تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد یازدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۷
۲۷۵-۲۸۸
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2017.617.1122

برآورد هتروزیس و قابلیت توارث پذیری تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های تست‌کراس چغندرقند

حسن حمیدی[۱]، مسعود احمدی[۲*]، سیده ساناز رمضانپور[۳]، علی معصومی[۴]، سارا خرمیان[۵]

۱. محقق بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

۲. استادیار بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

۳. دانشیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۴ و ۵. به ترتیب استادیار و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه پیام نور مشهد.

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۱/۲۱

چکیده

این آزمایش به‌منظور ارزیابی ژنوتیپ‌های تست کراس چغندرقند (۱۲ هیبرید به همراه دو رقم شاهد) در شرایط تنش رطوبتی مزرعه (۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۴ انجام شد. در این تحقیق صفاتی از قبیل عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، درصد قند ریشه، تعداد برگ، اختلاف دمای برگ و محیط، شاخص شادابی، محتوی آب نسبی برگ، وزن ویژه برگ، نمره رنگ برگ، نمره رشد برگ، طرز قرارگیری برگ، نمره رشد ریشه و نسبت طول به عرض ریشه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که ازنظر کلیه صفات موردمطالعه به‌استثنای اختلاف دمای برگ و محیط، طرز قرارگیری برگ، نمره رشد ریشه و نسبت طول به عرض ریشه بین ژنوتیپ‌های موردبررسی تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. ژنوتیپ Multi s5 نیز ازنظر صفات عملکرد ریشه، شاخص شادابی، محتوی آب نسبی برگ، وزن ویژه برگ، نمره رشد برگ و نمره رشد ریشه نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتری نشان داد. بیشترین میزان توارث پذیری در بین صفات موردمطالعه مربوط به تعداد برگ با توارث ۸۹/۴۰ در صد بود که حاکی از تأثیرپذیری کم این صفت از عوامل محیطی است. بیشترین میزان هتروزیس استاندارد در هیبرید Multi s5 برای اکثر صفات موردمطالعه به دست آمد. در این تحقیق، عملکرد ریشه، همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با عملکرد قند ناخالص داشت. بین عملکرد ریشه و صفت نمره رشد ریشه نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. درحالی‌که همبستگی منفی و معنی‌داری بین عملکرد ریشه و صفات درصد قند ریشه و تعداد برگ وجود داشت. با توجه به دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر می‌توان ژنوتیپ‌ها را برای صفت عملکرد قند ناخالص در سه گروه عمده قرار داد. تجزیه به عامل‌ها منجر به شناسایی پنج عامل گردید که درمجموع ۹۱/۳ در صد تغییرات کل را توجیه کردند.

واژه‌های کلیدی: **تنش رطوبتی، عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، هیبرید.**

مقدمه

خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده ریشه و عملکرد گیاهان زراعی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است که ۶۰-۴۰ درصد اراضی زیر کشت جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Bray, 1996).

گیاه چغندرقند معمولاً نسبت به تنش‌های رطوبتی در اوایل دوره رشد حساس است و اگر تنش رطوبتی در مراحل بعدی رشد حادث شود قادر است آن را تا حدی تحمل نماید (Hekamat Shoar, 1992).

* نگارنده پاسخگو: مسعود احمدی. پست الکترونیک: ahmadi50_masoud@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

در مطالعه‌ای در همدان، ایران، نشان داده شد که قطع آب آبیاری بیش از یک‌بار در مراحل مختلف رشد باعث کاهش عملکرد کمی چغندرقند و به‌طورکلی تنش رطوبتی باعث کاهش کمی عملکرد ریشه و قند شد. مقدار تأثیر تنش خشکی بستگی به زمان و شدت تنش داشت و کاهش عملکرد ریشه و قند ناشی از تنش در دوره رشد ریشه و ذخیره‌سازی قند بیشتر بود (Mirzaei et al., 2005). احمدی (Ahmadi, 2012) نشان داد که برای تحمل به خشکی روند صفات در لاین‌ها و هیبریدهای نهایی چغندرقند متفاوت بوده و لزوم ارزیابی هیبریدها را محرز می‌کند.

در ارتباط باتحمل به خشکی، صفاتی ارزیابی می‌شوند که با عملکرد گیاه در شرایط تنش مرتبط بوده و کمتر تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرند، بنابراین وراثت پذیری صفات موردتوجه است. تحمل به خشکی وراثت پذیر است (Richards et al., 2001) اما به علت کم بودن واریانس ژنتیکی در شرایط تنش نسبت به بدون تنش، وراثت‌پذیری عملکرد در شرایط تنش کمتر است.

محمدیان و همکاران (Mohammadian et al., 2001) تفاوت های معنی‌داری را بین ژنوتیپ های چغندرقند در دمای برگ تحت شرایط تنش خشکی گزارش دادند. دمای برگ تحت شرایط عدم تنش همیشه کمتر از شرایط تنش بود.

اوراضی‌زاده و همکاران (Orazizadeh et al., 2016)، ۲۳ هیبرید تست کراس چغندرقند را به همراه رقم گدوک (شاهد معمولی) و هیبرید IR7 (شاهد متحمل) در دو آزمایش با آبیاری نرمال و تنش خشکی در ایستگاه طرق مشهد به مدت دو سال مورد ارزیابی قرار دادند. بر اساس نتایج حاصله، دو هیبرید با عملکرد شکر ۷/۹۳ و ۷/۵۱ تن در هکتار به‌عنوان هیبریدهای برتر متحمل انتخاب شدند.

صادق زاده حمایتی و فصاحت (Sadeghzadeh Hemayati and Fasahat, 2016) با بررسی اثر تنش خشکی بر ۳۶ ژنوتیپ چغندرقند در کمال شهر کرج گزارش کردند که تحت تنش خشکی (۲۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A)، عیار قند ناخالص و خالص به ترتیب معادل ۳۲/۶ و ۴۲/۶ درصد کاهش یافت. هم‌چنین در اثر تنش خشکی، میانگین عملکرد ریشه، شکر خام و شکر سفید به ترتیب معادل ۵۹، ۷۲ و ۷۶ درصد کاهش یافت.

غفاری و همکاران (Ghafari et al., 2016) با ارزیابی ۲۳ هیبرید منوژرم چغندرقند ازنظر تحمل به خشکی در کمال شهر کرج نشان دادند که بین ژنوتیپ‌های موردبررسی تنوع ژنتیکی قابل‌توجهی ازنظر تحمل به خشکی وجود دارد. همچنین رومانو و همکاران (Romano et al., 2013) بیان کردند که تنوع ژنتیکی زیادی بین ژنوتیپ های چغندرقند ازنظر شاخص‌های مورفو-فیزیولوژیکی تحت تنش خشکی متوسط و شدید وجود دارد.

عبداللهیان نوغابی و همکاران (Abdollahian Noghabi et al., 2011) با بررسی تأثیر تنش خشکی شدید پس از استقرار بوته بر ۲۰ ژنوتیپ چغندرقند در کرج گزارش دادند که بین ژنوتیپ ها ازنظر صفات عملکرد و اجزای عملکرد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. نتایج همبستگی نشان داد که عملکرد شکر سفید با وزن خشک کل و وزن خشک ریشه بیشترین همبستگی را داشت. نتایج تجزیه به عامل‌ها مشخص نمود که عامل‌های اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم، مجموعاً ۸۲/۰۸ درصد از تغییرات کل واریانس را توجیه می‌نماید.

عباسی و همکاران (Abbasi et al., 2014) با ارزیابی تنوع ژنتیکی ۱۶۸ ژنوتیپ چغندرقند که ازنظر تحمل به شوری و خشکی متفاوت بودند، نشان دادند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد ریشه و عملکرد قند وجود دارد. هم‌چنین عملکرد ریشه با وزن برگ و عملکرد شکر سفید همبستگی مثبتی داشت درحالی‌که بین عملکرد ریشه و درصد قند همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد.

بهنژادگران چغندرقند به دنبال شاخص‌ها و خصوصیاتی هستند که بتوان از آن‌ها در اصلاح ارقام متحمل به خشکی استفاده نمود. لذا متخصصین فیزیولوژی و زراعت بایستی با اعمال شرایط مشخص و تعریف‌شده تنش خشکی، خصوصیات و پارامترهای فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند را طی فصل رشد موردمطالعه دقیق قرار داده و درنهایت همبستگی و ارتباط این پارامترها را با عملکرد کمی و کیفی چغندرقند مشخص نمایند (Abdollahian Noghabi et al., 2011).

در این تحقیق، میزان هتروزیس و توارث پذیری تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند در اوایل فصل رشد در شرایط آب و هوایی مشهد موردبررسی قرارگرفته و نسبت به تعیین بهترین ژنوتیپ‌ها ازنظر تحمل به خشکی اقدام گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از ۱۴ ژنوتیپ تست کراس چغندرقند شامل شش هیبرید منوژرم (mono s1، mono s2، mono s3، mono s4، mono s5، mono s6) و شش هیبرید پلی‌ژرم (multi s1، multi s2، multi s3، multi s4، multi s5 و multi s6) به همراه دو رقم شاهد معمولی (Pars و Motahar) در سه تکرار انجام شد. ژنوتیپ‌های موردمطالعه از توده اصلاحی متحمل به خشکی (bp-mashhad) تهیه‌شده از توده ژرم پلاسم مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند حاصل‌شده‌اند. در استان خراسان رضوی، اکثر کشاورزان به دلیل وجود خشک سالی، منابع آبی را پس از سبز شدن و استقرار بذور چغندرقند در مزرعه به غلات اختصاص می‌دهند و از آبیاری زراعت چغندرقند خودداری می‌کنند؛ لذا در طی این مدت گیاه چغندرقند تحت تنش رطوبتی قرار می‌گیرد. در این تحقیق نیز ژنوتیپ‌های موردمطالعه در اول فصل رشد در معرض این نوع تنش رطوبتی (۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) در شرایط آب و هوایی مشهد (ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق) قرار گرفتند.

ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق در شهر مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۹۹۹ متر واقع شده است. میانگین درازمدت دمای روزانه آن ۱۴/۱، حداقل و حداکثر دمای مطلق آن به ترتیب ۷/۱ و ۲۱/۱ درجه سانتی‌گراد با میانگین بارش ۲۵۰ میلی‌متر در سال است. میزان بارندگی ماهانه در طول دوره رشد در جدول ۱ و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱. مقدار بارندگی ماهانه در طول دوره رشد (برحسب میلی‌متر)

Table 1. Rate of monthly rainfall during growth period (mm)

فروردین March	اردیبهشت April	خرداد May	تیر June	مرداد July	شهریور August	مهر September	آبان October
26.1	23.8	0.3	0	0	0.4	13.8	17.6

جدول ۲. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2. Physical and chemical properties of the soil used in the experiment

عمق خاک Soil depth	بافت خاک Soil texture	درصد اشباع Saturation percentage	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	pH	نیتروژن کل N.tot (%)	پتاسیم قابل‌جذب K.ava (mg/kg)	فسفر قابل‌جذب P.ava (mg/kg)	کربن آلی OC (%)
0-30	Silty Loam	32.8	1.7	7.9	0.05	210	11.6	0.4
30-60	Loam	33.6	2.1	8	0.06	195	8.3	0.3

در مرحله ۶-۴ برگی به‌منظور ایجاد تراکم ۱۰۰ هزار بوته در هکتار، گیاهچه‌های سبز شده تنک شدند. تا مرحله تنک و وجین (استقرار بوته‌ها) آبیاری به‌طورمعمول و به‌صورت نشتی با استفاده از سیفون انجام شد. آبیاری‌های بعدی پس از ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A صورت گرفت. کوددهی (بر اساس آزمون خاک)، کنترل شیمیایی آفات و بیماری‌های (بر اساس بازدیدهای منظم) و وجین دستی علف‌های هرز به‌گونه‌ای انجام شد تا مزرعه عاری از هرگونه تنش کمبود عناصر غذایی و خسارت عوامل زنده محیطی باشد.

در این آزمایش برخی از صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی چغندرقند شامل عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، درصد قند ریشه، تعداد برگ، اختلاف دمای برگ و محیط، شاخص شادابی، محتوی آب نسبی برگ، وزن ویژه برگ، نمره رنگ برگ، نمره رشد برگ، طرز قرارگیری برگ، نمره رشد ریشه و نسبت طول به عرض ریشه اندازه‌گیری شد. از صفات مذکور به‌عنوان آسان‌ترین و کم‌هزینه‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی تحمل به خشکی در چغندرقند استفاده شده است. همچنین این صفات، ثابت و بدون تغییر و قابل ارزیابی بوده و ارتباطی با کاهش محصول در شرایط

Archive of SID

www.SID.ir

بدون تنش ندارد (Edmeades et al., 2001). با توجه به وضعیت قرارگیری برگ‌ها در سه گروه ایستاده، حد واسط و افقی به هر یک به ترتیب نمرات ۱ تا ۳ اختصاص یافت (Ahmadi, 2012). وضعیت رشدی برگ گیاهان در هر کرت بر اساس مقیاس ۵-۱ نمره‌دهی شد (Shahbazi et al., 2015). به این صورت که کرت‌های با برگ‌های دارای رشد مطلوب عدد ۵ و رشد کم عدد ۱ اختصاص داده شد. رنگ برگ‌های هر لاین بر اساس مقیاس ۵-۱ نمره دهی می‌شود به این صورت که به لاین‌های با رنگ سبز تیره عدد ۵ و به لاین‌های با رنگ سبز کم‌رنگ متمایل به زرد عدد ۱ اختصاص پیدا می‌کند (Ahmadi, 2012). اندازه‌گیری دمای برگ توسط ترمومتر مادون‌قرمز (Guicktemp 850-1, Testo, Germany) قابل‌حمل با گسیلندگی ۰/۹۴ بین ساعات ۱۵- ۱۱ روی ۱۰ برگ و سط ۱۰ بوته نماینده انجام گرفت (Idso et al., 1982). در زمان اندازه‌گیری دمای برگ، درجه‌حرارت محیط از واحد هواسنجی مستقر در ایستگاه و تفاوت دمای محیط و دمای برگ به‌عنوان شاخص خشکی برگ در زمان تنش منظور شد.

محتوی آب نسبی برگ (RWC) بر اساس فرمول بارث و ویثرلی (Barrs and Weatherly, 1962) به‌صورت رابطه (۱) به دست آمد:

$$RWC= (FW - DW)/(TW- DW) \times 100 \quad [۱]$$

وزن ویژه برگ (SLW) از فرمول (۲) و شاخص شادابی (SUCI) از فرمول (۳) محاسبه شدند:

$$SLW = DW/(\text{مجموع سطح برگ دیسک‌ها}) \quad [۲]$$

$$SUCI = (DW–FW)/(\text{مجموع سطح برگ دیسک‌ها}) \quad [۳]$$

در این محاسبات FW وزن‌تر برگ، DW وزن خشک برگ و TW وزن برگ آماس کرده است.

درصد قند ریشه با استفاده از دستگاه رفرکتومتر (ZEISS 35758, CARL, Germany) اندازه‌گیری شد. سپس درصد قند و عملکرد قند ناخالص (عملکرد شکر) با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد (Abdollahian Noghabi et al., 2005):

$$\text{درصد قند} = 1.03/ 2.73 - \text{عدد قرائت‌شده} \quad [۴]$$

$$\text{عملکرد شکر} = \text{عملکرد ریشه} \times \text{درصد قند} \quad [۵]$$

وضعیت رشدی ریشه گیاهان در هر کرت بر اساس مقیاس ۵-۱ نمره دهی شد. به این صورت که کرت‌های با گیاهان دارای رشد ریشه مطلوب عدد ۵ و رشد کم عدد ۱ اختصاص داده شد (Shahbazi et al., 2015).

اجزای واریانس محیطی، ژنتیکی و فنوتیپی بر اساس امید ریاضی میانگین مربعات برآورد گردید. ضریب تنوع فنوتیپی، ضریب تنوع ژنتیکی و توارث پذیری عمومی هر صفت با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید (Falconer and Mackay, 1996):

$$CV_G = \frac{\sqrt{V_G}}{\overline{X}} \times 100, \quad CV_E = \frac{\sqrt{V_E}}{\overline{X}} \times 100 \quad [۶]$$

$$CV_p = \frac{\sqrt{V_P}}{\overline{X}} \times 100 \quad [۷]$$

$$V_E = MSe \quad [۸]$$

$$V_p = V_G + V_E \quad [۹]$$

$$H_b = (V_G/V_P) \times 100 \quad [۱۰]$$

در روابط بالا، V_G واریانس ژنوتیپی، V_E واریانس محیطی، V_p واریانس فنوتیپی، MSe واریانس اشتباه آزمایش، CV_p ضریب تغییرات فنوتیپی، CV_G ضریب تغییرات ژنتیکی، CV_E ضریب تغییرات محیطی، H_b توارث پذیری عمومی و $\overline{X}$ میانگین کل برای هر صفت است.

جهت محاسبه هتروزیس استاندارد از فرمول (۱۱) استفاده گردید (Farsi and Bagheri, 2012):

$$\text{هتروزیس استاندارد} = \frac{\text{میانگین ارقام شاهد - میانگین F1}}{\text{شاهد ارقام میانگین}} \times 100 \quad [۱۱]$$

تجزیه به عامل‌ها به‌منظور پیدا کردن علت وجود همبستگی و توصیف رابطه صفات برحسب تعداد کمتری شاخص یا عامل به روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام شد و عوامل به‌دست‌آمده با روش وریماکس دوران داده شدند.

پس از آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها، تجزیه‌وتحلیل آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 انجام شد. برای صفاتی که توزیع آن‌ها نرمال نبود، از روش تبدیل داده (لگاریتم) استفاده شد. با استفاده از ضرایب همبستگی بین صفات، روابط آن‌ها با یکدیگر مقایسه شد. جهت گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از تجزیه کلاستر به روش Ward استفاده شد. مقایسه میانگین صفات موردبررسی با استفاده از آزمون

Archive of SID

www.SID.ir

LSD در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد انجام شد. تجزیه به عامل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab نسخه ۱۵ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که برای کلیه صفات موردمطالعه به‌ا ستثنای اختلاف دمای برگ و محیط، طرز قرارگیری برگ، نمره رشد ریشه و نسبت طول به عرض ریشه در ژنوتیپ‌های مختلف تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت. تفاوت‌های بسیار معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها بیانگر این موضوع است که در شرایط تنش خشکی در بین لاین‌ها تنوع ژنتیکی وجود دارد (Ahmadi, 2012). مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان داد که بیشترین عملکرد ریشه (۸۷/۰۳ تن در هکتار)، شاخص شادابی (۳۰/۰۹ میلی‌گرم در سانتی‌متر مربع)، محتوی آب نسبی برگ (۸۳/۲۵ در صد)، وزن ویژه برگ (۵/۴۹ میلی‌گرم در سانتی‌متر مربع)، نمره رشد برگ (۳) و نمره رشد ریشه (۴/۶۷) در ژنوتیپ multi s5 مشاهده شد. لازم به ذکر است این ژنوتیپ دارای کمترین درصد قند ریشه (۱۸/۷۰ در صد) در بین کلیه ژنوتیپ‌های موردمطالعه بود. بیشترین درصد قند ریشه نیز در رقم شاهد (Motahar) مشاهده شد. ژنوتیپ multi s1 دارای بیشترین عملکرد قند ناخالص (۱۸/۱۷ تن در هکتار) در بین کلیه ژنوتیپ‌های موردمطالعه بود (جدول ۴).

در این تحقیق، ارقام شاهد Pars و Motahar دارای مقادیر متوسطی ازنظر اکثر صفات موردمطالعه بودند (جدول ۴). به عبارتی این ارقام ازنظر تحمل به خشکی در شرایط مزرعه نسبت به سایر ژنوتیپ‌های موردمطالعه برتری نداشتند.

در این آزمایش، با توجه به پراکندگی صفات و تفاوت معنی‌دار در بین ژنوتیپ ها می‌توان نتیجه گرفت که برای صفات عملکرد و اجزای عملکرد در شرایط تنش خشکی در بین هیبریدهای مختلف تنوع ژنتیکی وجود دارد و می‌توان از ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در برنامه‌های اصلاحی استفاده نمود. علاوه بر این تنوع مزبور برای گزینش لاین‌های متحمل به خشکی و در برنامه‌های به نژادی برای افزایش تحمل به خشکی می‌تواند موردا ستفاده قرار گیرد. نتایج تحقیقات نیز نشان داده است که تنوع ژنتیکی لازم در بین ژنوتیپ‌های چغندرقند برای تحمل به خشکی وجود دارد (Mohammadian et al., 2003a, 2003b, 2001; Ahmadi et al., 2011; Sadeghian et al., 2000; Ober et al., 2005).

تنوع ژنتیکی برای تحمل به خشکی یک پیش‌شرط لازم برای توسعه ارقام متحمل‌تر به تنش خشکی است. ارقام تجارتی چغندرقند به نظر می‌رسد که واکنش‌های مشابهی ازنظر عملکرد نسبت به خشکی داشته باشند (Ober and Luterbacher, 2002). خصوصیات فیزیولوژیکی که واکنش مشخصی را به تنش خشکی نشان می‌دهند، می‌توانند برای تفاوت های ژنوتیپی در عملکرد تحت تنش دارای اهمیت باشند. بررسی ژنتیکی مواد اصلاحی گسترده‌تری از چغندرقند احتمالاً کمک خواهد کرد تا تفاوت های مواد ژنتیکی در عملکرد و همچنین ارتباط صفات فیزیولوژیکی با آن تعیین‌شده و در گزینش برای تحمل به خشکی مورداستفاده قرار گیرد (Bloch et al., 2006).

نتایج حاصل از واریانس ژنوتیپی، فنوتیپی و محیطی همراه با ضریب تنوع ژنتیکی، ضریب تنوع فنوتیپی و وراثت‌پذیری عمومی صفات موردمطالعه در جدول ۵ ارائه شده است. ملاحظه می‌شود که واریانس ژنتیکی بین ژنوتیپ-ها برای کلیه صفات موردبررسی کمتر از واریانس فنوتیپی بود. ضریب تنوع فنوتیپی برای صفات طرز قرارگیری برگ، اختلاف دمای برگ و محیط، نمره رنگ برگ و نمره رشد ریشه به ترتیب با مقادیر ۳۷/۲۲، ۳۰/۷۱، ۲۵/۴۱ و ۲۲/۸۳ درصد دارای بالاترین مقدار بودند. برای همه صفات موردمطالعه ضریب تنوع فنوتیپی بیشتر از ضریب تنوع ژنتیکی بود. هر چه نسبت تنوع فنوتیپی از ژنتیکی بیشتر باشد، صفت بیشتر تحت تأثیر محیط قرار دارد و بازدهی انتخاب برای آن صفت کمتر خواهد بود (Farshadfar, 1997). از طرفی تفاوت کم بین ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی برای صفاتی نظیر تعداد برگ و وزن ویژه برگ نشان-دهنده نقش بیشتر ژنوتیپ و تأثیر کمتر محیط بر این صفات است. بخش عمده‌ای از تنوع فنوتیپی می‌تواند ناشی از اثر محیط بر روی صفات و به‌خصوص صفات چندژنی باشد. کمترین میزان توارث پذیری به نسبت طول به عرض ریشه (۱۲/۲۰ درصد) اختصاص پیدا کرد که نشان می‌دهد این صفت به‌شدت تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. بیشترین میزان توارث پذیری در بین صفات، مربوط به تعداد برگ، وزن ویژه برگ و محتوی آب نسبی برگ به ترتیب با توارث ۸۹/۴۰، ۸۲/۶۷ و ۸۱/۹۰ درصد بود که حاکی از تأثیرپذیری کم این صفات از عوامل محیطی است. مقادیر وراثت‌پذیری عمومی نشان می‌دهد که در مورد این ژنوتیپ‌ها، واریانس ژنتیکی به‌مراتب بیشتر از واریانس محیطی است، زیرا

Archive of SID

www.SID.ir

در اکثر صفات مقادیر وراثت‌پذیری بالا برآورد شده است (جدول ۵).

میزان هتروزیس استاندارد در هیبریدهای مختلف چغندرقند برای صفات موردمطالعه در شرایط تنش رطوبتی در جدول ۶ ارائه شده است. بیشترین میزان هتروزیس استاندارد در هیبرید Multi s5 برای صفات عملکرد ریشه، درصد قند، شاخص شادابی، محتوی آب نسبی برگ، وزن ویژه برگ، نمره رشد برگ و نمره رشد ریشه به ترتیب ۵۱/۹۸، ۱۳/۱۷، ۱۲/۹۹، ۷/۷۱، ۲۴/۶۳، ۲۸/۶۶ و ۵۰/۱۳ درصد به دست آمد. درحالی‌که بالاترین میزان هتروزیس استاندارد در هیبرید Multi s1 برای صفت عملکرد قند ناخالص معادل ۴۷/۸۳ درصد حاصل شد. بیشترین مقدار هتروزیس منفی برای نمره رنگ برگ به میزان ۷۴/۲۵- درصد در هیبرید Multi s2 به دست آمد. منفی بودن هتروزیس استاندارد بیانگر این است که هیبریدها به‌طرف واریته شاهد واجد مقدار کمتر صفت گرایش داشته‌اند (جدول ۶).

جدول ۳. میانگین مربعات صفات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند تحت شرایط تنش رطوبتی مزرعه

Table 3. Mean squares of quantity and quality traits of different sugar beet genotypes under field water stress conditions

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	عملکرد ریشه Root yield	عملکرد قند ناخالص Gross sugar yield	درصد قند Sugar content	تعداد برگ Leaf number	اختلاف دمای برگ و محیط Temperature difference between leaf and air	شاخص شادابی Succulence index
تکرار Replication	2	76.681 ns	3.687 ns	3.540 *	1.188 ns	0.386 ns	0.118 ns
ژنوتیپ Genotype	13	563.531**	21.665 **	2.6187 **	26.688 **	0.143 ns	8.598 **
خطای آزمایش Error	26	49.308	2.605	0.801	1.014	0.271	0.647
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		*10.22*	*11.24*	*4.27*	*4.47*	*33.47*	*2.86*

جدول ۳. ادامه

Table 3. Continued

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	محتوی آب نسبی برگ Leaf relative water content	وزن ویژه برگ Specific leaf weight	نمره رنگ برگ Leaf color score	نمره رشد برگ Leaf growth score	طرز قرارگیری برگ Postural leaf	نمره رشد ریشه Root growth score	نسبت طول به عرض ریشه Root length to width ratio
تکرار Replication	2	0.306 ns	0.024 ns	0.328 ns	0.056 ns	0.074 ns	0.685 ns	0.568 ns
ژنوتیپ Genotype	13	22.543 **	0.805 **	3.026 **	0.556 **	0.800 ns	0.994 ns	0.252 ns
خطای آزمایش Error	26	1.546	0.053	0.251	0.132	0.484	0.508	0.177
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		*1.57*	*5.05*	*11.75*	*15.31*	*33.73*	*19.87*	*11.33*

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, *and**: None significant and significant at 5 and 1%, Respectively.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴. مقایسه میانگین صفات موردمطالعه ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند تحت شرایط تنش رطوبتی مزرعه

Table 4. Mean comparison of studied traits of different sugar beet genotypes under field water stress conditions

ژنوتیپ Genotype	عملکرد ریشه Root yield(t/ha)	عملکرد قند ناخالص Gross sugar yield(t/ha)	درصد قند Sugar content	تعداد برگ Leaf number	اختلاف دمای برگ و محیط Temperature difference between leaf and air	شاخص شادابی Succulence index (mg/cm^2)
mono s1	79.87	16.76	20.97	18.89	1.56	27.18
mono s2	39.03	8.45	21.62	28.33	1.44	27.82
mono s3	65.73	13.47	20.43	24.33	1.89	28.44
mono s4	76.93	16.46	21.30	23.33	1.22	29.78
mono s5	85.00	17.79	20.92	21.11	1.56	29.98
mono s6	67.93	14.00	20.77	28.00	1.44	27.77
multi s1	85.03	18.17	21.43	19.44	1.33	27.85
multi s2	73.43	15.16	20.60	22.11	1.78	25.06
multi s3	58.90	13.03	22.16	20.00	1.22	28.31
multi s4	69.63	14.96	21.48	21.00	1.53	29.31
multi s5	87.03	16.27	18.70	24.88	1.67	30.09
multi s6	59.03	11.82	20.01	23.22	1.56	29.39
pars	60.20	12.41	20.60	20.44	1.66	24.50
Motahar	54.33	12.18	22.46	20.52	1.92	28.75
میانگین	68.72	14.35	20.96	22.54	1.56	28.16
LSD 0.05	11.79	2.71	1.50	1.69	0.87	1.35
LSD 0.01	15.93	3.66	2.03	2.28	1.18	1.82

جدول ۴. ادامه

Table 4. Continued

ژنوتیپ Genotype	محتوی آب نسبی برگ Leaf relative water content (%)	وزن ویژه برگ Specific leaf weight (mg/cm^2)	نمره رنگ برگ Leaf color score	نمره رشد برگ Leaf growth score	طرز قرارگیری برگ Postural leaf	نمره رشد ریشه Root growth score	نسبت طول به عرض ریشه Root length to width ratio
mono s1	77.62	4.11	5.00	2.00	1.00	3.67	3.10
mono s2	78.12	4.23	4.33	2.00	2.67	3.33	3.46
mono s3	79.00	4.35	4.33	2.33	2.67	4.00	3.68
mono s4	82.36	5.11	4.67	3.00	2.67	3.67	4.04
mono s5	83.20	5.24	4.67	3.00	2.00	4.67	3.64
mono s6	78.12	4.20	4.33	2.00	2.00	3.67	4.14
multi s1	77.98	4.14	5.00	2.00	1.67	3.33	3.83
multi s2	75.05	4.00	1.00	2.00	2.33	3.33	3.68
multi s3	78.33	4.25	4.67	2.00	2.00	2.67	3.95
multi s4	80.48	4.75	4.67	2.67	2.00	3.33	3.82
multi s5	83.25	5.49	4.67	3.00	1.33	4.67	3.48
multi s6	80.71	4.90	4.67	2.67	1.67	3.67	4.12
pars	74.15	3.86	3.66	2.00	2.33	3.44	3.47
Motahar	80.43	4.95	4.11	2.66	2.55	2.78	3.65
میانگین	79.20	4.54	4.27	2.38	2.06	3.59	3.72
LSD 0.05	2.09	0.38	0.84	0.49	1.17	1.20	0.71
LSD 0.01	2.82	0.52	1.14	0.66	1.58	1.62	0.96

ضرایب همبستگی صفات موردمطالعه در ۱۴ ژنوتیپ (۱۲ هیبرید و دو رقم شاهد) چغندرقند در جدول ۷ نشان داده شده است. بالاترین همبستگی مثبت و معنی‌دار (r=۰/۹۶**) بین عملکرد ریشه و عملکرد قند ناخالص مشاهده شد.

Archive of SID

www.SID.ir

بیشترین همبستگی منفی و معنی‌دار (r=-۰/۴۲**) نیز بین عملکرد ریشه و طرز قرارگیری برگ وجود داشت. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد ریشه و نمره رشد ریشه (r=۰/۵۴**) وجود داشت. همچنین همبستگی منفی و معنی‌داری بین عملکرد ریشه و صفات درصد قند ریشه (r=-۰/۲۹*) و تعداد برگ (r=-۰/۳۱*) مشاهده گردید. لازم به ذکر است که بین عملکرد ریشه و سایر صفات موردمطالعه همبستگی معنی‌داری وجود نداشت. صفت اختلاف دمای برگ و محیط با هیچ‌یک از صفات موردبررسی معنی‌دار نشد. همبستگی صفت شاخص شادابی با صفات محتوی آب نسبی برگ (r=۰/۹۵**)، وزن ویژه برگ (r=۰/۸۵**)، نمره رنگ برگ (r=۰/۵۸**) و نمره رشد برگ (r=۰/۷۱**) مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۷).

جدول ۵. برآورد اجزای واریانس، ضریب تنوع و وراثت‌پذیری عمومی صفات موردمطالعه در ژنوتیپ‌های چغندرقند تحت تنش رطوبتی

Table 5. Estimation of variance components, variation index and broad sense heritability of studied traits in sugar beet genotypes under water stress

صفات Traits	اجزای واریانس components variance			ضریب تنوع (٪) variation index (%)		وراثت‌پذیری عمومی (٪) Common inheritance ability (%)
	فنوتیپی Phenotypic	ژنتیکی Genotypic	محیطی Environmental	فنوتیپی Phenotypic	ژنتیکی Genotypic	
عملکرد ریشه Root yield	220.716	171.407	49.308	21.618	19.051	77.660
عملکرد قند ناخالص Gross sugar yield	8.959	6.354	2.605	20.854	17.562	70.922
درصد قند Sugar content	1.407	0.606	0.801	5.659	3.712	43.043
تعداد برگ Leaf number	9.572	8.558	1.014	13.724	12.977	89.405
اختلاف دمای برگ و محیط Temperature difference between leaf and air	0.228	0.043	0.271	30.714	13.271	18.668
شاخص شادابی Succulence index	3.297	2.650	0.647	6.448	5.782	80.387
محتوی آب نسبی برگ Leaf relative water content	8.545	6.999	1.546	3.691	3.340	81.903
وزن ویژه برگ Specific leaf weight	0.304	0.251	0.053	12.131	11.030	82.668
نمره رنگ برگ Leaf color score	1.176	0.925	0.252	25.407	22.528	78.618
نمره رشد برگ Leaf growth score	0.242	0.157	0.085	20.664	16.652	64.939
طرز قرارگیری برگ Postural leaf	0.590	0.105	0.484	37.222	15.729	17.858
نمره رشد ریشه Root growth score	0.670	0.162	0.508	22.826	11.226	24.188
نسبت طول به عرض ریشه Root length to width ratio	0.202	0.025	0.178	12.094	4.225	12.203

در این تحقیق، عملکرد ریشه، به‌عنوان یک صفت مهم در تصمیم‌گیری‌ها برای انتخاب لاین‌ها، همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با عملکرد قند ناخالص داشت (جدول ۷). شریفی (Sharifi, 2003) نیز بامطالعه همبستگی بین صفات عملکرد و اجزاء آن در شرایط تنش خشکی گزارش کرد که صفت عملکرد ریشه بیشترین همبستگی را با عملکرد قند ناخالص نشان داد. در تحقیق حاضر، بین عملکرد ریشه و نمره رشد ریشه همبستگی مثبت و معنی

Archive of SID

www.SID.ir

داری مشاهده شد (جدول ۷). احمدی و همکاران (Ahmadi et al., 2011) نیز نشان دادند که صفت عملکرد ریشه همبستگی معنی‌داری با عملکرد قند ناخالص دارد. احمدی (Ahmadi, 2012) نیز نشان داد که عملکرد ریشه چغندرقند در شرایط وجود تنش خشکی با نمره رشد ریشه همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد.

در تحقیق حاضر همبستگی منفی و معنی‌داری بین عملکرد ریشه و تعداد برگ وجود داشت به عبارتی با افزایش تعداد برگ، عملکرد ریشه چغندرقند کاهش یافت (جدول ۷). در این آزمایش، بین عملکرد ریشه و اختلاف دمای برگ و محیط همبستگی معنی‌داری وجود نداشت که با نتایج حاصل از تحقیقات محمدیان (Mohamadian, 2001) انطباق داشت.

جدول ۶. میزان هتروزیس استاندارد در هیبریدهای مختلف چغندرقند برای صفات موردمطالعه تحت تنش رطوبتی

Table 6. Standard heterosis in different hybrids of sugar beet for studied traits under water stress

هیبرید Hybrid	عملکرد ریشه Root yield	عملکرد قند ناخالص Gross sugar yield	درصد قند Sugar content	تعداد برگ Leaf number	اختلاف دمای برگ و محیط Temperature difference between leaf and air	شاخص شادابی Succulence index	محتوی آب نسبی برگ Leaf relative water content
mono s1	39.46	36.37	-2.60	-7.78	-13.26	2.07	0.42
mono s2	-31.84	-31.30	0.41	38.35	-19.45	4.48	1.07
mono s3	14.78	9.59	-5.11	18.80	5.20	6.81	2.21
mono s4	34.34	33.92	-1.10	13.92	-31.85	11.83	6.56
mono s5	48.43	44.69	-2.85	3.08	-13.26	12.58	7.64
mono s6	18.63	13.86	-3.56	36.72	-19.45	4.31	1.07
multi s1	48.49	47.83	-0.46	-5.06	-25.65	4.58	0.89
multi s2	28.23	23.33	-4.35	7.96	-0.87	-5.88	-2.90
multi s3	2.85	6.02	2.91	-2.34	-31.85	6.31	1.34
multi s4	21.59	21.67	-0.26	2.54	-14.87	10.08	4.12
multi s5	51.98	32.35	-13.17	21.50	-7.06	12.99	7.71
multi s6	3.08	-3.89	-7.07	13.38	-13.26	10.39	4.43

جدول ۶. ادامه

Table 6. Continued

هیبرید Hybrid	وزن ویژه برگ Specific leaf weight	نمره رنگ برگ Leaf color score	نمره رشد برگ Leaf growth score	طرز قرارگیری برگ Postural leaf	نمره رشد ریشه Root growth score	نسبت طول به عرض ریشه Root length to width ratio
mono s1	-6.62	28.76	-14.22	-59.02	17.96	-12.80
mono s2	-3.90	11.59	-14.22	9.29	7.24	-2.81
mono s3	-1.25	11.59	0.07	9.29	28.69	3.40
mono s4	16.00	20.17	28.66	9.29	17.96	13.42
mono s5	18.96	20.17	28.66	-18.03	50.13	2.22
mono s6	-4.73	11.59	-14.22	-18.03	17.96	16.32
multi s1	-6.02	28.76	-14.22	-31.69	7.24	7.68
multi s2	-9.27	-74.25	-14.22	-4.37	7.24	3.34
multi s3	-3.44	20.17	-14.22	-18.03	-14.21	11.05
multi s4	7.91	20.17	14.37	-18.03	7.24	7.18
multi s5	24.63	20.17	28.66	-45.36	50.13	-2.34
multi s6	11.24	20.17	14.37	-31.69	17.96	15.70

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷- ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند تحت تنش رطوبتی

Table 7. Correlation coefficients of studied traits in different genotypes of sugar beet under water stress

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	عملکرد ریشه Root yield	-												
2	عملکرد قند ناخالص Gross sugar yield	0.96**	-											
3	درصد قند Sugar content	-0.29*	-0.02^{ns}	-										
4	تعداد برگ Leaf number	-0.31*	-0.38**	-0.17^{ns}	-									
5	اختلاف دمای برگ و محیط Temperature difference between leaf and air	-0.11^{ns}	-0.17^{ns}	-0.16^{ns}	-0.04^{ns}	-								
6	شاخص شادابی Succulence index	0.19ns	0.17ns	-0.05^{ns}	0.14ns	-0.13^{ns}	-							
7	محتوی آب نسبی برگ Leaf relative water content	0.28ns	0.24ns	-0.15^{ns}	0.11^{ns}	-0.05^{ns}	0.95**	-						
8	وزن ویژه برگ Specific leaf weight	0.27ns	0.20ns	-0.23^{ns}	0.08ns	-0.02^{ns}	0.85**	0.94**	-					
9	نمره رنگ برگ Leaf color score	0.17ns	0.20ns	0.10ns	-0.04^{ns}	-0.17^{ns}	0.58**	0.47**	0.33*	-				
10	نمره رشد برگ Leaf growth score	0.24ns	0.21ns	-0.11^{ns}	0.01 ^{ns}	0.07^{ns}	0.71**	0.79**	0.88**	0.26ns	-			
11	طرز قرار گیری برگ Postural leaf	-0.42**	-0.38**	0.20ns	0.20ns	0.12^{ns}	-0.06^{ns}	-0.05^{ns}	-0.08^{ns}	-0.37*	-0.07^{ns}	-		
12	نمره رشد ریشه Root growth score	0.54**	0.46**	-0.39**	0.14ns	-0.09^{ns}	0.26ns	0.36**	0.38*	0.20ns	0.32*	-0.37*	-	
13	نسبت طول به عرض ریشه Root length to width ratio	0.09ns	0.10ns	-0.02^{ns}	0.16ns	-0.18^{ns}	0.05ns	0.01ns	-0.01^{ns}	0.11ns	-0.09^{ns}	0.01ns	0.19ns	-

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, *and**: None significant and significant at 5 and 1%, Respectively.

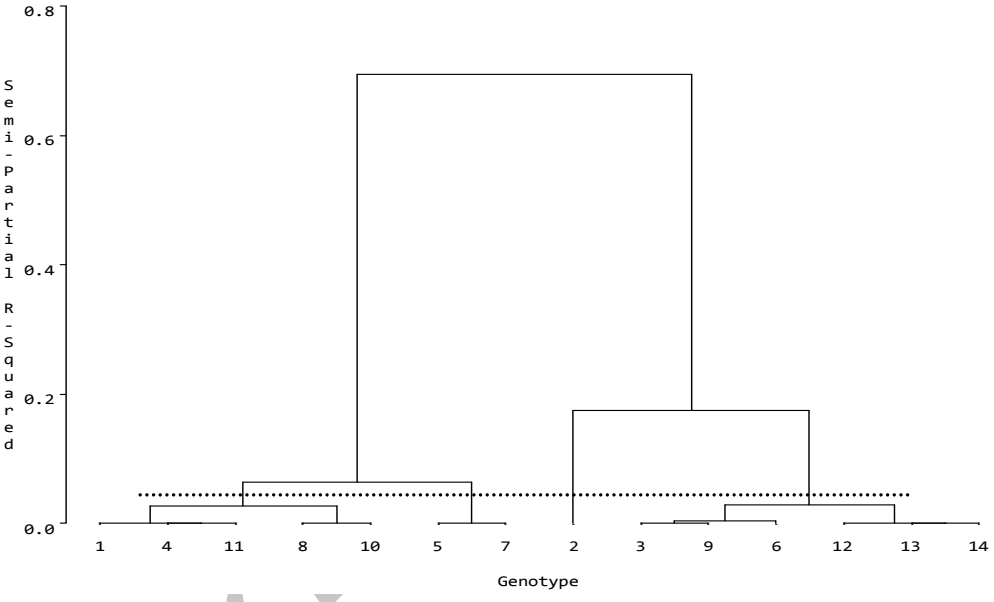
در چغندرقند همبستگی بین صفات کمی و کیفی در منابع متعددی موردبررسی قرار گرفته است. لازم به ذکر است که تحت شرایط تنش‌های زیستی و غیر زیستی با توجه به‌شدت تنش، نوع روابط متغیر خواهد بود (Cooke and Scott, 1993). فاتح و همکاران (Fateh et al., 2004) با بررسی تأثیر تنش خشکی مداوم بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی چغندرقند نشان دادند که در شرایط تنش بین عملکرد ریشه و عملکرد شکر در برداشت نهایی همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. آن‌ها گزارش کردند که عملکرد ریشه در اوایل دوره رشد تحت شرایط نرمال و خشکی می‌تواند به‌عنوان یک شاخص جهت برآورد عملکرد شکر موردتوجه قرار گیرد.

نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای (شکل ۱) در ارتباط با میانگین صفت عملکرد قند ناخالص نشان داد که ژنوتیپ های موردبررسی در سه گروه عمده قرار گرفتند. گروه اول (متحمل به خشکی) که دارای بیشترین عملکرد قند ناخالص بودند، هفت ژنوتیپ (mono s1، mono s4، mono s5، multi s1، multi s2، multi s4 و multi s5) را دربر گرفت. گروه دوم (نیمه متحمل به خشکی)، شش ژنوتیپ (mono s3، mono s6، multi s3، multi s6، ارقام شاهد Pars و Motahar) و گروه سوم (حساس به خشکی) که دارای

Archive of SID

www.SID.ir

کمترین عملکرد قند ناخالص بودند، یک ژنوتیپ (mono s2) را در خود جای دادند (شکل ۱). در کل، از ژنوتیپ‌های گروه اول برای ادامه برنامه‌های اصلاحی برای مقاومت به خشکی می‌توان بهره برد. در این تحقیق، با توجه به دندروگرام حاصله می‌توان ژنوتیپ‌ها را برای صفت عملکرد قند ناخالص در چهار گروه عمده قرار داد (شکل ۱). شریفی (Sharifi, 2003) با ارزیابی عملکرد ریشه و اجزای آن در چغندرقند در شرایط تنش خشکی نشان داد که از بین صفات موردمطالعه، عملکرد قند ناخالص دارای بیشترین میزان اثرات مستقیم بر روی عملکرد ریشه بوده و انتخاب از طریق این صفت برای افزایش عملکرد ریشه می‌تواند مؤثر با شد. رجبی و همکاران (Rajabi et al., 2002) در ارزیابی تنوع ژنتیکی در توده‌های چغندرقند برای صفات زراعی و کیفی محصول در تجزیه کلاستر نشان دادند که تعدادی از ژنوتیپ‌ها از حیث صفات مؤثر در عملکرد ریشه، مقادیر بالاتری را به خود اختصاص دادند. آن‌ها نشان دادند که از ژنوتیپ‌های این کلاستر می‌توان در برنامه‌های دورگ‌گیری استفاده کرد.



شکل ۱. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای برای ۱۴ ژنوتیپ چغندرقند بر مبنای عملکرد قند ناخالص با روش Ward

Figure 1. Dendrogram of cluster analysis for 14 sugar beet genotypes based on gross sugar yield using Ward method

Code کد	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ژنوتیپ Genotype	mono s1	mono s2	mono s3	mono s4	mono s5	mono s6	multi s1	multi s2	multi s3	multi s4	multi s5	multi s6	pars	Motahar

تجزیه به عامل‌ها جهت کاهش تعداد متغیرهای اولیه، توصیف و تشریح تنوع کل موجود در یک جامعه و تبیین سهم صفات در تنوع کل استفاده می‌شود. برای تهیه ماتریس ضرایب عاملی، آن تعداد از عامل‌ها که ریشه مشخصه بزرگ‌تر از یک بود، انتخاب شدند. در هر عامل اصلی، ضرایب عاملی بزرگ‌تر از ۰/۵ به‌عنوان عامل معنی‌دار در نظر گرفته شد. نتایج تجزیه به عامل‌ها در شرایط تنش خشکی در جدول ۶ نشان داده شده است. تجزیه به عامل‌های اصلی بر اساس میانگین صفات، پنج عامل را مشخص کرد که مجموعاً ۹۱/۳ درصد از تنوع موجود بین داده‌ها را توجیه نمودند. عامل اول ۳۰/۹ درصد از تغییرات را توجیه کرد و دارای بزرگ‌ترین ضریب‌های عاملی بر روی صفاتی نظیر شاخص شادابی، محتوی آب نسبی برگ، وزن ویژه برگ و نمره رشد برگ است. در عامل دوم صفات عملکرد ریشه و عملکرد قند ناخالص در جهت مثبت مؤثر هستند که این عامل ۲۰/۳ درصد را توجیه کرد. در عامل سوم صفت درصد قند ریشه

www.SID.ir

در جهت مثبت و صفات نمره رشد ریشه و تعداد برگ در جهت منفی مؤثر هستند و ۱۶/۱ درصد تغییرات را توجیه کرد. در عامل چهارم صفت طرز قرارگیری برگ در جهت مثبت و صفت نمره رنگ برگ در جهت منفی مؤثر هستند و ۱۲/۴ درصد تغییرات را توجیه کرد. در عامل پنجم که ۱۱/۵ درصد از تغییرات را در برمی‌گیرد، صفت نسبت طول به عرض ریشه در جهت مثبت و صفت اختلاف دمای برگ و محیط در جهت منفی مؤثر هستند (جدول ۸).

جدول ۸. نتایج تجزیه به عامل‌های صفات موردمطالعه در ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند

Table 8. Results of factor analysis of studied traits in different genotypes of sugar beet

صفات Traits	عامل یک Factor 1	عامل دو Factor 2	عامل سه Factor 3	عامل چهار Factor 4	عامل پنج Factor 5	میزان اشتراک Communality
عملکرد ریشه Root yield	0.193	0.915	-0.310	-0.052	0.024	0.974
عملکرد قند ناخالص Gross sugar yield	0.173	0.949	-0.103	-0.060	0.073	0.950
درصد قند Sugar content	-0.087	-0.187	0.913	-0.050	0.139	0.898
تعداد برگ Leaf number	0.075	-0.652	-0.606	0.033	0.325	0.904
اختلاف دمای برگ و محیط Temperature difference between leaf and air	0.075	-0.131	-0.153	0.594	-0.671	0.849
شاخص شادابی Succulence index	0.896	0.005	-0.050	-0.337	0.192	0.956
محتوی آب نسبی برگ Leaf relative water content	0.953	0.097	-0.133	-0.204	0.103	0.988
وزن ویژه برگ Specific leaf weight	0.959	0.100	-0.166	-0.019	0.002	0.958
نمره رنگ برگ Leaf color score	0.428	-0.011	0.087	-0.837	0.025	0.892
نمره رشد برگ Leaf growth score	0.948	0.157	-0.135	0.112	0.002	0.955
طرز قرارگیری برگ Postural leaf	0.073	-0.546	0.278	0.601	0.245	0.802
نمره رشد ریشه Root growth score	0.417	0.285	-0.782	-0.047	-0.153	0.892
نسبت طول به عرض ریشه Root length to width ratio	0.191	-0.075	0.083	0.103	0.888	0.848
میزان واریانس Value of variance	4.016	2.644	2.099	1.606	1.500	11.866
درصد واریانس Variance (%)	0.309	0.203	0.161	0.124	0.115	0.913

میزان اشتراک بخشی از واریانس یک متغیر است که به عامل‌های مشترک مربوط می شود که هر چه بیشتر باشد نشان‌دهنده دقت بیشتر در برآورد واریانس متغیر مربوطه است. همان‌طوری که در جدول ۸ ملاحظه می‌شود میزان اشتراک اکثر صفات بالاست. این امر نشان می‌دهد که تعداد عامل مورد انتخاب مناسب بوده و عامل های منتخب توانسته‌اند تغییرات صفات را به نحو مطلوبی توجیه نمایند. به هر صورت با توجه به عامل اشتراک، صفات محتوی آب نسبی برگ و طرز قرارگیری برگ دارای بیشترین و کمترین دقت برآورد بوده‌اند؛ بنابراین از تجزیه به عامل‌ها برای کاهش داده‌ها، شناسایی اجزای اصلی عملکرد، گروه‌بندی صفات بر پایه روابط داخلی میان آن‌ها و بررسی گوناگونی ژنتیکی

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده می‌گردد. عبداللهیان نوغابی و همکاران (Abdollahian Noghabi et al., 2011) نیز با انجام تجزیه به عامل‌ها، مشخص نمودند که عامل‌های اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم ۸۲/۰۸ در صد از تغییرات کل واریانس را توجیه می‌نماید. به‌طورکلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که در بین ژنوتیپ‌های تست کراس چغندرقند با توجه به پتانسیل تحمل به تنش خشکی در آن‌ها، تنوع قابل‌ملاحظه‌ای برای صفات عملکردی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی وجود دارد. ارقام شاهد چغندرقند (Motahar و Pars) ازنظر اکثر صفات موردمطالعه نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتری نشان ندادند و دارای مقادیر متوسط ازنظر صفات موردبررسی بودند. ژنوتیپ multi s5 نیز ازنظر اکثر صفات موردبررسی نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتری نشان داد و به عبارتی دارای پتانسیل تحمل به تنش خشکی بالایی است.

منابع

Abbasi, Z., Arzani, A., Majidi, M.M., 2014. Evaluation of genetic diversity of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) crossing parents using agro - morphological traits and molecular markers. Journal of Agricultural Science and Technology 16(6), 1397-1411.

Abdollahian Noghabi, M., Radaei-al-amoli, Z., Akbari, G.A., Sadat Nuri, S.A., 2011. Effect of sever water stress on morphological, quantitative and qualitative characteristics of 20 sugar beet genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences. 42(3), 453-464. [In Persian with English Summary].

Abdollahian Noghabi, M., Sheikholeslami, R. Babaei, B., 2005. Technical terms of sugar beet yield and quality. Journal of Sugar Beet. 21(1), 101-104. [In Persian].

Ahmadi, M., 2012. Study on characteristics related to drought tolerance in improved sugar beet population. PhD Thesis, College of Agriculture, Islamic Azad University of Science and Research of Tehran. [In Persian with English Summary].

Ahmadi, M., Majidi Heravan, E., Sadeghian, S.Y., Mesbah, M., Darvish, F., 2011. Drought Tolerance Variability in S1 Pollinator Lines Developed from a Sugar Beet Open Population. Euphytica. 178, 339-349.

Barrs, H.D., and Weatherly, P.E., 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. Australian Journal of Biological Sciences. 15, 413-428.

Bloch, D., Hoffmann, C.M., Marlander, B. 2006. Impact of water supply on growth, photosynthesis, water use and carbon isotope discrimination of sugar beet in relation to genotypic variability. European Journal of Agronomy. 24, 218-225.

Bray, E.A., 1996. Plant response to water deficient. Trends Plant Science. 2, 48-54.

Cooke, D.A., Scott, R.K., 1993. The Sugar Beet Crop, Chapman and Hall Pub.

Edmeades, G.O., Copper, M., Lafitte, R., Zinselmeier, C., Ribaut, M., Habben, E., Loffer, C., Banziger, M., 2001. Abiotic stress and staple crops. Proceedings of the Third International Crop Science Congress, Hamburg, Germany, August 18–23, 2000. CABI.

Falconer, D.S., Mackay, T.E.C., 1996. Introduction to quantitative genetics. Ronald press. New York.

Farshadfar, E., 1997. Application of Quantitative Genetics in Plant Breeding. Razi University Press, Iran. 381 p. [In Persian].

Farsi, M., Bagheri, A., 2012. Principles of Plant Breeding. Jahad Daneshgahi of Mashhad. 368 p. [In Persian].

Fateh, M., AbdolahianNoghabi, M., Mesbah, M., 2004. Effect of contioulesly drought stress on physiological traits of suger beet in Karaj. 8th Iranian Agronomy and Plant Breeding Congeres. 23-25 Agust. Karaj. Iran. [In Persian].

Ghafari, E., Rajabi, A., Izadi Darbandi, A., Rozbeh, F., Amiri, R., 2016. Evaluation of new sugar beet monogerm hybrids for drought tolerance. Journal of Crop Breeding. 8(17), 8-16. [In Persian with English Summary].

Hekamat Shoar, H., 1992. Plant physiology in difficult situation. Tabriz University Press. [In Persian with English Summary].

Archive of SID

www.SID.ir

Idso, S.B., Reginato, R.J., Radin, J.W., 1982. Leaf diffusion resistance and photosynthesis in cotton related to a foliage temperature based plant water stress index. Agricultural Meteorology. 27, 27-34.

Mirzaei, M.Z., Rezvani, M., Gohari, J., 2005. Effect of drought stress in different growth stages on yield and some physiological properties of sugar beet. Journal of Sugar Beet. 21(1), 1–14. [In Persian with English Summary].

Mohamadian, R., 2001. Determinate of effective physiological indices on drought resistant on sugar beet. Ph.D. Thesis of Agronomy. Tabriz University. [In Persian with English Summary].

Mohammadian, R., Khoyi, F.R., Rahimian, H., Moghaddam, M., Ghasemi Golezani, K., Sadeghian, S.Y., 2001. The effect of early season drought on stomata conductance. Leaf-air temperature difference and prolin accumulation in sugar beet genotypes. Journal of Agricultural Science and Technology. 3, 181-193.

Mohammadian, R., Rahimian, H., Moghaddam, M., Sadeghian, S.Y., 2003a. The effect of early season drought on chlorophyll a fluorescence in sugar beet (*Beta vulgaris)*. Pakistan Journal of Biological Sciences. 6, 1763-1769.

Mohammadian, R., Sadeghian, S.Y., Moghaddam, M., Rahimian, H., 2003b. Evaluation of drought tolerance indices in determining sugar beet genotypes under early season drought conditions. Journal of Sugar Beet. 18, 29-51. [In Persian with English Summary].

Ober, E.S., Luterbacher, M.C., 2002. Genetic variation for drought tolerance in Beta vulgaris. Annals of Botany. 89, 917-924.

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

Orazizadeh, M., Rajabi, A., Ahmadi, M., 2016. Selection of drought-tolerant half-sib families in sugar beet. Journal of Sugar Beet Research. 32(1), 1-12. [In Persian with English Summary].

Rajabi, A., Moghaddam, M., Rahimzadeh, F., Mesbah, M., Ranji, Z., 2002. Evaluation of, genetic diversity in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) populations for agronomic traits and crop quality. Iranian Journal of Agricultural Sciences. 33(3), 553-567. [In Persian with English Summary].

Richards, R.A., Condon, A.G., Rebetzke, G.J., 2001. Traits to improve yield in dry environments. In: Reynolds, M.P., Ortizmonasterio, J.I. McNab, A. (Eds.), Application of Physiology in Wheat Breeding, CIMMYT, Mexico, D.E., pp. 88-100.

Romano, A., Sorgonà, A., Lupini, A., Araniti, F., Stevanato, P., Cacco, P., Abenavoli M.R., 2013. Morpho-physiological responses of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) genotypes to drought stress. Acta Physiologiae Plantarum. 35, 853-865.

Sadeghian, S.Y., Fazli, H., Mohammadian, R., Taleghani, D.E., Mesbah, M., 2000. Genetic variation for drought stress in sugar beet. Journal of Sugar Beet Research. 37, 55-77. [In Persian with English Summary].

Sadeghzadeh Hemayati, S., and Fasahat, P. 2016. Evaluation of drought tolerance indices and their correlation in sugar beet lines. Journal of Sugar Beet. 32(1),13–27. [In Persian with English Summary].

Shahbazi, H.A., Aghaei Zadeh, M., Sadeghian, S.Y., Ahmadi, M., Soltani, J., Ghaemi, A.R., Ashraf Mansouri, G.R., Bazrafshan, M., Hasani, M., Fotouhi, K., Pedram, A., Ourazi Zadeh, M.R., Fathi, M.R., Wahedi, S., Sadeghzadeh Hemayati, S., Babaei, B., Kakoeinejad, M., 2015. Motahar, sugar beet multi germ cultivar of rhizomania-resistant. Electronic Journal of Research Findings to Improve Crop Production. 1(1), 73-84. [In Persian].

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 with English Summary].

Archive of SID

www.SID.ir