

مطالعه ارتباط صفات زراعی با ویژگی‌های مورفولوژیک ریشه و تعیین صفات
مؤثر بر عملکرد ریشه و عیارقند در ژرم‌پلاسِم منوژرم چغندر قند
Study on the relation between agronomic traits and root morphology
and determination of traits affecting root yield and sugar content in
monogerm germplasm of sugar beet

سعید واحدی^۱، محمود مصباح^۲، رضا امیری^۳، محمدرضا بی‌همتا^۴، ولی‌ا. یوسف آبادی^۱ و مجید دهقانشعار^۴

س. واحدی، م. مصباح، ر. امیری، م.ر. بی‌همتا، و. یوسف آبادی و م. دهقانشعار. ۱۳۸۵ مطالعه ارتباط صفات زراعی با ویژگی‌های
مورفولوژیک ریشه و تعیین صفات مؤثر بر عملکرد ریشه و عیارقند در ژرم‌پلاسِم منوژرم چغندر قند. چغندر قند ۲۲(۲): ۳۴-۱۹

چکیده

به منظور تعیین مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد ریشه و عیارقند در ژرم‌پلاسِم منوژرم چغندر قند، تعداد
۷۵ هیبرید F1 منوژرم در سه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۳۸۳ در مزرعه
تحقیقاتی ایستگاه شهید عبدالرسول مطهری در کرج مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این بررسی صفات
عملکرد ریشه، طول ریشه، قطر ریشه، ارتفاع طوقه، قطر طوقه، عیار قند، نیتروژن آلفا آمینو، سدیم،
پتاسیم، نسبت‌های سدیم به پتاسیم، پتاسیم به عیارقند، نیتروژن به عیارقند، هم‌چنین ضریب قلیائیت،
عملکرد شکر سفید، قند ملاس، شکر قابل استحصال، عملکرد شکر، یکنواختی ریشه، نمره رشد و راندمان
استحصال اندازه‌گیری و برآورد شدند. تجزیه واریانس به صورت مستقل در هر آزمایش انجام و از
میانگین تیمارها برای تجزیه‌های آماری استفاده شد. تجزیه عاملی به روش مؤلفه‌های اصلی، کل صفات
مورد مطالعه را به سه عامل عیارقند خالص، عملکرد ریشه و قند و خصوصیات ظاهری ریشه تقسیم نمود.
در تجزیه رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد ریشه به عنوان متغیر تابع و سایر صفات به عنوان متغیرهای
مستقل به ترتیب عملکرد شکر، عیارقند، عملکرد شکر سفید، ضریب قلیائیت، قطر ریشه و ارتفاع طوقه به
عنوان مهم‌ترین صفات شناسایی شدند که اثرات عملکرد شکر، شکر قابل استحصال و قطر ریشه در
عملکرد ریشه مثبت بود. هم‌چنین صفات مهم تعیین‌کننده عیارقند به ترتیب شکر قابل استحصال، نسبت
سدیم به پتاسیم و راندمان استحصال بودند. در نهایت تجزیه همبستگی کانونیک نشان داد که با افزایش
طول و قطر ریشه و کاهش قطر طوقه، میزان ناخالصی‌های ریشه کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به عامل‌ها، تجزیه رگرسیون مرحله‌ای، تجزیه همبستگی کانونیک، چغندر قند، صفات زراعی،
مورفولوژی ریشه، منوژرم

۱- اعضاء هیأت علمی مؤسسه تحقیقات چغندر قند E_mail: dvahedi@yahoo.com

۲- عضو هیأت علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

۳- عضو هیأت علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۴- عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال

مقدمه

در گیاهان دگرگشن از جمله چغندر قند تهیه ارقام هیبرید (F1) از اهمیت خاصی برخوردار است. در این رابطه مؤسسه تحقیقات چغندر قند با برنامه‌ریزی‌های انجام شده، به تهیه لاین‌های نرعیق و برگرداننده باروری آن‌ها در سال‌های اخیر موفق شده است (صادقیان ۱۳۷۶). تهیه هیبریدهای حاصل از این لاین‌ها و تلاقی آن‌ها با گرده‌افشان‌های مطلوب موجود منجر به تهیه هیبریدهای متعدد تریپلوئید و دیپلوئید چغندر قند گردید (صادقیان ۱۳۷۷). لازم به ذکر است بسیاری از هیبریدهای F1 حاصل از تلاقی لاین‌های خالص غیرخویشاوند در گیاهان زراعی از قدرت رشد بالاتری برخوردار هستند (Allard 1999).

در به‌نژادی چغندر قند صفات زراعی و فیزیولوژیکی متعددی به عنوان معیارهای گزینش در نظر گرفته می‌شود. در یک نسل چغندر قند، مجموعه صفات زراعی از جمله عملکرد ریشه و قند، عیار قند، خلوص، مقدار اجزای غیرقندی، فرم ریشه و سازگاری از اهمیت خاصی برخوردار است (کوک و اسکات ۱۳۷۷). برای معرفی یک رقم مطلوب چغندر قند انتخاب بهترین ترکیبات هیبریدی لازم است.

در تحقیقات به‌نژادی و در رابطه با مطالعه ارتباط صفات زراعی و مورفولوژیک ریشه میزان وراثت پذیری صفات اهمیت بسزایی دارد. زیرا، عمل انتخاب فقط در مورد اثرات افزایشی ژن‌ها مؤثر بوده و باعث جدانمودن ژنوتیپ‌های برتر می‌شود. اثرات غالبیت و

ایستازی ژن‌ها به جز در هیبریدهای F1 قابل تثبیت نیست (Poehlman 1987). شیماموتو و هوسوکاوا (Shimamoto and Hosokawa 1973) ۱۹ لاین اینبرد چغندر قند را از لحاظ رابطه شکل ریشه با عملکرد آن‌ها مورد مطالعه قرار دادند و وراثت‌پذیری عمومی برای عملکرد ریشه، درجه بریکس، عملکرد قند، قطر ریشه، طول ریشه و نسبت طول ریشه به قطر ریشه را به ترتیب ۲۰/۰ درصد، ۴۹/۹ درصد، ۱۵/۹ درصد، ۱۴/۴ درصد، ۱۰/۴ درصد و ۱۶ درصد به دست آوردند.

ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی معیاری از ارتباط بین صفات می‌باشند. این ضرایب در شناسائی صفاتی که می‌توانند به عنوان شاخص‌های گزینشی مهم مورد استفاده قرار گیرند و هم چنین در شناسائی صفاتی که دارای اهمیت ناچیز یا فاقد اهمیت در برنامه گزینش می‌باشند مفید هستند (Escribano et al. 1997). گورنیش و همکاران (Gornish et al. 1990) با مطالعه ۴۵ خانواده دیپلوئید منورژم چغندر قند نشان دادند که بالاترین همبستگی بین طول برگ و وزن ریشه وجود دارد. کاپور و همکاران (Kapur et al. 1978) با ارزیابی ۱۳ صفت برگ و ریشه در ۳۵ لاین چغندر قند نشان دادند که عیار قند مهم‌ترین صفت برای گروه‌بندی ژرم‌پلاسم می‌باشد. در درجات بعدی اهمیت به ترتیب عرض برگ، تعداد برگ، ضخامت برگ و طول دم‌برگ قرار داشتند. در میان صفات ریشه، سهم طول ریشه و اندازه طوقه بیشتر از قطر

برگ، عرض برگ و قندملاس بیشترین سهم را در توجیه تغییرات وزن ریشه دارند. هدف از این مطالعه بررسی ارتباط صفات زراعی با ویژگی‌های مرفولوژیک ریشه و شناسایی مهم‌ترین صفات تعیین‌کننده دو صفت اصلاحی مهم چغندرقد یعنی عملکردریشه و عیارقد بود. از آن جایی که خصوصیات مرفولوژیک ریشه بر صفات زراعی تأثیر بسزایی دارند، هدف دیگر این مطالعه شناسایی صفات مهم مرفولوژیک ریشه، که تأثیر بیشتری در تغییرات صفات زراعی در ژرم‌پلاسم منوژرم دارند، بود.

مواد و روش‌ها

این بررسی در ایستگاه تحقیقاتی مهندس سیدعبدالرسول مطهری (کمال‌شهر) اجرا شد. این ایستگاه که در جنوب غربی کرج و در ضلع غربی جاده قزل‌حصار واقع شده است، دارای ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۶ دقیقه طول شرقی است که ارتفاع آن از سطح دریا حدود ۱۳۰۰ متر می‌باشد.

موادگیاهی مورد آزمایش ۷۵ هیبرید F1 حاصل از مواد به نژادی منوژرم چغندرقد بود. عملیات آماده‌سازی خاک شامل آبیاری قبل از شخم، شخم عمیق، مصرف کود فسفات‌آمونیم به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار با توجه به نتایج تجزیه خاک در فصل پائیز، انجام عملیات تکمیلی تهیه زمین شامل شخم سطحی، مصرف پنج لیتر در هکتار سم علف‌کش

ریشه و وزن ریشه بود. کاپور و همکاران (Kapur et al. 1985) با محاسبه ضرایب همبستگی بین صفات مرفولوژیک چغندرقد نشان دادند که وزن ریشه دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با اندازه طوقه (۵۴ درصد)، طول ریشه (۴۲ درصد) و قطر ریشه (۵۸ درصد) می‌باشد. از بین این صفات، طول دم‌برگ و قطر ریشه دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با وزن ریشه و منفی و معنی‌دار با عیارقد بودند. تورر (Theurer 1979) با بررسی ۹ لاین اینبرد چغندرقد و ۶ هیبرید حاصل از آن‌ها همبستگی بین قطر ریشه و عملکرد ریشه را شش تا هشت درصد بدست آورد. براساس گزارش گیما (نقل از Theurer 1979) قطرریشه همبستگی مثبت و معنی‌داری با وزن ریشه داشت. پاک (نقل از Theurer 1979) همبستگی بین قطر ریشه و عملکردریشه را ۸۶ درصد گزارش کرد. کامپل و کول (Campbell and Cole 1986) نیز نشان دادند که بین عملکردریشه و قندملاس همبستگی مثبت وجود دارد. هم چنین طول ریشه با غلظت ساکارز دارای همبستگی مثبت و با عملکردریشه، قطر ریشه و ارتفاع طوقه دارای همبستگی منفی می‌باشد. رجبی (۱۳۷۸) نشان داد همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن ریشه و ارتفاع طوقه وجود دارد و صفات مربوط به ریشه از جمله طول ریشه، قطر ریشه، ارتفاع طوقه و قطر طوقه از وراثت‌پذیری پائینی برخوردار بودند. وی در تجزیه رگرسیون بر روی وزن ریشه نشان داد که صفاتی همچون قطر ریشه، قطر طوقه، ازت مضره، طول

به عنوان معیار هرکرت به آزمایشگاه منتقل شده و تمامی ریشه‌ها به خوبی شسته شده و توسط دستگاه اتوماتیک ونما (Venema)، خمیر ریشه (پلپ) تهیه گردید. نمونه‌های خمیر پس از انجماد به آزمایشگاه تکنولوژی قند ارسال گردید و صفات عیارقند، میزان سدیم، پتاسیم، ازت اندازه‌گیری و ضریب قلیائیت، راندمان استحصال، درصد قندملاس و عیارقند قابل استحصال محاسبه گردید.

تجزیه واریانس برای هر آزمایش به صورت مستقل انجام و از میانگین تکرارهای آزمایش برای تجزیه‌های آماری چند متغیره استفاده شد. صفات اندازه‌گیری و برآورد شده شامل عملکرد ریشه (RY)، عیار قند (SC)، ازت آلفا آمینو (α -N)، سدیم (Na)، پتاسیم (K)، نسبت سدیم به پتاسیم (Na/K)، نسبت پتاسیم به عیارقند (K/S)، نسبت ازت به عیارقند (N/S)، ضریب قلیائیت (ALC)، عملکرد شکر سفید (WSY)، قندملاس (MS)، شکر قابل استحصال (WSC)، عملکرد شکر (SY)، یکنواختی ریشه (RU)، نمره رشد (GS) و راندمان استحصال (Pur) بود. از تجزیه عاملی به روش مؤلفه‌های اصلی استفاده گردید (Jobson 1992). ارتباط صفات زراعی با ویژگی‌های مورفولوژیک ریشه با استفاده از تجزیه همبستگی کانونیک (Canonical correlation analysis) بررسی شد (Jobson and Wichern 1988). با استفاده از تجزیه رگرسیون چند متغیره به روش گام به گام، صعودی و نزولی صفات مهم و مؤثر در تعیین عملکرد ریشه شناسایی گردید (Draper and

رونیت پیش از کاشت، دیسک معمولی و تسطیح جزئی در بهار صورت گرفت. پس از تسطیح کوداوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. سپس خطوط کشت با فواصل ۵۰ سانتی‌متر آماده شد. در فروردین ماه بذور مورد آزمایش، مطابق نقشه کاشت تهیه شده در قالب سه طرح بلوک‌های کامل تصادفی هرکدام با ۲۵ رقم و چهار تکرار توسط دستگاه بذرکار کشت شد. طول خطوط کاشت ۸ متر، طول خطوط برداشت ۷ متر و فاصله خطوط ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. پس از کاشت، بلافاصله آبیاری اول (خاک آب) به طریقه نشتی انجام شد. آبیاری بعدی به فاصله چهار روز بعد و بقیه آبیاری‌ها به فاصله هر ۱۰ روز یک بار انجام گردید. در مرحله چهار تا شش برگی، بوته‌ها به فاصله ۱۶ سانتی‌متر تک شدند. پس از انجام تک و کولتیوار زنی، کود ازت به صورت سرک به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به کرت‌های آزمایشی داده شد. کنترل‌های شیمیایی و مکانیکی علف‌های هرز و مبارزه با آفات به روال معمول منطقه انجام گردید.

در زمان برداشت از تیمارهای دو تکرار از چهار تکرار هر آزمایش به تعداد ۱۵ عدد ریشه از هر تیمار به صورت تصادفی از خطوط میانی کاشت جهت اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک ریشه مجزا شدند. صفات مورفولوژیک ریشه شامل طول (RL)، قطر (RD)، ارتفاع طوقه (CH) قطر طوقه (CD) اندازه‌گیری شدند. پس از اینکه کرت‌ها به‌طور کامل برداشت شدند، ریشه‌های هر کرت به صورت تصادفی

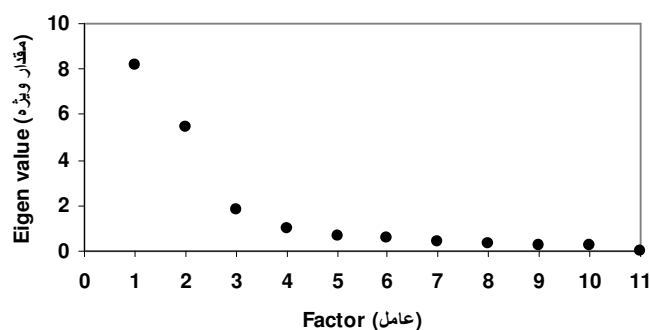
درصد و در مجموع ۸۵/۰۷ درصد از تغییرات کل داده‌ها را تبیین می‌کنند. تفسیر ۸۵/۰۷ درصد از تغییرات ۱۹ متغیر توسط چهار عامل بیان‌گر کارایی بالای تجزیه عاملی در خلاصه‌نمودن اطلاعات داده‌های ۷۵ هیبرید FI منوژرم چغندرقد می‌باشد. این موضوع هم چنین بیان می‌دارد که تنوع ژنتیکی هیبریدهای مذکور فاحش نمی‌باشد، زیرا هرچه تنوع ژنتیکی در ژرم‌پلاسم از نظر صفت مورد نظر بیشتر باشد، درصد تغییرات کمتری در روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه عاملی توجیه خواهد شد (امیری و همکاران ۱۳۷۸؛ Jobson 1992). در شکل ۱ نیز نمودار Screegraph مربوط به نتایج تجزیه عاملی نشان داده شده است و بیان‌گر این نکته است که چهار عامل برای توجیه اطلاعات داده‌های این تحقیق کافی است زیرا از عامل چهارم به بعد تقریباً نمودار به صورت خطی در می‌آید (Jolliffe 1986).

(Smith 1988). در مورد عیارقد نیز از رگرسیون مرحله‌ای برای شناسایی صفات مهم تعیین‌کننده استفاده شد. کلیه تجزیه‌های آماری با نرم افزار SAS، 1992، انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس کلیه صفات در آزمایش‌ها بیان‌گر وجود تفاوت بسیار معنی‌دار در سطح احتمال یک‌درصد در میان هیبریدهای مورد مطالعه بود بنابراین تجزیه‌های بعدی برای مطالعه دقیق ارتباط صفات و تعیین مهم‌ترین آن‌ها انجام گرفت.

نتایج تجزیه عاملی به روش مؤلفه‌های اصلی بر روی ۱۳ صفت زراعی، پنج خصوصیت ریشه و صفت نمره رشد در جدول شماره ۱ ارایه شده است. همان طوری که مشاهده می‌شود عامل‌های اول تا چهارم به ترتیب ۳۴/۴۵، ۲۴/۹۲، ۲۰/۳۱ و ۵/۴۹



شکل ۱ نمودار Screegraph تجزیه به عامل در مورد ۱۹ صفت زراعی و مورفولوژیک هیبریدهای منوژرم چغندرقد

Fig. 1 Scree graph diagram of factor analysis for 19 agronomic and morphological traits in sugar beet monogerm hybrids

این عامل را می‌توان عامل خصوصیات مرفولوژی ریشه نامید. براین اساس، ۳۱/۲۰ درصد از تغییرات داده‌ها توسط خصوصیات مرفولوژی ریشه آن‌ها قابل توجیه می‌باشد. در نهایت در عامل چهارم صفت یکنواختی ریشه به تنهایی دارای ضریب بالایی می‌باشد. بنابراین صفت یکنواختی ریشه به تنهایی ۳۹/۵ درصد از تغییرات کل داده‌ها را به خود اختصاص داد.

برآورد واریانس مشترک، برای هر یک از صفات در جدول ۱ ارایه شده است. این مقادیر برای کلیه صفات بالا بود ولی صفات یکنواختی ریشه، نسبت سدیم و پتاسیم به عیارقند و خلوص شربت از بیشترین و صفت طول ریشه از کمترین واریانس مشترک برخوردار بودند.

در مجموع باتوجه به نتایج تجزیه عاملی به روش مؤلفه‌های اصلی می‌توان اظهار داشت انتخاب در ژرم‌پلاسما منوژرم چغندر قند را می‌توان در جهت بهبود سه صفت کلی عیارقند خالص، عملکرد ریشه و قند و خصوصیات ظاهری ریشه متمرکز نمود. هر یک از این سه صفت کلی نیز دارای صفات فرعی خاص به خود می‌باشند.

در مطالعه صادقیان و همکاران (Sadeghian et al. 1999) که روی ۴۹ لاین جمعیت نیمه خاوه‌ری و جمعیت آزاد گرده‌افشان در دو سال و دو مکان و در شرایط تنش رطوبتی و نرمال انجام شده است نشان می‌دهد که در شرایط نرمال عامل‌های حاصل به ترتیب عبارت از عیارقند، خلوص قند و

با مشاهده ماتریس ضرائب عاملی دوران یافته، مشخص است که عامل اول صفات عیارقند ناخالص، عیارقند خالص و خلوص شربت را با صفات مقدار سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم، درصد قند ملاس، نسبت پتاسیم به عیارقند و میزان پتاسیم مقایسه می‌کند. از آن جایی که در این عامل عیارقند خالص و ناخالص و خلوص شربت همراه با عناصر مزاحم کریستاله‌شدن قند شرکت نموده‌اند، بنابراین عامل اول را می‌توان عامل قندخالص نامید. بنابراین ۴۵/۳۴ درصد از تغییرات کل داده‌های ۷۵ هیبرید منوژرم چغندر قند به وسیله صفات مرتبط با درصد قند خالص آن‌ها قابل توجیه می‌باشد.

در عامل دوم صفات عملکرد قند ناخالص، عملکرد ریشه، عملکرد قند خالص و نسبت ازت به عیارقند دارای ضریب مثبت و بالا می‌باشند، بنابراین عامل دوم را می‌توان عامل عملکرد ریشه و قند نامید. ضمن این که مثبت بودن ضریب نسبت ازت به عیارقند در این عامل نشان می‌دهد حداقل در برخی از دورگ‌های پرمحصول در این آزمایش، نسبت ازت به عیارقند نیز بالا بوده است که این ویژگی نامطلوب می‌باشد (Draycott 2006). بنابراین ۹۲/۲۴ درصد از تغییرات کل داده‌های ۷۵ دو رگ منوژرم چغندر قند نیز به وسیله صفات مرتبط با عملکرد ریشه آن‌ها قابل توجیه می‌باشد. این نتیجه با نتایج واحدی (۱۳۸۵) مطابقت دارد.

در عامل سوم صفات طول و قطر ریشه و طول و قطر طوقه دارای ضریب مثبت بالا می‌باشند. بنابراین

استاندارد گردید تا سهم مستقیم چهار متغیر فوق تعیین گردد (اثر مستقیم). نتایج این محاسبه در ردیف آخر جدول ۲ ملاحظه می‌شود. صفات عملکرد قند و درصد قند سفید دارای اثر مستقیم مثبت و صفات عیار قند و عملکرد قند سفید دارای اثر مستقیم منفی بر عملکرد ریشه می‌باشند. بیشترین اثر مستقیم مثبت بر عملکرد ریشه به صفت عملکرد قند مربوط می‌گردد. از آن جایی که عملکرد قند از روی صفات عملکرد ریشه و عیار قند محاسبه می‌گردد (کوک و اسکات ۱۳۷۷)، این نتیجه قابل انتظار بود. اما به طور جالب نقش دو صفت عیار قند و عملکرد شکر سفید بر عملکرد ریشه منفی می‌باشد و مجدداً نقش منفی عملکرد شکر سفید بیشتر از عیار قند است. بیشتر بودن اثر مستقیم منفی عملکرد شکر سفید نسبت به عیار قند به این نکته مربوط بود که عملکرد شکر سفید نیز از روی عملکرد ریشه و شکر قابل استحصال محاسبه می‌گردد (کوک و اسکات ۱۳۷۷). اما منفی بودن نقش این دو صفت احتمالاً به وجود همبستگی منفی بین عملکرد ریشه و عیار قند مربوط می‌شود که در سایر تحقیقات نیز به آن اشاره شده است (Campbell and Cole 1986; Kapur et al. 1978; Campbell and Kern 198). براساس نتایج جدول ۲، تنها در نظر گرفتن دو صفت عملکرد شکر و عیار قند در حدود ۹۹/۳۹ درصد از تغییرات عملکرد ریشه توجیه می‌شود، در حالی که باید توجه داشت که رابطه عیار قند و عملکرد ریشه منفی می‌باشد. بنابراین در گزینش برای عملکرد ریشه بالا باید به این نکته توجه لازم شود.

عملکرد ریشه (صفات غیر قندی) بودند، اما در شرایط تنش آبی، ناخالصی‌ها، بخصوص سدیم، پتاسیم و قند ملاس و عملکرد ریشه عامل‌های مهم بودند. نتایج این مطالعه با نتایج مطالعه قبلی (Sadeghian et al. 1999) در شرایط نرمال مطابقت دارد. با این حال، در مطالعه قبلی صفات مرفولوژی ریشه اندازه‌گیری نشده بود. به همین دلیل در مطالعه حاضر کل صفات زراعی در دو عامل اما در مطالعه قبلی عمدتاً در ۳ عامل قرار گرفتند. برای تفکیک نقش اجزای تشکیل‌دهنده سه صفت کلی حاصل از تجزیه عاملی، از روش رگرسیون مرحله‌ای استفاده گردید. در گام اول متغیر عملکرد ریشه به عنوان متغیر تابع و سایر متغیرها به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند (جدول ۲). همان طوری که دیده می‌شود، چهار متغیر عملکرد شکر سفید، عملکرد شکر، عیار قند و شکر قابل استحصال در مجموع ۹۹/۹۱ درصد از تغییرات عملکرد ریشه را توجیه کرده و اثر معنی‌داری بر آن دارند. اما در مرحله اول متغیر عملکرد شکر وارد مدل شد که خود به تنهایی ۸۸/۹۵ درصد از تغییرات عملکرد ریشه را توجیه می‌نماید. سپس در مراحل دوم تا چهارم به ترتیب متغیرهای عیار قند، عملکرد شکر سفید و شکر قابل استحصال وارد مدل شده‌اند که هر یک به تنهایی ۱۰/۴۴، ۰/۰۶ و ۰/۴۶ درصد از تغییرات عملکرد ریشه را توجیه می‌کنند. در نهایت برای تعیین سهم هر یک از چهار متغیر مستقل فوق در توجیه عملکرد ریشه، ضرائب رگرسیون به دست آمده

شکرسفید، عملکردشکر، عیارقند و شکر قابل استحصال برای گزینش مدنظر داشت (جدول ۳). از آن جایی که در روش رگرسیون مرحله‌ای (Stepwise) بعداز ورود متغیر جدید، متغیرهای قبلی در مدل آزمون می‌گردند (Steel and Torrie 1981; Draper and Smith 1981)، لذا روشن است که در این روش متغیرهایی که نقش معنی‌دار بزرگتری در توجیه متغیر تابع دارند، در مدل باقی می‌مانند اما در روش رگرسیون صعودی (Forward) فقط متغیرهای جدید آزمون می‌شوند اما آزمونی برای حضور مجدد آن‌ها در مدل وجود ندارد (Steel and Torrie 1981; Draper and Smith 1981)، لذا در این روش متغیرهای گزینش شده می‌توانند بیشتر باشند، در حالی که روشن است چنین متغیرهایی نقش کمتری در توجیه صفت تابع خواهند داشت. بنابراین، در این مرحله از مطالعه از روش رگرسیون صعودی نیز استفاده شد تا متغیرهای کم اهمیت‌تر شناسایی شوند (جدول ۴). دو صفت قبلی ضریب‌قلیائیت و ملاس مشابه جدول ۳ به ترتیب وارد مدل شده‌اند که این نتیجه قابل پیش‌بینی بود زیرا روش صعودی نتیجه روش مرحله‌ای را نیز دربردارد (Draper and Smith 1981)، اما در مراحل بعدی، متغیرهای قطر ریشه، ارتفاع طوقه و نمره رشد وارد مدل شدند که به ترتیب ۰/۳۸، ۱/۲۴ و ۰/۶۸ درصد از تغییرات عملکردریشه را توجیه می‌کنند. با توجه به معنی‌دار نبودن ضریب صفت نمره رشد، دو صفت جدید که می‌توان براساس نتایج این تجزیه به لیست متغیرهای

از آن جایی که دو صفت عملکردشکر و عملکرد شکرسفید از روی صفات عملکردریشه، عیارقند و شکر قابل استحصال محاسبه شده بودند، لذا وجود این صفات در معادلات رگرسیون مرحله‌ای قابل انتظار بود. بنابراین برای شناسایی صفات مهم دیگر توجیه‌کننده عملکرد ریشه، دو صفت عملکرد شکر و عملکرد شکرسفید از لیست صفات مستقل حذف گردید و مجدداً با استفاده از رگرسیون مرحله‌ای، صفات مرتبط با عملکرد ریشه شناسایی شدند. نتایج این تجزیه در جدول ۳ ملاحظه می‌گردد. همان طوری که ملاحظه می‌گردد اگر دو متغیر عملکردشکر و عملکرد شکرسفید در نظر گرفته نشوند، متغیرهای ضریب قلیائیت و ملاس به ترتیب ۷۱/۱۸ و ۴/۱۵ درصد از تغییرات عملکردریشه را توجیه می‌کنند، که در این بین اثر صفات ضریب قلیائیت و عملکردریشه منفی اما اثر ملاس و عملکردریشه مثبت است. ضمن این که اثر مستقیم و منفی صفت ضریب قلیائیت بر عملکرد ریشه در حدود چهار برابر اثر مستقیم و مثبت صفت ملاس بر عملکرد ریشه می‌باشد. مثبت بودن اثر مستقیم صفت ملاس بر عملکردریشه نامطلوب می‌باشد، زیرا این متغیر بیان‌گر میزان قندهای استحصال نشده می‌باشد (کوک و اسکات ۱۳۷۷). با وجود این اثر مستقیم و مثبت این صفت در توجیه عملکردریشه بسیار کوچک است که می‌توان از آن صرف‌نظر نمود، اما صفت ضریب قلیائیت را می‌توان به عنوان یکی از صفات با درجه اهمیت پائین‌تر در کنار چهار صفت قبلی یعنی عملکرد

می‌توان در گزینش برای عملکرد ریشه و عیار قند به این رابطه مثبت توجه داشت اما باتوجه به این که این رابطه خیلی بالا نمی‌باشد، در صورت زیاد شدن تنوع ژنتیکی می‌توان ژنوتیپ‌های با عملکرد ریشه و عیار قند بالا و ملاس پائین را شناسایی و گزینش نمود.

در این مرحله نیز چون شکر قابل استحصال از روی عیار قند محاسبه می‌گردد، این متغیر از لیست متغیرها حذف گردید، تا متغیرهای مستقل کم اهمیت‌تر شناسایی شوند (جدول ۶). متغیرهای شناسایی شده عبارت بودند از نسبت سدیم به پتاسیم، یکنواختی ریشه، راندمان استحصال و عملکرد ریشه که بدون در نظر گرفتن متغیر شکر قابل استحصال به ترتیب ۸۰/۸۶، ۰/۲، ۰/۲۵ و ۰/۱۵ درصد از تغییرات عیار قند را توجیه نمودند. در این بین ضریب رگرسیون مربوط به عملکرد ریشه در سطح احتمال ۱۲ درصد معنی‌دار می‌باشد. باتوجه به جدول ۶ صفات جدید شناسایی شده نسبت K/Na و خلوص شربت می‌باشند، زیرا نقش مستقیم و منفی بزرگتری در توجیه تغییرات عیار قند دارند. در این بین منفی بودن رابطه نسبت سدیم به پتاسیم و عیار قند برای متخصص اصلاح نباتات مطلوب است، زیرا سدیم بیان‌گر میزان ناخالصی‌های موجود در عصاره متغیر می‌باشد (کوک اسکات ۱۳۷۷). اما منفی بودن رابطه راندمان استحصال و عیار قند مطلوب نیست زیرا هدف مهم اصلاحی چغندر قند افزایش هر دو صفت می‌باشد (کوک و اسکات ۱۳۷۷)، اما با افزایش تنوع ژنتیکی می‌توان در جهت افزایش هر دو صفت اقدام نمود.

مورد گزینش اضافه کرد، صفات قطر ریشه و ارتفاع طوقه می‌باشد و نقش صفت اول (با اثر مثبت) بیشتر از صفت دوم (با اثر منفی) است. البته نقش مستقیم صفت قطر ریشه تقریباً به همان اندازه نقش صفت ملاس می‌باشد که به علت نامطلوب بودن این ارتباط از آن صرف‌نظر می‌شود.

همواره یکی از اهداف مهم اصلاحی در چغندر قند، تولید وارپته‌های با عیار قند بالا می‌باشد (Bosemark 1989)، نظر به این که در این تحقیق صفت مذکور با عملکرد ریشه ارتباط داشت. بنابراین در مرحله بعدی تجزیه صفات مهم اقتصادی در ژرم‌پلاسم مونوژرم چغندر قند، صفت عیار قند به عنوان متغیر تابع و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند (جدول ۵). متغیر شکر قابل استحصال به تنهایی ۹۵/۱۹ درصد از تغییرات صفت عیار قند را توجیه می‌کند که این نتیجه قابل انتظار است، زیرا شکر قابل استحصال از روی عیار قند محاسبه می‌شود (کوک و اسکات ۱۳۷۷). اما در گام بعدی صفت ملاس وارد مدل شد که ۴/۸۱ درصد از تغییرات عیار قند را توجیه نموده و اثر مستقیم نسبتاً کوچک و مثبتی در متغیر تابع دارد. بالاخره نقش صفت قطر طوقه بسیار ناچیز می‌باشد. رابطه مثبت صفت ملاس و عیار قند نیز مثل رابطه آن و عملکرد ریشه نامطلوب بوده و لذا قابل استفاده نخواهد بود. زیرا همزمان با افزایش عملکرد ریشه و عیار قند، یکی از اهداف اصلاحی چغندر قند کاهش درصد قند ملاس می‌باشد (Biancardi et al. 2005). بنابراین تنها

دارای ارتفاع طوقه بیشتر دارای RY، WSY و SC بیشتری نیز بودند، اما چون ضریب CH در V1 چندان بزرگ نمی‌باشد، این تفسیر تنها در مورد درصد کمی از هیبریدها صادق است. در مجموع نظر به این که تنها ضریب قطر طوقه CD در V1 بزرگ می‌باشد، می‌توان اظهار داشت با افزایش قطر طوقه مقدار عملکرد ریشه کاهش و میزان ناخالصی‌ها به خصوص Na و K افزایش می‌یابد زیرا در WI، K و Na همراه با WSC دارای ضریب مثبت می‌باشند در حالی که RY و WSY از ضریب منفی برخوردار می‌باشند. به عنوان یک نتیجه نهایی از تفسیر زوج متغیر کانونیک اول می‌توان هیبریدهایی را گزینش نمود که در آنها قطر طوقه کم باشد، زیرا در این صورت نه تنها عملکرد ریشه و عملکرد قند سفید افزایش می‌یابد، بلکه میزان ناخالصی‌ها هم کاهش خواهد یافت. اما، چون ضرائب دو صفت WSC و SC در WI خیلی بزرگ می‌باشد ضمن این که WSC از ضریب مثبت و SC از ضریب منفی برخوردار است و با توجه به مثبت بودن ضریب CD در V1 می‌توان اظهار داشت که میزان کاهش قطر طوقه بیشتر منجر به کاهش ناخالصی‌های عصاره ریشه می‌گردد تا عملکرد ریشه، زیرا با کاهش آن میزان WSC به مقدار قابل توجهی افزایش می‌یابد که از مطالعات قسمت قبل و همین جدول روشن است که افزایش WSC معادل کاهش ناخالصی‌های عصاره ریشه به خصوص K و Na می‌باشد.

در نهایت ارتباط شش صفت مرفولوژی (عامل سوم) به عنوان یک مجموعه از صفات با ۱۳ صفت زراعی (گروه عملکرد ریشه و قند و گروه عبار قند) به عنوان مجموعه‌ای دیگر با استفاده از روش تجزیه همبستگی کانونیک مطالعه گردید (جدول ۷). ضریب همبستگی کانونیک برای زوج متغیر کانونیک اول و دوم به ترتیب برابر ۰/۷۶۸۳ و ۰/۵۴۵۶ به دست آمد که تنها ضریب همبستگی کانونیک اول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. لذا در جدول ۷ تنها ضرائب استاندارد کانونیک و بارهای کانونیک (همبستگی متغیرها با متغیرهای کانونیک مربوط) برای زوج متغیر کانونی اول گزارش شدند. از آن جایی که واحد متغیرها متفاوت است متغیرهای کانونیک با استفاده از ضرائب استاندارد کانونیک تفسیر نمود (Dillon and Goldstein 1984). بنابراین در جدول ۷ ضرائب خام کانونیک گزارش نشد. همان طوری که ملاحظه می‌شود V1 برای صفات CD، GS و CH از ضرائب بزرگتری برخوردار می‌باشد در حالی که در این متغیر کانونیک CD و RL برابر GS و CH قرار دارند. WI نیز براساس ضرائب استاندارد کانونیک K، WSC، SY و Na را در مقابل RY، WSY و SC قرار می‌دهد. با بررسی توأم WI و V1 نتیجه‌گیری می‌شود که به طور متوسط هیبریدهای دارای قطر طوقه و طول ریشه بیشتر دارای K، WSC، SY و Na بیشتر اما WSY، RY و SC کمتر بوده‌اند. به همین ترتیب حداقل برخی از هیبریدهای

جدول ۱ نتایج تجزیه به عامل‌ها به روش مؤلفه‌های اصلی همراه با دوران وریماکس برای صفات زراعی و خصوصیات ریشه در ۷۵ هیبرید منوژرم چغندر قند

Table 1 Principal factor analysis using varimax rotation for agronomical and morphological traits in 75 monogerm hybrids of sugar beet

شرح صفات Traits	ماتریس ضرایب دوران یافته Rotated factor loading matrix				واریانس مشترک Communality
	عامل ۱ Factor 1	عامل ۲ Factor 2	عامل ۳ Factor 3	عامل ۴ Factor 4	variance
	نسبت پتاسیم به سدیم (K/Na)	-0.97971	0/00288	-0/17195	-0/00359
سدیم (Na)	-0.90565	-0.15149	0.07877	0.08529	0.89504
قندملاس (MS)	-0.88186	0.21053	-0.29599	-0.00559	0.92985
نسبت پتاسیم به قند (K/S)	-0.78494	0.24417	-0.45479	-0.09062	0.95200
عیار قند (SC)	-0.92214	0.21170	0.00905	0.05014	0.90015
راندمان استحصال (Yeild)	-0.97411	-0.04444	0.18781	0.01369	0.99227
شکر قابل استحصال (WSC)	-0.97452	0.09898	0.09674	0.04007	0.97194
عملکرد شکر (SY)	-0.15690	0.95679	-0.14557	-0.04604	0.97761
عملکرد ریشه (RY)	0.14611	0.95543	-0.17036	-0.05590	0.96758
عملکرد شکر سفید (WSY)	-0.39148	0.89605	-0.08182	-0.04334	0.97537
نسبت ازت به قند (N/S)	0.28605	0.82088	-0.30779	-0.06555	0.89089
ضریب قلیائیت (ALC)	0.07288	-0.89360	0.26893	0.02253	0.89829
طول ریشه (RL)	-0.03679	-0.17928	0.90053	0.00804	0.84504
قطر ریشه (RD)	-0.17764	-0.26159	0.85476	-0.01465	0.88368
قطر طوقه (CD)	-0.21554	-0.25694	0.85163	0.03319	0.88348
ارتفاع طوقه (CH)	-0.13705	-0.06401	0.71718	-0.00312	0.91133
پتاسیم (K)	0.42643	0.45043	-0.59196	-0.10683	0.87669
یکنواختی ریشه (RU)	-0.02728	-0.11710	0.02211	0.98967	0.99487
نمره رشد (GS)	0.23406	0.28132	-0.35844	-0.02921	0.97087
مقدار ویژه (%) Eigen value	34.45	24.92	20.31	5.39	-
مقدار ویژه کمی (%) Communitive Eigen value	34.45	59.37	79.68	85.07	-

جدول ۲ نتیجه تجزیه رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد ریشه به عنوان متغیر تابع و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل

Table 2 Stepwise regression analysis for root yield as dependent variable and other traits as independent variables

ضریب تشخیص معادله	ضرائب رگرسیون				ثابت	متغیر اضافه شده به معادله
	b ₄	b ₃	b ₂	b ₁	Constant	
0.8895				6.98	5.669	(SY) عملکرد شکر
0.9939			-3.571	7.67	46.393	(SC) عیار قند
0.9945		-2.251	-2.953	9.202	39.149	(WSY) عملکرد شکر سفید
0.9991	6.369	-14.134	-8.151	18.06	45.398	(WSC) شکر قابل استحصال
-	351.54**	393.89**	769.04**	1199.43**	1433.44**	مقدار F برای ضرائب در معادله نهایی
-	0.801	-1.515	-0.787	2.499	-	ضرائب استاندارد شده در معادله نهایی

جدول ۳ نتیجه تجزیه رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد ریشه به عنوان متغیر تابع و سایر صفات به جز عملکرد قند و

عملکرد قند خالص به عنوان متغیر مستقل

Table 3 Stepwise regression analysis for root yield as dependent variable and other traits with the exception of sugar yield and white sugar yield as independent variables

ضریب تشخیص معادله	ضرائب رگرسیون		ثابت	متغیر اضافه شده به معادله
	b ₂	b ₁	Constant	
0.7118	-	-1.13	75.130	(ALC) ضریب قلیائیت
0.7533	5.469	-1.075	54.950	(MS) ملانس
-	12.11**	180.96**	80.93**	مقدار F برای ضرائب در معادله نهایی
-	0.208	-0.803	-	ضرائب استاندارد شده در معادله نهایی

جدول ۴ نتیجه تجزیه رگرسیون صعودی برای عملکرد ریشه به عنوان متغیر تابع و سایر صفات به جز عملکرد قند و

عملکرد قند ناخالص به عنوان متغیر مستقل

Table 4 Forward regression for root yield as dependent variable and other traits with the exception of sugar yield and white sugar yield as independent variables

ضریب تشخیص معادله	ضرائب رگرسیون					ثابت	متغیر اضافه شده به معادله
	b ₅	b ₄	b ₃	b ₂	b ₁	Constant	
0.7118					-1.130	75.130	(ALC) ضریب قلیائیت
0.7534				5.469	-1.075	54.950	(MS) ملانس
0.7571			0.865	6.400	-1.119	46.142	(RD) قطر ریشه
0.7695		-3.414	1.872	6.242	-1.153	44.487	(CH) ارتفاع طوقه
0.7762	3.582	-3.615	2.352	5.533	-1.133	27.894	(GS) نمره رشد
-	2.08ns	4.26*	5.47*	9.67**	157.11**	3.32+	مقدار F برای ضرائب در معادله نهایی
-	0.1052	-0.1477	0.2156	0.2102	-0.8457	-	ضرائب استاندارد شده در معادله نهایی

ns و ** ، * ، + به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۸ ، ۵ و ۱ درصد و غیر معنی‌دار

جدول ۵ نتیجه تجزیه رگرسیون مرحله‌ای برای عیار قند به عنوان متغیر تابع و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل

Table 5 Stepwise regression analysis for sugar content as dependent variable and other traits as independent variables

ضریب تشخیص معادله	ضرایب رگرسیون			ثابت	متغیر اضافه شده به معادله
	b ₃	b ₂	b ₁	Constant	
0.9519			0.749	5.838	(WSC) شکر قابل استحصال
1.00		1.0003	0.9996	0.0024	(MS) ملاس
7.00	-0.0008	0.9988	0.9993	0.015	(CD) قطر طوقه
	2.62	314290**	4334599**	1.57 ns	مقدار F برای ضرایب در معادله نهایی
	-0.0007	0.392	1.302	-	ضرایب استاندارد شده در معادله نهایی

× ، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱۱ و ۱ درصد و غیر معنی‌دار

جدول ۶ نتیجه تجزیه رگرسیون صعودی برای تیمار عیار قند به عنوان متغیر تابع و سایر متغیرها به جزء عیار قند خالص

به عنوان متغیر مستقل

Table 6 Forward regression for sugar content as dependent variable and other traits with the exception of sugar content as independent variables

ضریب تشخیص معادله	ضرایب رگرسیون				ثابت	متغیر اضافه شده به معادله	
	b ₅	b ₄	b ₃	b ₂	b ₁		Constant
0.8086					-0.006	18.171	(KNA) نسبت پتاسیم به سدیم
0.9531				2.546	-0.012	14.759	(MS) ملاس
0.9551			0.289	2.576	-0.013	14.204	(RU) یکنواختی ریشه
0.9576		-0.187	0.363	2.380	-0.019	33.366	(Pur) راندمان استحصال
0.9590	-0.005	-0.269	0.358	2.479	-0.021	43.831	(RY) عملکرد ریشه
	2.48	6.53**	4.83*	153.48**	37.46**	14.96**	مقدار F برای ضرایب در معادله نهایی
	-0.054	-1.361	0.055	0.975	-3.147	-	ضرایب استاندارد شده در معادله نهایی

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

*, ** significant with 5 and 1 percent respectively

جدول ۷ نتایج تجزیه همبستگی کانونیک برای ارتباط پنج صفت مرفولوژی ریشه به عنوان یک سری متغیر (V) با ۱۳ صفت زراعی به عنوان سری دوم متغیرها (W)

Table 7 Results of canonical correlation analysis between five root morphological traits as first group of variables (V1) with 13 agronomic traits(W1) as second group of variables

نام صفت	متغیرهای گروه دوم (V1) Predictor variables		نام صفت	متغیرهای گروه دوم (W1) Regressor variables	
	ضرائب استاندارد کانونی اول The first standardized canonical coefficients	بارهای کانون اول The first cononical loading		ضرائب استاندارد کانونی اول The first standardized canonical coefficients	بارهای کانونی اول
GS	-0.3154	-0.7546	RY	-4.2270	-0.6510
RU	0.1074	0.2105	SY	11.7146	-0.5435
RL	0.2247	0.7827	WSY	-7.3116	-0.3797
RD	0.1128	0.9228	SC	-43.51	0.1917
CH	-0.1641	0.4632	WSC	55.7016	0.3540
CD	0.5702	0.9380	K	7.9394	-0.9454
			Na	9.8871	-0.1436
			K/Na	-0.6948	-0.4836
			N/S	1.5234	-0.7858
			K/S	-1.2560	-0.8166
			ALC	0.9050	0.6858
			PUR	-1.2336	0.5173
			MS	1.1278	-0.6837

References:

منابع مورد استفاده:

- امیری، ر. رضائی، ع. م. شاهدی، م و دخانی، ش. ۱۳۷۸. استفاده از کروماتوگرافی مایع فاز معکوس با کارایی بالا (RP-HPLC) در بررسی تنوع ژنتیکی گندم. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۳، صفحات ۴۱-۶۰.
- رجبی، ا. ۱۳۷۸. ارزیابی تنوع ژنتیکی لاین‌های چغندر قند برای صفات زراعی و کیفیت محصول. پایان‌نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تبریز.
- صادقیان، س. ی. ۱۳۷۶. گزارش‌های پژوهشی مؤسسه تحقیقات چغندر قند. سازمان تحقیقات آموزش و ترویجی کشاورزی.
- صادقیان، س. ی. ۱۳۷۷. گزارش‌های پژوهشی مؤسسه تحقیقات چغندر قند. سازمان تحقیقات آموزش و ترویجی کشاورزی.
- کوک، دی.ا. و آر.کی.، اسکات. ۱۳۷۷. چغندر قند از علم تا عمل (ترجمه اعضای هیأت علمی مؤسسه تحقیقات چغندر قند). نشر علوم کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی.

واحدی، س. ۱۳۸۵. مطالعه روابط ژنتیکی صفات زراعی و معرفی شاخص انتخاب در ژرم پلاسِم منوژرم چغندر قند. پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات. دانشکده کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی کرج.

Allard RW (1999) Principles of Plant Breeding. John Wiley and Sons, INC. New York. 254 pp

Anonymous (1992) SAS Stat User Guide. SAS Institute Inc. USA

Biancardi EL, Campbell G, Biaggi MD (2005) Genetics and Breeding of Sugar Beet. Science Publishers, Inc., Enfield, NH, USA

Bosemark NO (1989) Prospects of beet breeding and use of genetic resources. Report of an International Beta Genetic Resources Workshop, Wageningen, 7-10 February 1989, IBPGR, Rome, 90-8

Campbell LG, Cole DF (1986) Relationship between taproot and crown characteristics and yield and quality traits in sugarbeets. Agronomy Journal 78 : 971 – 973

Campbell LG, Kern JJ (1983) Relationship among components of yield and quality of sugarbeets. Journal of the American Society of Sugarbeet Technologists. Vol 22, No 2, 135-145

Dillon WR, Goldstein M (1984) Multivariate Analysis: Methods and Applications. John Wiley and Sons Press, USA

Draper NR, H Smith (1981) Applied Regression Analysis (2nd ed). John Wiley and Sons Press, USA

Draycott AP (2006) Sugar Beet. Blackwell Publishing Co Ltd. UK

Escribano MR, Santalla M, De ron AM (1997) Genetic diversity in pod and seed quality traits of common beet populations from Northwestern Spain. Euphytica 93: 71-81

Gornish MA, Smith MC, Mackay IJ (1990) An evaluation of single plant randomized field trials of sugarbeet (*Beta vulgaris L.*). Euphytica 45: 1 – 7

Johnson JD (1992) Applied Multivariate Data Analysis. Vol II : Categorical and Multivariate Methods. Springer-Verlag Press. N.Y., USA

- Johnson RA, Wichern DW (1988) Applied Multivariate Statistical Analysis. Prentice Hall International, Inc. London
- Jolliffe IT (1986) Principal Component Analysis. Springer-Verlag Press, N.Y. USA
- Kapur R, Strivastava HM, Strivastava BL, Saxena. VK (1978) Genetic diversity in sugarbeet (*Beta vulgaris L.*). Indian J. Genet. 47:79-83
- Kapur R, Strivastava HM, Strivastava BL, Saxena VK (1985) Character associations in sugarbeet (*Beta vulgaris L.*). Agric. Sci. Digest, 5:17-20
- Poehlman JM (1987) Breeding Field Crops. 3rd ed. Van Nostrand New York
- Sadeghian SY, Fazli H, Taleghani DF, Mohammadian R (1999) Drought tolerance screening for sugar beet improvement. Proceedings of First International Conference on Sugar and Integrated Industries. 15-18 Feb, Luxor, Egept
- Shimamoto Y, Hosokawa S (1973) Analysis of genetic variability in root shape of sugarbeet. III. A scale for root shape. 13th Research Meeting of Sugarbeet Technological Cooperation, Japan, 175-178
- Steel RGD, Torrie JH (1981) Principles and Procedures of Statistics, A Biometrical Approach. McGraw Hill Inc
- Theurer JC (1979) Growth patterns in sugarbeet production. Journal of the American Society of Sugarbeet Technologists 20 (4): 342 – 367