



"مقاله پژوهشی"

بررسی تغییرات صفات کیفی لاین‌های اصلاحی چغندر قند در شرایط تنش خشکی و نرمال

عبدالمجید خورشید^۱ و علی اکبر اسدی^۲

۱- بخش تحقیقات چغندر قند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران
(نویسنده مسؤل: majidkhor1347@gmail.com)

۲- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران
تاریخ دریافت: ۹۸/۷/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۹/۵/۱۱

صفحه: ۱۸ تا ۲۹

چکیده

کیفیت چغندر قند ترکیبی است از تمام حالات فیزیکی و شیمیایی ریشه چغندر قند که روی فرآیند تولید و یا محصول شکر و یا محصولات جانبی اثر می‌گذارد. از طرف دیگر کم‌آبی و دمای بالا در دوره رشد موجب افزایش ناخالصی‌های ریشه چغندر به‌ویژه ترکیبات نیتروژنه شده و در نهایت باعث تغییر در کیفیت چغندر قند می‌شوند. به‌منظور بررسی تغییرات خصوصیات کیفی چغندر قند تحت تنش خشکی خانواده‌های فول‌سیب حاصل از برنامه‌های اصلاحی در دو آزمایش جداگانه خشکی و نرمال در سال زراعی ۱۳۹۶ در ایستگاه تحقیقات مهندس مطهری کرج مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد ریشه، عملکرد قند، عملکرد قند خالص، میزان پتاسیم، میزان ازت مضره و قند ملاس و افزایش میزان سدیم و خلوص شربت شد. فول‌سیب‌های مورد بررسی تنها از نظر صفات ازت مضره و ضریب کلیاتیت دارای اختلاف معنی‌دار بودند. علیرغم معنی‌دار نشدن اختلافات بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد ریشه و قند، بیشترین عملکرد ریشه مربوط به فول‌سیب‌های ۵ و ۶ و کمترین عملکرد مربوط به فول‌سیب ۱۵ و شاهد‌های ۲۰، ۲۳، ۲۱ و ۱۹ بود. همچنین فول‌سیب‌های ۵، ۱ و ۶ دارای بیشترین و فول‌سیب‌های ۲، ۹، ۱۵ و ۲ شاهد ۲۳ دارای کمترین عملکرد قند بودند.

واژه‌های کلیدی: عملکرد قند، عملکرد ریشه، خانواده‌های فول‌سیب

مقدمه

بالا بودن مقدار تبخیر و تعرق، محدودیت منابع آبی و سایر عوامل باعث توجه بیشتری به مطالعه اثرات تنش خشکی بر گیاهان زراعی و انتخاب ارقام مقاوم به خشکی شده است. نتایج مطالعات محققین نشان می‌دهد که در مناطق واجد تنش خشکی، مطمئن‌ترین راه برای بهبود مقاومت به خشکی ادامه اصلاح برای افزایش پتانسیل عملکرد است. از این طریق عملکرد حتی در محیط‌هایی که تنش بسیار شدید است افزایش نشان داده است (۳۴، ۳۶). در منطقه مدیترانه حصول حداکثر عملکرد قند و ریشه در چغندر قند نیاز به آبیاری کافی این محصول دارد اما در سال‌های اخیر تنش خشکی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش محصول چغندر قند حتی در کشورهای اروپایی شناخته شده است. به‌طوری‌که خشکی به‌طور متوسط میزان عملکرد چغندر قند را در کشور انگلستان سالانه ۱۰ درصد کاهش می‌دهد. این مقدار کاهش در برخی از سال‌ها حتی به ۵۰ درصد نیز می‌رسد (۲۱).

کیفیت چغندر قند ترکیبی است از تمام حالات فیزیکی و شیمیایی ریشه چغندر قند که روی فرآیند تولید و یا محصول شکر و یا محصولات جانبی اثر می‌گذارد. حالت مطلوب آن است که چغندر قند درصد قند بالایی داشته باشد؛ اما درصد قند، به‌طور کامل بیانگر میزان و یا مقیاس کیفیت چغندر قند نمی‌باشد. بنابراین، با توجه به اینکه قند قابل استحصال به مواد غیر قندی بستگی دارد باید میزان ناخالصی‌ها را نیز در نظر گرفت (۱۸). بنابراین، افزایش کیفیت محصول چغندر قند از طریق بالا بردن درصد قند و کاهش مواد غیرقندی به‌ویژه

نیتروژن، سدیم و پتاسیم انجام می‌گیرد. زیرا افزایش این ناخالصی‌ها با جلوگیری از کریستالیزه شدن ساکارز قابلیت استحصال قند را کاهش داده و موجب افزایش میزان ملاس تولیدی می‌گردد (۲۲). کیفیت در چغندر قند توسط معیارهایی تعیین می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از: درصد قند ناخالص یا قابل استحصال، خلوص شربت، میزان عناصر نیتروژن، سدیم و پتاسیم، قند ملاس و آلکالیت. درصد قند ناخالص ریشه گرچه یک معیار کیفی مهم به حساب می‌آید (۱۸). در واقع کیفیت واقعی چغندر قند عبارت از درصد قند قابل استحصال یا خالص می‌باشد که برای تعیین آن، اندازه‌گیری درجه خلوص شربت و نیز مواد غیرقندی ضروری می‌باشد (۱۸). از نقطه نظر هدر رفت قند از طریق ملاس، ملاحظه شده است که نمک‌های سدیم و پتاسیم عامل مهم‌تری از ترکیبات نیتروژنه هستند (۱۸). پتاسیم نقش اساسی در تحمل چغندر قند به تنش خشکی دارد. این عنصر فراوان‌ترین کاتیون در سیتوپلاسم سلول گیاهی است و همراه با دیگر آنیون‌های موجود در سیتوپلاسم سلولی نقش مهمی در تنظیم پتانسیل اسمزی در گیاهانی مانند چغندر قند دارد (۲۰). عبدل موتگالی (۲) دریافت زمانی که پتاسیم به‌وسیله سدیم جایگزین می‌شود مقدار پتاسیم برگ به‌صورت معنی‌داری افزایش می‌یابد. الجبویل و عباس (۵) در بررسی طول دوره تنش خشکی بر عملکرد و کیفیت چغندر قند گزارش کردند با افزایش طول دوره خشکی از ۲۰ به ۶۰ روز از درصد قندهای قابل‌حل، ساکارز، درجه خلوص، عملکرد ریشه، عملکرد قند خالص، شاخص برداشت، سدیم ریشه و نسبت سدیم به پتاسیم کاسته

نمونه برداری شده و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی محل انجام آزمایش مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱). تعداد ۲۵ ژنوتیپ مختلف (۱۳ لاین فول سیب ۸۰۰۱ با زمینه تحمل به تنش شوری، ۴ ژنوتیپ S₁ با زمینه تحمل به تنش خشکی و همچنین ارقام شاهد متحمل و حساس به تنش خشکی مانند Jolgeh و Gazale) در دو شرایط خشکی و نرمال در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار مورد بررسی قرار گرفتند (جدول ۲). هر کرت آزمایشی شامل یک ردیف به طول هشت متر و فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی متر بود. بذور توسط دستگاه کارنده بر روی ردیف‌ها کشت شدند. در آزمایش تنش خشکی، آبیاری بر اساس ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر و در شرایط بدون تنش بر اساس ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A بود که از طریق تغییر در دور آبیاری اعمال شد. آبیاری از زمان کشت تا استقرار کامل گیاه (مرحله ۶ تا ۸ برگ) برای کلیه تیمارها مشابه و از این مرحله به بعد بر اساس میزان تبخیر از تشتک برای همه تیمارها انجام شد. تمامی فعالیت‌های زراعی مربوط به این محصول به‌طور یکسان برای هر دو آزمایش انجام شد.

شده ولی بر مقدار پتاسیم ریشه افزوده می‌شود. با توجه به پلی‌ژنیک بودن صفت تحمل به خشکی اجرای برنامه‌های اصلاحی در این زمینه را مشکل ساخته است (۳۸). در عین حال، مشابهت پاسخ واریته‌های چغندر قند نسبت به کمبود آب از وسیع نبودن پایه‌های ژنتیکی ارقام تجاری ناشی می‌شود (۳۳).

با توجه به تغییرات ایجاد شده در خصوصیات کیفی چغندر قند تحت استرس‌های محیطی، این تحقیق با هدف بررسی میزان تاثیر تنش خشکی بر صفات کیفی خانواده‌های فول سیب چغندر قند انجام گردید.

مواد و روش‌ها

در دو شرایط خشکی و نرمال، خانواده‌های فول سیب حاصل از برنامه‌های اصلاحی در دو آزمایش جداگانه در سال زراعی ۱۳۹۶ در ایستگاه تحقیقات مهندس مطهری کرج مورد بررسی قرار گرفتند. ابتدا جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و جهت تعیین میزان کود مورد نیاز، از مزرعه محل اجرا در محل کرج، از عمق ۳۰ سانتی متری خاک

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش خشکی

Table 1. Physical and chemical properties of soil place of experimentation

بافت خاک soil pattern	پتاسیم (ppm)	فسفر (ppm)	کلسیم (ppm)	آمونیم (ppm)	نیتروژن کل (%)	کربن الی (%)	مواد خنثی شونده (%)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (Ds/m)
رسی لومی	۴۲۲	۱۲/۳۶	۵/۴	۱۳/۷۹	۲/۸	۱/۲۶	۰/۱۷	۷/۶۴	۱/۲

جدول ۲- فول سیب‌های مورد بررسی در آزمایش‌های خشکی و نرمال

Table 2. Full-sibs examined in normal and dry conditions

کد	نام فول سیب	کد	نام فول سیب	کد	نام فول سیب	کد	نام فول سیب	کد	نام فول سیب
۱	S-P.1	۶	S-P.7	۱۱	S-P.14	۱۶	SD.21	۲۱	Drought tolerant IR7
۲	S-P.2	۷	S-P.8	۱۲	S-P.15	۱۷	SD.10	۲۲	MSC2
۳	S-P.3	۸	S-P.9	۱۳	S-P.17	۱۸	Resistance Control 191	۲۳	MS261
۴	S-P.5	۹	S-P.10	۱۴	SD.44	۱۹	p.29×msct-7233	۲۴	8001
۵	S-P.6	۱۰	S-P.11	۱۵	SD.7	۲۰	GAZALE	۲۵	JOLGEH

بخش‌های پلاریمتر، فتومتر و فلیم فتومتر استفاده گردید. آلکالیت یا ضریب قلیائیت (درصد) نمونه‌های مورد آزمایش بر مبنای رابطه پولاخ ($AC=K+Na/N$) محاسبه شد. خلوص شربت بر مبنای رابطه زیر محاسبه شد:

$$\text{درصد قند خالص یا قابل استحصال} = \frac{\text{درصد قند ناخالص یا کل}}{\text{خلوص شربت}} \times 100$$

میزان قند ملاس از طریق مقادیر به دست آمده مربوط به میزان‌های سدیم، پتاسیم و نیتروژن موجود در ریشه بر اساس فرمول راین فیلد و همکاران (۳۵) محاسبه گردید.

$$\text{ازت} = 0.094(\text{سدیم} + \text{پتاسیم}) + 0.34 = \text{میزان قند ملاس}$$

پس از جمع‌آوری داده‌ها آزمایش به صورت تجزیه مرکب با سه تکرار و دو مکان (شرایط نرمال و خشکی) مورد تجزیه قرار گرفت. در بررسی داده‌ها از نرم‌افزارهای SAS 9.1 و SPSS 22 استفاده شد. مقایسات میانگین بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد. قبل از تجزیه

پس از برداشت محصول و اندازه‌گیری عملکرد هر کرت، ریشه‌ها شسته شد و در آزمایشگاه خمیر ریشه (پلپ) تهیه شد و بعد از انجماد در آزمایشگاه تکنولوژی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند صفات درصد قند، نیتروژن مضره، املاح سدیم و پتاسیم اندازه‌گیری گردید. عملکرد قند (تن در هکتار) به روش پلاریمتری، مقدار پتاسیم و سدیم (میلی اکی والان گرم در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه) به روش فلیم فتومتری و مقدار ازت مضره (میلی اکی والان گرم در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه) به روش عدد آبی اندازه‌گیری شدند. عملکرد قند ناخالص SY (تن در هکتار)، ضریب استحصال قند WSC (درصد) و عملکرد قند خالص WSY (تن در هکتار) توسط روابط زیر محاسبه شد:

$$\begin{aligned} \text{عملکرد ریشه} &= \text{درصد قند ناخالص} \times \text{SY} \\ \text{ضایعات قند در کارخانه} &= \text{درصد قند ملاس} - \text{WSC} \\ \text{درصد قند خالص} &= \text{عملکرد ریشه} \times \text{WSY} \end{aligned}$$

برای تعیین مقادیر درصد قند، سدیم، پتاسیم و نیتروژن از دستگاه رفاکتومتر بتالایزر نوع OR-KERNCHN مرکب از

برگ و وزن ویژه برگ، تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده شد. غفاری و همکاران (۱۶) در شرایط تنش خشکی از نظر صفات عملکرد ریشه، درصد قند، عملکرد شکر، میزان سدیم، میزان پتاسیم، میزان نیتروژن مضره، ضریب قلیائیت، درصد قند ملاس، عملکرد شکر سفید و ضریب استحصال شکر بین هیبریدهای مونوزم مورد بررسی اختلاف بسیار معنی‌داری را گزارش کردند. در مطالعه طالقانی و همکاران (۴۲) روی صفات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های امیدبخش چغندر قند، اثر ژنوتیپ‌ها بر عملکرد ریشه، وزن اندام‌های هوایی در زمان برداشت، عملکرد قند خالص معنی‌دار شد. محمدیان و همکاران (۲۷) گزارش کردند که صفات نظیر درصد قند در وزن تر ریشه، درصد شکر سفید، درصد استحصال قند، درصد سدیم در ریشه و ضریب قلیائیت تحت تاثیر ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند قرار می‌گیرند، اما این تاثیر روی صفات نظیر درصد قند در وزن خشک ریشه، درصد پتاسیم در ریشه، درصد نیتروژن مضره، عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید معنی‌دار نشد. فتوحی و همکاران (۱۵) با به‌کارگیری ۲۰ توده اصلاحی و رگه نتاج چغندر قند که از لحاظ پلوئیدی، خاصیت نرعقیمی و تعداد ژرم متفاوت بودند تحت شرایط مختلف محیطی، نشان دادند که در شرایط بدون تنش بین ارقام از نظر عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، عملکرد قند خالص و درصد قند اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود و از نظر صفات درصد پوشش سبز مزرعه در مرحله اول و دوم، درصد قند خالص، پتاسیم، سدیم، ازت، قلیائیت (آلکالیت)، ضریب استحصال قند و نسبت سدیم به پتاسیم اختلاف معنی‌دار بین ارقام مشاهده نگردید. امامی و همکاران (۱۱) در بررسی صفات کمی و کیفی ارقام تجاری داخلی و خارجی مولتی‌ژرم چغندر قند در شرایط آب‌وهوایی بین ارقام مولتی‌ژرم از نظر عملکرد ریشه اختلاف معنی‌داری مشاهده نمودند.

واریانس داده‌ها، فرض‌های تجزیه واریانس و نرمال بودن داده‌ها بررسی شد و مفروضات برقرار و نرمال بودن داده‌ها تأیید شد. برای صفاتی که اثر متقابل ژنوتیپ‌ها در شرایط محیطی معنی‌دار گردید برش‌دهی اثر متقابل در هر یک از شرایط محیطی به‌منظور ارزیابی بهتر ژنوتیپ‌ها در هر سطح تنش با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در دو شرایط نرمال و تنش (جدول ۳) نشان می‌دهد که اثر محیط برای صفات عملکرد ریشه، عملکرد قند خالص، عملکرد قند، میزان سدیم، میزان پتاسیم، ازت مضره، خلوص شربت، درصد قند ملاس معنی‌دار است. بین فول‌سیب‌های مورد بررسی تنها از نظر صفات ازت مضره و ضریب قلیائیت اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نیز در صفات میزان سدیم، میزان پتاسیم، نسبت پتاسیم به سدیم، ضریب قلیائیت، درصد قند قابل استحصال، خلوص شربت و قند ملاس معنی‌دار شد.

در آزمایشی روی ارقام مونوزم داخلی و خارجی چغندر قند مشخص شد که ارقام چغندر قند از جنبه صفات مختلف عملکرد ریشه، درصد قند و عملکرد شکر دارای تفاوت معنی‌داری بودند (۱۰). اوپر و همکاران (۳۲) ضمن اشاره به وجود تفاوت آماری معنی‌دار در بین ژنوتیپ‌ها و ارقام مختلف چغندر قند از لحاظ عملکرد و صفات کمی و کیفی مختلف، بیان داشتند که از لحاظ اقتصادی و محیطی، محصول مرغوب زمانی به‌دست می‌آید که حساسیت ارقام جدید نسبت به تنش‌های محیطی زنده و غیرزنده کاهش یابد. در بررسی حمیدی و همکاران (۱۷) در شرایط تنش خشکی بین فول‌سیب‌های مورد بررسی از نظر عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، درصد قند ریشه، شاخص شادابی، محتوی آب نسبی

جدول ۳- تجزیه واریانس فول‌سیب‌های انتخابی در دو شرایط نرمال و خشکی

Table 3. Analysis of variance of selected full-sibs in two conditions of normal and drought conditions

Ms	Pur	WSC	ALC	N	K/Na	K	Na	SY	WSY	SC	RY	df	S.O.V.
-۰/۴۳	۵۵/۵	۶/۱	-۰/۲۸	-۰/۱۶	۱/۴۱*	-۰/۱۶۶	۳/۶*	۱/۱۶۵	-۰/۹۵	۳/۲۹	۹/۹۳	۲	تکرار
۱۲/۶*	۴۶۹/۷*	۴/۷	۲/۸۲	۴۲/۲*	-۰/۰۷	۲۱/۴*	۱۵/۵**	۳۵/۹*	۲۱/۵*	۱/۹۱	۲۲۷/۵*	۱	محیط
-۰/۱۹	۲۳/۰۳	۲/۷۷	-۰/۵۱	۲/۳	-۰/۰۶	-۰/۶۸	-۰/۰۸۷	-۰/۹۹۵	-۰/۶	۱/۵۲	۵/۰۸	۲	Ea
-۰/۱۴	۱۶/۵	۱/۷۳	-۰/۵۸**	-۰/۱۸**	-۰/۲۸۳	-۰/۲۷	۱/۰۶	-۰/۳۶	-۰/۲۹۷	۱/۰۵	۲/۶۲	۲۴	ژنوتیپ
-۰/۳۷*	۳۲*	۲/۹۳*	-۰/۴۳*	-۰/۴۱	-۰/۴۸**	-۰/۴۷*	-۰/۸۷*	-۰/۱۵	-۰/۰۹۶	۱/۴	۱/۱	۲۴	ژنوتیپ×محیط
-۰/۱۳	۱۵/۸	۱/۷۶	-۰/۲	-۰/۳۶۸	-۰/۲۴	-۰/۲۴۵	-۰/۸۶	-۰/۳۷	-۰/۲۳۵	۱/۱۲	۲/۴۲	۹۶	Eb
۱۱/۵	۵/۳	۱۱/۷	۱۹/۷	۱۴/۶	۲۹/۲	۹/۱	۲۶/۱	۲۱/۳	۱۹/۸	۷	۲۱/۲۵		CV

**، *، * : معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد به ترتیب (Significant at 1% and 5% respectively). WSC: ضریب قلیائیت، ALC: ازت مضره، N: نسبت پتاسیم به سدیم، K/Na: میزان پتاسیم، K: عملکرد ریشه، Na: عملکرد قند خالص، SY: عملکرد قند، WSY: عملکرد قند خالص، SC: عیار قند، RY: عملکرد ریشه، Pur: خلوص شربت، Ms: درصد قند ملاس

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات دو شرایط خشکی و نرمال

Table 4. Comparison of mean of traits in two conditions of dryness and normal

RY	SC	WSY	SY	Na	K	conditions
۳۹/۵۵	b	۱۴/۹۹	a	۴/۵۳	b	۵/۰۸۶
۷۵/۷۱	a	۱۵/۲۱	a	۸/۱۵	a	۵/۸۴۱
K/Na	N	ALC	WSC	Pur	Ms	
۱/۶۹۷	a	۳/۶۴	b	۲/۳۹	a	۱/۱۵
۱/۶۵۶	a	۴/۷	a	۲/۱۱	a	۱۱/۱۵

(The meanings of the same letters are in the same group) در یک گروه قرار می‌گیرند. WSC: ضریب قلیائیت، ALC: ازت مضره، N: نسبت پتاسیم به سدیم، K/Na: میزان پتاسیم، K: عملکرد ریشه، Na: عملکرد قند خالص، SY: عملکرد قند، WSY: عملکرد قند خالص، SC: عیار قند، RY: عملکرد ریشه، Pur: خلوص شربت، Ms: درصد قند ملاس

جدول ۵- مقایسه میانگین فول سبب‌های انتخابی بر اساس صفات مورد مطالعه

Table 5. Comparison of selected Full-sibs mean based on the characteristics investigated

R/Y	SC	WSY	SY	Na	K	N	K/Na	ALC	WSC	Pur	Ms	Genotypes												
۶۴/۲۸	ab	۱۵/۵۸	ab	۷/۱۷	ab	۱۰/۰۵	ab	۳/۱۷	b	۴/۹۹	d	۴/۷۳	a	۱/۶۸	a-c	۱/۷۴	d	۱۲/۰۵	a	۷۷/۱۲	a	۲/۹۳	b	۱
۵۲/۵۱	ab	۱۵/۸۴	a	۶/۶۹	abc	۸/۲	ab	۳/۱۳	b	۵/۲۴	a-d	۴/۴۵	ab	۱/۸۴	a-c	۱/۹۱	cd	۱۲/۲۶	a	۷۷/۰۷	a	۲/۹۸	b	۲
۶۴/۸۶	ab	۱۴/۵۱	ab	۷/۴۱	ab	۹/۵	ab	۳/۶۳	ab	۵/۴۵	a-d	۴/۲۵	a-d	۱/۵۴	a-c	۲/۱۶	b-d	۱۰/۷۱	ab	۷۳/۶۵	a-c	۳/۲	ab	۳
۶۲/۵۷	ab	۱۴/۶۸	ab	۷/۴۲	ab	۹/۱۱	ab	۳/۴۲	b	۵/۸۱	ab	۴/۷۴	a	۱/۸۲	a-c	۱/۹۵	b-d	۱۰/۷۸	ab	۷۳/۲۶	a-c	۳/۳	ab	۴
۷۰/۴۹	a	۱۴/۸۷	ab	۷/۸۶	a	۱۰/۵۷	a	۳/۷۶	ab	۵/۳۳	a-d	۳/۹۸	a-e	۱/۴۶	a-c	۲/۳۷	bc	۱۱/۰۹	ab	۷۴/۵۶	a-c	۳/۱۸	ab	۵
۷۰/۱۸	a	۱۴/۰۹	b	۷/۳۲	ab	۹/۹۱	ab	۳/۹۲	ab	۵/۶	a-d	۴/۶۳	a	۱/۶	a-c	۲/۰۴	b-d	۱۰/۱	b	۷۰/۶۶	c	۳/۳۹	ab	۶
۵۴/۸۷	ab	۱۵/۳۱	ab	۶/۳	abc	۸/۳۴	ab	۳/۳۸	b	۵/۰۴	cd	۴/۴۳	a-c	۱/۵۹	a-c	۱/۹۶	b-d	۱۱/۷۱	ab	۷۶/۳۷	a-c	۲/۹۹	b	۷
۶۳/۴	b	۱۵/۱۱	ab	۷/۰۳	abc	۹/۶۲	ab	۳/۰۳	b	۵/۵۴	a-d	۴/۵۶	ab	۲/۱۵	a	۱/۹۱	cd	۱۱/۴۵	ab	۷۵/۵۲	a-c	۳/۰۶	b	۸
۵۲/۶۱	ab	۱۵/۰۹	ab	۶/۱۸	abc	۹/۹۱	ab	۳/۹۵	ab	۵/۵۷	a-d	۳/۹۳	a-e	۱/۶۶	a-c	۲/۵۷	ab	۱۱/۱۳	ab	۷۳/۵۶	a-c	۳/۳۲	ab	۹
۶۲/۶۷	ab	۱۵/۲۵	ab	۶/۷۶	abc	۹/۷۲	ab	۳/۵۲	b	۵/۱۹	b-d	۳/۵۹	c-e	۱/۵۴	a-c	۲/۵	a-c	۱۱/۶۳	ab	۷۶/۲	a-c	۳/۰۱	b	۱۰
۶۰/۸۵	ab	۱۵/۴۵	ab	۶/۵۲	abc	۹/۳۵	ab	۳/۲۷	b	۵/۴۸	a-d	۷/۳۸	a-d	۱/۵۵	a-c	۲/۰۲	b-d	۱۱/۷۵	ab	۷۵/۵۸	a-c	۳/۱	ab	۱۱
۶۳/۱۸	ab	۱۴/۹	ab	۶/۹۴	abc	۹/۵۳	ab	۴/۰۳	ab	۵/۳۷	a-d	۳/۸۳	a-e	۱/۴۱	bc	۲/۴۶	a-c	۱۱/۰۲	ab	۷۳/۸۷	a-c	۳/۲۸	ab	۱۲
۶۴/۴۵	ab	۱۵/۰۳	ab	۷/۰۶	abc	۹/۶۵	ab	۳/۴۱	b	۵/۷۴	a-c	۴/۶۹	a	۱/۷۳	a-c	۱/۹۸	b-d	۱۱/۱۶	ab	۷۴/۱۱	a-c	۳/۲۷	ab	۱۳
۶۳/۱۱	ab	۱۴/۸۴	ab	۷/۱۹	ab	۹/۴۵	ab	۳/۵۵	b	۵/۵۶	a-d	۴/۱۶	a-e	۱/۶۳	a-c	۲/۲۶	b-d	۱۱/۰۳	ab	۷۴/۲۳	a-c	۳/۲	ab	۱۴
۶۲/۱۴	ab	۱۵/۰۶	ab	۴/۶۹	bc	۶/۴۲	ab	۳/۲	b	۵/۶۲	a-d	۴/۱۸	a-e	۱/۸۲	a-c	۲/۲	b-d	۱۱/۳۵	ab	۷۵/۳۱	a-c	۳/۱۱	ab	۱۵
۶۴/۵۵	ab	۱۵	ab	۶/۳۷	abc	۹/۷۲	ab	۳/۵	b	۵/۹	a	۴/۲۲	a-d	۱/۷۴	a-c	۲/۳۱	b-d	۱۱/۰۹	ab	۷۳/۹۳	a-c	۳/۳۱	ab	۱۶
۵۴/۴۶	ab	۱۵/۵۷	ab	۵/۶۸	abc	۸/۴۷	ab	۲/۸۴	b	۵/۸۱	ab	۳/۸۸	a-e	۲/۱۵	a	۲/۳۶	b-d	۱۱/۹۶	ab	۷۶/۵۸	ab	۳/۰۲	b	۱۷
۶۰	ab	۱۵/۲۹	ab	۶/۳۵	abc	۹/۱۷	ab	۳/۲۶	b	۵/۷۴	a-c	۴/۰۵	a-e	۱/۹۵	ab	۲/۳۱	b-d	۱۱/۵۳	ab	۷۵/۱۸	a-c	۳/۱۶	ab	۱۸
۴۸/۷۵	ab	۱۵/۱۷	ab	۵/۲۲	abc	۷/۳۸	ab	۳/۸	ab	۴/۹۷	d	۴/۵۳	ab	۱/۴۸	a-c	۱/۹۵	b-d	۱۱/۴۴	ab	۷۵/۱۷	a-c	۳/۱۲	ab	۱۹
۳۵/۸۸	b	۱۵/۵۸	ab	۴/۰۷	c	۵/۶۷	b	۳/۸۸	b	۵/۳۷	a-d	۴/۱۹	a-e	۱/۶۲	a-c	۲/۳	b-d	۱۱/۷۳	ab	۷۴/۸۴	a-c	۳/۲۶	ab	۲۰
۴۷/۲۵	ab	۱۵/۷۵	a	۵/۲۹	abc	۷/۴۲	ab	۳/۲۴	b	۵/۵۷	a-d	۳/۳۷	e	۱/۸۲	a-c	۲/۹۹	a	۱۲/۱۳	a	۷۶/۶۷	ab	۳/۰۲	b	۲۱
۵۸/۳۱	ab	۱۵/۳۵	ab	۵/۹۹	abc	۸/۷۳	ab	۳/۳۶	b	۵/۳۹	a-d	۳/۵۶	de	۱/۷۷	a-c	۲/۴۹	a-c	۱۱/۷۳	ab	۷۶/۲۱	a-c	۳/۰۲	b	۲۲
۴۵/۰۸	ab	۱۴/۶۷	ab	۵/۰۴	abc	۶/۵۷	ab	۴/۸۶	a	۵/۵	a-d	۳/۷۵	b-e	۱/۲۱	c	۲/۹۷	a	۱۰/۴۷	ab	۷۱/۲۶	bc	۳/۵۹	a	۲۳
۵۶/۵۷	ab	۱۴/۹۹	ab	۶/۴۴	abc	۸/۳۳	ab	۳/۸۷	ab	۵/۴۵	a-d	۴/۱۲	a-e	۱/۵۲	a-c	۲/۲۹	b-d	۱۱/۱۲	ab	۷۳/۸۴	a-c	۳/۲۷	a	۲۴
۵۶/۳۵	ab	۱۴/۵۳	ab	۵/۴۷	abc	۸/۱۱	ab	۳/۸۵	ab	۵/۳۷	a-d	۳/۹۸۳	a-e	۱/۴۵۵	a-c	۲/۳۲	b-d	۱۰/۷	ab	۷۳/۵۵	a-c	۳/۲۳	ab	۲۵

میانگین‌های دارای حروف یکسان در یک گروه قرار می‌گیرند

R/Y: عملکرد ریشه، SC: عیار قند، WSY: عملکرد قند خالص، SY: عملکرد قند، Na: میزان سدیم، K: میزان پتاسیم، K/Na: نسبت پتاسیم به سدیم، N: ارت مضره، ALC: ضریب قلیانیت، WSC: درصد قند قابل استحصال، Pur: خلوص شربت، Ms: درصد قند ملاس

جدول ۶- تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در صفاتی که اثر متقابل دوگانه معنی‌دار دارند

Table 6. Genotype × environment interaction analysis for traits that have significant dual interaction

میانگین مربعات								df	شرایط
Na	K	Na/K	ALC	WSC	Pur	MS			
۱/۵۴*	۰/۵۱**	۰/۴۵۲**	۰/۴۸**	۲/۶۱۴۸	۲۳/۷۹	۰/۲۴۶۹*	۲۴	خشکی	
۱/۵۴	۰/۳۶	۰/۳۱۶	۰/۲۱	۲/۰۵۱۴۷	۲۴/۶۴	۰/۲۶۳۲*	۲۴	نرمال	

**، * : معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد به ترتیب

K: میزان پتاسیم، K/Na: نسبت پتاسیم به سدیم، N: ازت مضره، ALC: ضریب قلیانیت، WSC: درصد قند قابل استحصال، Pur: خلوص شربت، MS: درصد قند ملاس

عملکرد ریشه

نتایج مقایسات میانگین (جدول ۴) نشان می‌دهد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد ریشه شده است. می‌توان گفت که کمبود آب سبب کاهش سطح برگ، درصد پوشش سبز و افزایش تنفس و همچنین صرف انرژی بیشتر برای رشد مجدد برگ‌ها و اندام‌های هوایی می‌شود که در نهایت موجب کاهش عملکرد ریشه می‌شود. کاهش عملکرد ریشه ژنوتیپ‌های چغندر قند تحت شرایط تنش خشکی در مقایسه با شرایط نرمال رطوبتی در مطالعه دیگر محققین نیز گزارش شده است (۱۲، ۲۴، ۳۱). تنش خشکی از نظر فیزیولوژیکی ذخیره و تجمع کربوهیدرات‌ها و فتواسمیلات‌ها را در ریشه محدود می‌نماید (۱۹). اسمرینوف (۴۱) و کلور (۸) اظهار داشتند تنش خشکی در مرحله اول، رشد گیاه را کاهش داده، از رشد و توسعه برگ‌ها به‌واسطه کمبود آب و کاهش فشار تورژسانس ممانعت به‌عمل می‌آورد و در مرحله دوم فتوسنتز را به‌واسطه بسته‌شدن روزنه‌ها کاهش می‌دهد که در مجموع عوامل مذکور موجب کاهش عملکرد ریشه می‌شوند. یکی از مکانیسم‌های گیاهان جهت مقاومت به خشکی کاهش پتانسیل اسمزی از طریق افزایش سنتز و تجمع کربوهیدرات‌هایی مانند ساکارز در شیره سلولی ریشه است که از این طریق پتانسیل اسمزی کمتر از پتانسیل اسمزی خاک شده و آب به داخل ریشه جریان پیدا می‌کند البته چنین فرایندی با صرف انرژی در گیاه همراه است و صرف این مقدار انرژی موجب کاهش رشد ریشه و در نتیجه کاهش عملکرد ریشه می‌شود (۳۷). محمدیان و همکاران (۲۸) گزارش کردند 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. فتوحی و همکاران (۱۵) بالاترین عملکرد ریشه با متوسط ۵۳/۸۳ تن در هکتار را در تیمار بدون تنش آبی مشاهده نموده و اظهار نمودند افزایش تخلیه رطوبت خاک در تنش خشکی جذب آب از خاک را توسط ریشه دشوارتر نموده و میزان فتوسنتز گیاه جهت رویارویی با تنش پیش‌آمده کاهش یافته که نهایتاً موجب کاهش عملکرد ریشه خواهد شد. طالقانی و همکاران (۴۲) در ارزیابی ژنوتیپ‌های مختلف تحت تیمارهای مختلف آبیاری بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده و اظهار داشتند تیمار آبیاری نرمال با متوسط عملکرد ۷۲ تن در هکتار در مقایسه با شرایط تنش رطوبتی با متوسط ۴۷ تن در هکتار از میزان عملکرد ریشه بالاتری برخوردار بود. میرزایی و همکاران (۲۶) در بررسی تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی چغندر قند گزارش نمودند هرچند تنش رطوبتی باعث کاهش مقدار

عملکرد ریشه و عملکرد قند خالص می‌شود اما این مقدار کاهش بستگی به زمان و شدت تنش دارد که در مرحله رشد ریشه و مرحله ذخیره‌سازی قند بیشترین اثر منفی را نشان داد. بین فول‌سیب‌ها از نظر عملکرد ریشه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. ولی با این حال بیشترین عملکرد ریشه مربوط به فول‌سیب‌های ۵ و ۶ و کمترین عملکرد ریشه مربوط به فول‌سیب ۱۵ و شاهد‌های ۲۰، ۲۳، ۲۱ و ۱۹ بود (جدول ۵).

عیار قند

برای صفت عیار قند بین دو محیط نرمال و خشکی هیچ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳) ولی مقایسات میانگین در شرایط تنش کاهش ناچیزی در عیار قند را نشان داد (جدول ۴).

عملکرد قند

تجزیه واریانس نشان داد که اثر محیط در عملکرد قند معنی‌دار است (جدول ۳) و در شرایط خشکی عملکرد قند در حدود ۵۰ درصد کاهش پیدا کرده است (جدول ۴). عملکرد قند یا عملکرد قند ناخالص از حاصل‌ضرب عملکرد ریشه در درصد قند ناخالص به‌دست می‌آید، پس این صفت مهم تحت تأثیر دو معیار وزن ریشه و درصد قند بوده و افزایش هر کدام از این صفات منجر به افزایش عملکرد خواهد شد. عبداللهیان نوقایی (۳) در بررسی اثرات تنش خشکی در اوایل فصل رشد در چغندر قند مشاهده کرد که اعمال تنش خشکی در این دوره از رشد غلظت قند را ۱ تا ۵ درصد افزایش داد اما محصول شکر به‌علت کاهش عملکرد ریشه و افزایش ناخالصی‌های آن تا ۲۰ درصد کاهش یافت. افزایش در مقادیر ساکارز و هگزوز به نظر می‌رسد به خاطر افزایش هیدرولیز نشاسته و سنتز ساکارز باشد. تجمع ساکارز و هگزوز به‌منظور ایفای نقش اسمزی در این گونه‌ها انجام می‌شود (۴۴). بلوچ و هافمن (۷) گزارش نمودند تنش کم‌آبی درصد قند ناخالص و خالص چغندر قند را افزایش داده اما مقدار ماده خشک و وزن ریشه را کاهش خواهد داد. عباس و همکاران (۱) گزارش نمودند که تنش خشکی موجب افزایش درصد قند ناخالص در ژنوتیپ‌های چغندر قند می‌گردد ولی این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نیست. میرزایی و رضوانی (۲۵) در بررسی اثر تنش خشکی بر خصوصیات کیفی چغندر قند در مراحل مختلف رشد رویشی گزارش نمودند قطع آبیاری در اواخر دوره رشد چغندر قند باعث کاهش خصوصیات کیفی چغندر قند شامل عیار قند، عیار قند خالص و راندمان استحصال می‌شود. همچنین تنش رطوبتی در اواخر دوره رشد چغندر قند باعث افزایش ناخالصی‌های ریشه چغندر قند از جمله پتاسیم و سدیم شده و در نتیجه راندمان استحصال قند ریشه را به‌طور معنی‌داری کاهش و درصد قند ملاس را افزایش می‌دهد. ال جباویل و

واحد سطح، مهم‌ترین شاخص اقتصادی در تولید چغندر قند است عملکرد قند خالص که از حاصل ضرب عملکرد ریشه در درصد قند قابل استحصال به دست می‌آید مهم‌ترین صفت تعیین کننده در صنعت چغندر قند به شمار می‌آید. وجود اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های چغندر قند از نظر عملکرد قند خالص توسط محققین متعددی گزارش شده است (۱۴، ۴۲، ۳۰).

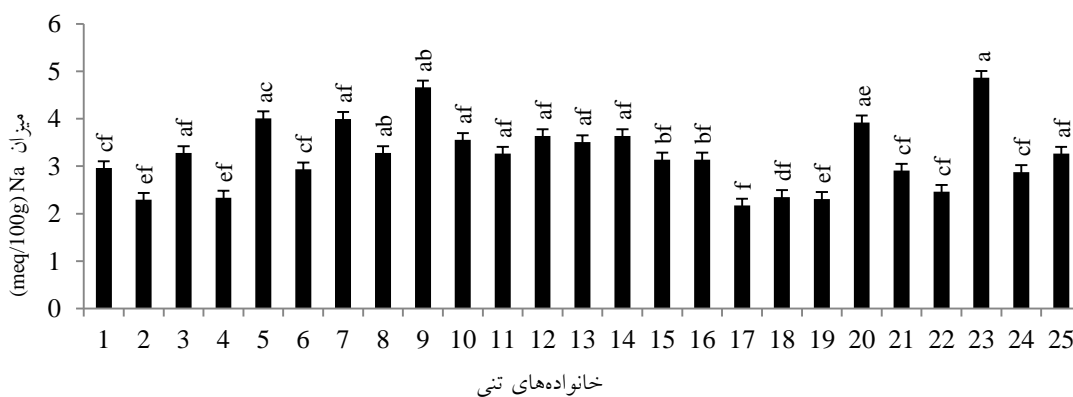
میزان سدیم

نتایج نشان داد که میزان سدیم در شرایط خشکی کاهش پیدا کرده است (جدول ۴). بالا بودن مقدار سدیم ریشه در محیط نرمال رطوبتی را می‌توان به وزن ریشه بالاتر در محیط مذکور نسبت داد که توانسته است مقدار بیشتری از یون‌ها را در خود ذخیره نماید. با توجه به نقش سدیم به عنوان یک عنصر مضر ریشه که در استحصال قند سفید مشکل‌ساز است ژنوتیپ‌هایی مطلوب هستند که در هر دو شرایط از مقدار سدیم ریشه کمتری برخوردار باشند. الجاویل و عباس (۵) نشان دادند که تنش خشکی مقدار پتاسیم ریشه را کاهش و سدیم ریشه را افزایش می‌دهد که همسو با نتایج مطالعه حاضر نمی‌باشد. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. با تجزیه اثر متقابل (جدول ۶) و مقایسه میانگین بین فول‌سیب‌ها مشاهده می‌شود که در شرایط نرمال اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ولی در شرایط خشکی اختلافات معنی‌دار هستند. میزان سدیم در اکثر خانواده‌های فول‌سیب در شرایط خشکی کاهش پیدا کرد ولی در فول‌سیب‌های ۵، ۷، ۹ و شاهد‌های ۲۰ و ۲۳ این وضعیت برعکس بوده و افزایش مشاهده شد. بنابراین به نظر می‌رسد که این فول‌سیب‌ها باعث به وجود آمدن اثر متقابل در این صفت شده‌اند.

عباس (۵) نشان داد که تولید قند به ندرت تحت تأثیر کم‌آبی قرار می‌گیرد حتی اگر تنها ۷۰ درصد از مقدار آب مورد نیاز گیاه در اختیار چغندر قند قرار بگیرد. در انتها علیرغم غیرمعنی‌دار شدن اختلاف بین فول‌سیب‌ها، فول‌سیب‌های ۵، ۱ و ۶ بیشترین و فول‌سیب‌های ۲، ۱۵، ۹، ۲ و شاهد ۲۳ دارای کمترین عملکرد قند بودند (جدول ۵).

عملکرد قند خالص

بین دو محیط نرمال و تنش اختلاف معنی‌داری برای عملکرد قند خالص وجود داشت (جدول ۳) و تنش خشکی باعث کاهش ۴۵ درصدی عملکرد قند خالص شد (جدول ۴). وحیدی و همکاران (۴۳) در ارزیابی ۱۸ ژنوتیپ چغندر قند نشان دادند که تنش خشکی به طور معنی‌داری مقدار عملکرد قند خالص را کاهش می‌دهد. تنش خشکی باعث کاهش عملکرد ریشه و افزایش درصد قند می‌شود و از این طریق مقدار عملکرد قند خالص نیز افزایش می‌یابد. دلیل این امر را می‌توان به زمان بروز خشکی نسبت داد که در اواسط فصل رشد و زمانی که هنوز تاج گیاه به حداکثر رشد خود نرسیده است رخ می‌دهد. زیرا کمبود آب در این مرحله سبب کاهش سطح برگ، درصد پوشش سبز و افزایش تنفس و همچنین صرف انرژی برای رشد مجدد برگ‌ها و اندام‌های هوایی می‌شود که در نهایت موجب کاهش عملکرد ریشه می‌شود. شهتا و همکاران (۴۰) نیز نشان دادند که با افزایش تنش، درصد عصاره قند افزایش، اما خلوص و عملکرد قند در ریشه کاهش یافت. بین فول‌سیب‌ها از نظر عملکرد قند خالص اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ولی نتایج مقایسات میانگین نشان داد که فول‌سیب‌های ۴، ۵، ۶ و ۳ دارای بیشترین و فول‌سیب‌های ۱۵ و ۱۰ دارای کمترین میزان عملکرد قند خالص بودند (جدول ۵). پتانسیل واقعی تولید شکر سفید در

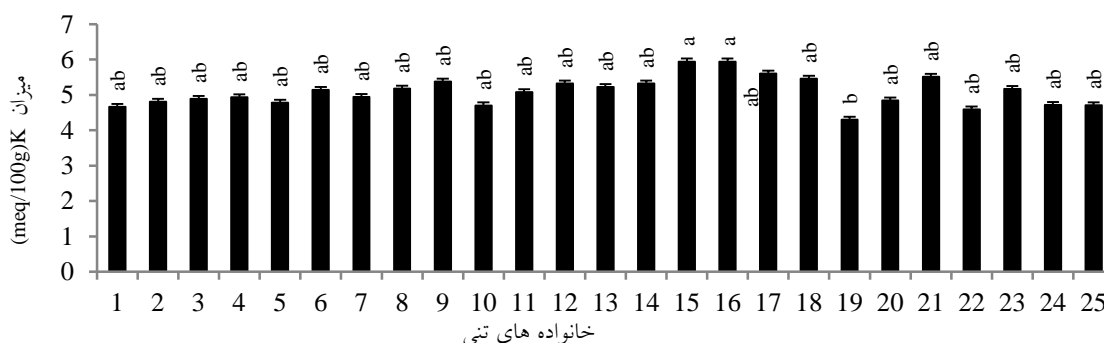


شکل ۱- روند تغییرات و مقایسه میانگین برای صفت میزان سدیم در ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط خشکی
Figure 1. Changing procedures and mean comparison in the Na content for genotype examined in drought condition

میزان پتاسیم

روابط آبی گیاه بازی می‌کند (۲۰). عدل موتگالی (۲) دریافت زمانی که پتاسیم به‌وسیله سدیم جایگزین می‌شود مقدار پتاسیم برگ به‌صورت معنی‌داری افزایش می‌یابد. تجزیه اثرات متقابل نشان داد که در شرایط نرمال بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ولی در شرایط خشکی اختلاف مشاهده‌شده در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. داریاب و همکاران (۹) نیز وجود اختلاف بین تیمارهای مورد بررسی از نظر میزان پتاسیم را گزارش کردند. در شرایط تنش میزان پتاسیم برای تمامی ژنوتیپ‌ها، به‌جز ژنوتیپ‌های ۱۵ و ۱۶ کاهش پیدا کرده است و این ژنوتیپ‌ها باعث به‌وجودآمدن اثر متقابل شده‌اند (شکل ۲).

تجزیه واریانس برای میزان پتاسیم نشان داد که اثر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنی‌دار است (جدول ۳). مقایسات میانگین محیط‌ها (جدول ۴) نشان داد که در شرایط خشکی میزان پتاسیم کاهش معنی‌داری پیدا کرده است. بسیاری از محققین خشکی را عامل افزایش مقدار غلظت پتاسیم در سلول می‌دانند (۲۹). در چغندرقد پتاسیم (K^+) نقش بسیار اساسی در تحمل گیاه به تنش خشکی دارد. این عنصر فراوان‌ترین کاتیون در سیتوپلاسم سلول گیاهی است. پتاسیم و دیگر آنیون‌های موجود در سیتوپلاسم سلولی نقش مهمی در تنظیم پتانسیل اسمزی در گیاهانی مانند چغندرقد دارند. بنا به‌دلایل متعددی پتاسیم نقش بسیار برجسته‌ای در

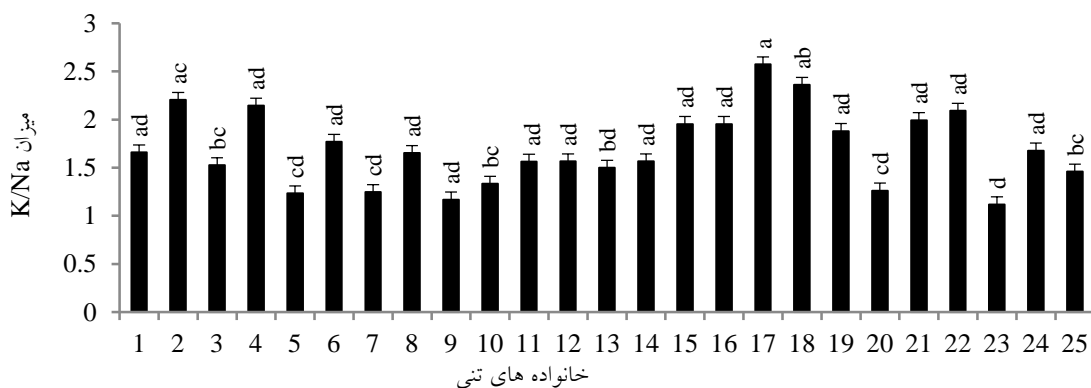


شکل ۲- روند تغییرات و مقایسه میانگین برای صفت میزان پتاسیم در ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط خشکی
Figure 2. Changing procedures and mean comparison in the K content for genotype examined in drought condition

نسبت پتاسیم به سدیم

نشان داد که بین فول‌سیب‌ها در شرایط نرمال اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ولی در شرایط تنش اختلافات مشاهده‌شده معنی‌دار است. با توجه به روند تغییرات میزان K/Na در بین فول‌سیب‌های مختلف در شرایط خشکی مشاهده می‌شود که فول‌سیب‌های ۱۷، ۴، ۲ و شاهد ۱۸ در شرایط تنش خشکی دارای بیشترین میزان K/Na هستند و اصولاً فول‌سیب‌ها روند یکنواختی در دو محیط برای این صفت نشان ندادند (شکل ۳).

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر محیط و ژنوتیپ در این صفت معنی‌دار نیست. ولی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنی‌دار است. نتایج مقایسه میانگین مربوط به محیط (جدول ۴) نشان داد که در شرایط تنش خشکی میزان نسبت K/Na افزایش یافته است هرچند این افزایش معنی‌دار نیست. به‌دلیل معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط تجزیه جداگانه ژنوتیپ‌ها در هرکدام از محیط‌ها (جدول ۶)



شکل ۳- روند تغییرات و مقایسه میانگین برای صفت میزان پتاسیم به سدیم در ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط خشکی
Figure 3. Changing procedures and mean comparison in the K/Na ratio for genotype examined in drought condition

پتانسیل بالایی جهت استحصال قند برخوردار هستند. نیتروژن نمو برگ‌ها را افزایش می‌دهد و جذب این عنصر به سرعت انجام می‌گیرد.

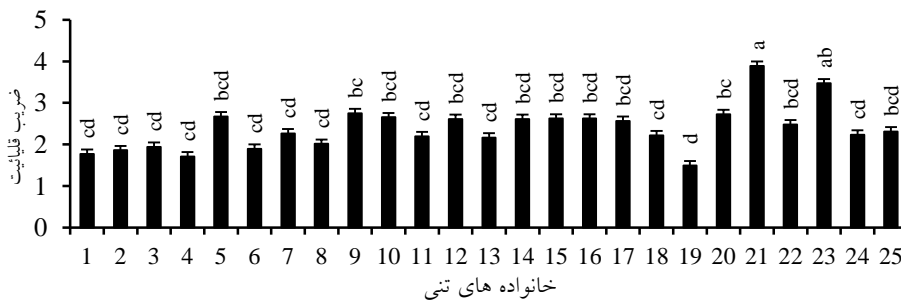
ضریب قلیائیت (آلکالیته)

افزایش ناخالصی‌های ریشه چغندر قند به‌ویژه پتاسیم و سدیم موجب افزایش ضریب قلیائیت می‌گردد که منجر به کاهش قابلیت استحصال قند می‌شود (۱۸). بنابراین ارقامی که دارای ضریب قلیائیت بالا هستند دارای میزان قند قابل استحصال کمتری می‌باشند. ضریب قلیائیت نشان‌دهنده قلیایی باقیمانده در شربت بعد از تصفیه است که اگر مقدار آن بالا باشد تبخیر و تعرق نهایی جهت استخراج قند را مختل می‌کند وجود ترکیباتی از قبیل سولفات و فسفات در شربت، ضریب قلیائیت را بالا می‌برد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر محیط غیرمعنی‌دار ولی اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در سطح ۱٪ معنی‌دار است (جدول ۳). با توجه به تجزیه واریانس جداگانه ژنوتیپ‌ها در هر محیط (جدول ۶) مشاهده شد که فول‌سیب‌ها در شرایط نرمال اختلاف معنی‌داری نداشتند ولی در شرایط تنش خشکی اختلاف بین خانواده‌های فول‌سیب معنی‌دار بود. شکل ۴ روند تغییرات این صفت را در شرایط تنش نشان می‌دهد. به‌طور میانگین در اکثر فول‌سیب‌ها ضریب قلیائیت در شرایط تنش خشکی بیشتر است و این افزایش در شاهد‌های ۲۱ و ۲۳ نسبت به بقیه مشهودتر است.

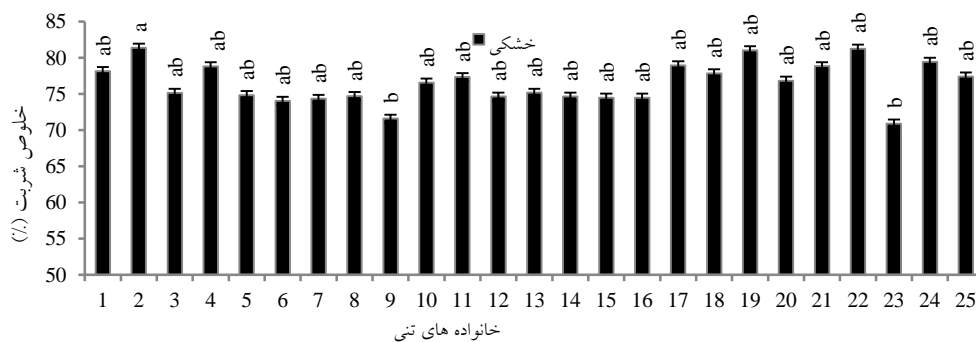
تنش خشکی تغییراتی در مواد محلول در ریشه چغندر قند به وجود می‌آورد. مک و هافمن (۲۳) نشان دادند که در ریشه چغندر قند گلوتامین به مقدار زیادی در واکنش به کاهش آب، در سلول‌ها افزایش می‌یابد. ترکیبات آلفا آمینونیتروژن نیز به دلیل کاهش مصرف آن در شرایط تنش خشکی در سلول‌ها تجمع می‌یابد (۷). مواد غیرمحلول غیرقندی در ریشه نظیر پتاسیم، سدیم، آمینواسید، بتائین و دیگر ترکیبات نیتروژنی در اثر تنش خشکی افزایش و این مواد را می‌توان در مرحله استحصال شکر از ریشه جدا نمود (۶). تجمع این مواد محلول، استحصال شکر را با مشکل مواجه نموده و مقدار ساکاروز وارد شده به ملاس را افزایش و مقدار عملکرد شکر سفید را کاهش می‌دهد. لذا علیرغم نقش مهم این مواد در مقاومت به خشکی کیفیت چغندر قند به دلیل تغییرات شدید این مواد ممکن است تحت تأثیر قرار بگیرد.

میزان ازت مضره

نتایج نشان داد که بین محیط‌ها و بین خانواده‌های فول‌سیب اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۳). میزان ازت مضره در شرایط تنش خشکی، کاهش معنی‌داری نسبت به شرایط نرمال نشان داد (جدول ۴). فول‌سیب‌های ۴، ۱، ۱۳، ۶، ۸، ۷، ۲ و شاهد ۱۹ دارای بیشترین میزان و فول‌سیب‌های ۱۰، ۳، ۲، ۱۷، ۱۲، ۹، ۵ و شاهد‌های ۲۱، ۲۲ و ۲۵ دارای کمترین میزان ازت مضره بودند (جدول ۵). با توجه به نتایج مذکور می‌توان گفت ژنوتیپ‌هایی که در هر دو شرایط محیطی مقدار کمتری ازت مضره در ریشه ذخیره می‌نمایند از



شکل ۴- روند تغییرات و مقایسه میانگین برای ضریب قلیائیت در ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط خشکی
Figure 4. Changing procedures and mean comparison in Alkalinity for genotype examined in drought condition



شکل ۵- روند تغییرات و مقایسه میانگین برای صفت خلوص شربت در ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط خشکی
Figure 5. Changing procedures and mean comparison purity for genotype examined in drought condition

معنی‌دار وجود دارد. در شرایط تنش فول‌سیب‌های ۹، ۷ و شاهد ۲۳ میزان قند ملاس بالاتری نسبت به شرایط نرمال دارند ولی باقی فول‌سیب‌ها و شاهد‌ها در شرایط تنش میزان قند ملاس کمتری را نسبت به شرایط نرمال نشان می‌دهند (شکل ۶).

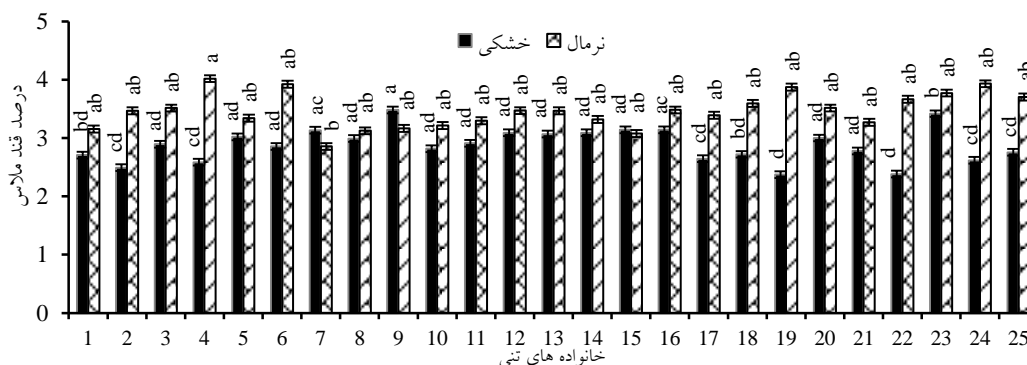
تمامی قند موجود در چغندر قند قابل استحصال نبوده و نسبت به املاح موجود در ریشه مقداری از آن به صورت قند ملاس از دسترس خارج می‌شود. به‌طور کلی مواد به‌وجودآورنده ملاس می‌توانند حدود ۲ الی ۳ درصد قند موجود در چغندر قند را کاهش دهند. مواد به‌وجودآورنده ملاس یک رابطه مستقیم با وزن تک غده و یک رابطه غیرمستقیم با تراکم مزرعه دارند و درصد مواد به‌وجودآورنده ملاس با افزایش تراکم کاهش می‌یابد. در زمان بروز تنش خشکی میزان قند ملاس کاهش می‌یابد که دلیل عمده آن پایین آمدن ناخالصی ازت، سدیم و پتاسیم می‌باشد. اعمال تنش خشکی در اواخر فصل رشد بر روی چغندر قند موجب افزایش ناخالصی‌های ریشه به‌ویژه نیتروژن، سدیم و پتاسیم شده و در نتیجه باعث افزایش میزان ملاس تولیدی می‌گردد بنابراین تیمارهای قطع آبیاری قبل از برداشت اثر ناچیزی بر غلظت قند در برداشت نهایی خواهند داشت (۸).

خلوص شربت

تجزیه واریانس نشان داد که اثر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنی‌دار است (جدول ۳). مقایسه میانگین بین محیط‌ها (جدول ۴) نشان داد که تنش باعث افزایشی در حدود ۴٪ الی ۵٪ در خلوص شربت شده است. با معنی‌دار شدن اثر متقابل و تجزیه واریانس جداگانه فول‌سیب‌ها در شرایط نرمال و تنش (جدول ۶) مشاهده شد که در هر دو محیط اختلاف بین فول‌سیب‌ها در حد ۱۰٪ معنی‌دار است. داریاب (۹) نیز وجود اختلاف بین تیمارهای مورد بررسی را از نظر خلوص شربت گزارش کردند. با توجه به روند تغییرات خلوص شربت در دو محیط نرمال و تنش مشاهده داد که فول‌سیب‌های ۷، ۸، ۹، ۱۵، ۲۱ و شاهد‌های ۲۱ و ۲۳ در شرایط نرمال داری خلوص شربت بالایی هستند. ولی فول‌سیب‌های ۲، ۴، ۱۷، ۱۹ و ۲۲ در شرایط تنش خلوص شربت بالایی را نشان دادند. (شکل ۵).

میزان قند ملاس

تجزیه واریانس اثر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را معنی‌دار نشان داد (جدول ۳). تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار در میزان قند ملاس شد (جدول ۴). تجزیه واریانس جداگانه فول‌سیب‌ها در شرایط نرمال و تنش (جدول ۶) نشان داد که در هر دو سطح نرمال و تنش بین فول‌سیب‌ها اختلاف



شکل ۶- روند تغییرات و مقایسه میانگین برای صفت قند ملاس در ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط خشکی و نرمال
Figure 6. Changing procedures and mean comparison in the Molasses for genotype examined in drought and normal conditions

سفید، درصد قند، درصد قند قابل استحصال تفاوت معنی‌داری وجود داشته است. احمدی و همکاران (۴) گزارش کردند که تنوع ژنتیکی برای صفات عملکردی و کیفیت چغندر قند در بین هیبریدهای این محصول در شرایط تنش خشکی وجود دارد.

شرفی (۳۹) اظهار کرد که اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه خود برای صفات عملکرد قند و فاکتورهای مؤثر بر آن و اکثر صفات فیزیولوژیک وجود دارد. فاتح و همکاران (۱۳) گزارش کردند که بین لاین‌های مورد آزمایش خود در صفاتی مانند عملکرد ریشه، عملکرد شکر

منابع

1. Abbas, F., A. Mohanna, G. Al-Lahham, E. Al-Jbawi and Z. AL-Jasem. 2010. Evaluation the Response of Some Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Genotypes under Saline Water Irrigation Conditions. Under published in Arab Journal for Dry Environments. ACSAD.
2. Abd-El Motagally, F.M.F. 2004. Evaluation of two sugar beet cultivars (*Beta vulgaris* L.) for growth and yield under drought and heat conditions. Thesis for PhD., Institute of Plant Nutrition, University Giessen, Germany, 143 pp.
3. Abdollahian-Noghabi, M. 1999. Ecophysiology of sugar beet cultivars and weed species subjected to water deficiency stress. Ph.D thesis, University of Reading.

4. 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.
5. Al-Jbawil, E. and F. Abbas. 2013. The Effect of Length during Drought Stress on Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Yield and Quality. *Persian Gulf Crop Protection*, 2(1): 35-43.
6. Bloch, D., C.M. Hoffmann and B. Marlander. 2006. Solute accumulation as a cause for quality losses in sugar beet submitted to continuous and temporary drought stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 192: 17-24.
7. Bloch, D. and C.M. Hoffmann. 2005. Seasonal development of genotypic differences in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and their interaction with water supply. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 191: 263-272.
8. Clover, G.R.G. 1998. Effects of beet yellows virus and drought on the growth of sugar beet. Ph.D. Thesis, University of Nottingham.
9. Daryab, A. 2003. Investigation on drought tolerance in traditional sugarbeet genotypes and their parents. M.Sc. thesis in Crop Breeding. Azad University, Karaj, Iran. (In Persian).
10. Ebrahimian, H.R. and S.H. Sadeghian. 2006. Study of yield and yield components of sugar beet monogerm varieties. Congress of Agronomy and Plant Breeding. Campus Abourihan-University of Tehran, pp. 226 (In Persian).
11. Emami, E., M. Mehrpouyan and M. Moharam-Zadeh. 2011. Evaluation the root yield and quality traits of sixteen monogerm varieties of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in Meshkin-Shahr climate condition. First National Conference on Modern Topics in Agriculture, Islamic Azad University, (In Persian).
12. Faberio, C., M. Santa Olalla, R. Lopez and A. Dominguez. 2003. Production and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivated under controlled deficit irrigation condition in semiarid-climate. *Agricultural Water Management*, 62: 215-227.
13. Fateh, M., M. AbdollahianNoghabi and M. Mesbah. 2004. Effect of continuously drought stress on physiological traits of sugar beet in Karaj. 8th Iranian Agronomy and Plant Breeding Congress, 23-25 August. Karaj, Iran (In Persian).
14. Foroozesh, F., E.M. Majidi Heravan, M.R. Bihamta, D. Fatollah Taleghani and D. Habibi. 2012. Physiological Evaluation of Sugar Beet Genotypes under Drought Stress. *American-Eurasian Journal Agricultural and Environment Science*, 12(6): 820-826 (In Persian).
15. Fotouhi, K., M. Mesbah, S.Y. Sadeghian Motahar, Z. Ranji and M.R. Orazizadeh. 2007. Evaluation of salinity tolerance in sugar beet genotypes. *Journal of Sugar Beet*, 22(2): 1-18 (In Persian).
16. Ghafari, E., A. Rajabi, A. Izadi Darbandi, F. Rozbeh and R. Amiri. 2016. Evaluation of New Sugar Beet Monogerm Hybrids for Drought Tolerance. *Journal of Crop Breeding* 8(17): 8-16 (In Persian).
17. Hamidi, H., M. Ahmadi, S.S. Ramezani, A. Masomi and S. khoramian. 2018. Evaluation of genetic diversity in sugar beet Half-Sib inbred lines under farm water stress condition. *Journal of Crop Breeding*, 10(28): 145-154 (In Persian).
18. Harvey, C.W. and J.V. Dutton. 1993. Root quality and processing. In: D.A. Cooke and R.K. Scott (eds). *The Sugar Beet Crop*, 571-617 pp. London: Chapman and Hall.
19. Hoffmann, C.M. 2010. Sucrose accumulation in sugar beet under drought stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 196: 243-252.
20. Hsiao, T.C. 2000. Leaf and root growth in relation to water status. *Horticultural Science*, 35: 1051-1058.
21. Jaggard, K. 1997. Growth of the sugar beet crop in 1998. *British Sugar Beet Review*, 65(1):10-12.
22. Kerr, S. and M. Leaman. 1997. To water or not. *British Sugar Beet Review*, 65(2): 11-13.
23. Mack, G. and C.M. Hoffmann. 2006. Organ-specific adaptation to low precipitation in solute concentration of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *European Journal of Agronomy*, 25: 270-279.
24. Mahmoodi, R., H. Maralian and A. Aghabarati. 2008. Effect of limited irrigation on root yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *African Journal of Biotechnology*, 7: 4475-4478.
25. Mirzaii, M. and S.M. Rezvani. 2007. Effects of water deficit on quality of sugar beet at different growth stages. *Journal of Sugar Beet*, 23(1): 29-42 (In Persian).
26. Mirzaii, M., S.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): 1-10 (In Persian).
27. Mohammadian, R., D.F. Taleghani and S. Sadeghzadeh. 2010. Effect of different irrigation managements on quantity and quality of sugar beet. *Journal of Sugar Beet*, 26(2): 139-156 (In Persian).
28. Mohammadian, R., M. Abdollahian-Noghabi, J. Baghani and A.G. Haghayeghi. 2009. 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, *Journal of Sugar Beet*, 25(1): 23-38 (In Persian).

29. Mousavi, S.K., P. Pezeshkpoor, A. Khorgami and M.N. Noori. 2009. Effects of supplemental irrigation and crop density on yield, and yield components of Kabuli chickpea cultivars. *Journal of Agronomy Research*, 7(2): 657-672 (In Persian).
30. Nabi Ilkai, M., D. Habibi, P. Foroozesh, D. Fatollah Taleghani, A. Rajabi, S. Oroojnia and M. Davoodifard. 2013. Investigation of quality and quantity properties in different sugar beet genotypes under drought stress. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 8(4): 101-111 (In Persian).
31. Ober, E.S. and A. Rajabi. 2010. Abiotic stress in sugar beet. *Sugar Technology*, 12: 294-298.
32. Ober, E.S., M.L. Bloa, C.J.A. Clark, A. Royal, K.W. Jaggard and J.D. Pidgon. 2005. Evaluation of physiological traits as indirect selection criteria for drought tolerance in sugar beet. *Field Crops Research*, 91: 231-249.
33. Ober, E.S., C.J.A. Clark, K.W. Jaggard and J.D. Pidgeon. 2004. Progress towards improving the drought tolerance of sugarbeet. *Zuckerindustrie*, 129: 101-104.
34. Passioura, J.B. 1996. Drought and drought tolerance. *Plant Growth Regulation*, 20: 79-83.
35. Reinefeld, E., A. Emmerich, G. Baumgarten, C. Winner and U.M. Beib. 1974. Zur vorausage des melassezuckers aus rübenanalysen. *Zucker*, 27: 2-15.
36. Richards, R.A. 1996. Defining selection criteria to improve yield under drought. *Plant Growth Regulation*, 20: 157-166.
37. Rytter, R.M. 2005. Water use efficiency, carbon isotope discrimination and biomass production of two sugar beet varieties under well-watered and dry conditions. *Journal of Agronomy Crop Science*, 191: 426-438.
38. Sadeghian Motahar, S.Y., R. Mohammadan, D.F. Taleghani and A. Khorshid. 2001. Evaluation of sugar beet drought tolerance genotypes using of halfsib-family recurrent selection. Final report, SBSI.
39. Sharifi, M. 2003. Investigation on correlation of drought tolerance physiological indexes with qualitative and quantitative of ten new suger beet genotypes. M.Sc. Thesis in Crop Breeding, Shiraz University, Iran (In Persian).
40. Shehata, M.M., S.A. Azer and S.N. Mostafa. 2000. The effect of soil moisture on some sugar beet varieties. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 78(3): 1141-1160.
41. Smirnoff, N. 1993. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytologist*, 125: 27-58.
42. Taleghani, D.F., S. Sadeghzadeh and S. Khiamym. 2010. Study of some quantitative and qualitative traits of promising sugar beet genotypes under drought stress conditions. *Journal of Sugar Beet*, 25(2): 113-123 (In Persian).
43. Vahidi, H., A. Rajabi, M.R. Seyed and D. Hadi Fathollah. 2013. Screening of suger beet (*Beta vulgaris* L.) genotype for drought tolerance. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 6:1104-1113.
44. Westgate, D., J. Batey, J. Brownlee and M. Butler. 1985. Some characteristics of interaction in foreign language classrooms. *British Educational Research Journal*, 11(3): 271-81.

Investigation of Changes in Qualitative Characteristics of Sugar Beet Breeding Lines under Drought Stress and Normal Conditions

Abdolmajid Khorshid¹ and Ali Akbar Asadi²

1- Sugar Beet Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Urmia, Iran, (Corresponding Author: majidkhor1347@gmail.com)

2- Crop and Horticultural Science Research Department, Zanjan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Zanjan, Iran.

Received: October 11, 2019 Accepted: August 1, 2020

Abstract

The quality of sugar beet is a combination of all the physical and chemical states of the sugar beet root that affects the process of production or the product of sugar or other products. On the other hand, dehydration and high temperatures during the growth period increase the impurities of sugar beet root, especially nitrogenous compounds, and ultimately cause a change in the quality of sugar beet. To investigate the changes in the quality characteristics of sugar beet, full-sib families from breeding programs were investigated in two separate dry and normal tests in 2017 on the Motahari research station in Karaj. The results showed that drought stress significantly decreased root yield, sugar yield, pure sugar yield, potassium content, nitrogen content, and molasses sugar content, and increased sodium content and purity of syrup. Full sibs were significantly different for nitrogen traits and alkalinity coefficients. Despite the lack of significant differences between genotypes in terms of root and sugar yield, the highest root yield was related to full sibs 5 and 6, and the lowest yield was related to full-sib 15 and controls 20, 23, 21, and 19. In finally full sibs 5, 1 and 6 had the highest and full sibs 2, 15, 9, 2 and control 23 had the lowest sugar yield.

Keywords: Full sib families, Root yield, Sugar yield