

برآورد هتروزیس و قابلیت توارث پذیری تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های تست کراس چغندر قند

حسن حمیدی^۱، مسعود احمدی^{۲*}، سیده ساناز رمضانپور^۳، علی معصومی^۴، سارا خرمیان^۵

۱. محقق بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

۲. استادیار بخش تحقیقات چغندر قند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

۳. دانشیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۴ و ۵. به ترتیب استادیار و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه پیام نور مشهد.

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۱/۲۱

چکیده

این آزمایش به منظور ارزیابی ژنوتیپ‌های تست کراس چغندر قند (۱۲ هیبرید به همراه دو رقم شاهد) در شرایط تنش رطوبتی مزرعه (۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تستک تبخیر کلاس A) در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۴ انجام شد. در این تحقیق صفاتی از قبیل عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، در صد قند ریشه، تعداد برگ، اختلاف دمای برگ و محیط، شاخص شادابی، محتوی آب نسبی برگ، وزن ویژه برگ، نمره رنگ برگ، نمره رشد برگ، طرز قرارگیری برگ، نمره رشد ریشه و نسبت طول به عرض ریشه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که از نظر کلیه صفات مورد مطالعه به استثنای اختلاف دمای برگ و محیط، طرز قرارگیری برگ، نمره رشد ریشه و نسبت طول به عرض ریشه بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. ژنوتیپ Multi s5 نیز از نظر صفات عملکرد ریشه، شاخص شادابی، محتوی آب نسبی برگ، وزن ویژه برگ، نمره رشد برگ و نمره رشد ریشه نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتری نشان داد. بیشترین میزان توارث پذیری در بین صفات مورد مطالعه مربوط به تعداد برگ با توارث ۸۹/۴۰ درصد بود که حاکی از تأثیر پذیری کم این صفت از عوامل محیطی است. بیشترین میزان هتروزیس استاندارد در هیبرید Multi s5 برای اکثر صفات مورد مطالعه به دست آمد. در این تحقیق، عملکرد ریشه، همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با عملکرد قند ناخالص داشت. بین عملکرد ریشه و صفت نمره رشد ریشه نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. در حالی که همبستگی منفی و معنی‌داری بین عملکرد ریشه و صفات درصد قند ریشه و تعداد برگ وجود داشت. با توجه به دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر می‌توان ژنوتیپ‌ها را برای صفت عملکرد قند ناخالص در سه گروه عمده قرار داد. تجزیه به عامل‌ها منجر به شناسایی پنج عامل گردید که در مجموع ۹۱/۳ درصد تغییرات کل را توجیه کردند.

واژه‌های کلیدی: تنش رطوبتی، عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، هیبرید.

مقدمه

گیاه چغندر قند معمولاً نسبت به تنش‌های رطوبتی در اوایل دوره رشد حساس است و اگر تنش رطوبتی در مراحل بعدی رشد حادث شود قادر است آن را تا حدی تحمل نماید (Hekamat Shoar, 1992).

خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده ریشه و عملکرد گیاهان زراعی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است که ۶۰-۴۰ درصد اراضی زیر کشت جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Bray, 1996).

کمال شهر کرج نشان دادند که بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی تنوع ژنتیکی قابل توجهی از نظر تحمل به خشکی وجود دارد. همچنین رومانو و همکاران (Romano et al., 2013) بیان کردند که تنوع ژنتیکی زیادی بین ژنوتیپ‌های چغندر قند از نظر شاخص‌های مورفو-فیزیولوژیکی تحت تنش خشکی متوسط و شدید وجود دارد.

عبداللهیان نوغابی و همکاران (Abdollahian Noghahi et al., 2011) با بررسی تأثیر تنش خشکی شدید پس از استقرار بوته بر ۲۰ ژنوتیپ چغندر قند در کرج گزارش دادند که بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات عملکرد و اجزای عملکرد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. نتایج همبستگی نشان داد که عملکرد شکر سفید با وزن خشک کل و وزن خشک ریشه بیشترین همبستگی را داشت. نتایج تجزیه به عامل‌ها مشخص نمود که عامل‌های اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم، مجموعاً ۸۲/۰۸ درصد از تغییرات کل واریانس را توجیه می‌نماید.

عباسی و همکاران (Abbasi et al., 2014) با ارزیابی تنوع ژنتیکی ۱۶۸ ژنوتیپ چغندر قند که از نظر تحمل به شوری و خشکی متفاوت بودند، نشان دادند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد ریشه و عملکرد قند وجود دارد. همچنین عملکرد ریشه با وزن برگ و عملکرد شکر سفید همبستگی مثبتی داشت در حالی که بین عملکرد ریشه و درصد قند همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد.

بهنژادگران چغندر قند به دنبال شاخص‌ها و خصوصیات هستند که بتوان از آن‌ها در اصلاح ارقام متحمل به خشکی استفاده نمود. لذا متخصصین فیزیولوژی و زراعت بایستی با اعمال شرایط مشخص و تعریف شده تنش خشکی، خصوصیات و پارامترهای فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند را طی فصل رشد مورد مطالعه دقیق قرار داده و در نهایت همبستگی و ارتباط این پارامترها را با عملکرد کمی و کیفی چغندر قند مشخص نمایند (Abdollahian Noghahi et al., 2011).

در این تحقیق، میزان هتروزیس و توارث پذیری تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند در اوایل فصل رشد در شرایط آب و هوایی مشهد مورد بررسی قرار گرفته و نسبت به تعیین بهترین ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به خشکی اقدام گردید.

در مطالعه‌ای در همدان، ایران، نشان داده شد که قطع آب آبیاری بیش از یک بار در مراحل مختلف رشد باعث کاهش عملکرد کمی چغندر قند و به‌طور کلی تنش رطوبتی باعث کاهش کمی عملکرد ریشه و قند شد. مقدار تأثیر تنش خشکی بستگی به زمان و شدت تنش داشت و کاهش عملکرد ریشه و قند ناشی از تنش در دوره رشد ریشه و ذخیره‌سازی قند بیشتر بود (Mirzaei et al., 2005).

احمدی (Ahmadi, 2012) نشان داد که برای تحمل به خشکی روند صفات در لاین‌ها و هیبریدهای نهایی چغندر قند متفاوت بوده و لزوم ارزیابی هیبریدها را محرز می‌کند. در ارتباط با تحمل به خشکی، صفاتی ارزیابی می‌شوند که با عملکرد گیاه در شرایط تنش مرتبط بوده و کمتر تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرند، بنابراین وراثت پذیری صفات مورد توجه است. تحمل به خشکی وراثت پذیر است (Richards et al., 2001) اما به علت کم بودن واریانس ژنتیکی در شرایط تنش نسبت به بدون تنش، وراثت‌پذیری عملکرد در شرایط تنش کمتر است.

محمدیان و همکاران (Mohammadian et al., 2001) تفاوت‌های معنی‌داری را بین ژنوتیپ‌های چغندر قند در دمای برگ تحت شرایط تنش خشکی گزارش دادند. دمای برگ تحت شرایط عدم تنش همیشه کمتر از شرایط تنش بود.

اوراضی‌زاده و همکاران (Orazizadeh et al., 2016)، ۲۳ هیبرید تست کراس چغندر قند را به همراه رقم گدوک (شاهد معمولی) و هیبرید IR7 (شاهد متحمل) در دو آزمایش با آبیاری نرمال و تنش خشکی در ایستگاه طرق مشهد به مدت دو سال مورد ارزیابی قرار دادند. بر اساس نتایج حاصله، دو هیبرید با عملکرد شکر ۷/۹۳ و ۷/۵۱ تن در هکتار به‌عنوان هیبریدهای برتر متحمل انتخاب شدند.

صادق زاده حمایتی و فصاحت (Sadeghzadeh Hemayati and Fasahat, 2016) با بررسی اثر تنش خشکی بر ۳۶ ژنوتیپ چغندر قند در کمال شهر کرج گزارش کردند که تحت تنش خشکی (۲۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشبک تبخیر کلاس A)، عیار قند ناخالص و خالص به ترتیب معادل ۳۲/۶ و ۴۲/۶ درصد کاهش یافت. همچنین اثر تنش خشکی، میانگین عملکرد ریشه، شکر خام و شکر سفید به ترتیب معادل ۵۹، ۷۲ و ۷۶ درصد کاهش یافت.

غفاری و همکاران (Ghafari et al., 2016) با ارزیابی ۲۳ هیبرید منورم چغندر قند از نظر تحمل به خشکی در

مواد و روش‌ها

زراعت چغندرقد خودداری می‌کنند؛ لذا در طی این مدت گیاه چغندرقد تحت تنش رطوبتی قرار می‌گیرد. در این تحقیق نیز ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در اول فصل رشد در معرض این نوع تنش رطوبتی (۲۰۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) در شرایط آب و هوایی مشهد (ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق) قرار گرفتند.

ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق در شهر مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۹۹۹ متر واقع شده است. میانگین درازمدت دمای روزانه آن ۱۴/۱، حداقل و حداکثر دمای مطلق آن به ترتیب ۷/۱ و ۲۱/۱ درجه سانتی‌گراد با میانگین بارش ۲۵۰ میلی‌متر در سال است. میزان بارندگی ماهانه در طول دوره رشد در جدول ۱ و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۲ نشان داده شده است.

این آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از ۱۴ ژنوتیپ تست کراس چغندرقد شامل شش هیبرید منوژرم (mono s1, mono s2, mono s3, mono s4, mono s5, mono s6) و شش هیبرید پلی‌ژرم (multi s1, multi s2, multi s3, multi s4, multi s5, multi s6) به همراه دو رقم شاهد معمولی (Pars و Motahar) در سه تکرار انجام شد. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از توده اصلاحی متحمل به خشکی (bp-mashhad) تهیه شده از توده ژرم پلاسسم مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقد حاصل شده‌اند. در استان خراسان رضوی، اکثر کشاورزان به دلیل وجود خشک سالی، منابع آبی را پس از سبز شدن و استقرار بذر چغندرقد در مزرعه به غلات اختصاص می‌دهند و از آبیاری

جدول ۱. مقدار بارندگی ماهانه در طول دوره رشد (برحسب میلی‌متر)

Table 1. Rate of monthly rainfall during growth period (mm)

فروردین March	اردیبهشت April	خرداد May	تیر June	مرداد July	شهریور August	مهر September	آبان October
26.1	23.8	0.3	0	0	0.4	13.8	17.6

جدول ۲. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2. Physical and chemical properties of the soil used in the experiment

عمق خاک Soil depth	بافت خاک Soil texture	درصد اشباع Saturation percentage	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	pH	نیترژن کل N.tot (%)	پتاسیم قابل جذب K.ava (mg/kg)	فسفر قابل جذب P.ava (mg/kg)	کربن آلی OC (%)
0-30	Silty Loam	32.8	1.7	7.9	0.05	210	11.6	0.4
30-60	Loam	33.6	2.1	8	0.06	195	8.3	0.3

در این آزمایش برخی از صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی چغندرقد شامل عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، درصد قند ریشه، تعداد برگ، اختلاف دمای برگ و محیط، شاخص شادابی، محتوی آب نسبی برگ، وزن ویژه برگ، نمره رنگ برگ، نمره رشد برگ، طرز قرارگیری برگ، نمره رشد ریشه و نسبت طول به عرض ریشه اندازه‌گیری شد. از صفات مذکور به‌عنوان آسان‌ترین و کم‌هزینه‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی تحمل به خشکی در چغندرقد استفاده شده است. همچنین این صفات، ثابت و بدون تغییر و قابل ارزیابی بوده و ارتباطی با کاهش محصول در شرایط

در مرحله ۴-۶ برگی به‌منظور ایجاد تراکم ۱۰۰ هزار بوته در هکتار، گیاهچه‌های سبز شده تنک شدند. تا مرحله تنک و وجین (استقرار بوته‌ها) آبیاری به‌طور معمول و به صورت نشتی با استفاده از سیفون انجام شد. آبیاری‌های بعدی پس از ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A صورت گرفت. کوددهی (بر اساس آزمون خاک)، کنترل شیمیایی آفات و بیماری‌های (بر اساس بازدهی‌های منظم) و وجین دستی علف‌های هرز به‌گونه‌ای انجام شد تا مزرعه عاری از هرگونه تنش کمبود عناصر غذایی و خسارت عوامل زنده محیطی باشد.

وضعیت رشدی ریشه گیاهان در هر کرت بر اساس مقیاس ۵-۱ نمره دهی شد. به این صورت که کرت‌های با گیاهان دارای رشد ریشه مطلوب عدد ۵ و رشد کم عدد ۱ اختصاص داده شد (Shahbazi et al., 2015).

اجزای واریانس محیطی، ژنتیکی و فنوتیپی بر اساس امید ریاضی میانگین مربعات برآورد گردید. ضریب تنوع فنوتیپی، ضریب تنوع ژنتیکی و توارث پذیری عمومی هر صفت با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید (Falconer and Mackay, 1996):

$$CV_G = \frac{\sqrt{V_G}}{\bar{X}} \times 100, CV_E = \frac{\sqrt{V_E}}{\bar{X}} \times 100 \quad [6]$$

$$CV_P = \frac{\sqrt{V_P}}{\bar{X}} \times 100 \quad [7]$$

$$V_E = MSe \quad [8]$$

$$V_P = V_G + V_E \quad [9]$$

$$H_b = (V_G/V_P) \times 100 \quad [10]$$

در روابط بالا، V_G واریانس ژنوتیپی، V_E واریانس محیطی، V_P واریانس فنوتیپی، MSe واریانس اشتباه آزمایش، CV_P ضریب تغییرات فنوتیپی، CV_G ضریب تغییرات ژنتیکی، CV_E ضریب تغییرات محیطی، H_b توارث پذیری عمومی و \bar{X} میانگین کل برای هر صفت است.

جهت محاسبه هتروزیس استاندارد از فرمول (۱۱) استفاده گردید (Farsi and Bagheri, 2012):

$$[11] \quad \frac{\text{میانگین ارقام شاهد} - \text{میانگین F1}}{\text{شاهد ارقام میانگین}} \times 100 = \text{هتروزیس استاندارد}$$

تجزیه به عامل‌ها به منظور پیدا کردن علت وجود همبستگی و توصیف رابطه صفات بر حسب تعداد کمتری شاخص یا عامل به روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام شد و عوامل به دست آمده با روش وریماکس دوران داده شدند.

پس از آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها، تجزیه و تحلیل آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 انجام شد. برای صفاتی که توزیع آن‌ها نرمال نبود، از روش تبدیل داده (لگاریتم) استفاده شد. با استفاده از ضرایب همبستگی بین صفات، روابط آن‌ها با یکدیگر مقایسه شد. جهت گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از تجزیه کلاستر به روش Ward استفاده شد. مقایسه میانگین صفات مورد بررسی با استفاده از آزمون

بدون تنش ندارد (Edmeades et al., 2001). با توجه به وضعیت قرارگیری برگ‌ها در سه گروه ایستاده، حد واسط و افقی به هر یک به ترتیب نمرات ۱ تا ۳ اختصاص یافت (Ahmadi, 2012). وضعیت رشدی برگ گیاهان در هر کرت بر اساس مقیاس ۵-۱ نمره‌دهی شد (Shahbazi et al., 2015). به این صورت که کرت‌های با برگ‌های دارای رشد مطلوب عدد ۵ و رشد کم عدد ۱ اختصاص داده شد. رنگ برگ‌های هر لاین بر اساس مقیاس ۵-۱ نمره دهی می‌شود به این صورت که به لاین‌های با رنگ سبز تیره عدد ۵ و به لاین‌های با رنگ سبز کم‌رنگ متمایل به زرد عدد ۱ اختصاص پیدا می‌کند (Ahmadi, 2012). اندازه‌گیری دمای برگ توسط ترمومتر مادون قرمز (Guicktemp 850-1, Testo, Germany) قابل حمل با گسیلندگی ۰/۹۴ بین ساعات ۱۵-۱۱ روی ۱۰ برگ و سطر ۱۰ بوته نماینده انجام گرفت (Idso et al., 1982). در زمان اندازه‌گیری دمای برگ، درجه حرارت محیط از واحد هواسنجی مستقر در ایستگاه و تفاوت دمای محیط و دمای برگ به عنوان شاخص خشکی برگ در زمان تنش منظور شد.

محتوی آب نسبی برگ (RWC) بر اساس فرمول بارث و ویثرلی (Barrs and Weatherly, 1962) به صورت رابطه (۱) به دست آمد:

$$RWC = \frac{(FW - DW)}{(TW - DW)} \times 100 \quad [1]$$

وزن ویژه برگ (SLW) از فرمول (۲) و شاخص شادابی (SUCI) از فرمول (۳) محاسبه شدند:

$$SLW = DW / (\text{مجموع سطح برگ دیسک‌ها}) \quad [2]$$

$$SUCI = (DW - FW) / (\text{مجموع سطح برگ دیسک‌ها}) \quad [3]$$

در این محاسبات FW وزن تر برگ، DW وزن خشک برگ و TW وزن برگ آماس کرده است.

درصد قند ریشه با استفاده از دستگاه رفرکتومتر (ZEISS 35758, CARL, Germany) اندازه‌گیری شد. سپس درصد قند و عملکرد قند ناخالص (عملکرد شکر) با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد (Abdollahian and Noghabi et al., 2005):

$$[4] \quad \text{درصد قند} = \frac{1.03}{2.73} - \text{عدد قرائت شده} = \text{درصد قند}$$

$$[5] \quad \text{درصد قند} \times \text{عملکرد ریشه} = \text{عملکرد شکر}$$

تنوع ژنتیکی برای تحمل به خشکی یک پیش شرط لازم برای توسعه ارقام متحمل تر به تنش خشکی است. ارقام تجارتي چغندرقد به نظر می‌رسد که واکنش‌های مشابهی از نظر عملکرد نسبت به خشکی داشته باشند (Ober and Luterbacher, 2002). خصوصیات فیزیولوژیکی که واکنش مشخصی را به تنش خشکی نشان می‌دهند، می‌توانند برای تفاوت‌های ژنوتیپی در عملکرد تحت تنش دارای اهمیت باشند. بررسی ژنتیکی مواد اصلاحی گسترده‌تری از چغندرقد احتمالاً کمک خواهد کرد تا تفاوت‌های مواد ژنتیکی در عملکرد و همچنین ارتباط صفات فیزیولوژیکی با آن تعیین‌شده و در گزینش برای تحمل به خشکی مورد استفاده قرار گیرد (Bloch et al., 2006).

نتایج حاصل از واریانس ژنوتیپی، فنوتیپی و محیطی همراه با ضریب تنوع ژنتیکی، ضریب تنوع فنوتیپی و وراثت‌پذیری عمومی صفات مورد مطالعه در جدول ۵ ارائه شده است. ملاحظه می‌شود که واریانس ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها برای کلیه صفات مورد بررسی کمتر از واریانس فنوتیپی بود. ضریب تنوع فنوتیپی برای صفات طرز قرارگیری برگ، اختلاف دمای برگ و محیط، نمره رنگ برگ و نمره رشد ریشه به ترتیب با مقادیر ۳۷/۲۲، ۳۰/۷۱، ۲۵/۴۱ و ۲۲/۸۳ درصد دارای بالاترین مقدار بودند. برای همه صفات مورد مطالعه ضریب تنوع فنوتیپی بیشتر از ضریب تنوع ژنتیکی بود. هر چه نسبت تنوع فنوتیپی از ژنتیکی بیشتر باشد، صفت بیشتر تحت تأثیر محیط قرار دارد و بازدهی انتخاب برای آن صفت کمتر خواهد بود (Farshadfar, 1997). از طرفی تفاوت کم بین ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی برای صفاتی نظیر تعداد برگ و وزن ویژه برگ نشان‌دهنده نقش بیشتر ژنوتیپ و تأثیر کمتر محیط بر این صفات است. بخش عمده‌ای از تنوع فنوتیپی می‌تواند ناشی از اثر محیط بر روی صفات و به خصوص صفات چندژنی باشد. کمترین میزان توارث پذیری به نسبت طول به عرض ریشه (۱۲/۲۰ درصد) اختصاص پیدا کرد که نشان می‌دهد این صفت به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. بیشترین میزان توارث پذیری در بین صفات، مربوط به تعداد برگ، وزن ویژه برگ و محتوی آب نسبی برگ به ترتیب با توارث ۸۹/۴۰، ۸۲/۶۷ و ۸۱/۹۰ درصد بود که حاکی از تأثیرپذیری کم این صفات از عوامل محیطی است. مقادیر وراثت‌پذیری عمومی نشان می‌دهد که در مورد این ژنوتیپ‌ها، واریانس ژنتیکی به مراتب بیشتر از واریانس محیطی است، زیرا

LSD در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد انجام شد. تجزیه به عامل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab نسخه ۱۵ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که برای کلیه صفات مورد مطالعه با استثنای اختلاف دمای برگ و محیط، طرز قرارگیری برگ، نمره رشد ریشه و نسبت طول به عرض ریشه در ژنوتیپ‌های مختلف تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت. تفاوت‌های بسیار معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها بیانگر این موضوع است که در شرایط تنش خشکی در بین لاین‌ها تنوع ژنتیکی وجود دارد (Ahmadi, 2012). مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان داد که بیشترین عملکرد ریشه (۸۷/۰۳ تن در هکتار)، شاخص شادابی (۳۰/۰۹ میلی‌گرم در سانتی‌متر مربع)، محتوی آب نسبی برگ (۸۳/۲۵ درصد)، وزن ویژه برگ (۵/۴۹ میلی‌گرم در سانتی‌متر مربع)، نمره رشد برگ (۳) و نمره رشد ریشه (۴/۶۷) در ژنوتیپ multi s5 مشاهده شد. لازم به ذکر است این ژنوتیپ دارای کمترین درصد ریشه (۱۸/۷۰ درصد) در بین کلیه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بود. بیشترین درصد ریشه نیز در رقم شاهد (Motahar) مشاهده شد. ژنوتیپ multi s1 دارای بیشترین عملکرد قند ناخالص (۱۸/۱۷ تن در هکتار) در بین کلیه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بود (جدول ۴).

در این تحقیق، ارقام شاهد Pars و Motahar دارای مقادیر متوسطی از نظر اکثر صفات مورد مطالعه بودند (جدول ۴). به عبارتی این ارقام از نظر تحمل به خشکی در شرایط مزرعه نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برتری نداشتند. در این آزمایش، با توجه به پراکندگی صفات و تفاوت معنی‌دار در بین ژنوتیپ‌ها می‌توان نتیجه گرفت که برای صفات عملکرد و اجزای عملکرد در شرایط تنش خشکی در بین هیبریدهای مختلف تنوع ژنتیکی وجود دارد و می‌تواند از ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در برنامه‌های اصلاحی استفاده نمود. علاوه بر این تنوع مزبور برای گزینش لاین‌های متحمل به خشکی و در برنامه‌های به‌نژادی برای افزایش تحمل به خشکی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. نتایج تحقیقات نیز نشان داده است که تنوع ژنتیکی لازم در بین ژنوتیپ‌های چغندرقد برای تحمل به خشکی وجود دارد (Mohammadian et al., 2003a, 2003b, 2001; Ahmadi et al., 2011; Sadeghian et al., 2000; Ober et al., 2005).

در اکثر صفات مقادیر وراثت‌پذیری بالا برآورد شده است (جدول ۵).
میزان هتروزیس استاندارد در هیبریدهای مختلف چغندر قند برای صفات مورد مطالعه در شرایط تنش رطوبتی در جدول ۶ ارائه شده است. بیشترین میزان هتروزیس استاندارد در هیبرید Multi s5 برای صفات عملکرد ریشه، درصد قند، شاخص شادابی، محتوی آب نسبی برگ، وزن ویژه برگ، نمره رشد برگ و نمره رشد ریشه به ترتیب ۵۱/۹۸،

۱۳/۱۷، ۱۲/۹۹، ۷/۷۱، ۲۴/۶۳، ۲۸/۶۶ و ۵۰/۱۳ درصد به دست آمد. در حالی که بالاترین میزان هتروزیس استاندارد در هیبرید Multi s1 برای صفت عملکرد قند ناخالص معادل ۴۷/۸۳ درصد حاصل شد. بیشترین مقدار هتروزیس منفی برای نمره رنگ برگ به میزان ۷۴/۲۵- درصد در هیبرید Multi s2 به دست آمد. منفی بودن هتروزیس استاندارد بیانگر این است که هیبریدها به طرف واریته شاهد واجد مقدار کمتر صفت گرایش داشته‌اند (جدول ۶).

جدول ۳. میانگین مربعات صفات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند تحت شرایط تنش رطوبتی مزرعه

Table 3. Mean squares of quantity and quality traits of different sugar beet genotypes under field water stress conditions

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	عملکرد قند				اختلاف دمای برگ و محیط		شاخص
		عملکرد ریشه Root yield	ناخالص Gross sugar yield	درصد قند Sugar content	تعداد برگ Leaf number	Temperature difference between leaf and air	شادابی Succulence index	
تکرار Replication	2	76.681 ^{ns}	3.687 ^{ns}	3.540 [*]	1.188 ^{ns}	0.386 ^{ns}	0.118 ^{ns}	
ژنوتیپ Genotype	13	563.531 ^{**}	21.665 ^{**}	2.6187 ^{**}	26.688 ^{**}	0.143 ^{ns}	8.598 ^{**}	
خطای آزمایش Error	26	49.308	2.605	0.801	1.014	0.271	0.647	
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		10.22	11.24	4.27	4.47	33.47	2.86	

جدول ۳. ادامه

Table 3. Continued

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	محتوی آب		نمره رنگ		نمره رشد		نسبت طول به عرض ریشه Root length to width ratio
		نسبی برگ Leaf relative water content	وزن ویژه برگ Specific leaf weight	برگ Leaf color score	برگ Leaf growth score	قرارگیری برگ Postural leaf	ریشه Root growth score	
تکرار Replication	2	0.306 ^{ns}	0.024 ^{ns}	0.328 ^{ns}	0.056 ^{ns}	0.074 ^{ns}	0.685 ^{ns}	0.568 ^{ns}
ژنوتیپ Genotype	13	22.543 ^{**}	0.805 ^{**}	3.026 ^{**}	0.556 ^{**}	0.800 ^{ns}	0.994 ^{ns}	0.252 ^{ns}
خطای آزمایش Error	26	1.546	0.053	0.251	0.132	0.484	0.508	0.177
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		1.57	5.05	11.75	15.31	33.73	19.87	11.33

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns، *and**: None significant and significant at 5 and 1%, Respectively.

جدول ۴. مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند تحت شرایط تنش رطوبتی مزرعه

Table 4. Mean comparison of studied traits of different sugar beet genotypes under field water stress conditions

ژنوتیپ Genotype	اختلاف دمای برگ و محیط					
	عملکرد قند			شاخص شادابی		
	عملکرد ریشه Root yield(t/ha)	ناخالص Gross sugar yield(t/ha)	درصد قند Sugar content	تعداد برگ Leaf number	Temperature difference between leaf and air	Succulence index (mg/cm ²)
mono s1	79.87	16.76	20.97	18.89	1.56	27.18
mono s2	39.03	8.45	21.62	28.33	1.44	27.82
mono s3	65.73	13.47	20.43	24.33	1.89	28.44
mono s4	76.93	16.46	21.30	23.33	1.22	29.78
mono s5	85.00	17.79	20.92	21.11	1.56	29.98
mono s6	67.93	14.00	20.77	28.00	1.44	27.77
multi s1	85.03	18.17	21.43	19.44	1.33	27.85
multi s2	73.43	15.16	20.60	22.11	1.78	25.06
multi s3	58.90	13.03	22.16	20.00	1.22	28.31
multi s4	69.63	14.96	21.48	21.00	1.53	29.31
multi s5	87.03	16.27	18.70	24.88	1.67	30.09
multi s6	59.03	11.82	20.01	23.22	1.56	29.39
pars	60.20	12.41	20.60	20.44	1.66	24.50
Motahar	54.33	12.18	22.46	20.52	1.92	28.75
میانگین	68.72	14.35	20.96	22.54	1.56	28.16
LSD 0.05	11.79	2.71	1.50	1.69	0.87	1.35
LSD 0.01	15.93	3.66	2.03	2.28	1.18	1.82

جدول ۴. ادامه

Table 4. Continued

ژنوتیپ Genotype	نمره رشد						
	محتوی آب		نمره رنگ		نمره رشد		نسبت طول به عرض ریشه Root length to width ratio
	نسبی برگ Leaf relative water content (%)	وزن ویژه برگ Specific leaf weight (mg/cm ²)	نمره رنگ برگ Leaf color score	نمره رشد برگ Leaf growth score	طرز قرارگیری برگ Postural leaf	ریشه Root growth score	
mono s1	77.62	4.11	5.00	2.00	1.00	3.67	3.10
mono s2	78.12	4.23	4.33	2.00	2.67	3.33	3.46
mono s3	79.00	4.35	4.33	2.33	2.67	4.00	3.68
mono s4	82.36	5.11	4.67	3.00	2.67	3.67	4.04
mono s5	83.20	5.24	4.67	3.00	2.00	4.67	3.64
mono s6	78.12	4.20	4.33	2.00	2.00	3.67	4.14
multi s1	77.98	4.14	5.00	2.00	1.67	3.33	3.83
multi s2	75.05	4.00	1.00	2.00	2.33	3.33	3.68
multi s3	78.33	4.25	4.67	2.00	2.00	2.67	3.95
multi s4	80.48	4.75	4.67	2.67	2.00	3.33	3.82
multi s5	83.25	5.49	4.67	3.00	1.33	4.67	3.48
multi s6	80.71	4.90	4.67	2.67	1.67	3.67	4.12
pars	74.15	3.86	3.66	2.00	2.33	3.44	3.47
Motahar	80.43	4.95	4.11	2.66	2.55	2.78	3.65
میانگین	79.20	4.54	4.27	2.38	2.06	3.59	3.72
LSD 0.05	2.09	0.38	0.84	0.49	1.17	1.20	0.71
LSD 0.01	2.82	0.52	1.14	0.66	1.58	1.62	0.96

شده است. بالاترین همبستگی مثبت و معنی‌دار (***) $r=0.96$ بین عملکرد ریشه و عملکرد قند ناخالص مشاهده شد.

ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه در ۱۴ ژنوتیپ (۱۲ هیبرید و دو رقم شاهد) چغندر قند در جدول ۷ نشان داده

همبستگی معنی‌داری وجود نداشت. صفت اختلاف دمای برگ و محیط با هیچ‌یک از صفات مورد بررسی معنی‌دار نشد. همبستگی صفت شاخص شادابی با صفات محتوی آب نسبی برگ ($r=0/95^{**}$)، وزن ویژه برگ ($r=0/85^{**}$)، نمره رنگ برگ ($r=0/58^{**}$) و نمره رشد برگ ($r=0/71^{**}$) مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۷).

بیشترین همبستگی منفی و معنی‌دار ($r=-0/42^{**}$) نیز بین عملکرد ریشه و طرز قرارگیری برگ وجود داشت. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد ریشه و نمره رشد ریشه ($r=0/54^{**}$) وجود داشت. همچنین همبستگی منفی و معنی‌داری بین عملکرد ریشه و صفات درصد قند ریشه ($r=-0/29^{**}$) و تعداد برگ ($r=-0/31^{**}$) مشاهده گردید. لازم به ذکر است که بین عملکرد ریشه و سایر صفات مورد مطالعه

جدول ۵. برآورد اجزای واریانس، ضریب تنوع و وراثت‌پذیری عمومی صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های چغندر قند تحت تنش رطوبتی
Table 5. Estimation of variance components, variation index and broad sense heritability of studied traits in sugar beet genotypes under water stress

صفات	اجزای واریانس			ضریب تنوع (%)		وراثت‌پذیری عمومی (%)
	فنوتیپی	ژنتیکی	محیطی	فنوتیپی	ژنتیکی	Common inheritance ability (%)
Traits	Phenotypic	Genotypic	Environmental	Phenotypic	Genotypic	
عملکرد ریشه	220.716	171.407	49.308	21.618	19.051	77.660
عملکرد قند ناخالص	8.959	6.354	2.605	20.854	17.562	70.922
درصد قند	1.407	0.606	0.801	5.659	3.712	43.043
تعداد برگ	9.572	8.558	1.014	13.724	12.977	89.405
اختلاف دمای برگ و محیط	0.228	0.043	0.271	30.714	13.271	18.668
شاخص شادابی	3.297	2.650	0.647	6.448	5.782	80.387
محتوی آب نسبی برگ	8.545	6.999	1.546	3.691	3.340	81.903
وزن ویژه برگ	0.304	0.251	0.053	12.131	11.030	82.668
نمره رنگ برگ	1.176	0.925	0.252	25.407	22.528	78.618
نمره رشد برگ	0.242	0.157	0.085	20.664	16.652	64.939
طرز قرارگیری برگ	0.590	0.105	0.484	37.222	15.729	17.858
نمره رشد ریشه	0.670	0.162	0.508	22.826	11.226	24.188
نسبت طول به عرض ریشه	0.202	0.025	0.178	12.094	4.225	12.203

صفات عملکرد و اجزاء آن در شرایط تنش خشکی گزارش کرد که صفت عملکرد ریشه بیشترین همبستگی را با عملکرد قند ناخالص نشان داد. در تحقیق حاضر، بین عملکرد ریشه و نمره رشد ریشه همبستگی مثبت و معنی‌

دار این تحقیق، عملکرد ریشه، به‌عنوان یک صفت مهم در تصمیم‌گیری‌ها برای انتخاب لاین‌ها، همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با عملکرد قند ناخالص داشت (جدول ۷). شریفی (2003) نیز با مطالعه همبستگی بین

داری مشا هده شد (جدول ۷). احمدی و همکاران (Ahmadi et al., 2011) نیز نشان دادند که صفت عملکرد ریشه همبستگی معنی‌داری با عملکرد قند ناخالص دارد. احمدی (Ahmadi, 2012) نیز نشان داد که عملکرد ریشه چغندر قند در شرایط وجود تنش خشکی با نمره رشد ریشه همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد.

در تحقیق حاضر همبستگی منفی و معنی‌داری بین عملکرد ریشه و تعداد برگ وجود داشت به عبارتی با افزایش تعداد برگ، عملکرد ریشه چغندر قند کاهش یافت (جدول ۷). در این آزمایش، بین عملکرد ریشه و اختلاف دمای برگ و محیط همبستگی معنی‌داری وجود نداشت که با نتایج حاصل از تحقیقات محمدیان (Mohamadian, 2001) انطباق داشت.

جدول ۶. میزان هتروزیس استاندارد در هیبریدهای مختلف چغندر قند برای صفات مورد مطالعه تحت تنش رطوبتی

Table 6. Standard heterosis in different hybrids of sugar beet for studied traits under water stress

هیبرید Hybrid	عملکرد ریشه Root yield	عملکرد قند ناخالص Gross sugar yield	درصد قند Sugar content	تعداد برگ Leaf number	اختلاف دمای برگ و محیط Temperature difference between leaf and air	شاخص شادابی Succulenc e index	محتوی آب نسبی برگ Leaf relative water content
mono s1	39.46	36.37	-2.60	-7.78	-13.26	2.07	0.42
mono s2	-31.84	-31.30	0.41	38.35	-19.45	4.48	1.07
mono s3	14.78	9.59	-5.11	18.80	5.20	6.81	2.21
mono s4	34.34	33.92	-1.10	13.92	-31.85	11.83	6.56
mono s5	48.43	44.69	-2.85	3.08	-13.26	12.58	7.64
mono s6	18.63	13.86	-3.56	36.72	-19.45	4.31	1.07
multi s1	48.49	47.83	-0.46	-5.06	-25.65	4.58	0.89
multi s2	28.23	23.33	-4.35	7.96	-0.87	-5.88	-2.90
multi s3	2.85	6.02	2.91	-2.34	-31.85	6.31	1.34
multi s4	21.59	21.67	-0.26	2.54	-14.87	10.08	4.12
multi s5	51.98	32.35	-13.17	21.50	-7.06	12.99	7.71
multi s6	3.08	-3.89	-7.07	13.38	-13.26	10.39	4.43

جدول ۶. ادامه

Table 6. Continued

هیبرید Hybrid	وزن ویژه برگ Specific leaf weight	نمره رنگ برگ Leaf color score	نمره رشد برگ Leaf growth score	طرز قرارگیری برگ Postural leaf	نمره رشد ریشه Root growth score	نسبت طول به عرض ریشه Root length to width ratio
mono s1	-6.62	28.76	-14.22	-59.02	17.96	-12.80
mono s2	-3.90	11.59	-14.22	9.29	7.24	-2.81
mono s3	-1.25	11.59	0.07	9.29	28.69	3.40
mono s4	16.00	20.17	28.66	9.29	17.96	13.42
mono s5	18.96	20.17	28.66	-18.03	50.13	2.22
mono s6	-4.73	11.59	-14.22	-18.03	17.96	16.32
multi s1	-6.02	28.76	-14.22	-31.69	7.24	7.68
multi s2	-9.27	-74.25	-14.22	-4.37	7.24	3.34
multi s3	-3.44	20.17	-14.22	-18.03	-14.21	11.05
multi s4	7.91	20.17	14.37	-18.03	7.24	7.18
multi s5	24.63	20.17	28.66	-45.36	50.13	-2.34
multi s6	11.24	20.17	14.37	-31.69	17.96	15.70

جدول ۷- ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند تحت تنش رطوبتی

Table 7. Correlation coefficients of studied traits in different genotypes of sugar beet under water stress

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1 عملکرد ریشه Root yield	-												
2 عملکرد قند ناخالص Gross sugar yield	0.96**	-											
3 درصد قند Sugar content	-0.29*	-0.02 ^{ns}	-										
4 تعداد برگ Leaf number	-0.31*	-0.38**	-0.17 ^{ns}	-									
اختلاف دمای برگ و محیط Temperature difference between leaf and air	-0.11 ^{ns}	-0.17 ^{ns}	-0.16 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	-								
6 شاخص شادابی Succulence index	0.19 ^{ns}	0.17 ^{ns}	-0.05 ^{ns}	0.14 ^{ns}	-0.13 ^{ns}	-							
7 محتوی آب نسبی برگ Leaf relative water content	0.28 ^{ns}	0.24 ^{ns}	-0.15 ^{ns}	0.11 ^{ns}	-0.05 ^{ns}	0.95**	-						
8 وزن ویژه برگ Specific leaf weight	0.27 ^{ns}	0.20 ^{ns}	-0.23 ^{ns}	0.08 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	0.85**	0.94**	-					
9 نمره رنگ برگ Leaf color score	0.17 ^{ns}	0.20 ^{ns}	0.10 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	-0.17 ^{ns}	0.58**	0.47**	0.33*	-				
10 نمره رشد برگ Leaf growth score	0.24 ^{ns}	0.21 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.71**	0.79**	0.88**	0.26 ^{ns}	-			
11 طرز قرار گیری برگ Postural leaf	-0.42**	-0.38**	0.20 ^{ns}	0.20 ^{ns}	0.12 ^{ns}	-0.06 ^{ns}	-0.05 ^{ns}	-0.08 ^{ns}	-0.37*	-0.07 ^{ns}	-		
12 نمره رشد ریشه Root growth score	0.54**	0.46**	-0.39**	0.14 ^{ns}	-0.09 ^{ns}	0.26 ^{ns}	0.36**	0.38*	0.20 ^{ns}	0.32*	-0.37*	-	
نسبت طول به عرض ریشه Root length to width ratio	0.09 ^{ns}	0.10 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	0.16 ^{ns}	-0.18 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.01 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	0.11 ^{ns}	-0.09 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.19 ^{ns}	-

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, *and**: None significant and significant at 5 and 1%, Respectively.

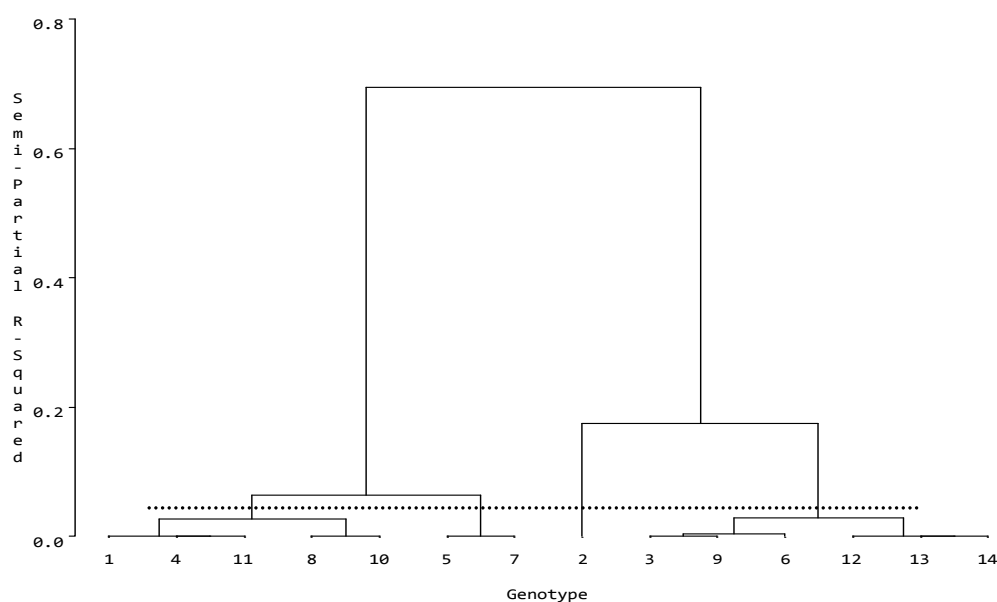
می‌تواند به‌عنوان یک شاخص جهت برآورد عملکرد شکر مورد توجه قرار گیرد.

نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای (شکل ۱) در ارتباط با میانگین صفت عملکرد قند ناخالص نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد بررسی در سه گروه عمده قرار گرفتند. گروه اول (متحمل به خشکی) که دارای بیشترین عملکرد قند ناخالص بود، هفت ژنوتیپ (mono s1, mono s4, mono s5) بود. گروه دوم (نیمه متحمل به خشکی)، شش ژنوتیپ (multi s1, multi s2, multi s3, multi s4 و multi s5) را دربر گرفت. گروه سوم (حساس به خشکی) که دارای

در چغندر قند همبستگی بین صفات کمی و کیفی در منابع متعددی مورد بررسی قرار گرفته است. لازم به ذکر است که تحت شرایط تنش‌های زیستی و غیر زیستی با توجه به شدت تنش، نوع روابط متغیر خواهد بود (Cooke and Scott, 1993). فاتح و همکاران (Fateh et al., 2004) با بررسی تأثیر تنش خشکی مداوم بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی چغندر قند نشان دادند که در شرایط تنش بین عملکرد ریشه و عملکرد شکر در برداشت نهایی همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. آن‌ها گزارش کردند که عملکرد ریشه در اوایل دوره رشد تحت شرایط نرمال و خشکی

میزان اثرات مستقیم بر روی عملکرد ریشه بوده و انتخاب از طریق این صفت برای افزایش عملکرد ریشه می‌تواند مؤثر باشد. رجبی و همکاران (Rajabi et al., 2002) در ارزیابی تنوع ژنتیکی در توده‌های چغندر قند برای صفات زراعی و کیفی محصول در تجزیه کلاستر نشان دادند که تعدادی از ژنوتیپ‌ها از حیث صفات مؤثر در عملکرد ریشه، مقادیر بالاتری را به خود اختصاص دادند. آن‌ها نشان دادند که از ژنوتیپ‌های این کلاستر می‌توان در برنامه‌های دورگ‌گیری استفاده کرد.

کمترین عملکرد قند ناخالص بودند، یک ژنوتیپ (mono s2) را در خود جای دادند (شکل ۱). در کل، از ژنوتیپ‌های گروه اول برای ادامه برنامه‌های اصلاحی برای مقاومت به خشکی می‌توان بهره برد. در این تحقیق، با توجه به دندروگرام حاصله می‌توان ژنوتیپ‌ها را برای صفت عملکرد قند ناخالص در چهار گروه عمده قرار داد (شکل ۱). شریفی (Sharifi, 2003) با ارزیابی عملکرد ریشه و اجزای آن در چغندر قند در شرایط تنش خشکی نشان داد که از بین صفات مورد مطالعه، عملکرد قند ناخالص دارای بیشترین



شکل ۱. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای برای ۱۴ ژنوتیپ چغندر قند بر مبنای عملکرد قند ناخالص با روش Ward

Figure 1. Dendrogram of cluster analysis for 14 sugar beet genotypes based on gross sugar yield using Ward method

Code کد	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ژنوتیپ	mono s1	mono s2	mono s3	mono s4	mono s5	mono s6	multi s1	multi s2	multi s3	multi s4	multi s5	multi s6	pars	Motahar
Genotype														

اساس میانگین صفات، پنج عامل را مشخص کرد که مجموعاً ۹۱/۳ درصد از تنوع موجود بین داده‌ها را توجیه نمودند. عامل اول ۳۰/۹ درصد از تغییرات را توجیه کرد و دارای بزرگ‌ترین ضریب‌های عاملی بر روی صفاتی نظیر شاخص شادابی، محتوی آب نسبی برگ، وزن ویژه برگ و نمره رشد برگ است. در عامل دوم صفات عملکرد ریشه و عملکرد قند ناخالص در جهت مثبت مؤثر هستند که این عامل ۲۰/۳ درصد را توجیه کرد. در عامل سوم صفت درصد قند ریشه

تجزیه به عامل‌ها جهت کاهش تعداد متغیرهای اولیه، توصیف و تشریح تنوع کل موجود در یک جامعه و تبیین سهم صفات در تنوع کل استفاده می‌شود. برای تهیه ماتریس ضرایب عاملی، آن تعداد از عامل‌ها که ریشه مشخصه بزرگ‌تر از یک بود، انتخاب شدند. در هر عامل اصلی، ضرایب عاملی بزرگ‌تر از ۰/۵ به عنوان عامل معنی‌دار در نظر گرفته شد. نتایج تجزیه به عامل‌ها در شرایط تنش خشکی در جدول ۶ نشان داده شده است. تجزیه به عامل‌های اصلی بر

در جهت مثبت و صفات نمره رشد ریشه و تعداد برگ در جهت منفی مؤثر هستند و ۱۶/۱ درصد تغییرات را توجیه کرد. در عامل چهارم صفت طرز قرارگیری برگ در جهت مثبت و صفت نمره رنگ برگ در جهت منفی مؤثر هستند و ۱۲/۴ درصد تغییرات را توجیه کرد. در عامل پنجم که ۱۱/۵ درصد از تغییرات را در برمی‌گیرد، صفت نسبت طول به عرض ریشه در جهت مثبت و صفت اختلاف دمای برگ و محیط در جهت منفی مؤثر هستند (جدول ۸).

جدول ۸. نتایج تجزیه به عامل‌های صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند

Table 8. Results of factor analysis of studied traits in different genotypes of sugar beet

Traits	صفت	عامل یک Factor 1	عامل دو Factor 2	عامل سه Factor 3	عامل چهار Factor 4	عامل پنج Factor 5	میزان اشتراک Communality
Root yield	عملکرد ریشه	0.193	0.915	-0.310	-0.052	0.024	0.974
Gross sugar yield	عملکرد قند ناخالص	0.173	0.949	-0.103	-0.060	0.073	0.950
Sugar content	درصد قند	-0.087	-0.187	0.913	-0.050	0.139	0.898
Leaf number	تعداد برگ	0.075	-0.652	-0.606	0.033	0.325	0.904
Temperature difference between leaf and air	اختلاف دمای برگ و محیط	0.075	-0.131	-0.153	0.594	-0.671	0.849
Succulence index	شاخص شادابی	0.896	0.005	-0.050	-0.337	0.192	0.956
Leaf relative water content	محتوی آب نسبی برگ	0.953	0.097	-0.133	-0.204	0.103	0.988
Specific leaf weight	وزن ویژه برگ	0.959	0.100	-0.166	-0.019	0.002	0.958
Leaf color score	نمره رنگ برگ	0.428	-0.011	0.087	-0.837	0.025	0.892
Leaf growth score	نمره رشد برگ	0.948	0.157	-0.135	0.112	0.002	0.955
Postural leaf	طرز قرارگیری برگ	0.073	-0.546	0.278	0.601	0.245	0.802
Root growth score	نمره رشد ریشه	0.417	0.285	-0.782	-0.047	-0.153	0.892
Root length to width ratio	نسبت طول به عرض ریشه	0.191	-0.075	0.083	0.103	0.888	0.848
Value of variance	میزان واریانس	4.016	2.644	2.099	1.606	1.500	11.866
Variance (%)	درصد واریانس	0.309	0.203	0.161	0.124	0.115	0.913

توانسته‌اند تغییرات صفات را به نحو مطلوبی توجیه نمایند. به هر صورت با توجه به عامل اشتراک، صفات محتوی آب نسبی برگ و طرز قرارگیری برگ دارای بیشترین و کمترین دقت برآورد بوده‌اند؛ بنابراین از تجزیه به عامل‌ها برای کاهش داده‌ها، شناسایی اجزای اصلی عملکرد، گروه‌بندی صفات بر پایه روابط داخلی میان آن‌ها و بررسی گوناگونی ژنتیکی

میزان اشتراک بخشی از واریانس یک متغیر است که به عامل‌های مشترک مربوط می‌شود که هر چه بیشتر باشد نشان‌دهنده دقت بیشتر در برآورد واریانس متغیر مربوطه است. همان‌طوری که در جدول ۸ ملاحظه می‌شود میزان اشتراک اکثر صفات بالاست. این امر نشان می‌دهد که تعداد عامل مورد انتخاب مناسب بوده و عامل‌های منتخب

فیزیولوژیکی وجود دارد. ارقام شاهد چغندرقد (Motahar و Pars) از نظر اکثر صفات مورد مطالعه نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتری نشان ندادند و دارای مقادیر متوسط از نظر صفات مورد بررسی بودند. ژنوتیپ multi s5 نیز از نظر اکثر صفات مورد بررسی نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتری نشان داد و به عبارتی دارای پتانسیل تحمل به تنش خشکی بالایی است.

استفاده می‌گردد. عبداللهیان نوغابی و همکاران (Abdollahian Noghabi et al., 2011) نیز با انجام تجزیه به عامل‌ها، مشخص نمودند که عامل‌های اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم ۸۲/۰۸ در صد از تغییرات کل واریانس را توجیه می‌نماید. به‌طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که در بین ژنوتیپ‌های تست کراس چغندرقد با توجه به پتانسیل تحمل به تنش خشکی در آن‌ها، تنوع قابل ملاحظه‌ای برای صفات عملکردی، مورفولوژیکی و

منابع

- Abbasi, Z., Arzani, A., Majidi, M.M., 2014. Evaluation of genetic diversity of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) crossing parents using agro - morphological traits and molecular markers. *Journal of Agricultural Science and Technology* 16(6), 1397-1411.
- Abdollahian Noghabi, M., Radaei-al-amoli, Z., Akbari, G.A., Sadat Nuri, S.A., 2011. Effect of sever water stress on morphological, quantitative and qualitative characteristics of 20 sugar beet genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 42(3), 453-464. [In Persian with English Summary].
- Abdollahian Noghabi, M., Sheikholeslami, R. Babaei, B., 2005. Technical terms of sugar beet yield and quality. *Journal of Sugar Beet*. 21(1), 101-104. [In Persian].
- Ahmadi, M., 2012. Study on characteristics related to drought tolerance in improved sugar beet population. PhD Thesis, College of Agriculture, Islamic Azad University of Science and Research of Tehran. [In Persian with English Summary].
- Ahmadi, M., Majidi Heravan, E., Sadeghian, S.Y., Mesbah, M., Darvish, F., 2011. Drought Tolerance Variability in S1 Pollinator Lines Developed from a Sugar Beet Open Population. *Euphytica*. 178, 339-349.
- Barrs, H.D., and Weatherly, P.E., 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Australian Journal of Biological Sciences*. 15, 413-428.
- Bloch, D., Hoffmann, C.M., Marlander, B. 2006. Impact of water supply on growth, photosynthesis, water use and carbon isotope discrimination of sugar beet in relation to genotypic variability. *European Journal of Agronomy*. 24, 218-225.
- Bray, E.A., 1996. Plant response to water deficient. *Trends Plant Science*. 2, 48-54.
- Cooke, D.A., Scott, R.K., 1993. *The Sugar Beet Crop*, Chapman and Hall Pub.
- Edmeades, G.O., Copper, M., Lafitte, R., Zinselmeier, C., Ribaut, M., Habben, E., Loffer, C., Banziger, M., 2001. Abiotic stress and staple crops. *Proceedings of the Third International Crop Science Congress, Hamburg, Germany, August 18-23, 2000*. CABI.
- Falconer, D.S., Mackay, T.E.C., 1996. *Introduction to quantitative genetics*. Ronald press. New York.
- Farshadfar, E., 1997. *Application of Quantitative Genetics in Plant Breeding*. Razi University Press, Iran. 381 p. [In Persian].
- Farsi, M., Bagheri, A., 2012. *Principles of Plant Breeding*. Jahad Daneshgahi of Mashhad. 368 p. [In Persian].
- Fateh, M., Abdollahian Noghabi, M., Mesbah, M., 2004. Effect of contiouesly drought stress on physiological traits of suger beet in Karaj. 8th Iranian Agronomy and Plant Breeding Congeres. 23-25 Agust. Karaj. Iran. [In Persian].
- Ghafari, E., Rajabi, A., Izadi Darbandi, A., Rozbeh, F., Amiri, R., 2016. Evaluation of new sugar beet monogerm hybrids for drought tolerance. *Journal of Crop Breeding*. 8(17), 8-16. [In Persian with English Summary].
- Hekamat Shoar, H., 1992. *Plant physiology in difficult situation*. Tabriz University Press. [In Persian with English Summary].

- Idso, S.B., Reginato, R.J., Radin, J.W., 1982. Leaf diffusion resistance and photosynthesis in cotton related to a foliage temperature based plant water stress index. *Agricultural Meteorology*. 27, 27-34.
- Mirzaei, M.Z., Rezvani, M., Gohari, J., 2005. Effect of drought stress in different growth stages on yield and some physiological properties of sugar beet. *Journal of Sugar Beet*. 21(1), 1-14. [In Persian with English Summary].
- Mohamadian, R., 2001. Determinate of effective physiological indices on drought resistant on sugar beet. Ph.D. Thesis of Agronomy. Tabriz University. [In Persian with English Summary].
- Mohammadian, R., Khoyi, F.R., Rahimian, H., Moghaddam, M., Ghasemi Golezani, K., Sadeghian, S.Y., 2001. The effect of early season drought on stomata conductance. Leaf-air temperature difference and prolin accumulation in sugar beet genotypes. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 3, 181-193.
- Mohammadian, R., Rahimian, H., Moghaddam, M., Sadeghian, S.Y., 2003a. The effect of early season drought on chlorophyll a fluorescence in sugar beet (*Beta vulgaris*). *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 6, 1763-1769.
- Mohammadian, R., Sadeghian, S.Y., Moghaddam, M., Rahimian, H., 2003b. Evaluation of drought tolerance indices in determining sugar beet genotypes under early season drought conditions. *Journal of Sugar Beet*. 18, 29-51. [In Persian with English Summary].
- Ober, E.S., Luterbacher, M.C., 2002. Genetic variation for drought tolerance in *Beta vulgaris*. *Annals of Botany*. 89, 917-924.
- Ober, E.S., Bloa, M.L., Clark, C.J.A., Royal, A., Jaggard, K.W., Pidgeon, J.D., 2005. Evaluation of physiological traits as indirect selection criteria for drought tolerance in sugar beet. *Field Crops Research*. 91: 231-249.
- Orazizadeh, M., Rajabi, A., Ahmadi, M., 2016. Selection of drought-tolerant half-sib families in sugar beet. *Journal of Sugar Beet Research*. 32(1), 1-12. [In Persian with English Summary].
- Rajabi, A., Moghaddam, M., Rahimzadeh, F., Mesbah, M., Ranji, Z., 2002. Evaluation of genetic diversity in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) populations for agronomic traits and crop quality. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*. 33(3), 553-567. [In Persian with English Summary].
- Richards, R.A., Condon, A.G., Rebetzke, G.J., 2001. Traits to improve yield in dry environments. In: Reynolds, M.P., Ortizmonasterio, J.I. McNab, A. (Eds.), *Application of Physiology in Wheat Breeding*, CIMMYT, Mexico, D.E., pp. 88-100.
- Romano, A., Sorgonà, A., Lupini, A., Araniti, F., Stevanato, P., Cacco, P., Abenavoli M.R., 2013. Morpho-physiological responses of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) genotypes to drought stress. *Acta Physiologiae Plantarum*. 35, 853-865.
- Sadeghian, S.Y., Fazli, H., Mohammadian, R., Taleghani, D.E., Mesbah, M., 2000. Genetic variation for drought stress in sugar beet. *Journal of Sugar Beet Research*. 37, 55-77. [In Persian with English Summary].
- Sadeghzadeh Hemayati, S., and Fasahat, P. 2016. Evaluation of drought tolerance indices and their correlation in sugar beet lines. *Journal of Sugar Beet*. 32(1),13-27. [In Persian with English Summary].
- Shahbazi, H.A., Aghaei Zadeh, M., Sadeghian, S.Y., Ahmadi, M., Soltani, J., Ghaemi, A.R., Ashraf Mansouri, G.R., Bazrafshan, M., Hasani, M., Fotouhi, K., Pedram, A., Ourazi Zadeh, M.R., Fathi, M.R., Wahedi, S., Sadeghzadeh Hemayati, S., Babaei, B., Kakoeinejad, M., 2015. Motahar, sugar beet multi germ cultivar of rhizomania-resistant. *Electronic Journal of Research Findings to Improve Crop Production*. 1(1), 73-84. [In Persian].
- Sharifi, M., 2003. Investigation on correlation of drought tolerance physiological indexes with qualitative and quantitative of ten new suger beet genotypes. M.Sc. Thesis in Crop Breeding. Shiraz University, Iran. [In Persian with English Summary].