Archive of SID

Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 49, No 4, Winter 2019 (115-123)
DOI: 10.22059/ijfcs.2018.239644.654366

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۹، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۷ (ص۱۲۳-۱۱۵)

ارزیابی واکنش ژنوتیپ های لوبیای معمولی نسبت به تنش خشکی با استفاده از شاخص‌های مختلف تحمل و حساسیت به تنش خشکی

منیژه سبکدست[1*]، محمد دشتکی[2]، یوسف ساسانی[3] و احمد رضایی زاده[4]

۱، ۲، ۳ و۴. به ترتیب، استادیار، کارشناس، دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات ،پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج)

(تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۲۸ - تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۲۰)

چکیده

به منظور بررسی واکنش ژنوتیپ‌های لوبیای معمولی نسبت به تنش خشکی و ارزیابی شاخص‌های تحمل خشکی، ۱۰۲ ژنوتیپ لوبیای معمولی موجود در بانک ژن گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انتخاب شدند و در قالب طرح آگمنت و در سه تکرار، در شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی، در سال زراعی ۲۰۱۶، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران واقع در کرج در سال زراعی ۲۰۱۶ مورد بررسی قرار گرفتند. در شرایط بدون تنش، بیشترین عملکرد در ژنوتیپ۱۰۲، میزان ۳۲۲/۴ و کمترین، در ژنوتیپ ۷۸ و ۸۵ با ۱/۰۴ گرم در متر مربع بود. در تنش رطوبتی، بیشترین عملکرد در ژنوتیپ دو، با ۱۶۲/۲ و کمترین در ژنوتیپ ۷۷، با ۱/۱ گرم در متر مربع بود. نتایج تحلیل همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد دانه نشان داد که شاخص تحمل تنش(STI) و شاخص میانگین بهره وری(MP) و میانگین هندسی(GMP)، دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد در هر دو شرایط بودند و برای شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش، مناسب هستند. ترسیم نمودار چند متغیره بای‌پلات و مقایسه نتایج آن با نمودار سه بعدی نشان داد که ژنوتیپ‌های ۱۰۰، ۶۳، ۴۷، ۸۸ و ۷۶، متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. تجزیه کلاستر بر اساس شاخص های مورد بررسی، ژنوتیپ‌ها را در سه کلاستر گروه بندی کرد که ژنوتیپ‌های متحمل (۱۰۰، ۱۰۲ و ۲) در کلاستر سوم قرار گرفتند. کلاستر اول شامل ارقام حساس بودند و ژنوتیپ‌های نیمه متحمل، در کلاستر دوم قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: آمار چند متغیره، تنش غیر زیستی، تنوع ژنتیکی، لوبیا، نمودار بای پلات.

Evaluation of Responses of common Bean (*Phaseolus vulgaris. L)* genotypes to Drought Stress Using Different Stress Tolerance Indices

Manijeh Sabokdast[1*], Mohammad Dashtaki[2], Joseph Sassani[3] and Ahmad Rezaizadeh[4]

1, 2, 3 and 4. Assistant Professor, Exporter, M.Sc. Student and PhD. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: August 19, 2017 - Accepted: March 11, 2018)

ABSTRACT

To evaluate and select drought tolerance genotypes in common bean and identify the best indices for drought tolerance, an experiment was conducted at research field University of Tehran,Karaj, Iran, during 2015-2016 growing season. In this study, 102 common bean genotype were evaluated in an augment design under normal irrigated and drought stress (non-irrigated from flowering stage until the end of growing season) conditions. Average values of grain yield and drought tolerance indexes and simple correlation coefficients of indexes with irrigation and dry farm yield showed that indices including MP, GMP and STI were the most suitable criteria for screening bean's genotypes. In 3-dimensional graphs, referring to MP, STI, and GMP indexes and grain yield under dry farming and irrigation condition, 100,63,47,88 and 76 genotypes were identified as genotypes with high production and tolerant to intensive drought in A group. Actually, these genotypes had the highest yieldunder both irrigation and dry farming conditions. Cluster analysis based on investigating indices and yield under drought stress and non-stress conditions showed that genotypes was grouped in three clusters and most of drought tolerant genotypes with high yield were grouped in third cluster, while most of sensitive genotypes to drought stress were grouped in the second cluster.

Key Words: Abiotic stress, biplot, bean, genetically variation, multivariate statistics.

* Corresponding author E-mail: sabokdast@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

حبوبات بعد از غلات، دومین منبع غذایی انسان به شمار می‌روند و به عنوان یک مکمل غذایی طبیعی و با ارزش برای غلات محسوب می شوند. لوبیای معمولی (*Phaseolus vulgaris* L.)، مهم ترین لگوم خوراکی، به خصوص در کشورهای در حال توسعه است. دانه لوبیا، دارای ۲۵-۲۰ درصد پروتئین و ۶۰-۵۰ درصد کربوهیدرات است و در مقایسه با غلات، دارای دو تا سه برابر پروتئین است. تنش خشکی می تواند عملکرد این لگوم را تحت تاثیر قرار دهد. محدودیت آب، یکی از مشکلات اساسی رشد و تولید محصول گیاهان زراعی در مناطق نیمه خشک دنیا است. با توجه به این که تنش خشکی، یکی از مهمترین تنش های محیطی در بخش کشاورزی است، تلاش های زیادی برای حفظ عملکرد گیاهان در شرایط تنش خشکی صورت گرفته است. در حالی که انتخاب طبیعی، سازوکار مناسبی برای سازگاری و حفظ حیات گیاه در شرایط کم آبی می باشد، هدف بهنژادگران، انتخاب مستقیم، جهت افزایش عملکرداقتصادی ارقام زراعی می باشد(Cattivelli *et al.*, 2008). بنابراین، شناسایی و انتخاب ارقام متحمل به خشکی در لوبیا که در شرایط محدودیت آب بتوانند عملکرد قابل قبولی داشته باشند، از اهمیت خاصی برخوردار است. برای انتخاب گیاهان بر اساس عملکرد، شاخص‌های متفاوتی پیشنهاد شده است. این شاخص‌ها عملکرد گیاه در دو محیط تنش و بدون تنش را در بر می‌گیرند. Fernandez (1992)، ژنوتیپ‌ها را بر اساس تظاهر آن‌ها در دو محیط تنش و بدون تنش، به چهار گروه طبقه‌بندی نمود؛ گروه A: ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط، عملکرد زیادی دارند، گروه B: ژنوتیپ‌هایی که عملکرد آن‌ها فقط در محیط مطلوب زیادتر می‌شود، گروه C: ژنوتیپ‌هایی که در محیط تنش‌دار از عملکرد نسبتاً زیادی برخوردار هستند و گروه D: ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط دارای عملکرد پایین تر هستند. Fernandez (1992)اظهار داشت که مناسب‌ترین معیار برای تنش خشکی، معیاری است که قادر به تشخیص گروه A از سایر گروه‌ها باشد.

Rosielle& Hamblin (1987)، شاخص تحمل (TOL)را به صورت اختلاف بین عملکرد تحت شرایط تنش (Ys) و بدون تنش (Yp) و شاخص میانگین حسابی (MP) را متوسط دو مقدار Ys و Yp تعریف نمودند. مقادیر پایین‌تر شاخص TOL، نمایانگر تحمل بیشتر ژنوتیپ به تنش می‌باشد. این شاخص، قادر به تفکیک و شناسایی گروه C از گروه A نمی‌باشد. بر خلاف شاخص TOL، در شاخص MP ، مقادیر پایین‌تر، دلالت بر حساسیت بیشتر ژنوتیپ‌ها به تنش یا پایین بودن پتانسیل عملکرد دارد. این دو پژوهش‌گر نشان دادند که در بیشتر آزمایش‌های مقایسه عملکرد، همبستگی بین Yp و MP و همچنین بین Ys و MP، مثبت بوده است. بنابراین، انتخاب بر اساس شاخص MP، بیشتر باعث افزایش عملکرد ژنوتیپ‌ها، تحت هر دو شرایط تنش و بدون تنش خواهد شد. اما این شاخص، قادر به تشخیص ژنوتیپ‌های گروه A ازB نیست. Fischer and Maurer (1979) نیز شاخص حساسیت به تنش را (SSI) جهت شناسایی ژنوتیپ-های حساس به تنش ارائه نمودند. این شاخص که بر اساس عملکرد تک تک ژنوتیپ‌ها در هر دو محیط تنش و بدون تنش و همچنین متوسط عملکرد کلیه ژنوتیپ-ها در این دو محیط بنا گذاشته شده است، مانند شاخص TOL در مقادیر بالا، دلالت بر حساسیت ژنوتیپ‌ها به تنش دارد. این شاخص، قادر به تفکیک و شناسایی گروه A از گروه C نمی‌باشد (Fischer and Maurer1979). بررسی‌ها نشان داده است که در اغلب آزمایش‌ها، همبستگی بین دو شاخص (TOL) و (SSI)، مثبت بوده است و انتخاب بر اساس شاخص (SSI)، به نفع ژنوتیپ هایی با پتانسیل عملکرد پایین، در شرایط بدون تنش و عملکرد بالا، تحت شرایط تنش می‌باشد (Rosielle& Hamblin1987). هنگامیکه اختلاف نسبی بین Ys و Yp زیاد باشد، شاخص MPدارای شیبی به سمت پتانسیل عملکرد (Yp) خواهد بود. بنابراین، برای رفع این مشکل، شاخص GMPکه بر اساس میانگین هندسی عملکرد ژنوتیپ‌ها و تحت شرایط تنش و بدون تنش محاسبه می‌شود، توسط Fernandez (1992) ارائه گردید. این شاخص،

www.SID.ir

Archive of SID

در مقایسه با شاخص MP، قدرت بالاتری در تفکیک گروه A از سایر گروه‌ها دارد و از آن‌جا حساسیت کمتری به مقادیر بسیار متفاوت Ys و Ypدارد، Fernandez (1992)، شاخص دیگری تحت عنوان شاخص تحمل به تنش (STI) را بر اساس آن بنا نهاد. او معتقد بود که این شاخص، قادر به شناسایی ژنوتیپ-هایی با پتانسیل عملکرد بالا، در شرایط بدون تنش و همچنین عملکرد بالا در شرایط تنش می‌باشد. لازم به توضیح است که مقادیر بالاتر شاخص‌های (STI) و (GMP)، نمایانگر تحمل بالاتر ژنوتیپ‌ها به تنش می-باشد. شاخصYSI، توسط Bouslama and Schapaugh (1984) معرفی شده است که عملکرد یک رقم را تحت شرایط تنش، نسبت به عملکرد در شرایط غیر تنش ارزیابی می‌کند. بنابراین، انتظار می رود که ارقامی با YSI بالاتر، در شرایط تنش، عملکرد بالاتری داشته باشند. Kristin *et al.* (1997) در ارقام لوبیا، Farshadfar *et al.* (2001) در ارقام نخود و Roostaii *et al,* (2005)در ارقام گندم نان، شاخص-های میانگین هندسی و حسابی را به عنوان مناسب-ترین شاخص‌ها برای غربال ارقام دارای پتانسیل عملکرد بالا (YP) و متحمل به تنش معرفی نمودند. Fathi *et al.* (2012)در مطالعه ای بر روی 238 ژنوتیپ لوبیا چشم بلبلی، شاخص‌های میانگین حسابی، هندسی و تحمل تنش را به عنوان شاخص‌های مهم شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی معرفی کردند. بنابراین هدف از این تحقیق، شناسایی ژنوتیپ-هایd با عملکرد بالا، در دو شرایط تنش و بدون تنش آبی، در ۱۰۲ ژنوتیپ لوبیا معمولی، از طریق مقایسه برخی شاخص‌های ارائه شده توسط پژوهشگران و همچنین بهترین شاخص تحمل، جهت غربال ژنوتیپ-ها می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، ۱۰۲ ژنوتیپ لوبیای انتخابی (جدول۱) از کلکسیون حبوبات گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی دانشگاه تهران، در قالب طرح اگمنت و به صورت دو آزمایش جداگانه، در دو شرایط نرمال و تنش رطوبتی، 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 و با ارتفاع ۱۱۱۲/۵ متر از سطح دریا، در سال زراعی ۱۳۹۵ مورد بررسی قرار گرفتند. ارقام شاهد برای لوبیا سفید، چیتی و قرمز، به ترتیب رقم دانشکده، تلاش، رخشان و ناز در نظر گرفته شدند. عملیات تهیه زمین با شخم زمین به عمق ۲۵ سانتی‌متر در پاییز ۱۳۹۴ آغاز شد و قبل از کشت، آماده‌سازی زمین با یک شخم بهاره و دیسک انجام شد. نوع خاک محل آزمایش، لومی، PH خاک برابر با هشت و EC حدود ۱/۷۴ دسی زیمنس بر متر بود و بر اساس آزمایش خاک، میزان ۷۵ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم به تمامی کرت‌های آزمایش داده شد. کاشت بذرها در ۱۰ خردادماه ۱۳۹۵ به صورت دستی انجام شد، به طوری که هر کرت آزمایشی شامل سه ردیف به طول ۲/۵ متر و با فاصله ردیف ۵۰ سانتی متری و فاصله بذرها بر روی ردیف، ۱۰ سانتی‌متر و عمق بذر، حدود پنج سانتی‌متر در نظر گرفته شد. آزمایش در شرایط نرمال (آبیاری پس از ۷۰ میلیمتر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A) و آزمایش در شرایط تنش، از آغاز ۵۰ درصد گلدهی با کم آبیاری (آبیاری پس از ۱۳۰ میلیمتر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A)، به صورت آبیاری نشتی اجرا شد. در مرحله داشت، برای مبارزه با علف‌های هرز، وجین دستی صورت گرفت و زمانی که حدوداً ۹۰ درصد بوته‌های آزمایش رسیده بودند، عملیات برداشت انجام شد. یادداشت برداری‌ها و اندازه‌گیری-های لازم از ۱۰ بوته که بصورت تصادفی انتخاب شده بودند انجام گرفت. با استفاده از میانگین عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط بدون تنش (Ypi) و شرایط تنش (Ysi)، شاخص های کمّی مقاومت و حساسیت به تنش (Fernandez, 1992) به شرح زیر محاسبه شد:

شاخص تحمل $TOL = Yp-Ys$

شاخص بهره وری متوسط $MP = (Yp +Ys)/2$

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص میانگین هندسی بهره وری

$$GMP = (Yp.Ys)^{0.5}$$

شاخص پایداری عملکرد

$$YSI = Ysi / Ypi$$

شاخص حساسیت به تنش:

$$SSI= (1-(Ys/Yp))/SI,\ SI= 1- (\bar{Y}s/\bar{Y}p)$$

Yp، میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در وضعیت بدون تنشو Ys، میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در وضعیت تنش خشکی است. برای تعیین بهترین شاخص‌ها، از همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش، با شاخص‌های مختلف استفاده شد و شاخصی که همبستگی زیاد و معنی داری با عملکرد دانه در هر دو شرایط داشت، به عنوان بهترین شاخص تعیین شد (Farshadfar *et a*l., 2001). همچنین از ترسیم نمودار چند متغیره بای‌پلات و بررسیی نمودار-های مجاور بردارهای مربوط به شاخص‌های تحمل به خشکی و مقایسه نتایج آن با نمودار سه بعدی، برای تعیین ژنوتیپ‌های متحمل استفاده شد. تجزیه همبستگی و تجزیه به عامل‌های اصلی، با استفاده از نرم افزار SPSS 18 و رسم گراف‌های بای‌پلات و سه بعدی و همچنین تجزیه کلاستر با استفاده از نرم افزار STATGRAPHICS صورت پذیرفت.

جدول۱- ژنوتیپ‌های لوبیای مورد ارزیابی قرار گرفته دراین آزمایش

Table1. Common beans genotypes analyzed in this study

NO	number of genotype	Code of genotype	NO	number of genotype	Code of genotype	NO	number of genotype	Code of genotype	NO	number of genotype	Code of genotype
1	200	65-071-334	29	231	65-071-395	56	259	65-071-432	83	289	65-071-464
3	202	65-071-343	30	232	65-071-396	57	260	65-071-433	84	290	65-071-465
4	203	65-071-347	31	233	65-071-397	58	261	65-071-434	85	291	65-071-466
5	204	65-071-348	32	234	65-071-398	59	262	65-071-435	86	292	65-071-467
6	205	65-071-352	33	235	65-071-399	60	263	65-071-436	87	293	65-071-468
7	206	65-071-353	34	236	65-071-400	61	264	65-071-437	88	294	65-071-469
8	207	65-071-354	35	237	65-071-401	62	265	65-071-438	89	295	65-071-470
9	208	65-071-355	36	238	65-071-405	63	266	65-071-439	90	296	65-071-471
10	209	65-071-356	37	239	65-071-406	64	267	65-071-440	91	297	65-071-472
11	210	65-071-357	38	241	65-071-410	65	268	65-071-441	92	298	65-071-473
12	211	65-071-358	39	242	65-071-412	66	269	65-071-442	93	299	65-071-474
13	212	65-071-359	40	243	65-071-413	67	270	65-071-443	94	300	65-071-475
14	213	65-071-361	41	244	65-071-415	68	271	65-071-444	95	1	65-157-03
15	214	65-071-363	42	245	65-071-416	69	272	65-071-445	96	16	65-150-26
16	215	65-071-364	43	246	65-071-417	70	273	65-071-447	97	18	65-071-29
17	216	65-071-365	44	247	65-071-418	71	274	65-071-448	98	43	65-027-70
18	217	65-071-366	45	248	65-071-421	72	275	65-071-449	99	160	65-034-273
19	218	65-071-369	46	249	65-071-422	73	277	65-071-452	100	167	65-118-288
20	219	65-071-370	47	250	65-071-423	74	278	65-071-453	101	175	65-165-299
21	220	65-071-371	48	251	65-071-424	75	279	65-071-454	102	177	65-056-301
22	221	65-071-373	49	252	65-071-425	76	282	65-071-457	103	Daneshkadeh	
23	222	65-071-376	50	253	65-071-426	77	283	65-071-458	104	Derakhshan	
24	223	65-071-379	51	254	65-071-427	78	284	65-071-459	105	Naz	
25	227	65-071-390	52	255	65-071-428	80	286	65-071-461	۱۰۶	Talash	
26	228	65-071-391	53	256	65-071-429	81	287	65-071-462			
27	229	65-071-393	55	258	65-071-431	82	288	65-071-463			

نتایج و بحث

به منظور شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم، شاخص‌های مقاومت به خشکی برای ژنوتیپ‌های بررسی شده محاسبه شدند (جدول۲). بطور کلی، تنش خشکی باعث کاهش ۶۵/۲۵ درصد عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا شد. رقم ۱۰۲، با عملکرد ۳۳۲/۴، بیشترین میزان عملکرد را در شرایط نرمال از خود نشان داد اما در شرایط بدون تنش، عملکرد متوسطی (۸۶/۶) از خود نشان داد. ژنوتیپ دو، بیشترین میزان عملکرد را در شرایط تنش(۱۶۲/۲) از خود نشان داد که نشان از عملکرد بالای آن در شرایط تنش دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- مقادیر میانگین عملکرد و شاخص‌های حساسیت و متحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های لوبیا

Table2. Mean of common bean genotypes grain yield, drought tolerance and sensitivity indices

GENOTYPE	YP	YS	MP	TOL	GMP	SSI	STI	YSI	GENOTYPE	YP	YS	MP	TOL	GMP	SSI	STI	YSI
1	162.5	43.6	103.1	118.9	67.0	1.12	0.30	0.27	54	129.0	33.8	81.4	95.2	52.5	1.13	0.19	0.26
2	180.0	162.2	171.1	17.8	166.6	0.15	1.24	0.90	55	218.2	73.5	145.9	144.7	103.5	1.02	0.68	0.34
3	75.3	64.5	69.9	10.8	67.1	0.22	0.21	0.86	56	126.0	65.0	95.5	61.0	78.8	0.74	0.35	0.52
4	156.0	94.4	125.2	61.6	108.7	0.61	0.63	0.61	57	122.8	25.0	73.9	97.8	43.0	1.22	0.13	0.20
5	163.4	98.2	130.8	65.2	113.3	0.61	0.68	0.60	58	131.0	19.1	75.1	111.9	37.9	1.31	0.11	0.15
6	133.0	50.0	91.5	83.0	67.6	0.96	0.28	0.38	59	55.7	4.4	30.1	51.3	11.5	1.41	0.01	0.08
7	104.0	33.5	68.8	70.5	48.0	1.04	0.15	0.32	60	119.0	82.6	100.8	36.4	91.2	0.47	0.42	0.69
8	164.2	45.0	104.6	119.2	68.6	1.11	0.32	0.27	61	134.0	74.3	104.2	59.7	88.0	0.68	0.42	0.55
9	90.1	77.6	83.9	12.5	80.7	0.21	0.30	0.86	62	155.0	63.0	109.0	92.0	82.9	0.91	0.42	0.41
10	125.0	63.7	94.4	61.3	77.5	0.75	0.34	0.51	63	227.5	116.3	171.9	111.2	141.4	0.75	1.13	0.51
11	138.0	84.8	111.4	53.2	97.2	0.59	0.50	0.61	64	131.0	57.5	94.3	73.5	73.6	0.86	0.32	0.44
12	167.4	48.0	107.7	119.4	71.9	1.09	0.34	0.29	65	150.0	47.2	98.6	102.8	68.2	1.05	0.30	0.31
13	60.8	6.8	33.8	54.0	15.2	1.36	0.02	0.11	66	76.0	31.9	54.0	44.1	41.5	0.89	0.10	0.42
14	167.5	14.4	91.0	153.1	36.2	1.40	0.10	0.09	67	168.0	40.8	104.4	127.2	65.3	1.16	0.29	0.24
15	265.0	67.7	166.4	197.3	106.1	1.14	0.76	0.26	68	84.0	62.3	73.2	21.7	67.5	0.40	0.22	0.74
16	186.0	79.0	132.5	107.0	102.3	0.88	0.63	0.42	69	170.0	110.4	140.2	59.6	124.4	0.54	0.80	0.65
17	111.0	85.3	98.2	25.7	91.5	0.35	0.40	0.77	70	151.9	150.0	151.0	1.9	150.5	0.02	0.97	0.99
18	123.0	50.6	86.8	72.4	66.3	0.90	0.27	0.41	71	200.3	12.6	106.5	187.7	36.6	1.44	0.11	0.06
19	313.0	34.7	173.9	278.3	77.7	1.36	0.46	0.11	72	134.3	13.1	73.7	121.2	31.1	1.38	0.08	0.10
20	301.0	8.3	154.7	292.7	35.8	1.49	0.11	0.03	73	58.5	2.8	30.7	55.7	9.3	1.46	0.01	0.05
21	120.8	6.5	63.7	114.3	20.3	1.45	0.03	0.05	74	69.9	29.6	49.8	40.3	38.4	0.88	0.09	0.42
22	155.5	41.0	98.3	114.5	63.5	1.13	0.27	0.26	75	79.4	11.5	45.5	67.9	22.9	1.31	0.04	0.14
23	207.4	77.5	142.5	129.9	105.1	0.96	0.69	0.37	76	209.1	99.2	154.2	109.9	123.7	0.81	0.88	0.47
24	247.5	55.6	151.6	191.9	91.8	1.19	0.59	0.22	77	99.5	1.1	50.3	98.4	7.4	1.52	0.00	0.01
25	168.5	9.7	89.1	158.8	29.4	1.44	0.07	0.06	78	11.4	7.2	9.3	4.2	8.2	0.56	0.00	0.63
26	77.5	18.3	47.9	59.2	29.6	1.17	0.06	0.24	79	62.7	7.0	34.9	55.7	15.6	1.36	0.02	0.11
27	186.5	74.2	130.4	112.3	98.3	0.92	0.59	0.40	80	46.0	6.1	26.1	39.9	12.6	1.33	0.01	0.13
28	272.0	34.1	153.1	237.9	72.2	1.34	0.40	0.13	81	161.2	36.9	99.1	124.3	60.5	1.18	0.25	0.23
29	135.0	21.8	78.4	113.2	41.3	1.28	0.13	0.16	82	97.2	8.7	53.0	88.5	21.5	1.40	0.04	0.09
30	241.6	22.0	131.8	219.6	53.8	1.39	0.23	0.09	83	97.0	21.4	59.2	75.6	35.6	1.19	0.09	0.22
31	227.9	51.5	139.7	176.4	84.8	1.19	0.50	0.23	84	70.0	8.0	39.0	62.0	17.7	1.36	0.02	0.11
32	126.0	70.1	98.1	55.9	82.9	0.68	0.38	0.56	85	11.4	9.9	10.7	1.5	10.3	0.20	0.00	0.87
33	153.0	64.5	108.8	88.5	83.8	0.89	0.42	0.42	86	75.0	7.4	41.2	67.6	17.5	1.38	0.02	0.10
34	37.8	28.2	33.0	9.6	30.5	0.39	0.05	0.75	87	284.8	60.4	172.6	224.4	102.1	1.21	0.73	0.21
35	186.0	78.6	132.3	107.4	102.0	0.88	0.62	0.42	88	198.0	103.4	150.7	94.6	124.8	0.73	0.87	0.52
36	219.3	56.1	137.7	163.2	87.9	1.14	0.52	0.26	89	196.4	2.0	99.2	194.4	14.1	1.52	0.02	0.01
37	312.0	42.0	177.0	270.0	86.2	1.33	0.56	0.13	90	178.0	89.7	133.9	88.3	109.6	0.76	0.68	0.50
38	151.5	85.6	118.6	65.9	100.7	0.67	0.55	0.57	91	76.6	70.8	73.7	5.8	72.2	0.12	0.23	0.92
39	230.0	84.4	157.2	145.6	115.2	0.97	0.83	0.37	92	64.0	60.3	62.2	3.7	61.2	0.09	0.16	0.94
40	225.0	75.0	150.0	150.0	106.1	1.02	0.72	0.33	93	140.1	32.9	86.5	107.2	53.3	1.17	0.20	0.23
41	163.0	71.4	117.2	91.6	91.5	0.86	0.50	0.44	94	175.7	88.0	131.9	87.7	107.7	0.76	0.66	0.50
42	230.0	60.4	145.2	169.6	93.6	1.13	0.59	0.26	95	174.4	66.7	120.6	107.7	89.7	0.95	0.50	0.38
43	127.7	44.5	86.1	83.2	61.9	1.00	0.24	0.35	96	189.0	39.8	114.4	149.2	67.5	1.21	0.32	0.21
44	142.0	40.8	91.4	101.2	61.1	1.09	0.25	0.29	97	153.0	25.2	89.1	127.8	47.4	1.28	0.16	0.16
45	139.6	46.5	93.1	93.1	65.8	1.02	0.28	0.33	98	173.3	52.3	112.8	121.0	76.8	1.07	0.39	0.30
46	126.0	83.5	104.8	42.5	93.5	0.52	0.45	0.66	99	112.0	59.5	85.8	52.5	71.4	0.72	0.28	0.53
47	217.0	105.9	161.5	111.1	130.8	0.78	0.98	0.49	100	263.5	144.8	204.2	118.7	171.9	0.69	1.63	0.55
48	173.2	121.3	147.3	51.9	133.6	0.46	0.90	0.70	101	76.1	11.6	43.9	64.5	22.6	1.30	0.04	0.15
49	206.0	43.4	124.7	162.6	73.6	1.21	0.38	0.21	102	332.4	86.6	209.5	245.8	134.7	1.13	1.23	0.26
50	183.9	56.5	120.2	127.4	82.4	1.06	0.44	0.31	103	150.1	66.8	108.5	83.3	85.1	0.85	0.43	0.44
51	157.9	31.4	94.7	126.5	54.5	1.23	0.21	0.20	104	114.4	74.4	94.4	40.0	83.8	0.54	0.36	0.65
52	152.9	43.3	98.1	109.6	65.2	1.10	0.28	0.28	105	171.8	68.2	120.0	103.6	90.5	0.92	0.50	0.40
53	84.6	58.3	71.5	26.3	64.5	0.48	0.21	0.69	106	207.5	81.3	144.4	126.2	108.3	0.93	0.72	0.39

بطور کلی ژنوتیپ‌های ۱۰۲، ۱۰۰ و ۲ دارای بالاترین مقادیر شاخص‌های MP، GMP و STI بودند که نشان از داشتن پتانسیل عملکرد بالا در هر دو شرایط نرمال و تنش دارد. البته باید توجه داشت که همه ژنوتیپ‌هایی که در شرایط بدون تنش عملکرد بالایی دارند، لزوماً عملکرد بالایی در شرایط تنش خشکی ندارند. Blum (1988) بیان داشت که بهترین شاخص، شاخصی 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 تحمل به خشکی، شاخص‌های تحمل غربال شدند و مناسب‌ترین شاخص‌ها، انتخاب شدند (جدول ۳). نتایج همبستگی نشان داد که شاخص‌های MP، GMP و STI، همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد در شرایط نرمال و در شرایط تنش دارند که با یافته‌های دیگر محققان مطابقت دارد (Ganjali *et al.*, 2005; Farshadfar *et al.*, 2001). بنابراین می‌توان آن‌ها را به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها برای گزینش ارقام دارای عملکرد بالا در شرایط نرمال و تنش معرفی کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص TOL، همبستگی مثبت و معنی داری با عملکرد در شرایط نرمال از خود نشان داد، اما با عملکرد در شرایط تنش، همبستگی از خود نداشت؛ بنابراین چنانچه گزینش بر اساس این شاخص باشد، دارای عملکرد بالا در شرایط بدون تنش می‌باشند اما ممکن است که در شرایط تنش عملکرد خوبی از خود نشان ندهد. شاخص حساسیت به تنش (SSI)، همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد در شرایط بدون تنش و همبستگی منفی و معنی‌داری با عملکرد در شرایط تنش نشان داد؛ بنابراین انتخاب ژنوتیپ‌ها با مقادیر کمتر این شاخص، باعث برگزیدن ژنوتیپ‌هایی می‌شود که عملکرد بالا در شرایط تنش و عملکرد پایین در شرایط بدون تنش دارند. بنابراین این شاخص‌ها، برای شناسایی ارقام متحمل مفید نیستند (Naseh-ghafoori *et al.*, 2010). شاخص YSI، دارای همبستگی منفی معنی‌دار با عملکرد در شرایط نرمال و همبستگی مثبت معنی‌دار با عملکرد، در شرایط تنش بود؛ در صورتی انتخاب بر اساس این شاخص انجام گیرد، ارقام دارای عملکرد بالا در شرایط تنش می‌باشند، اما در شرایط نرمال، عملکرد مناسبی نخواهند داشت.

جدول ۳- ضرایب همبستگی میان شاخص‌های حساسیت و متحمل به خشکی با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش در ۱۰۲ ژنوتیپ لوبیا

Table 2. Correlation coefficient of 102 common bean genotypes drought tolerance and sensitivity under stress and non-stress conditions indices with grain yield

	Yp	Ys	MP	TOL	GMP	SSI	STI	YSI
Yp	1.000							
Ys	0.373**	1.000						
MP	0.926**	0.695**	1.000					
TOL	0.856**	-0.161ns	0.598**	1.000				
GMP	0.599**	0.961**	0.855**	0.102ns	1.000			
SSI	0.245*	-0.695**	-0.092ns	0.648**	-0.516**	1.000		
STI	0.654**	0.895**	0.870**	0.197ns	0.958**	-0.379**	1.000	
YSI	-0.245*	0.695**	0.092ns	-0.648**	0.516**	-1.000**	0.379**	1.000

ns و * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد

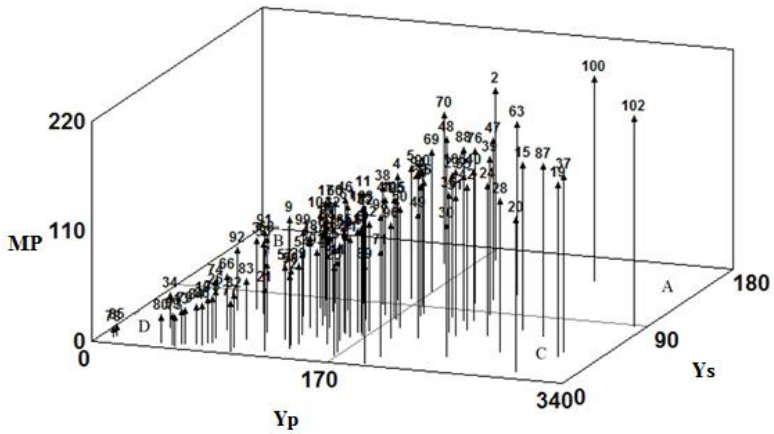
ns, * and **: not significant, significant at the 5% and 1% of probability levels, respectively

به‌منظور گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش خشکی با عملکرد زیاد در هر دو محیط تنش و بدون تنش، نمودار سه بعدی رسم شد (شکل۱). با توجه به این سه معیار، ژنوتیپ‌ها به چهار گروه A، B، C و D تقسیم شدند و از نظر Fernandez (۱۹۹۲)، مناسب ترین شاخص آن است که بتواند گروه A را از سایر گروه‌ها متمایز سازد. بر اساس نمودار سه‌بعدی Ypi و Ysi با شاخص MP ملاحظه می‌شود که ژنوتیپ‌های ۱۰۰، دو، ۶۳، ۱۰۲، ۴۷ و ۴۸ در گروه A قرار دارند یعنی هم متحمل به تنش کم‌آبی هستند و هم محصول آن‌ها در محیط آبی و دیم بالاست. استفاده از نمودارهای سه‌بعدی برای تشخیص گروه A از سایر گروها در لوبیا، توسط Fernandez (1992) و در نخود، توسط Ganjeali *et. al* (2005) مورد استفاده و تأیید قرار گرفته است. نمودار سه بعدی، فقط رابطه بین سه متغیر را بررسی می‌کند. برای بررسی رابطه بین شاخص‌ها، از نمودار بای‌پلات استفاده می‌شود. بدین صورت که روابط بین عملکرد ژنوتیپ‌ها و همه شاخص‌های مقاومت در یک شکل نشان داده می‌شود. برای ترسیم این نمودار، ابتدا باید تجزیه به مولفه‌های اصلی بر مبنای شاخص‌های تحمل به تنش و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش(جدول۴) انجام شود (Safavi *et al.*, 2011). ضریب عامل‌ها، پس از چرخه وریماکس و بر مبنای روش تجزیه به مولفه‌های اصلی براورد شد. با توجه به جدول ۴، بیشترین تغییرات بین داده‌ها، به میزان ۹۶/۱۳ درصد، با دو مولفه‌ی اول توجیه شد. بنابراین بای‌پلات، بر اساس این دو مولفه ترسیم شد (شکل۲). در مولفه اول که ۵۶/۹۳ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد، شاخص‌های Yp، Ys، MP، GMP و STI، دارای بالاترین بار عاملی بودند که بر این اساس، می‌توان این مولفه را به نام پتانسیل عملکرد نامگذاری کرد. مولفه دوم که ۳۹/۲

www.SID.ir

Archive of SID

درصد تغیرات را توجیه کرد، شامل شاخص‌های Yp، TOL و SSI بود که با توجه به شاخص‌های موثر می‌توان آن را مولفه تحمل به تنش نامگذاری شود. با توجه به این‌که هرچه مقدار شاخص‌های TOL و SSI کمتر باشد، مقدار تحمل به تنش بیشتر خواهد بود، بنابراین ژنوتیپ‌هایی که از نظر مولفه اول دارای مقادیر بالا و از نظر مولفه دوم دارای مقادیر نزدیک به صفر باشند، هم دارای پتانسیل عملکرد بالا و تحمل مناسبی به تنش خواهند داشت. بر این اساس، ژنوتیپ‌های ۱۰۰، ۶۳، ۴۷، ۸۸ و ۷۶، مناسب‌ترین ارقام جهت کشت در شرایط نرمال و تنش معرفی می‌شوند.



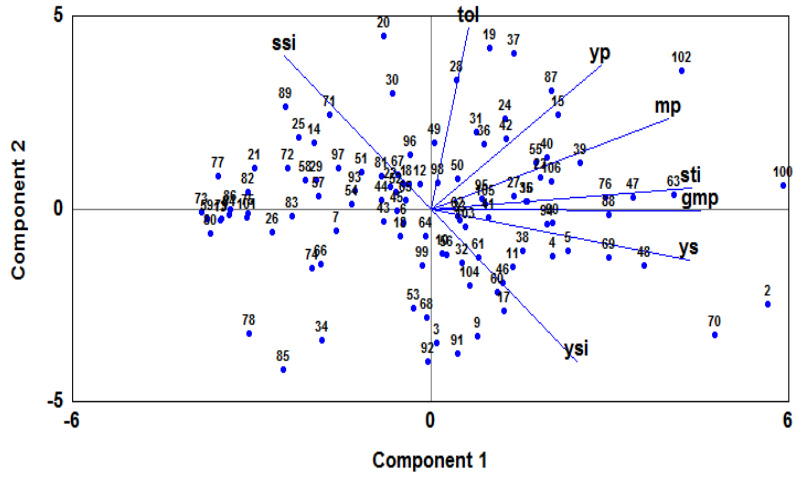
شکل ۱- نمودار تعیین ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی، بر اساس عملکرد آبی (Yp)، عملکرد دیم (Ys) و شاخص MP

MP indices Fig. 1. 3-D diagram of specifying the drought tolerance genotypes based on YP, YS and

جدول ۴- مقادیر ویژه، بردارهای ویژه و سهم تجمعی شاخص‌های تحمل و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش در ۱۰۲ ژنوتیپ لوبیا

Yp and Ys of 102 ،Table 3. Eigen values, Eigen vector and cumulative variance of tolerance indices common bean genotypes

Component	Eigen values	Cumltative of (٪) variance	Yp	Ys	MP	TOL	GMP	SSI	STI	YSI
1	4.55	56.93	0.63	0.95	0.87	0.14	0.99	-0.54	0.96	0.54
2	3.13	96.13	0.76	-0.27	0.48	0.96	-0.01	0.81	0.11	-0.81



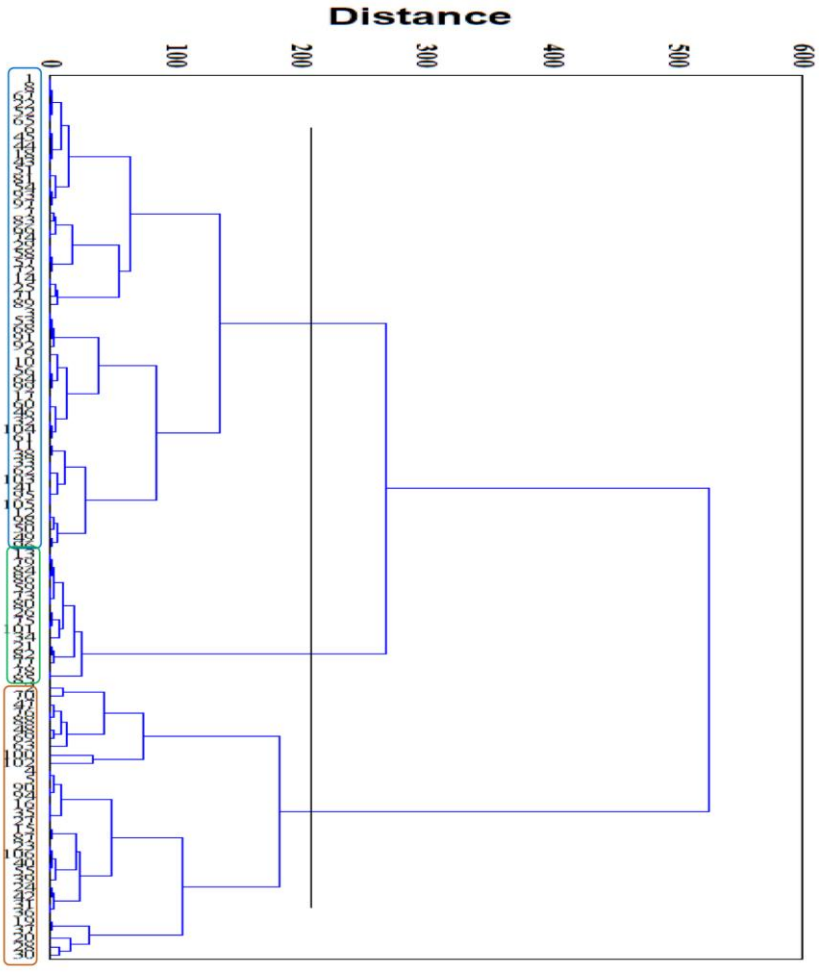
شکل ۲- نمایش بای‌پلات ۱۰۲ ژنوتیپ لوبیا در هشت شاخص تحمل به خشکی، بر اساس دو مؤلفه اول و دوم

Fig 2- Biplot of 102 common bean genotypes at 8 drought tolerance indices based on the first and second principal components

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده از تجزیه به مولفه‌های اصلی و نمودار بای پلات حاصل از آن برای تفکیک ارقام نسبت به تنش خشکی در لوبیا، توسط Fernandez (1992) و در نخود، توسط Ganjeali *et. al.* (2005) استفاده و تائید شده است. بر اساس جدول ۳، به دلیل این‌که صرفا شاخص های MP، GMP و STI، هم با عملکرد در شرایط نرمال و هم با عملکرد در شرایط تنش همبستگی معنی دار دارند، تجزیه کلاستر بر اساس این سه شاخص انجام شد و خط برش به گونه‌ای اعمال شد که ژنوتیپ‌ها را به سه گروه حساس، نیمه متحمل و متحمل تقسیم کرد. ژنوتیپ‌ها متحمل (۱۰۰ و دو)، در کلاستر سوم قرار گرفتند. کلاستر اول، شامل ارقام حساس می‌باشد و ژنوتیپ‌های نیمه متحمل در کلاستر دوم قرار گرفتند. با توجه به فاصله ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های حساس و متحمل و تفاوت در مقدار عملکرد و نیز تحمل به تنش، می‌توان از دورگ‌گیری بین این ژنوتیپ‌ها به‌منظور تجمیع ژن‌ها در بهبود این صفات استفاده کرد.



شکل۳ - دندروگرام حاصل از گروه بندی‌های۱۰۲ لوبیای معمولی، براساس شاخص‌های تحمل خشکی با استفاده از روشWard
Fig 3- Dndrogram of cluster analysis of 102 common bean genotypes based drought tolerance indices using Ward′s method.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج حاصل از مطالعه همبستگی شاخص-های مقاومت با عملکرد دانه در وضعیت تنش و غیر تنش، شاخص‌های MP، GMP و STI، بهترین شاخص‌ها در لوبیای معمولی، برای گزینش ژنوتیپ-های متحمل به خشکی به شمار می‌روند. در مجموع

www.SID.ir

Archive of SID

می‌توان ابراز داشت که با وجود تنوع ژنتیکی موجود در ژنوتیپ‌های لوبیای معمولی و با توجه به نحوه توزیع ژنوتیپ‌ها در فضای بای‌پلات، اصلاح و معرفی ژنتوتیپ‌های متحمل به خشکی برای این گیاه امکان پذیر است.

REFERENCES

1. Blum, A. (1988). *Plant breeding for stress environments*. (pp. 38-78). CRC press. Boca Raton, FL.
2. Bouslama, M., & 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.
3. Cattivelli, L., Rizza, F., Badeck, F. W., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A. M., Francia, E., Mare,C., Tondelli, A. & Stanca, A. M. (2008). Drought tolerance improvement in crop plants: Anintegrated view from breeding to genomics. *Field Crops Research*, 105, 1-14.
4. Farshadfar, A., Zamani, M. R., Motallebi, M. & Emam Jome, A. (2001). Selection for drought resistance in chickpea lines. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 32(4), 65-77. (In Farsi).
5. Fathi, M., Bihamta, M. R., Mjnoon Hosseini, N., Shah Nejat Biushehry, A. A. & Mohammad AliPour Yamchi, H. (2012). Screening for terminal drought stress tolerance in cowpea genotypes (*Vigna unguiculata* L.). *Iranian Journal of Pulses Research*, 3(2), 45-54. (In Farsi).
6. Fernandez, G. C. J. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Kuo, C.G. (Ed), *Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress*, Publication, Tainan, Taiwan.
7. Fischer, R. A. & Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. Part 1: grain yield response. *Austrian. Journal. Agricultural Research*, 29, 897- 912.
8. Gallegos, J. A. A., Vallejo, P. R., Wassimi, N. & Kelley, J. D. (1997). Improving common bean performance under drought stress. *Crop Science*, 37: 43-50
9. Ganjali, A., Kafi, A., Bagheri, A. & Shahriyari, F. (2005). Screening for drought tolerance in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 3(1), 103-122. (In Farsi).
10. Kristin, A. S., Senra, R. R., Perez, F. I., Enriques, B. C., Gallegos, J. A. A., Vallego, P. R., Wassimi, N. & Kelley, J. D. (1997). Improving common bean performance under drought stress. *Crop Science*, 37, 43-50.
11. Naseh-ghafoori, I., Bihamta, M., Zali, A., Afzali mohamadabadi, M. & Dori, H. (2010) Effect of drought Stress on Yield and yield components and Determination of the Best drought Stress Index in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) *Journal. of Plant Production*, 17(4),71-88
12. Passioura, J. (2007). The drought environment: Physical, biological and agricultural perspectives. *Journal of Experiment Botany*, 58,113-117
13. Rajaram. S. & Van Ginkle, M. (2001). *Mexico, 50 years of international wheat breeding*. Lavoisier pub., Paris, France.
14. Rosielle, A. A. & Hamblin, J. (1987). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*, 21, 943.946.
15. Roustaii, M., Zadhassan, E. & Majidi. E. (2005). Adaptability and stability analysis of grain yield in advanced bread wheat lines for drought stress in cold and moderate dry land areas of Iran. Abst. Inter. Drought-II, Rome-Italy .
16. Safavi, A., Pourdad, S. S. & Jamshid Moghaddam, M. (2011). Identification of drought resistant genotypes in sunflower (*Helianthus annus* L.). *Seed and Plant Improvement Journal*, 27(2), 129-148. (In Farsi).
17. Soltani, A., .Khoie F. R, Ghassemi, K. & Moghaddam, M. (2001). A simulation study of chickpea crop response to limited irrigation in semi-arid environments. *Agric Water Manag*. 49 ,225-237.

www.SID.ir