دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

تاثیر تنش خشکی بر ژنوتیپ‌های اصلاحی چغندرقند در شرایط گلخانه[۱]

عبدالمجید خورشید[۱]، علی اکبر اسدی[۲] و اکرم حاتمی[۳]

۱- مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران، (نویسنده مسوول: majidkhor1347@gmail.com)
۲- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران
۳- موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال واحد استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران
تاریخ دریافت: ۹۸/۷/۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱/۱۶
صفحه: ۸۳ تا ۹۲

چکیده

با توجه به کاهش بارندگی‌های سالانه و افزایش خشکی و دمای هوا، ایجاد ارقام متحمل و دارای پتانسیل عملکرد بالا در چغندرقند برای اصلاح‌گران اهمیت بسیاری دارد. بدین منظور برای بررسی تاثیر تنش خشکی بر صفات عملکردی و مورفولوژیکی چغندرقند و بررسی تغییر ارتباط این صفات با عملکرد، در شرایط گلخانه تعداد ۱۴۰ ژنوتیپ چغندرقند در شرایط گلخانه در دو شرایط نرمال و تنش خشکی در سال ۱۳۹۴ در مرکز چغندرقند کرج از نظر صفات مورفولوژیکی و عملکردی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اثر ژنوتیپ بجز در صفات مساحت سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ در بقیه صفات معنی‌دار بود که نشان‌دهنده وجود تنوع بین ژنوتیپ‌ها است. تنش خشکی باعث کاهش تمامی صفات موردمطالعه شد ولی این کاهش در صفات وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک کل معنی‌دار نبود. همچنین طول دمبرگ در شرایط تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات مربوط به وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی و طول ریشه نشان داد ولی در شرایط نرمال همبستگی خاصی مشاهده نشد و به نظر می‌رسد که این صفت می‌تواند معیاری برای گزینش ژنوتیپ های مقاوم در شرایط تنش خشکی باشد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، چغندر، صفات عملکردی، صفات مورفولوژیک

مقدمه

خشکی مهم‌ترین تنش محیطی است که تولید گیاهان زراعی را شدیداً کاهش می‌دهد. این موضوع به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا از اهمیت بیشتری برخوردار است. اهمیت این موضوع وقتی روشن می‌شود که بدانیم بیش از یک چهارم سطح خشکی‌های زمین جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک است و تخمین‌زده شده است که در حدود یک سوم از اراضی قابل‌کشت دنیا تحت شرایط کمبود آب به‌سر می‌برند (۱۳). ایران از لحاظ منابع آبی با متوسط بارندگی حدود ۲۵۰ میلی‌متر و یک‌سوم متوسط بارندگی جهان جزء مناطق خشک و نیمه خشک به حساب می‌آید (۹). بنابراین 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 در ایران شده است.

چغندرقند یک محصول صنعتی مهم و یکی از دو گیاهی است که برای تولید اقتصادی شکر استفاده می‌شود. وقوع تنش خشکی به ویژه در مراحل اولیه رشد این گیاه می‌تواند عملکرد نهایی را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد (۲۱). عملکرد این گیاه در مناطق خشک به میزان آبی که دریافت می‌کند و بارانی که در طول فصل رشد می‌بارد، وابسته است(۳۱). به‌علت اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، عملکرد در شرایط تنش به تنهایی ملاک مناسبی برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی محسوب نمی‌شود و باید ژنوتیپ‌هایی مدنظر باشند که در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها در شرایط محیطی یکسان، از نظر عملکرد، افت کمتری داشته باشند (۷). تحقیقات نشان داده است که تنوع ژنتیکی از نظر تحمل به خشکی در ژرم پلاسم چغندرقند وجود دارد (۲۶،۱) و این گیاه در مقایسه با اکثر گیاهان زراعی توانایی بیشتری در تولید ماده خشک در شرایط تنش خشکی دارد (۳۰). با مشخص شدن میزان تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های مورد بررسی برای مناطقی که احتمال کمبود آب در مراحل حساس رشدی بالا بوده و یا کمبود آب مانع کشت گیاه می‌شود، می‌توان با اطمینان بیشتری اقدام به کشت ارقام مورد نظر نمود (۲۸). ازاین رو انتخاب و ایجاد واریته‌های جدید چغندرقند که قادر به رشد در شرایط خشکی نسبی بوده و از عملکرد اقتصادی قابل توجهی برخوردار باشد از اهداف محققین و دست اندرکاران به‌نژادی و به‌زراعی این گیاه است (۲۴).

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که در طی سال‌ها واکنش ارقام چغندرقند به کمبود آب مشابه بوده است که می‌تواند در ارتباط با پایه ژنتیکی محدود ارقام تجارتی باشد (۱۷) درصورتی که دامنه وسیعی از مواد ژنتیکی مثل جمعیت‌های آزادگرده افشان، لاین‌ها و ارقام تجارتی موفق مورد بررسی قرار بگیرند، واریانس ژنتیکی کافی برای تحمل به خشکی گزارش شده است (۲۸،۲۶،۲۵). احمدی و همکاران (۳) گزارش کردند که تنوع ژنتیکی برای صفات عملکردی و کیفی چغندرقند در بین هیبریدهای این محصول در شرایط تنش خشکی وجود دارد (۳). هدف از این تحقیق بررسی تاثیر تنش خشکی بر صفات عملکردی چغندرقند و بررسی تغییر ارتباط این صفات در شرایط گلخانه می‌باشد.

۱- این مقاله حاصل از طرح مصوب موسسه چغندرقند با شماره مصوب ۹۵۰۰۵۳-۰۰۲-۰۲-۳۶-۰ و کد فروست به شماره ۵۵۷۵۷ می باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌منظور ارزیابی میزان تحمل به تنش خشکی ۱۴۰ ژنوتیپ چغندرقند تحت شرایط گلخانه در سال ۱۳۹۴ در موسسه تحقیقات چغندر قند کرج اجرا شد. ژنوتیپ‌های چغندرقند مورد بررسی شامل تعداد ۴۰ گرده‌افشان S1 (فول سیب) ۸۰۰۱ (شماره‌های ۱ تا ۴۰ با زمینه تحمل به شوری)، ۴۰ هیبرید تری وی‌کراس (شماره‌های ۴۱ تا ۸۰) و ۲۰ هیبرید منوژرم (شماره‌های ۸۱ تا ۱۰۰) حاصل از تلاقی این S1ها با سینگل کراس نرعقیم مولتی‌ژرم C2 و نرعقیم منوژرم ۲۳۱×۲۶۱، ۱۶ ژنوتیپ S1 با زمینه تحمل به خشکی، ۱۶ تری وی کراس مربوط به S1های مربوطه، به‌علاوه شاهدهای حساس و متحمل به خشکی و دیگر تنش‌های محیطی بودند (جدول ۱).

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل سطوح تنش خشکی و فاکتور دوم شامل ژنوتیپ‌های چغندرقند بود. بذور ارقام مورد بررسی در گلدان‌های حاوی مخلوطی از رس، پیت ماس و ماسه با نسبت مساوی کشت شدند. داخل هر گلدان ۴ عدد بذر کاشته شد و پس از استقرار، ۲ عدد نگه‌داری شدند. دوره تنش اعمال‌شده در مرحله گیاهچه‌ای در مرحله استقرار (سه تا چهار برگی) با قطع آبیاری شروع و تا رسیدن آب خاک گلدان‌ها به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بود. آب اول به‌صورت آب مقطر و آب‌های بعدی همراه با محلول غذایی هوگلند (جدول ۲) به گلدان اضافه شدند. مدت نگهداری ژنوتیپ‌ها در گلدان‌ها تا دو ماه پس از استقرار گیاهچه‌ها طول کشید. برای اندازه‌گیری مقدار آب مورد نیاز، تعدادی از گلدان‌ها بر روی ترازو قرار گرفته و بر اساس مقدار وزن آب از دست رفته، آب مورد نیاز محاسبه و اضافه شد. صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش عبارت بودند از: ماده خشک کل، وزن‌تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن‌تر ریشه، وزن خشک ریشه، محتوای نسبی آب برگ، میزان نسبی آب ازدست‌رفته برگ، طول ریشه، مساحت برگ و طول دمبرگ.

مقدار نسبی آب برگ به روش مورانت مانسیو و همکاران (۲۲) با استفاده از رابطه زیر اندازه‌گیری شد. در این رابطه WF وزن تازه برگ، WT وزن تورژسانس برگ و WD وزن خشک برگ می‌باشد.

$$RWC\% = [(WF - WD)/ (WT - WD)]\times ۱۰۰$$

میزان نسبی آب از دست رفته برگ با اندازه‌گیری میزان کاهش آب برحسب گرم آب از طریق رابطه زیر محاسبه شد (۳۸). در این رابطه، FW وزن تر برگ، WW وزن پژمردگی، DW وزن خشک، t_1 و t_2 زمان لازم برای پژمردگی و خشک شدن است.

$$RWL\% = [(FW - WW)/DW]\times[(t_1 - t_2)/60]$$

قبل از تجزیه واریانس داده‌ها، نرمال بودن آنها بررسی شد. تجزیه واریانس داده‌ها در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و مقایسات میانگین بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. البته لازم به ذکر است که به دلیل تعداد بالای ژنوتیپ‌های مورد بررسی از درج مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها خودداری می‌شود ولی ژنوتیپ‌هایی که در مجموع صفات ارزش بالایی را نشان دادند به‌طور خلاصه ذکر می‌شوند. در نهایت همبستگی بین صفات مورد بررسی با استفاده از نرم‌افزار SPSS در دو محیط مورد بررسی محاسبه شد.

جدول ۱- ژنوتیپ‌های چغندرقند مورد بررسی در شرایط تنش خشکی و نرمال در گلخانه

Table 1. Sugar beet genotypes examined in normal and drought conditions in greenhouse

کد	ژنوتیپ‌ها	کد	ژنوتیپ‌ها	کد	ژنوتیپ‌ها	کد	ژنوتیپ‌ها
۱	8001-p.1	۴۱	MSC2*8001-P.1	۸۱	(261*231)*8001-P.1	۱۲۱	(7112*SB36)*S-47
۲	8001-P.2	۴۲	MSC2*8001-P.2	۸۲	(261*231)*8001-P.2	۱۲۲	(7112*SB36)*S-6
۳	8001-P.3	۴۳	MSC2*8001-P.3	۸۳	(261*231)*8001-P.3	۱۲۳	32970(7112*SB36)*S-94
۴	8001-P.4	۴۴	MSC2*8001-P.4	۸۴	(261*231)*8001-P.4	۱۲۴	32975(7112*SB36)*S-7
۵	8001-P.5	۴۵	MSC2*8001-P.5	۸۵	(261*231)*8001-P.5	۱۲۵	32976(7112*SB36)*S-89
۶	8001-P.6	۴۶	MSC2*8001-P.6	۸۶	(261*231)*8001-P.6	۱۲۶	(7112*SB36)*S-19
۷	8001-P.7	۴۷	MSC2*8001-P.7	۸۷	(261*231)*8001-P.7	۱۲۷	(7112*SB36)*S-37
۸	8001-P.8	۴۸	MSC2*8001-P.8	۸۸	(261*231)*8001-P.8	۱۲۸	(7112*SB36)*S-32
۹	8001-P.9	۴۹	MSC2*8001-P.9	۸۹	(261*231)*8001-P.9	۱۲۹	32984(7112*SB36)*S-10
۱۰	8001-P.10	۵۰	MSC2*8001-P.10	۹۰	(261*231)*8001-P.10	۱۳۰	32991(7112*SB36)*S-61
۱۱	8001-P.11	۵۱	MSC2*8001-P.11	۹۱	(261*231)*8001-P.11	۱۳۱	32994(7112*SB36)*S-73
۱۲	8001-P.12	۵۲	MSC2*8001-P.12	۹۲	(261*231)*8001-P.12	۱۳۲	(7112*SB36)*S-16
۱۳	8001-P.13	۵۳	MSC2*8001-P.13	۹۳	(261*231)*8001-P.13	۱۳۳	8001(جمعیت اولیه)
۱۴	8001-P.14	۵۴	MSC2*8001-P.14	۹۴	(261*231)*8001-P.14	۱۳۴	MSC2(نرعقیم مولتی ژرم متحمل به شوری)
۱۵	8001-P.15	۵۵	MSC2*8001-P.15	۹۵	(261*231)*8001-P.15	۱۳۵	MS261(نرعقیم منوژرم حساس به شوری)
۱۶	8001-P.16	۵۶	MSC2*8001-P.16	۹۶	(261*231)*8001-P.16	۱۳۶	MSC2*7233p29(رقم ایرانی متحمل به شوری)
۱۷	8001-P.17	۵۷	MSC2*8001-P.17	۹۷	(261*231)*8001-P.17	۱۳۷	PAYA(رقم مقاوم به خشکی)
۱۸	8001-P.18	۵۸	MSC2*8001-P.18	۹۸	(261*231)*8001-P.18	۱۳۸	IR7(رقم مقاوم به خشکی)
۱۹	8001-P.19	۵۹	MSC2*8001-P.19	۹۹	(261*231)*8001-P.19	۱۳۹	GAZALLE(رقم خارجی متحمل به شوری)
۲۰	8001-P.20	۶۰	MSC2*8001-P.20	۱۰۰	(261*231)*8001-P.20	۱۴۰	Jolgeh(گرده‌افشان حساس به شور)
۲۱	8001-p.21	۶۱	MSC2*8001-P.21	۱۰۱	S44		
۲۲	8001-P.22	۶۲	MSC2*8001-P.22	۱۰۲	S21		
۲۳	8001-P.23	۶۳	MSC2*8001-P.23	۱۰۳	S40		
۲۴	8001-P.24	۶۴	MSC2*8001-P.24	۱۰۴	S26		
۲۵	8001-P.25	۶۵	MSC2*8001-P.25	۱۰۵	S47		
۲۶	8001-P.26	۶۶	MSC2*8001-P.26	۱۰۶	S6		
۲۷	8001-P.27	۶۷	MSC2*8001-P.27	۱۰۷	S94		
۲۸	8001-P.28	۶۸	MSC2*8001-P.28	۱۰۸	S7		
۲۹	8001-P.29	۶۹	MSC2*8001-P.29	۱۰۹	S89		
۳۰	8001-P.30	۷۰	MSC2*8001-P.30	۱۱۰	S19		
۳۱	8001-P.31	۷۱	MSC2*8001-P.31	۱۱۱	S37		
۳۲	8001-P.32	۷۲	MSC2*8001-P.32	۱۱۲	S32		
۳۳	8001-P.33	۷۳	MSC2*8001-P.33	۱۱۳	S10		
۳۴	8001-P.34	۷۴	MSC2*8001-P.34	۱۱۴	S61		
۳۵	8001-P.35	۷۵	MSC2*8001-P.35	۱۱۵	S73		
۳۶	8001-P.36	۷۶	MSC2*8001-P.36	۱۱۶	S16		
۳۷	8001-P.37	۷۷	MSC2*8001-P.37	۱۱۷	32950 (7112*SB36)*S44		
۳۸	8001-P.38	۷۸	MSC2*8001-P.38	۱۱۸	32952(7112*SB36)*S21		
۳۹	8001-P.39	۷۹	MSC2*8001-P.39	۱۱۹	(7112*SB36)*S40		
۴۰	8001-P.40	۸۰	MSC2*8001-P.40	۱۲۰	(7112*SB36)*S-26		

جدول ۲- ترکیبات تشکیل‌دهنده و مقدار آن‌ها در محلول غذایی هوگلند

Table 2. The constituent and their amount in Hoagland nutrient solution

ردیف	نام ماده شیمیایی	مقدار در محلول استوک (g/ l)	مقدار در ۱۰۰ لیتر (ml)
۱	$NH_4H_2PO_4$	۱۱۵	۱۰۰
۲	KNO_3	۱۰۱	۶۰۰
۳	$Ca(No_3)_2$ 4 H_2O	۲۳۶	۴۰۰
۴	$MgSO_4$ 7 H_2O	۲۴۶	۲۰۰
۵	Fe-EDTA	۵	۱۵۰
۶	H_3BO_3	۰/۳۸	
۷	$ZnSO_4$ 7 H_2O	۰/۲	
۸	$MnSO_4$ 4 H_2O	۱/۰۲	۱۰۰
۹	$CuSO_4$ 5 H_2O	۰/۰۸	
۱۰	$(NH_4)_6Mo_7O_{24}$ 4 H_2O	۰/۰۲	

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش بر تمامی صفات به جزء وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک کل در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. همچنین اثر ژنوتیپ نیز بجز در صفات مساحت سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ در بقیه صفات در سطح ۱٪ معنی‌دار است که نشان‌دهنده وجود تنوع

بین ژنوتیپ‌ها برای انجام گزینش و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر است. همچنین اثر متقابل ژنوتیپ‌ها در محیط نیز در تمامی صفات به‌جز طول دمبرگ و مساحت سطح برگ در سطح ۱٪ معنی‌دار است (جدول ۳). معنی‌دار بودن اثرات متقابل نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های مورد بررسی روند یکسانی را از نظر صفات مورد مطالعه در دو محیط نشان نمی‌دهند.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در شرایط تنش خشکی و نرمال در گلخانه

Table 3. Variance analysis of measurement traits in drought and normal condition in greenhouse

منابع تغییر	df	*PL* cm	*LA* cm2	*RL* cm	*RWL*	*RWC*	*RDW* gr	*RFW* gr	*SDW* gr	*SFW* gr	*TDW* gr
تکرار	۲	۱۹/۴**	۰/۰۰۱**	۸۴۸/۶**	۰/۰۹۴**	۲۳۷/۷	۰/۳۰۳**	۰/۰۴۳	۰/۰۱۸	۰/۲۵۴	۰/۳۷۵**
تیمار	۱	۲۷۱/۹**	۰/۰۰۲**	۲۸۵۱/۳**	۱/۶۱**	۲۴۹۶۸/۵**	۰/۰۱۹	۴/۱۵۸**	۰/۰۱۹۸	۸۲/۳**	۰/۰۴۶
ژنوتیپ	۱۳۹	۲/۹۶**	۰/۰۰۰۰۵	۲۸/۵۹**	۰/۰۱۴**	۲۰۴/۶	۰/۰۶۱**	۰/۰۷۲**	۰/۰۵۹۶**	۲/۱۶**	۰/۲۳۷**
ژنوتیپ در تیمار	۱۳۹	۱/۵۴	۰/۰۰۰۴	۲۳/۹**	۰/۰۱۶**	۲۸۷/۳۲**	۰/۰۲۳**	۰/۰۶۲**	۰/۰۱۸۳**	۰/۰۸۵**	۰/۰۸**
خطا	۵۵۸	۱/۶۲	۰/۰۰۰۰۴	۱۲/۹۳	۰/۰۰۴	۱۸۸/۶۷	۰/۰۱	۰/۰۴۳	۰/۰۰۷	۰/۴۸	۰/۰۳۳
CV%		۲۱/۶	۲۹/۶	۲۴/۱۵	۲۱/۷	۲۱/۶۲	۲۲/۸	۲۰/۵	۲۵/۳	۳۲	۳۱/۹

PL: طول دمبرگ، *LA*: مساحت سطح برگ، *RL*: طول ریشه، *RWL*: محتوای آب ازدست‌رفته برگ، *RWC*: محتوای آب نسبی برگ، *RDW*: وزن خشک ریشه،*RFW*: وزن تر ریشه، *SDW*: وزن خشک اندام هوایی، *SFW*: وزن تر اندام هوایی، *TDW*: وزن خشک کل

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

مقایسه میانگین بین دو شرایط نرمال و خشکی (جدول ۴) نیز نشان داد که خشکی باعث کاهش تمامی صفات مورد مطالعه شده است ولی این کاهش در صفات وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک کل معنی‌دار نیست (جدول ۴). عدم معنی‌دار شدن این صفات شاید به نحوه اعمال تیمار خشکی باشد. تنشِ اعمال‌شده در مرحله گیاهچه‌ای با قطع آبیاری شروع و تا رسیدن آب خاک گلدان‌ها به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بوده و این تنش دو ماه طول کشید. بنابراین به نظر می‌رسد این نوع تنش در کاهش وزن خشک اندام‌ها تأثیری نداشته است. معمولاً چغندرقند نسبت به تنش‌های رطوبتی در اوایل دوره رشد حساس است و اگر تنش خشکی در مراحل بعدی رشد حادث شود قادر است آن را تا حدی تحمل نماید. گرچه این تنش‌ها نیز خسارت زیادی به محصول وارد می‌آورند (۱۴). جهت تحمل تنش‌های خشکی مکانیسم‌هایی در گیاهان وجود دارد که این مکانیسم‌های تحمل به خشکی دارای جنبه‌های خاصی می‌باشند. در آب‌وهوای معتدل کمبودهای متوالی آب یکی از عوامل اصلی محدودکننده رشد چغندرقند است. پاسخ گیاه به تنش به مدت‌زمان تنش، شدت کمبود آب، جنس و گونه گیاه و مرحله‌ای از رشد که گیاه در آن قرار دارد بستگی دارد. رشد اندام هوایی اغلب به خاطر خشکی خاک محدود می‌شود حتی وقتی‌که فشار آماس به‌طور کامل از آب سلول‌ها نگهداری می‌کند (۱۴). به‌طورکلی کمبود آب باعث تغییرات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در چغندرقند می‌گردد.

طول دمبرگ و مساحت سطح برگ

نتایج این آزمایش نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش طول دمبرگ و سطح برگ گردیده است (جدول ۴). تحت شرایط تنش، سطح پهنک و طول دمبرگ نسبت به شرایط بدون تنش کمتر می‌شود؛ اما سرعت ظهور برگ‌های جدید کمتر تحت تاثیر قرار می‌گیرد. همچنین تحت این شرایط سلول‌های مزوفیلی پهنک‌برگ کمتر و کوچک‌تر می‌شوند (۲۳). تنش ممکن است پیری برگ‌های مسن را نیز تسریع نماید؛ بنابراین، طول عمر برگ در شرایط تنش کاهش می‌یابد (۳۵). یکی از پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاهان در مقابله با تنش خشکی کاهش سطح برگ می‌باشد این امر باعث کاهش سطح تعرق شده، میزان آب موجود در گیاه حفظ شده، اثرات تنش خشکی کاهش یافته و لذا میزان آب حفظ شده در گیاه برای توسعه و رشد گیاه استفاده می‌شود. همچنین عنوان شده است که کاهش سطح برگ ممکن است نشان‌دهندهٔ خشکی‌پسند بودن گیاه باشد (۳۵)، زیرا چغندرقند می‌تواند با از دست دادن برگ‌ها، اثرات کمبود آب را کاهش داده و درعین‌حال توانایی خود را برای پاسخ به بهبود شرایط با تولید برگ‌های جدید حفظ نماید (۳۷).

در گیاه چغندرقند اثبات شده است که در شرایط نرمال، میزان ماده خشک کل تولیدی نسبتی از نور جذب‌شده توسط کانوپی طی فصل رشد می‌باشد (۱۱). سطح برگ، میزان دریافت پرتوهای نور را کنترل می‌کند و گسترش آن تا زمان رسیدن به حداکثر بسته شدن کانوپی تقریباً مهم می‌باشد. چغندرقند بعد از سبز شدن در شرایطی که دارای مواد غذایی و آب کافی باشد تقریباً به ۹۰۰ درجه روز دمای بالای صفر فیزیولوژیک (۳ درجه سانتی‌گراد) نیاز دارد که به ۸۵ درصد کانوپی برسد، که به این میزان تقریباً کانوپی کامل گفته می‌شود (۱۵).

طول ریشه

طول ریشه در شرایط تنش کاهش پیدا کرده است (جدول ۴). در خاک‌های خشک رشد ریشه‌ها خیلی کمتر از رشد برگ‌ها در معرض خطر می‌باشند. در شرایط تنش، گونه‌های کم‌تحمل، کاهش مشابهی را در رشد ریشه و برگ دارند اما کمترین تغییر در گسترش ریشه‌های افشان آنها مشاهده می‌شود. از طرف دیگر کاهش سطح برگ و کاهش شدیدتر رشد ریشه اصلی چغندرقند در تنش خشکی مشاهده شد. به‌علاوه یک تقابل بسیار شدید از نظر جذب مواد سنتزی بین ریشه و برگ در پاسخ به تنش خشکی وجود دارد که این به خاطر تفاوت در تعادل اسمزی

در برگ و ریشه و یا به دلیل توانایی متفاوت سلول‌های دیواره برگ و ریشه در از دست دادن آب است. نقش خصوصیات ریشه از قبیل تراکم ریشه، قطر ریشه، عمق و پراکندگی ریشه در انتخاب ارقام مقاوم به خشکی به اثبات رسیده است (۱۶). گیاهان هنگام مواجه با تنش برای اینکه توانایی جذب ریشه‌ها را افزایش دهند، ماده خشک بیشتری را به سیستم ریشه‌ای اختصاص می‌دهند (۱۹). بسیاری از گونه‌های گیاهی با افزایش سهم مواد فتوسنتزی اختصاص یافته به رشد ریشه و بنابراین افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی و بهره‌گیری بیشتر از آب قابل دسترس به کمبود رطوبت پاسخ می‌دهند. این ویژگی باعث می‌شود که بتوانند در شرایط خشکی آب مورد نیاز سایر قسمت‌های خود را فراهم کند (۱۲،۱۸،۸).

صفات عملکردی ریشه و اندام هوایی

تنش خشکی باعث کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه در چغندرقند در شرایط خشکی در گلخانه شده است (جدول ۴). طبق نتایج این آزمایش و با کاهش عملکرد ریشه و اندام هوایی می‌توان اینگونه استنباط کرد که گیاه انرژی کمتری را از طریق تنفس از دست می‌دهد. این نتایج با نتایج یافته‌های آزمایشات سایر محققین همسو بوده و نشان‌دهنده تاثیر آب در رشد، تقسیم سلول‌ها و غذا سازی گیاه می‌باشد (۶). کم‌آبی در چغندرقند موجب کاهش وزن‌تر ریشه می‌شود اما درصد قند ریشه به‌واسطه پسابیدگی ریشه افزایش می‌یابد. کاهش وزن تر ریشه به دلیل پسابیدگی در برگ‌ها و ریشه‌ها رخ می‌دهد اما تولید شکر به‌ندرت تحت تأثیر کم‌آبی قرار می‌گیرد حتی اگر تنها ۷۰ درصد از مقدار آب مورد نیاز گیاه در اختیار چغندرقند قرار بگیرد (۵). آخوندی (۴) نشان داد که با افزایش تنش خشکی کلیه صفات مرفولوژیکی از جمله طول ریشه‌چه کاهش می‌یابد. سایر محققین مانند شهریاری و حسن پناه (۳۲) گزارش نمودند که با افزایش سطوح تنش میزان طول ریشه‌چه کاهش می‌یابد و باعث کاهش وزن خشک نیز می‌شود. به نظر می‌رسد که کاهش وزن تر در گیاهان در شرایط خشکی، به دلیل جلوگیری از توسعه و رشد سلولی ناشی از کاهش فشار تورگر باشد (۲۷). شاو و همکاران (۳۳) با مقایسه رقم متحمل به خشکی ۲۴۳۶۷ با رقم غیرمتحمل N6 چغندرقند مشاهده کردند که رقم مقاوم به خشکی آب کمتری از برگ‌ها از دست می‌دهد و از نسبت برگ به ریشه کمتری برخوردار است. عبداللهیان و فرود ویلیامز (۲) با مطالعه اثر خشکی روی سه رقم چغندرقند نشان دادند که باوجود ۴۶ درصد کاهش ماده خشک ریشه، ماده خشک اندام هوایی تحت تأثیر تنش خشکی قرار نگرفت. شهاتا و همکاران (۳۴) با بررسی نحوه واکنش چهار رقم چغندرقند به سطوح مختلف دسترسی به آب (۲۵، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) نشان دادند که رشد و عملکرد اندام‌های هوایی بیش‌تر از ریشه تحت تأثیر کمبود آب قرار می‌گیرند.

نتایج آزمایش بخشی خانیکی و همکاران (۶) در بررسی تنش خشکی روی ارقام اصلاح شده چغندرقند نشان داد که اثر تنش روی صفات عملکرد ریشه، وزن‌تر و خشک برگ و دمبرگ، وزن‌تر ریشه، ماده خشک ریشه معنی‌دار بود و خشکی باعث کاهش تمامی این صفات شده است. طبق نظر ایشان کاهش وزن‌تر اندام هوایی در شرایط تنش به دلیل ذخیره سازی غیر یکسان آب در توده‌ها می‌باشد. همچنین کاهش وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک کل بیانگر این است که تنش خشکی می‌تواند روی رشد قسمت‌های هوایی گیاه و وزن خشک کل تاثیر گذاشته و باعث کاهش آن‌ها گردد. تنش خشکی باعث کاهش عملکرد ریشه و افزایش درصد قند می‌شود و از این طریق مقدار عملکرد قند خالص نیز کاهش می‌یابد (۳۶). شاید دلیل این امر زمان بروز تنش خشکی است که در اواسط فصل رشد و موقعی است که هنوز تاج گیاه به حداکثر رشد خود نرسیده است. کمبود آب در این مرحله سبب کاهش سطح برگ، درصد پوشش سبز و افزایش تنفس شده و همچنین صرف انرژی برای رشد مجدد برگ‌ها و اندام هوایی باعث کاهش عملکرد ریشه گردیده که شدت آن با زمان بروز تنش و نوع رقم کاملا مرتبط است. واحدی و همکاران (۳۶) دو توده چغندرقند به نام‌های ۱۱۱ و ۱۱۰ در شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی مزرعه مورد آزمایش قرار دادند و نشان دادند که در شرایط تنش ازلحاظ عملکرد ریشه، عملکرد قند و صفات کیفی از قبیل درصد قند در دو توده مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. تنش رطوبتی موجب کاهش عملکرد ریشه در ژنوتیپ‌های هر دو توده شد اما درصد قند هر دو توده در اثر تنش رطوبتی افزایش یافت. نتایج بسیاری از بررسی‌ها نشان می‌دهد که گزینش چغندرقند تحت تنش خشکی در طول دوره رویشی تاثیر زیادی در افزایش تحمل به خشکی گیاه در مراحل مختلف دوره رویشی آن داشته و موید این است که گزینش در شرایط تنش بسیار سخت برای شرایطی که شدت تنش کمتر است موثر می‌باشد.

مقایسات میانگین بین ژنوتیپ‌ها انجام شد ولی به دلیل تعداد زیاد ژنوتیپ‌ها از نشان دادن مقایسات میانگین آن صرف‌نظر می‌شود و تنها ژنوتیپ‌هایی که از نظر صفات مورد مطالعه برتر می‌باشند و برای آزمایشات مزرعه‌ای می‌توانند انتخاب شوند در جدول ۵ نشان داده شده‌اند. بنابراین با توجه به موقعیت اقلیمی، مشکل آب و آبیاری در کشور و اهمیت این گیاه صنعتی، انجام تحقیقات برای دستیابی به ارقام متحمل به خشکی در این گیاه امری ضروری و قطعی به نظرمی رسد و در این راستا نیز ارزیابی مواد اصلاحی و ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی به روش آزمایشگاهی و مزرعه‌ای روشی سودمند می‌باشد.

جدول۴- مقایسه میانگین دو شرایط نرمال و تنش خشکی در گلخانه

Table 4. Mean comparing of two normal and drought stress conditions

شرایط	PL cm		LA cm^2		RL cm		RWL		RWC		RDW gr		RFW gr		SDW gr		SFW gr		TDW gr	
خشکی	۵/۳۳	b	۰/۰۲	b	۱۳/۰۵	b	۰/۰۸۷	b	۵۸/۰۸	b	۰/۲۲۸	a	۰/۹۱۱	b	۰/۳۳۴	a	۱/۸۶۹	b	۰/۵۶۲	a
نرمال	۶/۴۷	a	۰/۰۲۳	a	۱۶/۷۳	a	۰/۱۳۹	a	۶۸/۹۸	a	۰/۲۳۴	a	۱/۲۵۷	a	۰/۳۴۴	a	۲/۴۹۵	a	۰/۵۷۷	a

PL: طول دمبرگ، *LA*: مساحت سطح برگ، *RL*: طول ریشه، *RWL*: محتوای آب ازدست‌رفته برگ، *RWC*: محتوای آب نسبی برگ، *RDW*: وزن خشک ریشه،*RFW* : وزن تر ریشه، *SDW*: وزن خشک اندام هوایی، *SFW*: وزن تر اندام هوایی، *TDW*: وزن خشک کل

شرایط مورد مقایسه که دارای حروف یکسان می‌باشند اختلاف معنی‌داری باهم ندارند.

جدول ۵- رتبه‌بندی ژنوتیپ‌های برتر از نظر میانگین صفات مورد مطالعه در دو شرایط نرمال و تنش خشکی

Table 5. Top genotypes ranking for studied traits in two normal and drought stress conditions

خشکی

رتبه	PL	LA	RL	RWL	RWC	RDW	RFW	SDW	SFW	TDW
۱	(۸/۶۲۷) ۱۲۴	(۰/۰۲۸۱) ۹۹	۱۳۸(۱۹/۱۹)	۵۱(۰/۲۵)	۵(۹۰/۹۹)	۱۲۱)۰/۷)	۱۲۲(۱/۹۴)	۱۲۳(۰/۸۵)	۱۲۳(۵/۴۸)	۱۲۳(۱/۴۱)*
۲	۱۲۱	۳۴	۳	۱۱۵	۳۹	۱۳۱	۱۲۳	۱۲۲	۱۲۲	۱۲۱
۳	۱۲۲	۱۱۴	۱۱۸	۵۶	۴۹	۱۲۳	۱۲۱	۱۱۴	۱۲۰	۱۳۱
۴	۱۰۳	۴۸	۱۳۱	۱۱۰	۴۶	۱۰۱	۲	۱۲۴	۱۲۳	۱۰
۵	۸۷	۹۰	۸۲	۱۳۹	۳۰	۵	۱۳۱	۱۰	۱۱۴	۱۲۴
۶	۱۲۳	۱۰۸	۱۲۱	۲۲	۷۱	۱۰	۱۰	۱۲۱	۱۰۱	۱۲۲
۷	۱۲۶	۹	۲۹	۵۴	۶	۱۲۴	۱۲۴	۱۲۰	۱۳۰	۵
۸	۱۱۰	۷۹	۸۶	۱۹	۳۶	۱۲۹	۱۱۴	۱۳۱	۱۰۲	۱۱۴
۹	۱۲۷	۸۰	۱۲۳	۶۱	۱۵	۹	۱۲۷	۱۰۲	۱۱۳	۱۰۱
۱۰	۱۲۴	۱۱۳	۱۰۲	۸۰	۳۷	۱۱۸	۱۰۹	۱۰۶	۱۱۰	۲
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
۱۳۹	۱۳۹	۱۱۰	۱۰	۹۳	۱۳۵	۹۱	۲۴	۹۱	۱۳۹	۸۳
۱۴۰	(۳/۸۱۳) ۱۹	۱۶ (۰/۰۱۳)	۶۹(۷/۲۲)	۸۶(۰/۰۱۶)	۵۰(۳۸/۳۹)	۹۸(۰/۰۹)	۳۹(۰/۶۲۷)	۵۲(۰/۱۷۹)	۵۲(۰/۹۶)	۹۱(۰/۲۸)

نرمال

رتبه	PL	LA	RL	RWL	RWC	RDW	RFW	SDW	SFW	TDW
۱	۸۵(۹/۶۳)	۱۶(۰/۰۴۷)	۸۳(۳۴/۴۴)	۱۲۹(۰/۴۳)	۵۰(۹۰/۸۴)	۲۱(۱/۶۰۷)	۲۱(۴/۲۹۳)	۲۱(۰/۷۱۲)	۲۱(۵/۰۹۳)	۲۱(۲/۳۲)
۲	۹۵	۱۱۲	۱۳۱	۱۰۳	۳۹	۱۲۱	۱	۱۱۹	۱۱۹	۱۲۱
۳	۱۷	۱۱۹	۳۵	۷۹	۳	۱۰۱	۵	۱۲۳	۱۷	۱۱۹
۴	۸۳	۱۱۷	۳۳	۴۷	۱۱۱	۵۵	۱۱۹	۱۲۷	۱۲۷	۱
۵	۱۲۱	۲۹	۱۰۳	۵۷	۱۳۱	۱	۵۷	۱۷	۱	۱۲۳
۶	۵	۱۰۶	۲۹	۴۳	۸۵	۱۲۵	۱۰۱	۱	۱۲۳	۱۰۱
۷	۳۳	۱۱۸	۳۱	۹۹	۱۲۱	۵۳	۷۹	۱۳۱	۲۹	۱۷
۸	۸۷	۳۷	۳	۲۷	۱۳۵	۲۹	۳۱	۲۵	۱۳۱	۱۲۷
۹	۱۲۷	۴۲	۱۱۷	۹۵	۲۷	۱۰۳	۷۱	۵	۵	۱۲۵
۱۰	۷۵	۲۰	۶۷	۳۵	۳۳	۲۵	۳۵	۱۲۱	۲۵	۲۵
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
۱۳۹	۲۷	۱۳۰	۱۱۱	۶۳	۹۳	۷۹	۱۳۳	۹۹	۱۳۳	۴۳
۱۴۰	۱۱۰(۴/۵۸)	۱۳۴(۰/۰۱۱)	۱۱۴(۹/۰۵۷)	۱۲۳(۰/۰۱۶)	۱۳۴(۴۱/۹۲)	۱۱۶(۰/۰۵۳)	۱۳۴(۰/۵۷۳)	۷۶(۰/۲۲۶)	۱۳۴(۱/۲۹)	۱۳۴(۰/۳۱۷)

PL: طول دمبرگ، LA: مساحت سطح برگ، RL: طول ریشه، RWL: محتوای آب ازدست‌رفته برگ، RWC: محتوای آب نسبی برگ، RDW: وزن خشک ریشه،RFW: وزن تر ریشه، SDW: وزن خشک اندام هوایی، SFW: وزن تر اندام هوایی، TDW: وزن خشک کل

*- به ترتیب از بالا به پایین در هر صفت از میانگین کاسته می شود.

میانگین ژنوتیپ های دارای رتبه اول و آخر در داخل پرانتز نشان داده شده است.

همبستگی بین صفات در شرایط خشکی در گلخانه

همبستگی بین صفات مورد بررسی در دو شرایط نرمال و تنش نشان داد (جدول ۶) که در هر دو شرایط نرمال و خشکی بین صفات وزن‌تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه و وزن خشک گیاه همبستگی‌های مثبت و معنی‌دار وجود دارد و تغییر شرایط از نرمال به خشکی در روابط بین این صفات تغییر چشم‌گیری ایجاد نکرده است. یونان و همکاران (۳۹) با مطالعه همبستگی بین صفات مهم زراعی و عملکرد ریشه در چغندرقند و تفکیک آنها به اثرات مستقیم و غیرمستقیم گزارش دادند صفت وزن برگ دارای اثر مستقیم و قابل ملاحظه بر روی عملکرد ریشه است و می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی به عنوان معیارگزینش جهت بهبود عملکرد ریشه در چغندر مورد توجه قرار گیرد. صدرآبادی حقیقی و همکاران (۲۹) در تحقیقات خود نشان دادند که ارقامی که دارای سرعت رشد بالاتر بوده و ماده خشک بیشتری تولید کرده بودند، تولید عملکرد ریشه بالاتری نیز داشتند که این امر می‌تواند در ارتباط با ویژگی‌های مختلف فیزیولوژیک و میزان جذب نور در ارقام مختلف چغندرقند مربوط شود.

حسین پور و همکاران (۱۰) گزارش کردند که عملکرد ریشه یکی از شاخص‌های مهم در زراعت چغندرقند می‌باشد و به‌دست آوردن ریشه‌ای با فرم، وزن و درصد قند مناسب از مهم‌ترین اهداف آن به شمار می‌آید. معمولاً بین عملکرد ریشه و درصد قند یک همبستگی منفی وجود دارد و برای به‌دست آوردن عملکرد مناسب بایستی تعادلی بین این دو صفت ایجاد کرد.

بین صفت محتوای آب ازدست‌رفته برگ با صفات مربوط به وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی، مساحت سطح برگ و طول دمبرگ در هردو محیط همبستگی منفی دیده می‌شود. ولی علیرغم معنی‌دار شدن این همبستگی‌ها در محیط نرمال، میزان این همبستگی‌ها در شرایط تنش اندک بوده و غیر معنی‌دار می‌باشد.

بین طول ریشه با صفات مربوط به وزن خشک کل، وزن تر و خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه در هر دو محیط همبستگی مثبت دیده می‌شود. همچنین در شرایط نرمال با وزن تر ریشه و در شرایط تنش با طول دمبرگ نیز همبستگی مثبت دیده می‌شود.

طول دمبرگ در شرایط تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات مربوط به وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی و طول ریشه دارد. ولی در شرایط نرمال همبستگی خاصی مشاهده نمی‌شود. به نظر می‌رسد که این صفت می‌تواند معیاری برای گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم در شرایط تنش خشکی باشد. در مطالعه محمدیان و همکاران (۲۰) ضریب همبستگی طول و عرض برگ و طول و قطر دمبرگ با عملکرد ریشه به ترتیب ۰/۹۰، ۰/۸۱، ۰/۷۲ و ۰/۷۰ به دست آمد که به ترتیب در سطح احتمال یک، یک، پنج و پنج درصد معنی‌دار بودند.

جدول ۶- همبستگی صفات اندازه‌گیری شده در شرایط خشکی و نرمال در گلخانه

Table 6. Correlation of studied traits in normal and drought stress conditions

		TDW	SFW	SDW	RFW	RDW	RWC	RWL	RL	LA	PL
TDW	D	۱									
	N	۱									
SFW	D	۰/۸۶**	۱								
	N	۰/۷۷**	۱								
SDW	D	۰/۹۲**	۰/۸۴**	۱							
	N	۰/۸۴**	۰/۹۱**	۱							
RFW	D	۰/۸۳**	۰/۸**	۰/۸۲**	۱						
	N	۰/۶۵**	۰/۵**	۰/۵۳**	۱						
RDW	D	۰/۹**	۰/۶۷**	۰/۶۴**	۰/۶۷**	۱					
	N	۰/۹۵**	۰/۵۸**	۰/۶۴**	۰/۶۳**	۱					
RWC	D	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۲	-/۰۵	۰/۰۶	۱				
	N	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۱	-۰/۰۴	۰/۰۲	۱				
RWL	D	-۰/۱۱	-۰/۰۹	-۰/۱۶	-۰/۱۳	-۰/۰۴	۰/۰۶	۱			
	N	-۰/۲*	-۰/۲۷**	-۰/۳۱**	-۰/۲۴**	-۰/۱۱	-۰/۰۲	۱			
RL	D	۰/۳**	۰/۲۲**	۰/۲۳**	۰/۲۲**	۰/۳۲**	۰/۰۲	۰/۰۶	۱		
	N	۰/۲۶**	۰/۲۶**	۰/۲۶**	۰/۱۶	۰/۲۳**	۰/۰۸	-۰/۰۶	۱		
LA	D	۰/۰۷	۰/۱۷*	۰/۱۴	۰/۰۶	-۰/۰۳	-۰/۰۷	-۰/۲۳**	۰/۰۴	۱	
	N	-۰/۰۵	۰/۱۵	-۰/۰۱	۰/۰۳	-۰/۰۷	۰/۰۴	-۰/۰۹	۰/۰۷	۱	
PL	D	۰/۵۲**	۰/۵۷**	۰/۵۶**	۰/۵۲**	۰/۳۷**	۰/۰۵	-۰/۲۱*	۰/۲۶**	۰/۱۲	۱
	N	۰/۰۳	۰/۱۹*	۰/۱۱	۰/۰۳	-۰/۰۳	۰/۰۵	۰	۰/۰۲	۰	۱

TDW: وزن خشک کل، SFW: وزن تر اندام هوایی، SDW: وزن خشک اندام هوایی، RFW: وزن تر ریشه، RDW: وزن خشک ریشه، RWC: محتوای نسبی آب برگ، RWL: محتوای آب ازدست‌رفته برگ، RL: طول ریشه، LA: مساحت سطح برگ، PL: طول دمبرگ.

D: محیط خشکی- *N*: محیط نرمال

نتایج کلی حاصل از این بررسی نشان داد که اثر ژنوتیپ بجز در صفات مساحت سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ در بقیه صفات معنی‌دار است. این معنی‌دار بودن نشان‌دهنده وجود تنوع بین ژنوتیپ‌ها برای انجام گزینش و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر جهت و جایگزینی ارقام مورد کشت در مناطق مختلف مفید می‌باشد. از طرفی تنش خشکی باعث کاهش تمامی صفات موردمطالعه شد ولی این کاهش در صفات وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک کل معنی‌دار نبود. از این موضوع نیز می توان در برنامه‌های اصلاحی برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به شوری استفاده کرد. همچنین طول دمبرگ در شرایط تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات مربوط به وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی و طول ریشه نشان داد ولی در شرایط نرمال همبستگی خاصی مشاهده نشد و به نظر می‌رسد که این صفت می‌تواند معیاری برای گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم در شرایط تنش خشکی باشد.

منابع

1. Abdollahian-Noghabi, M., Z. Radaei-al-amoli, G.H.A. Akbari and S.A. Sadat-Nuri. 2011. Effect of severe water stress on morphological, quantitative and qualitative characteristics of 20 sugar beet genotypes. Iranian Journal of Field Crops Science, 42(3): 453-464 (In Persian).
2. Abdollahian-Noghabi, M. and B. Froud-Williams. 2000. Drought stress and weed competition in sugar beet. British Sugar Beet Review, 68(1): 47-49.
3. Ahmadi, M., E. Majidi Heravan, S.Y. Sadeghian, M. Mesbah and F. Darvish. 2011. Drought tolerance variability in S_1 pollinator lines developed from a sugar beet open population. Euphytica, 178: 339-349.
4. Akhundi, M. 2011. Effects of PEG stress on Geneva hydroponic plant types, the Eleventh Congress of Crop Science. Shahid Beheshti University, (In Persian).
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. Bakhshi khaniki, G., S. Javadi, P. Mehdikhani and D. Tahmasebi. 2011. Investigation of drought stress effects on some quantity and quality characteristics of new eugenics sugar beet genotypes. New Cellular and Molecular Biotechnology Journal, 1(3): 65-74 (In Persian).
7. Eberhart, S.A. and W.A. Russel. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, 6: 36-40.
8. Ganjeali, A., M. Kaffi and M. Sabet Teimouri. 2010. Evaluation of root and shoot physiological indices in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Environmental Stresses in Crop Sciences, 3: 35-45 (In Persian).
9. Heidari sharifabad, H. 2008. Drought mitigation strategies for the agriculture sector. The 10th Iranian congress of Crop Science, 18-20 Aug., SPII, Karaj, Iran,
10. Hossein pour, M., A. Sorooshzadeh, M. Aghaalikhani, M. Khoramian and D.F. Taleghani. 2006. Evaluation of quantity and quality of sugar beet under drip and furrow irrigation methods in north of Khuzestan, Sugar Beet Journal, 22(1): 39-75 (In Persian).
11. Jaggard, K.W. and A. Qi. 2006. Crop physiology and agronomy. In: Sugar Beet, Ed: AP Draycott. Blackwell Publishing, Oxford,
12. Kafi, M. and A. Mahdavi-e-Damghani. 2000. Mechanisms of plants to environmental stresses. Ferdowsi University Publication. Mashhad, Iran, 449 pp (In Persian).
13. Kirigwi, F.V.M., M. Van Ginkel, R.G. Trethowan, R.G. Sears, S. Rajaram and G.M. Paulsen. 2004. Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. Euphytica, 135: 361-371.
14. Kramer, P.J. 1963. Water stress and plant growth. Agronomy Journal, 55: 31-35.
15. Limayer, S., F. Maupas, P. Cournede and P. Reffye. 2008. A morphogenetic crop model for sugar beet (*Beta vulgaris* L.), in: Cao, W., White, J., Wang, E. (eds). Crop Modeling and Decision Support, Springer, London.
16. Matsuo, R.R. 1998. Durum wheat: its unique pasta-making properties. In: Bushuk, W., Rasper, V.F. (Eds.), Wheat Production, Properties and Quality. Chapman and Hall, pp: 169-178.
17. Mc Grath, J.M., Y. Derrico and C.A. Yu. 1999. Genetic diversity in selected, historical US sugar beet germplasm and *Beta vulgaris*s sp. maritima. Theoretical and Applied Genetics, 98: 968-976.
18. Mohammadi, R., R. Haghparast and M. Aghaee. 2007. Selection criteria in the selection of drought tolerant genotypes of durum wheat. Ninth Congress of Crop Science, September, Tehran University, Abouraihan, 555 pp (In Persian).
19. Mohammadi, G., A. Javanshir, F. Rahimzadehkhoei, A. Mohammadi and S. Zehtab-esalmasi. 2004. The effect of weeds interference on shoot and root growth and harvest index in chickpea. Journal of Agricultural Sciences, 6: 1-9 (In Persian).

20. Mohamadian, R., M. Abdollahian-Noghabi, J. Baghani and A.G.H. 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. Sugar Beet Journal, 25(2): 23-38 (In Persian).
21. Monti, A., M.T. Amaducci, G. Pritoni and G. Venturi. 2006. Variation in carbon isotope discrimination during growth and at different organs in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Field Crops Research, 98(2–3): 157-163.
22. Morant-Manceau, A., E. Pradier and G. Tremblin. 2004. Osmotic adjustment, gas exchanges and chlorophyll fluorescence of a hexaploid triticale and its parental species under salt stress. Journal of Plant Physiology, 161: 25-33.
23. Mortan, T.W., G.W. Buchleiter and D.F. Heemann. 1998. Quantifying the effects of water availability on corn yield under a center-pivot irrigation system. Proceedings of the fourth international conference on precision agriculture. Ropert, P.C., Rust, R.H. and Larson, W.E.) 19-22 July, 31-41.
24. Ober, E.S. and M.C. Luterbacher. 2002. Genotypic variation for drought tolerance in *Beta vulgaris*. Oxford Journals, 89(7): 917-924.
25. Ober, E.S., C.J.A. Clark, K.W. Jaggard and J.D. Pidgeon. 2004. Progress towards improving the drought tolerance of sugar beet. Zuckerindustrie, 129: 101-104.
26. Pidgeon, J.D., E. Ober, A. Qi, C.J.A. Clark, A. Royal and K.W. Jaggard. 2006. Using multi-environment sugar beet variety trials to screen for drought tolerance. Field Crops Research, 95(2–3): 268-279.
27. Rane, J., M. Maheshwari and S. Nagarajan. 2001. Effect of pre-anthesis water stress on growth, photosynthesis and yield of six wheat cultivars differing in drought tolerance. Indian Journal of Plant Physiology, 6: 53-60.
28. Sadeghia, S.Y., H. Fazli, D.F. Taleghani and M. Mesbah. 2000. Genetic variation of drought stress in sugar beet. Journal of Sugar Beet Research, 37: 55-77 (In Persian).
29. Sadrabadi Haghighi, R., S. Amirmoradi and A. Mirshahi. 2011. Investigation of growth analysis of conventional and commercial sugar beet (*Beta vulgaris*) varieties at delayed planting date in Chenaran (Khorasan Razavi Province), Iranian Journal of Field Crops Research, 9(3): 505-513, (In Persian).
30. Schittenhel, M.S. 1999. Agronomic performance of root chichory, Jerursalem artichoke and sugar beet in stress and non-stress environments. Crop Science, 39: 1815-1823.
31. Scott, R.K. and K.W. Jaggard. 1993. Crop physiology and agronomy, In: Cooke, D.A. and R.K. Scott (eds.), The Sugar Beet Crop: Science into Practice. Chapman and Hall, London, 179-223.
32. Shahriari, R. and D. Hassanpanah. 2006. Evaluation of indigenous and promising genotypes of wheat coleoptile length in vitro using mannitol as an osmotic stress. Fourth Congress of Biotechnology, 252 pp (In Persian).
33. Shaw, B., T.H. Thomas and D.T. Cooke. 2002. Response of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to drought and nutrient deficiency stress. Plant Growth Regulation, 37: 77-83.
34. 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.
35. Stocker, O. 1960. Physiological and morphological changes in plants due to water deficiency. In: Plant water relationships in arid and semiarid conditions. Arid Zone Res. Rev. Res., UNESCO, Paris, 15:63-104.
36. Vahedi, S., M. Mesbah, R. Amiri, M.R. Bihamta, V. Yosefabadi and M. Dehghan-shoar. 2006. Study on the relation between agronomic traits and root morphology and determination of traits affecting root yield and sugar content in monogerm germplasm of sugar beet. Sugar beet Journal, 22(2): 19-34.
37. Winter, S.R. 1988. Influence of seasonal irrigation amount on sugar beet yield and quality. Journal of Sugar Beet Research, 25: 1-10.
38. Yang, R.C., S. Jana and J.M. Clarke. 1991. Phenotypic diversity and associations of some potentially drought responsive characters of durum wheat. Crop Science, 31: 1484-1491.
39. Younan, N.Z., M.H. El-Deeb and M.A. El-Manhaly. 1990. Path coefficient analysis of total soluble solids and root weight in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Minufiya Journal of Agricultural Research, 5(2): 1921-1929.

The Effect of Drought Stress on Breeding Genotypes of Sugar Beet under Greenhouse Conditions

Abdolmajid Khorshid[1], Ali Akbar Asadi[2] and Akram Hatami[3]

1- Agriculture and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREOO), Urmia, Iran, (Corresponding authur: majidkhor1347@gmail.com)
2- Crop and Horticultural Science Research Department, Zanjan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center (AREOO), Zanjan, Iran
3- Seed Certificate Research Institute, Zanjan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center (AREOO), Zanjan, Iran
Received: September 23, 2019 Accepted: April 4, 2020

Abstract

Due to decreasing annual rainfall and increasing drought and temperature, creating tolerant and high yield potential cultivars in sugar beet is very important for breeders. For this purpose, to investigate the effect of drought stress on yield and morphological traits of sugar beet and the relationship between these traits with yield in greenhouse conditions, 140 sugar beet genotypes under greenhouse conditions in Karaj Sugar Beet center in 2015 were evaluated for yield traits. The results showed that the effect of genotype was significant for all traits except of leaf area and relative water content, indicating that there was different among genotypes. Drought stress decreased all traits but this effect was not significant on root dry weight, shoot dry weight and total dry weight. Also, petiole length had a positive and significant correlation with root and shoot dry weight and root length in drought condition but under normal condition, no significant correlation observed. It seems that this traits may be a criterion for selection of resistant genotypes under drought stress

Keyword: Drought Stress, Sugar Beet, Yield Traits, Morphological Traits