دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

ارزیابی تنوع ژنتیکی لینه‌های نیمه‌خواهری چغندرقند تحت تنش رطوبتی مزرعه

حسن حمیدی[۱]، مسعود احمدی[۲]، سیده ساناز رمضان‌پور[۳]، علی معصومی[۴] و 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- عضو هیأت علمی بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران (نویسنده مسوول: ahmadi50_masoud@yahoo.com)
۳- عضو هیأت علمی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۴ و ۵- بترتیب عضو هیأت علمی و دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه پیام نور مشهد
تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۶/۶/۱۹

چکیده

این آزمایش به‌منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی لینه‌های نیمه‌خواهری چغندرقند (۴۸ لاین و یک رقم شاهد) تحت تنش رطوبتی مزرعه (۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) در مرکز تحقیقات و آموزش 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، 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، تعداد ریشه در هر ردیف و نسبت طول به عرض ریشه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که از نظر کلیه صفات مورد مطالعه بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. در این تحقیق، عملکرد ریشه، همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد قند ناخالص، نمره رنگ برگ و نمره رشد ریشه داشت درحالی‌که بین عملکرد ریشه و صفات تعداد برگ و نسبت طول به عرض ریشه همبستگی منفی و معنی‌داری مشاهده گردید. با توجه به دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر می‌توان ژنوتیپ‌ها را برای صفت عملکرد قند ناخالص در چهار گروه عمده قرار داد. تجزیه به عامل‌ها منجر به شناسایی چهار عامل گردید که در مجموع ۷۳/۲ درصد تغییرات کل را توجیه کردند. ژنوتیپ hf4 s1 از نظر صفات عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و نمره رنگ برگ نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتری نشان داد و به عبارتی دارای پتانسیل تحمل به تنش خشکی بالایی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: خشکی، ژنوتیپ، عملکرد ریشه، عملکرد قند

مقدمه

کمبود آب یکی از عوامل محدود کننده مهم تولید چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد بنابراین برنامه‌های اصلاحی بایستی به‌طور قطع در جهت توسعه ارقام متحمل به خشکی باشد (۲۲). چغندرقند جزء گیاهان متحمل به تنش کم آبی گزارش شده است و نسبت به سایر گیاهان نیز حساسیت کمتری به تنش رطوبتی دارد (۷). این امر ممکن است به دلیل داشتن ویژگی هایی همچون دوره رشد طولانی، عدم وجود یک دوره زایشی در سال اول، سیستم ریشه‌ای عمیق و توانایی تنظیم اسمزی، همراه با به کارگیری سایر مکانیسم‌ها باشد (۱۱). مرحله اول رشد چغندرقند حساس‌ترین مرحله است که اگر مقدارآب قابل دسترس خاک طی این مرحله کاهش یابد، افت شدید عملکرد ریشه و قند قابل استحصال را به دنبال خواهد داشت (۹). کارآیی روش انتخاب برای تحمل به خشکی نیازمند تنوع ژنتیکی لازم، به کارگیری معیارهای مناسب مدیریت محیط‌های تنش، شرایط دقیق و استفاده از طرح‌ها و تکنیک‌های آماری پیشرفته برای تجزیه و تحلیل داده‌هایی است که در شرایط تنش ثبت می‌شوند (۴). انتخاب برای تحمل به خشکی در شرایطی که شدت، زمان و فراوانی تنش خشکی مدیریت شود، اغلب باعث کاهش عملکرد بیشتری در اثر سازگاری گیاهان به محیط نسبت به شرایط بدون تنش می‌گردد. انواع مختلفی از خشکی در مزارع وجود داشته و بررسی خصوصیات رژیم‌های خشکی غالب در هر منطقه برای تعیین صفات مناسب و ارقام سازگار ضروری است. انواع خشکی می‌توانند از طریق شدت و دوره خشکی در رابطه با طول دوره رشد گیاه تعیین شوند. نوع خشکی، زمان شروع خشکی (خشکی آخر فصل، خشکی در مراحل اولیه رویشی و خشکی حد واسط) و شدت خشکی در تعیین صفات گیاهی خاص برای اصلاح تحمل به خشکی مؤثر می‌باشند (۱۲). تنش خشکی در مراحل مختلف رشد فیزیولوژیکی چغندرقند در همدان نشان داد که قطع آب آبیاری بیش از یک بار در مراحل مختلف رشد باعث کاهش عملکرد ریشه و قند چغندرقند می‌شود. میزان تأثیر تنش خشکی بستگی به زمان و شدت تنش دارد و کاهش عملکرد ریشه و قند ناشی از تنش در دوره رشد ریشه و ذخیره‌سازی قند بیشتر است (۱۳).

محمدیان و همکاران (۱۷) شاخص‌های تحمل به خشکی را در تشخیص ژنوتیپ‌های چغندرقند تحت شرایط تنش خشکی اوایل فصل رشد مورد ارزیابی قرار دادند. آنها گزارش کردند که اگر در برنامه به‌نژادی هدف غربال ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش باشد، علاوه بر نسبت عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش بهتر است عملکرد نهایی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش نیز در نظر گرفته شود.

احمدی (۲) با مطالعه و ارزیابی خصوصیات مرتبط با تحمل به خشکی در توده در حال تفرق چغندرقند نشان داد که در بین تک بوته‌های توده BP Mashhad با توجه به پتانسیل تحمل به تنش خشکی در آن، تنوع قابل ملاحظه‌ای برای صفات عملکردی، برخی از صفات کیفی، مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و شاخص‌های تحمل به خشکی وجود دارد. وزان (۲۶) در بررسی ژنوتیپ‌های چغندرقند در دو شرایط تنش

رطوبتی و معمولی گزارش کرد که مقدار RWC در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش ۲۰٪ کاهش می‌یابد. تسودا و هاچینس (۲۵) با بررسی امکان انتخاب غیر مستقیم برای وزن ریشه و عیار قند چغندرقند از طریق سایر صفات مورفولوژیکی نشان دادند که بین وزن ریشه و عیار قند همبستگی منفی و بین عرض برگ و وزن ریشه همبستگی مثبت وجود داشت ولی با عیار قند همبستگی منفی وجود داشت. محمدیان و همکاران (۱۵) تفاوت‌های معنی‌داری را بین ژنوتیپ‌های چغندرقند از لحاظ دمای برگ تحت شرایط تنش گزارش دادند. دمای برگ تحت شرایط عدم تنش همیشه کمتر از شرایط تنش بود. رومانو و همکاران (۲۱) بیان کردند که تنوع ژنتیکی زیادی بین ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند از نظر شاخص‌های مورفو-فیزیولوژیکی تحت شرایط تنش خشکی متوسط و شدید وجود دارد. عبداللهیان نوقابی و همکاران (۱) با بررسی تأثیر تنش خشکی شدید پس از استقرار بوته روی خصوصیات مورفولوژیکی، کمی و کیفی ۲۰ ژنوتیپ چغندرقند در کرج نشان دادند که بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد ریشه، عملکرد شکر و درصد قند تفاوت بسیار معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. نتایج تجزیه به عامل‌ها مشخص نمود که عوامل اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم ۸۲/۰۸ درصد از تغییرات کل واریانس را توجیه می‌نماید. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای نیز این ۲۰ ژنوتیپ را در چهار گروه قرار داد. در استان خراسان رضوی اکثر کشاورزان به دلیل مصادف شدن زراعت چغندرقند با غلات و همچنین به علت وجود خشک‌سالی، از آبیاری زراعت چغندرقند پس از سبز شدن بذور و استقرار گیاه در مزرعه خودداری کرده و منابع آبی را به غلات اختصاص می‌دهند. لذا گیاه چغندرقند در طی این مدت تحت تنش رطوبتی قرار دارد. در این تحقیق، تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند از نظر تحمل به خشکی در اوایل فصل رشد در شرایط آب و هوایی منطقه مشهد مورد ارزیابی قرار گرفته و بهترین ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به خشکی شناسایی می‌گردد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی مشهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از ۴۹ ژنوتیپ شامل ۴۸ لینه نیمه خواهری (Half sib) (جدول ۴) به همراه رقم شاهد رخ در سه تکرار انجام شد. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از توده اصلاحی متحمل به خشکی (BP-Mashhad) تهیه شده از توده ژرم پلاسم مؤسسه تحقیقات بذر چغندر قند حاصل شده‌اند. در این تحقیق ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در اوایل فصل رشد در معرض تنش رطوبتی (۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) در شرایط آب و هوایی مشهد قرار گرفتند. بر اساس آزمون خاک، بافت خاک مزرعه آزمایشی، لومی با pH معادل ۸ و میزان ماده آلی ۰/۵ درصد بود. ایستگاه تحقیقات کشاورزی 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. میانگین‌های دراز مدت دمای روزانه ۱۴/۱، حداقل دمای مطلق ۷/۱ و حداکثر مطلق ۲۱/۱ درجه سانتیگراد با میانگین بارش ۲۵۰ میلیمتر در سال می باشد. در مرحله ۶-۴ برگی به منظور ایجاد تراکم ۱۰۰ هزار بوته در هکتار، گیاهچه‌های سبز شده تنک شدند. آبیاری (بر اساس عرف مزرعه)، کوددهی (بر اساس آزمون خاک)، کنترل شیمیایی آفات و بیماری‌های (بر اساس بازدیدهای منظم) و وجین دستی علف‌های هرز به گونه‌ای انجام شد تا مزرعه عاری از هرگونه تنش کمبود عناصر غذایی و خسارت عوامل زنده محیطی باشد. در این آزمایش برخی از صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی چغندرقند 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. با توجه به وضعیت قرارگیری برگ‌ها در سه گروه ایستاده، حد واسط وافقی به هر یک به ترتیب نمرات ۱ تا ۳ اختصاص یافت. وضعیت رشدی برگ گیاهان در هر کرت بر اساس مقیاس ۵-۱ نمره‌دهی شد. به این صورت که کرت‌های با گیاهان دارای رشد مطلوب عدد ۵ و رشد کم عدد ۱ اختصاص داده شد. رنگ برگ‌های هر لاین بر اساس مقیاس ۵-۱ نمره‌دهی 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. اندازه‌گیری دمای برگ توسط ترمومتر مادون قرمز قابل حمل با گسیلندگی ۰/۹۴ بین ساعات ۱۵- ۱۱ روی ۱۰ برگ وسط ۱۰ بوته نماینده انجام گرفت. در زمان اندازه‌گیری دمای برگ، درجه حرارت محیط از واحد هواسنجی مستقر در ایستگاه وتفاوت دمای محیط و دمای برگ به‌عنوان شاخص خشکی برگ در زمان تنش منظور شد. محتوی آب نسبی برگ (RWC) با استفاده از رابطه $RWC= (FW - DW)/(TW- DW) \times 100$ بدست آمد (۵). وزن ویژه برگ (SLW) از فرمول، $SLW = DW /$ (مجموع سطح برگ دیسک‌ها) و شاخص شادابی (SUCI) از فرمول، $SUCI= (DW - FW /$ (مجموع سطح برگ دیسک‌ها) محاسبه شد. در این محاسبات FW وزن تر برگ، DW وزن خشک برگ و TW وزن برگ آماس کرده می‌باشد. جهت اندازه‌گیری درصد قند ریشه، از میان هر ردیف ۳ ریشه به تصادف انتخاب و با استفاده از دستگاه رفرکتومتر میزان قند موجود در هر ریشه اندازه‌گیری و ثبت شد. سپس درصد قند و عملکرد قند ناخالص (عملکرد شکر) با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد.

درصد قند = (عدد قرائت شده − 2.73) / 1.03

عملکرد شکر = درصد قند × عملکرد ریشه

وضعیت رشدی ریشه گیاهان در هر کرت بر اساس مقیاس ۵-۱ نمره‌دهی شد. به این صورت که کرت‌های با گیاهان دارای رشد ریشه مطلوب عدد ۵ و رشد کم عدد ۱ اختصاص داده شد. تجزیه به عامل‌ها به‌منظور 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 بدست آمده با روش وریماکس دوران داده شدند. پس از نمونه برداری و ثبت اطلاعات در برنامه Excel نسبت به تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS

9.1 اقدام شد. با استفاده از ضرایب همبستگی بین صفات روابط آنها با یکدیگر مقایسه شد. به‌منظور گروه‌بندی مواد آزمایشی از تجزیه کلاستر به روش Ward استفاده شد. برای مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد استفاده شد. تجزیه به عامل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab نسخه ۱۵ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که برای کلیه صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. تفاوت‌های بسیار معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها بیانگر این موضوع است که در شرایط تنش خشکی در بین لاین‌ها تنوع ژنتیکی وجود دارد. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان داد که بیشترین عملکرد ریشه (۸۳/۵۰ تن در هکتار)، عملکرد قند ناخالص (۱۷/۱۲ تن در هکتار) و نمره رنگ برگ (۵) در لاین hf4 s1 مشاهده شد. بیشترین شاخص شادابی (۳۰/۲۵ میلی‌گرم در سانتی‌متر مربع)، درصد قند ریشه (۲۴/۲۳ درصد)، تعداد برگ (۲۹/۶۷)، اختلاف دمای محیط و برگ (۲/۶۵ درجه سانتی‌گراد) و نسبت طول به عرض ریشه (۵/۶۹) به ترتیب در لاین‌های hf7 s5، hf6 s1، hf5 s1، hf1 s3 و hf6 s6 وجود داشت. علاوه براین بالاترین نمره رشد ریشه (۴/۶۷)، محتوی آب نسبی برگ (۸۴/۶۷ درصد) و وزن ویژه برگ (۵/۶۵ میلی‌گرم در سانتی‌متر مربع) در لاین hf2 s2 مشاهده گردید. لازم به ذکر است که لاین hf6 s3 دارای کمترین درصد قند ریشه (۱۷/۷۹ درصد) در بین کلیه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بود. در این تحقیق، رقم شاهد چغندر قند (رخ) از نظر کلیه صفات مورد مطالعه نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتری نشان نداد و دارای مقادیر متوسط از نظر صفات مورد بررسی بود (جدول ۲). 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 رطوبتی مزرعه در بین لاین‌های حاصل از یک جمعیت آزاد گرده افشان تنوع ژنتیکی وجود دارد و می‌توان 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 می تواند مورد استفاده قرار گیرد. در همین راستا نتایج تحقیقات انجام شده نشان داده است که تنوع ژنتیکی لازم در بین ژنوتیپ‌های چغندرقند برای تحمل به خشکی وجود دارد (۳، ۱۵، ۱۶، ۱۹ و ۲۳). تنوع ژنتیکی برای تحمل به خشکی یک پیش شرط لازم برای توسعه ارقام متحمل‌تر به تنش خشکی است. ارقام تجارتی چغندرقند به نظر می‌رسد که واکنش‌های مشابهی از نظر عملکرد نسبت به خشکی داشته باشند (۱۸). 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 چغندرقند احتمالاً کمک خواهد کرد تا تفاوت‌های مواد ژنتیکی در عملکرد و همچنین ارتباط صفات فیزیولوژیکی با آن تعیین شده و در گزینش برای تحمل به خشکی مورد استفاده قرار گیرد (۶).

جدول ۱- میانگین مربعات صفات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند در شرایط تنش رطوبتی مزرعه

Table 1. Mean squares of quantitative and qualitative traits of different sugar beet genotypes under farm water stress condition

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد ریشه	عملکرد قند ناخالص	درصد قند ریشه	تعداد برگ	اختلاف دمای برگ و محیط	شاخص شادابی	محتوی آب نسبی برگ
بلوک	۲	۲۸/۶۳۸^{ns}	۰/۷۸۵^{ns}	۱/۱۹۶^{ns}	۱/۷۹۳^{ns}	۰/۴۳۸^{ns}	۰/۶۴۵۸^{ns}	۲/۵۹۷^{ns}
ژنوتیپ	۴۸	۵۷۳/۶۵۱**	۲۶/۱۵۲**	۳/۲۰۳**	۳۲/۲۹۳**	۰/۴۳۳**	۹/۸۰۹**	۴۲/۰۲۰**
خطای آزمایش	۹۶	۲۳/۸۱۲	۱/۱۳۹	۰/۷۸۷	۰/۸۹۳	۰/۱۴۷	۰/۵۲۹	۱/۴۱۶
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۹۲	۱۱/۳۰	۴/۲۰	۴/۰۷	۲۲/۶۲	۲/۶۵	۱/۵۳

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ ، ns: غیرمعنی‌دار

ادامه جدول ۱-

Continued table 1.

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد ریشه	وزن ویژه برگ	نمره رنگ برگ	نمره رشد برگ	طرز قرارگیری برگ	نمره رشد ریشه	نسبت طول به عرض ریشه
بلوک	۲	۲۸/۶۳۸^{ns}	۰/۰۷۱^{ns}	۰/۰۹۴^{ns}	۰/۰۲۳^{ns}	۰/۵۴۹^{ns}	۲/۳۵۳**	۰/۰۴۴ ns
ژنوتیپ	۴۸	۵۷۳/۶۵۱**	۰/۵۹۴**	۴/۳۶۹**	۰/۸۸۸**	۰/۷۶۴**	۱/۴۶۲**	۰/۹۴۴ **
خطای آزمایش	۹۶	۲۳/۸۱۲	۰/۰۳۰	۰/۰۸۹	۰/۰۷۷	۰/۳۷۸	۰/۲۴۱	۰/۱۳۸
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۹۲	۳/۹۲	۶/۷۰	۱۱/۹۳	۲۹/۱۰	۱۶/۵۷	۹/۷۴

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ ، ns: غیرمعنی‌دار

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند در شرایط تنش رطوبتی مزرعه

Table 2. Mean comparison of studied traits of different sugar beet genotypes under farm water stress condition

ژنوتیپ	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	عملکرد قند ناخالص (تن در هکتار)	درصد قند ریشه	تعداد برگ	اختلاف دمای برگ و محیط	شاخص شادابی (میلی‌گرم بر سانتی‌متر مربع)	محتوی آب نسبی برگ (درصد)	وزن ویژه برگ (میلی‌گرم بر سانتی‌متر مربع)	نمره رنگ برگ	نمره رشد برگ	طرز قرار گیری برگ	نمره رشد ریشه	نسبت طول به عرض ریشه
hf1 s1	۲۳/۹۳	۵/۲۰	۲۱/۷۲	۱۹/۵۰	۲/۱۶	۲۸/۹۰	۸۰/۸۶	۵/۰۶	۴/۳۳	۳/۰۰	۳/۰۰	۲/۳۳	۴/۴۷
hf1 s2	۵۵/۱۳	۱۰/۸۵	۱۹/۷۰	۲۰/۲۲	۱/۳۳	۲۵/۸۱	۷۵/۹۰	۴/۴۸	۴/۳۳	۲/۰۰	۲/۶۷	۳/۳۳	۳/۸۵
hf1 s3	۲۶/۰۷	۵/۰۱	۱۹/۱۹	۲۹/۰۰	۲/۶۵	۲۵/۶۹	۷۵/۲۹	۴/۳۸	۵/۰۰	۲/۰۰	۱/۰۰	۴/۰۰	۳/۵۱
hf1 s4	۲۳/۲۳	۴/۶۶	۲۰/۰۶	۱۹/۲۲	۱/۳۳	۲۸/۶۸	۸۰/۱۳	۴/۸۱	۴/۳۳	۲/۶۷	۲/۶۷	۴/۰۰	۴/۹۱
hf1 s5	۲۳/۱۷	۵/۲۶	۲۲/۶۸	۲۳/۰۰	۱/۰۰	۲۵/۸۷	۷۵/۸۲	۴/۴۲	۱/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۳/۵۱
hf1 s6	۴۲/۵۳	۸/۶۴	۲۰/۳۲	۲۱/۷۸	۱/۳۳	۲۸/۷۲	۸۰/۳۹	۴/۸۳	۵/۰۰	۳/۰۰	۱/۶۷	۳/۳۳	۴/۴۶
hf2 s1	۲۳/۷۷	۵/۲۱	۲۱/۸۸	۱۹/۴۴	۱/۶۶	۲۹/۰۴	۸۰/۹۵	۴/۹۵	۵/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۲/۶۷	۳/۶۴
hf2 s2	۶۷/۹۰	۱۵/۵۱	۲۲/۸۱	۱۹/۴۴	۱/۴۱	۳۰/۱۵	۸۴/۷۶	۵/۶۵	۵/۰۰	۳/۰۰	۲/۰۰	۴/۶۷	۳/۵۶
hf2 s3	۶۵/۲۷	۱۳/۵۳	۲۰/۷۵	۲۲/۴۴	۱/۴۷	۲۸/۹۸	۸۱/۱۷	۴/۹۳	۵/۰۰	۳/۰۰	۲/۳۳	۴/۰۰	۳/۳۶
hf2 s4	۴۴/۵۰	۹/۴۱	۲۱/۱۵	۲۰/۱۱	۱/۳۳	۲۸/۰۸	۷۹/۰۸	۴/۶۲	۱/۰۰	۲/۰۰	۳/۰۰	۱/۰۰	۴/۷۳
hf2 s5	۲۲/۸۳	۴/۶۴	۲۰/۳۳	۲۰/۸۹	۱/۳۳	۲۸/۲۲	۷۹/۳۵	۴/۶۴	۱/۰۰	۲/۳۳	۲/۰۰	۱/۶۷	۳/۵۱
hf2 s6	۳۱/۸۰	۷/۱۰	۲۲/۳۲	۲۷/۶۷	۱/۵۱	۲۶/۴۶	۷۷/۱۲	۴/۴۸	۵/۰۰	۲/۰۰	۲/۳۳	۲/۶۷	۴/۵۳
hf3 s1	۶۲/۱۰	۱۳/۳۶	۲۱/۵۱	۱۹/۲۲	۱/۲۲	۲۶/۷۰	۷۷/۶۳	۴/۴۸	۵/۰۰	۲/۰۰	۲/۳۳	۳/۳۳	۳/۴۰
hf3 s2	۳۵/۲۰	۷/۳۱	۲۰/۸۰	۲۳/۶۶	۱/۳۳	۲۸/۱۶	۷۹/۱۲	۴/۶۷	۵/۰۰	۲/۳۳	۲/۳۳	۲/۶۷	۳/۶۲
hf3 s3	۳۵/۷۷	۷/۴۲	۲۰/۷۱	۲۵/۴۴	۱/۶۶	۲۸/۳۷	۷۹/۱۷	۴/۶۶	۵/۰۰	۲/۳۳	۲/۰۰	۲/۶۷	۳/۳۹
hf3 s4	۴۲/۷۷	۸/۸۷	۲۰/۷۲	۱۸/۷۸	۲/۵۵	۲۹/۱۶	۸۱/۴۱	۴/۸۵	۴/۶۷	۳/۰۰	۲/۶۷	۲/۶۷	۴/۴۱
hf3 s5	۴۳/۹۰	۹/۰۱	۲۰/۵۴	۲۰/۳۳	۱/۵۶	۲۸/۷۱	۸۰/۱۸	۴/۶۵	۱/۰۰	۲/۶۷	۱/۶۷	۴/۰۰	۳/۸۳
hf3 s6	۳۳/۲۷	۶/۷۲	۲۰/۲۷	۲۷/۸۹	۲/۱۲	۲۴/۴۷	۷۴/۲۵	۳/۸۹	۴/۶۷	۲/۰۰	۱/۶۷	۲/۳۳	۴/۷۱
hf4 s1	۸۳/۵۰	۱۷/۱۲	۲۰/۵۵	۱۸/۷۷	۲/۲۲	۲۶/۹۵	۷۶/۹۴	۴/۴۲	۵/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۳/۶۷	۳/۶۳
hf4 s2	۶۳/۵۰	۱۳/۲۶	۲۰/۹۲	۲۵/۱۱	۱/۳۳	۲۹/۰۸	۸۱/۵۶	۴/۹۳	۵/۰۰	۳/۰۰	۲/۳۳	۳/۰۰	۲/۸۵
hf4 s3	۶۱/۹۰	۱۲/۶۴	۲۰/۴۳	۲۱/۸۸	۱/۳۳	۲۴/۱۰	۷۳/۶۲	۳/۸۰	۵/۰۰	۲/۰۰	۱/۳۳	۳/۰۰	۳/۵۰
hf4 s4	۳۶/۰۰	۷/۳۶	۲۰/۴۸	۲۶/۱۱	۱/۱۱	۲۵/۶۷	۷۵/۶۷	۳/۹۹	۵/۰۰	۲/۰۰	۲/۳۳	۳/۳۳	۳/۸۷
hf4 s5	۵۲/۸۷	۱۲/۴۳	۲۳/۴۸	۲۸/۰۰	۲/۱۱	۲۸/۸۴	۸۰/۴۸	۴/۶۲	۴/۶۷	۳/۰۰	۲/۳۳	۳/۰۰	۳/۷۵
hf4 s6	۵۵/۴۳	۱۱/۲۲	۲۰/۲۷	۲۸/۴۴	۱/۵۶	۲۴/۵۲	۶۷/۵۳	۳/۵۵	۵/۰۰	۱/۰۰	۱/۳۳	۳/۳۳	۳/۴۲
hf5 s1	۲۶/۹۳	۵/۹۶	۲۲/۳۵	۲۹/۶۷	۱/۵۶	۲۵/۰۰	۶۷/۰۲	۳/۵۴	۵/۰۰	۱/۰۰	۲/۶۷	۱/۶۷	۴/۰۲
hf5 s2	۵۱/۱۷	۱۱/۱۴	۲۱/۶۹	۲۰/۱۱	۱/۶۷	۲۹/۷۱	۸۲/۳۸	۴/۸۷	۵/۰۰	۳/۰۰	۲/۶۷	۳/۳۳	۳/۳۱
hf5 s3	۴۴/۰۳	۹/۶۵	۲۱/۹۱	۲۲/۱۱	۱/۵۶	۲۶/۵۷	۷۶/۶۹	۴/۱۱	۴/۶۷	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۶۷	۴/۰۲

ادامه جدول ۲-

Continued Table 2.

ژنوتیپ	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	عملکرد قند ناخالص (تن در هکتار)	درصد قند ریشه	تعداد برگ	اختلاف دمای برگ و محیط	شاخص شادابی (میلی‌گرم بر سانتی‌متر مربع)	محتوی آب نسبی برگ (درصد)	وزن ویژه برگ (میلی‌گرم بر سانتی‌متر مربع)	نمره رنگ برگ	نمره رشد برگ	طرز قرار گیری برگ	نمره رشد ریشه	نسبت طول به عرض ریشه
hf5 s4	۳۹/۷۳	۸/۳۵	۲۱/۰۳	۲۰/۷۸	۱/۲۲	۲۶/۹۹	۷۷/۳۷	۴/۱۱	۵/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۳/۳۳	۳/۴۴
hf5 s5	۴۶/۸۷	۱۰/۶۳	۲۲/۶۶	۲۰/۴۴	۲/۳۳	۲۸/۳۸	۷۹/۱۲	۴/۳۳	۴/۶۷	۲/۳۳	۲/۰۰	۲/۰۰	۳/۶۷
hf5 s6	۲۹/۴۰	۶/۳۵	۲۱/۶۲	۲۴/۳۳	۱/۶۷	۲۹/۰۱	۸۰/۴۹	۴/۵۸	۵/۰۰	۳/۰۰	۲/۳۳	۳/۳۳	۴/۶۲
hf6 s1	۵۰/۲۳	۱۲/۱۶	۲۴/۲۳	۱۹/۱۱	۱/۹۳	۲۵/۹۲	۷۵/۸۴	۳/۹۷	۵/۰۰	۲/۰۰	۲/۳۳	۳/۰۰	۴/۵۴
hf6 s2	۵۶/۶۰	۱۲/۲۶	۲۱/۶۲	۲۲/۱۱	۱/۴۴	۲۹/۷۳	۸۲/۱۰	۴/۸۳	۵/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۴/۳۱
hf6 s3	۴۵/۷۳	۹/۰۴	۱۷/۷۹	۲۲/۳۳	۱/۶۷	۲۴/۲۵	۷۴/۰۴	۴/۸۵	۵/۰۰	۲/۰۰	۱/۰۰	۲/۶۷	۳/۴۵
hf6 s4	۵۴/۶۷	۱۱/۵۴	۲۰/۹۷	۲۴/۶۷	۲/۲۹	۲۶/۹۴	۷۷/۳۰	۴/۲۳	۵/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۳۳	۴/۲۳
hf6 s5	۳۵/۰۷	۷/۳۶	۲۰/۹۷	۲۵/۵۵	۲/۰۰	۲۹/۳۶	۸۱/۲۷	۴/۶۹	۵/۰۰	۳/۰۰	۱/۶۷	۲/۶۷	۳/۷۴
hf6 s6	۵۷/۸۳	۱۱/۶۷	۲۰/۱۷	۲۹/۲۲	۱/۸۹	۲۹/۱۹	۲۹/۱۹	۴/۴۴	۵/۰۰	۲/۶۷	۱/۶۷	۳/۶۷	۵/۶۹
hf7 s1	۵۹/۱۳	۱۲/۴۶	۲۱/۰۳	۱۸/۸۹	۱/۵۶	۲۸/۸۸	۲۸/۸۸	۴/۴۰	۵/۰۰	۲/۶۷	۲/۰۰	۳/۳۳	۴/۵۴
hf7 s2	۴۸/۹۷	۱۱/۱۵	۲۲/۸۳	۱۹/۴۸	۱/۴۴	۲۹/۵۵	۲۹/۵۵	۴/۶۷	۴/۶۷	۲/۶۷	۲/۳۳	۳/۳۳	۳/۴۰
hf7 s3	۳۸/۰۳	۸/۲۹	۲۱/۸۰	۲۲/۵۵	۲/۰۰	۲۸/۷۰	۲۸/۷۰	۴/۳۶	۵/۰۰	۲/۰۰	۱/۰۰	۳/۳۳	۴/۲۱
hf7 s4	۴۳/۶۰	۹/۰۹	۲۰/۸۱	۲۲/۰۰	۱/۷۸	۲۸/۷۱	۷۹/۱۵	۴/۳۵	۴/۶۷	۲/۳۳	۲/۰۰	۲/۳۳	۴/۱۸
hf7 s5	۳۴/۷۰	۷/۱۷	۲۰/۷۰	۲۴/۲۲	۱/۷۸	۳۰/۲۵	۸۳/۰۶	۵/۱۸	۴/۶۷	۳/۰۰	۲/۳۳	۲/۰۰	۳/۵۱
hf7 s6	۳۸/۴۷	۸/۳۳	۲۱/۶۲	۲۶/۰۰	۱/۵۶	۲۹/۵۶	۸۰/۶۹	۴/۶۱	۵/۰۰	۳/۰۰	۲/۰۰	۳/۰۰	۴/۸۰
hf8 s1	۵۰/۰۰	۱۰/۱۵	۲۰/۳۸	۲۴/۰۰	۲/۰۰	۲۴/۴۰	۷۴/۰۱	۳/۸۵	۵/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۳/۰۰	۳/۵۹
hf8 s2	۵۹/۳۷	۱۲/۴۰	۲۰/۹۶	۲۶/۱۱	۲/۰۰	۲۴/۶۳	۷۴/۷۸	۳/۹۳	۴/۶۷	۲/۰۰	۲/۳۳	۳/۶۷	۳/۴۸
hf8 s3	۴۳/۶۷	۸/۵۴	۱۹/۵۳	۲۵/۱۱	۱/۶۶	۲۶/۶۲	۷۶/۶۹	۴/۰۲	۵/۰۰	۲/۰۰	۱/۳۳	۳/۰۰	۳/۷۷
hf8 s4	۳۰/۶۰	۶/۲۸	۲۰/۵۵	۲۶/۲۲	۱/۵۶	۲۷/۲۸	۷۷/۳۱	۴/۰۸	۱/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۳/۰۰	۴/۰۱
hf8 s5	۵۸/۳۰	۱۱/۸۵	۲۰/۳۸	۲۵/۱۱	۱/۹۳	۲۳/۹۶	۶۷/۲۹	۳/۵۵	۴/۶۷	۱/۰۰	۲/۳۳	۳/۶۷	۳/۴۶
hf8 s6	۳۶/۷۷	۸/۰۹	۲۲/۰۶	۲۸/۱۱	۲/۲۲	۲۷/۱۷	۷۷/۱۳	۴/۰۷	۵/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۳۳	۴/۸۷
رخ	۵۳/۰۳	۱۰/۸۵	۲۰/۵۱	۲۲/۱۵	۱/۷۴	۲۵/۹۹	۷۶/۲۶	۴/۰۰	۳/۵۵	۲/۲۲	۲/۵۵	۲/۸۹	۳/۹۸
میانگین	۴۶/۳۰	۹/۷۰	۲۱/۰۰	۲۴/۳۲	۱/۸۲	۲۷/۵۸	۷۷/۸۲	۴/۲۸	۴/۵۵	۲/۲۹	۱/۹۷	۲/۹۷	۴/۰۹
LSD 0.05	۷/۹۱	۱/۷۳	۱/۴۴	۱/۵۳	۰/۶۲	۱/۱۸	۱/۹۳	۰/۲۸	۰/۴۸	۰/۴۵	۱/۰۰	۰/۸۰	۰/۶۰
LSD 0.01	۱۰/۴۷	۲/۲۹	۱/۹۰	۲/۰۳	۰/۸۲	۱/۵۶	۲/۵۵	۰/۳۷	۰/۶۴	۰/۶۰	۱/۳۲	۱/۰۵	۰/۸۰

ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه در ۴۹ ژنوتیپ چغندرقند در جدول ۳ ارائه شده است. بالاترین همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r=۰/۹۸^{**}$) بین عملکرد ریشه و عملکرد قند ناخالص مشاهده شد. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد ریشه با نمره رنگ برگ ($r=۰/۲۸^{*}$) و نمره رشد ریشه ($r=۰/۳۸^{**}$) وجود داشت. همبستگی منفی و معنی‌داری نیز بین عملکرد ریشه و صفات تعداد برگ ($r=-۰/۲۰^{*}$) و نسبت طول به عرض ریشه ($r=-۰/۲۱^{*}$) مشاهده شد. نسبت طول به عرض ریشه با کلیه صفات به استثنای عملکرد ریشه و قند ناخالص همبستگی معنی‌داری نداشت. بین شاخص شادابی با صفات محتوی آب نسبی برگ ($r=۰/۹۱^{**}$)، وزن ویژه برگ ($r=۰/۸۴^{**}$) و نمره رشد برگ ($r=۰/۷۹^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده شد (جدول ۳). در این تحقیق، عملکرد ریشه به‌عنوان یک صفت مهم در تصمیم-گیری‌ها برای انتخاب لاین‌ها، همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با عملکرد قند ناخالص داشت (جدول ۳). احمدی و همکاران (۳) نیز نشان دادند که عملکرد ریشه همبستگی معنی‌داری با عملکرد قند ناخالص دارد. احمدی (۲) نشان داد که عملکرد ریشه چغندر قند تحت تنش خشکی با نمره رشد ریشه همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد.

در تحقیق حاضر همبستگی منفی و معنی‌داری بین عملکرد ریشه و صفات تعداد برگ و نسبت طول به عرض ریشه وجود داشت به عبارتی با افزایش تعداد برگ و نسبت طول به عرض ریشه، عملکرد ریشه چغندرقند کاهش یافت. وجود تعداد برگ زیاد می‌تواند به‌عنوان یک صفت مؤثر در تحمل به خشکی به شمار آید. در طول دوره تنش خشکی، برگ‌های چغندرقند در معرض دو تنش آب و گرما قرار دارد. با بالا رفتن دمای کانوپی، گیاه از طریق افزایش تعداد برگ، تنظیم آب داخلی را هدایت می‌نماید. به نظر می‌رسد که در گیاه چغندرقند تحت تنش خشکی با افزایش تعداد برگ و از طرفی کاهش سطح برگ (کاهش میزان فتوسنتز) توأم با افزایش طول ریشه، عملکرد ریشه کاهش می‌یابد (۲). با افزایش تعداد برگ نیز محتوی آب نسبی برگ کاهش یافت که نشان‌دهنده وجود همبستگی منفی بین تعداد برگ و محتوی آب نسبی برگ می‌باشد (جدول ۳). در این آزمایش، بین عملکرد ریشه و اختلاف دمای برگ و محیط همبستگی معنی‌داری وجود نداشت که با نتایج تحقیقات محمدیان (۱۴) انطباق داشت. 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 (۸). فاتح و همکاران (۱۰) با بررسی تأثیر تنش خشکی مداوم بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی چغندرقند 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 می‌تواند به‌عنوان یک شاخص جهت برآورد عملکرد شکر مورد توجه قرار گیرد.

جدول ۳- ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند تحت تنش رطوبتی

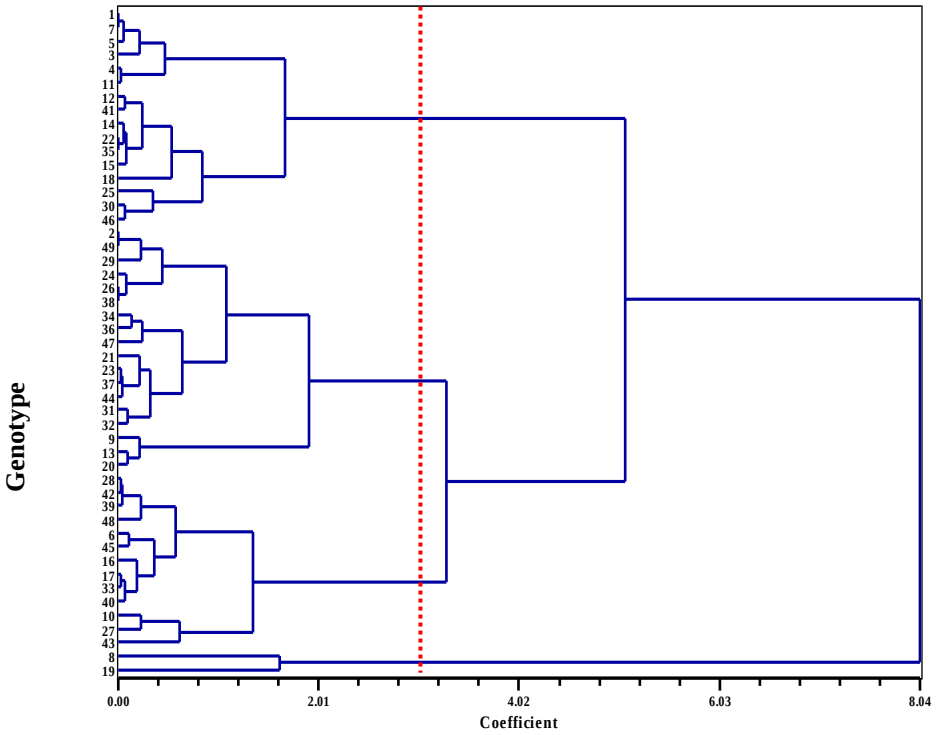
Table 3. Correlation coefficients of studied traits in different genotypes of sugar beet under water stress

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
۱- عملکرد ریشه	-												
۲- عملکرد قند ناخالص	۰/۹۸**	-											
۳- درصد قند ریشه	-۰/۰۳^{ns}	۰/۱۵^{ns}	-										
۴- تعداد برگ	-۰/۲۰*	-۰/۲۳**	۰/۱۳^{ns} -	-									
۵- اختلاف دمای برگ و محیط	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۱۶*	-								
۶- شاخص شادابی	-۰/۰۶^{ns}	-۰/۰۱^{ns}	۰/۲۳**	-۰/۳۰**	-۰/۰۱^{ns}	-							
۷- محتوی آب نسبی برگ	-۰/۰۲^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۱۹*	-۰/۴۰**	-۰/۰۳^{ns}	۰/۹۱**	-						
۸- وزن ویژه برگ	-۰/۰۴^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۱۸*	-۰/۴۰**	-۰/۰۷^{ns}	۰/۸۴**	۰/۸۹**	-					
۹- نمره رنگ برگ	۰/۲۸**	۰/۲۹**	۰/۰۳^{ns}	۰/۱۵^{ns}	۰/۲۲**	۰/۰۱^{ns} -	۰/۰۲^{ns} -	-۰/۰۴^{ns}	-				
۱۰- نمره رشد برگ	-۰/۰۴^{ns}	-۰/۰۱^{ns}	۰/۱۰^{ns}	-۰/۳۰**	-۰/۰۱^{ns}	۰/۷۹**	۰/۸۷**	۰/۷۸**	۰/۰۷^{ns}	-			
۱۱- طرز قرار گیری برگ	-۰/۰۷^{ns}	-۰/۰۴^{ns}	۰/۲۰*	-۰/۲۲**	-۰/۱۹^{ns}	۰/۱۹*	۰/۱۸*	۰/۲۴**	-۰/۰۶^{ns}	۰/۲۱*	-		
۱۲- نمره رشد ریشه	۰/۳۸**	۰/۳۵**	۰/۱۹* -	-۰/۰۸^{ns}	-۰/۰۲^{ns}	۰/۰۴^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۰/۱۱^{ns}	۰/۲۷**	۰/۰۹^{ns}	-۰/۲۲**	-	
۱۳- نسبت طول به عرض ریشه	-۰/۲۱*	-۰/۱۹*	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۰/۱۵^{ns}	۰/۱۲^{ns}	-۰/۰۱^{ns}	-۰/۰۱^{ns}	۰/۱۱^{ns}	۰/۰۷^{ns}	-۰/۰۷^{ns}	-

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ ، ns: غیر معنی‌دار

نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای (شکل ۱) در ارتباط با میانگین صفت عملکرد قند ناخالص نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد بررسی در چهار گروه عمده قرار گرفتند. گروه اول (متحمل به خشکی) که دارای بیشترین عملکرد قند ناخالص بودند، دو ژنوتیپ (لاین‌های hf4 s1 و hf2 s2) را در برگرفت. گروه دوم (نیمه متحمل به خشکی) شامل ۱۸ ژنوتیپ بود که لاین hf1 s2 و رقم شاهد رخ در این گروه قرار داشتند. گروه سوم (نیمه حساس به خشکی) شامل ۱۳ ژنوتیپ بود و لاین‌های hf1 s6 و hf8 s6 در این گروه قرار گرفتند. گروه چهارم (حساس به خشکی) که دارای کمترین عملکرد قند ناخالص بودند، ۱۶ ژنوتیپ را در خود جای دادند که لاین‌های hf1 s3 و hf1 s1 در این گروه قرار گرفتند (شکل ۱). در کل از ژنوتیپ‌های گروه اول برای ادامه برنامه‌های اصلاحی برای مقاومت به خشکی می‌توان بهره برد. شریفی (۲۴) با ارزیابی عملکرد ریشه و اجزای آن در چغندرقند در شرایط تنش خشکی نشان داد که از بین صفات مورد مطالعه، عملکرد قند ناخالص دارای بیشترین میزان اثرات مستقیم بر روی عملکرد ریشه بوده و انتخاب از طریق این صفت برای افزایش عملکرد ریشه می‌تواند مؤثر باشد. رجبی و همکاران (۲۰) در ارزیابی تنوع ژنتیکی در توده‌های چغندرقند 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 دورگ گیری استفاده کرد. 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 به‌عنوان عامل معنی‌دار در نظر گرفته شد. نتایج تجزیه به عامل‌ها در شرایط تنش خشکی در جدول ۴ نشان داده شده است. تجزیه به عامل‌های اصلی بر اساس میانگین صفات، چهار عامل را مشخص کرد که مجموعاً ۷۳/۲ درصد از تنوع موجود بین داده‌ها را توجیه نمودند (جدول ۴). عامل اول ۲۹/۸ 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، عملکرد قند ناخالص و نمره رشد ریشه در جهت مثبت مؤثر هستند که این عامل ۱۹/۷ درصد از تغییرات را توجیه کرد. در عامل سوم صفاتی نظیر درصد قند ریشه و طرز قرارگیری برگ در جهت مثبت مؤثر هستند و ۱۲/۱ درصد تغییرات را توجیه کرد. در عامل چهارم که ۱۱/۶ درصد از تغییرات را در بر می‌گیرد، صفات اختلاف دمای برگ و محیط، نمره رنگ برگ و نسبت طول به عرض ریشه در جهت مثبت مؤثر هستند (جدول ۴). 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 می‌باشد. همان‌طوری که در جدول ۴ ملاحظه می‌شود میزان اشتراک اکثر صفات بالاست. این امر نشان می‌دهد که تعداد عامل مورد انتخاب مناسب بوده و عامل‌های منتخب توانسته‌اند تغییرات صفات را به نحو مطلوبی توجیه نمایند. به هر صورت با توجه به عامل اشتراک، صفات محتوی آب نسبی برگ و نسبت طول به عرض ریشه دارای بیشترین و کمترین دقت برآورد بوده‌اند. به طور کلی روش تجزیه به عامل‌ها الگویی از ساختار داخلی ماتریس کوواریانس (همبستگی) بین صفات را ارائه می‌دهد. با استفاده از این روش می‌توان تعداد زیاد متغیرهای تحت بررسی را به تعداد محدودی عامل پنهانی تبدیل نمود. لذا عامل‌های اول، دوم، سوم و چهارم به ترتیب به‌عنوان عامل خصوصیات فیزیولوژی، عامل عملکرد، عامل درصد قند و عامل خصوصیات کیفی چغندرقند شناسایی شدند. عبداللهیان نوقابی و همکاران (۱) نیز در بررسی تأثیر تنش خشکی شدید بر ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند با انجام تجزیه به عامل‌ها مشخص نمودند که عامل‌های اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم ۸۲/۰۸ درصد از تغییرات کل واریانس را توجیه می‌نماید. آنها گزارش کردند که از تجزیه به عامل‌ها برای کاهش داده‌ها، شناسایی اجزای اصلی عملکرد، گروه‌بندی صفات بر پایه روابط داخلی میان آنها و بررسی گوناگونی ژنتیکی استفاده می‌شود.

به‌طورکلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که در بین ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند با توجه به پتانسیل تحمل به تنش خشکی در آنها، تنوع قابل ملاحظه‌ای برای صفات عملکردی، مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی وجود دارد. ژنوتیپ hf4 s1 از نظر اکثر صفات نسبت به رقم شاهد رخ برتری نشان داد و همچنین در بین کلیه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه دارای بیشترین عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و نمره رنگ برگ بود و به عبارتی دارای پتانسیل تحمل به تنش خشکی بالایی می‌باشد.



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای برای ۴۹ ژنوتیپ چغندرقند بر مبنای عملکرد قند ناخالص با روشWard
Figure 1. Dendrogram of cluster analysis for 49 sugar beet genotypes based on sugar yield for with Ward method

جدول ۴- نام و کد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

کد	ژنوتیپ	کد	ژنوتیپ	کد	ژنوتیپ	کد	ژنوتیپ	کد	ژنوتیپ	کد	ژنوتیپ	کد	ژنوتیپ
۱	hf1 s1	۸	hf2 s2	۱۵	hf3 s3	۲۲	hf4 s4	۲۹	hf5 s5	۳۶	hf6 s6	۴۳	hf8 s1
۲	hf1 s2	۹	hf2 s3	۱۶	hf3 s4	۲۳	hf4 s5	۳۰	hf5 s6	۳۷	hf7 s1	۴۴	hf8 s2
۳	hf1 s3	۱۰	hf2 s4	۱۷	hf3 s5	۲۴	hf4 s6	۳۱	hf6 s1	۳۸	hf7 s2	۴۵	hf8 s3
۴	hf1 s4	۱۱	hf2 s5	۱۸	hf3 s6	۲۵	hf5 s1	۳۲	hf6 s2	۳۹	hf7 s3	۴۶	hf8 s4
۵	hf1 s5	۱۲	hf2 s6	۱۹	hf4 s1	۲۶	hf5 s2	۳۳	hf6 s3	۴۰	hf7 s4	۴۷	hf8 s5
۶	hf1 s6	۱۳	hf3 s1	۲۰	hf4 s2	۲۷	hf5 s3	۳۴	hf6 s4	۴۱	hf7 s5	۴۸	hf8 s6
۷	hf2 s1	۱۴	hf3 s2	۲۱	hf4 s3	۲۸	hf5 s4	۳۵	hf6 s5	۴۲	hf7 s6	۴۹	رخ

جدول ۵- نتایج تجزیه به عامل‌های صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند
Table 4. Results of factor analysis of studied traits in different genotypes of sugar beet

متغیر	عامل یک	عامل دو	عامل سه	عامل چهار	میزان اشتراک
عملکرد ریشه	-۰/۰۵۵	۰/۹۴۷	۰/۰۲۳	-۰/۰۴۱	۰/۹۰۲
عملکرد قند ناخالص	-۰/۰۱۷	۰/۹۵۳	۰/۱۳۶	-۰/۰۱۶	۰/۹۲۸
درصد قند ریشه	۰/۱۲۱	۰/۰۸۲	۰/۷۸۰	۰/۱۳۱	۰/۶۴۷
تعداد برگ	-۰/۴۰۵	-۰/۲۶۳	-۰/۲۹۶	۰/۴۸۷	۰/۵۵۸
اختلاف دمای برگ و محیط	-۰/۰۴۴	۰/۰۴۹	-۰/۰۳۰	۰/۷۶۰	۰/۵۸۴
شاخص شادابی	۰/۹۲۵	-۰/۰۴۶	۰/۱۶۵	۰/۰۴۶	۰/۸۸۷
محتوی آب نسبی برگ	۰/۹۶۸	۰/۰۱۰	۰/۱۰۲	-۰/۰۱۸	۰/۹۴۷
وزن ویژه برگ	۰/۹۳۵	۰/۰۰۸	۰/۱۰۵	-۰/۱۲۸	۰/۹۰۱
نمره رنگ برگ	۰/۰۱۹	۰/۴۶۶	-۰/۰۸۴	۰/۵۹۰	۰/۵۷۳
نمره رشد برگ	۰/۹۴۶	۰/۰۲۲	۰/۰۵۱	۰/۰۶۵	۰/۹۰۱
طرز قرار گیری برگ	۰/۲۴۶	-۰/۰۵۱	۰/۷۲۶	-۰/۱۸۴	۰/۶۲۳
نمره رشد ریشه	۰/۲۱۵	۰/۵۹۵	-۰/۴۸۶	۰/۰۲۲	۰/۶۳۷
نسبت طول به عرض ریشه	۰/۱۳۶	-۰/۳۲۶	۰/۱۹۲	۰/۵۱۸	۰/۴۲۹
میزان واریانس	۳/۸۶۹	۲/۵۶۶	۱/۵۷۴	۱/۵۰۸	۹/۵۱۷
درصد واریانس	۰/۲۹۸	۰/۱۹۷	۰/۱۲۱	۰/۱۱۶	۰/۷۳۲

منابع

1. AbdollahianNoghabi, M., Z. Radaei-al-amoli, G.A. Akbari and S.A. Sadat Nuri. 2011. Effect of severe water stress on morphological, quantitative and qualitative characteristics of 20 sugar beet genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences, 42(3): 453-464 (In Persian).
2. Ahmadi, M. 2012. Study on characteristics related to drought tolerance in improved sugar beet population. Ph.D. Thesis, College of Agriculture, Islamic Azad University of Science and Research of Tehran, 229 pp (In Persian).
3. Ahmadi, M., E. Majidi Heravan, S.Y. Sadeghian, M. Mesbah and F. Darvish. 2011. Drought tolerance variability in S1 pollinator lines developed from a sugar beet open population. Euphytica, 178: 339-349.
4. Barker, T., H. Campos, M. Cooper, D. Dolan, G.O. Edmeades, J. Habben, J. Schussler, D. Wright and C. Zinselmeier. 2005. Improving drought tolerance in maize. Plant Breeding Research, 25: 173-253.
5. Barrs, H.D. and P.E. Weatherly. 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. Australian Journal of Biological Sciences, 15:413-428.
6. Bloch, D., C.M. Hoffmann and B. Marlander. 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.
7. Brown, K.E., A.B. Messem, R.I. Dunham and P.V. Biscoe. 1987. Effect of drought on growth and water use of sugar beet. Journal of Agricultural Science, 109: 421-435.
8. Cooke, D.A. and R.K. Scott. 1993. The sugar beet crop, Chapman and Hall Pub, 663 pp.
9. Ebrahimi Pak, N.A. 2010. Determination of yield response factor (Ky) of sugar beet to deficit irrigation at different growth stages. Journal of Sugar beet, 26(1): 67-79 (In Persian).
10. Fateh, M., M. AbdolahianNoghabi and M. Mesbah. 2004. Effect of contioulesly drought stress on physiological traits of suger beet in Karaj. 8th Iranian Agronomy and Plant Breeding Congeres, Agust. Karaj. Iran, 23-25 (In Persian).
11. Jaggard, K.W., A.M. Dewar and J.D. Pidgeon. 1998. The relative effects of drought stress and virus yellows on the yield of sugar beet in the U.K. 1980-1995. Journal of Agricultural Science, 130: 337-343.
12. Kamoshita, A., R. Chandra Babu, N. Manikanda Boopathi and S. Fukai. 2008. Phenotypic and genetypic analysis of drought resistance traits for development of rice cultivars adapted to rainfed environments. Field Crops Research, 109: 1-23.
13. Mirzaei, M.Z., M. Rezvani and J. Gohari. 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).
14. Mohamadian, R. 2001. Determinate of effective physiological indices on drought resistant on sugar beet. Ph.D. of Thesis Agronomy. Tabriz University, 221 pp (In Persian).
15. Mohammadian, R., F.R. Khoyi H. Rahimian, M. Moghaddam, K. Ghasemi Golezani and S.Y. Sadeghian. 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.
16. Mohammadian, R., H. Rahimian, M. Moghaddam and S.Y. Sadeghian. 2003. The effect of early season drought on chlorophyll a fluorescence in sugar beet (*Beta vulgaris)*. Pakistan Journal of Biological Sciences, 6: 1763-1769.
17. Mohammadian, R., S.Y. Sadeghian, M. Moghaddam and H. Rahimian. 2003. Evaluation of drought tolerance indices in determining sugar beet genotypes under early season drought conditions. Journal of Sugar Beet, 18: 29-51 (In Persian).
18. Ober, E.S. and M.C. Luterbacher. 2002. Genetic variation for drought tolerance ib Beta vulgaris. Annals of Botany, 89: 917-924.
19. Ober, E.S., M.L. Bloa, C.J.A. Clark, A. Royal, K.W. Jaggard and J.D. Pidgeon. 2005. Evaluation of physiological traits as indirect selection criteria for drought tolerance in sugar beet. Field Crops Research, 91: 231-249.
20. Rajabi, A., M. Moghaddam, F. Rahimzadeh, M. Mesbah and Z. Ranji. 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).
21. Romano, A., A. Sorgonà, A. Lupini, F. Araniti, P. Stevanato, P. Cacco and M.R. Abenavoli. 2013. Morpho-physiological responses of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) genotypes to drought stress. Acta Physiologiae Plantarum, 35: 853-865.
22. Sadeghian, S.Y. and N. Yavari. 2004. Effect of water deficit stress on germination and early seedling growth in sugar beet. Journal of Agronomy and Crop Science, 190: 138-144.
23. Sadeghian, S.Y., H. Fazli, R. Mohammadian, D.E. Taleghani and M. Mesbah. 2000. Genetic variation for drought stress in sugar beet. Journal of Sugar Beet Research, 37: 55-77.
24. 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, 142 pp (In Persian).
25. Tsuda, C. and M. Hachince. 1973. Genetic studies on the negative correlation between root weight and sugar content in sugar beets. VIII. Correlation response of some foliar characters accompanied with mass selection. Japanese Journal of Breeding, 23: 139-147.
26. Vazan, S. 2002. Investigation the effect of drought stress on the accumulation of abscisic acid and other physiological traits in sugar beet. Ph.D. Thesis, College of Agriculture, Islamic Azad University of Science and Research of Tehran, 152 pp (In Persian).

Evaluation of Genetic Diversity in Sugar Beet Half-Sib Inbred Lines under Farm Water Stress Condition

Hassan Hamidi[1], Masoud Ahmadi[2], Seyedeh Sanaz Ramezanpour[3], Ali Masoumi[4] and Sara Khorramian[5]

1- Researcher, Crops and Horticulture Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran
2- Faculty Member, Sugar Beet Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran(Corresponding author: ahmadi50_masoud@yahoo.com)
3- Faculty member, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
4 and 5- Faculty Member and M.Sc. Respectively, Payam Noor Univercity, Mashhad
Received: March 15, 2017 Accepted: September 10, 2017

Abstract

This study was conducted to evaluate the genetic diversity of sugar beet half sib inbred lines (48 lines and one control cultivar) under water stress (200mm of class A evaporation pan) in field conditions in a randomized complete block design with three replicates in Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center in 2015. In this research, traits such as root yield, raw sugar yield, sugar content of root, leaf number, index of difference between the temperature of environment and leaf, succulence index, leaf relative water content, specific leaf weight, leaf color score, leaf growth score, leaf architecture, root growth score and ratio of length to width of root were measured. Results showed that there were significant differences ($p \leq 0.01$) between studied genotypes for all traits. Results showed that, there were significant positive correlations between root yield and sugar yield, leaf color score and root growth score, while, significant and negative correlations were observed between root yield, leaf number and ratio of length to width of root. The dendrogram generated from the cluster analysis for sugar yield classified genotypes into four main groups. Factor analysis led to introduction of four main factors which explained 73.2 percent of total variation. Hf4 s1 genotype showed superiority for root yield, sugar yield and leaf color score than other studied genotypes, indicating that, this genotype has a high potential for drought tolerance.

Keywords: Drought, Genotype, Root yield, Sugar yield