ارزیابی شاخص‌های تنش برای گزینش تحمل به خشکی در نخود (*Cicer arietinum* L.)

آ. ساعد موچشی[۱]، ب. حیدری[۲] و ع. ا. فرشادفر[۳]

تاریخ دریافت: ۸۹/۷/۲ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱/۲۴

چکیده

به منظور ارزیابی و تعیین بهترین شاخص‌های تحمل به خشکی در نخود، شناسایی ارقام مقاوم و همچنین گروه‌بندی آنها، آزمایشی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۲۰ ژنوتیپ نخود در دو شرایط آبی و دیم در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه انجام شد. نتایج حاصل از برآورد ضرایب همبستگی بین شاخص‌ها نشان داد که در شرایط کمبود آب شاخصهای STI و GMP و در شرایطی که کمبود بسیار شدید نیست شاخص MP برای انتخاب ارقام مناسب است. نتایج رگرسیون گام به گام نشان داد که در شرایط دیم شاخص HM (R^2=0.92) و در شرایط آبی شاخص MP (R^2=0.75) بیشترین تغییرات عملکرد نخود را توجیه نمود. بر اساس شاخص‌های تحمل خشکی ارقام بیونیچ، Flip-82-115، X96TH54 و X95TH42 جزء ارقام متحمل و پر محصول در شرایط تنش شناخته شدند. نمودار خوشه ای ارقام براساس شاخص های HM، STI، GMP و MP با نمودارهای سه بعدی این شاخص ها مطابقت داشت. تجزیه خوشه‌ای ارقام براساس شاخص‌ها نشان داد که رقم X95TH42 به تنهایی در یک گروه مجزا، ارقام S95274، Flip-82-245، S96085، Flip-99-26c، IIC482، Flip-82-115، X95TH69، X96TH54 و بیونیچ در گروه دوم و سایر ارقام در گروه سوم قرار گرفتند. بنابراین با توجه به تفاوت ارقام گروه دوم و سوم از لحاظ عملکرد به نظر می رسد بتوان با تلاقی آنها تنوع قابل توجهی جهت ایجاد ارقام جدید به دست آورد. به طور کلی از بین شاخص های تحمل به خشکی مورد ارزیابی، دو شاخص GMP و MP شاخص های مناسب تری برای انتخاب ارقام نخود متحمل به خشکی در این مطالعه بودند و بر این اساس ارقام بیونیچ، Flip-82-115، X96TH54 و X95TH42 را می توان جزء ارقام متحمل به تنش آبی و پر محصول دانست. از طرفی به علت پایین بودن مقدار شاخص TOL در رقم X95TH42 نسبت به سایر ارقام، این رقم را می‌توان به عنوان محتمل ترین رقم به خشکی معرفی کرد.

واژه های کلیدی: نخود، خشکی، شاخص های تحمل خشکی

پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه شیراز
۲- استادیار دانشگاه شیراز (نویسنده مسئول)
۳- استاد دانشگاه رازی کرمانشاه

مقدمه

نخود دومین گیاه مهم در خانواده ی حبوبات است و حداقل در ۳۳ کشور جهان کشت می گردد (۱۷). به علت غنی بودن دانه نخود از لحاظ پروتئین، این گیاه منبع غذایی مهمی برای انسان و دام به شمار می رود (۱۹). این گیاه سازگار به شرایط آب و هوایی گرم و نیمه خشک بوده و حدود ۹۵٪ از سطح زیر کشت این محصول در ایران به صورت دیم است (۲). یکی از مشکلات مهم در مناطق خشک و نیمه خشک کمبود آب و کاهش عملکرد گیاهان زراعی است (۸ و ۹). تخمین زده شده که حدود ۳۰ درصد اراضی جهان دچار کمبود منابع آبی می‌باشند (۱۱).

به نژادگران همواره در تلاش بوده اند که با آزمایش ارقام مختلف در شرایط تنش و غیر تنش به تشخیص ارقام مقاوم پرداخته و از آنها در جهت برنامه های اصلاحی استفاده کنند. شرایط دیم و تنش آبی میزان باروری و پایداری محصول نخود را کاهش می دهد (۱۳). کمبود آب ناشی از تنش های زنده یا غیر زنده تا حدود ۵۰ درصد کاهش عملکرد نخود را به دنبال دارد (۱۶). بنابراین شناسایی ارقام مقاوم و با عملکرد بالا و پایدار از طریق آزمایش‌های ارزیابی ارقام در شراط تنش و غیر تنش نقش مهمی در افزایش تولید در مناطق خشک و نیمه خشک دارد. سیلیم و همکاران (۱۸) خشکی را به عنوان مهمترین تنش غیر زنده در نخود معرفی کردند. در مناطق دارای کمبود آب، افزایش عملکرد گیاه هم از طریق تغییر عملیات زراعی و هم از طریق تغییرات ژنتیکی، گزینش و به نژادی امکان پذیر است (۷). از طرفی در مناطق خشک و نیمه خشک، پتانسیل عملکرد شاخص مناسبی نبوده و به معیار مناسب تری جهت بررسی واکنش ژنوتیپ ها به تنش نیاز است (۱۵).

شاخص‌های تحمل (TOL)، متوسط عملکرد (MP)، حساسیت به تنش (SSI)، تحمل تنش (STI)، میانگین هندسی عملکرد (GMP) و میانگین هارمونیک (HM) از جمله شاخص هایی هستند که برای انتخاب ارقام متحمل به خشکی معرفی شده اند (۱، ۷ و ۱۵). مقدار بالای شاخص تحمل که توسط فرناندز (۵) معرفی شد نشان دهنده حساسیت ژنوتیپ به تنش است. از طرفی مقدار کم شاخص حساسیت به تنش که توسط فیشر و مورر (۶) ارائه شد نشان دهنده تغییرات کم عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش و طبیعی می باشد. فرناندز (۵) ارقام ماش را از نظر واکنش به شرایط تنش و غیر تنش به چهار گروه تقسیم بندی کرد. بر این اساس گروه A شامل ژنوتیپ هایی است که عملکرد خوبی در هر دو شرایط تنش و غیر تنش دارند، گروه B ژنوتیپ هایی هستند که فقط در شرایط مطلوب عملکرد خوبی دارند، ژنوتیپ های گروه C فقط در شرایط تنش عملکرد خوبی نسبت به سایر ژنوتیپ ها دارند و گروه D ژنوتیپ هایی را در بر می گیرد که در شرایط مطلوب و در شرایط تنش عملکرد رضایت بخشی ندارند. شاخص مطلوب برای تعیین مقاومت یا تحمل تنش

شاخصی است که بتواند ژنوتیپ‌های گروه A را از ژنوتیپ های سایر گروه ها تفکیک کند (۵). براساس نظر روزیل و همبلین (۱۴) شاخص متوسط عملکرد نمی تواند ژنوتیپ های گروه A را از ژنوتیپ های گروه B تفکیک کند. همچنین بر اساس شاخص‌های تحمل تنش و حساسیت به تنش امکان تشخیص درست ژنوتیپ های گروه A از گروه C وجود ندارد. شاخص تحمل تنش (STI) و میانگین هندسی عملکرد (HM) توسط فرناندز (۵) و همچنین کرستین و همکاران (۱۲) پیشنهاد گردید. فرناندز (۵) شاخص STI را به عنوان بهترین شاخص در شناسایی ژنوتیپ های با عملکرد بالا و متحمل به تنش در ماش معرفی کرد. کارگر و همکاران (۱۰) همبستگی شاخص ها را بررسی کرده و دو شاخص تحمل به تنش و میانگین هندسی عملکرد را به عنوان بهترین شاخص ها در تفکیک ژنوتیپ های پایدار معرفی نمودند. فرشادفر و همکاران (۴) در ارزیابی لاین های نخود شاخص های HM، MP، GMP و STI را مناسب ترین شاخص های گزینش ارقام مقاوم به خشکی دانسته اند که با نتایج گنجعلی و همکاران (۷) مطابقت داشت. براساس تحقیق آنها این چهار شاخص همبستگی مثبت و معنی داری در هر دو شرایط تنش و بدون تنش با عملکرد داشتند ولی همبستگی TOL در شرایط تنش با عملکرد معنی دار نبود. از آنجا که ممکن است گزینش بر اساس همبستگی ساده شاخص ها به اندازه نتایج حاصل از بررسی هر یک از ژنوتیپ‌ها کارامد نباشد، از این رو از نمودار پراکنش سه بعدی معمولا برای تعیین ژنوتیپ های مقاوم به تنش استفاده می شود. استفاده از نمودار پراکنش سه بعدی برای تشخیص ژنوتیپ‌های گروه A از سایر گروه ها توسط محققان مختلف گزارش شده است (۱ و ۷). با توجه به اهمیت مطالعه تحمل خشکی و ضرورت استفاده از ارقام متحمل به شرایط کم آبی، این آزمایش به منظور ارزیابی شاخصهای مقاومت به تنش، معرفی بهترین شاخص (های) مقاومت به خشکی در نخود و شناسایی و گروه بندی ارقام مقاوم به شرایط کمبود آب براساس این شاخص ها طرح ریزی شد.

مواد و روشها

این آزمایش در قالب طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط آبی و دیم با استفاده از ۲۰ ژنوتیپ نخود در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه انجام شد. هر کرت آزمایشی در مزرعه شامل ۴ ردیف و با فاصله ردیف ۲۵ سانتی متر، فاصله کرت ها از هم ۵۰ سانتی متر و فاصله بلوک ها نیز یک متر بود. عملیات آماده سازی زمین شامل شخم و دیسک و ایجاد ردیف در نیمه اول تیر ماه و کاشت به صورت دستی در تاریخ ۲۰ آبان ۱۳۸۴ انجام شد. مبارزه با علف های هرز در سه نوبت و به صورت دستی برای هر دو آزمایش انجام شد. عملیات آبیاری

برای آزمایش آبی در سه نوبت انجام شد و در آزمایش دیم هیچ گونه آبیاری صورت نگرفت. عملیات برداشت با حذف ردیف های حاشیه در تاریخ ۵ مرداد سال ۱۳۸۵ برای شرایط دیم و ۲۰ مرداد ۱۳۸۵ برای شرایط آبی انجام گرفت. بوته ها پس از برداشت با دست کوبیده شده و سپس دانه های حاصله توزین و عملکرد دانه در واحد سطح محاسبه شد. ژنوتیپ های مورد استفاده در این پژوهش جهت تجزیه و تحلیل ساده تر داده ها و نمایان تر بودن آنها در اشکال شماره گذاری شدند و به آنها شماره های ۱ تا ۲۰ اختصاص یافت. اسامی ژنوتیپ ها و شماره آنها در جدول ۱ آمده است. با استفاده از عملکرد ارقام در شرایط آبیاری (Yp) و تنش (Ys) شاخص های کمی تحمل خشکی به شرح زیر محاسبه گردید (۱۵):

۱- شاخص تحمل (TOL)

$$TOL = (Yp-Ys)$$

۲- شاخص عملکرد متوسط (MP)

$$MP=(Yp+Ys)/2$$

۳- شاخص حساسیت به تنش (SSI)

$$SSI=[1-((Ys)/(Yp))]/SI$$

شدت تنش (SI)

$$SI=1-(\bar{Y}s/\bar{Y}p)$$

۴- شاخص میانگین هندسی عملکرد (GMP)

$$GMP =\sqrt{(Yp \times Ys)}$$

۵- شاخص تحمل تنش (STI)

$$STI=(Yp.Ys)/(\bar{Y}p)^2$$

۶- شاخص میانگین هارمونیک (HM)

$$HM=2(Yp\times Ys)/(Yp+Ys)$$

جدول ۱- نام ژنوتیپ‌های نخود مورد ارزیابی در شرایط آبی و دیم

شماره	رقم	شماره	رقم
۱	آرمان	۱۱	Flip-82-150c
۲	X96TH41K4	۱۲	Flip-00-40c
۳	Flip-00-63	۱۳	S95274
۴	بیونیچ	۱۴	S95181
۵	Flip-82-115	۱۵	X96TH46
۶	هاشم	۱۶	X95TH69
۷	X96TH54	۱۷	S95346
۸	X94TH154	۱۸	X95TH42
۹	IIC482	۱۹	S96085
۱۰	Flip-99-26c	۲۰	Flip-82-245

در فرمول‌های بالا Ys میانگین عملکرد تکرارها در شرایط تنش برای هر ژنوتیپ، Yp میانگین عملکرد تکرارها در شرایط آبیاری طبیعی برای هر ژنوتیپ، $\bar{Y}s$ میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ ها در شرایط تنش و $\bar{Y}p$ میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط طبیعی می باشد. شاخص SI شدت تنش است که در این پژوهش برابر ۰/۶۰۴ محاسبه شد. تحلیل واریانس ها و مقایسه میانگین ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و تحلیل همبستگی، تجزیه

خوشه ای و ترسیم اشکال سه بعدی با استفاده نرم افزار MINITAB 14 انجام شد. برای مقایسه میانگین عملکرد ارقام از آزمون LSD استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده ها برای عملکرد ۲۰ رقم نخود در شرایط دیم و آبی در جدول ۲ آمده است. این نتایج بیانگر وجود اختلاف بسیار معنی‌دار برای عملکرد ژنوتیپ ها در دو آزمایش و همچنین اثر شرایط محیطی است. معنی دار بودن اثر آزمایش و بیشتر بودن میانگین عملکرد کلیه ارقام در شرایط آبی نسبت به شرایط دیم بیانگر تاثیر قابل توجه آبیاری بر عملکرد ارقام می باشد. اثر متقابل آزمایش در رقم بسیار معنی‌دار بود، بنابراین پاسخ ارقام به شرایط محیطی متفاوت بود و برخی ارقام نسبت به ارقام دیگر بیشتر تحت تاثیر تنش آبی قرار گرفتند.

جدول ۲- تجزیه مرکب عملکرد دانه ۲۰ رقم نخود تحت شرایط آبیاری و دیم

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	احتمال
آزمایش	۱	۴۳۳۰۲۷/۸	۴۳۳۰۲۷/۸	۰/۰۰۵
تکرار در آزمایش	۴	۱۶۸۲۱/۴	۴۲۰۵/۳	
رقم	۱۹	۱۴۹۸۶۷/۸	۷۸۸۷/۷	۰/۰۰۱
ژنوتیپ × آزمایش	۱۹	۱۲۰۴۵۱/۳	۶۳۳۹/۵	۰/۰۰۱
خطا	۷۶	۱۰۰۱۵۵/۳	۱۳۱۷/۸	
کل	۱۱۹	۸۲۰۳۲۳/۷		

نتایج مقایسه میانگین ارقام در شرایط آبی و دیم به تفکیک و به صورت رتبه بندی شده در جدول ۳ آورده شده است. بر این اساس بیشترین و کمترین عملکرد برای شرایط آبی به ترتیب به ارقام Flip-82-115 و Flip-00-40c و در شرایط دیم به ارقام X95TH42 و هاشم تعلق داشت. ارقام پر محصول Flip-82-115، S95274، X95TH42، هاشم، بیونیچ، S95181 و Flip-00-63 و همچنین ارقام کم محصول S95346، آرمان، X96TH46 و Flip-00-40c در شرایط آبی از لحاظ آماری اختلاف معنی داری نداشتند. در شرایط دیم نیز ارقام Flip-82-150c، X96TH46، S95274، Flip-00-63، X96TH41K4، X94TH154، S95181 و هاشم که از ارقام کم محصول بودند اختلاف معنی داری نداشتند و رقم X95TH42 با بقیه ارقام اختلاف معنی‌دار داشت. مقایسه میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در این پژوهش نشان

با بقیه ارقام اختلاف معنی‌دار داشت. مقایسه میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در این پژوهش نشان دادکه رقم آرمان در شرایط آبی جزء ارقام کم محصول و در شرایط دیم تقریبا در گروه ارقام با عملکرد نسبتا زیاد قرار گرفت. رقم هاشم در شرایط آبی جزء ارقام پر محصول و در شرایط دیم کم محصول ترین لاین تحت بررسی بود.

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد ارقام به تفکیک شرایط دیم و آبی

ارقام	رتبه در شرایط آبی	رتبه در شرایط دیم	میانگین ارقام در شرایط آبی	میانگین ارقام در شرایط دیم
آرمان	۱۸	۸	۱۳۰/۵۲	۸۲/۲۰
X96TH41K4	۱۲	۱۷	۱۸۲/۳۱	۳۳/۱۴
Flip-00-63	۷	۱۶	۲۲۴/۰۶	۳۶/۷۱
بیونیچ	۵	۴	۲۳۰/۲۰	۱۱۱/۶۶
Flip-82-115	۱	۷	۳۰۲/۲۲	۹۴/۸۲
هاشم	۴	۲۰	۲۵۳/۶۶	۲۹/۱۰
X96TH54	۱۰	۳	۲۰۷/۳۶	۱۲۶/۵۲
X94TH154	۱۴	۱۸	۱۷۳/۴۷	۳۰/۷۰
IIC482	۱۱	۶	۱۹۴/۶۴	۹۸/۵۸
Flip-99-26c	۱۵	۵	۱۷۳/۳۵	۱۰۹/۲۵
Flip-82-150c	۱۶	۱۳	۱۷۱/۹۹	۶۰/۶۳
Flip-00-40c	۲۰	۹	۹۱/۰۵	۷۸/۸۴
S95274	۲	۱۵	۲۸۱/۰۱	۵۳/۰۳
S95181	۶	۱۹	۲۲۶/۷۸	۲۹/۳۵
X96TH46	۱۹	۱۴	۱۰۷/۰۹	۵۷/۹۷
X95TH69	۱۳	۲	۱۸۲/۱۲	۱۳۵/۴۰
S95346	۱۷	۱۲	۱۴۱/۸۷	۶۸/۳۱
X95TH42	۳	۱	۲۶۷/۳۱	۱۷۷/۲۱
S96085	۸	۱۰	۲۱۶/۷۰	۷۸/۴۵
Flip-82-245	۹	۱۱	۲۱۵/۱۴	۷۷/۱۰

LSD پنج و یک درصد برای شرایط دیم به ترتیب ۳۱/۸۲ و ۴۲/۶۲ و آبی به ترتیب ۷۸/۶۶ و ۱۰۵/۳۷.

تجزیه واریانس شاخص‌های تحمل خشکی (جدول ۴) نشان دهنده وجود اختلاف بسیار معنی دار بین ارقام برای کلیه ی شاخص ها بود.

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخصهای تحمل تنش خشکی برای ۲۰ رقم نخود

منابع تغییر	درجه آزادی	Y_S	Y_P	HM	STI	GMP	SSI	MP	TOL
تکرار	۲	۳۳۵/۹	۱۶۴۸۵/۴	۹۹۷/۷	۰/۱۰۵۳۸	۲۳۲۰/۶	۰/۰۱۰۲۸	۵۲۶۱/۲	۱۲۵۹۷/۹
رقم	۱۹	۹۱۶۹۴**	۱۷۸۷۱**	۱۰۹۶۶۹**	۴/۲۰**	۸۷۲۸۰**	۸/۵۶۸۰**	۷۴۹۳۳**	۲۴۰۹۰۲**
خطا	۳۸	۱۴۰۸۳/۰	۸۶۰۷۲/۲	۱۴۹۵۹/۱	۱/۰۰۲۵۵	۱۸۰۵۸	۳/۱۵۵۱	۲۷۸۰۹/۸	۸۹۰۷۰/۹
کل	۵۶	۱۰۶۰۲۳	۲۸۱۲۷۲	۱۲۵۶۲۶	۵/۳۰۸۰۳	۱۰۷۶۵۹	۱۱/۷۳۳۵	۱۰۸۰۰۵	۳۴۲۵۷۱
ضریب تغییرات (٪)		۲۴/۴۴	۲۳/۹	۱۸/۹۱	۴۰/۰۷	۱۸/۲۷	۳۱/۳	۱۹/۴۹	۴۰/۳۰

**: معنی دار در سطح یک درصد.

بنابراین، این شاخص‌ها برای انجام گزینش بهترین ارقام از لحاظ مقاومت به تنش آبی کارایی مناسبی داشتند. رقم X95TH42 براساس سه شاخص GMP، STI وHM بیشترین مقدار را در میان ارقام به خود اختصاص داد. بیشترین مقدار شاخص MP به ارقام Flip-82-115 و X95TH42، شاخص TOL به ارقام S95274، هاشم، Flip-82-115، S95181 و Flip-00-63 و شاخص SSI به ارقام هاشم، S95181، Flip-00-63، X94TH154، S95274، X96TH41K4، Flip-82-115، Flip-82-150c و S96085 اختصاص یافت. کمترین میانگین ها برای شاخص HM در ارقام Flip-00-40c، X96TH46، Flip-00-63، X96TH41K4، هاشم، X94TH154 و S95181، برای شاخص GMP در ارقام آرمان، Flip-82-150c، S95346، Flip-00-63، هاشم، Flip-00-40c، S95181، X96TH41K4، X96TH46 و X94TH154، برای شاخص STI در ارقام S95274، آرمان، Flip-82-150c، S95346، Flip-00-63، هاشم، Flip-00-40c، S95181، X96TH41K4، X96TH46 و X94TH154، برای شاخص SSI در ارقام Flip-99-26c، X96TH46، X96TH54، X95TH42، آرمان، X95TH69 و Flip-00-40c، برای شاخص TOL در ارقام X95TH42، X96TH54، S95346، Flip-99-26c، X96TH46، آرمان و Flip-00-40c و برای شاخص MP در Flip-82-150c، آرمان، X96TH41K4، S95346، X94TH154، Flip-00-40c و X96TH46 مشاهده شد. گنجعلی و همکاران (۷)، فرشادفر و همکاران (۴) و صفری و همکاران (۱۵) جهت دستیابی به بهترین شاخص (ها) از همبستگی ساده ی بین این شاخص ها و عملکرد ارقام در شرایط دیم و آبی استفاده کرده اند. نتایج همبستگی ساده ی بین شاخص ها و همچنین بین عملکرد و این شاخص ها در شرایط دیم و آبی در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین شاخص های تحمل خشکی و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش در ۲۰ رقم نخود

شاخص	STI	GMP	SSI	TOL	MP	HM	Yp	Ys
STI	۱							
GMP	۰/۹۹**	۱						
SSI	-۰/۳۸^{ns}	-۰/۳۸^{ns}	۱					
TOL	-۰/۱۲^{ns}	-۰/۱۱^{ns}	۰/۹۱**	۱				
MP	۰/۸۹**	۰/۹۰**	۰/۰۲^{ns}	۰/۳۴^{ns}	۱			
HM	۰/۹۶**	۰/۹۷**	-۰/۵۷*	-۰/۴۰^{ns}	۰/۷۷**	۱		
Y_P	۰/۵۱*	۰/۵۲*	۰/۵۴*	۰/۷۹**	۰/۸۴**	۰/۳۰^{ns}	۱	
Y_S	۰/۹۰**	۰/۹۰**	-۰/۷۲**	-۰/۵۲*	۰/۶۴**	۰/۹۸**	۰/۱۲^{ns}	۱

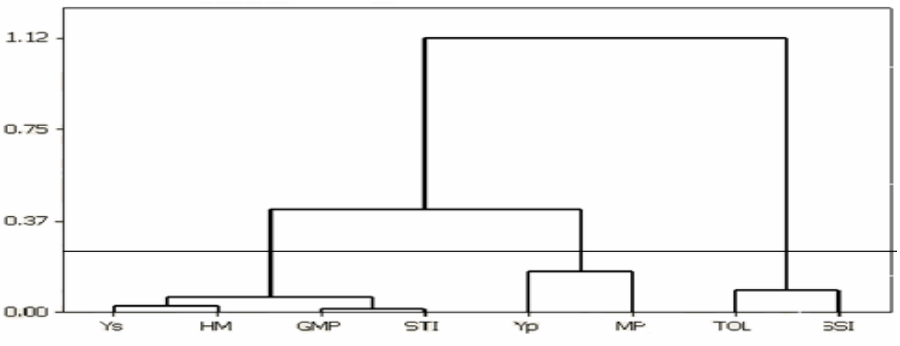
** و *: به ترتیب معنی دار در سطح ۱ و ۵٪ و ns: غیر معنی دار.

بیشترین همبستگی (۰/۹۹) بین دو شاخص STI و GMP بدست آمد که نشان دهنده ی تغییرات هم جهت این شاخص ها می‌باشد. شاخص‌های TOL و SSI با سایر شاخص‌ها به جز Yp و MP همبستگی منفی نشان دادند و از طرفی همبستگی (۰/۹۱) این دو شاخص (TOL و SSI) با هم بسیار بالا بود. کمترین همبستگی (۰/۱۱-) منفی مربوط به TOL و GMP و کمترین همبستگی مثبت مربوط به MP و SSI (۰/۰۲) بود که نشان دهنده ی عدم توجیه پذیر بودن تغییرات این شاخص ها نسبت به هم می باشد. بیشترین همبستگی با عملکرد در شرایط دیم برای شاخص های STI (r=۰/۹۰) و GMP (r=۰/۹۰) و در شرایط آبی برای MP (r=۰/۸۴) مشاهده شد. همانطور که قبلاً اشاره شد همبستگی دو شاخص TOL و SSI با Yp مثبت و معنی دار ولی با Ys منفی و معنی دار بود که بیانگر کارایی ناچیز این دو شاخص برای بررسی و گزینش ارقام مقاوم است. همبستگی (۰/۹۸) شاخص HM با Ys معنی دار ولی با Yp غیر معنی دار (r=۰/۳۰) بود، بنابراین، این شاخص نسبت به سایر شاخص ها از کارایی کمتری برخوردار بود. شاخص MP همبستگی معنی داری با Yp و به Ys داشت و از طرفی همبستگی دو شاخص STI و GMP با Yp کمتر از همبستگی با Ys بود. بنابراین براساس نتایج حاصل از تجزیه ی همبستگی بین شاخص ها استنباط می شود که برای انتخاب ارقام نخود در مناطقی که بیشتر اوقات با کمبود آب رو به رو هستند بهتر است از شاخص های STI و GMP استفاده شود و برای گزینش ارقام در مناطقی که کمتر با کمبود آب مواجه هستند شاخص MP مناسب تر است. همچنین برای گزینش عمومی بهتر است از هر سه شاخص با هم استفاده شود. از طرفی به خاطر وجود همبستگی بسیار بالای دو شاخص STI و GMP، استفاده از این دو شاخص به طور همزمان ضرورتی ندارد ولی استفاده از شاخص GMP به دلیل ساده تر بودن محاسبه آن توصیه می شود.

امام جمعه (۳)، فرشاد فر و همکاران (۴) و گنجعلی و همکاران (۷) شاخص های HM، STI، GMP و MP را به عنوان بهترین معیار برای گزینش ارقام مقاوم به خشکی در نخود پیشنهاد کردند. فرناندز (۵) در لوبیا دو شاخص MP و STI را به عنوان بهترین معیار شناسایی لاین های مقاوم به خشکی پیشنهاد نمود.

به علت بررسی هر چه بیشتر نحوه رابطه بین شاخص‌ها و مقایسه‌ی آن با ضرایب همبستگی، نمودار تجزیه خوشه‌ای شاخص‌ها رسم شد (شکل ۱). این نمودار رابطه همبستگی بین شاخص‌ها و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش را تایید کرد. با توجه به نمودار تجزیه خوشه‌ای، شاخص‌های STI و GMP به علت فاصله نسبی کمتر در مقایسه با سایر شاخص‌ها با شاخص‌هی عملکردی Yp و Ys نسبت به بقیه‌ی شاخص‌ها قابل توصیه‌ترند و در تطابق با نتایج تجزیه همبستگی دو شاخص TOL و SSI از کارایی کمتری نسبت به بقیه ی شاخص ها

برخوردار بودند.



شکل ۱- تجزیه خوشه‌ای شاخص‌های تنش خشکی برای ۲۰ رقم نخود.

در جداول ۶ و ۷ نتایج گزینش متغیرها با استفاده از رگرسیون پیش رونده و گام به گام برای شرایط دیم و آبی به ترتیب آورده شده است. نتایج رگرسیونی پیش رونده و مرحله ای برای هر دو شرایط کاملاً مشابه بودند. در شرایط دیم شاخص های HM، SSI، TOL و MP و در شرایط آبی شاخص های MP و TOL به ترتیب وارد مدل شدند. در شرایط دیم شاخص HM (R^2=0.92) و در شرایط آبی شاخص MP (R^2=0.75) بیشترین تغییرات را توجیه کرد. براساس این نتایج شاخص MP در هر دو مدل حضور داشت.

جدول ۶- نتایج رگرسیون پیش رونده و گام به گام در شرایط تنش

مرحله	متغیر	ضریب تبیین جزء	ضریب تبیین تجمعی	احتمال
۱	HM	۰/۹۲۷۱	۰/۹۲۷۱	۰/۰۰۱
۲	SSI	۰/۰۵۹۱	۰/۹۸۶۲	۰/۰۰۱
۳	TOL	۰/۰۰۱۴	۰/۹۸۷۶	۰/۰۱۴
۴	MP	۰/۰۱۲۴	۱/۰۰۰	۰/۰۰۱

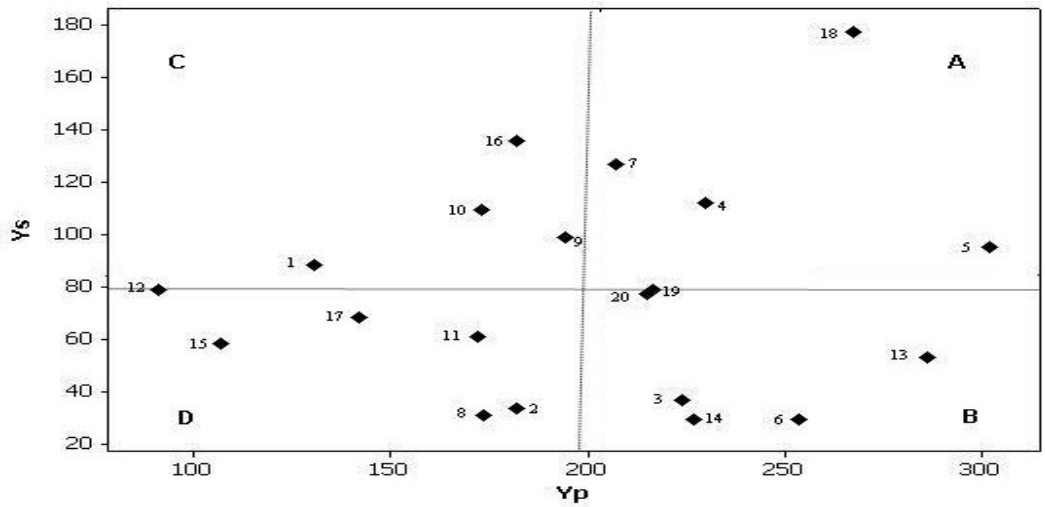
جدول ۷- نتایج رگرسیون پیش‌رونده و گام به گام در شرایط آبی

مرحله	متغیر	ضریب تبیین جزء	ضریب تبیین تجمعی	احتمال
۱	MP	۰/۷۵۸۷	۰/۷۵۸۷	۰/۰۰۱
۲	TOL	۰/۲۴۱۳	۱/۰۰۰	۰/۰۰۱

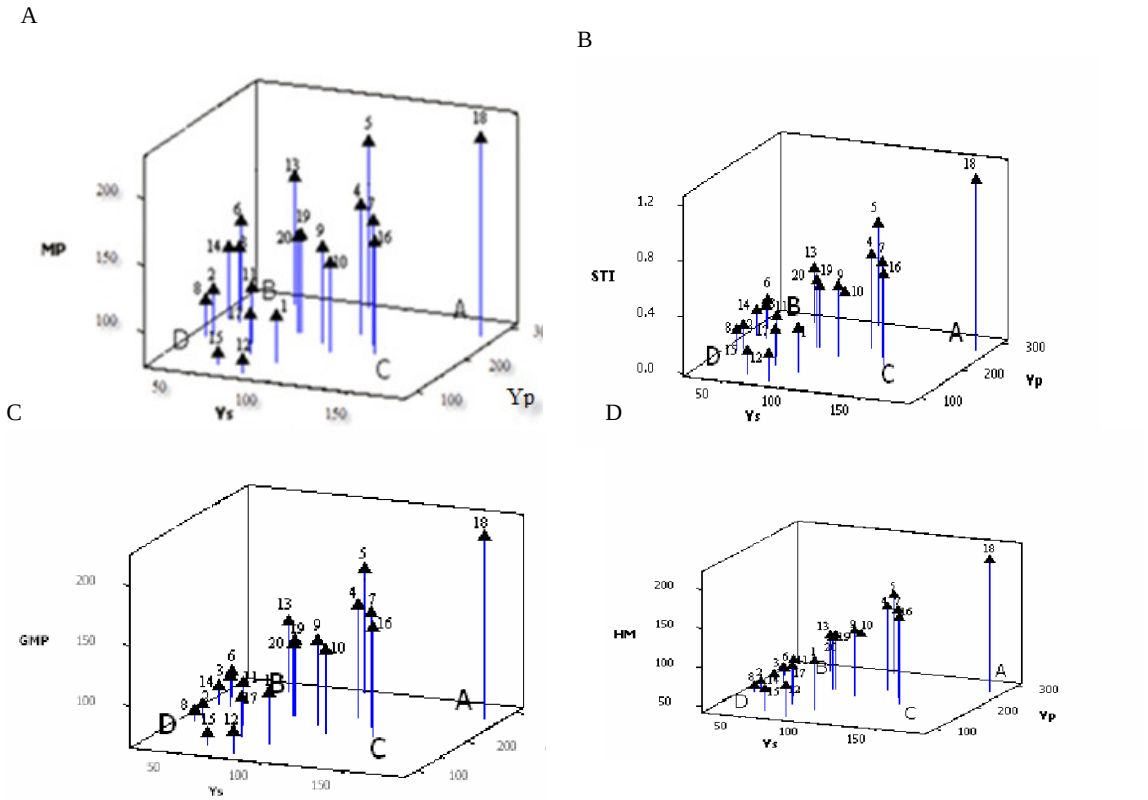
اشکال سه بعدی ارقام براساس چهار شاخص محاسبه شده نتایج بسیار مشابهی داشتند که با نتایج همبستگی شاخص‌ها مطابقت داشت. همچنین نتایج حاصل از اشکال سه بعدی شاخص‌های STI و MP مشابه بودند. بنابراین بکارگیری یکی از این دو شاخص جهت استفاده

در گزینش ارقام منجر به افزایش مقاومت به خشکی خواهد گردید. همان طور که در شکل ۲ و سایر نمودارهای سه بعدی مشخص است، ارقام X96TH54، Flip-82-115، بیونیچ و X95TH42 در گروه A قرار گرفته و از ارقام پر محصول و مقاوم می‌باشند. رقم X95TH69 نیز در نمودارهای سه بعدی، در نزدیکی این ارقام بود و می‌تواند در گروهA قرار گیرد. ارقام X95TH42 و Flip-82-115 بیشترین میزان عددی شاخص‌ها را داشتند که نشان دهنده مقاومت بالای این ارقام به خشکی است. ارقام Flip-00-40c، X96TH46، S95346، X96TH41K4 و X94TH154 نیز همانطور که قبلا اشاره شد در گروه D قرار گرفتند. برای مشخص شدن ارقام گروه A، B، C وD نمودار پراکنش روی محورهای عملکرد در شرایط دیم (Ys) و آبی (Yp) ترسیم شد (شکل ۲). براساس نمودار رسم شده‌ی Ys در مقابل Yp ارقام X95TH42، X96TH54، بیونیچ و Flip-82-115 در گروه A، ارقام S95274، S96085، Flip-82-245، هاشم، Flip-00-63 و S95181 در گروه B، ارقام IIC482، X95TH69، Flip-99-26c و آرمان در گروه C و ارقام Flip-82-150c، X96TH41K4، X94TH154، S95346، Flip-00-40c و X96TH46 در گروه D قرار گرفتند. در این نمودار ارقام پر محصول و کم محصول نسبت به میانگین کل ارقام به تفکیک شرایط دیم و آبی گروه بندی شدند. این معیار، معیار مناسبی جهت بررسی ارقام نیست و از این رو برای ارزیابی بهتر ژنوتیپ‌ها به صورت انفرادی، نمودارهای پراکنش سه بعدی بر اساس شاخص‌های منتخب و همچنین نمودار تجزیه خوشه‌ای رسم شد. از طرفی جهت مقایسه بهتر شاخص‌های SSI و TOL با سایر شاخص‌ها نمودار سه بعدی آنها نیز رسم شد. شکل ۳ پراکنش سه بعدی ارقام در برابر شاخص‌های MP، STI، GMP و HM و عملکرد در شرایط تنش (Ys) و بدون تنش (Yp) را نشان می‌دهد.

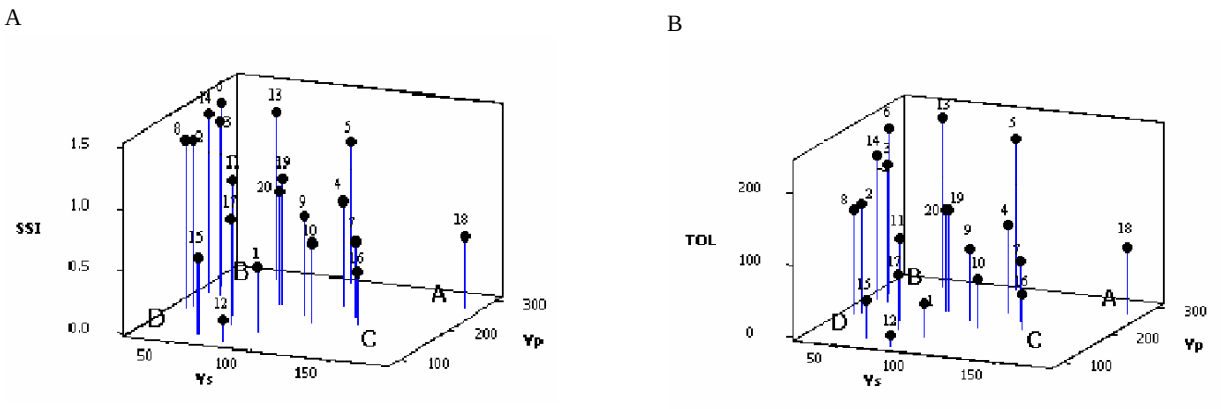
شکل های سه بعدی A و B (شکل ۴) به ترتیب نشان دهنده تغییرات ارقام در رابطه با شاخص‌های SSI و TOL می‌باشد. این شکل‌ها رابطه عکس این دو شاخص را با سایر شاخص‌های بیان شده فوق نشان داده و بیانگر عدم کارایی این دو شاخص می‌باشد. رقم X95TH42 که بهترین رقم گروه A بود در این نمودارها به درستی قابل شناسایی نیست و رقم Flip-82-115 که از ارقام تقریبا مقاوم است میزان بالایی از این دو شاخص را به خود اختصاص داده است که بیان کننده حساسیت آن به خشکی است. همچنین رقم Flip-00-40c که از کم محصول‌ترین ارقام گروه D به شمار می‌رود کمترین مقدار این دو شاخص را داشت. این نتایج بیانگر عدم کارایی این دو شاخص در گزینش ارقام بود که با نتایج حاصل از همبستگی شاخص‌ها مطابقت داشت.



شکل ۲- نمودار پراکنش عملکرد ۲۰ رقم نخود در در شرایط دیم و آبی (نام ژنوتیپ‌ها براساس شماره آنها در جدول ۱ آورده شده است).



شکل ۳- نمودارهای سه بعدی پراکنش ارقام در مقابل شاخص های تحمل به خشکی (MP در شکل A، STI در شکل B، GMP در شکل C و HM در شکل D) و عملکرد در شرایط تنش (Ys) و بدون تنش (Yp).

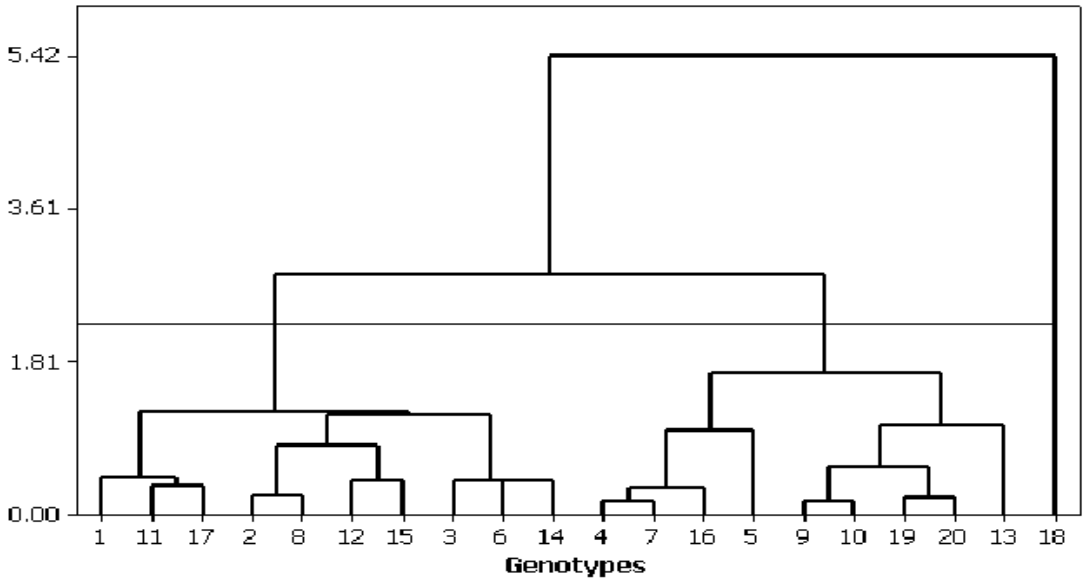


شکل ۴- نمودار سه بعدی پراکنش ارقام در مقابل شاخص ها (SSI در شکل A و TOL در شکل B) و عملکرد در شرایط دیم و آبی.

شکل ۵ نمودار خوشه‌ای ارقام براساس شاخص‌های MP، STI، GMP و HM را نشان می‌دهد. براساس این نتایج رقم X95TH42 به تنهایی در یک گروه مجزا، ارقام S95274، Flip-82-245، S96085، Flip-99-26c، IIC482، Flip-82-115، X95TH69، X96TH54 و بیونیچ در یک گروه و سایر ارقام در گروه سوم قرار گرفتند. به طور آشکاری این گروه بندی نتایج نمودارهای شاخص MP را تایید نمود به طوری که ارقامی که در مرکز نمودار قرار دارند (شامل تعدادی ارقام گروه A و تعدادی ارقام گروه B) در یک گروه قرار گرفتند و از طرفی ارقام گروه D و C نیز در گروه دیگر قرار گرفتند. بنابراین، با توجه به فاصله ارقام گروه دوم و سوم از لحاظ عملکرد به نظر می رسد با تلاقی گروهی آنها بتوان تنوع زیادی برای ایجاد ارقام جدید با توجه به شاخص‌های مقاومت به دست آورد. بدین منظور تلاقی بین ارقام آرمان و X95TH42 که بیشترین فاصله را نسبت به هم دارند در برنامه‌های به‌نژادی نخود از مطلوبیت بیشتری برخوردار خواهد بود.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین گروه‌های بدست آمده در تجزیه خوشه‌ای در جدول ۸ آورده شده است. این نتایج بیان کننده عدم کاربرد دو شاخص SSI و TOL در گروه بندی ارقام است چون بین گروه‌ها از لحاظ این دو شاخص اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اختلاف آماری بین گروه اول و دوم از نظر عملکرد در شرایط آبی (Yp) معنی‌دار نبود و این بدان معنی است که این ارقام می‌توانند در دسته ارقام تقریبا پر محصول در این شرایط قرار بگیرند. از طرفی اختلاف معنی‌دار عملکرد

همه‌ی این شاخص‌ها بطور همزمان جهت گزینش ضروری بنظر نمی رسد و با توجه به هدف پژوهش، کاربرد یکی از دو شاخص GMP و یا MP کارایی بیشتری دارند. براساس نتایج حاصل از این تحقیق ارقام بیونیچ، Flip-82-115، X96TH54 و X95TH42 جزء ارقام متحمل به تنش خشکی و پر محصول شناخته شدند و از طرفی به علت پایین بودن مقدار شاخص TOL در رقم X95TH42 نسبت به سایر ارقام، این رقم را می‌تواند محتمل‌ترین رقم به خشکی دانست.



شکل ۵- تجزیه خوشه‌ای ارقام براساس شاخص‌های MP، STI، GMP و HM.

جدول ۸- مقایسه میانگین گروه‌های ژنوتیپی بدست آمده در تجزیه خوشه‌ای برای شاخص‌ها

گروه	HM	STI	GMP	SSI	TOL	MP	Y_P	Y_S	میانگین کل
گروه ۱	۲۱۲/۵۹^{a}	۱/۲۰^{a}	۲۱۷/۳۶	۰/۵۶۱۲^{a}	۹۰/۱۰^{a}	۲۲۲/۲۶^{a}	۲۶۷/۳۱^{a}	۱۷۷/۲۱^{a}	۱۴۸/۵۷^{a}
گروه ۲	۱۳۰/۴۷^{b}	۰/۵۵^{b}	۱۴۴/۰۵^{b}	۰/۸۵۰۰^{a}	۱۲۴/۷۷^{a}	۱۶۰/۷۰^{b}	۲۲۳/۰۸^{a}	۹۸/۳۱^{b}	۱۱۰/۳۴^{b}
گروه۳	۷۱/۱۷^{c}	۰/۲۰^{c}	۷۸/۲۹^{c}	۱/۰۲۰۰^{a}	۱۱۸/۹۸^{a}	۱۱۰/۷۹^{c}	۱۷۰/۲۸^{b}	۵۱/۳۰^{c}	۷۶/۳۸^{c}

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین گروه‌ها می‌باشد.

منابع

1. Ahmadi, J., H. Zeinaly Khanghah, M.A. Rostamy and R. Chogan. 2000. Study of drought tolerance indices and biplot method in eight corn hybrids. Iranian J. Agric. Sci., 31: 513-523.
2. Biabani, A. 2009. The effect of planting arrangement on yield, yield components and some characteristic in chickpea. Electronic J Crop Production. 2: 15-24.
3. Emamjome, A. 1999. Genetics distance defines by means of RAPD-PCR, evaluation of water resistance indices and analysis of adaptability in Iranian chickpea. M.Sc. Thesis. College of Agriculture. Razi University. 156 pp.
4. Farshadfar, A., M. Zamani, M. Talebi Matlabi and A. Emamjome. 2001. Selection for drought resistance chickpea lines. Iranian J. Agric. Sci., 32: 65-76.
5. Fernandez, G.G.J. 1992. Effective selection criteria for Assessing plant stress tolerance. In: C.G. Kuo. (ed.), Adaptation of food crops to temperature and water stress, AVRDC, Shanhau, Taiwan. pp: 259-270.
6. Fischer, R. and R. Mourer. 1987. Drought resistance in spring wheat cultivar. I. Grain responses. Aust. J. Agric. Res., 29: 897-912.
7. Ganjali, A., M. Kafi, A.R. Bagheri and F.A. Shahriar. 2005. Selection for drought resistance in chickpea genotypes (*Cicer arientinum*). Iranian J. Agric. Res., 3: 103-122.
8. Geervani, P. 1991. Utilization of chickpea in India and scope for novel and alternative uses. In: Uses of tropical grain legumes: Proceedings of consultants' meeting pp: 47-54. 27-30 March 1989. Patancheru, India: ICRISAT Center.
9. Gunes, A., A. Inal, M.S. Adak, E.G. Bagci, N. Cicek and F. Eraslan. 2008. Effect of drought stress implemented at pre-or post-anthesis stage on some physiological parameters as screening criteria in chickpea cultivars. Russian J. Plant Physiol., 55: 59-67.
10. Kargar, M.A., M.R. Ghanadha, A.A. Bozorgipour, Kh.A. Atari and H.R. Babai. 2004. Evaluation of drough resistance indices in some soybean genotypes at restricted condition. Iranian J. Agric. Sci., 35: 129-142.
11. Kramer, P.J. 1980. Drought stress and origin of adaptation of plants to water and high temperatures stress. Tuner, N.C. and Kramer, P.J., Eds. New York: Wiley. pp: 6-20.
12. Kristin, A.A., R.R. Serna, F.I. Perez, B.C. Enriquez, J.A.A. Gallegos, P.R. Vallejo, N. Wassimi and J.D. Kelley. 1997. Improving common bean performance under drought stress. Crop Sci., 37: 43-50.
13. Lopez-Bellido, L., R.J. Lopez-Bellido, J.E. Castillo, F.J. Lopez-Bellido. 2004. Chickpea response to tillage and soil residual nitrogen in a continuous rotation with wheat I. Biomass and seed yield. Field Crops Res., 88: 191-200.
14. Rosielle, A.A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci., 21: 943-946.
15. Safari, S., H. Dehghan and R. Chogan. 2007. Evaluation of corn inbred lines for water resistance based on resistance indices and biplot method. Iranian J. Agric. Sci., 38(2): 215-228.

16. Saxena, N.P. 1987. Screening for adaptation to drought: Case studies with chickpea and pigeonpea. In: Adapation of Chickpea and Pigeonpea to Abiotic Stresses. Proceedings of the Consultants' Workshop. ICRISAT, Patancheru, India, pp: 63-76.
17. Singh, K.B. and B. Ocampo. 1997. Exploitation of wild cicer species for yield improvement in chickpea. Theor. Appl. Genet., 95: 418-23.
18. Silim, S.N., M.C. Saxena and K.B. Singh. 1993. Evaluation of spring-sown chickpea to the Mediterranean basin. II. Factors influencing yield under drought. Field Crops Res., 34: 137-146.
19. Talebi, R., F. Fayaz, M. Mardi, S.M. Pirsyedian and A.M. Naji. 2008. Genetic relationships among chickpea (*Cicer arietinum*) elite lines based on RAPD and agronomic traits. Int. J. Agric. Bio., 10: 301-305.

Evaluation of Stress Indices for Drought Tolerance Screening of Chickpea (*Cicer arietinum* L.)

A. Saed Moucheshi[1], B. Heidari[2] and E.A. Farshadfar[3]

Abstract

In order to evaluate drought tolerance indices in chickpea, determination of the best indicator of drought tolerance and identifying tolerant cultivars in water limited condition, a randomized complete block design (RCBD) with three replications and 20 chickpea genotypes was used under irrigation and rainfed conditions at research farm of College of Agriculture, Razi University, Kermanshah. The results of correlation coefficient showed that STI and GMP indices are advisable for selection of higher yielding chickpea cultivars in water limited condition while in situations in which water supply is not critical MP index can be used. The results of stepwise regression showed that HM (R^2= 0.92) and MP (R^2= 0.75) indices determined the most variation of the traits in rainfed and irrigated condition, respectively. Based on evaluation of drought tolerance indices, the cultivars Bivanich, Flip-82-115, X95TH42 and X95TH54 were identified as tolerant chickpea cultivars in water limited condition. The results of dendrogram for cultivars based on HM, STI, GMP and MP was in agreement with three dimensional plots of these indices. Cluster analysis of cultivars based on evaluated indices showed that the cultivar X95TH42 was classified in a separated group while S95274, Flip-82-242, S96085, Flip-99-26c, IIC482, Flip-82-115, X95TH69, X96TH54 and Bivanich were belonged to the second group of cluster tree. Therefore, according to yield differences between cultivars, it seems that crosses between cultivars in second and third groups would enhance genetic variation in chickpea breeding programs. In general, the results of this study revealed that GMP and MP indices were more efficient to select drought tolerant chickpea cultivars and consequently the cultivars Bivanich, Flip-82-115, X96TH54 and X95TH42 could be considered as tolerate cultivars. In addition, due to low TOL for X95TH42 compared to other cultivars, it can be concluded that it has highest tolerance to drought condition among evaluated chickpea cultivars.

Keywords: Chickpea, Drought, Drought tolerance indices

1- Former M.Sc. Student, University of Shiraz
2- Assistant Professor, University of Shiraz (Corresponding author)
3- Professor, University of Razi, Kermanshah