these traits can help us to achieve high-yielding genotypes.

***Keywords*:** Cause and effect relationships, Final yield, Genetic correlation, Sugar beet

*Corresponding author; nabizadeh.esmaeil@gmail.com

.