دو فصلنامه‌ی علوم به زراعی گیاهی
دوره دوازدهم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۱

مقایسه واکنش عملکرد کمی و کیفی ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند تحت شرایط تنش خشکی

بهنام احمدی[۱]، حسین حیدری شریف‌آباد[۱*]، محمد عبداللهیان نوقابی[۲]، رحیم محمدیان[۲] ،علی مختصی بیدگلی[۳]
۱ -گروه علوم باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲ -موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۳- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: hosseinsharifabad@gmail.com
(تاریخ دریافت:۲۵ مردادماه ماه ۱۴۰۱ ، تاریخ پذیرش: ۲۵ آذرماه ۱۴۰۱)

(این مقاله برگرفته از رساله دکتری نگارنده نخست می‌باشد)

چکیده

تنش خشکی از عمده دلایل کاهش عملکرد کمی و کیفی در زراعت چغندرقند می‌باشد، از طرفی کاهش روز افزون آب در دسترس، بویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک باعث تشدید این وضع شده است. در این شرایط استفاده از ارقام مقاوم به خشکی روشی مؤثر برای کاهش ریسک تولید می‌باشند. برای این منظور آزمایشاتی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با فاکتور اصلی آبیاری (۹۰ و ۱۸۰ میلی‌متر) و فرعی ژنوتیپ (۱۶ هیبرید و چهار رقم شاهد ژنوتیپ) در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در موسسه تحقیقات چغندرقند کرج انجام شد. نتایج نشان داد که روند کاهشی میانگین عملکرد ریشه و عملکرد قند خالص در دو سال به ترتیب در شرایط تنش ۲۸/۵ و ۱۰/۵ درصد نسبت به شرایط نرمال آبیاری وجود دارد. با این حال، در شرایط تنش محتوای قند ناخالص و خالص روندی افزایشی و مقادیر ناخالصی ریشه (سدیم و نیتروژن) روندی کاهشی داشت که همراه با بیشترین مقادیر ضریب استحصال قند شد. همچنین کاهش مصرف آب در شرایط تنش منجر افزایش کارایی آب آبیاری در شرایط تنش نسبت به نرمال شد. در بررسی ژنوتیپ‌ها بر اساس دو شاخص تحمل و مقاومت به تنش خشکی و شاخص عملکرد، ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۳، ۹، ۱۲ و ۱۶ به عنوان ژنوتیپ‌های امیدبخش شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: درصد قند، شاخص مقاومت به خشکی، عملکرد قند

مقدمه

چغندرقند (*Beta vulgaris L.*) به عنوان یک گیاه صنعتی بعد از نیشکر از اهمیت ویژه‌ای در بین محصولات قندی برخوردار است و سهم قابل توجهی از تولید شکر را در سراسر جهان به خود اختصاص داده است (۳۳)، تولید عملکرد اقتصادی مطلوب در شرایطی که بحران کمبود آب به عنوان اصلی‌ترین عامل محدودکننده در کشت و تولید محصولات کشاورزی و بویژه چغندرقند به صورت روزافزون شدت می‌گیرد بسیار حائز اهمیت می‌باشد. تا سال‌های اخیر افزایش تحمل به خشکی در چغندرقند به عنوان یک نیاز اصلاحی احساس نشده بود ولی اکنون خسارت عملکرد ناشی از خشکی به عنوان یک عامل مهم مورد توجه است (۳۰). به استناد سند راهبردی تحقیقات چغندرقند، ۶۰-۵۰ درصد سطح زیرکشت چغندرقند در طول دوره رشد با محدودیت منابع آبِ آبیاری روبرو هستند (۸)، و خسارات ناشی از این تنش خشکی (کمبود آب) بر عملکرد کمی و کیفی چغندرقند به شدت تاثیرگذار می‌باشد (۱۳ و ۳۱) به گونه‌ای که سبب کاهش کمیت و کیفیت محصول تولیدی به شکل قابل توجهی می‌شود (۱۵ و ۲۷). البته اثر تنش خشکی و شدت آن در هر یک از مراحل رشد گیاه یکسان نمی‌باشد و تغییرات حساسیت گیاه نیز به گونه، رقم، روش و مدیریت آبیاری و مرحله‌ای از رشد که گیاه با آن مواجه می‌شود، بستگی دارد (۲۱).

از اینرو یکی از مؤثرترین روش‌های کاهش خسارت تولید در شرایط تنش خشکی و افزایش کارایی آب؛ اصلاح، تولید و کاشت ارقامی است که حساسیت کمتری به خشکی داشته و در شرایط محدودیت آب، افت عملکرد کمی و کیفی کمتری داشته باشند (۸ و ۳۴). از سویی می‌توان با دستیابی به ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی در مناطقی که احتمال کمبود آب در طی دوره رشد مانع کشت این محصول محسوب می‌شود با اطمینان بیشتری اقدام به کشت نمود (۳). بدین منظور ژنوتیپ‌های مقاوم برای دستیابی به عملکرد بالا از راهکارهایی همچون کاهش تعرق، حفظ تثبیت دی‌اکسید کربن و کاهش تنفس نوری در شرایط تنش استفاده می‌کنند (۱). از اینرو اصلاح چغندر متحمل به خشکی موجب افزایش محصول اقتصادی و پایدار از نظر محیطی به همراه افزایش کارایی آب می‌گردد (۲۸). بنابراین در این راستا پژوهشی جهت شناسایی و انتخاب هیبریدهای نوید بخش متحمل به شرایط خشکی با صفات تولید عملکرد کمی و کیفی بالا در شرایط تنش خشکی و حتی غیر تنش اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقاتی چغندرقند واقع در کمالشهر کرج با عرض جغرافیای ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۷۵ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریا به مدت دو سال زراعی طی سال‌های ۹۶-۹۵ اجرا گردید. بارندگی در این منطقه بیشتر در اواخر فصل پاییز و اوایل فصل بهار رخ داده و این منطقه با داشتن تابستان گرم و خشک و زمستان سرد و مرطوب جزو مناطق نیمه خشک محسوب می‌شود. جدول شماره (۱) پارامترهای هواشناسی و خاک منطقه مورد مطالعه را طی سال‌های آزمایش نشان می‌دهد.

جدول ۱- برخی خصوصیات هواشناسی و فیزیکی وشیمیایی خاک محل آزمایش

	سال ۱۳۹۵				سال ۱۳۹۶			
	دمای کمینه (سانتی‌گراد)	دمای بیشینه (سانتی‌گراد)	بارش (میلی‌متر)	تبخیر (میلی‌متر)	دمای کمینه (سانتی‌گراد)	دمای بیشینه (سانتی‌گراد)	بارش (میلی‌متر)	تبخیر (میلی‌متر)
اردیبهشت	۱۲/۷۸	۲۷/۳۲	۰/۴۱	۷/۷۱	۱۲/۷۷	۲۶/۶۴	۱/۷۲	۵/۹۳
خرداد	۱۵/۸۲	۳۲/۱۵	۰/۰۰	۱۰/۸۴	۱۶/۴۰	۳۳/۰۰	۰/۰۰	۱۰/۹۲
تیر	۱۹/۲۷	۳۵/۶۸	۰/۰۰	۱۲/۹۹	۱۹/۵۹	۳۵/۷۱	۰/۰۱	۱۲/۰۴
مرداد	۱۸/۷۰	۳۵/۱۸	۰/۰۰	۱۱/۰۹	۱۹/۸۸	۳۵/۸۹	۰/۰۰	۱۱/۹۸
شهریور	۱۶/۸۹	۳۲/۸۷	۰/۰۰	۹/۰۲	۱۷/۶۰	۳۳/۱۸	۰/۰۰	۹/۵۹
مهر	۱۱/۰۹	۲۵/۳۰	۰/۰۰	۵/۸۵	۱۰/۴۱	۲۴/۳۵	۰/۱۶	۶/۲۸
آبان	۶/۹۷	۱۸/۹۰	۰/۱۱	۳/۷۷	۱۰/۱۶	۲۱/۴۶	۰/۰۰	۴/۵۲

سال	عمق نمونه (سانتی‌متر)	ماده آلی (درصد)	هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی‌متر)	آمونیوم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	نیترات (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	اسیدیته	بافت
۱۳۹۵	۰-۳۰	۰/۸	۱/۱۱	۱۸/۲	۷/۳	۳۱/۴	۵۶۶	۸/۰۸	لوم
	۳۰-۶۰	۰/۸	۱/۳۴	۲۰/۳	۵/۳	۱۲/۲	۵۳۵	۸/۱۱	لوم
۱۳۹۶	۰-۳۰	۰/۸	۱/۸۱	۱۹/۶	۵/۶	۸/۶	۲۶۱	۷/۱۸	لوم
	۳۰-۶۰	۰/۷	۱/۳۲	۱۵/۸	۵/۴	۷	۲۵۱	۷/۲۶	لوم

آزمایش در قالب طرح کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دو سال زراعی اجرا گردید. آبیاری در دو حالت (نرمال و تنش) بعنوان عامل اصلی و ژنوتیپ‌ها شامل ۱۶ هیبرید متحمل به خشکی به همراه ۴ شاهد (۲۰ ژنوتیپ) به عنوان عامل فرعی قابل مشاهده در جدول شماره (۲) تحت شرایط بدون تنش (۹۰ میلیمتر تبخیر از تشتک کلاس A) و تنش آبی (۱۸۰میلیمتر تبخیر از تشتک کلاس A) از لحاظ تحمل به خشکی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

جدول ۲- ژنوتیپ‌های کشت شده در آزمایش

شماره	ژنوتیپ	شماره	ژنوتیپ	شماره	ژنوتیپ
۱	(7112 * KWS) * S1-100	۸	(7112 * KWS) * S1 - 36	۱۵	(7112 * KWS) * S1 - 73
۲	(7112 * KWS) * S1 - 13	۹	(7112 * KWS) * S1 - 42	۱۶	(7112 * KWS) * S1 - 8
۳	(7112 * KWS) * S1 - 15	۱۰	(7112 * KWS) * S1 - 44	۱۷	IR7
۴	(7112 * KWS) * S1 - 16	۱۱	(7112 * KWS) * S1 - 66	۱۸	Jolgeh
۵	(7112 * KWS) * S1 - 18	۱۲	(7112 * KWS) * S1 - 70	۱۹	Mandarin
۶	(7112 * KWS) * S1 - 28	۱۳	(7112 * KWS) * S1 - 71	۲۰	Paya
۷	(7112 * KWS) * S1 - 3	۱۴	(7112 * KWS) * S1 - 72		

پس از انجام مراحل خاک‌ورزی و آماده‌سازی بستر کاشت بر اساس عرف منطقه، توصیه کودی بر اساس آزمون خاک انجام پذیرفت. کودهای فسفر و پتاسیم بصورت پیش از کاشت و یک سوم از کود نیتروژن نیز پیش از کاشت و مابقی به صورت سَرک و بعد از مرحله تُنک مصرف گردید. میزان کود مصرفی بصورت فسفات آمونیوم، سولفات پتاسیم و اوره به ترتیب به میزان ۱۵۰، ۱۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار برای سال اول و میزان ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار برای سال دوم آزمایش بود. هر کرت آزمایشی شامل سه ردیف کاشت به طول ۸ متر و فواصل ردیف ۵۰ سانتی‌متر بود. بعد از کاشت بذور، دو مرحله آبیاری جهت جوانه‌زنی و سبزشدن مزرعه صورت پذیرفت. آبیاری در دو حالت (نرمال و تنش) تا مرحله تُنک و وجین (چهار برگی) بطور معمول و

پس از آن بر اساس نوع تیمار و میزان تبخیر از تشتک کلاس A انجام شد. همچنین مبارزه با علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها نیز در طول فصل رشد انجام گردید. در پایان دوره رشد با برداشت از ردیف میانی هر کرت آزمایشی، شمارش و توزین ریشه‌ها صورت گرفت. پس از تعیین میزان وزن‌تر ریشه‌ها و خمیرگیری آنها در آزمایشگاه، اندازه‌گیری میزان قند ریشه‌ها به روش پلاریمتری، میزان ناخالصی‌های ریشه به روش فلیم‌فتومتری و رنگ‌سنجی عدد آبی مشخص گردید (۱۷). بعلاوه کارایی آب آبیاری (IWUE) برحسب کیلوگرم بر مترمکعب از حاصل تقسیم (SY) عملکرد قند ناخالص برحسب کیلوگرم بر مترمربع بر (I) حجم آب مصرفی برحسب مترمکعب بدست آمد (۲۲) و جهت بررسی شاخص‌های تحمل تنش [a]، مقاومت به خشکی [c] و عملکرد [b] (۷) نیز از روابط ذیل استفاده گردید.

$$(a)\ STI = \frac{Y_{pi} \times Y_{si}}{Y_p^2} \qquad (b)\ YI = \frac{Y_{si}}{Y_S} \qquad (c)\ DI = \frac{Y_{si} \times \frac{Ysi}{Ypi}}{Y_S}$$

در روابط فوق Y_{pi} برابر با میانگین عملکرد شکر خام ژنوتیپ iام در شرایط مطلوب، Y_{si} برابر با میانگین عملکرد شکر خام ژنوتیپ iام در شرایط تنش، Y_S برابر با میانگین عملکرد شکر خام کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط تحت تنش، Y_P برابر با میانگین عملکرد شکر خام کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط مطلوب بود. با توجه به عدم یکنواختی در واریانس خطا (آزمون K_{max} هارتلی) تجزیه واریانس مرکب داده‌ها میسر نبود، لذا نتایج به صورت سالانه و با طرح آماری یکسان به کمک نرم افزار SAS تجزیه و تحلیل گردید. مقایسه میانگین صفات بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت و در نتایج و بحث به اثر ساده تیمارها توجه شد (با توجه به عدم معنی‌داری اثرات متقابل اکثر صفات). برای ترسیم نمودار دندروگرام و تحلیل خوشه‌ها نیز از نرم افزار Minitab استفاده گردید.

نتایج و بحث

عملکرد ریشه

نتایج تجزیه واریانس صفت عملکرد ریشه در هر دو سال نشان از معنی‌داری تیمار آبیاری به ترتیب سال در سطح آماری پنج و یک درصد داشت. همچنین در هر دو سال آزمایش به صورت مشابه تیمار ژنوتیپ در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). علاوه بر این در هر دو سال آزمایش به صورت مشابه بیشترین مقدار عملکرد ریشه (با سطح آماری برتر) در مقایسه میانگین اثر ساده تیمار آبیاری از شرایط آبیاری نرمال بدست آمد به گونه‌ای که در شرایط تنش کاهش عملکرد ریشه به ترتیب سال با مقادیر ۳۷ و ۲۰ درصد نسبت به شرایط نرمال مشاهده شد(جدول ۴). شرایط محدودیت رطوبتی در ابتدا موجب کاهش سطح فتوسنتزکننده (برگ) گیاه و به تبع آن باعث کاهش تشعشع دریافتی توسط آن می‌شود (۲۹ و ۳۵) که موجب کاهش تجمع ماده خشک در شرایط تنش به دلیل همان کمبود رطوبت در دسترس و بسته شدن روزنه‌ها به همراه افزایش دمای برگ (۲۰) و محدودیت ورود دی‌اکسیدکربن می‌شود و این امر خود باعث کاهش یافتن مقادیر فتوسنتزی در گیاه می‌شود (۳۵)، که توسط سایر محققان تایید شده است (۱۵ و ۲۷).

در مقایسه میانگین اثر ساده ژنوتیپ بر عملکرد ریشه در سال اول نیز مشاهده شد که ژنوتیپ‌های شماره ۱۸، ۱۹، ۱۰، ۱۲، ۲، ۳، ۱۴، ۲۰، ۱۷، ۱۱، ۱ و ۹ در سطح آماری برتر قرار دارند (به ترتیب با بیشترین و کمترین مقادیر عملکرد ریشه ۶۱/۷ و ۴۹/۹ تن در هکتار)، اما در سال دوم ژنوتیپ شماره ۲۰ با مقدار عملکرد ریشه ۸۳/۹ تن در هکتار به تنهایی در بالاترین سطح آماری قرار گرفت (جدول ۵). با این حال ژنوتیپ‌های

شماره ۱۹، ۱، ۱۲، ۱۵، ۱۱، ۸، ۱۷، ۱۶، ۴ و ۶ در سطح بعدی به لحاظ آماری قرار گرفتند (با توجه به بیشترین و کمترین مقادیر عملکرد ریشه ۷۱/۷ و ۶۳/۵ تن در هکتار).

درصد قند ناخالص و خالص

با تجزیه واریانس درصد قند ناخالص مشخص گردید که تیمار آبیاری در سال اول در سطح یک درصد دارای اثر معنی‌دار بود، درحالی‌که در سال دوم هیچ گونه اثر معنی‌داری بر این صفت نداشت، اما تیمار ژنوتیپ در هر دو سال به ترتیب سال در سطح آماری پنج و یک درصد دارای اثر معنی‌دار بود. در نتایج تجزیه واریانس صفت درصد قند خالص نیز اثر تیمار آبیاری در هر دو سال و به ترتیب سال در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار گردید. اما برخلاف تیمار آبیاری، اثر تیمار ژنوتیپ در سال اول غیرمعنی‌دار و در سال دوم در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳).

در مقایسه میانگین‌ها اثر ساده آبیاری بر درصد قند ناخالص و خالص مشاهده شد که در هر دو سال بیشترین مقادیر این صفات از شرایط تنش بدست آمد. بیشترین مقادیر درصد قند ناخالص و خالص به ترتیب سال ۱۵، ۱۳/۳ و ۱۰/۸، ۹/۵ درصد بود (جدول ۴). این افزایش درصد قند در شرایط تنش می‌تواند به دلیل کاهش محتوای رطوبت گیاه و به خصوص ریشه باشد. از آنجا که با ایجاد تنش خشکی قطر ریشه (۱ و ۱۴) و میزان آب بافت ریشه به مقدار ماده خشک آن کاهش می‌یابد موجب افزایش غلظت قند می‌شود (۲۵ و ۳۲) و گیاه با این افزایش و تجمع قند بیشتر بین حلقه‌های کامبیوم ریشه در شرایط تنش نسبت به شرایط عادی (۱۸) در صدد ایجاد شیب اسمزی برای جذب آب موجود در خاک می‌باشد. البته گزارش‌های متفاوتی نیز در مورد افزایش محتوای قند تحت تنش کمبود آب (۲۶) و کاهش درصد قند ناخالص و خالص تحت شرایط تنش خشکی (آبیاری بعد از ۲۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) به ترتیب معادل ۳۲/۶ و ۴۲/۶ درصد به صورت معنی‌دار وجود دارد (۶).

در مقایسه میانگین‌های اثر ساده ژنوتیپ بر درصد قند ناخالص نیز در هر دو سال ژنوتیپ‌های شماره ۱۷ و ۱۹ بیشترین مقادیر درصد قند ناخالص را تولید نمودند، با این وجود در سال اول ژنوتیپ‌های ۳، ۶، ۱۸، ۴، ۷، ۱۳، ۹، ۱۶ و ۵ با دو ژنوتیپ یاد شده در بالا به لحاظ آماری هیچ گونه اختلاف سطح آماری نداشتند. در مقایسه میانگین‌ها اثر ساده ژنوتیپ بر درصد قند خالص نیز در سال اول ژنوتیپ ۱۷ با ۱۰/۴ درصد دارای بیشترین مقدار قند خالص بود که با ژنوتیپ‌های شماره ۱۹، ۳، ۱۸، ۶، ۱۳، ۹، ۴، ۱۶، ۵، ۷، ۱۰ و ۸ در یک سطح آماری قرار گرفتند. در حالیکه در سال دوم ژنوتیپ شماره ۱۹ با ۱۲/۶ درصد در بالاترین سطح آماری قرار گرفت و دو ژنوتیپ شماره ۱۷ و ۶ به ترتیب با ۱۰/۹ و ۱۰/۱ درصد در سطح آماری بعدی قرار گرفتند (جدول ۵).

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد ریشه ، درصد قند (ناخالص و خالص) و سدیم و پتاسیم ریشه

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		عملکرد ریشه		درصد قند ناخالص		درصد قند خالص		سدیم		پتاسیم	
		۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶
بلوک	۳	۹۶۱ns	۷۰۰ns	۱۱ns	۳/۹ns	۱۰/۹*	۱۱ns	۰/۴ns	۴/۷ns	۱/۶ns	۶ns
آبیاری (A)	۱	۲۰۲۹۱*	۸۰۵۷**	۲۳۱**	۲۵ns	۴۱۷**	۳۵/۷*	۱۰۶**	۴/۳**	۰/۰۱ns	۶/۵ns
خطای اصلی	۳	۷۹۶/۸	۱۲۷/۸	۰/۷	۴/۳	۰/۵	۳/۳	۰/۶	۰/۶	۰/۷	۳/۶
ژنوتیپ (B)	۱۹	۳۵۸**	۳۹۵**	۱/۸ns	۶/۸**	۳/۱ns	۱۲**	۱/۱ns	۲/۷**	۰/۷ns	۱/۸**
(A)*(B)	۱۹	۱۷۷ns	۷۱/۲ns	۲/۵**	۰/۸ns	۳/۹*	۱/۳ns	۲/۳**	۰/۴ns	۰/۹*	۰/۴ns
خطای کل	۱۱۴	۱۴۷/۶	۷۷/۳	۱/۱	۱/۵	۲/۰	۱/۷۷	۰/۷	۰/۶	۰/۵	۰/۷
درصد ضریب تغییرات		۲۴/۲	۱۳/۸	۷/۶	۹/۵	۱۵/۴	۱۴/۸	۱۶/۲	۱۷	۱۲	۱۵/۸

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر ساده آبیاری بر عملکرد ریشه، درصد قند (ناخالص و خالص) و سدیم و پتاسیم ریشه

تیمار آزمایش		عملکرد ریشه (تن در هکتار)		درصد قند ناخالص (گرم شکر در صد گرم چغندرقند)		درصد قند خالص (گرم شکر در صد گرم چغندرقند)		سدیم (میلی‌اکی‌والان درصدگرم چغندرقند)		پتاسیم (میلی‌اکی‌والان درصدگرم چغندرقند)	
		۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶
آبیاری	نرمال	۶۱/۵a	۷۰/۸a	۱۲/۶b	۱۲/۵a	۷/۶b	۸/۵b	۵/۹a	۴/۵a	۵/۸a	۵a
	تنش	۳۸/۹b	۵۶/۶b	۱۵a	۱۳/۳a	۱۰/۸a	۹/۵a	۴/۳b	۴/۲a	۵/۸a	۵/۴a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح پنج درصد در آزمون LSD می‌باشند

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر ساده ژنوتیپ بر عملکرد ریشه، درصد قند (ناخالص و خالص) و سدیم و پتاسیم ریشه

شماره	تیمار آزمایش ژنوتیپ	عملکرد ریشه (تُن در هکتار) ۱۳۹۵	عملکرد ریشه (تُن در هکتار) ۱۳۹۶	درصد قند ناخالص (گرم شکر در صد گرم چغندرقند) ۱۳۹۵	درصد قند ناخالص (گرم شکر در صد گرم چغندرقند) ۱۳۹۶	درصد قند خالص (گرم شکر در صد گرم چغندرقند) ۱۳۹۵	درصد قند خالص (گرم شکر در صد گرم چغندرقند) ۱۳۹۶	سدیم (میلی‌اکی‌والان درصدگرم چغندرقند) ۱۳۹۵	سدیم (میلی‌اکی‌والان درصدگرم چغندرقند) ۱۳۹۶	پتاسیم (میلی‌اکی‌والان درصدگرم چغندرقند) ۱۳۹۵	پتاسیم (میلی‌اکی‌والان درصدگرم چغندرقند) ۱۳۹۶
۱	(7112*KWS)*S1-100	۵۰/۲a-f	۷۰/۸b	۱۳/۶cd	۱۳/۳c-f	۸/۸bc	۹/۴c-f	۵/۳ab	۴/۷b-d	۶/۱a-c	۵c-e
۲	(7112*KWS)*S1-13	۵۵/۹a-d	۶۰/۴d-g	۱۳/۴cd	۱۲/۳d-h	۸/۶bc	۸/۲e-i	۶a	۵/۲a-c	۵/۶a-d	۵/۲b-e
۳	(7112*KWS)*S1-15	۵۲/۴a-d	۶۲/۱c-g	۱۴/۳a-c	۱۳/۱c-g	۹/۹ab	۹/۳c-f	۵/۱b	۴/۴de	۵/۴c-d	۴/۹de
۴	(7112*KWS)*S1-16	۳۶/۳g	۶۴/۲b-f	۱۴/۱a-d	۱۲/۵d-g	۹/۴a-c	۸/۵d-h	۵/۴ab	۴/۴de	۶a-c	۵/۶a-d
۵	(7112*KWS)*S1-18	۴۵/۳d-g	۶۰d-g	۱۳/۸a-d	۱۳c-g	۹/۳a-c	۹/۲c-g	۵/۳ab	۴/۳d-f	۵/۷a-d	۵/۱b-e
۶	(7112*KWS)*S1-28	۴۱/۸e-g	۶۳/۵b-f	۱۴/۳a-c	۱۳/۸bc	۹/۷ab	۱۰/۱bc	۴/۸bc	۳/۷ef	۵/۶a-d	۵/۱b-e
۷	(7112*KWS)*S1-3	۴۵/۸d-g	۵۴/۶g	۱۴a-d	۱۲/۳d-h	۹/۳a-c	۸g-i	۴/۲c	۴/۵b-d	۶/۳a	۵/۲b-e
۸	(7112*KWS)*S1-36	۴۸/۸c-f	۶۵/۴b-d	۱۳/۸b-d	۱۲gh	۹/۱a-c	۸/۲e-i	۴/۷bc	۴/۷b-d	۵/۸a-d	۴/۵e-f
۹	(7112*KWS)*S1-42	۴۹/۹a-f	۶۱/۹c-g	۱۳/۹a-d	۱۲/۵d-g	۹/۴a-c	۸/۴d-h	۵/۳ab	۴/۴de	۵/۶a-d	۵/۶a-d
۱۰	(7112*KWS)*S1-44	۵۷/۹a-c	۵۳/۹g	۱۳/۵cd	۱۳/۴c-d	۹/۱a-c	۹/۵c-e	۴/۹bc	۴d-f	۵/۵cd	۵/۹ab
۱۱	(7112*KWS)*S1-66	۵۱/۱a-e	۶۵/۷b-d	۱۳d	۱۲/۶c-g	۸c	۸/۸d-h	۵/۱b	۴/۱d-f	۵/۹a-c	۵/۴a-d
۱۲	(7112*KWS)*S1-70	۵۶/۴a-d	۶۹/۷bc	۱۳/۳cd	۱۲/۲f-h	۸/۵bc	۷/۶hi	۵/۴ab	۵/۲ab	۶/۲ab	۶/۱a
۱۳	(7112*KWS)*S1-71	۳۸/۷fg	۵۶/۲e-g	۱۳/۹a-d	۱۲/۸c-g	۹/۴a-c	۸/۹c-g	۴/۹bc	۴/۱d-f	۵/۶b-d	۵c-e
۱۴	(7112*KWS)*S1-72	۵۱/۹a-e	۵۵/۶fg	۱۳/۵cd	۱۲/۲e-h	۸/۷bc	۸/۱f-i	۵b	۴/۵cd	۶/۱a-c	۵/۴a-d
۱۵	(7112*KWS)*S1-73	۴۶/۴c-g	۶۶/۲b-d	۱۳/۴cd	۱۳/۴c-e	۸/۶bc	۹/۶cd	۵/۳ab	۴/۴de	۵/۹a-c	۵/۱b-e
۱۶	(7112*KWS)*S1-8	۴۹/۴b-f	۶۴/۵b-e	۱۳/۸a-d	۱۲/۷c-g	۹/۴a-c	۸/۹c-h	۴/۹bc	۴/۳d-f	۵/۷a-d	۴/۹de
۱۷	IR7	۵۱/۶a-e	۶۵b-d	۱۴/۸a	۱۴/۷ab	۱۰a	۱۰/۹b	۵/۲ab	۳/۶f-g	۵/۸a-d	۵/۱a-c
۱۸	Jolgeh	۶۱/۷a	۵۸/۲d-g	۱۴/۲a-c	۱۳/۴c-f	۹/۸ab	۸/۹c-g	۴/۹bc	۴/۵b-d	۵/۵cd	۵/۵a-d
۱۹	Mandarin	۶۰/۹ab	۷۱/۷b	۱۴/۸ab	۱۵/۲a	۱۰a	۱۲/۴a	۵/۴ab	۳g	۵/۲d	۳/۹f
۲۰	Paya	۵۱/۷a-e	۸۳/۹a	۱۳/۶cd	۱۱/۲h	۸/۸bc	۶/۹i	۴/۸bc	۵/۶a	۶/۱a-c	۵/۱b-e

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح پنج درصد در آزمون LSD می‌باشند

ناخالصی‌های ریشه (سدیم، پتاسیم و نیتروژن) و ضریب استحصال

در نتایج تجزیه واریانس صفت محتوای سدیم ریشه مشاهده شد که اثر تیمار آبیاری در دو سال به ترتیب به صورت معنی‌داری در سطح یک درصد و عدم معنی‌داری موجود می‌باشد. همچنین در مورد اثر تیمار ژنوتیپ نیز عکس این حالت یعنی با غیرمعنی‌داری در سال اول و معنی‌داری در سطح یک درصد در سال دوم همراه می‌باشد. در نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار آبیاری بر مقدار پتاسیم ریشه نیز مشاهده شد که در هر دو سال آزمایش فاقد اثر معنی‌دار بود درحالی‌که اثر ژنوتیپ در سال اول غیرمعنی‌دار و در سال دوم در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). در مورد محتوای نیتروژن ریشه نیز نتایج تجزیه واریانس به صورت غیرمعنی‌داری اثر تیمار آبیاری در هر دو سال آزمایش بود، اما اثر ژنوتیپ تنها در سال دوم آن هم در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. با تجزیه واریانس صفت ضریب استحصال قند نیز مشخص گردید که در هر دو سال اثر تیمار آبیاری به ترتیب سال در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار شد، اما در مورد اثر تیمار ژنوتیپ تنها با معنی‌داری در سطح یک درصد آن هم در سال دوم همراه بود (جدول ۶).

در نتایج مقایسه میانگین‌ها اثر ساده آبیاری نیز در هر دو سال کمترین مقادیر ناخالصی سدیم ریشه در شرایط تنش به ترتیب سال با ۲۷ و ۷ درصد کاهش نسبت به شرایط آبیاری نرمال مشاهده شد که همین اختلاف مقادیر بالای سدیم در سال اول باعث معنی‌داری این اختلاف سطح در سال اول شد. علت کاهش این ناخالصی در ریشه را می‌توان در کاهش مقادیر جذب این عنصر از محلول خاک جستجو کرد، زیرا جذب عناصر از طریق جذب آب صورت می‌گیرد و کاهش سدیم جذب شده در شرایط تنش خشکی قابل پیش‌بینی می‌باشد (۵). مقایسه میانگین‌ها اثر ساده آبیاری بر محتوای پتاسیم ریشه نیز بیانگر این بود که در هر دو سال به صورت مشابه تیمار آبیاری نرمال از مقادیر کمتر اما غیرمعنی‌دار این ناخالصی با مقادیر ۵/۸ و ۵ میلی اکی والان به ترتیب سال برخوردار بود (جدول ۴). به طور کلی در جذب سدیم و پتاسیم در گیاه یک رابطه معکوس وجود دارد، از اینرو گزارش شده که در شرایط تنش خشکی میزان نسبت پتاسیم به سدیم در ریشه چغندرقند افزایشی (اما غیرمعنی‌دار) بوده است (۴).

در نتایج مقایسه میانگین‌ها اثر ساده آبیاری بر مقدار نیتروژن ریشه و ضریب استحصال نیز مشاهده شد که در هر دو سال به صورت مشابه کمترین مقادیر نیتروژن در شرایط تنش و با اختلاف ۱ و ۱۳ درصد نسبت به دیگر سطح این تیمار (بدون اختلاف سطح آماری) و بیشترین مقادیر ضریب استحصال در هر دو سال با سطح آماری برتر از شرایط تنش با مقادیر ۷۱/۹ و ۷۰/۶ درصد بدست آمد (جدول ۷). گزارشات متعددی وجود دارد که به رابطه عکس مقدار سدیم ریشه و ضریب استحصال اشاره کرده‌اند (۱۰ و ۲۳)، در چنین شرایطی شاید افزایش درصد قند قابل استحصال تحت شرایط تنش خشکی بدلیل افزایش معنی‌دار درصد قند ناخالص یا خالص (با کاهش میزان رطوبت) و نیز کاهش معنی‌دار سدیم در این شرایط باشد (۱۱).

با مقایسه میانگین‌ها اثر ساده ژنوتیپ در سال اول نیز کمترین مقدار سدیم ریشه در ژنوتیپ شماره ۷ با ۴/۲ میلی اکی‌والان در صد گرم خمیر ریشه (با اختصار میلی اکی‌والان) چغندرقند مشاهده شد، با این حال این ژنوتیپ با ژنوتیپ‌های شماره ۸، ۲۰، ۶، ۱۳، ۱۰، ۱۸ و ۱۶ هیچ گونه اختلاف سطح آماری نداشت. اما در سال دوم ژنوتیپ شماره ۱۹ با مقدار ۳ میلی اکی والان کمترین مقدار این ناخالصی را نشان داد. در این سال نیز دو ژنوتیپ شماره ۱۷ و ۶ با ژنوتیپ شماره ۱۹ اختلاف سطح آماری نداشتند (جدول ۵). در مورد اثر ساده ژنوتیپ نیز در سال اول ژنوتیپ ۱۹ با کمترین مقدار ناخالص (۵/۲ میلی اکی والان) در کنار ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۱۰، ۱۸، ۱۳، ۹، ۶، ۲، ۱۶، ۵، ۱۷ و ۸ در یک سطح آماری قرار گرفتند. در سال دوم نیز همین ژنوتیپ شماره ۱۹ با

مقدار ۳/۹ میلی اکی والان با ژنوتیپ شماره ۸ در پایین ترین سطح آماری و دارای کمترین مقادیر این ناخالص بودند.

نتایج مقایسه میانگین‌ها اثر ساده ژنوتیپ بر مقادیر نیتروژن نیز نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۱۷، ۱۳، ۹، ۲۰ و ۱۱ دارای کمترین سطح مقادیر این ناخالصی از ۳/۷ تا ۴/۷ میلی اکی والان بودند. در حالی که در سال دوم نیز ژنوتیپ‌های شماره ۱۹، ۱۷، ۱۳، ۲۰ و ۸ در پایین ترین سطح آماری و دارای کمترین مقادیر نیتروژن ریشه از ۱/۸ تا ۲/۶ میلی اکی والان بودند. در خصوص اثر ساده ژنوتیپ بر صفت ضریب استحصال نیز در سال اول به جز ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۱۴ و ۱۵ سایر ژنوتیپ‌ها در یک سطح بدون اختلاف آماری جای گرفتند. در سال دوم نیز ژنوتیپ شماره ۱۹ با ۸۱/۵ درصد بیشترین مقدار این صفت را در سطح برتر آماری نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها نشان داد (جدول ۸).

عملکرد قند ناخالص و خالص

در تجزیه واریانس اثر تیمار آبیاری بر عملکرد قند ناخالص و خالص نتایج به صورت مشابه و به ترتیب سال غیرمعنی‌دار و معنی‌دار مشاهده شد. همچنین در مورد اثر تیمار ژنوتیپ نیز به صورت مشابه برای هر دو صفت و در هر دو سال آزمایش به صورت معنی‌دار در سطح یک درصد قابل مشاهده بود (جدول ۶). در مقایسه میانگین‌های اثر آبیاری در دو سال آزمایش به صورت مشابه در شرایط نرمال بیشترین مقادیر عملکرد قند ناخالص به ترتیب سال با ۷/۷ و ۸/۹ تن در هکتار مشاهده شد که تنها در سال دوم اختلاف سطح معنی‌دار بود. در نتایج مقایسه میانگین‌های اثر ساده آبیاری در دو سال آزمایش بیشترین مقادیر عملکرد قند خالص نیز به صورت مشابه از تیمار آبیاری نرمال و با کاهش مقادیر ۹ و ۱۲ درصدی عملکرد قند خالص به ترتیب سال در شرایط تنش نسبت به نرمال (و تنها با معنی‌داری در سال دوم) مشاهده شد (جدول ۷). از آنجا که عملکرد شکر سفید بیشتر وابسته به ماده خشک تجمع یافته در ریشه است لذا کاهش عملکرد ریشه تحت شرایط تنش خشکی سبب کاهش عملکرد شکر سفید می‌شود (۱۱)، زیرا در شرایط تنش خشکی افزایش درصد قند ناشی از کاهش قطر و رطوبت ریشه (۱ و ۲۵) با کاهش شدید عملکرد ریشه همراه است (۳) که این کاهش مقادیر وزن خشک کل گیاه منتج به کاهش عملکرد قند در چغندرقند می‌شود.

در خصوص مقایسه میانگین‌های اثر ساده ژنوتیپ بر عملکرد قند ناخالص نیز مشاهده شد که در سال اول ژنوتیپ‌های شماره ۱۹، ۱۸، ۱۰، ۱۷، ۳، ۲ و ۱۲ دارای برترین سطح آماری بودند. در سال دوم نیز دو ژنوتیپ ۱۹ و ۱۷ در بالاترین سطح آماری بودند. بیشترین مقدار عملکرد قند ناخالص به صورت مشترک در هر دو سال از ژنوتیپ شماره ۱۹ به ترتیب سال با مقادیر ۸/۷ و ۱۰/۹ تن در هکتار بدست آمد. نتایج اثر ساده ژنوتیپ بر عملکرد قند خالص نیز بیانگر این بود که در سال اول ژنوتیپ‌های شماره ۱۹، ۱۸، ۱۷، ۱۰، ۳، ۹ و ۲ در یک سطح آماری و با بیشترین و کمترین مقادیر عملکرد قند خالص ۵/۹ و ۴/۷ تن در هکتار مشاهده شدند. در صورتی که در سال دوم ژنوتیپ شماره ۱۹ با ۸/۹ تن در هکتار در بالاترین سطح آماری نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها قرار داشت. با این حال ژنوتیپ‌های شماره ۱۷، ۱، ۶، ۱۵ و ۲۰ با بازه بیشترین و کمترین مقادیر عملکردی ۷/۱ و ۵/۹ تن در هکتار در سطح بعدی آماری جای گرفتند (جدول ۸).

کارایی آب آبیاری

در نتایج تجزیه واریانس صفت کارایی آب آبیاری نیز مشاهده شد که اثر تیمار آبیاری در دو سال آزمایش به ترتیب به صورت غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح یک درصد مشاهده شد. در خصوص تیمار ژنوتیپ نیز به صورت مشابه در هر دو سال اثر این تیمار در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۶). در نتایج مقایسه

میانگین‌های اثر ساده آبیاری در هر دو سال شرایط تنش دارای بیشترین مقادیر کارایی آب آبیاری به ترتیب سال با مقادیر ۰/۷۴ و ۰/۹۰ کیلوگرم بر متر مکعب بود، هر چند که تنها در سال دوم این برتری به لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول ۷). چنین بیان شده است که تنش خشکی متوسط عمدتا به علت کاهش میزان تعرق در اثر خشکی در چغندرقند (۲۴) و گیاهان دیگر (۱۲ و ۳۶) کارایی آب آبیاری را افزایش می‌دهد، درحالی‌که با اعمال تنش شدید این روند کاهش می‌یابد (۱۶، ۱۷ و ۲۴). همچنین در گزارشی دیگر نتایج عکس گزارش بالا مشاهده شد چنین که تفاوتی میان تنش خشکی ۶۵ و ۷۰ درصد تخلیه رطوبتی تحت عنوان تنش ملایم و شدید در صفت کارایی آب مصرفی وجود نداشت (۱۰).

در مورد اثر ساده ژنوتیپ بر صفت کارایی آب آبیاری نیز مشاهده شد که در هر دو سال ژنوتیپ شماره ۱۹ به ترتیب سال با مقادیر ۰/۹۰ و ۱/۱ کیلوگرم بر متر مکعب دارای بیشترین مقادیر کارایی آب آبیاری بود. با این تفاوت که در سال اول این ژنوتیپ با ژنوتیپ‌های شماره ۱۸، ۱۷، ۱۰، ۳ و ۲ در یک سطح آماری قرار داشت، اما در سال دوم تنها با ژنوتیپ شماره ۲۰ با مقدار ۰/۹۳ کیلوگرم بر متر مکعب هیچ گونه اختلاف سطح آماری نداشت (جدول ۸).

شاخص تحمل به خشکی (STI) ، شاخص مقاومت به خشکی (DI) و شاخص برداشت (YI) :

با محاسبه شاخص تحمل به خشکی در سال اول آزمایش مشخص گردید که ارقام شاهد شماره ۲۰ و ۱۹ با مقادیر بیش از یک دارای بالاترین مقدار این صفت بودند. پس از دو رقم یاد شده در بالا نیز ژنوتیپ شماره ۳ با ۰/۹۶ مشاهده شد که بالاتر از دو رقم شاهد شماره ۱۷ و ۱۸ با مقادیر مشترک ۰/۹۲ قرار داشت. در ادامه نیز دو ژنوتیپ شماره ۹ و ۱۳ قابل مشاهده بود. اما در سال دوم ارقام شاهد شماره ۱۸ و ۲۰ به همراه دو ژنوتیپ شماره ۱۶ و ۱۴ دارای بیشترین مقادیر بالای یک بودند و پس از آنها ژنوتیپ شماره ۱۳ با مقدار ۰/۹۳ قرار گرفت. از آنجا که مقاومت به تنش خشکی به عنوان عملکرد نسبی یک ژنوتیپ در مقایسه با دیگر ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی تعریف می‌شود (۲) و از طرف دیگر این شاخص جزو بهترین شاخص‌ها جهت ارزیابی ژنوتیپ‌های برتر می‌باشد (۹)، با افزایش این شاخص روند تحمل به خشکی در ژنوتیپ افزایشی می‌باشد.

در بررسی شاخص مقاومت به خشکی نیز مشاهده شد که در سال اول آزمایش در کنار کلیه ارقام شاهد (۱۹، ۲۰، ۱۸ و ۱۷) دو ژنوتیپ شماره ۳ و ۹ با مقادیر بالای یک دارای بیشترین مقادیر این صفت بودند. درحالی‌که در سال دوم دو ژنوتیپ شماره ۱۶ و ۱۴ در کنار ارقام شاهد شماره ۲۰، ۱۸ و ۱۹ از مقادیر بالاتر از یک برخوردار بودند. مطالعه نتایج شاخص برداشت نیز در سال اول نشان داد که ارقام شاهد با شماره‌های ۱۹، ۱۸، ۲۰ و ۱۷ به ترتیب در صدر لیست بیشترین مقادیر شاخص برداشت قرار گرفتند اما ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۱۰، ۹، ۲، ۱۲ و ۱ نیز در کنار ارقام شاهد از مقادیر بالاتر از یک برخوردار بودند. در سال دوم آزمایش نیز دو رقم شاهد شماره ۱۹ و ۲۰ به ترتیب بیشترین مقادیر شاخص برداشت را نشان دادند که در کنار ژنوتیپ‌های شماره ۱۶، ۱، ۱۵، ۶ و ۱۲ و دو رقم شاهد شماره ۱۷ و ۱۸ دارای مقادیر بالاتر از یک بودند (جدول ۹).

جدول ۶- تجزیه واریانس نیتروژن ریشه، ضریب استحصال، عملکرد قند (ناخالص و خالص) و کارایی مصرف آب

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		نیتروژن		ضریب استحصال		عملکرد قند ناخالص		عملکرد قند خالص		کارایی مصرف آب	
		۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶
بلوک	۳	۲۴/۱ns	۴/۲ns	۱۲/۲ns	۲۲۰/۲ns	۲۰/۹ns	۱۱/۳**	۱۲/۹ns	۷/۷*	۰/۳ns	۰/۱*
آبیاری (A)	۱	۰/۰۸ns	۶/۰۴ns	۴۰۴۳**	۴۴۸/۹*	۱۴۶/۸ns	۷۱**	۷/۷ns	۱۹/۷**	۰/۶ns	۱/۸**
خطای اصلی	۳	۱۰/۱	۲/۶	۲۲/۷	۴۰/۴	۱۷/۴	۰/۲	۱۰/۹	۰/۴	۰/۳	۰/۰۱
ژنوتیپ (B)	۱۹	۱/۴ns	۱/۲*	۲۰/۵ns	۱۶۰**	۷/۸**	۸/۵**	۴/۵**	۸/۱**	۰/۱**	۰/۱**
(A)*(B)	۱۹	۱/۳ns	۰/۵ns	۵۷/۸**	۳۱/۳ns	۳/۱ns	۱/۸ns	۱/۹ns	۱/۳ns	۰/۱ns	۰/۰۲ns
خطای کل	۱۱۴	۱/۱	۰/۶	۲۶/۸	۲۶/۷	۲/۷	۲/۲	۱/۷	۱/۶	۰/۰۳	۰/۰۲
درصد ضریب تغییرات		۲۱/۳	۲۷/۵	۷/۷	۷/۴	۲۴	۱۸/۱	۲۹/۲	۲۲/۳	۲۵/۲	۱۸/۱

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر ساده آبیاری بر نیتروژن ریشه، ضریب استحصال، عملکرد قند (ناخالص و خالص) و کارایی مصرف آب

تیمار آزمایش		نیتروژن (میلی‌اکی‌والان درصدگرم چغندرقند)		ضریب استحصال (درصد شکر)		عملکرد قند ناخالص (تن در هکتار)		عملکرد قند خالص (تن در هکتار)		کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب آب)	
		۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶
آبیاری	نرمال	۴/۹a	۳a	۶۱/۸b	۶۷/۲b	۷/۷a	۸/۹a	۴/۷a	۶/۱a	۰/۶۲a	۰/۶۹b
	تنش	۴/۹a	۲/۶a	۷۱/۹a	۷۰/۶a	۵/۸a	۷/۶b	۴/۲a	۵/۴b	۰/۷۴a	۰/۹۰a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح پنج درصد در آزمون LSD می‌باشند

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر ساده ژنوتیپ بر نیتروژن ریشه، ضریب استحصال، عملکرد قند (ناخالص و خالص) و کارایی مصرف آب

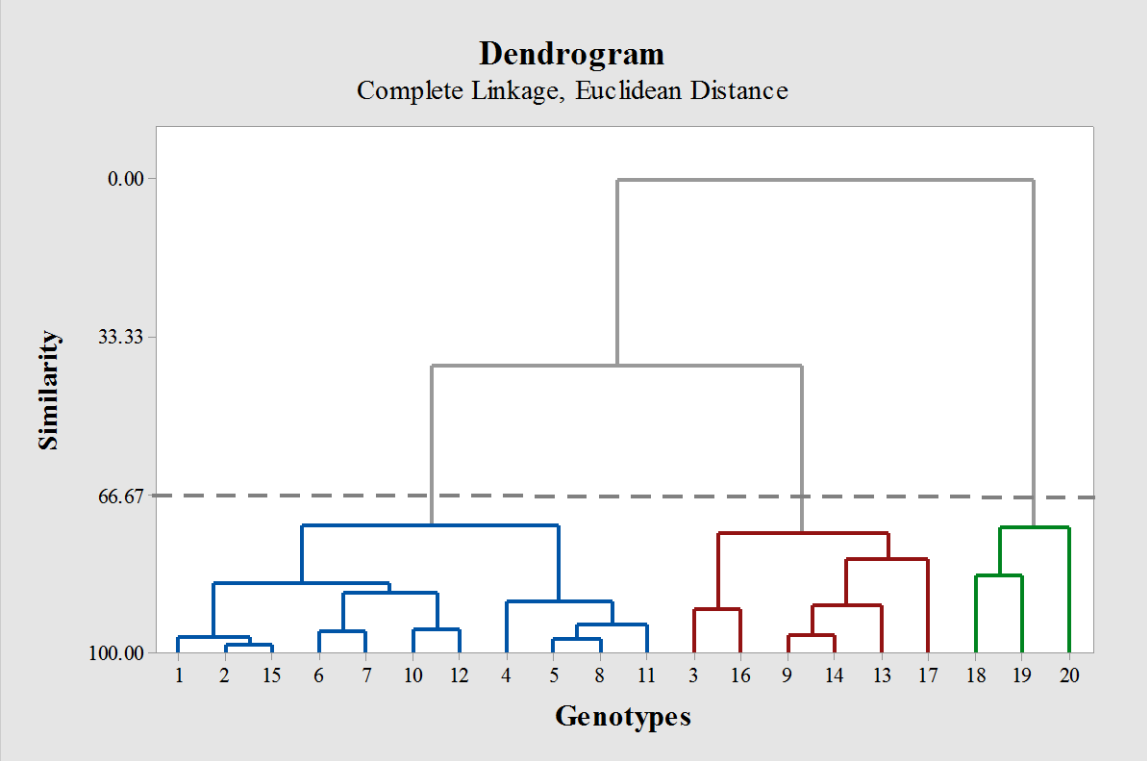
شماره	تیمار آزمایش ژنوتیپ	نیتروژن‌مضره (میلی‌اکی‌والان درصدگرم خمیرریشه)		ضریب استحصال (درصد شکر)		عملکرد قند ناخالص (تن در هکتار)		عملکرد قند خالص		کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)	
		۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶
۱	(7112*KWS)*S1-100	۵/۵ab	۲/۸a-d	۶۴/۴bc	۷۰/۶b-f	۶/۶b-e	۹/۴bc	۴/۲b-e	۶/۶bc	۰/۶۷c-g	۰/۸۹b-d
۲	(7112*KWS)*S1-13	۴/۸ab	۲/۹a-c	۶۵/۶a-c	۶۶/۳d-i	۷/۴a-c	۷/۵d-f	۴/۷a-d	۵fg	۰/۷۳a-f	۰/۷۲e-h
۳	(7112*KWS)*S1-15	۴/۸ab	۲/۸a-d	۶۸/۱a-c	۷۱b-e	۷/۴a-c	۸/۱b-f	۵/۱a-c	۵/۸c-f	۰/۷۶a-e	۰/۷۸b-h
۴	(7112*KWS)*S1-16	۴/۹ab	۳/۴a	۶۶/۷a-c	۶۷/۶d-g	۴/۷f	۷/۹c-f	۳e	۵/۴c-g	۰/۴۴h	۰/۷۶d-h
۵	(7112*KWS)*S1-18	۵/۳ab	۲/۷a-d	۶۶/۶a-c	۷۰/۳b-f	۶/۱b-f	۷/۸d-f	۴c-e	۵/۵c-g	۰/۵۹e-h	۰/۷۶d-h
۶	(7112*KWS)*S1-28	۵/۱ab	۲/۹a-c	۶۸/۷ab	۷۲/۹bc	۵/۷d-f	۸/۸b-d	۳/۷d-e	۶/۵b-d	۰/۵۷f-h	۰/۸۵b-e
۷	(7112*KWS)*S1-3	۵/۱ab	۲/۹a-c	۶۷/۳a-c	۶۳/۹g-i	۶/۲b-f	۶/۷f	۴c-e	۴/۴g	۰/۶۱c-g	۰/۶۵h
۸	(7112*KWS)*S1-36	۵/۱ab	۲/۶b-e	۶۷/۲a-c	۶۷/۱d-h	۶/۴b-e	۷/۸d-f	۴c-e	۵/۲e-g	۰/۶۲c-g	۰/۷۶d-h
۹	(7112*KWS)*S1-42	۴/۷bc	۲/۸a-c	۶۷/۲a-c	۶۶/۸d-i	۷b-d	۷/۸d-f	۴/۷a-d	۵/۲e-g	۰/۷۰c-g	۰/۷۵e-h
۱۰	(7112*KWS)*S1-44	۵/۱ab	۳/۲ab	۶۶/۵a-c	۷۰/۵b-f	۷/۷ab	۷/۲ef	۵/۱a-c	۵/۱e-g	۰/۷۶a-d	۰/۶۸f-h
۱۱	(7112*KWS)*S1-66	۴/۷a-c	۲/۸a-d	۶۵/۷a-c	۶۹/۱c-f	۶/۵b-e	۸/۳b-e	۳/۹c-e	۵/۸c-f	۰/۶۵c-g	۰/۷۹b-h
۱۲	(7112*KWS)*S1-70	۵/۴ab	۳ab	۶۵/۹a-c	۶۲/۱hi	۷/۴a-c	۸/۵b-e	۴/۶b-d	۵/۳d-g	۰/۷۳b-f	۰/۸۲b-f
۱۳	(7112*KWS)*S1-71	۴/۵bc	۲/۲c-e	۶۸/۷ab	۶۹/۵b-f	۵/۳e-f	۷/۲ef	۳/۶de	۵fg	۰/۵۴gh	۰/۷f-h
۱۴	(7112*KWS)*S1-72	۵/۷a	۳ab	۶۴/۴bc	۶۶e-i	۶/۹b-e	۶/۷f	۴/۴b-d	۴/۵g	۰/۶۸c-g	۰/۶۷gh
۱۵	(7112*KWS)*S1-73	۵/۱ab	۳/۱ab	۶۳/۵c	۷۱/۳b-d	۶c-f	۸/۸b-d	۳/۸de	۶/۳b-e	۰/۶d-h	۰/۸۵b-e
۱۶	(7112*KWS)*S1-8	۴/۹ab	۲/۸a-d	۶۷/۷a-c	۶۹/۸b-f	۶/۷b-e	۸/۲b-e	۴/۵b-d	۵/۸c-f	۰/۶۷c-g	۰/۸۱b-g
۱۷	IR7	۳/۷c	۲/۱de	۶۹/۶a	۷۴/۵b	۷/۵a-c	۹/۵ab	۵/۳ab	۷/۱b	۰/۷۷a-c	۰/۹۱bc
۱۸	Jolgeh	۴/۸ab	۲/۹a-c	۶۸/۵a-c	۶۵/۸f-i	۸/۷a	۷/۹d-f	۵/۹a	۵/۳d-g	۰/۸۸ab	۰/۷۷c-h
۱۹	Mandarin	۴/۸ab	۱/۸e	۶۸/۱a-c	۸۱/۵a	۸/۷a	۱۰/۹a	۵/۹a	۸/۸a	۰/۹۰a	۱/۱a
۲۰	Paya	۴/۴a-c	۲/۴b-e	۶۷a-c	۶۱/۹i	۶/۹b-e	۹/۴bc	۴/۴b-d	۵/۹b-f	۰/۷۳b-f	۰/۹۳ab

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح پنج درصد در آزمون LSD می‌باشند

جدول ۹- شاخص تحمل (STI) و مقاومت به خشکی (DI) و شاخص برداشت (YI)

شاخص		STI		DI		YI	
شماره	ژنوتیپ	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶
۱	(7112*KWS)*S1 - 100	۰/۸۲	۰/۷۷	۰/۸۷	۰/۸۴	۱	۱/۰۸
۲	(7112*KWS)*S1 - 13	۰/۷۰	۰/۸۷	۰/۸۰	۰/۸۲	۱/۰۵	۰/۹۰
۳	(7112*KWS)*S1 - 15	۰/۹۶	۰/۸۵	۱/۲۲	۰/۸۴	۱/۲۰	۰/۹۸
۴	(7112*KWS)*S1 - 16	۰/۵۶	۰/۸۴	۰/۳۴	۰/۸۳	۰/۵۳	۰/۹۵
۵	(7112*KWS)*S1 - 18	۰/۵۶	۰/۹۳	۰/۴۲	۰/۹۳	۰/۷۵	۰/۹۷
۶	(7112*KWS)*S1 - 28	۰/۷۶	۰/۷۹	۰/۶۳	۰/۸۳	۰/۸۰	۱/۰۴
۷	(7112*KWS)*S1 - 3	۰/۶۵	۰/۸۹	۰/۵۹	۰/۷۶	۰/۸۴	۰/۸۲
۸	(7112*KWS)*S1 - 36	۰/۵۹	۰/۸۸	۰/۵۶	۰/۸۵	۰/۷۵	۰/۹۶
۹	(7112*KWS)*S1 - 42	۰/۸۹	۰/۸۴	۱	۰/۸۰	۱/۰۸	۰/۹۴
۱۰	(7112*KWS)*S1 - 44	۰/۷۳	۰/۷۱	۰/۹۸	۰/۶۰	۱/۰۸	۰/۷۸
۱۱	(7112*KWS)*S1 - 66	۰/۶۸	۰/۷۵	۰/۶۶	۰/۷۰	۰/۸۹	۰/۹۳
۱۲	(7112*KWS)*S1 - 70	۰/۷۰	۰/۷۹	۰/۸۴	۰/۸۱	۱/۰۲	۱
۱۳	(7112*KWS)*S1 - 71	۰/۸۷	۰/۹۳	۰/۷۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۹۰
۱۴	(7112*KWS)*S1 - 72	۰/۶۷	۱/۰۸	۰/۶۷	۱/۰۴	۰/۹۴	۰/۹۲
۱۵	(7112*KWS)*S1 - 73	۰/۷۷	۰/۸۱	۰/۷۷	۰/۸۷	۰/۸۸	۱/۰۵
۱۶	(7112*KWS)*S1 - 8	۰/۸۰	۱/۱۰	۰/۹۳	۱/۲۵	۰/۹۹	۱/۱۱
۱۷	IR7	۰/۹۲	۰/۷۷	۱/۱۸	۰/۸۴	۱/۲۴	۱/۰۹
۱۸	Jolgeh	۰/۹۲	۱/۱۱	۱/۳۶	۱/۱۱	۱/۳۶	۱/۰۲
۱۹	Mandarin	۱/۰۵	۰/۸۴	۱/۶۵	۱/۱۱	۱/۵۱	۱/۳۱
۲۰	Paya	۱/۰۹	۱/۰۹	۱/۴۹	۱/۴۴	۱/۲۵	۱/۲۵

بنابراین با انجام بررسی دو صفت شاخص تحمل به خشکی و مقاومت به خشکی با استفاده از میانگین این صفات در دو سال در آزمون کلاستر به جهت گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مشابه مشاهده شد که سه خوشه ایجاد گردید. در خوشه اول که متشکل از سه رقم شاهد شماره ۱۸، ۱۹ و ۲۰ بود طبق انتظار بیشترین سطح مقاومت به تنش خشکی و دارای بیشترین مقادیر شاخص تحمل و مقاومت به خشکی مشاهده شد (شکل ۱). در خوشه دوم نیز در کنار رقم شاهد شماره ۱۷ ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۱۶، ۹، ۱۴ و ۱۳ قرار گرفتند که این ژنوتیپ‌ها به عنوان ژنوتیپ‌های نسبتا مقاوم به خشکی شناخته شدند. در خوشه سوم نیز سایر ژنوتیپ‌ها جای گرفتند که نشان از حساس بودن این ژنوتیپ‌ها در برابر تنش خشکی می‌باشد.



شکل ۱- نمودار دندروگرام ژنوتیپ‌ها بر اساس میانگین دو سالانه شاخص‌های تحمل و مقاومت به خشکی

نتیجه گیری

به طور کلی عملکرد ریشه در شرایط تنش خشکی به شکل معنی‌داری کاهش یافت، درحالی‌که بر خلاف آن درصد قند ریشه روند افزایشی را نشان داده و تحت شدت تنش معنی‌داری و غیرمعنی‌داری در آن مشاهده می‌شود. در خصوص ناخالصی‌های ریشه نیز کاهش دو ناخالصی سدیم و نیتروژن در شرایط تنش وجود داشت که با مقادیر بیشینه پتاسیم در این شرایط (نقش مثبت پتاسیم در شرایط تنش خشکی) بطور کامل هماهنگ می‌باشد. از اینرو انتظار می‌رفت که با کاهش ناخالصی‌های ریشه (سدیم و نیتروژن) و افزایش درصد قند مقادیر برتر ضریب استحصال قند از این شرایط حاصل شود، که چنین نیز شد. از آنجا که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد ریشه گردید، اما افزایش درصد قند در این شرایط توان جبران این کاهش را نداشت، بنابراین اثر خود را بر عملکرد قند به صورت کاهش در شرایط تنش خشکی نمایان کرد. با این حال بیشترین مقدار کارایی آب آبیاری از شرایط تنش خشکی بدلیل کاهش مصرف آب و نه ایجاد عملکرد قند خالص بیشتر بدست آمد. همچنین با بررسی عملکرد ژنوتیپ‌ها تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی بر اساس شاخص‌های تحمل، مقاومت و عملکرد در طی دو سال آزمایش، ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۳، ۹، ۱۲ و ۱۶ به عنوان ژنوتیپ‌های امیدبخش مشخص و معرفی شدند.

منبع

۱- اسماعیلی، ا. و تدین، م. ۱۳۹۸. تأثیر تنش خشکی و اسید هیومیک بر رشد، عملکرد و شکر تولیدی چغندرقند. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۱: ۱۹۸-۱۸۵.

۲- بستاندوست راد, س., مجیدی هروان, ا. و اوراضی‌زاده, م. ۱۴۰۱. ارزیابی عملکرد فامیل‌های تمام خواهری چغندرقند نسبت به تنش خشکی. دوفصلنامه‌ی علوم به‌زراعی گیاهی، ۱۲: ۱۴۱-۱۳۱.

۳- حبیبی، د.، عروج نیا، س.، فتح اله طالقانی، د.، پازکی، ع. و داوودی فرد، م. ۱۳۹۱. بررسی تغییرات آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و عملکرد در ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند تحت شرایط تنش خشکی. زراعت و اصلاح نباتات ایران، ۸: ۸۲-۶۳.

۴- خورشید، ع. و اسدی، ع. ۱۳۹۹. بررسی تغییرات صفات کیفی لاین‌های اصلاحی چغندرقند در شرایط تنش خشکی و نرمال. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی، ۱۲: ۲۹-۱۸.

۵- سهرابی، ی.، شکیبا، م.، عبدالهیان نوقابی، م.، رحیم‌زاده خویی، ف.، تورچی، م. و فتوحی، ک. ۱۳۸۵. ارزیابی اثر آبیاری محدود و زمان برداشت ریشه روی عملکرد و برخی خصوصیات کیفی چغندرقند. پژوهش و سازندگی، ۱۹: ۱۵-۱۸.

۶- صادق‌زاده حمایتی، س.، فتح‌اله طالقانی، د. و فصاحت، پ. ۱۳۹۶. اثرات تنش خشکی بر خصوصیات کمی و کیفی. پوشش سطح خاک و پژمردگی‌های چغندرقند. تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۱۰: ۳۷۵-۳۶۳.

۷- صادق‌زاده حمایتی، س. و فصاحت، پ. ۱۳۹۵. ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی و همبستگی بین آنها در لاین‌های چغندرقند. چغندرقند، ۳۲: ۲۷-۱۳.

۸- عبدالهیان نوقابی، م.، محمدیان، ر.، فتح‌اله طالقانی، د. و صادق‌زاده حمایتی، س. ۱۳۹۳. یافته‌های شیرین، چاپ اول، انتشارات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند. ۱۶۸ صفحه.

۹- فرشادفر, م., صفری, ه., شیروانی, ه., امجدیان, م. و رحمتی, ه. ۱۳۹۷. ارزیابی تحمل به کم‌آبی هیبریدهای ذرت (*Zea mays*) با استفاده از شاخص‌های تحمل خشکی. دوفصلنامه‌ی علوم به‌زراعی گیاهی، ۸: ۱۰۶-۹۵.

۱۰- نادعلی، ا.، پاک نژاد، ف. و غفاری، م. ۱۳۹۳. اثر متانول به عنوان منبع کربن بر صفات کمی و کیفی چغندرقند در شرایط تنش خشکی. پژوهش‌های به‌زراعی(تنش‌های محیطی در علوم گیاهی)، ۶: ۲۳۱-۲۴۶.

۱۱- برادران فیروزآبادی, م., عبداللهیان نوقابی, م., رحیم‌زاده خوئی, ف., مقدم, م., رنجی, ذ. و پارسائیان, م.۱۳۸۲. تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی مداوم بر کمیت و کیفیت سه رگه چغندرقند. چغندرقند، ۱۹: ۱۴۳-۱۳۳.

12- Abbate, P.E., Dardanelli, J.L., Cantarero, M.G., Maturano, M., Melchiori, R.J.M. and Suero, E.E., 2004. Climatic and water availability effects on water- use efficiency in wheat. Crop Science, 44(2): 474-483.

13- Bagatta, M., Bagnaresi, P., Arru, L., Rognoni, S., Perata, P., Ranalli, P. and Mandolino, G., 2004. A physiological and molecular description of the water stress in sugar beet. Proc. 48th Meet. Italian Society of Agricultural Genetics, Lecce, Italy.

14- Barbieri, G., 1982. Effect of irrigation and harvesting dates on the yield of spring-sown sugar-beet. Agricultural water management, 5(4): 345-357.

15- Bloch, D. and Hoffmann, C., 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(4): 263-272.

16- Fabeiro, C., De Santa Olalla, F.M., Lopez, R. and Domınguez, A., 2003. Production and quality of the sugar beet (*Beta vulgaris L.*) cultivated under

controlled deficit irrigation conditions in a semi-arid climate. Agricultural Water Management, 62(3): 215-227.

17- Hazrati, S., Tahmasebi-Sarvestani, Z., Mokhtassi-Bidgoli, A., Modarres-Sanavy, S.A.M., Mohammadi, H. and Nicola, S., 2017. Effects of zeolite and water stress on growth, yield and chemical compositions of Aloe vera L. Agricultural Water Management, 181: 66-72.

18- Hoffmann, C.M., 2010. Sucrose accumulation in sugar beet under drought stress. Journal of Agronomy and Crop Science, 196(4): 243-252.

19- ICUMSA. 2007. The determination of the polarisation of sugar beet by the macerator or cold aqueous digestion method using aluminium sulphate as clarifying agent official. Method GS6-3. Dr. Albert Bartens KG, Berlin.

20- Irmak, S., Haman, D.Z. and Bastug, R., 2000. Determination of crop water stress index for irrigation timing and yield estimation of corn. Agronomy Journal, 92(6): 1221-1227.

21- Kirda, C., 2002. Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Deficit Irrigation Practices, Water Reports, 22(102).

22- Kiymaz, S. and Ertek, A., 2015. Yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) at different water and nitrogen levels under the climatic conditions of Kırsehir, Turkey. Agricultural Water Management, 158: 156-165.

23- Last, P.J., Draycott, A.P., Messem, A.B. and Webb, D.J., 1983. Effects of nitrogen fertilizer and irrigation on sugar beet at Broom's Barn 1973–8. The Journal of Agricultural Science, 101(1): 185-205.

24- Li, Y., Ye, W., Wang, M. and Yan, X., 2009. Climate change and drought: a risk assessment of crop-yield impacts. Climate Research, 39(1): 31-46.

25- Mirzaei, M.R. and Rezvani, S.M., 2007. Effects of water deficit on quality of sugar beet at different growth stages. Journal of Sugar Beet, 23(1): 42-29.

26- Namjoyan, S., Rajabi, A., Sorooshzadeh, A. and AghaAlikhani, M., 2021. The potential of tebuconazole for mitigating oxidative stress caused by limited irrigation and improving sugar yield and root quality traits in sugar beet. Plant Physiology and Biochemistry, 162: 547-555.

27- Ober, E.S., Clark, C.J., Le Bloa, M., Royal, A., Jaggard, K.W. and Pidgeon, J.D., 2004. Assessing the genetic resources to improve drought tolerance in sugar beet: agronomic traits of diverse genotypes under droughted and irrigated conditions. Field Crops Research, 90(2-3): 213-234.

28- Ober, E.S., Le Bloa, M., Clark, C.J., Royal, A., Jaggard, K.W. and Pidgeon, J.D., 2005. Evaluation of physiological traits as indirect selection criteria for drought tolerance in sugar beet. Field Crops Research, 91(2-3): 231-249.

29- Ourcut, D., and Nilsen, E.T. 2009. Salinity and drought stress. In: Physiology of Plants under Stress, 177-235.

30- Pidgeon, J.D., Ober, E.S., Qi, A., Clark, C.J., Royal, A. and Jaggard, K.W., 2006. Using multi-environment sugar beet variety trials to screen for drought tolerance. Field crops research, 95(2-3): 268-279.

31- Pidgeon, J.D., Werker, A.R., Jaggard, K.W., Richter, G.M., Lister, D.H. and Jones, P.D., 2001. Climatic impact on the productivity of sugar beet in Europe, 1961–1995. Agricultural and Forest Meteorology, 109(1): 27-37.

32- Ranji, Z., Chegini, M. and Tohidloo Gh, A.N.M., 2000. Investigation of drought tolerance on physiological traits in sugar beet related to nitrogen and potassium. Iranian Sugarbeet Research Institute (Reports in part of Breeding Research). 64.

33- Refay, Y.A., 2010. Root yield and quality traits of three sugar beet (*Beta vulgaris L.*) varieties in relation to sowing date and stand densities. World Journal of Agricultural Sciences, 6(5): 589-594.

34- Sadeghian, S.Y., Fazli, H., Mohammadian, R., Taleghani, D.F. and Mesbah, M., 2000. Genetic variation for drought stress in sugarbeet. Journal of Sugar Beet Research, 37(3): 55-78.

35- Shabala, S. ed., 2017. Plant stress physiology. Cabi.

36- Subramanian, K.S., Santhanakrishnan, P. and Balasubramanian, P., 2006. Responses of field grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal colonization under varying intensities of drought stress. Scientia Horticulturae, 107(3): 245-253.

Bi-Quarterly Journal of Plant Production
Vol. 12, Issue 2, autumn and winter 2022

Comparison of quantitative and qualitative yield response of different sugar beet genotypes under drought stress conditions

Behnam Ahmadi [1], Hossein Heydari-Sharifabad [1]*, Mohammad Abdollahian-Noghabi [2], Ali Mokhtassi-Bidgoli [3], Rahim Mohammadian [2]

1 Department of Horticultural Science and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2 Sugar Beet Seed Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

3 Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

* **Corresponding Author, Email**: hosseinsharifabad@gmail.com

(Received: 16 August 2022; Accepted: 16 December 2022)

Abstract

Drought stress is one of the main reasons for the reduction of quantitative and qualitative yield in sugar beet cultivation, on the other hand, the increasing reduction in available water, especially in arid and semi-arid regions, has made the worse situation. In this situation, the use of drought resistant cultivars is an effective way to reduce production risk. For this purpose, experiments were conducted in the form of split plots in based of RCBD statistical design with the main factor of irrigation (90 and 180 mm) and sub-genotype factor (16 hybrids and 4 genotype control varieties) in the years 2016 and 2017 at Karaj Sugar Beet Research Institute. The results showed that there is a decreasing trend in the average root yield and white sugar yield in two years under stress conditions of 28.5 and 10.5%, respectively, compared to normal irrigation conditions. However, under stress conditions, sugar content had an increasing trend, and root impurity values (sodium and nitrogen) had a decreasing trend, which was accompanied by the highest values of the sugar extraction coefficient. Also, the reduction of water consumption in stressful conditions led to an increase in the efficiency of irrigation water in stressful conditions compared to normal. In the examination of genotypes, based on two indices of tolerance and resistance to drought stress and yield index, genotypes number 1, 3, 9, 12, and 16 were identified as promising genotypes.

Keywords: Drought resistance index, Sugar content, Sugar yield