

ارزیابی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های نخود تیپ کابلی

Evaluation of Drought Tolerance in Kabuli Type Chickpea Genotypes

هادی محمدعلی پوریامچی^۱، محمدرضا بی‌همتا^۲، سیدعلی پیغمبری^۳
و محمدرضا نقوی^۴

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، کرج

۲، ۳ و ۴- به ترتیب استاد، دانشیار و استاد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۰/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۳/۱۹

چکیده

محمدعلی پوریامچی، بی‌همتا، م. پ. پیغمبری، س. ع. و نقوی، م. ر. ۱۳۹۰ ارزیابی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های نخود تیپ کابلی. مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۲۷: ۴۰۹-۳۹۳.

به منظور ارزیابی مقاومت به خشکی و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل، ۶۲ ژنوتیپ نخود کابلی به همراه دو رقم شاهد جم و کوروش با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش آزمایشی در قالب طرح لاتیس ساده (۸×۸) در دو شرایط تنش و بدون تنش در سال ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران اجرا شد. شاخص‌های MP، GMP، HARM و STI که بیشترین همبستگی معنی‌دار را با عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش داشتند، به عنوان شاخص‌های برتر برای غربال ژنوتیپ‌های متحمل معرفی شدند. پس از ترسیم نمودار بای‌پلات ژنوتیپ‌های شماره ۱۲۰، ۱۳۹، ۳۵۷، ۳۵۶، ۲۳۹ و ۲ به همراه دو رقم شاهد جم و کوروش به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل با عملکرد بالا و ژنوتیپ‌های شماره ۲۳۶، ۳۲۳، ۳۰۶، ۵۲۵ و ۳۱۸ به عنوان ژنوتیپ‌های حساس به تنش خشکی شناسایی شدند. تجزیه خوشه‌ای براساس شاخص‌های MP، GMP، HARM، STI و DRI و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش، ژنوتیپ‌ها را در چهار کلاستر دسته‌بندی کرد که اکثر ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی با عملکرد بالا در کلاستر اول و بیشترین ژنوتیپ‌های حساس به خشکی با بیشترین فاصله در کلاستر چهارم قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: نخود تیپ کابلی، تنش خشکی، شاخص‌های ارزیابی تحمل به خشکی.

مقدمه

در میان عوامل محدود کننده طبیعی، کمبود آب مهم‌ترین عاملی است که به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک جهان به طرق مختلف باعث محدودیت کاشت و کاهش محصولات غذایی می‌شود. بر اساس گزارش فائو ۹۰ درصد از کشور ایران با متوسط بارندگی ۲۴۰ میلی‌متر در نواحی خشک و نیمه خشک قرار دارد (Anonymous, 2008). یک سوم اراضی قابل کشت در جهان از کمبود آب کافی برای کشاورزی رنج می‌برند و با تغییرات آب و هوایی و افزایش جمعیت این مشکل در آینده جدی‌تر خواهد شد (Houero, 1996)، بنابراین شناسایی گیاهان متحمل به این شرایط با عملکرد مطلوب و مطالعه سازوکارهای تحمل آن‌ها از مهم‌ترین راه حل‌ها برای مبارزه با مشکل خشکی است (Rebetzke et al., 2006). تحمل به خشکی صفت کمی است و روش اندازه‌گیری مستقیمی برای آن وجود ندارد. این امر باعث مشکل شدن شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی می‌شود (Takeda and Matsuoka, 2008) با این حال به نظر می‌رسد عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش خشکی نقطه شروع خوبی برای انتخاب ژنوتیپ‌ها برای استفاده در کارهای به‌نژادی در شرایط خشکی باشد (Farshadfar et al., 2001)؛ (Ludlow and Muchow, 1990).

حیوانات نقش مهمی در تأمین نیازهای

غذایی انسان ایفا می‌کنند و در بین حیوانات، نخود سومین محصول جهانی است که در ۴۸ کشور جهان با سطحی بیش از ۱۱/۱۲ میلیون هکتار و تولیدی بیش از ۸ میلیون تن کشت می‌شود (Anonymous, 2008). علی‌رغم سطح زیر کشت بالای این گیاه، تولید محصول آن در اکثر کشورهای تولید کننده نخود بسیار کم است و یک شکاف عمیق بین پتانسیل تولید (۵ تن در هکتار) و تولید واقعی (۰/۸ تن در هکتار) وجود دارد (Anonymous, 2008). در بین کشورهای تولید کننده نخود، ایران از نظر سطح زیر کشت پس از هندوستان، پاکستان و ترکیه در مقام چهارم قرار دارد، در صورتی که از نظر عملکرد در واحد سطح به همراه کشور تانزانیا با تولید ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار در آخرین رده قرار گرفته است (Sabaghpour et al., 2003). پایین بودن عملکرد نخود در ایران، بیشتر به دلیل کشت ارقام کم محصول و حساسیت آن‌ها به تنش‌های محیطی مختلف است. تنش خشکی به عنوان مهم‌ترین تنش غیر زنده در کاهش عملکرد این گیاه مطرح شده است (Sarmadnia and Koocheki, 1992)؛ (Bagheri et al., 2000). بررسی‌ها نشان داده است که از بین تنش‌های مختلف زیستی و غیرزیستی، تنش خشکی به تنهایی علت کاهش ۵۰ درصد عملکرد نخود است (Anbessa and Bejiga, 2002).

در راستای افزایش بازدهی تولید نخود در

(STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، گاووزی و همکاران (Gavuzzi *et al.*, 1998) شاخص عملکرد (YI) و گلستانی و آساد (Golestani and Assad, 1998) نرخ کاهش عملکرد (Yr) را برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی معرفی کردند. فرناندز (Fernandez, 1992) واکنش گیاهان را براساس عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط تنش و بدون تنش به چهار گروه تقسیم کرد: گروه A: ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط دارای عملکرد یکسانی هستند. گروه B: ژنوتیپ‌هایی که در محیط بدون تنش عملکرد خوبی دارند. گروه C: ژنوتیپ‌هایی که در محیط تنش عملکرد خوبی دارند. گروه D: ژنوتیپ‌هایی که در هر دو شرایط عملکرد کمی دارند. بهترین شاخص آن است که بتواند گروه A را از سه گروه دیگر متمایز کند. وی طی آزمایشی نشان داد که شاخص STI برای انتخاب ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش بهتر از سایر شاخص‌ها است. فررز و همکاران (Ferrer *et al.*, 1983) معتقدند که بررسی واکنش ارقام نسبت به خشکی اگر تنها بر مبنای حساسیت عملکرد آنها نسبت به خشکی باشد مفیدتر است. فیشر و مورر (Fisher and Maurer, 1978) دو مرحله در تهیه ارقام متحمل به خشکی را مطرح کردند، ابتدا ارقام براساس عملکرد دانه در شرایط تنش آبی به گونه‌ای شدید و سریع غربال می‌شوند و سپس نمونه‌های باقی مانده بر اساس صفات مورفولوژیک مهم و مرتبط با

شرایط تنش خشکی، بهبود سازگاری این گیاه به شرایط تنش مورد نیاز است. در بسیاری از گیاهان مرتعی و زراعی، اجتناب از تنش خشکی آخر فصل به عنوان یک راهبرد اکولوژیک مطرح است. بدیهی است در این شرایط گیاه از طریق تسریع فنولوژی، قبل از وقوع تنش و مواجهه با خشکی، چرخه زندگی خود را تکمیل کرده و به نوعی از خشکی فرار می‌کند (Turner *et al.*, 2001). بنابراین به نظر می‌رسد یکی از راه‌های مقابله با تنش خشکی، اصلاح گیاهان متحمل و زودرس است و شناخت این موضوع که هر یک از گیاهان یا ژنوتیپ‌ها چگونه با تنش مقابله می‌کنند، حائز اهمیت است (Koocheki *et al.*, 2006) و انتخاب برای گیاهانی که بدین شکل از تنش خشکی اجتناب می‌کنند، با موفقیت‌های زیادی همراه بوده است (Siddique *et al.*, 1999; Subarao *et al.*, 1995).

به منظور انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی شاخص‌های مختلفی براساس عملکرد در شرایط تنش و غیر تنش معرفی شده است. فیشر و مورر (Fisher and Maurer, 1978) شاخص حساسیت به تنش (SSI)، روزیل و هامبلین (Rosille and Hamblin, 1981) شاخص تحمل (TOL) و شاخص میانگین بهره‌وری (MP)، بوسلاما و اسکاپوت (Boslama and Schapaugh, 1984) شاخص پایداری عملکرد (YSI)، فرناندز (Fernandez, 1992) شاخص تحمل به تنش

عملکرد و مؤثر در تحمل به خشکی غربال می‌شوند. سی‌وسه مرده و همکاران (Sio-semardeh et al., 2006) نتیجه گرفتند که در شرایط تنش ملایم، شاخص‌های STI، GMP و MP می‌توانند شاخص‌های مؤثر در انتخاب لاین‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش باشند ولی در شرایط تنش شدید هیچ‌کدام از شاخص‌ها قادر به شناسایی لاین‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط نیستند، اگرچه می‌توان از شاخص‌های ضریب رگرسیون (b) برای شناسایی لاین‌های مقاوم در شرایط تنش شدید بهره برد. این تحقیق به منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی لاین‌های نخود کابلی از نظر تحمل به خشکی، انتخاب مناسب‌ترین شاخص‌های تحمل به تنش خشکی و شناسایی لاین‌های متحمل اجرا شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، ۶۲ ژنوتیپ نخود کابلی به همراه دو رقم شاهد محلی کوروش و جم، از کلکسیون حبوبات دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران-کرج انتخاب و در قالب دو طرح لاتیس ساده (۸×۸)، به صورت جداگانه در شرایط آبی و تنش خشکی آخر فصل در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی دانشگاه تهران واقع در دولت آباد کرج با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۱۱۲/۵ از سطح دریا در سال زراعی ۱۳۸۹ اجرا شد. براساس متوسط داده‌های سی‌ساله،

میانگین بارندگی در هر سال ۲۴۳ میلی‌متر و میزان کل بارندگی در طول فصل رشد مورد نظر (فروردین تا تیر) برابر ۱۰۱/۷ میلی‌متر بود. عملیات تهیه زمین با شخم با عمق ۲۵ سانتی‌متر در پاییز ۱۳۸۸ آغاز و قبل از کاشت آماده‌سازی زمین با یک شخم بهاره و دیسک انجام شد. برای انجام آزمون خاک یک نمونه مرکب از آن تهیه و برای تجزیه فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه خاک‌شناسی منتقل شد. بر اساس نتایج تجزیه خاک به مقدار ۲۳ کیلوگرم در هکتار یا به عبارتی ۴/۶ گرم در هر کرت آزمایشی نیتروژن خالص از منبع اوره به عنوان کود اولیه به خاک اضافه شد. کاشت بذر به صورت دستی انجام شد و هر کرت آزمایشی شامل دو خط به طول ۲ متر و با فاصله خطوط ۵۰ سانتی متری و فاصله بذرهای بر روی خطوط ۱۰ سانتی متر و عمق بذر حدود ۵ سانتی متر بود. در مراحل داشت، برای مبارزه با علف‌های هرز، وجین دستی انجام شد. به منظور تعیین عملکرد دانه در هر دو شرایط، برداشت زمانی که حدوداً ۹۰ درصد بوته‌های هر کرت آزمایشی رسیده بودند پس از حذف ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان اثر حاشیه‌ای، نمونه‌برداری از مابقی بوته‌های موجود انجام شد.

با استفاده از میانگین عملکرد بوته‌های هر کرت در شرایط بدون تنش (Y_{pi}) و شرایط تنش (Y_{si})، شاخص‌های کمی مقاومت به تنش به شرح زیر محاسبه شد:
شاخص میانگین بهره‌وری

نتایج و بحث

خصوصیات اقلیمی و نتایج تجزیه خاک مزرعه آزمایشی محل اجرای تحقیق به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده‌اند.

به منظور شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل، شاخص‌های تحمل به خشکی برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی محاسبه شدند (جدول ۳). به طور کلی تنش خشکی باعث کاهش ۲۳/۲۵ درصدی عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی شد. همان‌طوری‌که ملاحظه می‌شود در شرایط بدون تنش و تنش بیشترین عملکرد تک بوته متعلق به ژنوتیپ شماره ۱۲۰ (۰۳۵۸۵ - ۰۰۷۱ - ۱۲) و کمترین (Ysi=۲۷/۵۵ و Ypi=۴۳/۲۴) عملکرد در شرایط بدون تنش با متوسط ۱۰/۱۰ مربوط به ژنوتیپ شماره ۲۳۶ (۰۳۷۵۰ - ۰۰۷۱ - ۱۲) و در شرایط تنش با متوسط ۵/۹ مربوط به ژنوتیپ شماره ۴۶۶ (۰۴۰۴۳ - ۰۰۷۱ - ۱۲) بود. ژنوتیپ شماره ۱۲۰ علاوه بر دارا بودن عملکرد بالا در شرایط بدون تنش و تنش، از نظر شاخص‌های تحمل به خشکی نیز بیشترین مقدار شاخص میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین هارمونیک (HARM) و شاخص تحمل به تنش (STI) را داشت و مناسب‌ترین ژنوتیپ برای کاشت در شرایط تنش و بدون تنش شناسایی شد. علاوه بر ژنوتیپ شماره ۱۲۰، ژنوتیپ‌های شماره ۵۳۴، ۳۵۷، ۲، جم (۹۹۸) و کوروش (۹۹۹) نیز از نظر شاخص‌های تحمل به خشکی MP، GMP، HARM و STI

$$MP = (Y_{pi} + Y_{si}) / 2$$

شاخص تحمل

$$TOL = Y_{pi} - Y_{si}$$

شاخص میانگین هندسی بهره‌وری

$$GMP = \sqrt{(Y_{pi} \times Y_{si})}$$

شدت تنش

$$SI = 1 - (Y_s / Y_p)$$

شاخص حساسیت به تنش

$$SSI = (1 - (Y_{si} / Y_{pi})) / SI$$

شاخص تحمل به تنش

$$STI = (Y_{pi} \times Y_{si}) / (Y_p)^2$$

شاخص عملکرد

$$YI = Y_{si} / Y_s$$

شاخص پایداری عملکرد

$$YSI = Y_{si} / Y_{pi}$$

میانگین هارمونیک بهره‌وری

$$HARM = (2 \times (Y_{pi} \times Y_{si})) / (Y_{pi} + Y_{si})$$

نرخ کاهش عملکرد

$$Yr = 1 - (Y_{si} / Y_{pi})$$

شاخص پاسخ به خشکی

$$DRI = (Y_{si} - Y) / (S.E. of Y), Y = a - bFi + cY_{pi}$$

که در آن Yp: میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف در شرایط بدون تنش، Ys: میانگین عملکرد در شرایط تنش، Fi: تعداد روز تا گلدهی، Y: برآورد رگرسیونی عملکرد در شرایط تنش و S.E. of Y: خطای استاندارد رابطه رگرسیونی هستند.

پس از آزمون نرمال بودن داده‌ها با نرم‌افزار Minitab16، تعیین همبستگی بین عملکرد در محیط تنش و بدون تنش و شاخص‌ها، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تجزیه خوشه‌ای و تابع تشخیص با برنامه SPSS18 و ترسیم نمودارهای سه‌بعدی و بای‌پلات توسط نرم‌افزار STATGRAPHICS انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات اقلیمی محل اجرای آزمایش در سال ۱۳۸۹
Table 1. Meteorological characterization of experimental site in 2010

Month	ماه	متوسط درجه حرارت Average daily temperature (°C)	میزان بارندگی Rainfall (mm)	میانگین تبخیر Average evaporation (mm)	میانگین رطوبت نسبی Average relative humidity (%)	میانگین ساعات آفتابی در روز Average daily sunny hours	میانگین دمای حداقل زمین Earth's average minimum temperature (°c)
21 March- 20 April	فروردین	12.6	54.0	5.10	57.0	7.52	3.56
21 April- 21 May	اردیبهشت	17.6	47.3	6.50	54.0	7.60	8.21
22 May- 21 June	خرداد	25.7	0.4	11.68	31.0	11.13	14.04
22 June- 22 July	تیر	29.1	0.0	12.87	33.0	11.70	17.69
23 July- 22 August	مرداد	27.3	0.0	11.78	35.0	11.24	17.42
23 August- 22 September	شهریور	24.3	0.0	9.21	39.8	10.48	13.94

جدول ۲- نتایج تجزیه خاک محل اجرای آزمایش در سال ۱۳۸۹
Table 2. Soil analysis of the experimental site in 2010

Soil texture (Loam)	Gypsum (%)	Organic matter (%)	SAR	اسیدیته هدايت الکتریکی				آهن قابل جذب		روی قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	نیترژن کل		
				EC ds.m ⁻¹	PH	Na ⁺ (meq/lit)	Mg (meq/lit)	Ca ²⁺ (meq/lit)	Absorbable Iron (mgkg ⁻¹)	Absorbable Zinc (mgkg ⁻¹)	Absorbable Potassium (mgkg ⁻¹)	Absorbable phosphorus (mgkg ⁻¹)	Total Nitrogen (%)		
شن Sand(%)	سیلت Silt(%)	رس Clay(%)													
38	38	24	7.7	0.84	1.48	1.74	8	4.13	5	10.6	8.2	1.41	151	14.2	0.09

معیار مناسب برای تحمل به خشکی پیشنهاد کرده‌اند (Arnon, 1972)؛ (Blum, 1988). به عقیده بلوم (Blum, 1988) بهترین شاخص آن است که در هر دو شرایط نرمال و تنش دارای همبستگی معنی‌داری با عملکرد باشد. بنابراین با استفاده از تحلیل همبستگی بین عملکرد در شرایط نرمال و تنش و شاخص‌های کمی تحمل به خشکی، شاخص‌های تحمل را غربال و مناسب‌ترین شاخص‌ها، انتخاب شد (جدول ۴). با توجه به این‌که شاخص‌های STI، MP، GMP و HARM همبستگی معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد با عملکرد آبی و دیم نشان

بالاترین مقادیر را داشتند. البته باید توجه داشت که همه ژنوتیپ‌هایی که در شرایط بدون تنش عملکرد بالایی دارند، لزوماً در شرایط تنش خشکی دارای عملکرد بالایی نیستند.

نظر به این‌که تحمل به خشکی یک صفت پیچیده است و عوامل مختلفی در آن دخالت دارند، قضاوت پیرامون لاین‌ها از نظر یک صفت، پیچیده و گاهی اوقات با نتایج متناقض همراه است (Emam Jome, 1999؛ Maroufi, 1998؛ Nourmand Moayyed, 1997). محققان وضعیت نسبی عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش خشکی را به عنوان یک

دادند (جدول ۴)، می‌توان این شاخص‌ها را به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال کردن لاین‌های متحمل به خشکی که در شرایط نرمال و دیم نیز عملکرد بالایی دارند در نظر گرفت. شاخص تحمل (TOL) و حساسیت به تنش (SSI) همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد در شرایط بدون تنش و همبستگی منفی و معنی‌دار با عملکرد در شرایط تنش نشان دادند (جدول ۴)، بنابراین انتخاب ژنوتیپ‌ها با مقادیر کمتر این شاخص‌ها باعث برگزیدن ژنوتیپ‌هایی می‌شود که عملکرد بالا در شرایط تنش و عملکرد پایین در شرایط بدون تنش دارند. شاخص‌های مذکور برای شناسایی ارقام متحمل مفید نیستند (Schneider *et al.*, 1997)؛ شاخص DRI (Schneider *et al.*, 1992). شاخص همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد در شرایط تنش نشان داد ولی همبستگی آن با عملکرد در شرایط بدون تنش معنی‌دار نبود. براساس این شاخص ژنوتیپ‌هایی که مقدار DRI آن‌ها بیشتر باشد به عنوان ژنوتیپ‌هایی که واقعاً متحمل به خشکی هستند، معرفی می‌شوند (Anbessa and Bejiga, 2002). البته از آنجائی که این شاخص، تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها را مستقل از مکانیسم‌های فرار از خشکی ارزیابی می‌کند بنابراین ژنوتیپ‌های انتخابی توسط این شاخص ممکن است عملکرد بالایی در شرایط بدون تنش نشان ندهند. با این حال این شاخص همبستگی مثبت و معنی‌داری را با شاخص‌های MP،

GMP، HARM و STI نشان داد. —————
 سامیع‌زاده و همکاران (Samieezadeh *et al.*, 1996) در آزمایشی با ارقام نخود سفید نتیجه‌گیری کرد که شاخص‌های GMP و STI برای برآورد پایداری عملکرد و دستیابی به ارقام با عملکرد بالا مناسب‌تر هستند. امام جمعه (Emam Jome, 1999) و فرشادفر و همکاران (Faeshadfar *et al.*, 2001) نیز در مطالعه‌ای روی ژنوتیپ‌های نخود نشان دادند که شاخص‌های STI، MP، GMP و HARM به عنوان بهترین شاخص‌ها برای ارزیابی تحمل به خشکی هستند. فرایدی (Fraidi, 2004) در ارزیابی مقاومت به خشکی در ۲۰ ژنوتیپ نخود کابلی شاخص‌های MP، GMP و STI را به عنوان شاخص‌های ارزیابی تحمل معرفی کردند و با این شاخص‌ها سه ژنوتیپ جم، ILC1799 و ILC3101 را به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی معرفی کردند. گنجعلی و همکاران (Ganjali *et al.*, 2005) نیز در بررسی مقامت ۳۴ ژنوتیپ نخود کابلی، شاخص‌های MP، GMP، STI و HM که بیشترین همبستگی را با عملکرد در محیط تنش و بدون تنش داشتند را به عنوان شاخص‌های ارزیابی تحمل به خشکی معرفی کردند براساس این شاخص‌ها سه ژنوتیپ متحمل به خشکی معرفی شدند. در مطالعه دیگری گنجعلی و همکاران (Ganjali *et al.*, 2009) روی تحمل به خشکی در ۱۵۰ ژنوتیپ نخود کابلی نشان دادند که شاخص‌های MP،

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش با شاخص های تحمل در ژنوتیپ های نخود کابلی

Table 4. Correlation coefficients between Yp, Ys and tolerance indices in kabuli type chickpea genotypes

	Yp	Ys	MP	GMP	HARM	STI	SSI	TOL	YSI	YI	Yr
Ys	0.529**										
MP	0.889**	0.859**									
GMP	0.832**	0.909**	0.993**								
HARM	0.772**	0.943**	0.975**	0.995**							
STI	0.819**	0.903**	0.982**	0.989**	0.984**						
SSI	0.382**	-0.564**	-0.075 ^{ns}	-0.180 ^{ns}	-0.271*	-0.177 ^{ns}					
TOL	0.569**	-0.397**	0.129 ^{ns}	0.018 ^{ns}	-0.080 ^{ns}	0.010 ^{ns}	0.960**				
YSI	-0.382**	0.564**	0.075 ^{ns}	0.180 ^{ns}	0.271*	0.177 ^{ns}	-1.000**	-0.960**			
YI	0.529**	1.000**	0.859**	0.909**	0.943**	0.903**	-0.564**	-0.397**	0.564**		
Yr	0.382**	-0.564**	-0.075 ^{ns}	-0.180 ^{ns}	-0.271*	-0.177 ^{ns}	1.000**	0.960**	-1.000**	-0.564**	
DRI	0.010 ^{ns}	0.854**	0.468**	0.562**	0.639**	0.562**	-0.899**	-0.816**	0.899**	0.854**	-0.899**

ns و ** به ترتیب عدم معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

Yp: عملکرد پتانسیل؛ Ys: عملکرد در شرایط تنش؛ MP: میانگین بهره‌وری؛ GMP: میانگین هندسی بهره‌وری؛ HARM: میانگین هارمونیک بهره‌وری؛ STI: شاخص تحمل به تنش؛ SSI: شاخص حساسیت به تنش؛ TOL: شاخص تحمل؛ YSI: شاخص پایداری عملکرد؛ YI: شاخص عملکرد؛ Yr: نرخ کاهش عملکرد؛ DRI: شاخص پاسخ به تنش.

Yp: Potential Yield; Ys: Stress Yield; MP: Mean Productivity; GMP: Geometric Mean Productivity; HARM: Harmonic mean; STI: Stress Tolerance Index; SSI: Stress Susceptibility Index; TOL: Tolerance index; YSI: Yield Stability Index; YI: Yield Index; Yr: Yield reduction rate; DRI: Drought Response Index.

ژنوتیپ عدس نشان دادند که شاخص های GMP و STI بیشترین همبستگی مثبت را با عملکرد در شرایط خشکی و نرمال دارند و براساس این شاخص ها دو ژنوتیپ متحمل به خشکی را معرفی کردند.

بعد از آن که بهترین شاخص های کمی تحمل به خشکی شناسایی شدند، به منظور گزینش ژنوتیپ های متحمل به خشکی و با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش، از نمودار سه بعدی استفاده شد (شکل های ۱ و ۲). نمودار سه بعدی رابطه بین سه متغیر Y_{pi} , Y_{si} و یکی از شاخص های تحمل را نشان که در آن عملکرد در محیط تنش روی محور Yها، عملکرد در محیط بدون تنش روی محور Xها و شاخص های تحمل روی محور Zها نمایش داده می شوند. با توجه

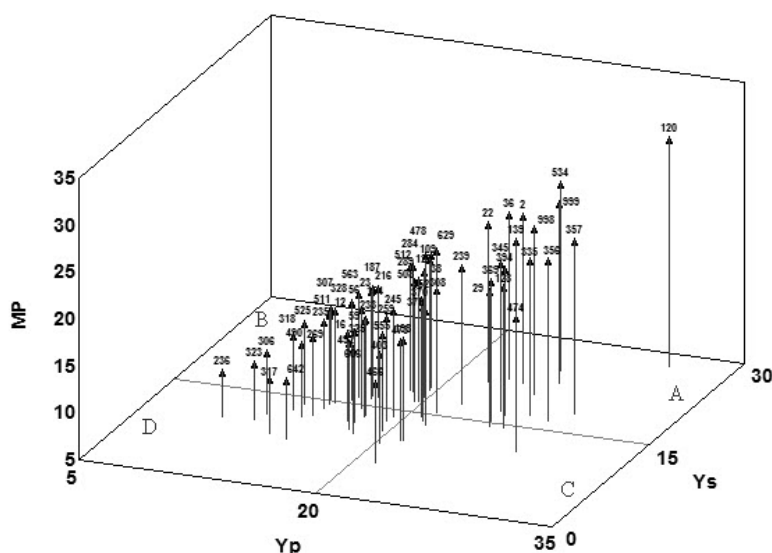
GMP، HARM و STI بیشترین همبستگی مثبت و معنی دار را با عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش دارند و براساس این شاخص ها چهار ژنوتیپ انتخاب شدند که مقدار DRI بالایی نیز داشتند، بنابراین ژنوتیپ های انتخاب شده علاوه بر دارا بودن عملکرد بالا از تحمل به خشکی بالاتری نیز برخوردار بودند. پوراسماعیل و همکاران (Pouresmael et al., 2009) در بررسی تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر ۱۰۳ نمونه نخود کابلی، شاخص های STI و GMP را به عنوان مناسب ترین شاخص ها برای غربال ژنوتیپ های متحمل در کلیه تیمارهای آبیاری شناسایی کردند.

ناروئی راد و همکاران (Naroui Rad et al., 2010) در ارزیابی ۱۸

امام‌جمعه (Emam Jome, 1999)، فرشادفر و همکاران (Farshadfar *et al.*, 2001)، گنجعلی و همکاران (Ganjali *et al.*, 2005) و پوراسماعیل و همکاران (Pouresmael *et al.*, 2009) مورد استفاده و تأیید قرار گرفته است.

نمودار سه بعدی فقط رابطه بین سه متغیر را بررسی می‌کند، برای بررسی رابطه بین بیش از سه متغیر از یک نمودار چند متغیره موسوم به بای‌پلات استفاده می‌شود (Emam Jome, 1997؛ Maroufi, 1998؛ Noumand Moayyed, 1997؛ Fernandez, 1992). بدین منظور ابتدا تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر مبنای شاخص‌های تحمل به تنش و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش برای ۶۴ ژنوتیپ انجام شد (جدول ۵). البته با توجه به وجود رابطه خطی بین شاخص‌های

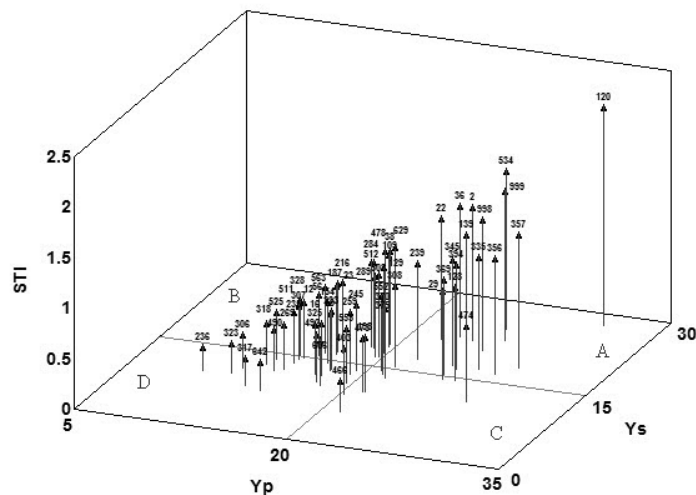
به این سه معیار ژنوتیپ‌ها به چهار گروه A، B، C و D تقسیم می‌شوند و از نظر فرناندز (Fernandez, 1992) مناسب‌ترین شاخص آن است که بتواند گروه A را از سایر گروه‌ها متمایز سازد. براساس نمودارهای سه‌بعدی Y_{pi} و Y_{si} با شاخص‌های MP و STI همان‌طور که ملاحظه می‌شود که ژنوتیپ‌های شماره ۱۲۰، ۲، ۱۳۹، ۳۵۷، ۳۳۵، ۳۵۶، ۳۴۵ و چند ژنوتیپ دیگر به همراه ارقام شاهد جم (۹۹۸) و کوروش (۹۹۹) در گروه A قرار گرفتند، یعنی هم متحمل به تنش کم آبی هستند و هم محصول آن‌ها در محیط آبی و دیم بالاست. استفاده از نمودارهای سه‌بعدی برای تشخیص گروه A از سایر گروه‌ها در لوبیا توسط فرناندز (Fernandez, 1992) و در نخود توسط



شکل ۱- نمودار پراکنش سه‌بعدی تعیین ژنوتیپ‌های نخود تیپ کابلی متحمل به تنش خشکی براساس عملکرد در شرایط بدون تنش (Y_p)، عملکرد در شرایط تنش خشکی (Y_s) و شاخص MP

Fig. 1. 3D plot for determination of tolerant genotypes of kabuli type chickpea to drought stress based on Y_p , Y_s and MP

برای اسامی ژنوتیپ‌ها و اختصارات به جدول‌های ۳ و ۴ مراجعه شود.



شکل ۲- نمودار پراکنش سه بعدی تعیین ژنوتیپ‌های نخود تیپ کابلی متحمل به تنش خشکی براساس عملکرد در شرایط بدون تنش (Yp)، عملکرد در شرایط تنش خشکی (Ys) و شاخص STI
 Fig. 4. 3D plot for determination of tolerant genotypes of kabuli type chichpea based on Yp, Ys and STI

برای اسامی ژنوتیپ‌ها و اختصارات به جدول‌های ۳ و ۴ مراجعه شود.

داشت. از این نظر به نام مؤلفه پتانسل و پایداری عملکرد و تحمل به خشکی نام گذاری شد. بنابراین روی بای پلات حاصله با توجه به مقادیر بالای این مؤلفه‌ها می توان ارقام متحمل به خشکی با عملکرد بالا را انتخاب کرد. دومین مؤلفه که ۳۳/۵۹ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد و همان‌طور که در جدول ۵ ملاحظه می شود با شاخص های TOL و SSI همبستگی مثبت بسیار بالایی نشان داد. بنابراین بر مبنای این مؤلفه، ارقامی انتخاب می شوند که سازگاری خصوصی به شرایط بدون تنش دارند (ژنوتیپ‌های منطقه C در نمودار بای پلات). بنابراین با این مؤلفه می توان ژنوتیپ‌هایی را که دارای TOL و SSI پایین و عملکرد دیم بالا باشند و برعکس را انتخاب کرد. به همین دلیل می توان مؤلفه

Yr و YSI با SSI شاخص YI با عملکرد در شرایط تنش، این شاخص‌ها در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی آورده نشدند. ضرایب عامل‌ها پس از چرخش وریماکس (Varimax) و بر مبنای روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برآورد شدند. بای پلات مربوط بر مبنای دو مؤلفه اول و دوم که ۹۹/۴۳ درصد از تغییرات موجود بین داده‌ها را توجیه کرد، رسم شد (شکل ۳). در فضای بای پلات ژنوتیپ‌ها در گروه‌های مشخصی قرار گرفتند که مرتبط با میانگین عملکرد و تحمل آن‌ها به کمبود آب بود. جدول ۵ نشان می دهد که ۶۵/۸۴ درصد از تغییرات کل داده‌ها مربوط به مؤلفه اول بود که دارای همبستگی مثبت و بالایی با Yp، Ys، MP، GMP، HARM، STI و DRI بوده و همبستگی منفی با شاخص های TOL، SSI

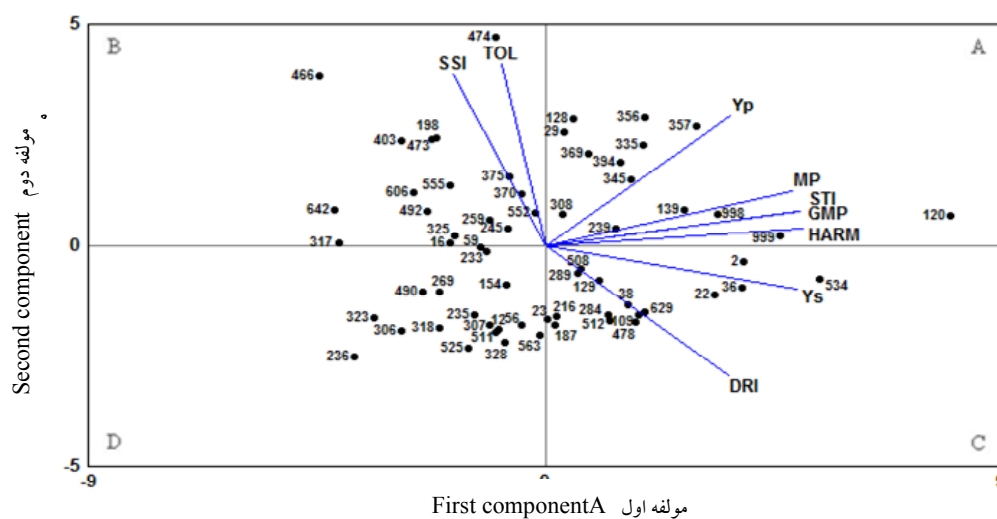
جدول ۵- مقادیر ویژه، بردارهای ویژه و سهم تجمعی شاخص های تحمل و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش در ژنوتیپ های نخود کابلی

Table 5. Eigen values and vector values and cumulative variance of tolerance indices, Yp and Ys in kabuli type chickpea genotypes

مؤلفه	مقادیر ویژه	درصد سهم تجمعی	Yp	Ys	MP	GMP	HARM	STI	SSI	TOL	DRI
Component	Eigen values	Cumulative of variance (%)									
1	5.926	65.844	0.890	0.856	0.999	0.993	0.975	0.985	-0.065	0.134	0.463
2	3.023	99.432	0.452	-0.516	-0.006	-0.116	-0.212	-0.120	0.988	0.989	-0.885

For abbreviations see Table 4.

برای اختصارات به جدول ۴ مراجعه شود.



شکل ۳- نمایش بای پلات ژنوتیپ های نخود کابلی در ۹ شاخص تحمل به خشکی بر اساس دو مؤلفه اول و دوم

Fig 3. Biplot for kabuli type chickpea genotypes at 9 drought tolerance indices on the basis of first and second components

For genotype names and abbreviations see Tables 3 and 4. برای اسامی ژنوتیپ ها و اختصارات به جدول های ۳ و ۴ مراجعه شود.

مؤلفه قرار می گیرند (منطقه A) می توانند به عنوان ژنوتیپ های متحمل به خشکی و پرمحصول پیشنهاد شوند. بنابراین بر اساس نمودار بای پلات ترسیم شده ژنوتیپ های شماره ۱۲۰، ۱۳۹، ۲۳۹، ۲ و ۵۳۴ به همراه ارقام شاهد جم (۹۹۸) و کوروش (۹۹۹) که در ناحیه با پتانسیل تولید بالا و حساسیت پایین به

دوم را به عنوان مؤلفه حساسیت به خشکی نام گذاری کرد. از آنجایی که همبستگی بالایی بین عملکرد در شرایط تنش و همچنین شاخص های تحمل به خشکی با مؤلفه اول وجود دارد و همبستگی مثبت و معنی داری نیز بین مؤلفه دوم و عملکرد پتانسیل وجود دارد لذا ژنوتیپ هایی که در فضای بالایی این دو

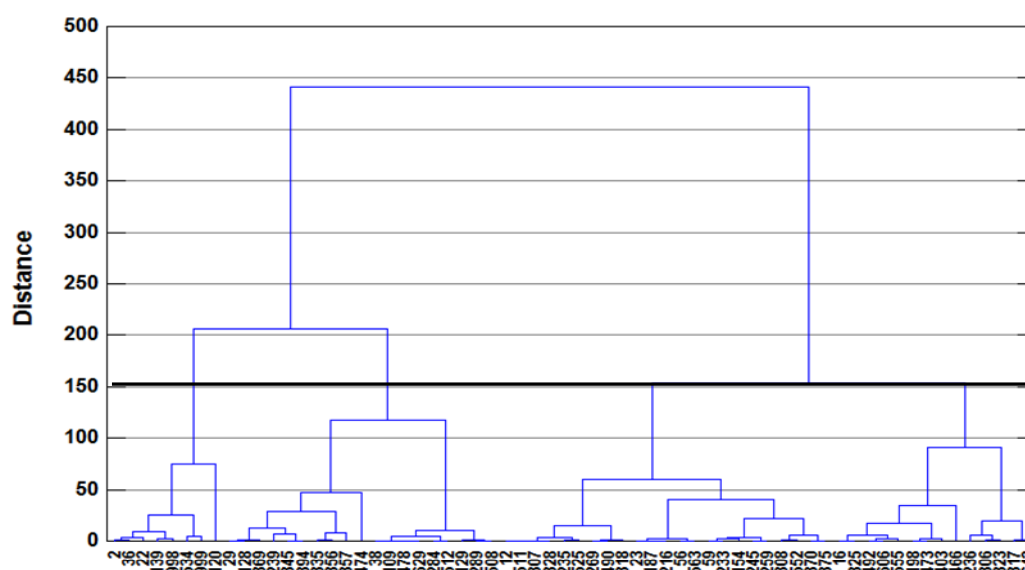
خشکی و در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های مهم تحمل به خشکی MP، HARM، GMP و STI قرار دارند، به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل با عملکرد بالا شناخته شدند. ژنوتیپ‌های شماره ۴۷۴، ۱۹۸، ۴۷۳ و ۳۷۵ که در ناحیه‌ای با عملکرد پایین در شرایط تنش و حساسیت بالا به خشکی و در مجاورت شاخص‌های مهم حساسیت به خشکی TOL و SSI قرار گرفته‌اند، به عنوان ژنوتیپ‌های دارای سازگاری خصوصی به محیط‌های آبی شناخته شدند. با توجه به این که زاویه بین بردارها میزان همبستگی بین متغیرها را نشان می‌دهد، همان‌طور که ملاحظه می‌شود زاویه تند بین شاخص‌های MP، GMP، HARM و STI نشان دهنده همبستگی شدید بین این شاخص‌هاست. نتایج حاصل از این نمودار (شکل ۳)، نتایج نمودارهای سه‌بعدی (شکل‌های ۱ و ۲) را تأیید می‌کند. استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و نمودار بای‌پلات برای تفکیک ارقام نسبت به تنش خشکی در لوپیا توسط فرناندز (Fernandez, 1992) و در نخود توسط امام جمعه (Emam Jome, 1999)، فرشادفر و همکاران (Faeshadfar et al., 2001)، گنجعلی و همکاران (Ganjali et al., 2005) و پوراسماعیل و همکاران (Pouresmael et al., 2009) مورد استفاده و تأیید قرار گرفته است.

گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر مبنای شاخص‌های STI، MP، GMP، HARM، DRI و عملکرد

در شرایط بدون تنش و تنش، با استفاده از روش وارد (Ward) انجام شد (شکل ۴). با توجه به دندگرام تجزیه کلاستر همان‌طوری که ملاحظه می‌شود محلی که در آن نقطه، بیشترین تمایز بین کلاسترها مشاهده شد، به عنوان بهترین محل برش انتخاب و ژنوتیپ‌ها در ۴ کلاستر گروه‌بندی شدند. ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۳۶، ۲۲، ۱۳۹، ۵۳۴، ۲۹، ۱۲۸ و همچنین ارقام جم و کوروش به همراه ژنوتیپ شماره ۱۲۰ نیز در کلاستر اول قرار گرفتند که همان ارقام با پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به خشکی هستند و ژنوتیپ‌های شماره ۲۳۶، ۳۲۳، ۳۰۶، ۴۹۰، ۲۶۹، ۳۱۸ که در کلاستر سوم و چهارم قرار گرفتند، همان ژنوتیپ‌های دارای عملکرد پایین در شرایط تنش و بدون تنش و در عین حال حساس به خشکی بودند. با توجه به حداکثر فاصله ژنتیکی بین این ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد و نیز تحمل به تنش می‌توان برای تجزیه ژنتیکی شاخص‌های تحمل به خشکی و نیز عملکرد در شرایط آبی و دیم از دورگ‌گیری بین این ژنوتیپ‌ها استفاده کرد. لازم به ذکر است که گروه‌بندی لاین‌ها با تجزیه کلاستر به وسیله تجزیه تابع تشخیص مورد تأیید قرار گرفت.

سپاسگزاری

بخشی از بودجه این تحقیق از محل اعتبارات طرح تحقیقاتی دانشکده علوم و



شکل ۴- دندروگرام حاصل از گروه بندی ژنوتیپ های نخود کابلی براساس عملکرد در شرایط بدون تنش (Yp) و تنش (Ys) و شاخص های MP، GMP، HARM، STI و DRI با استفاده از روش Ward
 Fig. 4. Dendrogram obtained by cluster analysis of kabuli type chickpea genotypes based on Yp, Ys and MP, GMP, HARM, STI and DRI indices using Ward method

با نشانگر SSR و همچنین قطب علمی تحقیقات حبوبات دانشگاه تهران تأمین شده که تشکر و سپاسگزاری می شود.

مهندسی کشاورزی دانشگاه تهران با شماره طرح ۷۱۰۱۰۱/۱/۰۴ و با عنوان بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ های لوبیای معمولی و نخود کابلی کلکسیون بانک ژن دانشکده کشاورزی

References

- Anbessa, Y., and Bejiga, G. 2002.** Evaluation of Ethiopian chickpea landraces for tolerance to drought. *Genetic Resources and Crop Evolution* 49: 557-564.
- Anonymous, 2008.** Food Outlook, Global Market Analysis. <http://www.fao.foodoutlook.com>
- Arnon, I. 1972.** Crop Production in Dry Region. Leonard Hill Publisher, London, UK.
- Bagheri, A., Nezami, A., and Soltani, M. 2000.** Legume Breeding for Tolerance to Stresses. Publications of Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran (in Persian).
- Bidinger, F. R., Mahalakshmi, V., and Rao, G. D. P. 1987.** Assessment of drought resistance in pearl millet. II. Estimation of drought response to stress. *Australian Journal of Agricultural Research* 38: 49-59.

- Blum, A. 1988.** Plant Breeding for Stress Environments. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Bousslama, M., and Schapaugh, W. T. 1984.** Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science* 24: 933-937.
- Emam Jome, A. 1999.** Determine the genetic distance by RAPD-PCR, evaluation of drought resistance indices and analysis of adaptation in the of Iranian chickpea. MSc. Thesis, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran (in Persian).
- Farshadfar, A., Zamani, M. R., Motallebi, M., and Emam Jome, A. 2001.** Selection for drought resistance in chickpea lines. *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 32 (4): 65-77 (in Persian).
- Fereres, E., Gimenez, C., Brenngena, J., Fernandez, J., and Domiguez, J. 1983.** Genetic variability of sunflower cultivar in response to drought. *Helia* 6: 17-21.
- Fernandez, G. C. 1992.** Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp. 257-270. In: *Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress*. Taiwan, 13-16 Aug.
- Fischer, R. A., and Maurer, R. 1978.** Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. *Australian Journal of Agricultural Research* 29: 897-917.
- Fraidi, Y. 2004.** Evaluation of drought resistance in kabuli chickpea genotype. *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 6 (2): 27-38 (in Persian).
- Ganjali, A., Bagheri, A., and Porsa, H. 2009.** Evaluation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasm for drought resistance. *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 7(1): 183-194 (in Persian).
- Ganjali, A., Kafi, A., Bagheri, A., and Shahriyari, F. 2005.** Screening for drought tolerance in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 3 (1): 103-122 (in Persian).
- Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campaline, R. G., Ricciardi, G. L., and Borghi, B. 1997.** Evaluation of field and laboratory of drought and heat stress in winter cereals. *Canadian Journal of Plant Science* 77: 523-531.
- Golestani, S. A., and Assad, M. T. 1998.** Evaluation of four screening techniques for drought resistance and their relationship to yield reduction ratio in wheat. *Euphytica* 103: 293-299.
- Houerou, L. 1996.** Climate change, drought and desertification. *Journal of Arid Environments* 34: 133-185.
- Koocheki, A.R., Yazdansepas, A., and Nikkhah, H.R. 2006.** Efect of terminal drought

- on grain yield and some morphological traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences 8 (1): 14-29 (in Persian).
- Kristin, A. S., Senra, R. R., Perez, F. I., Enriques, B. C., Gallegos, J. A. A., Vallego, P. R., Wassimi, N., and Kelley, J. D. 1997.** Improving common bean performance under drought stress. Crop Science 37: 43-50.
- Ludlow, M. M., and Muchow, R. C. 1990.** A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. Advances in Agronomy 43: 107-153.
- Maroufi, A. 1998.** Chromosomal localization drought tolerance indices in wheat. MSc. Thesis, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran (in Persian).
- Naroui Rad, M. R., Ghasemi, A., and Arjmandinejad, A. R. 2010.** Study of limit irrigation on yield of lentil genotypes of National Plant Gene Bank of Iran by drought resistance indices. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science 7 (2): 238-241.
- Nourmand Moayyed, F. 1997.** Study on variation of quantitative traits and their relation to the performance of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) in dry and water conditions and determination of the best indices of drought resistance. MSc. Thesis, College of Agriculture, Tehran University, Karaj, Iran (in Persian).
- Pouresmael, M., Akbari, M., Vaezi, S., and Shahmoradi, S. 2009.** Effects of drought stress gradient on agronomic traits in kabuli chickpea core collection. Iranian Journal of Crop Sciences 11(4): 307-324 (in Persian).
- Rebetzke, G. J., Richards, R. A., Condon, A. G., and Farquhar, G. D. 2006.** Inheritance of carbon isotope discrimination in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Euphytica 14: 324-341.
- Rosille, A. A., and Hamblin, J. 1981.** Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Science 21: 43-46.
- Sabaghpour, S. H., Sadeghi, E., and Rajinders, M. 2003.** Present status and future prospects of chickpea cultivation in Iran. International Chickpea Conference, January 20-22, Gandhi Agricultural University, Raipur Chhattisgarh, India.
- Samieezadeh, H., Talei, A. L., and Gerami, A. 1998.** Determine the most appropriate indices of susceptibility to drought in chickpea cultivars. Abstracts of the Fifth Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding. Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran (in Persian).
- Sarmadnia, G., and Koocheki, A. 1992.** Physiological Aspects of Rainfed Agriculture. Third edition. Jihad-e-Daneshgahi of Mashhad University, Mashhad, Iran (in Persian).
- Schneider, K. A., Rosales-Seerna, R., Iarra-Peres, F., Cazares-Enriques, B., Acosta-Gallegos, J. A. A., Ramires-Vallejo, P., Wassimi, N., and Kelly, J. D. 1997.**

- Improving common bean performance under drought stress. *Crop Science* 37: 43-50.
- Schneider, A. A., Jonson, B. L., and Henderson, T. L. 1992.** Rooting depth and water use of different sunflower phenotypes. Proceedings of the 13th. International Sunflower Conference, Pisa, Italy.
- Siddique, K. H. M., Loss, S. P., Regan, K. L., and Jettner, R. 1999.** Adaptation of cool season grain legumes in Mediterranean-type of environment of South-Western Australia. *Australian Journal of Agricultural Research* 50: 375-387.
- Sio-semardeg, A., Ahmadi, A., Pustini, K., and Mohammadi, V. 2006.** Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Research* 98: 222-229.
- Subarao, G. V., Johanson, C., Slinkard, A. E., Nageswara Rao R. C., Saxena, N. P., and Chauhan, Y. S. 1995.** Strategies for improving drought resistance in grain legumes. *Critical Reviews in Plant Sciences* 14: 469-523.
- Takeda, S., and Matsuoka, M. 2008.** Genetic approaches to crop improvement: responding to environmental and population change. *Nature* 9: 444-457.
- Turner, N. C., Wright, G. C., and Siddique, K. H. M. 2001.** Adaptation of grain legumes (Pulses) to water limited environments. *Advances in Agronomy* 71: 193-231.

