

رابطه برخی از صفات مورفولوژیکی در اوایل دوره رشد با عملکرد نهایی سه

ژنوتیپ چغندر قند در شرایط شیب رطوبتی متفاوت

The relationship of morphological traits at early growth stage of three sugar beet genotypes with final root yield and white sugar yield under different drought stress conditions

رحیم محمدیان*، محمد عبداللهیان نوقابی^۱، جواد باغانی^۲ و ابوالقاسم حقایقی^۲
تاریخ دریافت: ۸۵/۱۰/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۸۸/۶/۵

ر. محمدیان، م. عبداللهیان نوقابی، ج. باغانی و ا. ق. حقایقی. ۱۳۸۸. رابطه برخی از صفات مورفولوژیکی در اوایل دوره رشد با عملکرد نهایی سه ژنوتیپ چغندر قند در شرایط شیب رطوبتی متفاوت. مجله چغندر قند ۲۵(۱): ۲۳-۳۸.

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی رابطه برخی از صفات مورفولوژیکی اوایل دوره رشد سه ژنوتیپ چغندر قند با عملکرد نهایی در شرایط رطوبتی متفاوت طی سال‌های ۸۲-۱۳۸۰ در دو منطقه کرج و مشهد انجام شد. سه ژنوتیپ چغندر قند (BP کرج، 7219 P-29 و 7112) و سه سطح آبیاری (بدون تنش، تنش ملایم و تنش شدید) در قالب آزمایش اسپلیت بلوک با سه تکرار مورد مطالعه قرار گرفتند. پس از مرحله استقرار گیاه، شیب تنش رطوبتی در دو نیمه راست و چپ لوله اصلی سیستم آبیاری بارانی تک شاخه‌ای در طول دوره رشد اعمال شد. طی فصل رشد، وضعیت رطوبتی خاک با استفاده از دستگاه تراپیم و میزان آب دریافت شده در هر تیمار، با استفاده از ظروف جمع‌آوری آب در وسط هر کرت اندازه‌گیری شد. خصوصیات مورفولوژیکی مانند وزن خشک اندام هوایی (برگ و دم‌برگ)، وزن خشک ریشه ذخیره‌ای، وزن خشک کل و نسبت وزن خشک اندام هوایی به وزن خشک ریشه ذخیره‌ای در سه مرحله رشد شامل مرحله توسعه، میانی و رسیدن و عملکرد ریشه و خصوصیات کیفی آن در برداشت نهایی، تعیین شد. متوسط آب مصرفی در شرایط بدون تنش، تنش ملایم و تنش شدید به ترتیب ۸۱۴، ۶۳۵ و ۳۶۳ میلی‌متر بود. نتایج نشان داد که تنش خشکی طی فصل رشد، عملکرد ریشه را از ۵۱ تن در هکتار در حالت بدون تنش به میزان ۲۴ درصد در تنش ملایم و ۵۷ درصد در تیمار تنش شدید کاهش داد. میانگین عملکرد شکر سفید نیز از ۶/۷۳ تن در هکتار در تیمار بدون تنش به ترتیب به میزان ۲۶ و ۵۹ درصد در اثر تنش ملایم و شدید کاهش یافت. عملکردهای ریشه و شکر سفید ژنوتیپ‌های مورد بررسی در سطوح مختلف تنش خشکی تفاوت‌هایی نشان داد. لذا نتیجه‌گیری شد که برای ارزیابی عکس‌العمل ژنوتیپ‌های مختلف نسبت به تنش خشکی، شدت تنش خشکی بسیار مهم است. نتایج محاسبه ضرایب همبستگی صفات مورفولوژیکی اندازه‌گیری شده طی فصل رشد در شرایط متفاوت تنش رطوبتی با عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید ژنوتیپ‌های مورد بررسی نشان داد که در اوایل فصل رشد (حدود ۴۰ تا ۶۰ روز بعد از اولین آبیاری)، تعداد برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r = 0.91$) و وزن ویژه برگ همبستگی منفی و معنی‌دار ($r = -0.90, P < 0.01$) با عملکرد نهایی شکر سفید دارند. هم‌چنین طول و قطر ریشه ذخیره‌ای در اوایل فصل رشد، همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r = 0.86$)

۱ - استادیار مؤسسه تحقیقات چغندر قند - کرج * نویسنده مسئول R_mohammadian@hotmail.com

۲ - مربی پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی - بخش تحقیقات فنی و مهندسی

($P < 0.01$) با عملکرد نهایی شکر سفید داشت. نسبت وزن خشک اندام هوایی به وزن خشک ریشه ذخیره‌ای در اوایل فصل رشد همبستگی منفی ($r = -0.83, P < 0.01$) با عملکرد نهایی شکر سفید داشت. با توجه به نتایج حاصل می‌توان استنباط کرد که امکان استفاده از این صفات مرفولوژیکی در مراحل اولیه رشد جهت پیش‌بینی و برآورد عملکرد نهایی ژنوتیپ‌های چغندر قند در شرایط متفاوت تنش خشکی مداوم وجود دارد. با وجود این، انجام تحقیقات تکمیلی با استفاده از مواد ژنتیکی بیش‌تر برای حصول نتایج قطعی ضروری است.

واژه‌های کلیدی: آبیاری بارانی تک‌شاخه، تنش رطوبتی، چغندر قند، ژنوتیپ، صفات مرفولوژیکی، کرج، مشهد.

مقدمه

مشخص و تعریف شده از تنش خشکی، خصوصیات و متغیرهای فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند را طی فصل رشد مورد مطالعه دقیق قرار دهند و در نهایت، همبستگی و ارتباط این صفات را با عملکرد کمی و کیفی چغندر قند مشخص کنند. برای آن‌که صفات فیزیولوژیکی و یا مرفولوژیکی به‌توانند برای انتخاب در یک مقیاس وسیع در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار گیرند، لازم است که اندازه‌گیری این صفات نسبتاً ارزان و سریع باشد (Morillo-Velarde and Ober 2006).

یکی از روش‌هایی که می‌تواند در شناخت عکس‌العمل گیاهان به تنش‌های رطوبتی مورد استفاده قرار گیرد، استفاده از سیستم آبیاری بارانی تک‌شاخه‌ای است. با استفاده از این سیستم، می‌توان شیب رطوبتی ایجاد کرد تا شرایط بروز گیاه به مقادیر مختلف آب آبیاری بهتر فراهم شود. سیستم آبیاری بارانی روشی ساده، قابل اعتماد و مطمئن جهت اجرای سطوح مختلف تنش خشکی در مطالعات تنش خشکی است (Hanks et al. 1976). تاکنون به‌طور موفقیت‌آمیزی از این روش جهت بررسی اثرات کمبود آب بر عملکرد

مصرف آب به شرایط آب و هوایی، مدیریت آبیاری و طول دوره رشد و تا حدودی به تراکم گیاهی، کود نیتروژن، رقم، بیماری‌ها و گاهی به عوامل دیگر بستگی دارد (Draycott and Messem 1977). چغندر قند دارای دو مرحله رشد رویشی و زایشی است و با توجه به این‌که در سال اول به‌صورت رویشی باقی می‌ماند، لذا مانند سایر گیاهان زراعی، مرحله بحرانی از لحاظ نیاز به آب ندارد. البته این بدان معنی نیست که آب برای رشد چغندر قند از اهمیت کمتری برخوردار است، بلکه وجود آب برای جوانه‌زنی و سبز شدن، حفظ آماس برگ به‌ویژه در مرحله گیاهچه‌ای، جلوگیری از پژمردگی و به حداکثر رساندن فتوسنتز و عملکرد، ضروری است (کوچکی و همکاران ۱۳۷۶).

تنش خشکی از مشکلات عمده تولید چغندر قند در ایران و جهان است. به‌نژادگران چغندر قند به‌دنبال شناسایی شاخص‌ها و خصوصیتی هستند که به‌توان از آن‌ها در انتخاب و اصلاح ارقام متحمل به خشکی استفاده کرد. بنابراین از متخصصین فیزیولوژی و زراعت چغندر قند انتظار می‌رود که با اعمال شرایط

چغندرقد در شرایط تنش خشکی گزارش نمود که وزن خشک اندام هوایی با عیارقد، عملکرد شکر سفید و وزن خشک ریشه ذخیره‌ای همبستگی منفی دارد. لذا وی پیشنهاد کرد که در برنامه به‌نژادی مقاومت به خشکی، لازم است ارقام با تعداد برگ کم‌تر و دوام سطح برگ بیشتر مورد توجه قرار گیرند. همچنین بین عملکرد ریشه و طول و عرض برگ همبستگی مثبت ولی با طول دم‌برگ و طول ریشه ذخیره‌ای همبستگی منفی وجود داشت. محمدیان و همکاران (Mohammadian et al. 2003) گزارش کردند که در شرایط تنش اوایل فصل رشد، معمولاً ژنوتیپ‌های چغندرقد که قبل از رفع تنش، وزن خشک ریشه ذخیره‌ای بیش‌تر و نسبت اندام هوایی به ریشه ذخیره‌ای کم‌تری داشتند و همچنین کاهش عملکرد ریشه ذخیره‌ای آن‌ها در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش کم‌تر بود، عملکرد شکر سفید بیشتری تولید کردند. آن‌ها همچنین نشان دادند در شرایط تنش، تعداد برگ با عملکرد نهایی دارای همبستگی مثبت است. حبیبی (۱۳۷۲) در بررسی همبستگی خصوصیات گیاهچه چغندرقد با مقاومت به خشکی گزارش کرد اگرچه در مرحله جوانه‌زنی بین نه ژنوتیپ تفاوت معنی‌داری وجود داشت، لیکن وقتی این ژنوتیپ‌ها در مزرعه تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری قرار گرفتند، از لحاظ صفات عملکرد کمی و کیفی و ماده خشک تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. لذا به نظر می‌رسد شدت تنش خشکی و همچنین مدت دوام آن در مزرعه می‌تواند عاملی برای بروز تفاوت بین ژنوتیپ‌ها باشد.

در گیاهان زراعی نظیر گندم (Sezen and Yazar 2006)، پنبه (Vulkan-Levy et al. 1998) و چغندرقد (Uçan and Gençoğlan 2004) استفاده شده است.

نتایج تحقیقات نشان داده است که بین ژنوتیپ‌ها و توده‌های چغندرقد از لحاظ مقاومت به خشکی تنوع ژنتیکی وجود دارد (محمدیان و همکاران Sadaghian et al. 2000; Mohammadian ۱۳۸۱; et al. 2001, 2003, 2005; محمدیان و همکاران 2001) نشان دادند که هدایت روزنه‌ای، مقدار پرولین برگ و همچنین اختلاف دمای هوای محیط از دمای برگ (ΔT) تحت تأثیر تنش خشکی اوایل فصل رشد در ارقام چغندرقد قرار می‌گیرد اما، ΔT از دقت و حساسیت بیش‌تری برای بررسی وضعیت تنش آبی ژنوتیپ‌های چغندرقد نسبت به سایر روش‌های بررسی شده برخوردار بود. در شرایط تنش خشکی اوایل فصل رشد، ارقام چغندرقد که قبل از رفع تنش از کارایی کوانتوم فتوسنتزی بالایی برخوردار بودند، عملکرد نهایی بیش‌تری نیز تولید کردند (Mohammadian et al. 2003). اوپر و همکاران (Ober et al. 2005) صفات توانائی حفظ پوشش سبز کانوپی، شاخص گوشتی بودن برگ (Leaf succulence index) و رتبه پژمردگی و پیری را که همبستگی بالایی با تحمل به خشکی دارند، برای گزینش ارقام مقاوم به خشکی در چغندرقد معرفی کردند. خورشید (۱۳۷۹) در بررسی همبستگی بین خصوصیات مرفولوژیکی و عملکرد کمی و کیفی

طرفین به تدریج کاهش می‌یابد (Hanks et al. 1976). در این پژوهش، سه ژنوتیپ چغندر قند BP-کرج، 7219 P-29 و 7112 استفاده شد. بذور هر ژنوتیپ در شش کرت، که هر کرت شامل هفت خط به طول ۱۰ متر و فاصله خطوط کاشت ۵۰ سانتی‌متر بود، در مجاورت یکدیگر در اولین فرصت ممکن در بهار در هر منطقه کشت شد. هر کرت مربوط به هر ژنوتیپ در سه تکرار و همچنین در دو طرف لوله اصلی به صورت تصادفی در کنار یکدیگر قرار گرفت.

پس از انجام عملیات تهیه زمین و آماده‌سازی بستر بذر، عملیات کاشت با استفاده از ماشین بذرکار انجام گرفت. اولین، دومین و سومین آبیاری جهت جوانه‌زنی، سبز کردن و استقرار بوته‌ها به صورت نشتی انجام شد. بعد از مرحله سبز شدن و استقرار گیاهان و انجام تنک، سطوح آبیاری با استفاده از سیستم آبیاری بارانی تک‌شاخه‌ای اعمال شد. قطعه زمین آزمایشی توسط محور آبیاری بارانی تک‌شاخه‌ای به دو نیمه طولی و قرینه چپ و راست تقسیم شود. هر نیمه آبیاری شامل سه تیمار بدون تنش (I1)، تنش رطوبتی ملایم (I2) و تنش رطوبتی شدید (I3) به صورت مداوم پس از مرحله استقرار کامل گیاه اعمال شد. در طول فصل رشد، وضعیت رطوبتی خاک در کرج تا عمق ۱۰۰ سانتی‌متر و در مشهد تا عمق ۶۰ سانتی‌متر با استفاده از دستگاه تراپم اندازه‌گیری شد. همچنین برای تعیین میزان آب مورد استفاده در هر کرت، ظرفی با قطر ۱۰ سانتی‌متر در مرکز هر کرت و در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر روی سه پایه قرار داده شد. بلافاصله بعد از هر آبیاری،

این تحقیق با هدف شناخت بیشتر صفات مرفولوژیکی که به شیب تنش رطوبتی مداوم طی فصل رشد حساس‌تر هستند و همچنین بررسی ارتباط این صفات با عملکرد نهایی طراحی و اجرا شد. بدیهی است از صفاتی که به تنش رطوبتی حساس‌تر هستند و همچنین همبستگی بالایی با عملکرد نهایی دارند ممکن است به‌توان جهت غربال مواد اصلاحی مقاوم به تنش در برنامه‌های اصلاحی استفاده شود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه از سال ۱۳۸۰ به مدت سه سال در دو منطقه کرج، ایستگاه مرحوم مطهری مؤسسه تحقیقات چغندر قند و مشهد، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، انجام شد. فاکتورهای اعمال شده در این پژوهش، شامل سه ژنوتیپ چغندر قند و سه سطح تنش رطوبتی مداوم بود که با استفاده از سیستم آبیاری بارانی تک‌شاخه در دو طرف (نیمه) راست و چپ لوله اصلی ایجاد شد. نحوه اجرای آزمایش در مزرعه به روش پیشنهادی هنکس و همکاران (Hanks et al. 1980) بود. در این روش، قالب آماری مشابه آزمایش اسپلیت بلوک بود با این تفاوت که سطوح تنش خشکی مداوم غیرتصادفی بودند. در سیستم آبیاری مورد استفاده، مقدار آب آبیاری برای کلیه کرت‌هایی که در یک ستون قرار می‌گیرند (در هر دو طرف لوله اصلی) یکسان و پیوسته است، در حالی که برای کرت‌هایی که در ردیف قرار دارند (در هر دو طرف لوله اصلی) مقدار پاشش آب از مرکز به

شد. نمونه‌ها پس از برداشت در کیسه‌های پلاستیکی، بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند. با استفاده از تجزیه کلاستر (مقدم و همکاران ۱۳۸۸)، زمان‌های نمونه برداری طی فصل رشد، در سه سال و دو مکان گروه بندی شدند. برای این منظور از بین صفات ذکر شده، چهار صفت مهم شامل وزن خشک قسمت هوایی (برگ و دمبرگ)، وزن خشک ریشه ذخیره‌ای، وزن خشک کل و نسبت وزن خشک هوایی به وزن خشک ریشه ذخیره‌ای استفاده شد.

برداشت نهایی محصول در فصل پاییز هر سال به‌طور نیمه مکانیزه و با کمک نیروی انسانی ماهر انجام شد. از هر کرت، ریشه‌های موجود در چهار متر مربع که حدود ۴۰ عدد ریشه بود (Kunz et al. 2002) برداشت و سپس جمع‌آوری و توسط کارگر سرزنی شدند. ریشه‌های برداشت شده جهت تعیین عملکرد و خصوصیات کیفی ریشه به آزمایشگاه منتقل شد. در هر نمونه خمیر، صفت‌های درصد قند و غلظت ناخالصی‌های ریشه (شامل سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره) با استفاده از دستگاه بتالایزر اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و SPSS انجام گرفت.

نتایج و بحث

در جدول دو نتایج تجزیه مرکب و در جدول سه میانگین عملکرد ریشه، درصد قند و عملکرد شکر سفید سه ژنوتیپ مورد بررسی در دو مکان و سه سال در شرایط متفاوت تنش رطوبتی نشان داده شده است.

حجم آب ورودی در هر لیوان اندازه‌گیری و یادداشت برداری شد و سپس با توجه به مساحت آن‌ها، ارتفاع آب مصرفی در واحد سطح محاسبه شد. با توجه به جهت باد غالب در هر منطقه، سیستم آبیاری طوری نصب و راه‌اندازی شد که لوله اصلی آبد در جهت باد غالب منطقه قرار گرفت تا وزش باد وضعیت تیمارها را در طرفین لوله آبد کمتر تحت تأثیر قرار دهد. بر روی لوله‌های پلی‌اتیلن به فاصله شش متر ریزرهایی از جنس لوله گالوانیزه به ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر نصب و روی آن‌ها آبپاش نوع ۸۰-۸۰ با شعاع پاشش ۱۲ متر و آبدهی ۰/۳ لیتر در ثانیه (در فشار کار سه اتمسفر) کار گذاشته شد. آبیاری‌ها براساس جدول، زمان‌بندی و بر مبنای میزان تخلیه رطوبت خاک تهیه و تنظیم شدند. میانگین مقادیر آب مصرفی در سه سال آزمایش در دو منطقه در جدول ۱ نشان داده شده است.

خصوصیات مرفولوژیکی چغندر قند، شامل تعداد برگ، میانگین طول و عرض برگ، میانگین طول و قطر دمبرگ، وزن خشک برگ، وزن خشک قسمت هوایی، سطح و وزن ویژه برگ، میانگین طول و بزرگ‌ترین قطر ریشه ذخیره‌ای، وزن خشک ریشه ذخیره‌ای، نسبت وزن خشک قسمت هوایی به وزن خشک ریشه ذخیره‌ای و وزن خشک کل در سه مرحله رشد براساس طبقه‌بندی فائو (FAO 2008) شامل مراحل توسعه برگ، حجیم شدن ریشه و رسیدگی به روش تخریبی اندازه‌گیری شد. در هر نمونه برداری، از هر کرت پس از حذف یک ردیف از گیاهانی که در رقابت شرکت داشتند به عنوان حاشیه، ۱۰ بوته برداشت

مربوط به ژنوتیپ ۷۲۱۹ بود که به طور معنی داری ($P < 0.05$) کم تر از دو ژنوتیپ دیگر بود (جدول ۳). ولی دو ژنوتیپ ۷۱۱۲ و BP - کرج با یکدیگر تفاوت معنی داری از نظر درصد قند نداشتند. اثر متقابل ژنوتیپ در آبیاری برای عملکرد ریشه و شکر سفید معنی دار به دست نیامد (جدول ۲). با وجود این، مقایسه میانگین عملکرد ریشه و شکر سفید ژنوتیپها در سطوح مختلف تنش با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که عکس العمل ژنوتیپها برای این دو صفت، در سطوح مختلف تنش خشکی با یکدیگر تفاوت هایی دارد (جدول ۳). به طوری که در حالت بدون تنش و هم چنین در تنش ملایم، عملکرد ریشه و شکر سفید ژنوتیپها به طور معنی داری ($P < 0.05$) با یکدیگر متفاوت بود، ولی با افزایش شدت تنش تفاوتها غیر معنی دار شد. بیشترین عملکرد در دو شرایط بدون تنش و تنش ملایم مربوط به دو ژنوتیپ ۷۱۱۲ و BP - کرج بود. براساس این نتایج به نظر می رسد چنانچه بخواهیم عکس العمل ژنوتیپهای مختلف را نسبت به تنش خشکی مورد ارزیابی قرار دهیم، شدت تنش خشکی بسیار مهم خواهد بود. لذا لازم است در برنامه های اصلاحی در ارتباط با ارزیابی و گزینش ژنوتیپها، شدت تنش مدنظر قرار گیرد.

براساس تجزیه کلاستر، نمونه برداری های انجام شده از ۴۱ تا ۶۲ روز بعد از اولین آبیاری که شامل چهار زمان ۴۱ (کرج، ۱۳۸۱)، ۴۸ (مشهد، ۱۳۸۱)، ۴۹ (کرج، ۱۳۸۰) و ۶۲ (کرج، ۱۳۸۱) روز بعد از اولین آبیاری بودند، از مجموع ۱۸ زمان متفاوت نمونه برداری در دو

همان گونه که مشاهده می شود به طور متوسط عملکرد ریشه از ۵۰/۹۹ تن در هکتار در شرایط بدون تنش رطوبتی به ۳۸/۵۰ و ۲۱/۷۷ تن در هکتار به ترتیب در شرایط تنش متوسط و تنش شدید کاهش یافت (جدول ۳). عملکرد شکر سفید نیز تحت تأثیر تنش خشکی مداوم طی فصل رشد به طور قابل ملاحظه ای کاهش یافت (جدول ۳)، به طوری که میانگین عملکرد شکر سفید از ۶/۷۳ تن در هکتار در حالت بدون تنش به ۴/۹۷ و ۲/۷۶ تن در هکتار به ترتیب در اثر تنش ملایم و شدید کاهش یافت. به عبارت دیگر، کاهش ۲۲ و ۵۵ درصد آب آبیاری به ترتیب ۲۴ و ۵۷ درصد عملکرد ریشه و ۲۶ و ۵۹ درصد عملکرد شکر سفید را کاهش داد (جدول ۳). در مقابل درصد قند در شرایط تنش ملایم و شدید به ترتیب دو و چهار درصد نسبت به شرایط بدون تنش افزایش داشت (جدول ۳). لذا با روش آبیاری تک شاخه شیب رطوبتی مناسب ایجاد و اثرات آن بر عملکرد به وضوح مشاهده شد. به طور مشابه در یک تحقیق دیگر با استفاده از سیستم آبیاری بارانی تک شاخه، گزارش شده است که با کاهش مقدار آب آبیاری، درصد قند افزایش ولی عملکرد ریشه کاهش می یابد (Uçan and Gençoğlan 2004). در این تحقیق کارآیی مصرف آب آبیاری و کارآیی مصرف آب با تغییر در مقدار مصرف آب در تیمارهای مختلف متفاوت بود.

اثر ژنوتیپ تنها برای درصد قند در سطح احتمال پنج درصد معنی دار به دست آمد (جدول ۲). بین ژنوتیپها کمترین درصد قند در حالت تنش و غیرتنش

سفید اهمیت بیشتری دارد، لذا در بررسی این همبستگی‌ها، عملکرد شکر سفید مورد بحث قرار می‌گیرد. همبستگی بین عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید در شرایط تنش اوایل فصل رشد پیش‌تر توسط محمدیان و همکاران (Mohammadian et al. 2005) گزارش شده است. تعداد برگ در زمان اندازه‌گیری با عملکرد شکر سفید همبستگی مثبت داشت (جدول ۴، $r = 0.91, P < 0.01$). به عبارت دیگر در سه ژنوتیپ مورد بررسی با کاهش تعداد برگ به دلیل افزایش تنش، عملکرد شکر نیز کاهش یافت (شکل ۱). محمدیان و همکاران (2005) گزارش دادند تنش خشکی اوایل فصل رشد بر تعداد برگ‌های خشک شده، سبز و تعداد کل برگ‌ها (برگ‌های سبز و خشک) اثر معنی‌داری دارد. همچنین لورنزی و همکاران (Lorenzetti et al. 1991) گزارش کردند که دمای بالا (حدود ۳۰ درجه سانتی‌گراد) در تابستان باعث افزایش تخییر و کاهش سرعت ظهور برگ‌های چغندرقد می‌شود. علاوه بر آن در گزارش دیگری نیز کاهش ظهور برگ چغندرقد در اثر تنش خشکی تأیید شده است (Kazakov et al. 1988). در تحقیقات محمدیان و همکاران (2005) ارتباط تعداد کل برگ با عملکرد نهایی شکر سفید قبل از رفع تنش اوایل فصل رشد و یک ماه بعد از رفع تنش تأیید شده است.

ضریب همبستگی طول و عرض برگ و طول و قطر دمبرگ با عملکرد ریشه به ترتیب ۰/۹۰، ۰/۸۱، ۰/۷۲ و ۰/۷۰ به دست آمد که به ترتیب در سطح احتمال یک، یک، پنج و پنج درصد معنی‌دار بودند. لذا می‌توان

منطقه و سه سال آزمایش، در یک گروه آماری قرار گرفتند و تغییرات صفت‌ها در این چهار نوبت با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. سایر زمان‌ها در ۱۰ گروه متفاوت آماری قرار گرفتند. با توجه به این‌که بررسی روابط همبستگی صفات مرفولوژیکی در مراحل اولیه رشد با عملکرد نهایی از اهمیت بیشتری برخوردار است، لذا ضریب همبستگی صفات مرفولوژیکی در این چهار زمان با عملکرد نهایی محاسبه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند (جدول ۴). نتایج حاصل از ضرایب همبستگی عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید در سه ژنوتیپ مورد بررسی (میانگین سه سال، دو منطقه و سه تکرار) با صفات مرفولوژیکی شامل تعداد برگ، میانگین طول و عرض برگ، میانگین طول و قطر دمبرگ، وزن خشک برگ، وزن خشک قسمت هوایی، شاخص سطح برگ (LAI)، وزن ویژه برگ (SLW)، میانگین طول و بزرگ‌ترین قطر ریشه ذخیره‌ای، وزن خشک ریشه ذخیره‌ای، نسبت وزن خشک قسمت هوایی به وزن خشک ریشه ذخیره‌ای (SRR)، وزن خشک کل و کارایی مصرف آب آبیاری برای تولید شکر سفید (WUE) در شرایط متفاوت تنش رطوبتی، در جدول ۴ نشان داده شده است. به جز وزن خشک برگ و طوقه و همچنین کارایی مصرف آب آبیاری برای تولید شکر سفید سایر صفات مورد بررسی با عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید همبستگی معنی‌دار داشتند. با توجه به این‌که در این آزمایش، ضریب همبستگی خطی عملکرد ریشه با عملکرد شکر سفید معنی‌دار به دست آمد ($r = 0.99, P < 0.01$) و از آن‌جا که عملکرد شکر

عملکرد شکر سفید در شرایط متفاوت تنش رطوبتی این دو صفت برای این سه ژنوتیپ می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (شکل ۱).

میانگین طول و قطر ریشه ذخیره‌ای نیز دارای همبستگی مثبت با عملکرد شکر سفید بود. ضرایب این همبستگی‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و به ترتیب معادل ۰/۸۶ و ۰/۸۷ بود (جدول ۴). اگرچه همبستگی وزن خشک ریشه ذخیره‌ای با عملکرد مثبت به دست آمد، اما ضریب این همبستگی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نبود. محمدیان و همکاران (2005) در تحقیقات خود مشاهده کردند که در شرایط تنش خشکی اوایل فصل رشد، ژنوتیپ‌هایی که وزن خشک ریشه ذخیره‌ای بیش‌تری در انتهای دوره تنش داشتند، معمولاً از عملکرد شکر سفید بیش‌تری نیز برخوردار بودند. همبستگی نسبت قسمت هوایی به ریشه ذخیره‌ای با عملکرد شکر سفید منفی و مقدار ضریب آن ۰/۸۳- بود ($P < 0.01$). به عبارت دیگر، هرچه نسبت قسمت هوایی به ریشه ذخیره‌ای در این سه ژنوتیپ در شرایط متفاوت تنش رطوبتی کم‌تر بود، عملکرد شکر سفید افزایش یافت. همان‌طور که در شکل یک مشاهده می‌شود، تغییرات نسبت وزن خشک هوایی به ریشه ذخیره‌ای در شرایط تنش ملایم نسبت به شرایط بدون تنش، کم ولی در شرایط تنش شدید نسبت به شرایط بدون تنش زیاد بود. در شرایط تنش خشکی، کاهش قسمت اندام هوایی نشان‌دهنده افزایش سازگاری با خشکی است (Stocker 1960). محمدیان و همکاران (2005) در شرایط تنش خشکی اوایل فصل

دریافت که در سه ژنوتیپ مورد بررسی، با افزایش تنش و کاهش عملکرد کلیه این صفات به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر قرار گرفتند. وزن خشک دمبرگ با عملکرد همبستگی نداشت. اگرچه بین عملکرد شکر سفید و شاخص سطح برگ همبستگی مثبت ($r = 0.83, P < 0.01$) مشاهده شد، اما بین عملکرد و وزن خشک برگ همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد. وزن خشک قسمت هوایی (برگ و دمبرگ) نیز همبستگی مثبت با عملکرد شکر سفید نشان داد ($r = 0.69, P < 0.05$). اسکات و جاگارد (Scott and Jaggard 1978) نشان دادند که محدودیت عمده عملکرد واقعی توانایی کانوبی برای جذب نور خورشید در اوایل فصل رشد است. همچنین محققین دیگر نیز تأیید کرده‌اند که به‌علت اثرات تنش خشکی بر پوشش گیاهی اوایل رشد، عملکرد نهایی کاهش می‌یابد (Draycott and Messer 1977; Draycott et al. 1974). در تحقیق دیگری نیز همبستگی مثبت عملکرد ریشه با حداکثر شاخص سطح برگ تأیید شد (Kazakov et al. 1988). وزن ویژه برگ با عملکرد شکر سفید دارای همبستگی منفی ($r = -0.90$) و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۵). به عبارت دیگر، در سه ژنوتیپ مورد بررسی با افزایش تنش ضمن کاهش عملکرد نسبت وزن به سطح برگ افزایش یافت و برگ به‌طور قابل توجهی ضخیم‌تر شد. با توجه به صفات مورد بررسی در ارتباط با برگ می‌توان نتیجه گرفت تعداد برگ و وزن ویژه برگ دارای همبستگی بیشتری با عملکرد شکر سفید هستند. به عبارت دیگر، برای پیش‌بینی عملکرد ریشه و

نمی‌توان با اندازه‌گیری صفات مرفولوژیکی پیش‌بینی کرد.

در بین صفات مرفولوژیکی مورد بررسی، تغییرات وزن ویژه برگ در دو شرایط تنش ملایم و شدید نسبت به شرایط بدون تنش بیش‌از سایر صفات بود (جدول ۵). به‌طوری که به‌طور متوسط در سه ژنوتیپ موردبررسی در شرایط تنش ملایم نسبت به شرایط بدون تنش، نسبت وزن به سطح برگ‌ها ۱/۲ برابر افزایش یافت. این نسبت در شرایط تنش شدید به ۱/۹ برابر افزایش یافت. این نتایج تأییدکننده اهمیت بررسی وزن ویژه برگ در آزمایش‌های مربوط به تنش خشکی در چغندرقد است. هنگ و میلر (1986) نیز نشان دادند که تغییرات وزن ویژه برگ به مقدار زیاد تحت تأثیر تنش است. رینالدی (Rinaldi 2003) گزارش کرد که اختلاف‌های معنی‌داری از نظر وزن ویژه برگ در شرایط بدون تنش آبیاری و شرایط آبیاری کم وجود دارد و تنش باعث افزایش وزن ویژه برگ می‌شود. وزن ویژه برگ نشان‌دهنده چگالی برگ یا ضخامت نسبی آن است. وزن ویژه برگ به‌وسیله محیط و مرحله رشد تحت تأثیر قرار می‌گیرد و لذا وسیله مفیدی برای مشخص کردن تکامل دستگاه فتوسنتزی گیاهان زراعی است. چند تحقیق در تیپ‌های مختلف گیاهی نشان داده است که وزن ویژه برگ ارتباط نزدیکی با مقدار نیتروژن برگ و ظرفیت فتوسنتزی دارد (Pierce et al. 1994). در مقابل، تغییرات وزن خشک برگ در دو شرایط تنش ملایم و شدید نسبت به شرایط بدون تنش بسیار کم‌تر از سایر صفات مورد بررسی بود. در این آزمایش، نسبت وزن خشک برگ در میانگین سه ژنوتیپ موردبررسی در

رشد، مشاهده کردند که تغییرات نسبت وزن خشک هوایی به وزن خشک ریشه ذخیره‌ای کم است. هنگ و میلر (Hang and Miller 1986) گزارش کردند که نسبت برگ به دم‌برگ و همچنین قسمت هوایی به ریشه ذخیره‌ای، به مقدار کم‌تر و دیرتر از سطح برگ، وزن ویژه برگ و رشد گیاه تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرند. در حالی که عبدالهیان نوقایی (Abdollahian-Noghabi 1999) از تحقیقات خود نتیجه گرفت به‌علت محدود شدن زیاد قسمت هوایی در شرایط تنش شدید خشکی اول فصل، نسبت ماده خشک قسمت هوایی به ماده خشک ریشه ذخیره‌ای به شدت کاهش می‌یابد. وزن خشک کل (بخش‌های هوایی و ریشه ذخیره‌ای) با عملکرد شکر سفید نیز دارای همبستگی مثبت ($r = 0.68, P < 0.01$) بود (جدول ۴).

کارایی مصرف آب برای تولید شکر سفید دارای ضریب همبستگی مثبت اما غیرمعنی‌دار با عملکرد ریشه ذخیره‌ای و شکر سفید بود. همان‌گونه که در جدول چهار مشاهده می‌شود، تنها صفت مرفولوژیکی که ضریب همبستگی معنی‌دار اما منفی با کارایی مصرف آب نشان داد، وزن خشک دم‌برگ بود ($r = -0.68, P < 0.05$)؛ اما سایر صفات مرفولوژیکی با این صفت مهم همبستگی نشان ندادند. با توجه به این که صفات مرفولوژیکی مورد بررسی در این سه ژنوتیپ در شرایط متفاوت تنش همبستگی کمی با کارایی مصرف آب برای تولید شکر نشان دادند، لذا می‌توان استنباط کرد که مقادیر کارایی مصرف آب را

تنش رطوبتی از بین صفات مرفولوژیکی مورد بررسی، از بخش قسمت هوایی تعداد برگ و وزن ویژه برگ و از ریشه ذخیره‌ای، طول و قطر آن و هم‌چنین نسبت وزن خشک قسمت هوایی به ریشه ذخیره‌ای در اوایل فصل رشد (حدود ۴۰ تا ۶۰ روز بعد از اولین آبیاری) همبستگی بهتری با عملکرد نهایی شکر سفید نشان دادند. لذا می‌توان امیدوار بود که جهت صرفه‌جویی در هزینه و زمان ممکن است با استفاده از صفات فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی در مراحل اولیه فصل رشد از بین مواد اصلاحی در شرایط تنش‌گزینه‌های اولیه برای انتخاب مواد اصلاحی مقاوم به خشکی را انجام داد. با وجود این، تحقیقات تکمیلی با استفاده از مواد اصلاحی بیشتر برای تأیید نتایج حاصل ضرورت دارد.

تشکر و قدردانی

از مدیریت مؤسسه تحقیقات چغندر قند به جهت حمایت‌های همه‌جانبه و هم‌چنین از کلیه همکاران که در اجرای این پژوهش از هیچ کوششی دریغ نکردند تشکر و قدردانی می‌شود. این پژوهش با استفاده از منابع مالی سازمان ترویج، آموزش و تحقیقات وزارت جهاد کشاورزی اجرا شد.

شرایط تنش رطوبتی ملایم و شدید نسبت به شرایط بدون تنش به ترتیب ۱ و ۰/۹ به دست آمد. این شرایط باعث شد همبستگی وزن خشک برگ با عملکرد شکر سفید در شرایط متفاوت تنش نیز معنی‌دار نشود. علت تغییرات کم وزن خشک برگ را به این ترتیب می‌توان توجیه کرد که در شرایط تنش رطوبتی، با وجود کاهش تعداد برگ‌ها (همان‌گونه که از تغییرات تعداد برگ و شاخص سطح برگ در شرایط متفاوت تنش می‌توان دریافت)، به علت ضخیم شدن برگ‌ها در مجموع تغییرات وزن خشک برگ کم‌تر محسوس بود. در واقع علت مهم تغییرات زیاد وزن ویژه برگ‌ها نیز به علت تغییرات کم وزن خشک آن‌ها به خاطر ضخیم‌تر شدن برگ‌ها در شرایط تنش و در مقابل کاهش نسبتاً زیاد شاخص سطح برگ در دو شرایط تنش ملایم و شدید نسبت به شرایط بدون تنش است.

در مجموع با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان استنباط کرد که چنانچه بخواهیم عکس‌العمل ژنوتیپ‌های مختلف را نسبت به تنش خشکی مورد ارزیابی قرار دهیم، نوع و شدت تنش خشکی بسیار مهم است و عدم توجه به این موضوع ممکن است محقق را در ارزیابی ژنوتیپ‌ها دچار اشتباه کند. در شرایط متفاوت

جدول ۱ میانگین ارتفاع آب مصرف شده طی فصل رشد در دو طرف سیستم آبیاری بارانی تک‌شاخه‌ای (متوسط سه سال آزمایش) در دو منطقه کرج و مشهد

تیمار	نیمه	میزان آب مصرف شده (میلی متر)		
		کرج	مشهد	میانگین
بدون تنش	چپ	۷۵۷	۸۵۵	۸۰۶
	راست	۸۱۸	۸۲۴	۸۲۳
تنش ملایم	چپ	۶۳۳	۶۶۷	۶۴۵
	راست	۶۱۳	۶۳۴	۶۲۵
تنش شدید	چپ	۴۳۲	۴۱۶	۴۲۴
	راست	۲۷۰	۳۳۴	۳۰۲

جدول ۲ تجزیه واریانس مرکب اثرات مرتبط با تنش رطوبتی بر صفات عملکرد ریشه، درصد قند و عملکرد شکر قابل استحصال در طول دوره تحقیق

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد ریشه	درصد قند	عملکرد شکر سفید
سال	۲	۱۵۴/۳۰ ^{NS}	۸۲/۲۲**	۱۵/۶۸*
مکان	۱	۳۷۸۴/۵۹ ^{NS}	۲۳۰/۶۲ ^{NS}	۲۱۱/۸۰*
مکان × سال	۲	۷۲۷۹/۴۷**	۳۰۰/۸۵**	۵۶/۱۵**
تکرار (مکان × سال)	۱۲	۷۵/۳۹ ^{NS}	۳/۸۵*	۳/۰۸*
ژنوتیپ	۲	۱۱۲/۱۴ ^{NS}	۲۳/۲۹*	۴/۲۱ ^{NS}
سال × ژنوتیپ	۴	۲۰/۱۹ ^{NS}	۱/۳۷ ^{NS}	۴/۹ ^{NS}
مکان × ژنوتیپ	۲	۴/۴۱ ^{NS}	۱/۳۶ ^{NS}	۱/۰۹ ^{NS}
مکان × سال × ژنوتیپ	۴	۲۱۳/۹۲ ^{NS}	۱/۳۵ ^{NS}	۶/۶۹ ^{NS}
تکرار × ژنوتیپ (مکان × سال)	۲۴	۱۰۸/۷۳ ^{NS}	۲/۴۱ ^{NS}	۳/۲۸**
آبیاری	۲	۱۱۲۱۳/۹۵**	۵/۳۷ ^{NS}	۲۰۶/۲۲**
آبیاری × سال	۴	۲۰۷/۶۱*	۵/۴۷*	۵/۹۴*
مکان × آبیاری	۲	۱۲۵۹/۸۷ ^{NS}	۳۴/۶۴**	۷۵/۹۴**
مکان × سال × آبیاری	۴	۲۵۷/۴۴*	۰/۷۸ ^{NS}	۳/۴۹ ^{NS}
تکرار × آبیاری (مکان × سال)	۲۴	۶۲/۴۳ ^{NS}	۱/۷۳ ^{NS}	۱/۸۷ ^{NS}
آبیاری × ژنوتیپ	۴	۱۴/۷۵ ^{NS}	۰/۸۷ ^{NS}	۰/۵۳ ^{NS}
سال × آبیاری × ژنوتیپ	۸	۱۶/۹۶ ^{NS}	۰/۶۳ ^{NS}	۰/۳۳ ^{NS}
مکان × آبیاری × ژنوتیپ	۴	۱۶/۶۱ ^{NS}	۰/۸۶ ^{NS}	۰/۶۸ ^{NS}
مکان × سال × آبیاری × ژنوتیپ	۸	۳۱/۰۸ ^{NS}	۰/۷۱ ^{NS}	۰/۶۳ ^{NS}
تکرار × آبیاری × ژنوتیپ (مکان × سال)	۴۸	۴۶/۴۵ ^{NS}	۱/۵۲ ^{NS}	۱/۰۷ ^{NS}
نیمه	۱	۱۱۱/۱۲ ^{NS}	۱/۳۰ ^{NS}	۰/۲۴ ^{NS}
سال × نیمه	۲	۶۴۰/۲۲**	۱/۶۱ ^{NS}	۱۰/۱۸**
مکان × نیمه	۱	۲/۳۸ ^{NS}	۲/۰۱ ^{NS}	۰/۱۴ ^{NS}
مکان × سال × نیمه	۲	۱۸۹/۶۱*	۱/۷۱ ^{NS}	۹/۳۶**
تکرار × نیمه (مکان × سال)	۱۲	۴۲/۲۶ ^{NS}	۱/۹۲ ^{NS}	۰/۹۴ ^{NS}
نیمه × ژنوتیپ	۲	۸۱/۴۱ ^{NS}	۰/۵۴ ^{NS}	۱/۱۶ ^{NS}
سال × نیمه × ژنوتیپ	۴	۷۷/۵۹ ^{NS}	۲/۱۰ ^{NS}	۲/۹۵ ^{NS}
مکان × نیمه × ژنوتیپ	۲	۷۴/۴۸ ^{NS}	۳/۱۳ ^{NS}	۱/۶۴ ^{NS}
مکان × سال × نیمه × ژنوتیپ	۴	۱۴۶/۲۶ ^{NS}	۳/۱۵ ^{NS}	۳/۸۲ ^{NS}
تکرار × نیمه × ژنوتیپ (مکان × سال)	۲۴	۸۱/۷۱ ^{NS}	۲/۲۹ ^{NS}	۰/۹۳ ^{NS}
نیمه × آبیاری	۲	۱۵۵/۷۶ ^{NS}	۱/۷۷ ^{NS}	۳/۹ ^{NS}
سال × نیمه × آبیاری	۴	۱۶۲/۳۱ ^{NS}	۱/۵۱ ^{NS}	۰/۶۲ ^{NS}
مکان × نیمه × آبیاری	۲	۸۶/۶۹ ^{NS}	۰/۲۳ ^{NS}	۰/۸۰ ^{NS}
مکان × سال × نیمه × آبیاری	۴	۱۶۰/۷۸ ^{NS}	۱/۲۱ ^{NS}	۱/۹۷*
تکرار × نیمه × آبیاری (مکان × سال)	۲۴	۶۶۳/۶۸ ^{NS}	۱/۴۶ ^{NS}	۰/۷۱ ^{NS}
نیمه × آبیاری × ژنوتیپ	۴	۱۹۱/۴۸ ^{NS}	۰/۵۹ ^{NS}	۱/۰۲ ^{NS}
سال × نیمه × آبیاری × ژنوتیپ	۸	۲۸۳/۸۳ ^{NS}	۰/۷۷ ^{NS}	۰/۴۳ ^{NS}
محل × نیمه × آبیاری × ژنوتیپ	۴	۱۴۳/۰۹ ^{NS}	۰/۶۶ ^{NS}	۰/۷۶ ^{NS}
مکان × سال × نیمه × آبیاری × ژنوتیپ	۸	۳۱۸/۲۰ ^{NS}	۰/۷۰ ^{NS}	۱/۰۰ ^{NS}
خطا	۴۸	۶۱/۰۵	۱/۶۶	۱/۴۱

NS و *، ** و *** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک و بدون اختلاف معنی دار

جدول ۳ میانگین عملکرد ریشه، درصد قند و عملکرد شکر سفید سه ژنوتیپ چغندر قند در برداشت نهایی در سطوح مختلف آبیاری (متوسط سه سال و دو منطقه کرج و مشهد)

ژنوتیپ	عملکرد ریشه (تن در هکتار)			درصد قند			عملکرد شکر سفید (تن در هکتار)				
	۷۱۱۲	7219-P29	BP-کرج	میانگین	۷۱۱۲	7219-P29	BP-کرج	میانگین	۷۱۱۲	7219-P29	BP-کرج
بدون تنش	۵۲/۵۰a*	۴۹/۵۸b	۵۰/۸۸a	۵۰/۹۹	۱۵/۹۱a	۱۵/۲۸b	۱۶/۱۲a	۱۵/۷۷	۶/۹۶a	۶/۲۹B	۶/۹۵a
تنش ملایم	۴۰/۳۰a	۳۷/۳۳b	۳۷/۸۶b	۳۸/۵۰	۱۶/۱۲a	۱۵/۷۰b	۱۶/۵۳a	۱۶/۱۲	۵/۱۴a	۴/۶۸b	۵/۰۸a
تنش شدید	۲۱/۶۳a	۲۱/۳۳a	۲۲/۳۳a	۲۱/۷۷	۱۶/۶۵a	۱۵/۷۴b	۱۶/۸۸a	۱۶/۴۳	۲/۷۷a	۲/۵۹a	۲/۹۲a
میانگین	۳۸/۱۴	۳۶/۰۸	۳۷/۰۲	۳۷/۰۲	۱۶/۵۱	۱۶/۲۳	۱۶/۵۱	۱۶/۵۱	۴/۹۹	۴/۵۲	۴/۹۹

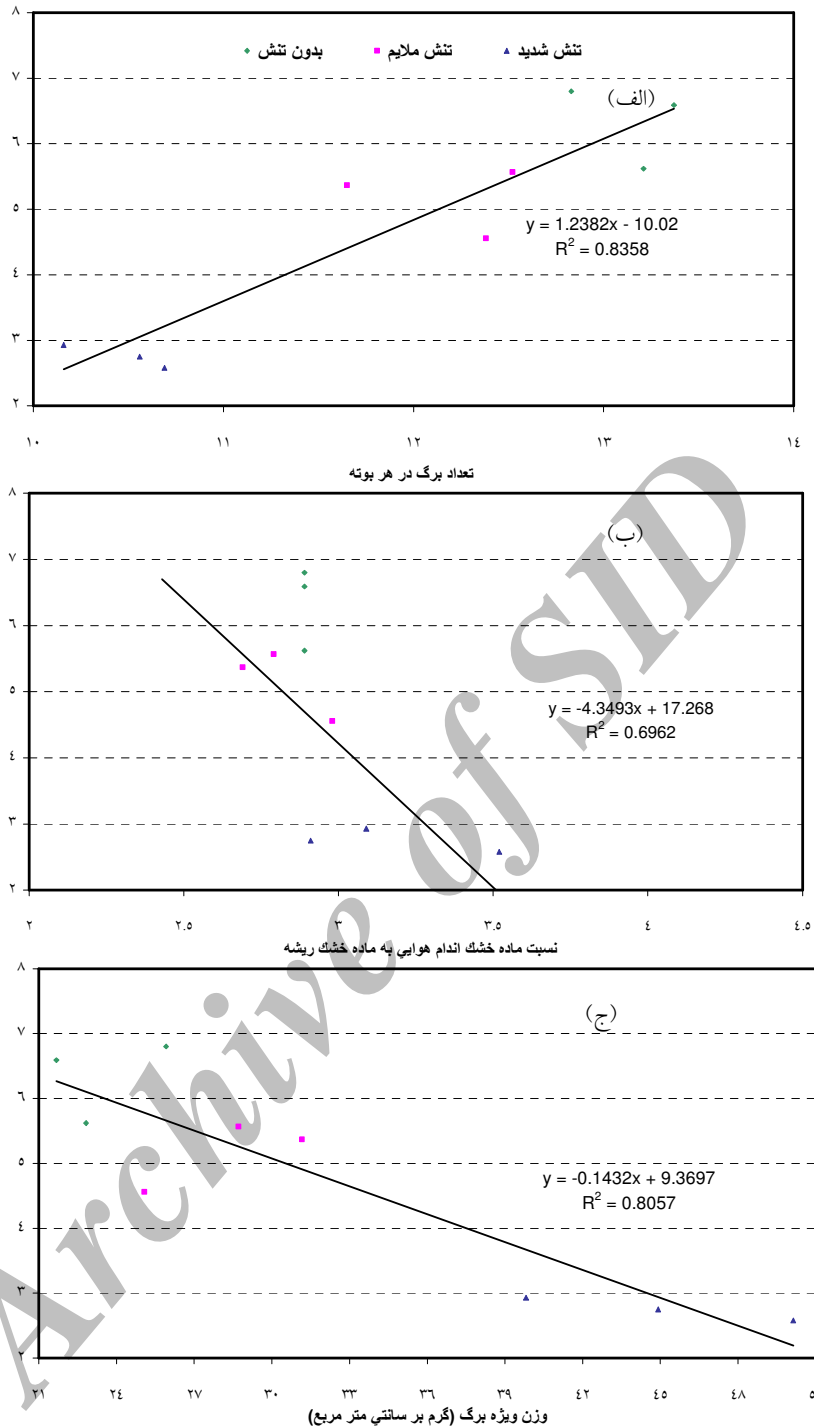
* اعداد دارای حروف مشابه از نظر آماری در سطح ۵ درصد اختلاف معنی دار ندارند.

جدول ۴ ضرایب همبستگی عملکرد ریشه، عملکرد شکر سفید و کارایی مصرف آب برای تولید شکر سفید در سه ژنوتیپ چغندر قند (متوسط سه سال و دو منطقه) با برخی صفات مرفولوژیکی اوایل فصل رشد در شرایط متفاوت تنش رطوبتی مداوم (کرج و مشهد در سه سال ۸۲-۱۳۸۰)

صفات مرفولوژیکی و زراعی	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	عملکرد شکر سفید (تن در هکتار)	کارایی مصرف آب برای تولید شکر سفید (کیلوگرم بر مترمکعب)
تعداد برگ	۹۵۵۹۶	۰/۹۱۴۲۲	۰/۰۰۹۳۰
	(۰/۰۰۰۱) ^۴	(۰/۰۰۰۶)	(۰/۹۸۱۰)
متوسط طول برگ	۰/۹۲۴۳۰	۰/۸۹۶۰۸	۰/۰۳۳۶۶
	(۰/۰۰۰۴)	(۰/۰۰۱۱)	(۰/۹۳۱۵)
متوسط عرض برگ	۰/۸۴۲۳۷	۰/۸۰۶۳۲	-۰/۰۷۰۹۷
	(۰/۰۰۴۴)	(/۰۰۸۷)	(۰/۸۵۶۰)
متوسط طول دمبرگ	۰/۸۰۵۵۵	۰/۷۱۸۹۰	-۰/۲۹۷۸
	(۰/۰۰۸۸)	(۰/۰۲۹۱)	(۰/۴۳۶۳)
متوسط قطر دمبرگ	۰/۷۰۹۲۳	۰/۶۹۹۱۳	۰/۱۱۵۸۱
	(۰/۰۳۳۴)	(۰/۰۳۶۱)	(۰/۷۶۶۷)
وزن خشک برگ	۰/۱۷۷۷۸	۰/۱۱۱۷۰	-۰/۴۴۳۸۸
	(۰/۶۴۷۲)	(۰/۷۷۴۸)	(۰/۲۳۱۴)
وزن خشک قسمت هوایی	۰/۷۴۷۴۶	۰/۶۹۰۲۲	-۰/۲۳۸۶۰
	(۰/۰۲۰۶)	(۰/۰۳۹۶)	(۰/۵۳۶۴)
شاخص سطح برگ	۰/۹۰۳۶۷	۰/۸۳۱۶۸	-۰/۱۶۷۴۳
	(۰/۰۰۰۸)	(۰/۰۰۵۴)	(۰/۶۶۶۸)
وزن ویژه برگ	-۰/۹۲۶۸۲	-۸۹۷۶۱	-۰/۱۳۵۱۱
	(۰/۰۰۰۴)	(۰/۰۰۱۱)	(۰/۷۲۸۹)
متوسط طول ریشه ذخیره‌ای	۰/۹۰۳۸۴	۰/۸۵۷۳۹	۰/۰۴۱۷۷
	(۰/۰۰۰۸)	(/۰۰۳۱)	(۰/۹۱۵۰)
متوسط قطر ریشه ذخیره‌ای	۰/۹۲۲۷۳	۰/۸۷۴۱۷	-۰/۰۷۲۰۷
	(۰/۰۰۰۴)	(۰/۰۰۲۱)	(۰/۸۵۳۵)
وزن خشک طوقه	۰/۱۳۹۳۳	۰/۰۲۹۹۷	-۰/۶۷۴۵۹
	(۰/۷۲۰۷)	(۰/۹۳۹۰)	(۰/۰۴۶۲)
وزن خشک ریشه ذخیره‌ای	۰/۵۹۵۸۱	۰/۵۸۶۴۶	-۰/۰۱۰۹۳
	(۰/۰۹۰۴)	(۰/۰۹۶۹)	(۰/۹۷۷۸)
نسبت وزن خشک قسمت هوایی به وزن خشک ریشه ذخیره‌ای	-۰/۷۸۳۳۱	-۰/۸۳۴۳۶	-۰/۵۷۳۳۸
	(۰/۰۱۲۵)	(۰/۰۰۵۲)	(۰/۱۰۶۵)
وزن خشک کل	۰/۷۲۴	۰/۶۷۹	-۰/۱۷۸
	(۰/۰۲۴)	(۰/۰۴)	(۰/۶۴۶)
عملکرد ریشه	۱	۰/۹۸۶۷۹	۰/۱۶۷۹۶
		(۰/۰۰۰۱)	(۰/۴۲۹۶)
عملکرد شکر سفید	۰/۹۸۶۷۹	۱	۰/۳۰۲۰۰
	(۰/۰۰۰۱)		(۰/۴۲۹۶)
کارایی مصرف آب برای تولید شکر سفید	۰/۱۶۷۹۶	۰/۳۰۲۰۰	۱
	(۰/۶۶۵۸)	(۰/۴۲۹۶)	

a اعداد داخل پرانتز سطح معنی داری را نشان می دهد.

عملکرد شکر سفید (تن در هکتار)



شکل ۱ رابطه همبستگی بین عملکرد شکر سفید در برداشت نهایی با (الف) تعداد برگ، (ب) وزن ویژه برگ و (ج) نسبت ماده خشک اندام هوایی به ماده خشک ریشه ذخیره‌ای طی اوایل فصل رشد برای سه ژنوتیپ چغندر‌قند تحت شیب تنش خشکی (متوسط سه سال در دو منطقه).

جدول ۵ میانگین برخی صفات مرفولوژیکی اوایل فصل رشد سه ژنوتیپ چغندر قند (متوسط سه سال و دو منطقه) در شرایط متفاوت تنش رطوبتی طی سه سال (۱۳۸۰-۱۳۸۲) در کرج و مشهد

صفات مرفولوژیکی و زراعی			آبیاری	
	تنش ملایم	تنش شدید	تنش ملایم	تنش شدید
تعداد برگ در هر بوته	۱۳/۱۴	۱۲/۱۸	۱۲/۱۸	۱۰/۴۷
میانگین طول برگ (سانتی متر)	۱۲/۰۲	۹/۹۱	۹/۹۱	۷/۷۲
میانگین عرض برگ (سانتی متر)	۷/۰۷	۵/۵۸	۵/۵۸	۴/۴۱
میانگین طول دمبرگ (سانتی متر)	۱۰/۴۴	۹/۹۳	۹/۹۳	۷/۷۷
میانگین قطر دمبرگ در هر بوته (سانتی متر)	۰/۵۵	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۳۶
وزن خشک برگ (گرم بر مترمربع)	۱۷/۲۸	۱۷/۶۵	۱۷/۶۵	۱۶/۴۸
وزن خشک اندام هوایی (گرم بر مترمربع)	۳۵/۳۳	۳۱/۱۵	۳۱/۱۵	۲۶/۵۰
شاخص سطح برگ	۰/۷۴	۰/۶۳	۰/۶۳	۰/۳۷
وزن ویژه برگ (گرم بر مترمربع)	۲۳/۴۷	۲۸/۳۱	۲۸/۳۱	۴۴/۹۵
میانگین طول ریشه ذخیره‌ای (سانتی متر)	۱۷/۴۴	۱۶/۹۱	۱۶/۹۱	۱۴/۴۵
میانگین قطر ریشه ذخیره‌ای (سانتی متر)	۲/۲۲	۲/۰۸	۲/۰۸	۱/۶۲
وزن خشک طوقه (گرم بر مترمربع)	۹/۳۸	۹/۸۹	۹/۸۹	۹
وزن خشک ریشه ذخیره‌ای (گرم بر مترمربع)	۱۶/۱۴	۱۵/۳۳	۱۵/۳۳	۱۳/۴۱
نسبت وزن خشک قسمت هوایی به وزن خشک ریشه ذخیره‌ای	۲/۶۴	۲/۸۲	۲/۸۲	۳/۱۷
وزن خشک کل (گرم بر مترمربع)	۵۱/۴۷	۴۶/۴۸	۴۶/۴۸	۳۹/۹۱

References:

منابع مورد استفاده:

- حیبی د. ۱۳۷۲. انتخاب پروژنی‌های مقاوم به خشکی و شوری چغندر قند در مرحله جوانه اولیه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج.
- خورشید، ع. ۱۳۷۹. مقایسه خصوصیات کمی و کیفی ارقام چغندر قند در شرایط تنش شوری و خشکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج.
- کوچکی، ع. حسینی، م و نصیری محلاتی، م. ۱۳۷۶. رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- محمدیان، ر. صادقیان مطهر، س. ی. مقدم، م و رحمان، ح. ۱۳۸۱. ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی در تشخیص ژنوتیپ‌های چغندر قند تحت شرایط تنش خشکی اوایل فصل رشد. مجله چغندر قند، شماره ۱۸: ۵۱-۳۹.
- مقدم، م. محمدی، س. ا و آقائی سربرز، م. ۱۳۸۸. آشنایی با روش‌های آماری چند متغیره (ترجمه) ویراستاری سوم. انتشارات پریور.
- Abdollahian-Noghabi M (1999) Ecophysiology of sugar beet cultivars and weed species subjected to water deficit stress. Ph. D. Thesis, The University of Reading, P 227.

- Draycott AP, Durrant MJ, Messemer AB (1974) Effect of plant density, irrigation and potassium and sodium fertilizers on sugar beet. II. Influence of soil moisture and weather. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 82: 261-268.
- Draycott AP, Messemer AB (1977) Response of sugar beet to irrigation 1965-1975. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 89: 481-493.
- FAO (2008) Crop Water Information: Sugarbeet. Water Development and Management Unit, FAO, Rome, Italy. http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_sugarbeetprint.html
- Hang AN, Miller DE (1986) Sugar beet development and partitioning to root growth. *Agron. J.* 78: 15-18.
- Hanks RJ, Keller J, Rasmussen VP, Wilson GD (1976) Line-source sprinkler for continuous variable irrigation – crop production studies. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40: 426-429.
- Hanks RJ, Visson DV, Hurst RL, Hubbard KG (1980) Statistical analysis of results from irrigation experiments using the line source sprinkler system. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 886-888.
- Kazakov EA, Kazakova SM, Gulyaev BI (1988) Effect of soil moisture on formation and necrosis of sugar beet leaf apparatus. *Fiziologiya i Biokhimiya Kul, Turnykh, Rastanii* 20: 431-438.
- Kunz M, Martin D, Puke H (2002) Precision of beet analyses in Germany explained for polarization. *Zuckerindustrie* 127: 13-21.
- Lorenzetti MC, Pandolfi AM, Bolli P (1991) Ecological aspects of the cultivation of sugar beet [*Beta vulgaris* L. Var. *Saccharifera* L.] in Umbria. *Annali della Facoltà di Agraria Università, Italy.*
- Mohammadian R, Khoiyi FR, Rahimian H, Moghadam M, Ghassemi-Golezani K, Sadeghian SY (2001) The effect of early season drought on stomatal conductance, leaf-air temperature difference and proline accumulation in sugar beet genotypes. *J. Agri. Sci. and Techno.* 3: 181-193.

- Mohammadian R, Moghadam M, Rahimian H, Sadeghian SY (2005) Effect of early season drought stress on growth characteristics of sugar beet genotypes. *Turk. J. Agri. and For.* 29: 357-368.
- Mohammadian R, Rahimian H, Moghadam M, Sadeghian SY (2003) The effect of early season drought on chlorophyll a fluorescence in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) *Pak. J. Biolo. Sci.* 6: 1263-1769.
- Morillo-Velarde R, Ober ES (2006) Water use and irrigation. In: Draycott AP (Ed.) *Sugar Beet*. Blackwell Publishing, pp 221-255.
- Ober ER, Le Bloa M, Clark CJA, Royal A, Jaggard KW, Pidgeon JD (2005) Evaluation of physiological traits as indirect selection criteria for drought tolerance in sugar beet. *Field Crops Res.* 91: 231-249.
- Pierce LL, Running SW, Walker J (1994) Regional scale relationships of leaf area index to specific leaf area and nitrogen content. *Ecol. Applic.* 4: 313-320.
- Rinaldi M (2003) Variation of specific leaf area for sugar beet depending on sowing date and irrigation. *Italian J. Agron.* 7: 23-32.
- Sadeghian SY, Fazli H, Mohammadain R, Taleghani DF, Mesbah M (2000) Genetic variation for drought stress in sugar beet. *J. Sugar Beet Res.* 37: 55-78.
- Scott RK, Jaggard KW (1978) Theoretical criteria for maximum yield. *Proceedings of the 41st Winter Congress, Institut International de Recherches. Betteravieres*, pp. 179-198.
- Sezen SM, Yazar A (2006) Wheat yield response to line-source sprinkler irrigation in the arid Southeast Anatolia region of Turkey. *Agri. Water Management* 81: 59-76.
- Stocker O (1960) Physiological and morphological changes in plants due to water deficiency. In: *Plant water relationships in arid and semiarid conditions. Arid Zone Res. Rev. Res., UNESCO, Paris*, 15: 63-104.
- Uçan K, Gençoğlu C (2004) The effect of water deficit on yield and yield components of sugar beet. *Turk. J. Agric. For.* 28: 163-172.
- Vulkan-Levy R, Ravina I, Mantell A, Frenkel H (1998) Effect of water supply and salinity on pima cotton. *Agri. Water Management* 37: 121-132.