Archive of SID

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و هفتم، شماره سوم، ۱۳۹۹
۷۳-۸٤
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2020.16381.2493

ارزیابی لاین‌های S_1 گرده‌افشان چغندرقند با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی

حسن حمیدی[۱]، *سیده ساناز رمضانپور[۲]، مسعود احمدی[۳] و حسن سلطانلو[۲]

[۱]دانش‌آموخته دکتری اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران،
[۲]دانشیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران،
[۳]دانشیار بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰٤/۲۲

چکیده

سابقه و هدف: گیاهان در مراحل مختلف رشد و نمو خود با تنش‌های زیستی و غیرزیستی مواجه می‌شوند. تنش خشکی به‌عنوان یک تهدید جدی برای تولید موفق محصولات در سراسر جهان از جمله ایران می‌باشد. یکی از راه‌های انتخاب ارقام متحمل به خشکی، ارزیابی و تعیین قدرت سازگاری آن‌ها در دو محیط تنش و بدون تنش است و با استفاده شاخص‌های گزینش می‌توان ژنوتیپ‌های متحمل را انتخاب کرد. هدف از این پژوهش ارزیابی لاین‌های S_1 گرده‌افشان چغندرقند تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی به‌منظور گزینش لاین‌های امید بخش و متحمل به خشکی می‌باشد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش به‌منظور ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی تعداد ۳۰ ژنوتیپ چغندرقند (۲۹ لاین S_1 گرده‌افشان به همراه جمعیت اصلاحی اولیه) و روابط آن‌ها با عملکرد شکر در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی در دو آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۵ انجام شد. آبیاری‌ها تا مرحله تنک و وجین (استقرار بوته‌ها) به‌طور معمول انجام شد. آبیاری‌های بعدی در شرایط بدون تنش پس از ۹۰ میلی‌متر و در شرایط تنش خشکی پس از ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A صورت گرفت. در ارزیابی تحمل و حساسیت لاین‌های مورد مطالعه به تنش خشکی از شاخص‌های TOL (شاخص تحمل)، MP (میانگین حسابی محصول‌دهی)، SSI (شاخص حساسیت به تنش)، STI (شاخص تحمل به تنش) و BTI (شاخص تحمل چغندرقند) استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که از نظر عملکرد شکر بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی و رژیم‌های مختلف آبیاری تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. بیش‌ترین عملکرد شکر در شرایط بدون تنش و تنش خشکی به‌ترتیب در لاین S_1-45 (۸/۹۸ تن در هکتار) و S_1-3 (۵/۱۵ تن در هکتار) مشاهده گردید. لاین‌های S_1-80، S_1-95، S_1-45، S_1-3، S_1-13، S_1-8 و جمعیت اصلاحی اولیه در هر دو شرایط آبیاری، عملکرد شکر بالاتر از میانگین داشتند و بر پایه دستورالعمل فرناندز جزو گروه A (عملکرد بالا در شرایط بدون تنش و تنش) قرار گرفتند. مطالعه ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل و عملکرد شکر در شرایط بدون تنش و تنش خشکی بیانگر برتری شاخص‌های MP، STI و BTI بود.

* مسئول مکاتبه: ramezanpours@gau.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی نتایج نشان داد که در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، لاین S_1-3 با بیش‌ترین میانگین عملکرد شکر در شرایط تنش خشکی و نیز بالاترین مقادیر شاخص‌های STI و BTI به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ به تنش خشکی شناسایی شد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، ژنوتیپ، عملکرد شکر

مقدمه

گیاهان در مراحل مختلف رشد و نمو خود با تنش‌های زیستی و غیرزیستی مواجه می‌شوند. در این بین تنش خشکی مهم‌ترین عامل غیرزیستی است که با گرم شدن کره زمین و بیش‌تر شدن احتمال رخداد خشکسالی، پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ عملکرد محصولات کشاورزی را در ۵۰ درصد زمین‌های کشاورزی جهان با خطر جدی مواجه سازد که این امر موجب کاهش چشمگیر تولید محصولات غذایی خواهد شد (۳).

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، اگرچه این تنش‌ها نیز خسارت زیادی به محصول وارد می‌کنند (۱۶). به‌طورکلی میزان حساسیت گیاه بستگی به گونه، رقم، روش و مدیریت آبیاری و مرحله‌ای از رشد گیاه که کم آبیاری انجام می‌گردد بستگی دارد (۱۷).

انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی منجر به شناسایی ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا می‌گردد (۱۳). فرناندز (۱۰) ژنوتیپ‌ها را بر اساس عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش به چهار گروه شامل: گروه A (عملکرد بالا در هر دو محیط)، گروه B (عملکرد خوب فقط در شرایط بدون تنش)، گروه C (عملکرد خوب فقط در شرایط تنش) و گروه D (عملکرد ضعیف در هر دو محیط) تقسیم کرد. به‌نظر فرناندز بهترین معیار آن است که بتواند گروه A را از سایر گروه‌ها تشخیص دهد. زیرا پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های مربوط به این گروه بیش‌تر است.

عروج‌نیا و همکاران (۱۸) در آزمایشی روی ۱۵ فامیل نیمه‌خواهری پلی‌ژرم دیپلوئید چغندرقند تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی (۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A)، اختلاف معنی‌داری را بین سطوح مختلف آبیاری و ژنوتیپ‌های مورد آزمایش از نظر صفات کمی و کیفی گزارش کردند. فروزش و همکاران (۱۱) در پژوهشی روی ۱٤ ژنوتیپ چغندرقند تحت شرایط تنش خشکی (۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) و بدون تنش (۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) بیان داشتند که ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید تفاوت معنی‌داری ندارند اما از نظر صفت محتوای شکر سفید تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها مشاهده شد.

تعیین شاخص‌های ارزیابی و هم‌چنین قضاوت درباره لاین‌ها از نظر یک صفت پیچیده است و گاهی اوقات با نتایج متناقض همراه می‌باشد. بنابراین به‌نژادگران به دنبال شاخص‌ها و خصوصیاتی هستند که بتوان از آن‌ها در انتخاب و اصلاح ارقام متحمل به خشکی استفاده نمود. به این منظور پژوهشگران از شاخص‌های کمی مقاومت به خشکی استفاده می‌کنند. برای بررسی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های چغندرقند، شاخص‌های متفاوتی پیشنهاد شده است اما بیش‌تر پژوهشگران (۱۹ و ۲۲) بیان نموده‌اند که شاخص تحمل به تنش (STI) به‌علت همبستگی معنی‌دار و مثبت با عملکرد شکر سفید در شرایط

www.SID.ir

Archive of SID

مطلوب و تنش خشکی و هم‌چنین همبستگی مثبت و معنی‌دار با شاخص میانگین حسابی عملکرد (MP) نسبت به شاخص‌های دیگر از جمله شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص تحمل (TOL) و شاخص پایداری عملکرد (YSI) پیشنهاد مناسب‌تری است.

غفاری و همکاران (١٤) ٢٣ هیبرید جدید منوژرم چغندرقند را از نظر تحمل به خشکی مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها هفت هیبرید را که هم از لحاظ شاخص STI و هم از لحاظ صفات عملکردی در شرایط تنش (٢٠٠ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) برتر بودند، به‌عنوان متحمل‌ترین هیبریدها به تنش خشکی معرفی کردند.

صادق‌زاده حمایتی و فصاحت (٢٣) با ارزیابی تحمل به خشکی ٣٦ ژنوتیپ چغندرقند در کرج گزارش کردند که تحت تنش خشکی (٢٧٠ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A)، میانگین عملکرد ریشه، شکر خام و شکر سفید به‌ترتیب معادل ٥٩، ٧٢ و ٧٦ درصد کاهش یافت. هم‌چنین نتایج نشان داد که هشت ژنوتیپ بر پایه دستورالعمل فرناندز، جزو گروه A قرار گرفتند. مقایسه شاخص‌های مختلف تحمل نیز نشان داد که هفت شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص میانگین هارمونیک (Harm)، شاخص تحمل به تنش تغییر یافته (MSTI)، شاخص میزان محصول محیط غیر تنش و تنش (SNPI)، شاخص تحمل تنش (STI)، شاخص عملکرد (YI) و عملکرد شکر خام در شرایط تنش (YS) توانستند هشت ژنوتیپ متعلق به گروه A را به‌درستی تشخیص دهند.

این پژوهش با هدف مطالعه تحمل لاین‌های S_1 گرده‌افشان (فامیل‌های تمام خواهری) با استفاده از شاخص‌های تحمل و هم‌چنین شناسایی بهترین شاخص تحمل به خشکی جهت ارزیابی میزان حساسیت و تحمل لاین‌های مختلف چغندرقند انجام شد تا بتوان با تعیین لاین‌های مناسب از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی و تهیه ارقام متحمل به خشکی استفاده کرد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ١٣٩٥ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق (مشهد) طی دو آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با استفاده از ٣٠ ژنوتیپ چغندرقند شامل ٢٩ لاین S_1 گرده‌افشان (پایه پدری) و جمعیت اصلاحی اولیه (Origin Population) انجام شد. لاین‌های مورد مطالعه از یک توده مقاوم به خشکی (BP-Mashhad) و به‌صورت فامیل‌های فول سیب (S_1) تهیه شده بودند (٥).

ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق در شهر مشهد با عرض جغرافیایی ٣٦ درجه و ١٦ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ٥٩ درجه و ٣٨ دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ٩٩٩ متر واقع شده است. میانگین درازمدت دمای روزانه ١٤/١، میانگین حداقل و حداکثر دما به‌ترتیب ٧/١ و ٢١/١ درجه سانتی‌گراد با میانگین بارش ٢٥٠ میلی‌متر در سال می‌باشد. میزان بارندگی ماهانه در طول دوره رشد در جدول ١ و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ٢ نشان داده شده است.

جدول ١- مقدار بارندگی ماهانه در طول دوره رشد چغندرقند (بر حسب میلی‌متر) در سال ١٣٩٥.

Table 1. Rate of month rainfall in duration of sugar beet growth stage (mm) in 2016.

آبان October	مهر September	شهریور August	مرداد July	تیر June	خرداد May	اردیبهشت April	فروردین March
2	0	0	0	0	6.6	41.3	94.6

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی طرق- مشهد در سال ۱۳۹۵.

Table 2. Physical and chemical properties of the experimental farm soil at the Agricultural and Natural Resources Research Station of Toroq-Mashhad in 2016.

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	لومی سیلتی Silty Loam	32.8	1.7	7.9	0.05	210	11.6	0.4
30-60	لومی Loam	33.6	2.1	8	0.06	195	8.3	0.3

به‌منظور تعیین میزان تحمل به تنش خشکی، ژنوتیپ‌های چغندرقند مورد مطالعه در دو شرایط بدون تنش (۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) و شرایط تنش خشکی (۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) در مزرعه ارزیابی شدند (۱٤). لازم به ذکر است که کشت در اواسط اردیبهشت‌ماه انجام شد. در مرحله ٦-٤ برگی به‌منظور ایجاد تراکم ۱۰۰ هزار بوته در هکتار، گیاهچه‌های سبز شده تنک شدند. تا مرحله تنک و وجین (استقرار بوته‌ها) آبیاری به‌طور معمول و به‌صورت نشتی انجام شد. مجموع میزان آب مصرفی در تیمار بدون تنش ۱۳۱۰۰ مترمکعب و در تیمار تنش خشکی برابر ۸۳۰۰ مترمکعب در هکتار برآورد گردید. کوددهی (بر اساس آزمون خاک)، کنترل شیمیایی آفات و بیماری‌های (براساس بازدیدهای منظم) و وجین دستی علف‌های هرز به‌گونه‌ای انجام شد تا مزرعه عاری از هر گونه تنش کمبود عناصر غذایی و خسارت عوامل زنده محیطی باشد.

در این آزمایش، عملکرد شکر (عملکرد قند ناخالص) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (۲):

درصد قند × عملکرد ریشه = عملکرد شکر

به‌منظور برآورد شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی از روابطی به‌شرح ذیل استفاده شد:

۱- شاخص تحمل (TOL) (۲۰):

$$TOL= SY_n-SY_s$$

۲- شاخص بهره‌وری متوسط (MP) (۲۰):

$$MP = \frac{(SYn+SYs)}{2}$$

۳- شاخص حساسیت به تنش خشکی (SSI) (۱۰):

$$SSI = \frac{1-\frac{SYs}{SYn}}{SI}$$

که در آن، $SI = 1 - \frac{\overline{SYs}}{\overline{SYn}}$ است.

٤- شاخص تحمل تنش (STI) (۹):

$$STI = \frac{(SYn \times SYs)}{(\overline{SY}n)^2}$$

۵- شاخص تحمل چغندرقند (BTI) (٤):

$$BTI = \frac{(SYs \times SYn)}{(SYs+SYn)}$$

که در آن‌ها، SYn، SYs به‌ترتیب عملکرد شکر هر ژنوتیپ در شرایط بدون تنش و تنش خشکی، $\overline{SY}n$ و $\overline{SY}s$ نیز به‌ترتیب میانگین عملکرد شکر همه ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش و تنش خشکی می‌باشند.

پس از اطمینان از آزمون متجانس بودن واریانس خطاهای آزمایشی در محیط‌های مختلف مورد مطالعه از طریق آزمون بارتلت، تجزیه واریانس مرکب آزمایش‌های مورد مطالعه برای دو محیط (عدم تنش و تنش خشکی) انجام شد به‌طوری‌که اثر محیط و ژنوتیپ ثابت در نظر گرفته شد. همبستگی بین شاخص‌های مختلف و عملکرد شکر در شرایط تنش و عدم تنش محاسبه و بر این اساس مناسب‌ترین شاخص‌ها معرفی شد. برای مطالعه هم زمان متغیرها، ارتباط بین شاخص‌ها و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل،

www.SID.ir

Archive of SID

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام و نمایش ترسیمی بای‌پلات بر اساس دو مؤلفه اول ترسیم شد. تجزیه واریانس و برآورد همبستگی‌ها با نرم‌افزار آماری SAS 9.1 و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و رسم نمودار بای‌پلات به کمک نرم‌افزار Minitab18.1 انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد شکر نشان داد که که اثر ژنوتیپ‌ها و محیط‌های مختلف (شرایط آبیاری) و هم‌چنین اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بنابراین از نظر عملکرد شکر بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، اختلاف معنی‌داری وجود داشت که این امر نشان‌دهنده وجود تنوع در بین لاین‌های مورد بررسی می‌باشد. وجود تنوع بین ژنوتیپ‌های چغندرقند تحت شرایط تنش خشکی از سوی سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (۲، ۱۵ و ۲۰).

جدول ۳- نتایج تجزیه مرکب برای عملکرد شکر ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند تحت تنش خشکی.

Table 3. Results of combined analysis for sugar yield of different sugar beet genotypes under drought stress.

منابع تغییر Sources of Variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares
		عملکرد شکر Sugar yield
محیط Environment	1	490.446**
تکرار در محیط Replication (Environment)	4	0.085
ژنوتیپ Genotype	29	3.329**
ژنوتیپ × محیط Environment × Genotype	29	2.873**
اشتباه آزمایشی Error	116	0.112
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		6.99

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

** Significant at 1%

مقایسه ژنوتیپ‌ها از لحاظ عملکرد شکر در شرایط بدون تنش خشکی نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ١٤ (S_1-45) و شماره ١١ (S_1-94) به‌ترتیب با ٨/٩٨ و ٤/٥٩ تن در هکتار دارای بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد شکر بودند. در شرایط تنش خشکی ژنوتیپ ٢٣ (S_1-3) با عملکرد شکر ٥/١٥ تن در هکتار بالاترین و ژنوتیپ ١٩ (S_1-82) با عملکرد شکر ١/٨١ تن در هکتار پایین‌ترین مقادیر را تولید نمودند (جدول ٤).

میانگین عملکرد شکر در شرایط بدون تنش خشکی ٦/٤٤ تن در هکتار بود در صورتی که در شرایط تنش خشکی ٣/١٤ تن در هکتار بود. این نشان می‌دهد که عملکرد شکر در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط بدون تنش ٥١/٢٤ درصد کاهش داشته است (جدول ٤). کاهش عملکرد شکر در اثر تنش خشکی معمولاً به علت کاهش عملکرد ریشه و افزایش ناخالصی‌های آن می‌باشد (٢).

www.SID.ir

Archive of SID

اگرچه ثابت شده است که تحمل به خشکی وراثت‌پذیر است (۱) ولی بررسی عملکرد تنها در شرایط دارای تنش نمی‌تواند مشخص‌کننده اختلافات مقاومت به خشکی باشد و بررسی عملکرد در شرایط بدون تنش نیز ضرورت دارد (۷ و ۸). لازم به ذکر است که تحت شرایط تنش خشکی، عملکرد شکر ژنوتیپ‌ها تنها شاخص انتخاب نیست، بلکه باید علاوه بر عملکرد شکر، پایداری عملکرد شکر در شرایط مختلف نیز مدنظر قرار گیرد. میزان تحمل و حساسیت هر یک از ژنوتیپ‌های مورد مطالعه با استفاده از این شاخص‌ها برآورد و نتایج در جدول ٤ نشان داده شده است. طبق نظر فرناندز (۱۰)، ژنوتیپ‌ها را بر اساس عملکرد شکر در شرایط تنش و بدون تنش می‌توان به چهار گروه دسته‌بندی کرد به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های ٦ (S_1-80)، ۹ (S_1-95)، ١٤ (S_1-45)، ٢٣ (S_1-3)، ٢٤ (S_1-13)، ٢٥ (S_1-8) و ۳۰ (جمعیت اصلاحی اولیه) در گروه A، ژنوتیپ‌های شماره ۲، ٤، ٥، ۱۰، ۱۲، ۱۳، ۱۷، ۱۹، ۲۱ و ۲۹ در گروه B، ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۷، ۸، ۱۵، ۱۸ و ۲۸ در گروه C و ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۱۱، ١٦، ۲۰، ۲۲، ٢٦ و ۲۷ در گروه D قرار گرفتند.

نتایج این مطالعه نشان داد که ژنوتیپ‌های ۱۹، ۱۷، ٤ و ٥ به‌ترتیب دارای بیش‌ترین شاخص تحمل (TOL) و ژنوتیپ شماره ۱۸ دارای کم‌ترین مقدار بودند. با توجه به این‌که مقادیر پایین‌تر این شاخص نشان‌دهنده تحمل بالای ژنوتیپ‌ها است. ژنوتیپ شماره ۱۸ در گروه C قرار گرفت و عملکرد شکر پایین‌تر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش خشکی تولید نمود. شاخص متوسط بهره‌وری (MP) نشان داد که ژنوتیپ‌های ١٤، ۲۳، ۳۰ و ٦ به‌ترتیب دارای بیش‌ترین تحمل و ژنوتیپ شماره ۱۱ دارای کم‌ترین تحمل می‌باشد. از نظر شاخص حساسیت به تنش (SSI)، ژنوتیپ‌های ۱۹، ۱۷، ٥ و ۲ به‌ترتیب دارای بیش‌ترین مقدار و ژنوتیپ شماره ۱۸ دارای کم‌ترین مقدار بودند. بنابراین این شاخص به همراه شاخص تحمل (TOL) گزینش را به سوی ارقام متحمل و کم‌بازدهی که دارای تغییرات عملکرد کم‌تر در هر دو محیط دارای تنش و بدون تنش خشکی است، سوق می‌دهد. بهتر است از این شاخص‌ها در حذف ارقام حساس و نه گزینش ارقام متحمل به تنش استفاده کرد. مقادیر بالاتر شاخص‌های STI و BTI در این پژوهش نشان‌دهنده تحمل بالای ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی است. بر اساس این شاخص‌ها ژنوتیپ‌های ۲۳، ١٤، ۱۵ و ٦ به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و ژنوتیپ ۱۹ به‌عنوان ژنوتیپ حساس به خشکی شناسایی شدند (جدول ٤).

به‌دلیل مغایرت‌های موجود در ژنوتیپ‌های گزینش شده بر اساس شاخص‌های مختلف، استفاده از روش رتبه بندی می‌تواند با در نظر گرفتن مجموعه رتبه‌های به‌دست آمده برای یک ژنوتیپ در هر یک از شاخص‌ها، ژنوتیپ برتر را که دارای پائین‌ترین رتبه و کم‌ترین اختلاف استاندارد است، گزینش کند (۱۰). بنابراین بر این اساس ژنوتیپ‌های ١٤، ۲۳ و ٦ به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (جدول ٤). بر اساس تقسیم‌بندی فرناندز، شاخصی مناسب است که بتواند ژنوتیپ‌های متعلق به گروه A را از سایر ژنوتیپ‌ها جدا سازد. میزان توفیق شاخص‌های مختلف در تشخیص ژنوتیپ‌های گروه A در جدول ٥ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود شاخص‌های MP و STI توانستند شش ژنوتیپ از هفت ژنوتیپ متعلق به گروه A را به درستی تشخیص دهند و بنابراین بیش‌ترین میزان (۸٥/۷ درصد) در شناسایی منابع مقاوم موفقیت داشتند. در حالی‌که شاخص SSI قادر به تشخیص ژنوتیپ مقاوم نبود (جدول ٥).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- رتبه‌های شاخص‌های تحمل به تنش (R)، میانگین رتبه‌ها ($\bar{R}$) و اختلاف استاندارد (SDR) آزمایی در ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند.

Table 4. Ranks of drought tolerance indices (R), Mean of ranks ($\bar{R}$) and Standard deviation (SDR) in different genotypes of sugar beet.

SDR	R	$\bar{R}$	R	BTI	رتبه R	STI	رتبه R	SSI	رتبه R	MP	رتبه R	TOL	رتبه R	SYs (t/ha)	رتبه R	SYn (t/ha)	شماره ژنوتیپ Geotype No.	ژنوتیپ Genotype
3.63	25	21.14	19	1.94	22	0.40	22	0.87	25	4.23	23	2.42	14	3.02	23	5.44	1	S_I-21
8.68	20	17.00	25	1.73	24	0.38	4	1.29	20	4.58	8	4.52	25	2.32	13	6.84	2	S_I-7
5.99	26	22.71	17	1.96	23	0.39	27	0.65	26	4.09	28	1.63	12	3.28	26	4.91	3	S_I-64
6.77	6	9.86	16	1.98	12	0.50	5	1.28	8	5.19	3	5.03	21	2.67	4	7.71	4	S_I-32
8.47	8	12.14	22	1.86	16	0.45	3	1.31	12	4.98	4	5.00	23	2.48	5	7.48	5	S_I-10
6.13	3	8.71	4	2.51	4	0.67	20	0.91	4	5.53	14	3.34	7	3.86	8	7.20	6	S_I-80
8.40	15	14.43	7	2.42	8	0.60	25	0.72	11	5.12	25	2.34	6	3.95	19	6.29	7	S_I-57
4.61	16	14.43	10	2.26	10	0.54	21	0.89	14	4.94	18	2.90	10	3.49	18	6.39	8	S_I-44
8.32	10	12.43	5	2.45	7	0.62	24	0.76	7	5.21	22	2.48	5	3.96	17	6.45	9	S_I-95
5.18	17	14.86	20	1.93	17	0.44	7	1.19	18	4.77	10	4.16	20	2.69	12	6.85	10	S_I-96
7.34	29	25.86	30	1.37	30	0.22	11	1.12	30	3.27	21	2.64	29	1.96	30	4.59	11	S_I-94
2.89	19	16.00	18	1.96	18	0.44	12	1.11	19	4.65	12	3.67	17	2.81	16	6.48	12	S_I-89
3.41	4	9.43	12	2.10	11	0.53	6	1.19	9	5.19	7	4.53	15	2.92	6	7.45	13	S_I-6
4.24	1	4.00	2	2.79	2	0.88	13	1.08	1	6.51	5	4.94	4	4.04	1	8.98	14	S_I-45
12.76	13	13.29	3	2.67	3	0.69	29	0.17	5	5.35	29	0.50	2	5.10	22	5.60	15	S_I-15
4.35	23	20.57	23	1.81	25	0.37	14	1.08	24	4.25	15	3.25	22	2.62	21	5.87	16	S_I-26
10.28	14	14.00	24	1.75	21	0.41	2	1.36	16	4.86	2	5.15	26	2.28	7	7.43	17	S_I-81
10.66	22	19.43	11	2.25	13	0.49	30	0.11	21	4.52	30	0.26	3	4.38	28	4.65	18	S_I-86
13.43	18	15.29	29	1.47	26	0.34	1	1.50	17	4.81	1	5.99	30	1.81	3	7.80	19	S_I-82
4.02	30	26.14	27	1.51	29	0.25	18	1.00	29	3.42	24	2.35	27	2.24	29	4.60	20	S_I-37
2.27	12	12.86	13	2.03	14	0.48	10	1.15	15	4.92	11	4.08	16	2.88	11	6.96	21	S_I-70
3.31	21	18.57	21	1.92	20	0.41	15	1.07	22	4.47	13	3.37	19	2.78	20	6.15	22	S_I-39
12.16	5	9.71	1	2.98	1	0.89	28	0.55	2	6.14	26	1.97	1	5.15	9	7.12	23	S_I-3
6.73	7	11.43	6	2.44	6	0.63	23	0.86	6	5.33	17	3.01	8	3.82	14	6.83	24	S_I-13
4.31	9	12.29	8	2.34	9	0.59	19	0.93	10	5.19	16	3.22	9	3.58	15	6.80	25	S_I-8
4.93	28	25.00	28	1.49	28	0.25	16	1.07	28	3.49	20	2.64	28	2.17	27	4.81	26	S_I-31
3.99	27	23.57	26	1.61	27	0.29	17	1.06	27	3.75	19	2.77	24	2.36	25	5.13	27	S_I-20
6.13	24	20.57	14	2.03	19	0.42	26	0.68	23	4.26	27	1.78	11	3.37	24	5.15	28	S_I-63
3.69	11	12.57	15	2.00	15	0.48	8	1.18	13	4.96	9	4.32	18	2.80	10	7.12	29	S_I-71
3.86	2	6.71	9	2.32	5	0.64	9	1.16	3	5.66	6	4.77	13	3.27	2	8.04	30	Origin Population

SYs و SYn: به‌ترتیب عملکرد شکر در شرایط بدون تنش و تنش خشکی.

TOL، MP، SSI، STI، BTI و SDR: به‌ترتیب نشان‌دهنده شاخص‌های تحمل، بهره‌وری متوسط، حساسیت به تنش، تحمل به تنش، تحمل چغندرقند، میانگین رتبه‌ها و اختلاف استاندارد.

TOL, MP, SSI, STI, BTI indices, $\bar{R}$ and SDR: Stress Tolerance, Mean Productivity, Stress Susceptibility Index, Stress Tolerance Index, Beet Tolerance Index, Rank mean, Standard deviation of rank, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- درصد موفقیت شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی در تشخیص ژنوتیپ‌های متعلق به گروه A.

Table 5. The success percentage of different indices of drought tolerance in the detection of genotypes belonging to group A.

شاخص Indice	SYn (t/ha)	SYs (t/ha)	TOL	MP	SSI	STI	BTI	$\overline{R}$
درصد موفقیت	28.6	57.1	28.6	85.7	0	85.7	71.4	71.4

روزیل و همبلین (۲۵) شاخص تحمل به تنش (TOL) را جهت تعیین اختلاف بین عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش و شاخص بهره‌وری متوسط (MP) را به‌عنوان میانگین عملکرد در هر دو شرایط معرفی کرد. شاخص تحمل تنش (STI) به‌عنوان ابزاری مناسب برای تعیین ژنوتیپ‌هایی با عملکرد و پتانسیل تحمل بالا معرفی شده است (۱۰). صادق‌زاده حمایتی و فصاحت (۲۳) با مقایسه ۱۶ شاخص مختلف تحمل نشان داد که هفت شاخص GMP، HARM، MSTI (بر مبنای K2STI)، SNPI، STI، YI و YS توانستند هشت ژنوتیپ متعلق به گروه A را به درستی تشخیص دهند. آن‌ها هم‌چنین با مطالعه ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل و عملکرد شکر خام در شرایط نرمال و تنش نشان دادند که شاخص‌های SSPI (درصد حساسیت به تنش)، ATI، MP، TOL، GMP، HARM، RDY (کاهش نسبی عملکرد)، SNPI، STI، YI و DI نسبت به سایر شاخص‌ها برتر بودند.

با استفاده از تحلیل همبستگی شاخص‌ها با عملکرد شکر در شرایط تنش و بدون تنش، شاخص‌هایی که در محیط محدود و مطلوب دارای همبستگی بالایی با عملکرد باشند، به منزله بهترین شاخص معرفی می‌شوند، زیرا قادر به جداکردن ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در دو محیط هستند (٦ و ۱۰). نتایج ضرایب همبستگی بین شاخص‌ها (جدول ٦)، همبستگی بسیار معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد را بین شاخص‌های TOL، MP، SSI و STI با عملکرد شکر در شرایط تنش و بدون تنش نشان داد. هم‌چنین بالاترین همبستگی ($r=۰/۹۷^{**}$) بین شاخص‌های STI و BTI مشاهده شد. از میان شاخص‌های مورد مطالعه، شاخص‌های MP، STI و BTI با عملکرد شکر در شرایط تنش و بدون تنش همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری نشان دادند. لازم به ذکر است که همبستگی منفی و بسیار معنی‌داری بین عملکرد شکر در شرایط تنش با شاخص TOL ($r= -۰/۵۵^{**}$) و SSI ($r=-۰/۸۱^{**}$) مشاهده شد. بنابراین شاخص‌های MP، STI و BTI می‌توانند به منزله شاخص‌های مناسب برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل که در شرایط مطلوب و محدود عملکرد بالایی دارند، در نظر گرفته شوند.

برای مطالعه روابط بیش از سه متغیر، یک شکل حاصل از نمایش چندمتغیره مانند بای‌پلات می‌تواند سودمند واقع شود (١٤). برای بهره‌مندی از سودمندی شکل بای‌پلات، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای ماتریس داده‌های مربوط به هفت شاخص و ۳۰ ژنوتیپ انجام گرفت که نتایج آن در جدول ۷ آمده است. نتایج حاصله از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که دو مؤلفه اول در مجموع ۹۹/۲ درصد از تغییرات موجود بین داده‌ها را توجیه کردند. بنابراین استفاده از این دو مؤلفه و چشم‌پوشی از سایر مؤلفه‌ها تنها موجب از دست رفتن بخش بسیار ناچیزی از تغییرات داده‌ها (در حدود ۰/۸ درصد از تنوع داده‌های اولیه) شد. اولین مؤلفه اصلی ۵۸/۷۰ درصد از تغییرات کل را توجیه کرد. این مؤلفه همبستگی مثبت و نسبتاً

www.SID.ir

Archive of SID

بالایی با عملکرد در شرایط تنش (SYs)، MP، STI و BTI داشت. با توجه به این‌که میزان بالای این شاخص‌ها مطلوب هستند. بنابراین در صورت بالا بودن میزان مؤلفه اصلی اول، ژنوتیپ‌هایی انتخاب می‌شوند که دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط و مقادیر بالایی برای شاخص‌های مزبور هستند. بنابراین مؤلفه اول را می‌توان مؤلفه عملکرد بالا و مؤلفه تحمل به خشکی نامید. دومین مؤلفه اصلی ۴۰/۵۰ درصد از تغییرات کل داده‌ها را تبیین کرد و همبستگی منفی با عملکرد در شرایط تنش (SYs) و همبستگی مثبت و بالایی با شاخص‌های TOL و SSI داشت (جدول ۷). بنابراین مؤلفه اصلی دوم را می‌توان مؤلفه حساسیت به تنش نامگذاری کرد. این مؤلفه اصلی می‌تواند ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین در شرایط تنش را شناسایی کند و به‌عبارتی امکان شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش با استفاده از این مؤلفه نیز وجود دارد. با توجه به این‌که مقادیر بالای شاخص‌های MP، STI و BTI و مقادیر پایین TOL و SSI مطلوب هستند. بنابراین در شکل بای‌پلات با انتخاب ناحیه با مؤلفه اول بالا و مؤلفه دوم پایین می‌توان ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به تنش خشکی را انتخاب کرد. ژنوتیپ‌ها با توجه میانگین و تحمل به تنش آن‌ها در نواحی مختلف بای‌پلات ترسیمی (شکل ۱) قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های شماره ۱۴ (S_1-45)، ۲۳ (S_1-3)، ۶ (S_1-80)، ۹ (S_1-95)، ۲۴ (S_1-13) و ۲۵ (S_1-8) در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های مهم مقاومت به خشکی (MP، STI و BTI) قرار گرفتند. بنابراین بر این اساس به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی شناسایی شدند. ژنوتیپ ۳۰ (جمعیت اصلاحی اولیه) به بردار مربوط به عملکرد در شرایط بدون تنش تمایل داشت و این بیانگر این است که مقادیر بالا برای شاخص تحمل خشکی در این ژنوتیپ بیش‌تر به‌علت عملکرد بالای آن در شرایط بدون تنش بوده است. ژنوتیپ‌های شماره ۱۹، ۵، ۱۷ و ۲ در مجاورت شاخص‌های حساسیت به تنش و تحمل (TOL و SSI) قرار گرفتند؛ بنابراین این ژنوتیپ‌ها حساس به خشکی بودند. لازم به ذکر است که ژنوتیپ ۱۹ (S_1-82) در بین همه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه دارای بالاترین مقادیر شاخص‌های TOL و SSI بود که نشان‌دهنده حساسیت بالای آن به تنش خشکی می‌باشد و به‌عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ نسبت به تنش خشکی شناخته شد (شکل ۱). به‌طور کلی قرار گرفتن ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در ناحیه‌های متفاوت نمودار بای پلات بیانگر وجود تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی است. لازم به ذکر است که نتایج حاصل از تجریه به مؤلفه‌های اصلی و ترسیم بای‌پلات با طبقه‌بندی فرناندز (۱۰) تا حدودی مطابقت دارد. زاویه بین بردار شاخص‌ها در نمودار دوبعدی تصویر کاملی از روابط بین شاخص‌های تحمل به خشکی را نشان می‌دهد. هرچه زاویه بین بردارهای شاخص‌ها کم‌تر باشد، همبستگی میان شاخص‌ها بیش‌تر است. بر این اساس و با توجه به شکل ۱، شاخص‌های MP، STI و BTI همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد شکر در شریط تنش و بدون تنش خشکی دارند. هم‌چنین همبستگی منفی و بسیار معنی‌داری بین عملکرد در شرایط تنش (SYs) با شاخص‌های TOL و SSI مشاهده شد (شکل ۱).

با توجه به نتایج حاضر، بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تنوع ژنتیکی قابل‌توجهی از نظر تحمل به خشکی مشاهده شد که می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی بعدی مورد استفاده قرار گیرد. در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، بیش‌ترین عملکرد شکر در شرایط بدون تنش و تنش خشکی به‌ترتیب در لاین S_1-45 (۸/۹۸ تن در هکتار) و لاین S_1-3 (۵/۱۵ تن در هکتار) مشاهده گردید. با توجه به این واقعیت که

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص‌هایی که در محیط تنش و بدون تنش دارای همبستگی بالایی با عملکرد هستند، به‌عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی شده و نیاز به انتخاب شاخص مناسب را برآورده می‌سازند و هم‌چنین این شاخص‌ها قادر به جدا کردن و شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط هستند. مقایسه شاخص‌های مختلف تحمل نشان داد که دو شاخص MP و STI توانستند شش ژنوتیپ از هفت ژنوتیپ متعلق به گروه A را به درستی تشخیص دهند. به‌طورکلی لاین S_1-3 را که هم از لحاظ شاخص‌های MP و STI و هم از لحاظ عملکرد شکر تحت شرایط تنش در سطح بالایی قرار داشت به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ به تنش خشکی معرفی شد.

جدول ٦- ضرایب همبستگی شاخص‌های تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند.

Table 6. Correlation coefficients of studied drought tolerance indices in different genotypes of sugar beet.

BTI	STI	SSI	MP	TOL	SYs	SYn	
						1.00	SYn
					1.00	0.07^{ns}	SYs
				1.00	-0.55**	0.78**	TOL
			1.00	0.28^{ns}	0.64**	0.82**	MP
		1.00	-0.09^{ns}	0.91**	-0.81**	0.49**	SSI
	1.00	-0.37*	0.93**	-0.04^{ns}	0.84**	0.58**	STI
1.00	0.97**	-0.56**	0.84**	-0.25^{ns}	0.93**	0.39*	BTI

SYn و SYs: به‌ترتیب عملکرد شکر در شرایط بدون تنش و تنش خشکی.

TOL، MP، SSI، STI، BTI به‌ترتیب نشان‌دهنده شاخص‌های تحمل، بهره‌وری متوسط، حساسیت به تنش، تحمل به تنش و تحمل چغندرقند.

TOL, MP, SSI, STI, BTI indices: Stress Tolerance, Mean Productivity, Stress Susceptibility Index, Stress Tolerance Index, Beet Tolerance Index, respectively.

^{ns}، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

^{ns}, *and ** None significant and significant at 5 and 1%, respectively.

جدول ۷- مقادیر و بردارهای ویژه شاخص‌های تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند.

Table 7. Eigen value and eigen vector from principal components for drought tolerance indices in different genotypes of sugar beet.

BTI	STI	SSI	MP	TOL	SYs	SYn	درصد تجمعی Cumulative percentage	درصد واریانس Percent of variance	مقادیر ویژه Eigen value	مؤلفه Component
0.49	0.48	-0.29	0.42	-0.13	0.47	0.19	58.70	58.70	4.11	1
0.01	0.13	0.48	0.31	0.57	-0.19	0.54	99.20	40.50	2.84	2

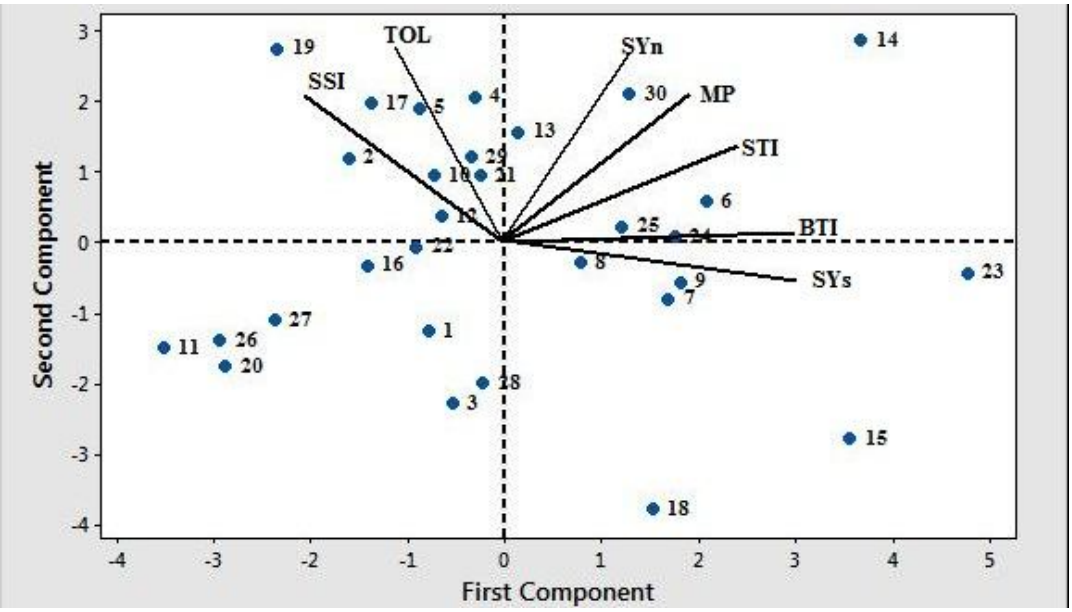
SYn و SYs: به‌ترتیب عملکرد شکر در شرایط بدون تنش و تنش خشکی.

TOL، MP، SSI، STI، BTI به‌ترتیب نشان‌دهنده شاخص‌های تحمل، بهره‌وری متوسط، حساسیت به تنش، تحمل به تنش و تحمل چغندرقند.

TOL, MP, SSI, STI, BTI indices: Stress Tolerance, Mean Productivity, Stress Susceptibility Index, Stress Tolerance Index, Beet Tolerance Index, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- بای‌پلات روابط بین شاخص‌های مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند بر اساس اولین و دومین مؤلفه اصلی.

Fig. 1. The biplot of relation among studied indices in different genotypes of sugar beet based on the first and second principal component.

SYn و **SYs**: به‌ترتیب عملکرد شکر در شرایط بدون تنش و تنش خشکی.

TOL، **MP**، **SSI**، **STI**، **BTI** به‌ترتیب نشان‌دهنده شاخص‌های تحمل، بهره‌وری متوسط، حساسیت به تنش، تحمل به تنش و تحمل چغندرقند.

TOL, MP, SSI, STI, BTI indices: Stress Tolerance, Mean Productivity, Stress Susceptibility Index, Stress Tolerance Index, Beet Tolerance Index, respectively.

منابع

1. Abdelmula, A.A., Link, W., Von_Kittliz, E. and Stelling, D. 1999. Heterosis and inheritance of drought tolerance in faba bean, *Vicia faba* L. J. Plant Breed. 118: 485-490.
2. Abdollahian Noghabi, M., Radaei-al-amoli, Z., Akbari, G.A. and Sadat Nuri, S.A. 2011. Effect of sever water stress on morphological, quantitative and qualitative characteristics of 20 sugar beet genotypes. J. Crop Sci. 42: 3. 453-464. (In Persian with English Summary)
3. Ahmad, P., Jamsheed, S., Hameed, A., Saima, R., Sharma, S., Azooz, M.M. and Hasanuzzaman, M. 2014. Drought Stress Induced. In: Ahmad, P. (Ed.) Oxidative Damage and Antioxidants in Plants Oxidative Damage to Plants: Antioxidant Networks and Signaling, Drought Stress Induced Oxidative Damage and Antioxidants in Plants. Academic Press, Massachusetts, USA, pp: 345-367.
4. 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).
5. Ahmadi, M., Majidi Heravan, E., Sadeghian, S.Y., Mesbah, M. and Darvish, F. 2011. Drought Tolerance Variability in S_1 Pollinator Lines Developed from a Sugar Beet Open Population. Euphytica. 178: 339-349.
6. Annicchiarico, P. 2002. Genotype × environment interactions. Challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations, In: Kang MS (Ed.), Quantitative genetics, genomics and plant breeding, CABI Publishing, Wallingford.

www.SID.ir

Archive of SID

7.Bidinger, F.R., Mahalakshmi, V. and Rao, G.D.P. 1987a. Assessment of drought resistance in pearl millet [*Pennisetum americanum* (L.) Leeke]. I. Factors affecting yields under stress. Aust. J. Agric. Res. 38: 37-48.

8.Bidinger, F.R., Mahalakshmi, V. and Rao, G.D.P. 1987b. Assessment of drought resistance in pearl millet [*Pennisetum americanum* (L.) Leeke]. II. Estimation of genotype response to stress. Aust. J. Agric. Res. 38: 49-59.

9.Farshadfar, E., Moradi, Z., Elyasi, P., Jamshidi, B. and Chaghakabodi, R. 2012. Effective selection criteria for screening drought tolerant landraces of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Ann. Biol. Res. 3: 5. 2507-2516.

10.Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance, In:Kuo CG (Ed.), Adaptation of Food Crops to Temperature and Water-Stress, VRDC, Shanhua, Taiwan. pp. 257-270.

11.Foroozesh, P., Majidi Heravan, E., Bihamta, M.R., Fatollah Taleghani, D. and Habibi, D. 2012. Physiological evaluation of sugar beet genotypes under drought stress. Am. Eurasi. J. Agric. Environ. Sci. 12: 820-826.

12.Gabriel, K.R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. Biometrika. 58: 453-467.

13.Gavuzzi, P.R., Palumbo, M., Campanile, R.G., Ricciarid, G.L. and Borgh, B. 1997. Evaluation of field and laboratory predictor of drought and heat tolerance in winter cereals. Can. J. Plant Sci. 77: 523-531.

14.Ghafari, E., Rajabi, A., Izadi Darbandi, A., Rozbeh, F. and Amiri, R. 2016. Evaluation of new sugar beet monogerm hybrids for drought tolerance. J. Crop Breed. 8: 17. 8-16. (In Persian with English Summary).

15.Hamidi, H., Ahmadi, M., Ramezanpour, S., Masoumi, A. and Khorramian, S. 2018. Estimation of heterosis and heritability of drought stress tolerance in test cross genotypes of sugar beet. J. Environ. Stresses Agric. Sci. 11: 2. 275-288. (In Persian with English Summary)

16.Hekamat Shoar, H. 1992. Plant physiology in difficult situation. Tabriz University Press. (In Persian with English Summary)

17.Kirda, C. 2002. Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. In: Deficit Irrigation Practices. FAO.

18.Oroojnia, S., Habibi, D., Taleghani, D.F., Safari Dolatabadi, S., Pazoki, A., Moaveni, P., Rahmani, M. and Farshidi, M. 2012. Evaluation of yield and yield components of different sugar beet genotypes under drought stress. J. Agron. Plant Breed. 8: 127-144. (In Persian with English Summary)

19.Parvizi Almani, M., Sadeghian, S.Y., Taleghani, D.F. and Mohammadian, R. 1998. Study of drought tolerance indices for important parameters of sugar beet. Book Abstracts of 5th Iranian Agronomy and Plant Breeding Congress, 205p. (In Persian with English Summary)

20.Rajabi, A., Vahidi, H., Haj Seyed Hadi, M.R. and Fathollah Taleghani, D. 2013. Study on drought tolerance and interrelationships among some agronomic and morphophysiological traits in sugar beet lines. Int. J. Agric. Crop Sci. 5: 761-768.

21.Rosielle, A.A. and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci. 21: 943-946.

22.Sadeghian, S.Y., Fazli, H., Mohammadian, R., Taleghani, D.E. and Mesbah, M., 2000. Genetic variation for drought stress in sugar beet. J. Sugar Beet Res. 37: 55-77. (In Persian)

23.Sadeghzadeh Hemayati, S. and Fasahat, P. 2016. Evaluation of drought tolerance indices and their correlation in sugar beet lines. J. Sugar Beet. 32: 1. 13-27. (In Persian)

www.SID.ir