

ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های چغندر قند با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی

Evaluation of drought tolerance of sugar beet genotypes using drought tolerance indices

محسن بذرافشان^۱، فرشید مطلوبی^۲، محمود مصباح^۳ و لادن جوکار^۱

تاریخ دریافت: ۸۶/۱۲/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۱/۱۷

م. بذرافشان، ف. مطلوبی، م. مصباح و ل. جوکار. ۱۳۸۷. ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های چغندر قند با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی. مجله چغندر قند ۲۴(۲): ۳۵-۱۵.

چکیده

این بررسی با هدف ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های چغندر قند با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی در طی سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۳ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس (زرقان) و در طی سال‌های ۱۳۸۱ لغایت ۱۳۸۳ در ایستگاه مهندس مطهری کمال‌آباد کرج انجام گردید. آزمایش به صورت طرح کرت‌های خرد شده با پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. کرت‌های اصلی به سه تیمار عدم تنش، تنش ملایم و تنش شدید خشکی (به ترتیب تأمین ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی) و کرت‌های فرعی به ۱۰ ژنوتیپ چغندر قند اختصاص یافتند. شاخص‌های تحمل به تنش (STI)، تحمل به خشکی (TOL)، حساسیت به تنش (SSI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین حساسی بهره‌وری (MP)، میانگین هارمونیک (HARM) و نسبت افت عملکرد (S) با استفاده از عملکرد قند در شرایط تنش (SYs) و بدون تنش (SYp) محاسبه گردیدند. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد قند در شرایط تنش و عدم تنش و برخی از شاخص‌های محاسبه شده نشان داد که در منطقه زرقان و در شرایط تنش ملایم و شدید شاخص‌های STI، GMP، MP و HARM و در منطقه کرج در تنش ملایم شاخص‌های STI، GMP، MP و HARM و در تنش شدید شاخص‌های STI، GMP و HARM مناسب‌ترین شاخص‌ها هستند. با توجه به این شاخص‌ها و SYp و SYs بالا و همچنین نمودار چند متغیره بای‌پلات مشخص شد که در زرقان ژنوتیپ‌های 7221-I-79 و MST261*W-7221-I-79 در تنش ملایم و 7221-I-79 در تنش شدید و در کرج ژنوتیپ‌های 7221-I-79 و MSTC2*W-7221-I-79 در تنش ملایم و MSTC2*W-7221-I-79 و BP - مشهد در تنش شدید برترین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش هستند. توزیع ژنوتیپ‌ها در فضای بای‌پلات وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها نسبت به تنش خشکی را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، چغندر قند، شاخص‌های تحمل به خشکی

۱ - مربی پژوهشی بخش تحقیقات چغندر قند مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس* - نویسنده مسئول bazrafshan@farsagres.ir
۲ - مربی پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند - اداره اصلاح و تهیه بذر
۳ - استاد مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، کرج

مقدمه

با توجه به موقعیت اقلیمی کشور و توجه به کمبود آب و اثرات تنش خشکی که مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد گیاهان و تولید محصول به‌شمار می‌آید، اصلاح ارقام متحمل به تنش خشکی با کارایی بیشتر مصرف آب ضروری است. تحمل به خشکی یکی از ویژگی‌های مهم برای هر ژنوتیپ می‌باشد، لذا تعیین تحمل نسبی هر ژنوتیپ به خشکی امری ضروری است. علاوه بر این با مشخص شدن میزان تحمل ژنوتیپ‌های مورد بررسی، برای مناطقی که احتمال کمبود آب در مراحل حساس رشدی وجود دارد و یا کمبود آب مانع کشت می‌شود، با اطمینان بیشتری می‌توان به کشت ارقام مورد نظر اقدام نمود (صادقیان و همکاران ۲۰۰۰).

پایداری و ثبات عملکرد و اجزای آن در شرایط تنش همچنان از جمله شاخص‌های اصلی انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش در بسیاری از برنامه‌های اصلاحی می‌باشد (عبدمیشانی و شاه‌نجات بوشه‌ری ۱۳۷۴ و قدسی و همکاران ۱۳۷۷). کارآمدترین روش برای اصلاح ارقام متحمل به خشکی، اعمال گزینش همزمان براساس چندین عامل مختلف است که همه آن‌ها بر عملکرد گیاه زراعی در شرایط تنش تأثیر می‌گذارند (فرشادفر و همکاران ۱۳۸۰).

چغندر قند گیاهی است که در مقایسه با اکثر گیاهان زراعی توانایی بیشتری در تولید ماده خشک در شرایط تنش خشکی دارد (Schittenhel 1999). این گیاه به سرعت با کم‌آبایی سازگار می‌شود، زیرا از آب ذخیره شده در اعماق خاک استفاده می‌نماید و به دنبال برطرف شدن تنش شدید رشد خود را به سرعت جبران

می‌کند (Cooke and Scott 1993). چغندر قند از نظر تحمل به خشکی با سورگوم قابل مقایسه است و می‌تواند در دامنه گسترده‌ای از سطوح آبیاری رشد کند (Winter 1980).

صفت تحمل به خشکی پلی‌ژنیک بوده و اجرای برنامه‌های اصلاحی در این زمینه مشکل و پیچیده می‌باشد. با استفاده از گزینش می‌توان کارایی مصرف آب را در ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند بالا برد. نتایج تحقیقات نشان داده است که ژنوتیپ‌های با کارایی مصرف آب بالا قابل دسترس می‌باشند (صادقیان و همکاران ۲۰۰۰)، ضمن این‌که تنوع ژنتیکی قابل توجهی در ژرم‌پلاسم چغندر قند از نظر تحمل به خشکی و کارایی مصرف آب وجود دارد که می‌توان از آن در افزایش تحمل به خشکی در این گیاه استفاده نمود. نتایج بررسی پرویزی آلمانی و همکاران (۱۳۷۷) نشان داد که از بین مواد ژنتیکی موجود در کشور می‌توان ارقامی از چغندر قند را که دارای عملکرد قابل قبولی در شرایط تنش خشکی و محیط بدون تنش باشند، گزینش نمود و انتخاب مداوم در دو محیط در افزایش کمیت و کیفیت چغندر قند بسیار مؤثر است.

برای انتخاب براساس عملکرد، شاخص‌های متفاوتی پیشنهاد شده است. این شاخص‌ها عملکرد گیاه در دو محیط تنش و بدون تنش را در بر می‌گیرند. فیشر و مورر (Fischer and Maurer 1978)، شاخص حساسیت به تنش (Stress Susceptibility SSI Index) را پیشنهاد نمودند. مقادیر کوچک‌تر این شاخص، بیان‌گر تحمل بیشتر به تنش است. روزلی و هامبلین (Rosielle and Hambelen 1981) شاخص تحمل به خشکی TOL و میانگین حسابی بهره‌وری

چغندر قند معرفی نمودند. محمدیان و همکاران (۱۳۸۱) بیان داشتند که استفاده از شاخص‌های MP، GMP و STI در شرایط تنش و بدون تنش در غربال ژنوتیپ‌ها باعث افزایش عملکرد قند می‌گردد، ضمن این که ضریب همبستگی هر سه شاخص با یکدیگر مثبت و معنی‌دار بود. وزان (۱۳۸۱) معتقد است که شاخص‌های STI، MP و GMP در تنش‌های ابتدای دوره رشد بهتر از سایر شاخص‌ها می‌باشند.

این مطالعه با هدف ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌های چغندر قند به خشکی با استفاده از شاخص‌های تحمل و همچنین شناسایی بهترین شاخص تحمل به خشکی جهت ارزیابی میزان حساسیت و تحمل ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند انجام گردید تا به‌توان با تعیین ژنوتیپ‌های مناسب، از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی و تهیه ارقام متحمل به خشکی استفاده نمود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ در ایستگاه تحقیقاتی مهندسی مظهری در کمال‌آباد کرج و در سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۳ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس (زرقان) انجام شد. تعداد ۱۰ ژنوتیپ چغندر قند مطابق جدول یک در قالب طرح کرت‌های خرد شده آزمون گردیدند که کرت‌های اصلی آن در طرح بلوک‌های کامل تصادفی پیاده شده بود. کرت‌های اصلی به سه تیمار آبیاری اختصاص داشت که شامل تیمار آبیاری بدون تنش، آبیاری با تنش متوسط و در نهایت آبیاری با اعمال تنش شدید بوده است. مقدار نیاز آبی تیمار بدون تنش براساس میزان تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه چغندر قند با روش پنمن -

MP (Mean Productivity) را پیشنهاد کردند. مقدار بالای TOL نشانه حساسیت ژنوتیپ به تنش است، بنابراین انتخاب ژنوتیپ‌ها براساس مقادیر کم TOL صورت می‌گیرد. شاخص MP نیز معیار گزینش ژنوتیپ‌هایی می‌باشد که عملکرد بالایی در شرایط مطلوب و عملکرد پائینی در شرایط نامطلوب دارند. فرناندز (Fernandez 1992)، شاخص میانگین هندسی بهره‌وری GMP (Geometric Mean Productivity) را پیشنهاد کرد و شاخص STI تحت عنوان شاخص تحمل به تنش (Stress Tolerance Index) خود را براساس GMP بنا گذاشت. همبستگی بین STI و GMP بسیار بالا و نزدیک یک می‌باشد. شاخص دیگر به نام شاخص هارمونیک HARM نیز پیشنهاد شده است که هرچه مقدار این شاخص بالاتر باشد، نشان‌دهنده تحمل به خشکی بالاتر آن ژنوتیپ می‌باشد (فرشادفر و همکاران ۱۳۸۰). شاخص نسبت افت عملکرد S (Yield Loss Ratio)، مشابه شدت تنش محاسبه می‌گردد با این تفاوت که در این معادله به جای نسبت میانگین عملکرد تنش به عملکرد بدون تنش کلیه ژنوتیپ‌ها، از عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط تنش به بدون تنش استفاده می‌شود (کرمی و همکاران ۱۳۸۵).

پرویزی آلمانی و همکاران (۱۳۷۷) دریافتند بین میانگین عملکرد ارقام در شرایط تنش با شاخص‌های STI، MP، SSI و TOL همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد و با در نظر گرفتن کلیه صفات، شاخص STI را برای شرایط مختلف تنش خشکی جهت شناسایی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های

یکنواخت برای تمامی تیمارها انجام پذیرفت و پس از سبزشدن گیاهچه و استقرار بوته‌های چغندرقد تیمارهای آبیاری اعمال گردید.

از آن‌جا که تأثیر تنش بر عملکرد ریشه و عیارقد به اثبات رسیده است، بنابراین از عملکردقد که برآیند این دو صفت می‌باشد به عنوان معیار مهم استفاده گردید. با استفاده از عملکردقد در شرایط بدون تنش و تنش شاخص‌های کمی تحمل به خشکی از روابط زیر

محاسبه شد:

$$SSI = [1 - (SY_s / SY_p)] / SI \quad SI = 1 -$$

$$(\overline{SY_s} / \overline{SY_p}) \quad (۱)$$

$$HARM = 2(SY_p \cdot SY_s) / (SY_p + SY_s) \quad (۲)$$

$$TOL = SY_p - SY_s \quad (۳)$$

$$MP = (SY_p + SY_s) / 2 \quad (۴)$$

$$GMP = (SY_p \cdot SY_s)^{1/2} \quad (۵)$$

$$STI = (SY_p \cdot SY_s) / (\overline{SY_p})^2 \quad (۶)$$

$$S = 1 - (SY_s / SY_p) \quad (۷)$$

که در این روابط SY_p و SY_s به ترتیب عملکردقد در شرایط با و بدون تنش، $\overline{SY_p}$ و $\overline{SY_s}$ به ترتیب میانگین عملکردقد ژنوتیپ‌ها در شرایط با و بدون تنش است (فیشر و مورر ۱۹۷۸؛ فرناندز ۱۹۹۲ و روزیلی و هامبلین ۱۹۸۱).

برای بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون بارتلت استفاده و نتایج با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه واریانس مرکب گردید. برای تعیین بهترین شاخص‌ها از همبستگی ساده بین عملکردقد در شرایط تنش (SY_s) و بدون تنش (SY_p) با

مانتیس (Penman-Montith) و اعمال ضرایب گیاهی در مراحل مختلف رشد گیاه صورت پذیرفت و میزان آب مصرفی در هر بار آبیاری تعیین و در اختیار تیمار مربوطه قرار گرفت. مقدار آب مصرفی در تیمارهای تنش ملایم و شدید به ترتیب به میزان ۷۵ و ۵۰ درصد نیازآبی تیمار بدون تنش در نظر گرفته شد. شدت تنش SI (Stress Intensity) در تنش ملایم و شدید در زرقان به ترتیب ۰/۲۳ و ۰/۳۷ و در کرج ۰/۱۹ و ۰/۲۶ بود.

جدول ۱ مشخصات ۱۰ ژنوتیپ چغندرقد مورد آزمایش

ژنوتیپ	ردیف
W-1014-79	۱
W-1005-79	۲
W-1006-79	۳
W-7221-I-79	۴
MSTC2*W-7221-I-79	۵
MSTNB1*W-7221-I-79	۶
MSTR*W-7221-I-79	۷
MST261*W-7221-I-79	۸
مشهد - BP	۹
رسول (شاهد)	۱۰

آزمایش دارای چهار تکرار بود. هر کرت اصلی شامل ۳۲ ردیف به فاصله ۶۰ سانتی‌متر و به طول ۱۰ متر بود که با توجه به تفاوت زمان و مقدار آب آبیاری در تیمارهای مختلف و امکان تأثیرگذاری رطوبت از کرتی به کرت دیگر در طرفین و در بالا و پایین کرت‌های اصلی حداقل دو متر فاصله منظور گردید. هر کرت اصلی به ۱۰ کرت فرعی تقسیم شده و ژنوتیپ‌ها به صورت تصادفی در کرت‌های فرعی در اواسط اردیبهشت کشت گردیدند. آبیاری اول و دوم جهت سبزشدن یکنواخت بذور کشت شده به صورت کاملاً

زرقان

به منظور تعیین مناسبترین شاخص، همبستگی بین عملکردقند ژنوتیپها در شرایط تنش و بدون تنش با شاخصهای تحمل به خشکی محاسبه شد (جدول ۲). شاخصهایی که در محیط تنش و بدون تنش دارای همبستگی بالایی با عملکردقند بودند، به عنوان مناسبترین شاخصها معرفی شدند. با توجه به همبستگی مثبت و معنی دار (در سطح اعتماد ۱٪) عملکردقند در شرایط تنش و بدون تنش با شاخصهای MP، STI، HARM و GMP، این شاخصها به عنوان بهترین شاخصهای تحمل به خشکی در تنش ملایم و شدید انتخاب شدند. قابل ذکر است که در تنش ملایم همبستگی شاخصهای S و TOL و در تنش شدید همبستگی شاخص TOL تنها با عملکردقند در شرایط بدون تنش معنی دار بود لذا نمی توانند شاخصهای مناسبی تشخیص داده شوند.

شاخصهای فوق الذکر استفاده گردید (ضابط و حسینزاده ۱۳۸۲؛ فرشادفر و همکاران ۱۳۸۰؛ کارگر و قنادها ۱۳۸۳؛ فرناندز ۱۹۹۲ و Golabadi et al 2006). تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای شاخصهای مورد مطالعه انجام شد و باتوجه به روابط مؤلفه‌ها و شاخصهای مورد بررسی، نمودار بای‌پلات (Biplot) برای شناسایی ژنوتیپهای متحمل به خشکی ترسیم گردید (Gabriel 1971). تعیین انواع همبستگی با استفاده از نرم‌افزار SAS و برای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و ترسیم بای‌پلات از نرم‌افزار Statgraph استفاده شد.

نتایج

آزمون بارتلت و تجزیه واریانس نتایج نشان داد که تجزیه مرکب تمامی سالها برای هر منطقه امکان‌پذیر است. بنابراین از میانگین صفات برای هر منطقه استفاده گردید.

جدول ۲ همبستگی ساده بین شاخصهای تحمل به خشکی و عملکردقند در شرایط بدون تنش و

تنش ملایم (SI=۰/۲۳) و تنش شدید (SI=۰/۳۷) در زرقان

S	GMP	HARM	STI	MP	Tol	SSI	شاخصها عملکردقند
۰/۷۳۳*	۰/۹۷۰**	۰/۹۵۹**	۰/۹۷۱**	۰/۹۷۹**	۰/۸۵۵**	۰/۷۳۳*	تنش ملایم SYp
۰/۲۶۳ ^{ns}	۰/۹۵۱**	۰/۹۶۳**	۰/۹۳۹**	۰/۹۳۸**	۰/۴۵۱ ^{ns}	۰/۲۶۳ ^{ns}	Sys
۰/۱۱۲ ^{ns}	۰/۹۷۸**	۰/۹۶۷**	۰/۹۷۸**	۰/۹۸۷**	۰/۸۵۶**	۰/۱۱۲ ^{ns}	تنش شدید SYp
-۰/۳۰۱ ^{ns}	۰/۹۷۷**	۰/۹۸۶**	۰/۹۶۱**	۰/۹۶۶**	۰/۵۶۸ ^{ns}	-۰/۳۰۱ ^{ns}	Sys

*، ** و ^{ns} به ترتیب نشان دهنده معنی‌دار بودن در سطح اعتماد پنج و یک درصد و بدون اختلاف معنی‌دار

در شرایط تنش ملایم مقادیر شاخص‌ها برای حصول اطمینان از بقای عملکرد در شرایط تنش ملایم از بین چهار ژنوتیپ انتخابی مرحله اول ژنوتیپ‌های ۴، ۸ و ۶ که بیشترین عملکردقد در شرایط تنش ملایم (SYs) را داشتند به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل انتخاب گردیدند.

در شرایط تنش ملایم مقادیر شاخص‌ها برای ده ژنوتیپ در جدول ۳ آورده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود ژنوتیپ‌های ۴، ۵، ۸ و ۶ (جدول ۱) براساس SYp، MP، GMP، STI و HARM به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل شناخته شدند. به‌منظور

جدول ۳ میزان حساسیت ژنوتیپ‌ها از طریق شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی در شرایط تنش ملایم (SI=۰/۲۳) در زرقان

ژنوتیپ	SYp (Kg)	SYs (Kg)	SSI	Tol (Kg)	MP (Kg)	STI	HARM (Kg)	GMP (kg)	S
۱	۳۷۹۴/۷۶	۲۹۵۴/۴۵	۰/۹۷	۸۴۰/۳۱	۳۳۴۸/۳۴	۰/۳۸	۳۳۲۲/۲۹	۳۳۴۸/۳۴	۰/۲۲
۲	۴۹۶۴/۲۵	۴۵۷۶/۹۷	۰/۳۴	۳۸۷/۲۸	۴۷۷۰/۶۱	۰/۷۷	۴۷۶۲/۷۵	۴۷۶۶/۶۸	۰/۰۸
۳	۴۶۳۳/۸۱	۳۸۵۸/۵۵	۰/۷۳	۷۷۵/۲۶	۴۲۴۶/۱۸	۰/۶۱	۴۲۱۰/۷۹	۴۲۲۸/۴۵	۰/۱۷
۴	۷۱۶۸/۴۰	۵۲۴۰/۸۳	۱/۱۸	۱۹۲۷/۵۷	۶۲۰۴/۶۲	۱/۲۸	۶۰۵۴/۹۱	۶۱۲۹/۳۱	۰/۲۷
۵	۷۲۸۷/۰۶	۴۴۰۹/۰۵	۱/۷۳	۲۸۷۸/۰۰	۵۸۴۸/۰۶	۱/۱۰	۵۴۹۳/۹۷	۵۶۶۸/۲۵	۰/۳۹
۶	۶۲۹۱/۳۸	۴۴۳۵/۱۹	۱/۲۹	۱۸۵۶/۲۰	۵۳۶۳/۲۸	۰/۹۵	۵۲۰۲/۶۸	۵۲۸۲/۳۷	۰/۳۰
۷	۳۲۱۷/۹۸	۲۹۳۲/۰۹	۰/۳۹	۲۸۵/۸۹	۳۰۷۵/۰۴	۰/۳۲	۳۰۶۸/۳۹	۳۰۷۱/۷۱	۰/۰۹
۸	۶۰۶۵/۵۸	۵۰۹۷/۹۸	۰/۷۰	۹۶۷/۵۹	۵۵۸۱/۷۸	۱/۰۵	۵۵۳۹/۸۵	۵۵۶۰/۷۷	۰/۱۶
۹	۵۴۲۲/۶۳	۴۰۸۷/۲۹	۱/۰۸	۱۳۳۵/۳۴	۴۷۵۴/۹۶	۰/۷۶	۴۶۶۱/۲۱	۴۷۰۷/۸۵	۰/۲۵
۱۰	۵۳۲۰/۸۱	۴۱۹۳/۹۷	۰/۹۳	۱۱۲۶/۸۴	۴۷۵۷/۳۹	۰/۷۶	۴۶۹۰/۶۶	۴۷۲۳/۹۱	۰/۲۱

در شرایط تنش شدید مقادیر شاخص‌ها برای ده ژنوتیپ در جدول ۴ آورده شده است. براساس شاخص‌های SYp، MP، GMP، STI و HARM ژنوتیپ‌های ۴، ۵، ۶ و ۸ به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل شناخته شدند. به‌منظور حصول اطمینان از بقای عملکرد

در شرایط تنش شدید از بین چهار ژنوتیپ انتخابی مرحله اول ژنوتیپ‌های ۴، ۵ و ۶ که بیشترین عملکردقد در شرایط تنش شدید را داشتند به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل معرفی گردیدند.

جدول ۴ میزان حساسیت ژنوتیپ‌ها از طریق شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی در شرایط

تنش شدید ($SI=0/37$) در زرقان

ژنوتیپ	SYp (Kg)	SYs (Kg)	SSI	Tol (Kg)	MP (Kg)	STI	HARM (Kg)	GMP (kg)	S
۱	۳۷۹۴/۷۶	۲۲۹۸/۵۰	۱/۰۷	۱۴۹۶/۲۵	۳۰۴۶/۶۳	۰/۳۰	۲۸۶۲/۹۲	۲۹۵۳/۳۵	۰/۳۹
۲	۴۹۶۴/۲۵	۳۵۷۰/۶۲	۰/۷۶	۱۳۹۳/۶۳	۴۲۶۷/۴۳	۰/۶۰	۴۱۵۳/۶۵	۴۲۱۰/۱۶	۰/۲۸
۳	۴۶۳۳/۸۱	۳۰۹۵/۲۸	۰/۹۰	۱۵۳۸/۵۲	۳۸۶۴/۵۵	۰/۴۹	۳۷۱۱/۴۲	۳۷۸۷/۲۱	۰/۳۳
۴	۷۱۶۸/۴۰	۴۶۴۵/۹۸	۰/۹۵	۲۵۲۲/۴۲	۵۹۰۷/۱۹	۱/۱۴	۵۶۳۷/۹۱	۵۷۷۰/۹۸	۰/۳۵
۵	۷۲۸۷/۰۶	۴۰۲۸/۶۴	۱/۲۱	۳۲۵۸/۴۲	۵۶۵۷/۸۵	۱/۰۰	۵۱۸۸/۷۱	۵۴۱۸/۲۰	۰/۴۵
۶	۶۲۹۱/۳۸	۳۹۰۱/۷۶	۱/۰۳	۲۳۸۹/۶۲	۵۰۹۶/۵۷	۰/۸۴	۴۸۱۶/۴۷	۴۹۵۴/۵۴	۰/۳۸
۷	۳۳۱۷/۹۸	۱۸۹۹/۷۲	۱/۱۱	۱۳۱۸/۲۷	۲۵۵۸/۸۵	۰/۲۱	۲۳۸۹/۰۶	۲۴۷۲/۵۰	۰/۴۱
۸	۶۰۶۵/۵۸	۳۷۳۳/۳۷	۱/۰۴	۲۳۳۲/۲۱	۴۸۹۹/۴۷	۰/۷۷	۴۶۲۱/۹۳	۴۷۵۸/۶۸	۰/۳۸
۹	۵۴۲۲/۶۳	۳۰۴۹/۱۳	۱/۱۹	۲۳۷۳/۵۰	۴۲۳۵/۸۸	۰/۵۶	۳۹۰۳/۳۹	۴۰۶۶/۲۴	۰/۴۴
۱۰	۵۳۲۰/۸۱	۳۹۷۵/۱۷	۰/۶۹	۱۳۴۵/۶۴	۴۶۴۷/۹۹	۰/۷۲	۴۵۵۰/۵۹	۴۵۹۹/۰۳	۰/۲۵

ماتریسی که ردیف‌های آن ده ژنوتیپ چغندرقد و ستون‌های آن شاخص‌های محاسبه شده بود تجزیه به مؤلفه‌های اصلی گردید. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای ژنوتیپ‌های چغندرقد از نظر شاخص‌های مقاومت به خشکی در جدول ۵ به‌طور خلاصه آورد شده است. تجزیه داده‌های حاصله نشان داد که بیشترین تغییرات مورد نظر بین داده‌ها توسط دو مؤلفه

بیان می‌شود (به ترتیب ۹۹/۶۰۶ و ۹۹/۷۶۶ در دو تنش ملایم و شدید). استفاده از این دو مؤلفه و چشم‌پوشی از سایر مؤلفه‌ها، تنها موجب از دست رفتن بخش بسیار ناچیزی از تغییرات شده و تفسیر نتایج براساس دو مؤلفه اول و دوم دارای کارایی بالاتری می‌باشد. بدین لحاظ ترسیم نمودارها براساس دو مؤلفه اول و دوم صورت گرفت.

جدول ۵ تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای هشت شاخص تحمل به خشکی در شرایط بدون تنش،

تنش ملایم (SI=۰/۲۳) و تنش شدید (SI=۰/۳۷) در زرقان

نوع تنش	مؤلفه	مقادیر ویژه	درصد واریانس	درصد تجمعی واریانس
تنش ملایم				
۱	۱	۷/۳۷	۸۰/۷۷۸	۸۰/۷۷۸
۲	۲	۱/۶۹۴	۱۸/۸۳۷	۹۹/۶۰۶
۳	۳	۰/۰۲۸۷	۰/۳۱۹	۹۹/۹۲۵
۴	۴	۰/۰۰۶۶۷	۰/۰۷۴	۹۹/۹۹۹
۵	۵	۰/۰۰۰۱۱	۰/۰۰۱	۱۰۰/۰۰۰
تنش شدید				
۱	۱	۶/۴۷	۷۱/۹۳۲	۷۱/۹۳۲
۲	۲	۲/۵۰۵	۲۷/۸۳۴	۹۹/۷۶۶
۳	۳	۰/۰۱۶۸	۰/۱۸۸	۹۹/۹۵۳
۴	۴	۰/۰۰۴۱۷	۰/۰۴۶	۹۹/۹۹۹
۵	۵	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۱	۱۰۰/۰۰۰

مؤلفه دوم = $-0.01 \text{ SYp} - 0.41 \text{ SYs} + 0.52 \text{ SSI} + 0.38$

$\text{Tol} - 0.16 \text{ MP} - 0.18 \text{ STI} - 0.22 \text{ HARM} - 0.19 \text{ GMP} +$
 0.52 S

در تنش شدید نیز بردارهای ویژه مؤلفه‌های اول و دوم براساس شاخص‌ها به صورت زیر نشان داده شده است.

مؤلفه اول = $0.39 \text{ SYp} + 0.38 \text{ SYs} - 0.002 \text{ SSI} +$
 $0.31 \text{ Tol} + 0.39 \text{ MP} + 0.39 \text{ STI} + 0.39 \text{ HARM} +$
 $0.39 \text{ GMP} - 0.002 \text{ S}$

مؤلفه دوم = $0.08 \text{ SYp} - 0.19 \text{ SYs} + 0.63 \text{ SSI} + 0.39$
 $\text{Tol} - 0.03 \text{ MP} - 0.03 \text{ STI} - 0.08 \text{ HARM} - 0.06$
 $\text{GMP} + 0.63 \text{ S}$

با توجه به رابطه مؤلفه‌ها و شاخص‌های مورد بررسی مقادیر بالاتر مؤلفه اول (عملکرد بالقوه و تحمل به خشکی) و مقادیر پایین‌تر مؤلفه دوم (حساسیت به

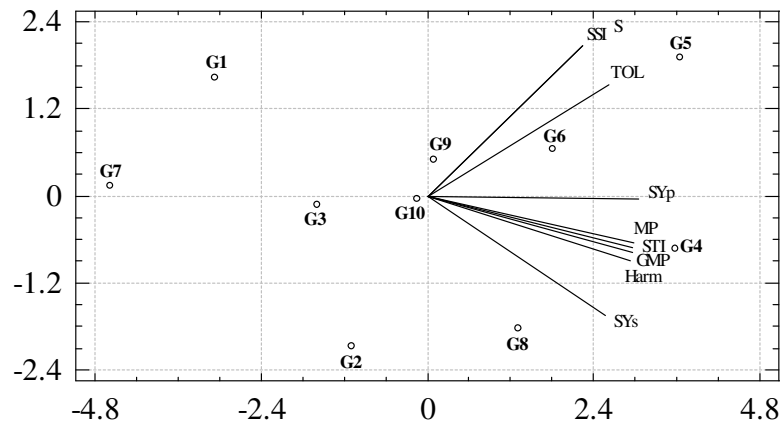
در این بررسی مؤلفه اول همبستگی مثبت و

معنی‌داری با شاخص‌های SYp ، MP ، GMP ، STI و HARM داشت، لذا این مؤلفه به‌عنوان مؤلفه عملکرد بالقوه و تحمل به خشکی نامگذاری شد که هرچه مقدار این مؤلفه بیشتر باشد مناسب‌تر است. مؤلفه دوم را که همبستگی منفی و معنی‌داری با SYs و همبستگی مثبت و معنی‌داری با شاخص‌های SSI ، TOL و S داشت می‌توان به‌عنوان مؤلفه حساسیت به تنش نامگذاری نمود که هر چه مقدار این مؤلفه کمتر باشد مطلوب‌تر است. در تنش ملایم بردارهای ویژه مؤلفه‌های اول و دوم براساس شاخص‌ها به صورت زیر نشان داده شده است.

مؤلفه اول = $0.37 \text{ SYp} + 0.31 \text{ SYs} + 0.27 \text{ SSI} + 0.32 \text{ Tol}$
 $+ 0.36 \text{ MP} + 0.36 \text{ STI} + 0.35 \text{ HARM} + 0.36 \text{ GMP} +$
 0.27 S

به تنش و عملکرد مناسب در شرایط بدون تنش (سمت راست و بالا) ژنوتیپ‌های ۵، ۶ و ۹ قرار داشتند. اما ژنوتیپ‌های ۲، ۳ و ۱۰ دارای عملکرد بالقوه پایین ولی تحمل خوبی نسبت به تنش بودند. از آن جا که ژنوتیپ‌های ۴ و ۸ از روش بهترین شاخص‌ها انتخاب و همچنین در ناحیه مطلوب بای پلات نیز قرار داشتند به عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد بالقوه بالا در هر دو محیط بدون تنش و تنش مشخص گردیدند.

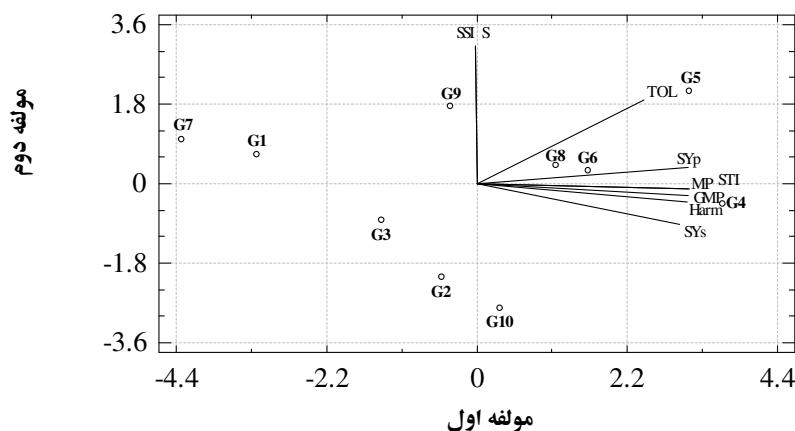
تنش) مد نظر می‌باشد. لذا ناحیه چهارم (سمت راست و پایین) بای پلات انتخاب گردید و ژنوتیپ‌ها و شاخص‌هایی که در این ناحیه قرار گرفتند مشخص شدند (شکل ۱). در تنش ملایم براساس نمودار بای پلات مشخص شد ژنوتیپ‌های ۴ و ۸ که در ناحیه چهارم قرار دارند، متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به تنش و با عملکرد بالقوه بالایی هستند. در ناحیه دوم (سمت چپ و بالا) ژنوتیپ‌های ۱ و ۷ قرار دارند که عملکرد پایین و حساسیت بالایی به تنش دارند. در ناحیه تحمل پایین



شکل ۱ نمایش گرافیکی بای پلات ۱۰ ژنوتیپ چغندرقد در نه شاخص تحمل به خشکی براساس اولین و دومین مؤلفه اصلی در تنش ملایم ($SI=0/23$) در زرقان

ژنوتیپ‌های ۵، ۶ و ۸ قرار داشتند. اما ژنوتیپ‌های ۲ و ۳ دارای عملکرد بالقوه پایین ولی تحمل خوبی نسبت به تنش بودند. از آن جا که ژنوتیپ چهار از روش بهترین شاخص‌ها انتخاب و همچنین در ناحیه مطلوب بای پلات نیز قرار داشت به عنوان ژنوتیپ با عملکرد بالقوه بالا در هر دو محیط بدون تنش و تنش مشخص گردید.

در تنش شدید براساس نمودار بای پلات مشخص شد ژنوتیپ‌های ۴ و ۱۰ که در ناحیه چهارم قرار دارند، متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به تنش و با عملکرد بالقوه بالایی هستند (شکل ۲). در ناحیه دوم ژنوتیپ‌های ۱، ۷ و ۹ قرار دارند که عملکرد پایین و حساسیت بالایی به تنش دارند. در ناحیه تحمل پایین به تنش و عملکرد مناسب در شرایط بدون تنش



شکل ۲ نمایش گرافیکی بای پلات ۱۰ ژنوتیپ چغندر قند در نه شاخص تحمل به خشکی براساس اولین و دومین مؤلفه اصلی در تنش شدید ($SI=0/37$) در زرقان

بسیار بالا و معنی‌دار (در سطح ۱٪) عملکرد قند در شرایط تنش (SYs) و بدون تنش (SYp) با شاخص‌های MP، STI، HARM و GMP این شاخص‌ها به عنوان بهترین شاخص تحمل به خشکی در تنش ملایم انتخاب شدند. قابل ذکر است که همبستگی شاخص TOL تنها با عملکرد قند در شرایط بدون تنش معنی‌دار بود و نمی‌تواند شاخص مناسبی تشخیص داده شود. همچنین با توجه به همبستگی بسیار بالا و معنی‌دار عملکرد قند در شرایط تنش شدید و بدون تنش با شاخص‌های STI، HARM و GMP این شاخص‌ها به عنوان بهترین شاخص تحمل به خشکی در تنش شدید انتخاب شدند. قابل ذکر است که همبستگی شاخص‌های MP و TOL تنها با عملکرد قند در شرایط بدون تنش معنی‌دار بودند و نمی‌توانند شاخص مناسبی تشخیص داده شوند.

زاویه حاده بین شاخص‌های انتخاب در نمودار بای پلات دلالت بر وجود همبستگی بالا بین این شاخص‌ها است. با توجه به زوایای بین شاخص‌ها در هر دو سطح تنش، می‌توان استنباط نمود که شاخص‌های MP، STI، HARM و GMP که همبستگی مثبت و بالایی با عملکرد قند در شرایط بدون تنش و تنش دارند به عنوان بهترین شاخص‌ها می‌باشند. همچنین وجود همبستگی بالا بین سه شاخص TOL، SSI و S در هر دو نمودار مشهود است.

کرج

به منظور تعیین بهترین شاخص، همبستگی بین عملکرد قند ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش ملایم (SYs) و بدون تنش (SYp) با شاخص‌های تحمل به خشکی محاسبه شد (جدول ۶). با توجه به همبستگی

جدول ۶ همبستگی ساده بین شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکردقند در شرایط بدون تنش و تنش ملایم (SI=۰/۲۳) و تنش شدید (SI=۰/۳۷) در کرج

S	GMP	HARM	STI	MP	Tol	SSI	شاخص عملکردقند
۰/۶۵۳ ^{ns}	۰/۹۳۵ ^{**}	۰/۹۱۷ ^{**}	۰/۹۳۷ ^{**}	۰/۹۵۱ ^{**}	۰/۸۰۳ ^{**}	۰/۶۵۳ ^{ns}	تنش ملایم SYp
-۰/۱۴۵ ^{ns}	۰/۸۷۹ ^{**}	۰/۹۰۱ ^{**}	۰/۸۷۳ ^{**}	۰/۸۵۵ ^{**}	۰/۰۷۱ ^{ns}	-۰/۱۴۵ ^{ns}	SYs
۰/۷۵۳ ^{ns}	۰/۸۲۳ ^{**}	۰/۷۳۱ [*]	۰/۸۲۳ ^{**}	۰/۸۹۵ ^{**}	۰/۸۴۸ ^{**}	۰/۷۵۳ ^{ns}	تنش شدید SYp
-۰/۴۹۱ ^{ns}	۰/۷۲۱ [*]	۰/۸۱۳ ^{**}	۰/۷۱۹ ^{**}	۰/۶۱۶ ^{ns}	-۰/۳۵۱ ^{ns}	-۰/۴۹۱ ^{ns}	SYs

* و ** به ترتیب نشان دهنده معنی‌دار بودن در سطح آماری پنج و یک درصد، ns نشان دهنده غیر معنی‌دار بودن

چهار ژنوتیپ انتخابی مرحله اول ژنوتیپ‌های ۵، ۴ و ۲ که بیشترین عملکردقند در شرایط تنش ملایم (SYs) را داشتند به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل انتخاب گردیدند.

مقادیر شاخص‌ها برای ده ژنوتیپ در جدول ۷ آورده شده است. ژنوتیپ‌های ۵، ۲، ۴ و نه براساس SYp، MP، GMP، STI و HARM به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل شناخته شدند. به منظور حصول اطمینان از بقاء عملکرد در شرایط تنش ملایم از بین

جدول ۷ میزان حساسیت ژنوتیپ‌ها توسط شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی در شرایط تنش ملایم (SI=۰/۱۹) در کرج

ژنوتیپ	SYp (Kg)	SYs (Kg)	SSI	Tol (Kg)	MP (Kg)	STI	HARM (Kg)	GMP (kg)	S
۱	۷۸۰۴/۱۷	۵۵۵۶/۶۷	۱/۴۸	۲۲۴۷/۵۰	۶۶۸۰/۴۲	۰/۶۷	۶۴۹۱/۲۸	۶۵۸۵/۲۲	۰/۲۹
۲	۸۸۰۹/۱۷	۶۶۹۸/۳۳	۱/۲۳	۲۱۱۰/۸۳	۷۷۵۳/۷۵	۰/۹۱	۷۶۱۰/۰۹	۷۶۸۱/۵۸	۰/۲۴
۳	۷۹۸۰/۸۳	۵۹۷۵/۰۰	۱/۲۹	۲۰۰۵/۸۳	۶۹۷۷/۹۲	۰/۷۴	۶۸۳۳/۷۷	۶۹۰۵/۴۷	۰/۲۵
۴	۸۳۱۰/۰۰	۷۰۲۹/۱۷	۰/۷۹	۱۲۸۰/۸۳	۷۶۶۹/۵۸	۰/۹۱	۷۶۱۶/۱۱	۷۶۴۲/۸۰	۰/۱۵
۵	۹۸۸۰/۳۳	۷۳۴۵/۸۳	۱/۳۲	۲۵۲۲/۵۰	۸۶۰۷/۰۸	۱/۱۲	۸۴۲۲/۲۶	۸۵۱۴/۱۷	۰/۲۶
۶	۷۶۲۰/۸۳	۶۷۱۱/۶۷	۰/۶۱	۹۰۹/۱۷	۷۱۶۶/۲۵	۰/۷۹	۷۱۳۷/۴۱	۷۱۵۱/۸۲	۰/۱۲
۷	۷۲۷۸/۳۳	۶۵۹۳/۳۳	۰/۴۸	۶۸۵/۰۰	۶۹۳۵/۸۳	۰/۷۴	۶۹۱۸/۹۲	۶۹۲۷/۳۷	۰/۰۹
۸	۶۷۴۱/۶۷	۶۰۶۰/۸۳	۰/۵۲	۶۸۰/۸۳	۶۴۰۱/۲۵	۰/۶۳	۶۳۸۳/۱۵	۶۳۹۲/۱۹	۰/۱۰
۹	۸۵۶۵/۸۳	۶۶۳۸/۳۳	۱/۱۶	۱۹۲۷/۵۰	۷۶۰۲/۰۸	۰/۸۸	۷۴۷۹/۹۰	۷۵۴۰/۷۵	۰/۲۳
۱۰	۷۳۵۲/۵۰	۶۱۳۰/۰۰	۰/۸۶	۱۲۲۲/۵۰	۶۷۴۱/۲۵	۰/۷۰	۶۶۸۵/۸۳	۶۷۱۳/۴۸	۰/۱۷

مقادیر شاخص‌ها برای ده ژنوتیپ در جدول ۸ آورده شده است. براساس SYp, MP, GMP, STI و HARM ژنوتیپ‌های ۵ و ۹ به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل شناخته شدند. به منظور حصول اطمینان از بقاء عملکرد در شرایط تنش شدید، همان دو ژنوتیپ انتخابی مرحله اول به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل انتخاب گردیدند.

جدول ۸ میزان حساسیت ژنوتیپ‌ها توسط شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی در شرایط

تنش شدید (SI=۰/۲۶) در کرج

ژنوتیپ	SYp (Kg)	SYs (Kg)	SSI	Tol (Kg)	MP (Kg)	STI	HARM (Kg)	GMP (kg)	S
۱	۷۸۰۴/۱۷	۶۰۱۵/۰۰	۰/۸۷	۱۷۸۹/۱۷	۶۹۰۹/۵۸	۰/۷۳	۶۷۹۳/۷۶	۶۸۵۱/۴۳	۰/۲۳
۲	۸۸۰۹/۱۷	۴۸۸۵/۰۰	۱/۶۹	۳۹۲۴/۱۷	۶۸۴۷/۰۸	۰/۶۷	۶۲۸۴/۸۳	۶۵۵۹/۹۴	۰/۴۵
۳	۷۹۸۰/۸۳	۵۸۳۹/۱۷	۱/۰۲	۲۱۴۱/۶۷	۶۹۱۰/۰۰	۰/۷۲	۶۷۴۴/۰۵	۶۸۲۶/۵۲	۰/۲۷
۴	۸۳۱۰/۰۰	۵۵۴۹/۱۷	۱/۲۶	۲۷۶۰/۸۳	۶۹۲۹/۵۸	۰/۷۱	۶۶۵۴/۶۰	۶۷۹۰/۷۰	۰/۳۳
۵	۹۸۶۸/۳۳	۶۶۳۴/۱۷	۱/۲۴	۳۲۳۴/۱۷	۸۲۵۱/۲۵	۱/۰۱	۷۹۳۴/۳۳	۸۰۹۱/۲۴	۰/۳۳
۶	۷۶۲۰/۸۳	۶۰۳۸/۳۳	۰/۷۹	۱۵۸۲/۵۰	۶۸۲۹/۵۸	۰/۷۱	۶۷۳۷/۹۱	۶۷۸۳/۵۹	۰/۲۱
۷	۷۲۷۸/۳۳	۵۷۳۶/۶۷	۰/۸۰	۱۵۴۱/۶۷	۶۵۰۷/۵۰	۰/۶۵	۶۴۱۶/۱۹	۶۴۶۱/۶۸	۰/۲۱
۸	۶۷۴۱/۶۷	۵۶۵۵/۸۳	۰/۶۱	۱۰۸۵/۸۳	۶۱۹۸/۷۵	۰/۵۹	۶۱۵۱/۲۰	۶۱۷۴/۹۳	۰/۱۶
۹	۸۵۶۵/۸۳	۶۴۶۷/۵۰	۰/۹۳	۲۰۹۸/۳۳	۷۵۱۶/۶۷	۰/۸۶	۷۳۷۰/۲۳	۷۴۴۳/۰۹	۰/۲۴
۱۰	۷۳۵۲/۵۰	۶۳۴۴/۱۷	۰/۵۲	۱۰۰۸/۳۳	۶۸۴۸/۳۳	۰/۷۲	۶۸۱۱/۲۲	۶۸۲۹/۷۵	۰/۱۴

دست رفتن بخش بسیار ناچیزی از تغییرات شده و تفسیر نتایج براساس دو مؤلفه اول و دوم دارای کارایی بالاتری می‌باشد. بدین لحاظ ترسیم نمودارها براساس دو مؤلفه اول و دوم صورت گرفت.

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در جدول ۹ نشان داد که بیشترین تغییرات موردنظر بین داده‌ها توسط دو مؤلفه بیان می‌شود (به ترتیب ۹۹/۹۲۹ و ۹۹/۷۶۶٪ در تنش ملایم و شدید). استفاده از این دو مؤلفه و چشم‌پوشی از سایر مؤلفه‌ها، تنها موجب از

جدول ۹ تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای هشت شاخص تحمل به خشکی در شرایط بدون تنش، تنش ملایم (SI=۰/۱۹) و تنش شدید (SI=۰/۲۶) در کرج

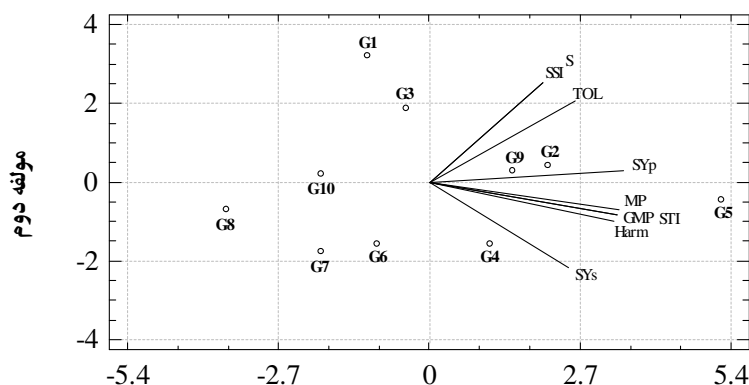
نوع تنش	مؤلفه	مقادیر ویژه	درصد واریانس	درصد تجمعی واریانس
تنش ملایم				
۱	۱	۶/۴۵	۷۱/۶۹۱	۷۱/۶۹۱
۲	۲	۲/۵۴۱	۲۸/۲۳۸	۹۹/۹۲۹
۳	۳	-/۰۰۵۹	-/۰۶۵	۹۹/۹۹۴
۴	۴	-/۰۰۰۴۲	-/۰۰۵	۹۹/۹۹۹
۵	۵	-/۰۰۰۰۹	-/۰۰۱	۱۰۰/۰۰۰
تنش شدید				
۱	۱	۵/۷۳	۶۳/۷۰۲	۶۳/۷۰۲
۲	۲	۳/۲۵۸	۳۶/۲۰۰	۹۹/۹۰۲
۳	۳	-/۰۰۷۱	-/۰۷۹	۹۹/۹۸۱
۴	۴	-/۰۰۱۶۷	-/۰۱۹	۱۰۰/۰۰۰
۵	۵	-/۰۰۰۰۴	-/۰۰۰	۱۰۰/۰۰۰

$0.06 \text{ SYp} - 0.44 \text{ SYs} + 0.51 \text{ SSI} + 0.42 \text{ Tol} - 0.14 \text{ MP} - 0.16 \text{ STI} - 0.20 \text{ HARM} - 0.17 \text{ GMP} + 0.51 \text{ S}$
 در تنش شدید نیز بردارهای ویژه مؤلفه‌های اول و دوم براساس شاخص‌ها به صورت زیر نشان داده شده است.
 $0.40 \text{ SYp} + 0.18 \text{ SYs} + 0.24 \text{ SSI} + 0.29 \text{ Tol} + 0.41 \text{ MP} + 0.39 \text{ STI} + 0.37 \text{ Harm} + 0.39 \text{ GMP} + 0.24 \text{ S}$
 $0.14 \text{ SYp} - 0.50 \text{ SYs} + 0.45 \text{ SSI} + 0.40 \text{ Tol} - 0.12 \text{ MP} - 0.19 \text{ STI} - 0.27 \text{ Harm} - 0.19 \text{ GMP} + 0.45 \text{ S}$
 با توجه به رابطه مؤلفه‌ها و شاخص‌های مورد بررسی مقادیر بالاتر مؤلفه اول (عملکرد بالقوه و تحمل به خشکی) و مؤلفه دوم (حساسیت به تنش) مدنظر

در این بررسی مؤلفه اول همبستگی معنی‌داری با شاخص‌های SYp، MP، GMP، STI و HARM دارد، لذا این مؤلفه به عنوان مؤلفه عملکرد بالقوه و تحمل به خشکی نامگذاری می‌شود. هر چه مقدار این مؤلفه بیشتر باشد مناسب‌تر است. مؤلفه دوم که همبستگی منفی و معنی‌داری با SYs و همبستگی مثبت و معنی‌داری با شاخص‌های SSI، TOL، S و S داشته‌اند، بنابراین مؤلفه دوم را می‌توان به عنوان مؤلفه حساسیت به تنش نامگذاری نمود که هرچه مقدار این مؤلفه کمتر باشد مطلوب‌تر است. در تنش ملایم بردارهای ویژه مؤلفه‌های اول و دوم براساس شاخص‌ها به صورت زیر نشان داده شده است.
 $0.39 \text{ SYp} + 0.28 \text{ SYs} + 0.23 \text{ SSI} + 0.29 \text{ Tol} + 0.38 \text{ MP} + 0.38 \text{ STI} + 0.37 \text{ HARM} + 0.38 \text{ GMP} + 0.23 \text{ S}$

مناسب در شرایط بدون تنش ژنوتیپ‌های ۲ و ۹ قرار داشتند. اما ژنوتیپ‌های ۶، ۷ و ۸ دارای عملکرد بالقوه پایین ولی تحمل خوبی نسبت به تنش بودند. از آنجا که ژنوتیپ‌های چهار و پنج از روش بهترین شاخص‌ها انتخاب و همچنین در ناحیه مطلوب بای‌پلات نیز قرار داشتند به عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد بالقوه بالا در هر دو محیط بدون تنش و تنش معرفی گردیدند.

می‌باشد. لذا ناحیه چهارم بای‌پلات انتخاب گردید و ژنوتیپ‌ها و شاخص‌هایی که در این ناحیه قرار گرفتند معرفی شدند (شکل ۳). براساس نمودار بای‌پلات مشخص شد ژنوتیپ‌های ۴ و ۵ که در ناحیه چهارم قرار دارند، متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به تنش و با عملکرد بالقوه بالایی هستند. در ناحیه دوم ژنوتیپ‌های ۱، ۳ و ۱۰ قرار دارند که عملکرد پایین و حساسیت بالایی به تنش دارند. در ناحیه تحمل پایین به تنش و عملکرد

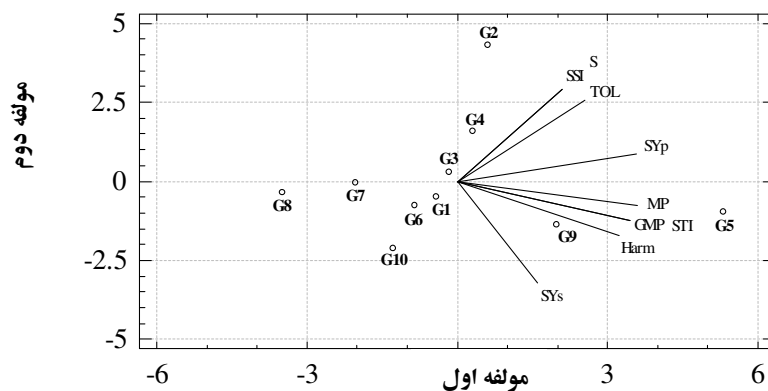


مؤلفه اول

شکل ۳ نمایش گرافیکی بای‌پلات ۱۰ ژنوتیپ چغندر قند در نه شاخص تحمل به خشکی براساس اولین و دومین مؤلفه اصلی در تنش ملایم ($SI=0/19$) در کرج

ژنوتیپ‌های چهار و دو قرار داشتند. اما ژنوتیپ‌های ۶، ۸، ۱۰ و ۱ دارای عملکرد بالقوه پایین ولی تحمل خوبی نسبت به تنش بودند. از آنجا که ژنوتیپ‌های ۵ و ۹ از روش بهترین شاخص‌ها انتخاب و همچنین در ناحیه مطلوب بای‌پلات نیز قرار داشتند به عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد بالقوه بالا در هر دو محیط بدون تنش و تنش معرفی گردیدند.

در تنش شدید براساس نمودار بای‌پلات مشخص شد ژنوتیپ‌های ۵ و ۹ که در ناحیه چهارم قرار دارند، متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به تنش و با عملکرد بالقوه بالایی هستند (شکل ۴). در ناحیه دوم ژنوتیپ‌های ۳ و ۷ قرار دارند که عملکرد پایین و حساسیت بالایی به تنش دارند. در ناحیه تحمل پایین به تنش و عملکرد مناسب در شرایط بدون تنش



شکل ۴ نمایش گرافیکی بای پلات ۱۰ ژنوتیپ چغندرقد در نه شاخص تحمل به خشکی براساس اولین و دومین مؤلفه اصلی در تنش شدید ($SI=0/۲۶$) در کرج

میانگین عملکرد فقط در هر کدام از این شرایط افزایش می‌یابد، پس انتخاب ژنوتیپ‌هایی که به هر دو محیط سازگاری دارند هدف اصلی می‌باشد (فرناندز ۱۹۹۲). به عبارت بهتر شاخص انتخاب مناسب باید بتواند ژنوتیپ‌های برتر در هر دو محیط را از ژنوتیپ‌های برتر در یک محیط متمایز نماید (Golabadi et al. 2006).

به طور کلی شاخص‌هایی که در محیط تنش و بدون تنش دارای همبستگی بالایی با عملکرد باشند به عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی شده و نیاز به شاخص انتخاب مناسب را برآورده می‌سازند، چرا که این شاخص‌ها قادر به جدا کردن و شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط می‌باشند (فرناندز ۱۹۹۲ و Ober et al. 2005). در این مطالعه دو شاخص SSI و S به دلیل نداشتن همبستگی با عملکردقد در شرایط بدون تنش و تنش، قابل توصیه نبودند (جدول‌های ۲، ۵، ۶ و ۹). محدودیت استفاده از SSI به دلیل عدم تمایز بین ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی با عملکرد

با توجه به زوایای خطوطی که شاخص‌ها نمایش می‌دهند، می‌توان استنباط نمود که شاخص‌های GMP و HARM، STI، MP که همبستگی مثبت و بالایی با عملکردقد در شرایط بدون تنش و تنش ملایم دارند به عنوان بهترین شاخص‌ها شناخته شدند. همچنین وجود همبستگی بالا بین سه شاخص TOL، SSI و S در نمودار مشهود است.

بحث

گزینش برای عملکرد بالقوه در شرایط بدون تنش به دلیل واریانس ژنتیکی بیشتر و وراثت‌پذیری بالا در این شرایط مؤثرتر است. از آنجا که وجود شرایط مطلوب برای رشد و نمو در محیط‌های بدون تنش، به ژنوتیپ‌ها فرصت بیان حداکثر پتانسیل ژنتیکی را می‌دهد واریانس ژنوتیپ و ژنوتیپ در محیط بیشتر است (فرناندز ۱۹۹۲). با گزینش ژنوتیپ‌ها براساس عملکرد در محیط بدون تنش و یا در تنش،

عملکرد را می‌توان انتظار داشت (Ramirez-Vallejo and Kelly 1998). در این مطالعه نیز چنین وضعیتی وجود داشت برای مثال در زرقان و در دو تنش ملایم و شدید ژنوتیپ هفت به ترتیب با ۲۸۵/۸۹ و ۱۳۱۸/۲۷ دارای کمترین مقدار TOL بود و متحمل‌ترین ژنوتیپ به شمار می‌رفت ولی از نظر عملکردقد در شرایط بدون تنش و تنش کمترین عملکرد را داشت (جدول ۳ و ۴).

با استفاده از تحلیل همبستگی و با در نظر گرفتن همبستگی مثبت و معنی‌دار برخی شاخص‌ها با عملکردقد در شرایط تنش و بدون تنش، در زرقان MP، STI، HARM و GMP در دو تنش ملایم و شدید و در کرج و در تنش ملایم MP، STI، HARM و GMP و در تنش شدید STI، HARM و GMP به عنوان بهترین شاخص‌های تحمل به خشکی انتخاب شدند (جدول‌های ۲، ۵، ۶ و ۹). این یافته‌ها با نتایج دیگر محققان در مورد چغندرقد شباهت بسیاری دارد (پرویزی آلمانی و همکاران ۱۳۷۷، محمدیان و همکاران ۱۳۸۱، وزان ۱۳۸۱). در گیاهان زراعی دیگر مانند گندم دوروم MP، STI و GMP (Golabadi et al. 2006، لوییا Ramirez-Vallejo and Kelly 1998) و STI (فرناندز ۱۹۹۲)، نخود MP، STI، HARM و GMP (فرشادفر و همکاران ۱۳۸۰) و سویا STI و GMP (کارگر و قنادها ۱۳۸۳) به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌های انتخاب گزارش گردیدند.

زیاد در شرایط بدون تنش با ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی با عملکرد کم قبلاً نیز گزارش شده است (Schneider et al. 1997; Clarke et al. 1992). البته در مواردی هم SSI همراه با عملکرددانه به عنوان پارامتر پایداری استفاده شده و ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی گندم را مشخص نموده است (Bansal and Sinha 1991). نتایج نشان داد که TOL فقط با عملکردقد در شرایط بدون تنش همبستگی معنی‌دار داشت و نشان‌دهنده این بود که در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی انتخاب براساس این شاخص بر روی عملکردقد در محیط بدون تنش نیز مؤثر می‌باشد (جدول‌های ۲، ۵، ۶ و ۹). از طرفی نبودن همبستگی معنی‌دار بین این شاخص و عملکردقد در شرایط تنش مشخص نمود که انتخاب براساس این شاخص تأثیری بر عملکردقد در شرایط تنش ندارد. به دلیل همبستگی مثبت TOL با عملکرد در شرایط بدون تنش افزایش عملکرد باعث افزایش حساسیت ژنوتیپ‌ها به تنش می‌گردد. به عقیده فرناندز (۱۹۹۲) با استفاده از TOL و SSI ژنوتیپ‌هایی با عملکرد کم در شرایط بدون تنش و با عملکرد زیاد در شرایط تنش انتخاب می‌شوند و به همین دلیل قادر به جداسازی این ژنوتیپ‌ها از یکدیگر در گندم (Clarke et al. 1992) و لوییا (Ramirez-Vallejo and Kelly 1998) نیست. اگرچه مقدار کم TOL به عنوان اساس انتخاب ارقام با مقاومت به تنش آب استفاده می‌شده است، اما احتمال انتخاب ارقامی با عملکرد کم و تفاضل کم

دیگر ژنوتیپ‌های انتخابی براساس این شاخص‌ها، ضمن این که از پایداری عملکرد بالاتری برخوردارند دارای میانگین عملکرد بالایی در هر دو محیط نیز هستند. بنابراین ژنوتیپ‌هایی که مقدار بالایی از این شاخص‌ها را داشته باشند به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته می‌شوند.

جهت بررسی هم‌زمان روابط بین ژنوتیپ‌ها و شاخص‌های انتخاب باید از ترسیم گرافیکی بای پلات استفاده نمود. بای پلات ابزار مفیدی برای تجزیه اطلاعات و ارزیابی نظری ساختار یک ماتریس بزرگ دوطرفه می‌باشد و به تجسم برهمکنش ژنوتیپ‌ها و شاخص‌ها عینیت بخشیده و تصویر روشنی از جداسازی ژنوتیپ‌های برتر و پست ارائه می‌نماید (فرناندز ۱۹۹۲ و Ober et al 2005). استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و نمودار بای پلات برای انتخاب ژنوتیپ یا رقم متحمل توسط بیشتر پژوهشگران از جمله فرساده و همکاران (۱۳۸۰) در نخود، زارع و همکاران (۱۳۸۳) در سویا، نورمند مؤید و همکاران (۱۳۸۰) و گل آبادی و همکاران (Golabadi et al. 2006) در گندم، کرمی و همکاران (۱۳۸۵) در جو، فرناندز (۱۹۹۲) در لوبیا و اوبر و همکاران (Ober et al. 2004) در چغندرقد مورد توجه قرار گرفته است.

در نمودار بای پلات ضریب همبستگی بین هر دو شاخص تقریباً با کسینوس زاویه بین بردارهای شان برابر است به طوری که $r = \cos 180^\circ = -1$ ، $\cos 90^\circ = 0$ و $\cos 0^\circ = 1$ (Yan and

بهنژادگرانی که مایلند از عملکرد نسبی استفاده نمایند، شاخص GMP را به دلیل این که تنش خشکی در محیط‌ها و سال‌های مختلف شدت‌های متفاوتی دارد انتخاب می‌نمایند (Ramirez-Vallejo and Kelly 1998). برخی نیز از STI جهت غربال نمودن ژنوتیپ‌های با عملکرد بالقوه زیاد و تحمل به تنش و هم‌چنین شناسایی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در شرایط مختلف تنش خشکی استفاده می‌نمایند (فرناندز ۱۹۹۲ و پرویزی آلمانی و همکاران ۱۳۷۷).

در زرقان و تحت دو شدت تنش و در کرج در تنش ملایم MP جزو بهترین شاخص‌های انتخاب بود ولی در تنش شدید کرج شاخص مناسبی نبود (جدول‌های ۲، ۵، ۶ و ۹). مشابه چنین نتایجی نیز در سویا به دست آمد به طوری که بهترین شاخص‌ها بسته به شدت تنش و گروه‌های رسیدگی متفاوت بودند (زارع و همکاران ۱۳۸۳). در گروه‌های رسیدگی III و IV و شدت تنش ۰/۶۲ شاخص‌های GMP و STI و در گروه رسیدگی V و شدت تنش ۰/۲۸ شاخص‌های MP، STI، HARM و GMP انتخاب گردیدند.

استفاده از شاخص‌های منتخب در غربال نمودن ژنوتیپ‌های مختلف جهت تحمل به خشکی باعث افزایش عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش می‌گردد و می‌توان آن‌ها را به طور توام برای شناسایی ژنوتیپ‌های مناسب برای هر شرایط توصیه نمود. در واقع هدایت برنامه‌های اصلاحی باید براساس عملکرد در دو محیط و همراهی این شاخص‌ها باشد. به عبارت

با توجه شاخص‌های MP، STI، HARM و GMP و SYs و SYP بالا و همچنین نمودار چند متغیره بای‌پلات مشخص شد که در زرقان ژنوتیپ‌های 7221-I-79 و MST261-W-7221-I-79 در تنش ملایم و 7221-I-79 در تنش شدید و در کرج -MSTC2 7221-I-79 و W-7221-I-79 در تنش ملایم و 7221-I-79 و BP -MSTC2-W-7221-I-79 مشاهد در تنش شدید بهترین ژنوتیپ‌ها هستند. از آنجا که برخی ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش دارای عملکرد بالقوه بالا ولی تحمل کمی به تنش خشکی داشتند، پیشنهاد می‌شود این ژنوتیپ‌ها در برنامه‌های اصلاحی دیگر مورد استفاده قرار گیرند و یا با انجام تلاقی‌های مناسب جنبه تحمل به خشکی آن‌ها تقویت گردد. همچنین ژنوتیپ‌هایی نیز وجود داشتند که در محیط بدون تنش دارای عملکرد بالقوه پایین ولی تحمل قابل توجهی به تنش خشکی داشتند، که پیشنهاد می‌شود با انجام تلاقی‌های لازم به‌توان از این پتانسیل مناسب در برنامه‌های اصلاحی استفاده نمود.

سپاسگزاری

از مدیریت محترم مؤسسه تحقیقات چغندر قند که منابع مالی انجام این طرح را تأمین نمودند قدردانی می‌گردد.

(Rajcan 2002). بنابراین زاویه منفرجه بین بردارها نشان‌دهنده رابطه منفی شدید، زاویه قائمه نشان‌دهنده رابطه نزدیک صفر و زاویه حاده نشان‌دهنده رابطه مثبت بین شاخص‌ها است. با توجه به زاویه حاده بین شاخص‌های انتخاب در نمودار بای‌پلات، مشخص گردید که شاخص‌های MP، STI، HARM و GMP علاوه بر همبستگی مثبت و بالا با عملکرد قند در شرایط بدون تنش و تنش، با یکدیگر نیز همبستگی مثبت و بالایی دارند و به عنوان بهترین شاخص‌ها شناخته شدند (شکل‌های ۱، ۲، ۳ و ۴). در مطالعه فرشادفر و همکاران (۱۳۸۰)، زارع و همکاران (۱۳۸۳) نیز چنین شرایطی وجود داشت ولی در بررسی نورمند مؤید و همکاران (۱۳۸۰) شاخص‌های STI و GMP به عنوان بهترین شاخص‌ها، همبستگی مثبت و خیلی بالایی با هم داشتند. همچنین وجود همبستگی بالا بین سه شاخص SSI، TOL و S در شکل‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ مشهود بود و در تمامی موارد بردار شاخص‌های SSI و S کاملاً برهم منطبق بود. در نمودار بای‌پلات، ژنوتیپ‌ها در چهار ناحیه این نمودار پراکنده‌اند که به‌طور کلی می‌توان این نحوه توزیع ژنوتیپ‌ها در فضای بای‌پلات را حاکی از تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌ها نسبت به تنش خشکی دانست. بنابراین در حال حاضر منابع ژنتیکی مناسبی برای بهبود وضعیت تحمل به خشکی در چغندر قند وجود دارد.

منابع مورد استفاده:

References:

- پرویزی آلمانی، م. صادقیان، س. ی. فتح‌اله طالقانی، د و محمدیان، ر. ۱۳۷۷. بررسی شاخص‌های تحمل به خشکی برای صفات مهم چغندرقد. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. ۹-۱۳ شهریور. صفحه ۲۸۵.
- پرویزی آلمانی، م. صادقیان، س. ی. فتح‌اله طالقانی، د و محمدیان، ر. ۱۳۷۷. اصلاح تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های چغندرقد از طریق غربال لاین‌ها. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. ۹-۱۳ شهریور. صفحه ۲۸۶.
- زارع، م. زینالی خانقاه، ح. و دانشیان، ج. ۱۳۸۳. ارزیابی تحمل برخی ژنوتیپ‌های سویا به تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران، شماره ۳۵(۴): ۸۵۹-۸۶۷.
- ضابط، م. حسین زاده، ع. ۱۳۸۲. مطالعه اثرات تنش خشکی بر صفات مختلف و تعیین بهترین شاخص تحمل به خشکی در ماش. مجله علوم کشاورزی ایران، شماره ۳۴(۴): ۸۸۹-۸۹۸.
- عبدمیشانی، س و شاه نجات بوشهری، ع. ا. ۱۳۷۴. اصلاح نباتات تکمیلی. جلد اول: اصلاح نباتات متداول. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۲۰ صفحه.
- فرشادفر، ع. ا. زمانی، م. ر. مطلبی، م. و امام جمعه، ع. ع. ۱۳۸۰. انتخاب برای تحمل به خشکی در لاین‌های نخود. مجله علوم کشاورزی ایران، شماره ۳۲(۱): ۶۵-۷۷.
- قدسی، م. ناظری، س. م. و زارع فیض‌آبادی، ا. ۱۳۷۷. واکنش ارقام جدید و لاین‌های امیدبخش گندم بهاره نسبت به خشکی. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. ۹-۱۳ شهریور. صفحه ۲۵۲.
- کارگر، س. م. ع. و قنادها، م. ر. ۱۳۸۳. ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی در تعدادی از ژنوتیپ‌های سویا در شرایط آبیاری محدود. مجله علوم کشاورزی ایران، شماره ۳۵(۱): ۱۲۹-۱۴۲.
- کریمی، ع. قنادها، م. ر. نقوی، م. ر. و مردی، م. ۱۳۸۵. شناسایی ارقام متحمل به خشکی در جو. مجله علوم کشاورزی ایران، شماره ۳۷-۱(۲): ۳۷۹-۳۷۱.
- محمدیان، ر. صادقیان، س. ی. مقدم، م و رحیمیان، ح. ۱۳۸۱. ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی در تشخیص ژنوتیپ‌های چغندرقد تحت شرایط تنش خشکی اوایل فصل رشد. مجله چغندرقد، شماره ۱۸(۱): ۲۹-۴۹.
- نورمندمؤید، ف. رستمی، م. ع و قنادها، م. ر. ۱۳۸۲. ارزیابی شاخص‌های مقاومت به خشکی در گندم نان. مجله علوم کشاورزی ایران، شماره ۳۲(۴): ۷۰۹-۸۰۵.

وزان، س. ۱۳۸۱. بررسی اثر تنش خشکی بر میزان تجمع اسید آبسزیک و دیگر صفات فیزیولوژیک در چغندرقد. پایان نامه دکتری زراعت. دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات. ۲۱۲ ص.

Bansal KC, Sinha SK (1991) Assessment of drought resistance in 20 accessions of *Triticum aestivum* and related species. I.Total dry matter and grain yield stability. *Euphytica* 56:7-14

Clarke JM, DePauw RM, Townely-Smith TF (1992) Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. *Crop Sci* 32:723-728

Cooke DA, Scott RK (1993) *The Sugar Beet Crop: Science into practice*. Chapman & Hall, London, New York: 675 PP

Fernandez GCJ (1992) Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: *Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress*. Taiwan, p. 257-270

Fischer RA, Maurer R (1978) Drought resistance in spring wheat cultivars. I: grain yield responses. *Aus. J Agri. Res.* 29:897-912

Gabriel KA (1971) The biplot graphical display of matrices with applications to principal component analysis. *Biometrika* 58:453-467

Golabadi M, Arzani A, Mirmohammadi Maibodi SAM (2006) Assessment of drought tolerance in segregating populations in durum wheat. *Af. J. Agri. Res.* 1:162-171

Ober ES, Le Bloa M, Clark CJA, Royal A, Jaggard KW, Pidgeon JD (2005) Evaluation of physiological traits as indirect selection criteria for drought tolerance in sugar beet. *Field Crops Res.* 91:231-249

Ober ES, Clark CJA, Le Bloa M, Royal A, Jaggard KW, Pidgeon JD (2004) Assessing the genetic resources to improve drought tolerance in sugar beet: agronomic traits of diverse genotypes under droughted and irrigated conditions. *Field Crops Res.* 90: 213-234

Ramirez-Vallejo P, Kelly JD (1998) Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica* 99:127-136

- Rosielle AA, Hamblin J (1981) Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Sci.* 21:943-946
- Sadeghian SY, Fazli H, Taleghani DF, Mesbah M (2000) Genetic variation of drought stress in sugarbeet. *J. Sugar Beet Res.* 37: 55-77
- Schittenhel MS (1999) Agronomic performance of root chichory, Jerusalem artichoke and sugarbeet in stress and nonstress environments. *Crop Sci.* 39: 1815-1823
- Schneider KA, Rosales-Serna R, Iberra-Perez F, Cazares-Enriquez B, Acosta-Gallegos JA, Ramirez-Vallejo P, Wassimi N, Kelly JD (1997) Improving common bean performance under drought stress. *Crop Sci.* 37:43-50
- Winter SR (1980) Suitability of sugarbeets for limited irrigation in a semi-arid climate. *Agronomy J.* 72: 118-123
- Yan W, Rajcan I (2002) Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Sci.* 32:51-57