

واکنش ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند به تنش کم آبیاری

Response of different sugar beet genotypes to water deficit stress

محمدنی ایلکایی^۱، پیمان فروزش^۱، داود حبیبی^۲، داریوش طالقانی^۳ و اباذ رجیبی^۳

تاریخ دریافت: ۹۵/۴/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۷/۲۴

م.ن. ایلکایی، پ. فروزش، د. حبیبی، د. طالقانی و ا. رجیبی. ۱۳۹۵. واکنش ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند به تنش کم آبیاری. چغندر قند، ۳۲(۲): ۱۳۵-
DOI:10.22092/jsb.2016.107054.۱۴۶

چکیده

به منظور بررسی جنبه‌های فیزیولوژیکی تنش کم آبی بر صفات مهم ۱۴ ژنوتیپ چغندر قند آزمایش دو ساله ای در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند در کمالشهر کرج اجرا شد. سطوح آبیاری در این آزمایش در دو سطح (S1: آبیاری نرمال پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از طشتک کلاس A و S2: تنش کم آبی پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از طشتک کلاس A) بود که از طریق تغییر در دور آبیاری اعمال شد. آبیاری از زمان کشت تا استقرار کامل گیاه (مرحله شش تا هشت برگی) برای کلیه تیمارها مشابه و از این مرحله به بعد بر اساس میزان تبخیر از طشتک تبخیر کلاس A برای هر تیمار انجام شد. بیشترین عملکرد ریشه به ژنوتیپ‌های SBSIDR-5، SBSIDR-8 و SBSIDR-14 و کمترین میزان به ژنوتیپ SBSIDR-2 تعلق داشت، هر چند که تمامی ژنوتیپ‌ها در یک گروه آماری قرار گرفتند. همچنین اثرات سال بر میزان پتاسیم و سدیم ریشه معنی‌دار شد. سدیم در ژنوتیپ‌های ۵، ۱ و ۷ در کمترین میزان خود قرار داشت و ژنوتیپ ۴ از بالاترین میزان برخوردار بود. ژنوتیپ ۴ از لحاظ سدیم نسبت به ژنوتیپ‌های ۱، ۵، ۶، ۷، ۹ و ۱۰ در گروه آماری متفاوت قرار گرفت. با توجه به جمیع جهات، ژنوتیپ ۵ (SBSIDR-5) به عنوان گرده افشان برتر انتخاب شد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، چغندر قند، ژنوتیپ، سدیم و پتاسیم، عملکرد ریشه، عیار قندخالص

۱ - استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، کرج، ایران. * نویسنده مسئول mn64_ilkaee@yahoo.com

۲ - دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، کرج، ایران.

۳ - دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

مقدمه

به خشکی در مراحل رشد برخوردار باشند، شناسایی و معرفی نمود، ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب می‌توان به توسعه و بهبود کشاورزی در کشور امیدوار بود.

یکی از گیاهان زراعی مهم مقاوم به کم‌آبی، چغندر قند می‌باشد (Scott and Jaggard, 1993; Hills *et al.* 1990).

از اوایل قرن نوزدهم به دلیل نقش حیاتی چغندر قند در تأمین بخشی از نیازهای غذایی بشر، توجه ویژه‌ای به کاشت این گیاه معطوف شده است. محصول اصلی چغندر قند شکر است که بخش مهمی از انرژی مورد نیاز بدن انسان را تأمین می‌کند (Mohammad Goltapeh 1999). محصولات فرعی چغندر قند ملاس و تفاله می‌باشند. در ایران مصرف سرانه قند و شکر در حدود ۲۹/۶ کیلوگرم و در جهان ۱۹/۸ کیلوگرم می‌باشد. هم‌چنین مصرف سالانه قند و شکر در کشورمان حدود دو میلیون تن است که ۷۰ درصد آن در داخل تولید می‌گردد و بقیه از کشورهای دیگر وارد می‌شود (Taleghani *et al.* 2010). مدیریت‌های زراعی و استراتژی تولید در زراعت نباتات قندی بر اساس میزان قند قابل استحصال در واحد سطح طراحی می‌شود. تنظیم شرایط رشد برای دستیابی به حداکثر ساکارز از دو طریق امکان‌پذیر است: الف) افزایش مقدار محصول خام بر اساس عملکرد ساقه در نیشکر و عملکرد ریشه در چغندر قند، ب) افزایش کیفیت محصول از طریق بالا بردن درصد ساکارز و کاهش مواد مضره از قبیل نیتروژن، سدیم و پتاسیم در شربت که با جلوگیری از کریستالیزه شدن ساکارز قابلیت استحصال آن را کاهش می‌دهد (Naderi *et al.* 1990; Eck *et al.* 1998). شرایط زراعی و محیطی در دوره رشد رویشی و تا پیش از مرحله تجمع ساکارز در ریشه، عملکرد کمی اولیه یعنی محصول ریشه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در حالی که تنظیم برنامه‌های زراعی برای توقف یا محدودیت رشد با تغییر در روابط منبع-مخزن و افزایش سنتز و ذخیره ساکارز

خشکی یکی از عمده‌ترین محدودیت‌ها برای تولید موفق محصولات زراعی در ایران و جهان است. ایران در پهنه اقلیمی خشک و نیمه‌خشک دنیا قرار گرفته و میزان تبخیر آن نسبت به میانگین بارندگی بسیار زیاد است. از ۴۱۳ میلیارد مترمکعب آب حاصل از بارندگی سالیانه ۷۱ درصد آن مستقیماً تبخیر شده و در چرخه تولیدات کشاورزی به جز در نواحی محدود دیمکاری نقشی ندارد. مقدار آب قابل استحصال در کشور سالیانه ۱۳۲ میلیارد مترمکعب تخمین زده شده که از طریق آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌تواند در جهت مصارف کشاورزی، صنعتی و بهداشتی مصرف شود (Anonymous 2010). نیاز شدید به تأمین مواد غذایی برای جمعیت رو به رشد و ایجاد امنیت غذایی ایجاب می‌کند که در حد امکان میزان تولیدات کشاورزی در کشور افزایش یابد، لذا نیاز به برنامه‌ریزی دقیق‌تر برای استفاده بهینه از منابع آب موجود به ویژه در مصرف کشاورزی که قسمت عمده مصرف منابع آب کشور را تشکیل می‌دهد احساس می‌گردد (Koocheki *et al.* 2003). کم‌آبیری یک راهکار بهینه برای به عمل آوردن محصولات تحت شرایط کمبود آب است. کم‌آبیری اگرچه موجب کاهش عملکرد می‌گردد، اما بایستی در نظر داشت که کاهش عملکرد بستگی به زمان اعمال تنش کم‌آبیری دارد. کم‌آبیری ممکن است علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف آب، دارای منافی برای محصول باشد. به طور مثال باعث کاهش بیماری‌ها و آفات می‌گردد. هم‌چنین آبشویی کودها از منطقه ریشه را به حداقل رسانده و تهویه خاک را بهبود می‌بخشد. گیاهان زراعی مختلف ممکن است عکس‌العمل‌های متفاوتی در مقابل کم‌آبیری و در نتیجه تنش کم‌آبی از خود نشان دهند (Khirabi 1995). اگر به توان با بهره‌گیری از برنامه‌های اصلاحی ارقامی از چغندر قند را که از مقاومت بیشتری نسبت

سیستم ریشه‌ای عمیق قادر به استفاده از ذخایر عمیق رطوبتی در خاک می‌باشد (Winter 1980). مقاومت به خشکی معمولاً با عملکرد گیاه تحت تنش کم‌آبی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، اما به علت تأثیرپذیری سایر صفات در شرایط تنش، این صفت به تنهایی نمی‌تواند نشان دهنده مقاومت به خشکی ژنوتیپ‌ها باشد (Fisher and Maurer 1978). لذا بهتر است که در برنامه‌های اصلاحی، صفات مقاومت به خشکی ژنوتیپ‌ها شناسایی گردیده و هدایت برنامه‌ها براساس عملکرد و سایر صفات مهم انجام پذیرد. بنابر این عقیده فیشر و مائورر (Fisher and Maurer 1978) تنها از روی یک ویژگی نمی‌توان واکنش به خشکی را در گیاه ارزیابی نمود و توفیق در این مورد منوط به اعمال چندین ملاک انتخاب در این کار می‌باشد (Blum 1998; Acevedo and Ceccarelli 1989). ویژگی‌هایی که باعث مقاومت به خشکی می‌گردند تحت کنترل ژن‌ها بوده و به نظر می‌رسد هر یک از این صفات به تنهایی دارای اثرات محدودی یا نسبتاً کمی بر بهبود تولیدات گیاهی، مقاومت به خشکی و عملکرد در شرایط تنش داشته باشد (Acevedo 1991; Fisher and Maurer 1978). بر این اساس بررسی این ویژگی‌ها در شرایط اعمال تنش خشکی ضروری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل اجرای آزمایش

این تحقیق در طی سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در ایستگاه تحقیقاتی مهندس مطهری مؤسسه تحقیقات چغندر قند واقع در کمالشهر کرج با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۷۵ دقیقه شرقی و به ارتفاع ۱۳۱۳ متر بالاتر از سطح دریا اجرا شد. این منطقه با

منجر به افزایش درصد قند می‌شود (Eck et al. 1990). هرچند چغندر قند گیاهی نسبتاً متحمل به تنش خشکی است، اما ثبات بالای آنها تنها در شرایط آبیاری به دست می‌آید (Koocheki et al. 2003; Scott and Jaggard 1993; Russell et al. 1971). آبیاری علاوه بر این که ظرفیت چغندر قند را بطور مثبت تحت تأثیر قرار می‌دهد موجب کاهش مواد مضره نظیر نیتروژن سدیم و پتاسیم در ریشه شده و برای افزایش عملکرد قند حائز اهمیت است. از طرف دیگر آبیاری بیش از حد می‌تواند به علت ماندابی و یا آبشویی، افزایش شیوع آفات، بیماری‌ها و دشواری‌های برداشت عملکرد را کاهش دهد (Koocheki et al. 2003; Scott and Jaggard 1993). آبیاری کم در مقاطعی از دوران رشد علاوه بر این که بازده استفاده از آب را در شرایطی مانند شرایط ایران که کمبود آب مواجه است، بالا می‌برد گاهی نیز سبب ایجاد تنش در گیاه می‌شود که بر اثر آن پارهای تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، متابولیکی و حتی ژنتیکی در گیاه را بروز می‌کند. بنابراین از این طریق می‌توان انتقال مواد غذایی را در سیستم گیاهی به صورت هدفمند جهت دهی نمود. به طور مثال با ایجاد تنش آبی در آخر فصل رشد، درصد قند در چغندر قند، نیشکر و انگور را می‌توان افزایش داد (Khirabi 1995). طبق گزارشات داتون و بولر (Dutton and bowler 1984) چغندر قند نسبت به سیب‌زمینی متحمل‌تر به تنش کم‌آبی می‌باشد. همچنین حساسیت کمتر آن به تنش کم‌آبی در مراحل مختلف رشد در مقایسه با برخی از گیاهان دانه‌ای نظیر سورگوم دانه‌ای (Winter 1980) و لوبیا (Salter and Good 1967) نیز گزارش شده است. طولانی بودن دوره رشد چغندر قند موجب می‌شود که این گیاه با بهبود وضعیت رطوبتی خاک امکان بازیافت داشته باشد. همچنین این گیاه زراعی برخلاف گیاهان دانه‌ای فاقد دوره بحرانی زایشی بوده و به علت داشتن

تیمارهای مورد آزمایش

این تحقیق به صورت کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد.

تیمارهای آزمایش متناسب به کرت‌های اصلی شامل دو سطح آبیاری S1؛ آبیاری نرمال به صورت تبخیر پس از ۸۰ میلی‌متر از طشتک کلاس A و S2؛ تنش کم آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از طشتک کلاس A بود که از طریق تغییرات در دور آبیاری اعمال شد. آبیاری از زمان کشت تا استقرار کامل گیاه (مرحله شش تا هشت برگه) برای کلیه تیمارها یکسان اجرا گردید و از این مرحله به بعد بر اساس میزان تبخیر از طشتک تبخیر کلاس A طبق تعریف تیمارها انجام شد. تیمار دیگر که در کرت‌های فرعی قرار داشته شامل ۱۴ ژنوتیپ چغندر قند بودند که اسامی و مشخصات آن در جدول ۲ ارائه شده‌اند. هر کرت فرعی شامل چهار خط کشت به مساحت ۱۹/۶ مترمربع بود.

جدول ۲ شجره و کد ژنوتیپ‌های چغندر قند مورد بررسی در سال ۱۳۸۸-۸۹ در کرج

ردیف	کد ژنوتیپ	اورژین	مشخصات
۱	SBSIDR-1	BP Mashad	مولتی ژرم دیپلوئید
۲	SBSIDR-2	BP mashad * (7112*261)	منورژم دیپلوئید
۳	SBSIDR-3	BPM-S2	مولتی ژرم دیپلوئید
۴	SBSIDR-4	BPM-S2 * (7112*261)	منورژم دیپلوئید
۵	SBSIDR-5	BPM-S2	مولتی ژرم دیپلوئید
۶	SBSIDR-6	BPM-S2 * (7112*261)	منورژم دیپلوئید
۷	SBSIDR-7	BPM-S2	مولتی ژرم دیپلوئید
۸	SBSIDR-8	BPM-S2 * (7112*261)	منورژم دیپلوئید
۹	SBSIDR-9	IR7 (Tolerant check)	منورژم دیپلوئید
۱۰	SBSIDR-10	Jolge (Intolerant check)	منورژم دیپلوئید
۱۱	SBSIDR-11	SBSIDRI-HSF-14.P 32	مولتی ژرم دیپلوئید
۱۲	SBSIDR-12	SBSIDRI-HSF-14.P * (436*231) 32	منورژم دیپلوئید
۱۳	SBSIDR-13	BPKaraj	مولتی ژرم دیپلوئید
۱۴	SBSIDR-14	IR01MSFD1 * BP Karaj	منورژم دیپلوئید

داشتن ۱۸۰ - ۱۵۰ روز و گاهی تا ۲۰۰ روز خشک در طول سال و زمستان سرد و مرطوب و تابستان گرم و خشک، جزء مناطق آب و هوایی مدیترانه‌ای گرم با رژیم رطوبتی خشک و با داشتن زمستان سرد و مرطوب و تابستان گرم و خشک جزو مناطق نیمه خشک محسوب می‌شود. متوسط ۳۵ ساله بارندگی در منطقه برابر ۲۴۸ میلی‌متر و حداقل و حداکثر میزان بارندگی سالیانه طی این دوره به ترتیب ۲۴۰ و ۳۰۰ میلی‌متر گزارش شده است. بیشترین میزان ریزش باران در اواخر پاییز و اوایل بهار صورت می‌گیرد. اطلاعات مربوط به میزان بارندگی ماهانه در طول فصل کاشت تا برداشت این تحقیق طی سال ۱۳۸۸ در جدول ۱ درج شده است. حداکثر مطلق، حداقل مطلق و متوسط درجه حرارت منطقه بر اساس آمار ۳۰ ساله ایستگاه هواشناسی کرج به ترتیب ۴۰+، ۱۸- و ۱۳/۵+ درجه سانتی‌گراد است. خاک محل اجرای طرح، خاک با بافت خیلی سنگین و وجود لایه‌ای سخت و فشرده در زیر لایه سطحی و جزء خاک‌های قهوه‌ای آهکی می‌باشد. پس از آماده شدن زمین و قبل از اجرای آزمایش و افزودن هر گونه کودی به خاک، از دو عمق ۰-۳۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متر به روش تصادفی از چند نقطه مزرعه نمونه خاک تهیه و با مخلوط کردن نمونه‌های هر عمق نمونه‌ای مرکب برای هر عمق تهیه و جهت تجزیه کامل به آزمایشگاه شیمی خاک مؤسسه تحقیقات چغندر قند ارسال شد.

جدول ۱ مقدار بارندگی ماهانه در طول دوره رشد (بر حسب میلی‌متر) (کرج ۱۳۸۸)

فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان
۴۲/۲	۴۳/۵	۲/۵	۳/۵	۰	۲۹/۷	۵۲/۲	۳۵/۸

نمونه‌گیری و روش آن

عملیات نمونه‌گیری جهت تعیین عملکرد ریشه، عملکرد قندخالص، عیار قند، پتاسیم و سدیم جهت تعیین اختلافات موجود بین تیمارهای مختلف آزمایش انجام شد. از چهار ردیف کشت شده هر کرت فرعی دو ردیف طرفین به عنوان حاشیه کرت، در نظر گرفته شد و دو ردیف وسط برداشت شد.

تیمار آبیاری

اعمال تیمارهای آبیاری با اندازه‌گیری میزان تبخیر از سطح تشتک تبخیر اعمال شد. هر کرت آزمایشی به طور مستقل از دیگر کرت‌ها به صورت نشتی و کرت بسته آبیاری شد. تیمارهای آبیاری نیز با دو سطح شامل آبیاری نرمال (پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک) و آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A انجام شد. میزان آب وارد شده به کرت در هر نوبت آبیاری نیز با استفاده از پارشال فلوم اندازه‌گیری گردید.

تجزیه شیمیایی ریشه

از ریشه‌های جدا شده از اندام‌هوایی پس از شستشوی کامل، توسط دستگاه نمونه‌گیر، خمیر ریشه (Pulp) تهیه شد، سپس تجزیه ریشه و اندازه‌گیری عوامل کیفی در آن به وسیله دستگاه بتالایزر مدل D-۳۰۱۶ انجام گرفت. عیار قند و ناخالصی‌های موجود در ریشه (مقادیر پتاسیم و سدیم) توسط دستگاه بتالایزر و به روش فلیم فتومتری اندازه‌گیری شد. برای به دست آوردن درصد قندملاس از معادله زیر استفاده شد (Dutton and Bowler 1984; Nasiri Mahallati 2000).

$$\%MS=0.343(K+Na)+0.094(a-\text{amin}-N)-0.29a$$

درای کوت و همکاران (Draycott et al. 1973)

برای این منظور معادله زیر را پیشنهاد کردند:

$$\%MS=0.175k+0.13Na+0.215(a-\text{amin o-nitrogen})$$

در این معادلات مقادیر پتاسیم و سدیم و نیتروژن مضره بر حسب میلی‌اکی‌والان در یکصد گرم ریشه چغندر قند می‌باشد.

درصد قندخالص یا درصد قند قابل استحصال از تفاضل درصد قند ناخالص (pol) و درصد قندملاس به دست آمد.

$$\%WSC = \%SC - \%MS$$

اندازه‌گیری درصد قندناخالص (عیار قند) (SC)

درصد قندناخالص یا عیار چغندر قند شامل درصد قند قابل استحصال به علاوه درصد قند موجود در ملاس می‌باشد. در تحقیق حاضر مقدار ساکارز ریشه به روش پلاریمتری اندازه‌گیری شد. اساس کار در این روش بر میزان انحراف نور پلاریزه استوار می‌باشد (Russell et al. 1971). برای اندازه‌گیری پارامترهای کیفی در ریشه، خمیر ریشه و سواستات سرب به نسبت ۲۶ گرم خمیر و ۱۷۷/۷ سانتی مترمکعب سواستات سرب، به طور کامل و با استفاده از مخلوط‌کن‌های اتوماتیک با همدیگر مخلوط گردید، سپس با کاغذ صافی شماره ۴۲ صاف شده و عصاره آن جدا شد، آنگاه درصد قند آن به روش پلاریمتری تعیین شد (Clarke 1991).

تعیین ناخالصی‌های پتاسیم، سدیم و نیتروژن مضره

مقادیر پتاسیم و سدیم موجود در عصاره تهیه شده از خمیر ریشه، به وسیله دستگاه فلیم فتومتر که طیف‌نشری حاصل از نمونه را با طیف‌نشری گسترده حاصل از لیتیوم مقایسه می‌کند، اندازه‌گیری شد و میزان آن بر حسب میلی‌اکی‌والان درصد گرم خمیر حاصل از ریشه محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری میزان نیتروژن مضره از دستگاه بتالایزر

افزایش کارایی جذب آب و عناصر غذایی نسبت داد. یکی از مکانسیم‌های بسیار مهم در هنگام وقوع خشکی در چغندر قند کاهش وزن اندام‌های هوایی و کاهش تلفات انرژی از طریق تنفس می‌باشد که در این آزمایش بر عدم تغییرات معنی‌دار وزن ریشه موثر بود. از طرفی اعمال تنش خشکی اغلب بر طول ریشه اثرات افزایشی نشان داده که این امر می‌تواند در کارایی جذب آب و کاهش تغییرات عملکرد ریشه مؤثر باشد.

یکی از شاخص‌های مهم در زراعت چغندر قند عملکرد ریشه می‌باشد و به دست آوردن ریشه‌ی خوش فرم با وزن و درصد قند مناسب از مهم‌ترین اهداف تولید به شمار می‌آید. بین عملکرد ریشه و درصد قند یک همبستگی منفی وجود دارد و برای به دست آوردن عملکرد خوب بایستی تعادلی بین این دو صفت ایجاد کرد (Khajepur 1998). یک تنش متعادل عملکرد را کاهش نخواهد داد ولی تنش شدید به خصوص اگر پس از آن آبیاری انجام شود دارای اثرات نامطلوب خواهد بود. اگر رطوبت به اندازه کافی در اختیار گیاه نباشد، عملکرد محدود شده، درصد قند و درجه خلوص کاهش می‌یابد (Koocheki 2003). تنش خشکی در اوایل فصل رشد چغندر قند موجب کاهش شدید عملکرد ریشه می‌شود، ولی تنش خشکی در اواخر فصل رشد نه تنها عملکرد ریشه را به طور معنی‌داری کاهش نداده بلکه باعث افزایش محسوس درصد قند نیز شده است (Habibi 2002).

عملکرد قندخالص

طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) اثرات آبیاری، ژنوتیپ، و ژنوتیپ در آبیاری بر عملکرد قندخالص معنی‌دار نشد. طبق نتایج مقایسه میانگین (جدول ۴) بیشترین عملکرد قندخالص به ژنوتیپ‌های ۵، ۹ و ۱۴ و کمترین آن به ژنوتیپ ۲

استفاده شد. در این دستگاه با مخلوط نمودن عصاره صاف شده و معرف کوپر به نسبت مساوی تغییراتی در رنگ ایجاد می‌شود که با استانداردهای موجود مقایسه شده (به وسیله خود دستگاه) و بر حسب میلی‌اکی‌والان در یکصد گرم خمیر حاصل از ریشه مشخص می‌گردد (Acevedo 1991). در پایان داده‌های جمع‌آوری شده توسط برنامه SAS مورد تجزیه قرار گرفته و مقایسه میانگین‌های نیز به روش دانکن و رسم نمودارها توسط Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد ریشه

طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) بین سطوح مختلف آبیاری (تنش و نرمال) عملکرد ریشه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، به طوری که طبق نتایج مقایسه میانگین (جدول ۴) در شرایط نرمال و تنش عملکرد ریشه معادل ۴۹/۶۷ تن در هکتار مشاهده شد. طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) بین ژنوتیپ‌های مختلف تفاوت معنی‌داری برای عملکرد ریشه مشاهده نشد. با این حال طبق نتایج مقایسه میانگین (جدول ۴) بیشترین عملکرد ریشه در ژنوتیپ‌های ۵، ۸ و ۱۴ و کمترین کمترین عملکرد ریشه در ژنوتیپ ۲ مشاهده شد. بین بیشترین عملکرد ریشه از نظر عددی (ژنوتیپ ۵) و کمترین عملکرد ریشه (ژنوتیپ ۲) اختلاف عملکردی معادل ۱۲/۸۲ درصد مشاهده شد. میانگین عملکرد در ریشه در ژنوتیپ‌های مختلف ۴۹/۶۵ تن در هکتار می‌باشد. طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر متقابل آبیاری و ژنوتیپ برای عملکرد ریشه معنی‌دار نشد.

از دلایل این موضوع می‌توان به قابلیت‌های تحمل به تنش خشکی در میان ارقام مورد استفاده و وجود ذخایر آب در خاک و مطلوب بودن خاک جهت توسعه مطلوب ریشه و

مشاهده نشد اما بیشترین میزان صفت به ژنوتیپ ۹ و کمترین میزان آن به ژنوتیپ ۱۱ تعلق داشت به طوری که اختلافی معادل ۱۶/۹۲ درصدی بین این دو ژنوتیپ مشاهده می‌شود. این در حالی است که متوسط درصد قندخالص در ژنوتیپ‌ها ۱۴/۱ درصد می‌باشد (جدول ۴). اثرات متقابل ژنوتیپ و آبیاری برای درصد قندخالص معنی‌دار نشد. همچنین، اثر متقابل آبیاری و سال معنی‌دار نشد (جدول ۳). یکی از واکنش‌های درونی چغندر قند به کمبود آب علاوه بر کاهش رشد بخش هوایی، افزایش غلظت قند در ریشه و انباشت قندهای محلول (ساکارز و فروکتوز) به عنوان تنظیم کننده اسمزی گیاهان مختلف در مقابله با اثرات ناشی از تنش است. عدم تغییرات مربوط به اثرات تنش خشکی بر درصد قند خالص در چغندر قند می‌تواند به علت شدت تنش و زمان اعمال تنش باشد که شدت اعمال تنش با شرایط دمایی و میزان رطوبت هوا و وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک و توسعه بخش فعال ریشه وابسته می‌باشد (Koocheki 2003).

درصد قند یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کیفی در کشت چغندر قند می‌باشد. درصد قند تحت تأثیر نوع ژنوتیپ و محیط آن می‌تواند مقادیر متفاوتی را داشته باشد (Khajehpur 1998). ذخیره قند و رشد ریشه به طور متناوب در طول دوره رشد صورت می‌گیرد هر چند که اعمال تنش خشکی در پارهای از موارد سبب افزایش درصد قند شده است ولی این قضیه کاملاً مرتبط با نوع ژنوتیپ، زمان تنش و اثرات متقابل آن می‌باشد. در طول فصل رشد اگر رطوبت به اندازه کافی در دسترس گیاه نباشد، عملکرد محدود شده، درصد قند و درجه خلوص کاهش و نیتروژن مضره در ریشه افزایش می‌یابد (Koocheki 2003).

تعلق داشت که اختلاف عملکرد معادل ۱۰/۳۶ درصد بود. میانگین عملکرد قندخالص ژنوتیپ‌های مختلف ۶/۹۱ تن در هکتار می‌باشد. اغلب وجود تفاوت‌ها در میزان اندازه ریشه باعث بروز تفاوت در میزان عملکرد قند می‌شود اما از طرفی حاصل ضرب درصد قند و عملکرد ریشه اغلب با تعادل بیشتری همراه است که در شرایط اعمال تنش شدید (شرایط نامساعد خاک و عناصر غذایی) موجب تغییرات شدید عملکرد قندخالص می‌شود که در این آزمایش شرایط تنش خشکی به صورت ملایم اعمال شد. همچنین قابلیت ارقام جهت تحمل به شرایط تنش بسیار متفاوت نبود که نشان از گزینش ارقام جهت سازگاری به شرایط کم آبیاری می‌باشد. عملکرد قندخالص که از حاصل ضرب عملکرد ریشه در درصد قند قابل استحصال به دست می‌آید مهم‌ترین صفت تعیین کننده در صنعت چغندر قند به‌شمار می‌آید. کارتر (Carter 1982) چغندر قند را تحت شرایط تیمارهای آبیاری کم، متوسط و زیاد و شاهد بدون آبیاری قرار داد و نتیجه گرفت که بیشترین عملکرد مربوط به تیمار حداکثر آبیاری بوده ولی در این تیمار درصد قند کاهش نشان داد. بیشترین عملکرد شکر در تیمار آبیاری متوسط به مقدار ۱۱/۷ تن در هکتار به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار آبیاری زیاد نداشت.

درصد قندخالص

طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر سطوح مختلف آبیاری (تنش و نرمال) بر درصد قندخالص معنی‌دار نشد. طبق نتایج مقایسه میانگین (جدول ۳) در شرایط نرمال درصد قندخالص بیشتر و نسبت به شرایط تنش افزایشی معادل ۴/۳۴ درصد نشان می‌دهد. طبق نتایج جدول ۳ بین ژنوتیپ‌های مختلف از لحاظ درصد قندخالص تفاوت معنی‌دار

سدیم ریشه

طبق جدول ۳ بین سطوح مختلف آبیاری (تنش و نرمال) نسبت به میزان سدیم ریشه تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. همچنین طبق نتایج جدول ۴ بیشترین میزان سدیم در شرایط تنش به میزان $1/94$ میلی‌اکی‌والان گرم در 100 گرم ریشه چغندر قند مشاهده شد که نسبت به شرایط نرمال افزایشی معادل $19/75$ درصد مشاهده می‌شود. طبق نتایج جدول ۳ بین ژنوتیپ‌های مختلف از لحاظ سدیم تفاوت معنی‌دار ($p < 0.05$) مشاهده شد (جدول ۳). مطابق نتایج جدول ۴ بیشترین میزان سدیم ریشه در ژنوتیپ ۴ مشاهده شد که نسبت به ژنوتیپ ۵ با کمترین میزان سدیم، اختلافی معادل $57/14$ درصد مشاهده شد. همچنین، میانگین سدیم تولیدی در بین ژنوتیپ‌ها معادل $1/73$ بود. همچنین اثرات متقابل آبیاری و ژنوتیپ، و آبیاری و سال از لحاظ درصد سدیم ریشه معنی‌دار نبود.

پتاسیم ریشه

طبق نتایج جدول ۳ اثر سال بر پتاسیم ریشه معنی‌دار ($p < 0.01$) شد. مطابق شکل ۱ میزان پتاسیم ریشه در دو سال در دو گروه مختلف آماری قرار گرفتند. در حقیقت این موضوع نشانه تفاوت حاصل از اثرات آب و هوایی در دو سال و تفاوت در اعمال شدت تنش در هر یک از مراحل فنولوژیکی می‌باشد. همچنین بین سطوح مختلف آبیاری (تنش و نرمال) از لحاظ میزان پتاسیم ریشه تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۴). همچنین، مطابق نتایج جدول ۴ ژنوتیپ‌ها از لحاظ پتاسیم در

یک گروه آماری قرار گرفتند. طبق نتایج جدول ۳ بین ژنوتیپ‌های مختلف از لحاظ درصد پتاسیم ریشه تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. این نتایج با گزارش برخی محققین مغایرت داشت و دلیل آن می‌تواند مربوط به عدم تغییرات زیاد مربوط به جایگزینی پتاسیم به جای سدیم در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش باشد. بیشترین درصد پتاسیم در ژنوتیپ ۱۱ و کمترین میزان آن نیز در ژنوتیپ‌های ۱۰ و ۳ مشاهده شد (جدول ۴). میانگین میزان پتاسیم در بین ژنوتیپ‌ها $6/3$ بود (جدول ۴). طبق نتایج تجزیه واریانس، اثر متقابل آبیاری و ژنوتیپ از لحاظ پتاسیم ریشه معنی‌دار نشد. اثرات متقابل تیمار آبیاری و سال و ژنوتیپ و سال نیز بر این صفت معنی‌دار نبود.

کیفیت در چغندر قند توسط معیارهایی تعیین می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از: درصد بالای قند ناخالص و میزان پایین عناصر مضره مانند نیتروژن، سدیم، پتاسیم. میزان استخراج مطلوب قند ریشه به مقدار پایین ترکیبات نیتروژنه، سدیم و پتاسیم وابسته می‌باشد (Koocheki et al. 2003). افزایش کیفیت محصول چغندر قند از طریق بالا بردن درصد قند و کاهش مواد غیرقندی مضره به ویژه نیتروژن، سدیم و پتاسیم انجام می‌گیرد، چراکه افزایش این ناخالصی‌ها با جلوگیری از کریستاله شدن ساکارز قابلیت استحصال قند را کاهش داده و موجب افزایش میزان ملاس تولیدی می‌شود (Winter 1980; Dunham and Clarke 1992; Alimoradi 1998).

جدول ۳ نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده

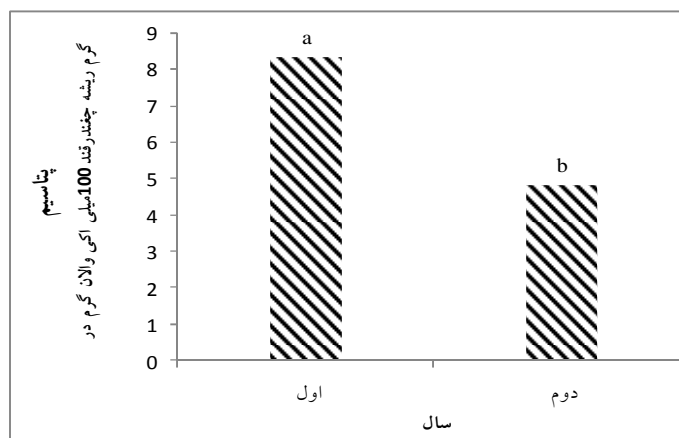
میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییرات
سدیم	پتاسیم	عیار قند خالص	عملکرد قند خالص	عملکرد ریشه		
۳۳/۳۳*	۶۸۰/۷**	۵۰/۹۶ ^{ns}	۶۴۶۷۶۵ ^{ns}	۱۴۵۹/۵ ^{ns}	۱	سال
۳/۹۳	۱/۲۵	۱۲/۷۱	۱۴۸۳۰۴/۴	۸۸۵	۶	تکرار درون سال
۵/۵۶ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۲۴/۲۳ ^{ns}	۱۳۵۰۷/۲ ^{ns}	۰/۰۱۹ ^{ns}	۱	آبیاری
۴/۵۹ ^{ns}	۷/۲۸ ^{ns}	۲۸/۵۹ ^{ns}	۱۴۹۷۱۹/۹ ^{ns}	۴۶/۷ ^{ns}	۱	سال * آبیاری
۷/۴۳	۲/۵۹	۵۹/۹۲	۴۲۷۲۲/۶	۳۷۱۴/۵	۶	تکرار درون سال * آبیاری
۰/۷۴*	۰/۶۲ ^{ns}	۴/۸۱ ^{ns}	۱۱۸۸۵/۳ ^{ns}	۵۳/۷ ^{ns}	۱۳	ژنوتیپ
۰/۲۷ ^{ns}	۰/۴۸ ^{ns}	۲/۵۹ ^{ns}	۱۴۶۴۲/۹ ^{ns}	۱۱۰/۲ ^{ns}	۱۳	ژنوتیپ * سال
۰/۳۷ ^{ns}	۰/۳۱ ^{ns}	۱/۳۵ ^{ns}	۸۴۳۳/۸ ^{ns}	۴۷/۸ ^{ns}	۱۳	ژنوتیپ * آبیاری
۰/۲۷ ^{ns}	۰/۲۳ ^{ns}	۱/۴۳ ^{ns}	۲۶۵۸۳/۸ ^{ns}	۱۵۹/۵ ^{ns}	۱۳	ژنوتیپ * آبیاری * سال
۰/۲۷	۰/۳۹	۱/۱۰	۱۹۱۰۸/۲۲	۱۰۰/۴۴	۱۵۶	خطا
۳۲/۵۲	۹/۷۳	۷/۴۱	۲۰/۰۲	۲۰/۲۳		ضریب تغییرات

ns فاقد اختلاف معنی‌دار، * و ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

جدول ۴ مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده

تیمار	صفات	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	عملکرد قند خالص (تن در هکتار)	سدیم (میلی‌اکی‌والان گرم در ۱۰۰ گرم ریشه)	درصد قند خالص	پتاسیم (میلی‌اکی‌والان گرم در ۱۰۰ گرم ریشه)
آبیاری						
نرمال		۴۹/۶۷ a	۷/۱۶ a	۱/۶۲ a	۱۴/۴ a	۶/۴۳۰ a
تنش		۴۹/۶۷ a	۶/۶۷ a	۱/۹۴ a	۱۳/۸ a	۶/۴۴۲ a
ژنوتیپ‌ها						
۱		۴۸/۴۶ a	۶/۸۲ a	۱/۵ bcd	۱۴/۲ a	۶/۷ a
۲		۴۶/۳۴ a	۶/۵۷ a	۱/۸ abcd	۱۴/۱ a	۶/۲ a
۳		۴۹/۴۳ a	۷/۰۲ a	۲/۰ ab	۱۳/۶ a	۶/۱ a
۴		۴۹/۹۲ a	۷/۰۱ a	۲/۲ a	۱۳/۴ a	۶/۵ a
۵		۵۲/۲۸ a	۷/۳۳ a	۱/۴ d	۱۴/۶ a	۶/۳ a
۶		۵۰/۲۹ a	۶/۷۵ a	۱/۶ bcd	۱۴/۳ a	۶/۴ a
۷		۵۰/۴۶ a	۶/۸۸ a	۱/۵ dc	۱۴/۳ a	۶/۵ a
۸		۵۱/۹۶ a	۶/۸۷ a	۱/۹ abc	۱۳/۸ a	۶/۴ a
۹		۴۷/۱۵ a	۷/۳۲ a	۱/۶ bcd	۱۵/۲ a	۶/۵ a
۱۰		۴۷/۳۳ a	۶/۶۷ a	۱/۶ bcd	۱۴/۶ a	۶/۱ a
۱۱		۵۰/۹۵ a	۶/۴۱ a	۱/۷ abcd	۱۳/۰ a	۶/۸ a
۱۲		۴۷/۳۳ a	۶/۸۶ a	۱/۸ abcd	۱۳/۷ a	۶/۴ a
۱۳		۵۱/۵۰ a	۷/۰۸ a	۱/۹ abc	۱۴/۱ a	۶/۲ a
۱۴		۵۱/۵۰ a	۷/۲۵ a	۱/۸ abcd	۱۴/۵ a	۶/۴ a
میانگین		۴۹/۶۵	۶/۹۱	۱/۷۳	۱۴/۱۰	۶/۳۰

اختلاف میانگین‌های هر ستون که دارای حرف مشترک هستند از لحاظ آماری در سطح پنج درصد معنی‌دار نمی‌باشد.



شکل ۱ مقایسه میانگین پتاسیم ریشه در سال‌های مختلف

پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده از روش آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) استفاده به عمل آید.

تشکر و قدردانی

از دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج به واسطه حمایت مالی و از تمامی همکاران هیئت علمی و سایر دوستان که در اجرای مراحل این پژوهش همکاری داشته‌اند، نهایت تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

در نهایت با توجه به نتایج بدست آمده، بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر صفات عملکردی و کیفیت تنوع ژنتیکی اندکی مشاهده شد که یکی از دلایل آن می‌تواند قرابت ژنتیکی ژنوتیپ‌های مورد بررسی باشد. لذا برای مشاهده تنوع بیشتر و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده از تعداد بیشتری ژنوتیپ با زمینه ژنتیکی متنوع تر و نیز از سطوح آبیاری بیشتری استفاده شود. همچنین، به منظور اندازه‌گیری دقیق‌تر میزان آب مصرفی در طول فصل،

Reference:

منابع مورد استفاده:

- Acevedo E, Ceccarelli S. Role of physiologist-breeder in breeding program for drought resistance conditions. In: F.W.G. Berker (ed), Drought. 1989.
- Acevedo E. Improvement of winter cereal crops in Mediterranean environments. Use of yield, morphological and physiological traits. In: physiology breeding of winter cereals for stressed Mediterranean environments. Montpellier, France. 1991; 6: 273-305.
- Alimoradi A, Sugar beet compounds and their effect on the quality of its technological. Journal of sugar industry in Iran. 1998; 131-213. (In Persian)
- Anonymous. FAO statistical yearbook, world food and agriculture Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. 2010.
- Blum A. Plant breeding for stress environments. CRC press. Boca Raton, USA. 1998.
- Carter JN. Effect of nitrogen and irrigation levels location and year on sucrose concentration of sugar beet in southern Idaho. Journal of the A.S.S.B.T. 1982; 21: 286-306.

- Clarke JM, Richards RA, Condon AG. Effect of drought stress on residual transpiration and its relationship with water use of wheat. *J. Plant Sci.* 1991; 71: 695-702.
- Drycott AP, Webb DJ, Wricht EM. The effect if time of sowing and harvesting on growth yield and n fertilizer requirement of sugar beet yield and nitrogen uptake at harvest. *Agric. Sci. Camb.* 1973; 81:267-275.
- Dunham R, Clearke N. Coping with stress. *British Sugar Beet Review.* 1992; 60(1): 10-13.
- Dutton J, Bowler G. Money is still being wasted on nitrogen fertilizer. *British Sugar Beet Review.* 1984; 52:75-77.
- Eck HV, Winter SR, Smith SJ. Sugar beet yield and quality in relation to residual beet feed lot waster. *Agronomy Journal.* 1990; 82:250-254.
- Fisher RA, Maurer R. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.* 1979; 29 (5): 897-912.
- Habibi D. Effects of some climate parameters on root yield and sugar content (PhD thesis). Islamic Azad University, Science and Research Branch; 2002. (In Persian)
- Hidari GHR. The effects of irrigation and harvesting time on yield and quality of sugar beet (PhD thesis). MS. Faculty of agriculture of Tabriz University; 2001. (In Persian)
- Hills FJ, Winter SR, Henderson DW. Sugar beet. In: BA Stewart, DR Nielsen (eds.). *Irrigation of Agricultural Crops.* Madison, Wisconsin, USA, 1990. 795-810.
- Khajepur MR. Producing industrial crops. SID publishers, Isfahan University of Industrial. 1998. pp 450. (In Persian)
- Kheirabi J. Analysis of low irrigation. Define and explained. *Journal of water, soil and machine.* 1995; 13:16-24.
- Konstantin V. Physics and chemistry of sugar beet in sugar manufacture. Elsevier Science Ltd. 1977; pp596.
- Koocheki A, Soltani A, Azizi M. Plant ecophysiology. Publications University of Mashhad; 2003. pp 272. (In persian)
- Mohammadi Goltapeh A, PakdamiSardrood B, Rezaee Danesh Y. Pests and Diseases of Sugar Beet. Publications University of Tarbiatmoddares.1999; pp 275. (In Persian)
- Naderi A, Hashemi Desfuli A, Shokrani R and Rezaee A. The effects of irrigation and harvest date on the yield and quality of sugarcane varieties CP-57 in Khuzestan. *Iranian Journal of Crop Sciences.* 1998; 1 (1): 13-19. (In Persian)
- Nasiri Mahallati M. Modeling of crop growth processes. translate. Publications University of Mashhad; 2000. pp 280. (In Persian)
- Russell T, Alexander John T, Rush George E and Hawkes George RJ. *Advance in sugar beet production: Principles and practices;* 1971; pp 470.
- Salter PJ, Good JE. *Crop response to water at different stages of growth.* Farnham Royal: Commonwealth Agriculter Bureaux.; 1967; 257 pp.
- Scott RK, Jaggard KW. Crop physiology and agronomy. In: D.A. Cooke and R. K. Scott (eds.). *The sugar beet crop.* pp 179-237. London, Champan & Hall. 1993.

Taleghani D.F, Sadeghsadeh Hemayati S and Mesbah M. Strategic Framwork for Sugar Beet Research. SugaR Beet Seed Institute Publication. 2010; pp 480.

Winter SR. Suitability of sugar beet for limited irrigation in a semi-arid climate. Agron. J. 1980; 72: 118-123.