چغندرقند/ جلد ۳۶/ شماره ۲/ ۱۳۹۹

بررسی پارامترهای ژنتیکی و ارتباط بین صفات فیزیولوژیکی و عملکردی چغندرقند تحت شرایط نرمال و تنش شوری

Evaluation of genetic parameters and relationships between physiological and yield traits of sugar beet under normal and salinity stress condition

عبدالمجید خورشید[1] اباذر رجبی[2]*، علی‌اکبر اسدی[3] حیدر عزیزی[1] و بابک بابایی[4]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۲۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۲۶

نوع مقاله: پژوهشی

DOI: 10.22092/jsb.2021.356021.1289

ع.ا. خورشید، ا. رجبی، ع.ا. اسدی، ح. عزیزی و ب. بابایی. ۱۳۹۹. بررسی پارامترهای ژنتیکی و ارتباط بین صفات فیزیولوژیکی و عملکردی چغندرقند تحت شرایط تنش شوری و نرمال. **چغندرقند، ۳۶(۲): ۱۳۹- ۱۵۴.**

چکیده

به‌منظور تعیین پارامترهای ژنتیکی و وراثت‌پذیری صفات مختلف چغندرقند و تجزیه ارتباط صفات، ژنوتیپ‌های فول‌سیب (تمام‌خواهری) و هیبرید در آزمایش‌های جداگانه در سال زراعی ۱۳۹۶ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میاندوآب در دو شرایط شوری و نرمال، مورد بررسی قرار گرفتند. در آزمایش فول‌سیب‌ها در شرایط شوری، صفات عملکرد ریشه، عملکرد قند خالص و ناخالص، محتوای نسبی آب برگ، وزن خشک ریشه و نسبت وزن ریشه به اندام هوایی و در شرایط نرمال صفات عملکرد ریشه، عملکرد قند، نسبت وزن ریشه به اندام هوایی و وزن ویژه برگ واریانس ژنتیکی بیشتری نسبت به واریانس محیطی داشتند و درنتیجه دارای وراثت‌پذیری عمومی بالاتری نیز بودند. در آزمایش هیبریدها در شرایط شوری برای صفات عملکرد قند خالص، میزان پتاسیم، نسبت پتاسیم به سدیم، میزان نیتروژن و سطح برگ و در شرایط نرمال برای صفات عملکرد ریشه، میزان سدیم، نسبت پتاسیم به سدیم و میزان نیتروژن، واریانس ژنتیکی بالا بود و در نتیجه وراثت‌پذیری عمومی بالای ۰/۵ مشاهده شد؛ بنابراین، در برنامه‌های اصلاحی و گزینشی می‌توان این صفات را مدنظر قرار داد. در شرایط شوری، دامنه تغییرات وراثت‌پذیری خصوصی از ۰/۱۶ تا ۰/۶۶ متغیر بود. بیشترین میزان وراثت‌پذیری به ترتیب مربوط به قند ملاس با ۰/۶۶، میزان نیتروژن با ۰/۴۳، عملکرد قند با ۰/۳۸ و محتوای نسبی آب برگ با ۰/۳۸ بود؛ بدین ترتیب، این صفات تا حدودی توسط اثرات افزایشی ژن‌ها کنترل‌شده و می‌توان در برنامه‌های اصلاحی از درجات مختلف گزینش برای آنها استفاده کرد. در شرایط نرمال، دامنه تغییرات وراثت‌پذیری خصوصی از ۰/۰۱ تا ۰/۲۹ متغیر بود و صفت محتوای نسبی آب برگ با ۰/۲۹ بیشترین میزان وراثت‌پذیری را نشان داد. در تنش شوری، وراثت‌پذیری عملکرد ریشه و عملکرد قند در حد متوسط بود؛ بنابراین، در اصلاح عملکرد ریشه می‌توان از گزینش در نسل‌های متمادی و انتهایی و همچنین تولید هیبرید استفاده کرد. نتایج تجزیه رگرسیون و علیت نشان داد که در شرایط نرمال و شوری، وقتی عملکرد ریشه به‌عنوان متغیر تابع در نظر گرفته شد، صفات وزن ویژه برگ، سطح برگ و محتوای آب نسبی برگ تغییرات موجود را توجیه کردند و از بین آنها سطح برگ دارای بیشترین اثر مثبت و مستقیم بر عملکرد ریشه بود.

واژه‌های کلیدی: چغندرقند، شوری، واریانس ژنتیکی، وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی

۱- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان‌غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران.

۲- دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات ،آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. *- نویسنده مسئول a.rajabi@areeo.ac.ir

۳- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران.

۴ - استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

مقدمه

کشاورزی متداول به‌شدت باعث کاهش تنوع در گیاهان زراعی شده است. از میان حدود ۳۰۰۰۰ گونه گیاهی خوراکی شناسایی شده، تنها ۳۰ گونه منابع عمده تغذیه مردم جهان را تشکیل می‌دهند (Houssman *et al*. 2004). برای سازگاری ژنتیکی گیاهان به شوری، وجود تنوع وراثتی کافی در گیاهان مورد نظر ضروری است و تنوع زیادی ازنظر تحمل به شوری در بین و داخل گونه‌ها وجود دارد (Epstein *et al*. 1980). آگاهی از تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری صفات پایه و اساس انتخاب طرح‌های مناسب در بسیاری از برنامه‌های اصلاح نباتات می‌باشد (Izadi-Darbandi *et al*. 2013). به همین علت، دستیابی به روش‌هایی که موجب افزایش پتانسیل ژنتیکی ارقام موجود و تهیه ارقام جدید با صفات مطلوب گردد، همواره مورد توجه اصلاح‌گران می‌باشد. در به‌نژادی گیاهان زراعی، شناخت ژنتیک صفات جهت انتقال آنها و هم‌چنین خصوصیات ژنتیکی لاین‌هایی که در تلاقی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، از اولویت‌های تحقیقات به‌نژادی است که باید مورد توجه قرار گیرد. این اطلاعات برای تعیین والدین و روش‌های مناسب اصلاحی ضروری است (Mohammad Salehi and Vojdani 1998).

هدف اصلی تمام برنامه‌های به‌نژادی چغندرقند، ایجاد ارقام با بیشترین محصول و پایین‌ترین هزینه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی ممکن است (Pakniyat 2008). آگاهی از ویژگی‌های ژنتیکی صفات زراعی و کیفی چغندرقند و شیوه توارث آنها، مهم‌ترین شرط دستیابی به تهیه ارقامی با عملکرد بالا در این محصول مهم و استراتژیک می‌باشد. هدف از به‌نژادی در شرایط تنش‌های محیطی، دستیابی به ارقام متحمل به تنش می‌باشد و ازآنجایی‌که والدین جمعیت مورد مطالعه باید دارای تحمل بالایی به تنش باشند، هدف از گزینش، انتخاب نتاج متحمل به تنش است؛ بنابراین، ارزیابی پارامترهای ژنتیکی، مقدم بر انجام گزینش می‌باشد. در برنامه‌های به‌نژادی، ژنوتیپ‌ها می‌بایست در شرایط محیطی مختلف و به عبارتی در مکان‌های متفاوتی مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرند تا اطلاعات حاصل از تخمین سازگاری و ثبات عملکرد ژنوتیپ‌ها معیار مطمئنی در توصیه ژنوتیپ‌ها ارائه داده و کارایی گزینش و معرفی ارقام را فراهم نمایند (Ebdon and Gauch 2002; Lin and Bins 1986). رجبی و همکاران (Rajabi *et al*. 2002) در ارزیابی تنوع ژنتیکی توده‌های چغندرقند برای صفات زراعی و کیفیت محصول، نشان دادند که بیشترین تنوع ژنتیکی بین توده‌ها مربوط به صفت وزن ریشه، طول دمبرگ و میانگین درصد پوشش سبز بود. احمدی و آساد (Ahmadi and Asad 1998) در تحقیقات خود بر روی چغندرقند نشان دادند که در صفات کمی و کیفی مورد مطالعه، قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی معنی‌دار بود، ولی قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی در صفات عملکرد ریشه، درصد قند، عملکرد قند خالص و ناخالص معنی‌دار بود. در صفت درصد قند، واریانس افزایشی نقش مهم‌تری داشت. اجزای غیرقندی تحت کنترل اثرات افزایشی ژن بوده و دارای بیشترین واریانس افزایشی بودند. واریانس افزایشی عملکرد ریشه و درصد قند به ترتیب ۵۴ درصد و ۷۵ درصد کل واریانس ژنتیکی بود. وراثت‌پذیری عمومی بین ۳۸ درصد برای عملکرد قندسفید تا ۷۳ درصد برای پتاسیم برآورد گردید. در بررسی‌های انجام‌شده توسط کرسیس (Curcic 2008) واریانس ژنتیکی غالبیت برای توارث عملکرد ریشه و درصد قند معنی‌دار گزارش شد و نتاج F_1 حاصل از تلاقی لاین‌های حساس و مقاوم به ریزومانیا، مقاوم به ریزومانیا بوده و درصد قند بالاتر از والدین داشتند. کرسیس و همکاران (Cacic *et al*. 2013) با بررسی نتاج دریافتند که از تلاقی والد دارای مقدار ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) بالا با والد با میزان GCA پایین، نتاج با میزان ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) بالا حاصل شده است. در عکس‌العمل ارقام چغندرقند به عامل بیماری لکه برگی، هر دو اثر افزایشی و غیر افزایشی نقش داشتند (Orazizade *et al*. 2002). بررسی‌های احمدی (Ahmadi 1996) نشان داد که سهم اثرات افزایشی ژن‌ها در کنترل صفت عملکرد ریشه در چغندرقند بیشتر است، ولی در مطالعه دیگری (Srivastava *et al*. 1986) نقش اثرات غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل صفت عملکرد ریشه مهم‌تر بیان

شده است. تفاوت در نتایج حاصل از مطالعات مختلف را می‌توان ناشی از عوامل ژنتیکی و تفاوت در ژنوتیپ‌های مورد استفاده دانست (Falconer *et al*. 1996; Kearsey and Pooney 1996). نقش اثر غالبیت در کنترل عملکرد ریشه چغندرقند در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است (Ahmadi *et al*. 2011; Biancardi *et al*. 2010; Bosemark 1993). محمودی و عباسی (Mahmudi and Abbasi 2018) در مطالعات خود نشان دادند که تنوع ژنتیکی زیادی برای ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی مربوط به صفات کمی به‌ویژه عملکرد ریشه و عملکرد شکر در بین ژنوتیپ‌های چغندرقند مورد مطالعه وجود داشت که می‌توان از این تنوع در راستای تولید هیبریدهای با عملکرد ریشه بالا استفاده کرد.

تجزیه رگرسیون یکی از پر استفاده‌ترین روش‌های آماری است که برای تجزیه و تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، به‌طور کلی، تجزیه رگرسیون مجموعه‌ای از روش‌ها است که برای کمک به درک رابطه بین گروهی از متغیرها مورد استفاده قرار می‌گیرد. محققین زیادی از این روش در بررسی رابطه بین صفات مورفولوژیکی و عملکرد ریشه و قند در چغندرقند استفاده کرده‌اند (Vahedi *et al*. 2006; Rajabi *et al*. 2002; Nabizadeh and Fotohi 2018; Ghasemi *et al*. 2010).

تجزیه ضرایب مسیر (علیت) روشی برای تفکیک ضرایب همبستگی به اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات است که می‌تواند اطلاعات مفیدی را از نحوه تأثیرپذیری صفات بر یکدیگر و روابط بین آنها فراهم کند. سهم هر جزء عملکرد در توجیه عملکرد کل می‌تواند به‌طور غیرمستقیم نیز تحت تأثیر بقیه اجزا قرار گیرد. ارتباط بین عملکرد و مؤلفه‌های آن پیچیده می‌باشد و بدیهی است که برخی از صفات تغییرات عملکرد را بهتر از بقیه توجیه می‌کنند (Mansourfar 2008). متخصصین اصلاح نباتات، تجزیه علیت را بیشتر به‌عنوان ابزاری برای ارزیابی اهمیت صفات مؤثر بر عملکرد و تعیین سهم اجزای عملکرد به‌کار می‌برند. محققین زیادی از این روش برای بررسی رابطه بین صفات در چغندرقند استفاده کرده‌اند (Sharifi 2014; Nasir *et al*. 2012; Fotohi *et al*. 2012; Ouda Soheir 2005; Younan *et al*. 1990).

مشخص نمودن مقادیر واریانس ژنتیکی و بخش افزایشی و غالبیت واریانس ژنتیکی در کنترل صفات در دو شرایط نرمال و تنش شوری، اساس تصمیم‌گیری در مورد نحوه استفاده از ژرم‌پلاسم‌های موجود در شرایط مختلف است که محققین بر پایه روش‌های مختلف نسبت به برآورد آنها اقدام می‌نمایند. هدف از این تحقیق، برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات مختلف عملکردی و کیفی چغندرقند در شرایط تنش‌شوری و نرمال و محاسبه وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی این صفات در این دو شرایط به‌منظور استفاده در برنامه به‌نژادی و ارزیابی عوامل مؤثر بر عملکرد ریشه و قند چغندرقند بر اساس رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت در شرایط نرمال و تنش‌شوری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه در دو شرایط شور و نرمال، دو سری ژنوتیپ (خانواده‌های فول‌سیب و هیبریدهای آزمایشی) به همراه شاهد در آزمایش‌های جداگانه در سال زراعی ۱۳۹۶ در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی میاندوآب مورد بررسی قرار گرفتند. جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و برآورد میزان کود موردنیاز، از مزرعه محل اجرای آزمایش، از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری انجام شد. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه و آب آبیاری محل انجام آزمایش در جداول ۱ و ۲ آورده شده است. هر کرت آزمایشی شامل یک ردیف به طول هشت متر و فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر بوده و بذور توسط دستگاه کارنده بر روی ردیف‌ها کشت شدند. ژنوتیپ‌های مورد بررسی در آزمایش خانواده‌های فول‌سیب شامل ۲۵ ژنوتیپ مختلف (۱۳ فول‌سیب از توده ۸۰۰۱ با زمینه تحمل به تنش شوری، ۴ ژنوتیپ S_1 با زمینه تحمل به تنش خشکی، توده ۸۰۰۱ و هم‌چنین ارقام شاهد متحمل و حساس) و در آزمایش هیبریدها، شامل ۳۰ ژنوتیپ مختلف (۲۰ هیبرید حاصل از تلاقی S_1ها با سینگل‌کراس نرعقیم مولتی‌ژرم C2 و نرعقیم منوژرم ۲۶۱، ۸ هیبرید تری وی

کراس، به همراه شاهدهای متحمل و حساس به خشکی) بود (جدول ۳).

وراثت‌پذیری خصوصی از طریق رگرسیون والد–نتاج (رگرسیون نتاج (هیبریدها) با میانگین والدین (والدین موجود در بین فول‌سیب‌ها)) محاسبه شد. هیبریدها با استفاده از والد مادری SC C2 به‌عنوان لاین مادری مولتی‌ژرم دارای تحمل نسبی به شوری و لاین مادری SC 261 به‌عنوان لاین منوژرم نرعقیم حساس به شوری و تعدادی از لاین‌های فول‌سیب منتخب مورد بررسی در این آزمایش به وجود آمدند (جدول ۳).

صفات مورد بررسی و نحوه اندازه‌گیری آنها در این تحقیق شامل صفات فیزیولوژیکی از قبیل محتوای نسبی آب برگ (Morant-Manceau *et al*. 2004)، میزان نسبی آب ازدست‌رفته برگ (Yang *et al*. 1991)، وزن ویژه برگ (Rajabi *et al*. 2008)، میزان پرولین برگ (Bates *et al*. 1973)، محتوای یونی برگ (غلظت یون‌های Na^+ و K^+) (Chaparzadeh *et al*. 2003)، میزان قندملاس (Reinefeled *et al*. 1974)، عملکرد قندناخالص، ضریب استحصال شکر، عملکرد قندخالص، میزان نیتروژن مضره، ضریب قلیائیت بر مبنای رابطه پولاخ (Abdollahian Noghabi *et al*. 2011) و خلوص شربت (Sheikholeslami 1997) و صفات مورفولوژیک شامل سطح برگ، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، نسبت وزن به حجم ریشه، نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی، نسبت جرمی ریشه (Romano *et al*. 2013) و شاخص شادابی برگ (Kolaee *et al*. 2010) بود. لازم به ذکر است که صفات نسبت وزن به حجم ریشه، نسبت ماده خشک ریشه به حجم ریشه، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، نسبت جرمی ریشه و نسبت وزن ریشه به اندام هوایی تنها در آزمایش مربوط به فول‌سیب‌ها اندازه‌گیری شد و در آزمایش هیبریدها اندازه‌گیری نشد.

قبل از تجزیه واریانس، نرمال بودن داده‌ها بررسی شد. تجزیه واریانس داده‌ها در هر محیط در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد و با توجه به امید ریاضی میانگین مربعات در جدول تجزیه واریانس و بر اساس فرمول‌های رابطه (۱) وراثت‌پذیری محاسبه شد (Hallauer and Miranda 1982).

(۱)

واریانس ژنتیکی	$\delta^2 g = \frac{MS2 - MS1}{r}$
واریانس افزایشی	$\sigma^2 A = 4\sigma^2 g$
وراثت‌پذیری عمومی	$H^2 b = \frac{\sigma^2 g}{\sigma^2 p}$
وراثت‌پذیری خصوصی	$H^2 n = \frac{\sigma^2 A}{\sigma^2 p}$

جدول ۱ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (شرایط نرمال و تنش‌شوری)

شرایط آزمایش	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	مواد خنثی شونده	کربن آلی	نیترات کل	منیزیم	نیترات	آمونیوم	کلسیم	فسفر	پتاسیم	بافت خاک
		درصد			میلی‌گرم در کیلوگرم						
نرمال	۱/۲	۷/۹	۰/۱۸	۱/۴۱	۳/۶	۲۰/۶۷	۱۳/۴۲	۵/۳۳	۱۳/۱۶	۴۱۷	سیلت لوم
شوری	۱۸/۸۴	۸/۵	۰/۲۱	۰/۷۲	۱۶	۱۲/۵۱	۷/۴۲	۱۴	۸/۳	۲۵۰	سیلت لوم

جدول ۲ مشخصات کیفی یون‌های موجود در آب آبیاری

سدیم	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	سولفات	کلر	بی‌کربنات	کربنات	هدایت الکتریکی	اسیدیته
میلی‌اکی والان بر لیتر								(دسی‌زیمنس بر متر)	
۳/۷	–	۱۵/۰	۳/۲	۱/۲	۱/۲	۴/۴	–	۵۴۸	۸/۵

جدول ۳ هیبریدها و فول‌سیب‌های مورد بررسی در آزمایش‌های شوری و نرمال

آزمایش فول‌سیب‌ها				آزمایش هیبریدها			
نام فول‌سیب	کد	نام فول‌سیب	کد	نام هیبرید	کد	نام هیبرید	کد
SD.21 خشکی	۱۶	S-P.1	۱	SC 261×S6	۱۶	SC C2×S1	۱
SD.10 خشکی	۱۷	S-P.2	۲	SC 261×S7	۱۷	SC C2×S2	۲
شاهد حساس ۱۹۱	۱۸	S-P.3	۳	SC 261×S9	۱۸	SC C2×S3	۳
هیبرید متحمل به شوری p.29×msct-۷۲۳۳	۱۹	S-P.5	۴	SC 261×S10	۱۹	SC C2×S5	۴
شاهد متحمل به شوری GAZALE	۲۰	S-P.6	۵	SC 261×S11	۲۰	SC C2×S6	۵
شاهد متحمل به خشکی IR7	۲۱	S-P.7	۶	32994	۲۱	SC C2×S7	۶
پایه مادری مولتی‌ژرم سینگل کراس MSC2	۲۲	S-P.8	۷	32950	۲۲	SC C2×S8	۷
پایه مادری منوژرم سینگل کراس MS261	۲۳	S-P.9	۸	32970	۲۳	SC C2×S9	۸
پایه اولیه ۸۰۰۱	۲۴	S-P.10	۹	32975	۲۴	SC C2×S10	۹
رقم پر محصول داخلی JOLGEH	۲۵	S-P.11	۱۰	32952	۲۵	SC C2×S11	۱۰
		S-P.14	۱۱	32994	۲۶	SC 261×S8	۱۱
		S-P.15	۱۲	32976	۲۷	SC C2×S15	۱۲
		S-P.17	۱۳	32991	۲۸	SC C2×S17	۱۳
		SD.44 خشکی	۱۴	شاهد حساس ۱۹۱	۲۹	SC 261×S2	۱۴
		SD.7 خشکی	۱۵	شاهد متحمل به شوریGHAZALE	۳۰	SC 261×S5	۱۵

برای اندازه‌گیری تنوع ژنتیکی در جمعیت از سه پارامتر ضریب تغییرات ژنوتیپی (GCV)، محیطی (ECV) و فنوتیپی (PCV) استفاده شد. این ضرایب با استفاده از روابط (۲) و (۳) محاسبه گردیدند:

$$PCV= (\frac{\sigma p}{\bar{x}})\times ۱۰۰ \quad (۲)$$

$$GCV=(\frac{\sigma g}{\bar{x}})\times ۱۰۰ \quad (۳)$$

که در آنها σ_p و σ_g به ترتیب انحراف معیار فنوتیپی و ژنوتیپی و$\bar{x}$ میانگین صفت در کل جمعیت است.

در انتها نیز، رابطه بین صفات از طریق تجزیه رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت در دو شرایط نرمال و شوری در آزمایش‌های فول‌سیب‌ها محاسبه گردید. برای انجام تجزیه‌ها از نرم‌افزارهای آماری SPSS، SAS و Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

برآورد پارامترهای ژنتیکی و تنوع صفات در خانواده‌های فول‌سیب در دو شرایط نرمال و شوری نشان داد که به دلیل عدم وجود تفاوت معنی‌دار در اکثر صفات بین فول‌سیب‌ها، میزان واریانس ژنتیکی بسیار پایین است (جدول ۴). در شرایط شوری برای صفات عیار قند، میزان سدیم، میزان پتاسیم، نیتروژن مضره، درصد قند قابل استحصال، خلوص شربت، قند ملاس و وزن ویژه برگ و در شرایط نرمال برای صفات نیتروژن مضره و نسبت ماده خشک ریشه به حجم ریشه تنوع ژنتیکی مشاهده نگردید. بااین‌حال، در شرایط شوری صفات عملکرد ریشه، عملکرد قندناخالص، عملکرد قندخالص، محتوای نسبی آب برگ، وزن خشک ریشه و نسبت وزن ریشه به اندام هوایی دارای واریانس ژنتیکی بیشتر نسبت به واریانس محیطی و بالطبع دارای وراثت‌پذیری عمومی بالاتری نیز بودند؛ بنابراین، می‌توان از این صفات در برنامه‌های اصلاحی استفاده کرد. در شرایط نرمال، صفات عملکرد ریشه، عملکرد قند، نسبت جرمی ریشه، نسبت وزن ریشه به اندام هوایی و وزن ویژه برگ واریانس ژنتیکی بیشتری نسبت به واریانس محیطی داشتند و درنتیجه دارای وراثت‌پذیری عمومی بالاتری نیز بودند.

در هر دو شرایط، ضریب تنوع محیطی از ضریب تنوع ژنتیکی بیشتر بود، ولی میزان اختلاف در شرایط نرمال تا حدودی در صفات عملکرد ریشه و قند، نسبت وزن ریشه به اندام هوایی، وزن ویژه برگ و خلوص شربت کمتر بود.

جدول ۴ تجزیه‌های ژنتیکی مربوط به فول‌سیب‌ها در آزمایش شوری

صفت	آزمایش شوری							آزمایش نرمال						
	V_G	V_E	V_P	H^2b	GCV	ECV	PCV	V_G	V_E	V_P	H^2b	GCV	ECV	PCV
عملکرد ریشه	۰/۶۸	۰/۹۳	۱/۶۱	۶۸/۶	۲۰/۳	۲۳/۸	۲۴/۵	۱/۲۴	۱/۴۳	۲/۵۷	۷۲/۲	۱۳/۱	۱۴/۱	۱۵/۵
عیار قند	–	–	–	–	–	–	–	۰/۱۱	۰/۹۷	۱/۰۸	۲۶/۱	۲/۲	۶/۵	۴/۴
عملکرد قندخالص	۱/۴۱	۴/۱۴	۵/۵۵	۵۰/۵	۳۳/۱	۵۶/۸	۴۶/۶	۱/۴۳	۹/۸۵	۱۱/۲۸	۳۰/۴	۷/۱	۱۸/۶	۱۲/۸
عملکرد قند ناخالص	۰/۱۱	۰/۲۲	۰/۳۳	۶۱/۸	۱۹/۶	۲۶/۶	۲۴/۹	۰/۲	۰/۲۱	۰/۴۱	۷۴/۱	۱۳/۶	۱۴	۱۵/۸
سدیم	–	–	–	–	–	–	–	۰/۱۹	۱/۱۵	۱/۳۴	۳۳/۹	۱۱/۲	۲۷/۲	۱۹/۳
پتاسیم	–	–	–	–	–	–	–	۰/۰۶	۰/۱۹	۰/۲۵	۴۷/۱	۴/۰۹	۷/۵	۵/۹۷
نسبت پتاسیم به سدیم	۰/۰۰۵	۰/۰۱۸	۰/۰۲۳	۴۸/۹	۶/۷	۱۱/۹	۹/۶	۰/۰۰۴	۰/۳	۰/۳۰۴	۳/۵	۳/۷	۳۳/۸	۱۹/۹
نیتروژن مضره	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ضریب قلیائیت	۰/۰۰۰۹	۰/۱۲	۰/۱۲۱	۲/۳۷	۱/۵۳	۱۶/۷	۹/۹	۰/۰۰۴	۰/۰۱۹	۰/۰۲۳	۳۶/۵	۴/۱۲	۹/۴۱	۶/۸۲
درصد قند قابل استحصال	–	–	–	–	–	–	–	۰/۳۵	۱/۷۷	۲/۱۲	۳۷/۴	۵/۴	۱۲	۸/۷۸
خلوص شربت	–	–	–	–	–	–	–	۵/۹۸	۱۷/۴	۲۳/۳۸	۵۰/۸	۳/۴	۵/۷۴	۴/۷۲
درصد قند ملاس	–	–	–	–	–	–	–	۰/۰۶	۰/۱۵	۰/۲۱	۵۴/۲	۷/۱	۱۱/۳	۹/۶
محتوای آب نسبی برگ	۱۳/۷	۳۳/۴	۴۷/۱	۷۴	۷/۰۷	۷/۲۶	۸/۲	۳/۶۱	۹۹/۷	۱۰۳/۳	۹/۸	۲/۶	۱۳/۵	۸/۲
میزان نسبی آب ازدست‌رفته برگ	۰/۰۰۲	۰/۰۱۹	۰/۰۲۱	۱۹/۶	۵/۶۲	۱۹/۸	۱۲/۷	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲۴	۴۰/۹	۳/۶	۷/۵	۵/۶۲
شاخص شادابی برگ	۰/۰۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۷	۴۱/۱	۱۰/۴	۲۱/۵	۱۶/۲	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲۳	۳۹/۵	۵/۹	۱۲/۷	۹/۴۱
مساحت سطح برگ	۱۸۷	۱۶۲۷	۱۸۱۴	۲۵/۶	۱۳/۴	۳۹/۵	۲۶/۵	۷۵۷	۲۷۳۸	۳۴۹۵	۴۵/۳	۷	۱۳/۳	۱۰/۳۸
نسبت وزن به حجم ریشه	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱۱	۲۳/۱	۸	۲۵/۳	۱۶/۷	۰	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۳	۵/۴۷	۱/۷	۱۲/۲	۷/۲۸
وزن تر اندام هوایی	۰/۰۰۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸	۳۷	۶/۶۸	۱۵/۱	۱۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۲۳/۱	۳/۷۷	۱۱/۹	۷/۸۶
وزن خشک اندام هوایی	۰/۰۲۴	۰/۲۹	۰/۳۱۴	۲۰	۹/۹۹	۳۴/۶	۲۲/۳	۰/۰۲	۰/۱۳	۰/۱۵	۳۴/۱	۵/۲	۱۲/۵	۸/۸۹
وزن خشک ریشه	۰/۰۲۷	۰/۰۷	۰/۰۹۷	۵۳/۳	۲۷/۵	۴۴/۶	۳۷/۷	۰/۰۰۴	۰/۰۲۶	۰/۰۳	۳۰/۹	۵/۱	۱۳/۱	۹/۱
نسبت جرمی ریشه	۰/۰۱۴	۰/۳۷۵	۰/۳۸۹	۹/۹	۵/۱۵	۲۷	۱۶/۴	۰/۳۲۷	۰/۳۹	۰/۷۱۷	۷۱/۶	۱۳	۱۴/۲	۱۵/۴
نسبت ریشه به اندام هوایی	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۶۲	۴/۱۴	۵/۶	۵/۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۸۰	۴/۰۹	۳/۵۴	۴/۵۷
وزن ویژه برگ	–	–	–	–	–	–	–	۰/۳۱	۰/۲۴	۰/۵۵	۷۹/۴	۱۸/۳	۱۶/۱	۲۰/۶

برآورد پارامترهای ژنتیکی در هیبریدها نشان داد که در شرایط شوری، برای صفات محتوای نسبی آب برگ و در شرایط نرمال برای عیار قند، عملکرد قند خالص، محتوای نسبی آب ازدست‌رفته برگ، شاخص شادابی برگ و وزن ویژه برگ واریانس ژنتیکی وجود ندارد (جدول ۵). در شرایط شوری، برای صفات عملکرد قندخالص، میزان پتاسیم، نسبت پتاسیم به سدیم، میزان نیتروژن، ضریب قلیائیت و سطح برگ و در شرایط نرمال برای صفات عملکرد ریشه، میزان سدیم، نسبت پتاسیم به سدیم، میزان نیتروژن و ضریب قلیائیت، واریانس ژنتیکی بالا و درنتیجه وراثت‌پذیری عمومی بالای ۰/۵ مشاهده شد؛ بنابراین، در برنامه‌های اصلاحی و گزینشی می‌توان این صفات را مدنظر قرار داد. در مقایسه بین دو شرایط مشخص شد که در اکثر صفات، تنوع ژنتیکی کافی بین هیبریدها وجود ندارد. در تخمین درست اجزای واریانس ژنتیکی عوامل زیادی ازجمله اندازه نمونه برگرفته از جامعه، نوع روش اندازه‌گیری این پارامترها، شرایط محیطی، میزان نوترکیبی والدین انتخابی از جامعه، لینکاژ ژنی و وجود اپیستازی نقش دارند. شرایط مطلوب یک محیط ممکن است دامنه تغییرات صفات را در بین ژنوتیپ‌های موردبررسی افزایش دهد و یا شرایط محیطی نامطلوب موجب کاهش بروز تنوع ژنتیکی صفات گردد (Stancis *et al*. 2014). در کل، وجود تفاوت در برآوردهای انجام‌شده می‌تواند ناشی از شرایط محیطی مختلف باشد. در همین راستا در آزمایش انجام‌شده دیگری که در دو شرایط نرمال و خشکی با همین ژنوتیپ‌ها انجام شد نیز نتایج متفاوتی برای این پارامترها به دست آمد (داده‌های منتشر نشده).

جدول ۵ تجزیه‌های ژنتیکی مربوط به هیبریدها در آزمایش شوری

	آزمایش شوری							آزمایش نرمال						
صفت	V_G	V_E	V_P	H^2b	GCV	ECV	PCV	V_G	V_E	V_P	H^2b	GCV	ECV	PCV
عملکرد ریشه	۴۳/۵	۷۷/۹	۱۲۱/۴	۲۶/۶	۳۳/۹	۴۵/۳	۴۲/۸	۱۷	۴۶/۷	۶۳/۷	۵۲/۱	۵/۸	۹/۶	۸
عیار قند	۱/۱۸	۴/۷۳	۵/۹۱	۴۲/۹	۵/۶۸	۱۱/۳	۸/۷	–	–	–	–	–	–	–
عملکرد قندناخالص	۰/۴۹	۱/۵۵	۲/۰۴	۴۸/۵	۳۴/۴	۶۱/۴	۴۹/۴	۰/۱۳	۱/۶۵	۱/۷۸	۱۸/۷	۵/۲۲	۱۸/۸	۱۲/۱
عملکرد قندخالص	۱/۶۶	۲/۹۲	۴/۵۸	۶۳	۳۵	۴۶/۴	۴۴/۱	–	–	–	–	–	–	–
سدیم	۱/۱۳	۷/۱	۸/۲۳	۳۲/۴	۹/۱۶	۲۲/۹	۱۶/۱	۰/۴۴	۱/۱۳	۱/۵۷	۵۳/۹	۰/۶۶	۱/۰۶	۰/۹
پتاسیم	۰/۸۹	۱/۴۹	۲/۳۸	۶۴/۳	۱۰/۳	۱۳/۲	۱۲/۸	۰/۰۲۸	۰/۶۶	۰/۶۸۸	۱۱/۵	۴/۱۴	۱۹/۸	۱۲/۲
نسبت پتاسیم به سدیم	۰/۰۱۱	۰/۰۴	۰/۰۵۱	۴۸/۱	۱۲/۶	۲۲/۷	۱۸/۲	۰/۰۲	۰/۰۳۶	۰/۰۵۶	۶۳/۸	۱۷/۳	۲۲/۶	۲۱/۷
نیتروژن مضره	۱/۶۹	۲/۴۱	۴/۱	۶۷/۹	۲۲/۷	۲۷	۲۷/۶	۰/۰۸۴	۰/۲۲۸	۰/۳۱۲	۵۲/۶	۱۰/۹	۱۷/۹	۱۵/۱
ضریب قلیائیت	۰/۱۳	۰/۱۹	۰/۳۲	۶۷/۷	۱۶/۹	۲۰/۴	۲۰/۷	۰/۰۲۳	۰/۰۶۶	۰/۰۸۹	۵۱/۴	۸	۱۳/۵	۱۱/۲
درصد قندقابل استحصال	۰/۴۶	۸/۷۱	۹/۱۷	۳۳/۵	۱۱/۷	۲۸/۶	۲۰/۳	۰/۱۴	۲/۱۳	۲/۲۷	۱۷/۱	۳/۹۸	۱۵/۲	۹/۶
خلوص شربت	۲۰/۹	۱۱۷	۱۳۷/۹	۳۴/۹	۸/۶	۲۰/۴	۱۴/۶	۴/۵۷	۲۶/۹	۳۱/۴۷	۳۳/۷	۲/۹۸	۷/۲۲	۵/۱۳
درصد قندملاس	۰/۵۱	۲/۱۴	۲/۶۵	۴۱/۶	۸/۹	۱۷/۸	۱۳/۵	۰/۰۲	۰/۲۷	۰/۲۹	۱۸/۶	۴/۶۱	۱۶/۷	۱۰/۷
محتوای آب نسبی برگ	–	–	–	–	–	–	–	۵/۵۳	۹۳	۹۸/۵۳	۱۵/۱۴	۲/۹۷	۱۲/۲	۷/۶
میزان نسبی آب از دست رفته برگ	۰/۰۰۱	۰/۰۱۵	۰/۰۱۶	۱۴/۴	۶/۱	۲۵/۹	۱۶/۲	–	–	–	–	–	–	–
شاخص شادابی برگ	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۴۹/۱	۱۱/۶	۲۰/۵	۱۶/۶	–	–	–	–	–	–	–
سطح برگ	۸۰۳	۸۷۳	۱۶۷۶	۷۳/۴	۳/۲۴	۳/۴	۳/۸	۹۸۰	۱۰۹۶۴	۱۱۹۴۴	۲۱/۲	۷/۴۵	۲۴/۹	۱۶/۲
وزن ویژه برگ	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۷	۴۲/۱	۹/۳	۱۸/۹	۱۴/۳	–	–	–	–	–	–	–

نظر به اینکه پژوهش حاضر در یک سال و یک مکان برای هرکدام از شرایط محیطی (شوری و نرمال) اجرا شده است، به علت وجود احتمالی اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط و همچنین به دلیل زیاد بودن تعداد ژنوتیپ‌ها و بالا بودن واریانس ژنتیکی، مقادیر برآورد شده وراثت‌پذیری‌ها تا حدی بزرگ‌تر از مقدار واقعی به‌دست‌آمده است، بنابراین، چنانچه آزمایش در چند سال و چند مکان تکرار شود، اثر متقابل محیط×ژنوتیپ از اثر ژنوتیپ جدا می‌شود و مقادیر برآورد شده وراثت‌پذیری‌ها به مقادیر واقعی نزدیک‌تر خواهد شد. همچنین، باید دقت کرد که در این‌گونه مطالعات تا حد امکان تعداد تکرار و مشاهدات درون هر تکرار را افزایش داد.

با استفاده از فول‌سیب‌ها و هیبریدها قابلیت توارث خصوصی برای صفات اندازه‌گیری شده در دو شرایط نرمال و شوری محاسبه شد (جدول ۶). برای برخی از صفات به دلیل منفی شدن شیب خط رگرسیون، وراثت‌پذیری خصوصی صفر منظور شد. در شرایط شوری، وراثت‌پذیری صفات عیار قند، میزان سدیم، میزان پتاسیم، نسبت پتاسیم به سدیم، ضریب قلیائیت، درصد قند قابل استحصال، خلوص شربت، شاخص شادابی برگ و سطح برگ برابر صفر بود، بنابراین، می‌توان این‌گونه استنباط کرد که این صفات در این محیط توسط اثرات افزایشی کنترل نمی‌شوند. دامنه تغییرات وراثت‌پذیری برای صفات دیگر از ۰/۱۶ تا ۰/۶۶ متغیر بود. در این میان، بیشترین میزان وراثت‌پذیری به ترتیب مربوط به قند ملاس با ۰/۶۶، نیتروژن مضره با ۰/۴۳، عملکرد قند با ۰/۳۸ و محتوای نسبی آب برگ با ۰/۳۸ بود؛ بنابراین، می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که این صفات تا حدودی توسط اثرات افزایشی ژن‌ها کنترل‌شده و می‌توان در برنامه‌های اصلاحی از درجات مختلف گزینش برای آن‌ها استفاده کرد. در شرایط نرمال، وراثت‌پذیری صفات میزان پتاسیم، نیتروژن مضره، ضریب قلیائیت، درصد قند قابل استحصال و سطح برگ برابر صفر بود. بیشتر این صفات در آزمایش شوری انجام‌شده نیز برای محیط نرمال وراثت‌پذیری صفر را نشان دادند. دامنه تغییرات وراثت‌پذیری خصوصی برای صفات دیگر از ۰/۰۱ تا ۰/۲۹ متغیر بود که در این میان، صفت محتوای نسبی آب برگ با ۰/۲۹ بیشترین میزان وراثت‌پذیری را نشان داد. واریانس ژنتیکی افزایشی جزئی از واریانس ژنتیکی است که در یک برنامه اصلاحی، برای اصلاحگر ارزشمند است چون جزء تثبیت شده

است بدین معنی که واریانس افزایشی وابسته به فراوانی ژن بوده و بنابراین قابل‌انتقال به نتاج می‌باشد؛ اما واریانس غالبیت جزء غیر تثبیت شده‌ای است که مربوط به اثر متقابل ژن‌ها بوده و چون ژن‌ها هستند که به ارث می‌رسند، نه ژنوتیپ‌ها، بنابراین ارزش اصلاحی ندارد. نکته قابل‌ذکر، تغییرات شدید وراثت‌پذیری در شرایط نرمال و تنش برای برخی از صفات مانند عملکرد ریشه و عملکرد قند است. در محیط شور، وراثت‌پذیری هر دو صفت در حد متوسط بود. بنابراین، در اصلاح این صفات در این محیط می‌توان از گزینش در نسل‌های متمادی و انتهایی استفاده کرد ولی در شرایط نرمال به دلیل پایین بودن وراثت‌پذیری تنها باید از روش تولید هیبرید استفاده کرد.

جدول ۶ محاسبه وراثت‌پذیری خصوصی با استفاده از روش رگرسیون والد- نتاج در دو شرایط شوری و نرمال

شرایط آزمایش	عملکرد ریشه	عیار قند	عملکرد قندخالص	عملکرد ناخالص قند	سدیم	پتاسیم	نسبت پتاسیم به سدیم	نیتروژن مضره	ضریب قلیائیت	درصد قند قابل استحصال	خلوص شربت	درصد قند ملاس	محتوای آب نسبی	میزان نسبی آب ازدست‌رفته برگ	شاخص شادابی برگ	مساحت سطح برگ
شوری	۰/۳۴	۰	۰/۱۸	۰/۳۸	۰	۰	۰	۰/۴۳	۰	۰	۰	۰/۶۶	۰/۳۸	۰/۱۶	۰	۰
نرمال	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۱۹	۰	۰/۱۳	۰	۰	۰	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۲۹	۰/۲۴	۰/۱۴	۰

در رابطه با توارث تحمل به شوری در چغندرقند گزارشی موجود نمی‌باشد، درحالی‌که در رابطه با تنش خشکی گزارش‌های محدودی در منابع وجود دارد. رجبی و همکاران (Rajabi *et al.* 2008) صفات مربوط به استفاده مؤثر از آب در چغندرقند را با طرح دی‌آلل کامل مورد آنالیز قرار دادند و نتیجه گرفتند که کارایی مصرف آب (WUE)، وزن ویژه برگ (SLW) و تبعیض ایزوتوپ‌های کربن، وراثت‌پذیری خصوصی بالائی داشته و بیشتر با عمل افزایشی ژن کنترل می‌شوند. در بسیاری از مطالعات گذشته در چغندرقند گزارش‌شده است که محتوی قند با اثر افزایشی و عملکرد ریشه با اثر غالبیت ژن کنترل می‌گردد (Scaracis *et al*. 1984). در نتایج اشنایدر و همکاران (Schneider *et al*. 2002) پنج مکان ژنی (QTL) مربوط به محتوی قند بر روی پنج کروموزوم از نه کروموزوم چغندرقند مکان‌یابی شد. گاهی نیز نتایج متفاوتی در این زمینه گزارش شده است. استانسیس و همکاران (Stancic *et al*. 2014) به‌منظور آگاهی از نحوه عمل ژن در عملکرد ریشه و محتوی قند، پنج لاین نرعقیم مونوژرم و سه گرده‌افشان مولتی‌ژرم دیپلوئید چغندرقند را تلاقی و نتاج را طی دو سال و دو مکان مورد تجزیه و تحلیل ژنتیکی قرار دادند. نتایج آنها نقش معنی‌دار اثر غیرافزایشی ژن برای عملکرد ریشه و محتوی قند در هر دو سال را نشان داد، درحالی‌که بخش کوچکی از واریانس ژنتیکی به عمل افزایشی ژن اختصاص یافته بود. کمتر شدن میزان وراثت‌پذیری خصوصی تحت شرایط تنش نسبت به شرایط معمول در بیشتر تحقیقات گزارش شده است (Shiri *et al*. 2010). با این‌حال، بعضی گزارش‌ها حاکی از بیشتر بودن مقدار وراثت‌پذیری و افزایش واریانس افزایشی تحت شرایط تنش بوده است (Hoffman and Parsons 1991; Kacser and Burns 1981). رجبی و همکاران (2008) نیز به پایین بودن میزان وارثت پذیری خصوصی (۲۰ درصد) کل ماده خشک چغندرقند تحت شرایط تنش اشاره کردند. در آزمایش حاضر، برآوردهای پایینی از وراثت‌پذیری خصوصی صفات مورد بررسی نسبت به مطالعات دیگر مشاهده گردید. با توجه به اینکه وراثت‌پذیری هر صفت مختص ژنوتیپ‌های ارزیابی‌شده تحت شرایط آن آزمایش می‌باشد (Falconer and Mackey 1996)، بنابراین برآوردهای متفاوت قابل انتظار است. در مواردی که مقدار وراثت‌پذیری در اثر واریانس خطا بزرگ و قابل توجه می‌باشد(Falconer and Mackey 1966) تفسیر نتایج می‌بایست با احتیاط انجام گیرد (Rao and McNeilly 1999).

تجزیه رگرسیون

برای تفکیک نقش اجزای تشکیل‌دهنده صفات عملکردی، از روش رگرسیون گام به گام استفاده گردید. در گام اول، متغیر عملکرد ریشه به‌عنوان متغیر تابع و سایر متغیرها به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند. همین وضعیت برای عملکرد قند نیز تکرار شد. برای هر یک از متغیرهای مستقل، فاکتور تورم واریانس (VIF) محاسبه و معلوم گردید که بین متغیرهای مستقل، هم خطی وجود ندارد. بنابراین، تمامی صفات مورد مطالعه در هر دو شرایط محیطی و هر دو متغیر عملکرد ریشه و عملکرد قند وارد مدل شدند. نتایج به شرح زیر بود.

الف- شرایط نرمال

وقتی عملکرد ریشه به‌عنوان متغیر تابع در نظر گرفته شد (جدول ۸)، صفات وزن ویژه برگ، سطح برگ و محتوای آب نسبی برگ در مجموع ۶۴ درصد از تغییرات ریشه را توجیه نمودند که نشان از توجیه ۶۴ درصد تغییرات موجود در عملکرد ریشه به‌وسیله رابطه خطی این صفات داشت. به‌غیر از صفت محتوای آب نسبی برگ، بقیه صفات اثر معنی‌دار بر عملکرد ریشه داشتند. این ضرایب از نظر تأثیری که روی عملکرد ریشه دارند، با ضرایب همبستگی ساده (جدول ۷) از نظر معنی‌دار بودن در توافق نیستند؛ اما وقتی عملکرد قند به‌عنوان متغیر تابع در نظر گرفته شد (جدول ۹)، صفات عملکرد ریشه، درصد قند قابل استحصال، قند ملاس و شاخص شادابی برگ در مجموع ۹۹ درصد از تغییرات عملکرد قند را توجیه نمودند و تمامی صفات اثر معنی‌داری بر آن داشتند. مشاهده می‌شود این ضرایب (به‌جز عملکرد ریشه) ازنظر تأثیری که روی عملکرد قند دارند با ضرایب همبستگی ساده از نظر معنی‌دار بودن در توافق نیستند.

ب- شرایط تنش

وقتی عملکرد ریشه به‌عنوان متغیر تابع در نظر گرفته شد (جدول ۸)، صفات وزن ویژه برگ، سطح برگ و محتوای آب نسبی برگ در مجموع ۵۴ درصد از تغییرات عملکرد ریشه را توجیه کردند. از بین صفات واردشده به مدل، وزن ویژه برگ اثر معنی‌داری بر عملکرد ریشه نداشت. ازنظر همبستگی نیز بین عملکرد ریشه و محتوای آب نسبی برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار و دو صفت دیگر همبستگی غیر معنی‌دار داشتند که این وضعیت حاکی از هم‌راستا بودن نتایج همبستگی و رگرسیون برای این صفت است (جدول ۷).

جدول ۷ همبستگی صفات در شرایط بهینه و شوری (پایین قطر: شرایط بهینه و بالای قطر: شرایط تنش شوری)

	RY	SC	SY	WSY	Na	K	K/Na	N	ALC	WSC	ECS	Ms	RWC	RWL	SucI	LA	SLW
RY	۱/۰۰	۰/۲۲	۰/۸۸**	۰/۹۵**	-۰/۵۱**	-۰/۱۴	۰/۴۸**	-۰/۰۴	-۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۲۲	-۰/۳۹*	۰/۳۷*	۰/۲۸	۰/۳۴	۰/۰۶	۰/۲۴
SC	-۰/۳۷*	۱/۰۰	۰/۲۰	۰/۰۷	-۰/۱۳	۰/۲۰	۰/۲۵	۰/۷۱**	-۰/۷۷**	۰/۸۶**	۰/۵۸**	۰/۰۵	-۰/۳۱	-۰/۳۲	۰/۰۹	-۰/۱۴	۰/۱۴
SY	۰/۷۶**	۰/۱۵	۱/۰۰	۰/۹۶**	-۰/۶۷**	۰/۱۹	۰/۶۱**	۰/۱۵	-۰/۳۱	۰/۴۵*	۰/۵۷**	-۰/۵۴**	۰/۲۹	۰/۱۹	۰/۲۶	۰/۰۶	۰/۲۶
WSY	۰/۹۷**	۰/۳۲	-۰/۱۱	۱/۰۰	-۰/۵۶**	-۰/۱۲	۰/۵۴**	۰/۱۴	-۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۳۶	-۰/۳۹**	۰/۳۱	۰/۲	۰/۳۱	۰/۰۳	۰/۲۷
Na	۰/۲۷	-۰/۵۷**	-۰/۱۹	-۰/۱۲	۱/۰۰	۰/۲۰	-۰/۸۳**	۰/۰۲	۰/۱۵	-۰/۵۳**	-۰/۷۶**	۰/۸۰**	-۰/۲۰	-۰/۱۸	-۰/۲۵	-۰/۱۶	-۰/۲۴
K	-۰/۲۶	۰/۱۲	-۰/۱۰	-۰/۱۸	-۰/۰۶	۱/۰۰	۰/۳۳	۰/۴۰	-۰/۳۳	-۰/۱۰	-۰/۳۲	۰/۵۸**	-۰/۳۹*	-۰/۲۳	-۰/۲۹	۰/۰۶	-۰/۲۴
K/Na	-۰/۳۶*	۰/۵۸**	۰/۰۴	۰/۰۳	-۰/۸۰**	۰/۵۹**	۱/۰۰	۰/۲۴	-۰/۳۳	۰/۴۵*	۰/۵۵**	-۰/۴۵*	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۱۶	۰/۰۸
N	-۰/۱۲	۰/۴۳*	۰/۳۳	۰/۱۹	۰/۵۸**	۰/۲۳	۰/۵۱**	۱/۰۰	-۰/۹۵**	-۰/۴۵*	۰/۱۶	۰/۳۵	-۰/۲۲	-۰/۴۶*	-۰/۱۴	-۰/۱۳	۰/۰۹
ALC	۰/۲۳	-۰/۵۵**	-۰/۳۱	-۰/۱۶	۰/۸۳**	-۰/۰۸	-۰/۶۲**	-۰/۹۱**	۱/۰۰	-۰/۶۰**	-۰/۳۳	-۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۴۲*	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۰۸
WSC	-۰/۳۳	۰/۹۵**	۰/۱۹	۰/۳۲	-۰/۷۶**	-۰/۰۸	۰/۶۰**	-۰/۴۶*	-۰/۶۶**	۱/۰۰	۰/۹۰**	-۰/۴۷**	-۰/۱۵	-۰/۱۱	۰/۰۴	-۰/۰۷	۰/۲۱
ECS	-۰/۲۱	۰/۷۶**	۰/۲۰	۰/۳۲	-۰/۸۵**	-۰/۳۰	۰/۵۰**	-۰/۴۶*	-۰/۷۲**	۰/۹۲**	۱/۰۰	-۰/۷۶**	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۲۰
Ms	۰/۱۰	-۰/۴۲*	-۰/۱۹	-۰/۱۹	۰/۸۴**	۰/۴۹**	-۰/۳۹*	۰/۳۱	۰/۶۲**	-۰/۶۹**	-۰/۹۰**	۱/۰۰	-۰/۲۴	-۰/۳۳	-۰/۲۴	-۰/۱۰	-۰/۱۷
RWC	-۰/۰۸	-۰/۱۴	-۰/۱۸	۰/۰۴	۰/۰۵	-۰/۲۳	-۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۱۳	-۰/۰۸	۰/۰۱	-۰/۱۰	۱/۰۰	۰/۲	۰/۰۶	۰/۱۵	-۰/۰۶
RWL	۰/۰۹	-۰/۰۶	-۰/۲۹	۰/۰۴	۰/۲۰	-۰/۲۴	-۰/۲۲	-۰/۱۶	۰/۲۱	-۰/۰۶	-۰/۰۸	۰/۰۴	-۰/۱۹	۱/۰۰	۰/۲۰	۰/۳۹*	۰/۰۳
SucI	-۰/۱۵	۰/۲۰	۰/۱۱	۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۰۱	-۰/۰۴	۰/۰۰	۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۲	۱/۰۰	-۰/۴۳*	۰/۹۱**
LA	۰/۰۲	-۰/۲۱	۰/۱۰	-۰/۱۲	۰/۰۳	-۰/۲۷	-۰/۲۰	-۰/۱۱	۰/۰۶	-۰/۱۲	۰/۰۰	-۰/۱۳	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۰۲	۱/۰۰	-۰/۵۴**
SLW	-۰/۱۳	۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۲۳	۰/۰۶	۰/۱۸	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۰۰	۰/۱۵	۰/۰۶	-۰/۳۹*	۰/۶۰**	-۰/۳۳	۱/۰۰

RY: عملکرد ریشه، SC: عیار قند، WSY: عملکرد قند خالص، SY: عملکرد قند ناخالص، Na: میزان سدیم، K: میزان پتاسیم، K/Na : نسبت پتاسیم به سدیم، N : نیتروژن مضره، Alc :ضریب قلیائیت، WSC: درصد قند قابل استحصال، ECS : ضریب استحصال شکر، MS : درصد قند ملاس، RWC: محتوای آب نسبی برگ، RWL : میزان نسبی آب ازدست‌رفته برگ، SucI: شاخص شادابی برگ، LA: سطح برگ، SLW: وزن ویژه برگ.
** و *: به ترتیب معنی دار در سطح ۱ و ۵ درصد

جدول ۸ رگرسیون گام‌به‌گام صفات با عملکرد ریشه در شرایط شوری و نرمال

شرایط نرمال				شرایط شوری			
R^2 Adjust	میانگین مربعات	درجه آزادی	منبع تغییر	R^2 Adjust	میانگین مربعات	درجه آزادی	منبع تغییر
۰/۶۴	۷۰۲/۹**	۳	رگرسیون	۰/۵۴	۲۳۲/۹**	۳	رگرسیون
	۱۴۶/۵	۲۱	باقیمانده		۴۲/۱۷	۲۱	باقیمانده
		۲۴	کل			۲۴	کل
ضریب رگرسیون		صفات واردشده به مدل		ضریب رگرسیون		صفات واردشده به مدل	
۱۹/۴۳±۰۵/۱۷		ضریب ثابت		−۵۷/۳۳±۲۲/۳۴		ضریب ثابت	
−۱۱۶۹/۷**۴۹۰±/۸		وزن ویژه برگ		۰/۷۷**۰±/۲۹۶		محتوای آب نسبی برگ	
۰/۱۹**۰±/۰۷۳		سطح برگ		۰/۱۲۵*۰±/۰۵۶		سطح برگ	
۰/۰±۵۷۴/۴۱		محتوای آب نسبی برگ		۲۳۷/۱۷۰±۶/۱۱		وزن ویژه برگ	

جدول ۹ رگرسیون گام‌به‌گام صفات با عملکرد قند در شرایط نرمال و شوری

شرایط نرمال				شرایط شوری			
R^2 Adjust	میانگین مربعات	درجه آزادی	منبع تغییر	R^2 Adjust	میانگین مربعات	درجه آزادی	منبع تغییر
۰/۹۹	۳۲/۷۵**	۴	رگرسیون	۰/۹۹	۹/۰۸۸**	۷	رگرسیون
	۰/۰۱۴	۲۰	باقیمانده		۰/۰۲۹	۱۷	باقیمانده
		۲۴	کل			۲۴	کل
ضریب رگرسیون		صفات واردشده به مدل		ضریب رگرسیون		صفات واردشده به مدل	
−۱۴/۴۶**۱±/۵۷		ضریب ثابت		−۳/۸۳۹**۰±/۷۸۷		ضریب ثابت	
۰/۱۵۶**۰±/۰۰۲		عملکرد ریشه		۰/۱۸۳**۰±/۰۰۵		عملکرد ریشه	
۰/۸۹**۰±/۰۷۵		درصد قند قابل استحصال		۰/۲۲۱**۰±/۰۱۸		درصد قند قابل استحصال	
۱/۱۲۹**۰±/۲۳۷		قند ملاس		۰/۲۰۷**۰±/۰۵۸		قند ملاس	
۳/۱۱*۱±/۶۵۵		شاخص شادابی برگ		−۰/۷۹۷**۰±/۲۸۲		میزان نسبی آب ازدست‌رفته برگ	
				−۰/۰±۱۰۱/۰۵		ضریب قلیائیت	
				−۲/۷۶۷*۱±/۲۰۹		شاخص شادابی برگ	
				−۰/۰±۸۲/۴۸۹		: نسبت پتاسیم به سدیم	

وقتی عملکرد قند به‌عنوان متغیر تابع در نظر گرفته شد (جدول ۹)، صفات عملکرد ریشه، درصد قند قابل استحصال، قند ملاس، میزان نسبی آب ازدست‌رفته، ضریب قلیائیت، شاخص شادابی برگ و نسبت پتاسیم به سدیم وارد مدل شده و ۹۹ درصد تغییرات را توجیه کرده و تمامی صفات به‌جز ضریب قلیائیت و نسبت پتاسیم به سدیم تأثیر معنی‌دار داشتند. ازنظر همبستگی این صفات با عملکرد قند، تنها عملکرد ریشه و درصد قند قابل استحصال همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان دادند، ولی بقیه صفات همبستگی معنی‌داری نداشتند.

این نتایج حاکی از آن است که وجود همبستگی با متغیر مستقل دلیلی بر وجود رابطه با این صفت نیست. غفاری و همکاران (Ghafari *et al*. 2016) با استفـاده از تجزیه رگرسیون نشان دادند که عملکرد ریشه، عیار قند، میزان سـدیم و پتاسیم بیش از ۹۹ درصد تغییرات عملکرد قند سفید را در شرایط تنش‌خشکی توجیه می‌کنند. واحدی و همکاران (Vahedi *et al*. 2006) با استفاده از روش تجزیه رگرسیون گام به گام دریافتند زمانی که عملکرد ریشه به‌عنوان متغیر تابع در نظر گرفته می‌شود، صفات عملکرد شکرسفید، عملکرد شکر، عیار قند و درصد قند قابل استحصال در مجموع ۹۹/۹۱ درصد از تغییرات عملکرد ریشه را توجیه نموده و اثر معنی‌داری بر آن دارند. قاسمی و همکاران (Ghassemi *et al*. 2010) با مطالعه ارقام مونوژرم چغندرقند نشان دادند که در بهترین مدل برازش شده، متغیرهای میانگین قطر ریشه در مرحله استقرار و رشد برگ، سطح مخصوص برگ در مرحله استقرار، وزن خشک ریشه

در مرحله استقرار و وزن خشک دمبرگ در مرحله توسعه ریشه بیشترین تأثیر معنی‌دار را روی عملکرد قند سفید داشتند.

تجزیه علیت

الف- شرایط نرمال

با در نظر گرفتن عملکرد ریشه به‌عنوان متغیر وابسته (جدول ۱۰) مشاهده شد که سطح برگ و پس از آن محتوای آب نسبی برگ دارای بیشترین اثر مثبت و مستقیم بر روی عملکرد ریشه بودند. وزن ویژه برگ نیز دارای اثر مستقیم منفی نسبتاً بالایی بر عملکرد ریشه بود. وقتی عملکرد قند به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد عملکرد ریشه و پس‌ازآن درصد قند قابل استحصال دارای بیشترین اثر مثبت و مستقیم بر عملکرد قند بود. همچنین، صفت عملکرد ریشه از طریق قند ملاس بیشترین اثر غیرمستقیم و مثبت و از طریق شاخص شادابی برگ بیشترین اثر غیرمستقیم و منفی را بر عملکرد قند داشت. یونان و همکاران (Younan *et al*. 1990) نشان دادند که وزن برگ دارای اثر مستقیم زیادی بر عملکرد ریشه است و می‌تواند در برنامه‌های به‌نژادی به‌عنوان معیار گزینش جهت بهبود عملکرد ریشه در چغندرقند موردتوجه قرار گیرد. واحدی و همکاران (2006) با انجام تجزیه علیت مشاهده کردند صفات عملکرد قندناخالص و درصد قندخالص دارای اثر مثبت و مستقیم و صفات عیار قند و عملکرد قندخالص دارای اثر مستقیم و منفی و معنی‌دار بر عملکرد ریشه هستند. نتایج تجزیه علیت اودا سوهیر (Ouda Soheir 2005) هنگامی‌که عملکرد قند را به‌عنوان متغیر تابع در نظر گرفت، نشان داد که عملکرد ریشه و درصد ساکارز دارای بیشترین اثر و سایر صفات دارای اثرات ناچیزی می‌باشند.

ب- شرایط تنش

با در نظر گرفتن عملکرد ریشه به‌عنوان متغیر وابسته (جدول ۱۱) مشاهده شد که محتوای آب نسبی برگ و سطح برگ دارای بیشترین اثر مثبت و مستقیم بر عملکرد ریشه می‌باشند. وقتی عملکرد قند به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد (جدول ۹) عملکرد ریشه بیشترین اثر مثبت و مستقیم را بر روی عملکرد قند نشان داد. پس‌ازاین صفت در مرحله دوم و با فاصله زیاد، صفت قند قابل استحصال قرار داشت. عملکرد قند خالص از طریق درصد قند قابل استحصال و قند ملاس دارای بیشترین اثر غیرمستقیم و مثبت و از طریق شاخص شادابی برگ و ضریب قلیائیت دارای بیشترین اثر غیرمستقیم و منفی بر عملکرد قند بود. هم‌چنین، درصد قند قابل استحصال از طریق ضریب قلیائیت دارای اثر غیرمستقیم و منفی بالایی بر روی عملکرد قند بود. نصری و همکاران (Nasri *et al*. 2012) نشان دادند که صفت وزن تر برگ بالاترین اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد ریشه داشت. بشیری و همکاران (Bashiri *et al*. 2015) در شرایط نرمال، عملکرد ریشه، درصد قند خالص و نیتروژن مضره و تحت شرایط شوری، صفات درصد قند خالص و نیتروژن مضره را به‌عنوان تأثیرگذارترین صفات بر عملکرد قند خالص معرفی کردند. شریفی (Sharifi 2014) در بررسی همبستگی و تجزیه علیت عملکرد شکرسفید با برخی صفات تحت رژیم‌های آبیاری در ژنوتیپ‌های چغندرقند نشان داد در شرایط بدون تنش، درصد قند، غلظت سدیم، ضریب استحصال و دمای سایه‌انداز گیاهی اثرات مستقیم بالایی بر عملکرد شکر سفید دارند. در شرایط تنش ملایم علاوه بر صفات ذکرشده، پتانسیل اسمزی و فشاری دارای اثرات مستقیم بالایی بودند. در شرایط تنش شدید، به‌غیراز نیتروژن مضره و دمای سایه‌انداز گیاهی، سایر صفات دارای اثرات مستقیم بالایی بر عملکرد شکر سفید بودند.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که در شرایط شوری، صفات عملکرد ریشه، عملکرد قند، محتوای نسبی آب برگ، وزن خشک ریشه، نسبت وزن ریشه به اندام هوایی، میزان پتاسیم، نسبت پتاسیم به سدیم، میزان نیتروژن و سطح برگ دارای وراثت‌پذیری عمومی بالاتری بودند. بنابراین، در برنامه‌های اصلاحی می‌توان این صفات را مدنظر قرار داد. در شرایط شوری، بیشترین میزان

وراثت‌پذیری خصوصی به ترتیب مربوط به قند ملاس با ۰/۶۶، میزان نیتروژن با ۰/۴۳، عملکرد قند با ۰/۳۸ و محتوای نسبی آب برگ با ۰/۳۸ بود؛ بنابراین، این صفات تا حدودی توسط اثرات افزایشی ژن‌ها کنترل‌شده و می‌توان در برنامه‌های اصلاحی از درجات مختلف گزینش برای آنها استفاده کرد. در تنش شوری، وراثت‌پذیری عملکرد ریشه در حد متوسط بود؛ بنابراین، در اصلاح عملکرد ریشه می‌توان از گزینش در نسل‌های انتهایی و همچنین تولید هیبرید استفاده کرد. نتایج تجزیه‌های رگرسیون و علیت نشان داد که در گزینش صفات برای اصلاح عملکرد ریشه در هر دو شرایط، صفات یکسانی باید مدنظر قرار گیرند، ولی برای بهبود عملکرد قند، صفات انتخابی متفاوت هستند به‌طوری‌که در شرایط شوری علاوه بر صفات عملکرد ریشه، درصد قند قابل استحصال، قند ملاس و شاخص شادابی برگ، صفات میزان آب ازدست‌رفته برگ، ضریب قلیائیت و نسبت پتاسیم به سدیم نیز دارای اهمیت می‌باشند و باید در گزینش برای عملکرد قند مدنظر قرار گیرند.

جدول ۱۰ تجزیه علیت برای عملکرد ریشه و قند در شرایط نرمال

عملکرد ریشه

صفات	وزن ویژه برگ	سطح برگ	محتوای آب نسبی برگ	همبستگی
وزن ویژه برگ	-۰/۴۱۹	۰/۰۸۳	-۰/۰۵۷	-۰/۳۹۴
سطح برگ	-۰/۰۷۷	۰/۴۴۷	-۰/۰۰۷	۰/۳۶۲
محتوای آب نسبی برگ	۰/۰۹۹	۰/۰۱۴	۰/۲۴۳	۰/۳۲۸

عملکرد قند

صفات	عملکرد ریشه	درصد قند قابل استحصال	قند ملاس	شاخص شادابی برگ	همبستگی
عملکرد ریشه	۰/۹۸۳	-۰/۰۲۰۶	۰/۰۱۷۳	-۰/۰۰۶	۰/۹۷
درصد قند قابل استحصال	-۰/۰۵۷	۰/۳۵۶	-۰/۱۳۸	-۰/۰۰۳	۰/۱۵۸
قند ملاس	۰/۱۱۵	۰/۰۴۸	۰/۱۴۸	۰/۰۰۵	-۰/۰۶۴
شاخص شادابی برگ	-۰/۲۷۱	-۰/۰۵۵	۰/۰۳۴	۰/۰۲۲	-۰/۲۷

اعدادی که زیر آن‌ها خط کشیده شده است اثرات مستقیم می‌باشند.

جدول ۱۱ تجزیه علیت برای عملکرد ریشه و عملکرد قند در شرایط شوری

عملکرد ریشه

صفات	محتوای آب نسبی برگ	سطح برگ	وزن ویژه برگ	همبستگی
محتوای آب نسبی برگ	۰/۴۱۱	۰/۱۳۹۷	-۰/۱۵۶۵	۰/۳۹۵
سطح برگ	۰/۱۳۹۷	۰/۴۱۱	-۰/۱۷۲۸	۰/۳۸
وزن ویژه برگ	-۰/۱۹۷۳	-۰/۲۱۷۸	۰/۳۲۶	-۰/۰۹

عملکرد قند

صفات	عملکرد ریشه	درصد قند قابل استحصال	قند ملاس	میزان نسبی آب ازدست‌رفته برگ	ضریب قلیائیت	شاخص شادابی برگ	نسبت پتاسیم به سدیم	همبستگی
عملکرد ریشه	۰/۸۴۶	۰/۰۷۴	۰/۰۱۷	۰/۰۰۴	۰/۰۱۵	۰/۰۲۳	-۰/۰۰۴	۰/۹۵
درصد قند قابل استحصال	۰/۱۶۲	۰/۳۸۶	-۰/۰۱۸	-۰/۰۰۹۶	-۰/۰۳۴	۰	۰/۰۲۲	۰/۴۷
قند ملاس	۰/۱۵۴	-۰/۰۷۳	۰/۰۹۴	-۰/۰۰۱	-۰/۰۰۵	۰	۰/۰۲۵	۰/۱۹
میزان نسبی آب ازدست‌رفته برگ	-۰/۰۵۶	۰/۰۵۸	۰/۰۰۲	-۰/۰۶۴	-۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۶	-۰/۰۶
ضریب قلیائیت	-۰/۲۲۲	-۰/۲۲۵	-۰/۰۰۸	۰/۰۰۶	۰/۰۵۸	-۰/۰۱۴	۰/۰۱۱	-۰/۴
شاخص شادابی برگ	-۰/۳۳	۰/۰۰۴	۰	-۰/۰۰۴	۰/۰۱۳	-۰/۰۶	۰/۰۱۵	-۰/۳۵
نسبت پتاسیم به سدیم	۰/۰۶۲	۰/۱۷	-۰/۰۴۶	۰/۰۰۸	-۰/۰۱۳	۰/۰۱۷	-۰/۰۵	۰/۱۵

اعدادی که زیر آن‌ها خط کشیده شده است اثرات مستقیم می‌باشند.

References: منابع مورد استفاده:

Abdollahian Noghabi M, Radaei Al-Amoli Z, Akbari GA, Sadat Nuri SA. Effect of sever water stress on morphological, quantitative and qualitative characteristics of 20 sugar beet genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences, 2011; 42(3):453-464.

Ahmadi M. Estimate genetic parameters of quantitative and qualitative traits of sugar beet by Diallel design. Master's thesis in Plant Breeding Shiraz University, College of Agriculture, 1996. (in Persian, abstract in English)

Ahmadi M, Asad MT. Estimation of genetic parameters of agronomic and qualitative traits in a cross of sugar beet diallel. Iranian Journal of Agricultural Research, 1998; 17: 19-34.

Ahmadi M, Majidi Heravan E, Sadeghian SY, Mesbah M, Darvish F. Drought tolerance variability in S_1 pollinator lines developed from a sugar beet open population. Euphytica, 2011; 178: 339- 349.

Bates LS, Waldren RP, Teare ID. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil, 1973; 39: 205-207.

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

Biancardi E, McGrath JM, Panella LW, Lewellen RT, Stevanato P. Sugar Beet p., In Bradshaw JE. ed. Root and Tuber Crops. Handbook of plant breeding New York Dordrecht Heidelberg London, 2010; 173-221.

Bosemark NO. Genetics and breeding, In Cooke DA, Scott RK. (eds). The sugar beet crops (science into practice), Chapman and Hall, 2-6 Boundary Row, London, UK. 1993; pp: 67-119.

Cacic N, Kovacev L, Mezei S, Sklenar P, Nagl N. Mode of inheritance and combining abilities for some sugar beet traits (*Beta vulgaris* L.). Plant genetics and breeding, 1999; 32: 137-147.

Chaparzadeh C, Khavari-Nejad RA, Navari-Izzo F, Izzo R. Water relations and ionic balance in (*Calendula officinalis* L.) under salinity conditions. Agrochimica, 2003; 47(1-2): 69-79.

Curcic Z. Effect of type resistance for rhizomania on combining abilities and quantitative traits of sugar beet, M.Sc. Thesis. 2008.

Ebdon JS, Gauch HG. Additive main effect and multiplicative interaction analysis of national turf grass performance trials: Interpretation of genotype × environment interaction. Crop Science, 2002; 42: 489-496

Epstein E, Norlyn JD, Rush DW, Kingsbury RW, Kelly DB, Cunningham GA, Wron AF. Saline culture of crops: a genetic approach. Science, 1980; 210: 399- 404.

Falconer DS, Mackay TFC. Introduction to quantitative genetics. Longman, Harlow. 1996.

Hoffman AA, Parsons PA. Evolutionary genetics and environmental stress. Oxford Uni. Press, New York. 1991.

Fotohi K, Mesbah M, Sadeghian Motahar SY, Ranji AZ. Path analysis under normal and salt stress conditions in sugar beet germplasm. Journal of Sugar Beet, 2012; 26(1):1-13. (in Persian)

Ghafari E, Rajabi A, Izadi Darbandi A, Rozbeh F, Amiri R. Evaluation of new sugar beet monogerm hybrids for drought tolerance. Journal of Crop Breeding. 2016, 8: 8-16. (in Persian, abstract in English)

Ghasemi H, Mohammadian R, Noushad H, Danaee M. The study of the effects of some morphological and physiological traits on white sugar yield of six monogerm varieties of sugar beet, Giyah va Zist Bum, 2010; 23:67. (In Persian)

Hallauer AR, Miranda JB, Quantitative genetics in maize breeding. Pages 46, 195, 200 and 201. Iowa State University Press. Ames. Iowa. USA. 1982.

Haussmann BI, Parzies HK, Presterl T, Susic Z, Miedaner T. Plant genetic resources in crop improvement. Plant Genetic Resources. 2004; 2(1): 3-21.

Izadi-Darbandi A, Bahmani K, Ramshini HA, Moradi N. Heritability estimates of agronomic traits and essential oil content in Iranian fennels. Journal of Agricultural Science and Technology, 2013; 15:1275- 1283.

Kacser H, Burns JA. The molecular basis of dominance. Genetics, 1981; 97:639-666.

Kearsey MJ, Pooni HS. The genetical analysis of quantitative traits. Chapman and Hall, Stanley Thornes (Publishers) Ltd. London. 1996.

Kolaee H, Mahmoudi SB, Hasani, M. Evaluation of resistance of beet breeding lines to Rhizoctonia root and crown rot. Journal of Sugar Beet, 2010; 26(1):31-42. (in Persian, abstract in English)

Lin CS, Bins MR, Lefcovitch LP. Stability analysis: where do we stand? Crop Science. 1986; 26: 894-900.

Mahmudi SB, Abbasi Z. Evaluation combining ability of sugar beet breeding lines for qualitative and quantitative traits and resistant to Rhizomania disease, Journal of Crop Breeding, 2018; 9(24): 112-118. (in Persian, abstract in English)

Mansourfar K. Advanced statistical methods using applied software. University of Tehran, Second Edition. 2008; pp: 459.

Mohammad Salehi MS, Vojdani P. Investigation of some genetic characteristics in a number of rice cultivars. Proceedings of the 5th Congress of Agriculture and Plant Breeding, p.77. 1998.

Morant-Manceau A, Pradier E, Tremblin G. Osmotic adjustment, gas exchanges and chlorophyll fluorescence of a hexaploid triticale and its parental species under salt stress. Journal of Plant Physiology, 2004; 161: 25-33.

Nabizadeh E, Fotohi K. Study of relationships among qualitative and quantitative traits in sugar beet genotypes infected with rhizoctonia. Journal of Crop Breeding. 2018; 10(27):94-103. (in Persian)

Nasri R, Kashani A, Paknejad F, Sadeghi-Shojae M, Ghorbani S. Correlation and path analysis of qualitative and quantitative yield in sugar beet in transplant and direct sowing methods in saline lands. Journal of Agronomy and Plant Breeding. 2012; 8:213-226. (in Persian)

Ouda Sohier MM. Yield and quality of sugar beet as affected by planting density and nitrogen fertilizer levels in the newly reclaimed soil; D Linehan. Plant and Soil. 2005; 44:445-449.

Orazizadeh MR, Sadeghian Motahar SY, Mesbah M. Genetic parameters of resistance to agent of leaf spot (*cercospora beticola*) of sugar beet. Journal of Sugar Beet, 2002; 18: 15-27. (in Persian, abstract in English)

Pakniyat M. Genetics and breeding of sugar beet. Shiraz University Press, 437pp. 2008. (in Persian, abstract in English)

Rajabi A, Griffiths H, Ober ES, Kromdijk W, Pidgeon JD. Genetic characteristics of water-use related traits in sugar beet. Euphytica, 2008; 160: 175-187.

Rajabi A, Moghaddam M, Rahimzadeh F, Mesbah M, Ranji Z. Evolution of genetic diversity in sugar beet populations for agronomic traits and crop quality. Journal of Agricultural science, 2002; 33(2):553- 567. (in Persian, abstract in English)

Rao SA, Mc-Neilly T. Genetic basis of variation for salt tolerance in maize (*Zea mays* L.). Euphytica, 1999; 108(3):145-150.

Reinefeld E, Emmerich A, Baumgarten G, Winner C, Beiß. U.m. Zur voraussage des melassezuckers aus rübenanalysen. Zucker, 1974; 27: 2-15.

Romano A, Sorgona A, Lupini A, Araniti F, Stevanato P, Cacco G, Abenavoli MR. Morpho-physiological responses of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) genotypes to drought stress. Acta. Physiologiae Plantarum, 2013; 35:853-865.

Scaracis GN, Smith GA. Prediction of three-way top cross sugar beet hybrid performance. Crop Science, 1984; 24: 55-60.

Schneider K, Schäfer-Pregl R, Borchardt D, Salamini F. Mapping QTLs for sucrose content, yield and quality in a sugar beet population fingerprinted by EST-related markers. Theoretical and Applied Genetics, 2002, 104:1107–1113.

Sharifi M. Correlation and path analysis of yield traits under irrigation regimes in some sugar beet genotypes. Journal of Plant Ecophysiology, 2014; 16(17):74-88. (in Persian)

Sheikholeslami R. Laboratory methods and their application in process control in sugar industry. 1th edn. Mersa, Inc. Tehran, Iran, 1997. (in Persian)

Shiri M, Aliyev RT, Choukan R. Water stress effects on combining ability and gene action of yield and genetic properties of drought tolerance indices in Maize. Research Journal of Environmental Sciences, 2010; 1-10.

Srivastava HM, Kapur R, Srivastava BL, Heterosis, combining ability and gene action in a seven parent diallel in sugar beet. Indian Journal of Genetics and plant Breeding, 1986; 46: 484-489.

Stancic I, Zivic J, Petrovic S, Knezevic D. Impact of genes and proportional contribution of parental genotypes to inheritance of root yield and sugar content in diploid hybrids of sugar beet. The Scientific World Journal, 2014; http://dx.doi.org/10.1155/2014/580623.

Vahedi S, Mesbah M, Yousefabadi V, Amiri R, Bihamta MR, Dehghan Shoar M. 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. Journal of Sugar Beet, 2006; 22(2): 19-34. (in Persian, abstract in English)

Yang RC, Jana S, Clarke JM. Phenotypic diversity and associations of some potentially drought responsive characters of durum wheat. Crop Sciences, 1991; 31: 1484-1491.

Younan NZ, El-Deeb MH, El-Manhaly MA. Path coefficient analysis of total soluble solids and root weight in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Minufiya, Journal of Agricultural Research, 1990; 15(2):1921-1929.