Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 48, No 4, Winter 2017 (933-943)
DOI: 10.22059/ijfcs.2017.217007.654192

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۸، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۶ (ص ۹۴۳-۹۳۳)

ارزیابی تحمل به تنش کم‌آبی در نژادگان‌های مختلف سویا

سید علی پیغمبری[1*]، مهناز طالبخانی[2]، حمید رضا بابایی[3] و هادی علی‌پور[4]

۱. استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران- کرج ۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه آزاد- کرج ۳. استادیار بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر مشهد ٤. استادیار گروه اصلاح و بیوتکنولوژی گیاهی دانشگاه ارومیه

(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۷/۱٤- تاریخ پذیرش: ۹٦/۰۳/۰٦)

چکیده

کم‌آبی یکی از مهم‌ترین عامل‌های محدودکنندهٔ تولید محصولات زراعی، ازجمله سویا به شمار می‌آید. به‌منظور شناسایی و ارزیابی تحمل به تنش کم‌آبی، آزمایشی با چهل نژادگان (ژنوتیپ) سویا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو محیط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی در سال زراعی ۱۳۹۳ در ایستگاه پژوهشی مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال بذر کرج با سه تکرار پیاده شد. شاخص‌های MP، GMP، HARM و STI بیشترین همبستگی معنی‌دار را با عملکرد در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی داشتند و به‌عنوان شاخص‌های برتر برای غربال کردن نژادگان‌های متحمل به تنش شناسایی شدند. پس از ترسیم نمودار دو وجهی (بای‌پلات) نژادگان‌های D42×Will82، Spry×Savoy/3، Chaleston×Mostang/12 و Liana×L32/2 به‌عنوان نژادگان‌های متحمل به تنش کم‌آبی و دارای عملکرد بالا در شرایط آبیاری عادی و نژادگان‌هایی GN 2171، GN 2167، GN 2087 و GN 2011 به‌عنوان نژادگان‌هایی حساس به تنش کم‌آبی معرفی شدند. بر پایهٔ تجزیهٔ خوشه‌ای با استفاده از شاخص‌های MP، GMP، HARM و STI و عملکرد در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی، نژادگان‌هایی مورد بررسی در چهار گروه دسته‌بندی شدند که بیشتر نژادگان‌های متحمل به تنش کم‌آبی در گروه‌های اول و دوم و بیشتر نژادگان‌های حساس به تنش کم‌آبی در گروه‌های سوم و چهارم تجزیهٔ خوشه‌ای قرار گرفتند. نتایج تجزیهٔ خوشه‌ای می‌تواند برای انتخاب نژادگان‌هایی با بیشترین فاصلهٔ ژنتیکی به‌عنوان والدین مطلوب برای دورگ‌گیری و ایجاد جمعیت‌های در حال تفرق با بیشترین تنوع ژنتیکی بسیار ارزشمند باشد.

واژه‌های کلیدی: دووجهی، تجزیهٔ خوشه‌ای، سویا، شاخص تحمل به تنش.

Evaluation of tolerance to water deficit stress in diverse soybean genotypes

Seyyed Ali Peghambi [1]*, Mahnaz Taleb Khani [2], Hamid Reza Babaei[3] and Hadi Alipour [4]

1. Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj 2. Graduated from the Department of Agronomy and Plant Breeding, Azad University-Karaj, Iran 3. Assistant Professor of Plant Improvement, Mashhad 4. Assistant Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Urmia University

(Received: October 5, 2016- Accepted: May 27, 2017)

ABSTRACT

Water deficit is one of the most important factors limiting crop production including soybean. In order to evaluate and identify water deficit tolerant soybean genotypes, 40 soybean genotypes were evaluated in a randomized completely block design (RCBD) with three replications. This study was carried out under both normal and water deficit conditions, in 2015 on the research field of Seed and Plant Improvement Institute-Karaj. MP, GMP, HARM and STI indices which demonstrate the most significant correlation with grain yield in normal and water deficit stress conditions were introduced as the best indices for screening tolerant genotype. Based on biplot graph of first and second principal components, the D42×Will82, Spry×Savoy/3, Chaleston×Mostang/12 and Liana×L32/2 genotypes were introduced as water deficit tolerant genotypes with high grain yield in normal condition and GN 2171, GN 2167, GN 2087 and GN 2011 genotypes were selected as sensitive genotypes to water deficit stress. Based on the result of cluster analysis using MP, GMP, HARM and STI indices and grain yield under normal and water deficit stress condition genotypes were classified in four clusters which the most of tolerant genotypes to water deficit stress were located in the first and second clusters and the most of tolerant genotypes to water deficit stress were located in the first and second clusters and the most sensitive were grouped in the third and fourth clusters. The result of cluster analysis can be valuable in order to selection of genotypes with high genetic distance as parents for hybridization and development of segregating population with maximum variations.

Keywords: Biplot, cluster analysis, soybean, drought tolerance indices.

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

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

سویا (*Glycine max* L.) یکی از منابع اصلی پروتئین برای تغذیهٔ انسان، دام و تولید روغن‌های گیاهی و مهم‌ترین لگوم دانه‌ای جهان به شمار می‌رود که در میان گیاهان روغنی رتبهٔ دوم را از نظر تولید و سطح زیر کشت به خود اختصاص داده است و سهم آن در تولید روغن در سال ۲۰۱۴ میلادی نزدیک به ۶۰ درصد کل تولید جهانی بوده است. به‌طوری‌که برزیل (۹۰ میلیون تن)، ایالات‌متحدهٔ آمریکا (۸۹ میلیون تن) و آرژانتین (۵۳ میلیون تن) از جمله بزرگ‌ترین تولیدکنندگان سویا در جهان به شمار می‌روند (FAO, 2014).

کم‌آبی یکی از مهم‌ترین عامل‌های محدودکنندهٔ تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است که در دو دههٔ اخیر باعث کاهش محسوس در میزان عملکرد گیاهان زراعی مانند سویا شده است. سویا در طول دورهٔ رشد خود برای رسیدن به عملکرد بالقوه، بسته به نژادگان (ژنوتیپ)ها، حدود ۷۰۰–۴۵۰ میلی‌متر آب استفاده می‌کند (Silvente *et al.*, 2012)، و از گیاهان حساس به تنش خشکی، به‌ویژه در دورهٔ بحرانی رشد در نظر گرفته شده است (Liu *et al.*, 2005). پژوهش‌های انجام‌شده مراحل گل‌دهی و غلاف‌دهی را حساس‌ترین مراحل رشد گیاه سویا به تنش کم‌آبی می‌دانند، چراکه در این مراحل، تنش باعث کاهش معنی‌دار عملکرد می‌شود که بیشتر ناشی از کاهش شمار غلاف است (Desclaux ؛ Board, 2002 *et al.*, 2000). تنش کم‌آبی در مرحلهٔ گل‌دهی افزون بر کاهش وزن خشک گیاه، کاهش اجزای زایشی و درنهایت شمار دانه را در پی خواهد داشت (Aminifar *et al.*, 2012). اقلیم نیمه‌خشک کشور ایران و قرار گرفتن سویا در الگوی زراعی به‌عنوان کشت دوم باعث شده است که برخی از مراحل زایشی گیاه در معرض تنش‌های کم‌آبی قرار گیرد و موجب کاهش عملکرد شود (Masoumi *et al.*, 2010). تلاش‌های اخیر در راستای افزایش عملکرد سویا در شرایط تنش کم‌آبی، به شناسایی نژادگانی معطوف شده است که در شرایط تنش کم‌آبی، افت عملکرد کمتری داشته و در شرایط آبی نیز عملکرد قابل پذیرشی داشته باشند (Daneshian *et al.*, 2009). بنابراین شناسایی نژادگانی که بتوانند تنش کم‌آبی را تحمل کنند، می‌تواند به میزان قابل‌توجهی از کاهش محصول بکاهد. در این زمینه بسیاری از محققان نژادگان‌هایی را که در هر دو شرایط تنش کم‌آبی و آبیاری مناسب، عملکرد بهتری داشته باشند، به‌عنوان نژادگان‌های مناسب برای کشت در مناطق با مشکل کم‌آبی، معرفی می‌کنند. افزون بر این شناسایی صفاتی که در نژادگان‌های متحمل به تنش کم‌آبی باعث افزایش عملکرد شوند، می‌توانند در کارهای اصلاحی برای تولید رگه (لاین)های متحمل به کم‌آبی استفاده شوند. در رابطه با انتخاب نژادگان‌های متحمل به تنش خشکی شاخص‌های مختلفی بر پایهٔ عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش، ارائه شده است. به‌طوری‌که Fisher & Maurer (1978) شاخص حساسیت به تنش (SSI: Stress Susceptibility Index)، Rosille & Hamblin (1981) شاخص تحمل به تنش (TOL: Tolerance Index) و شاخص میانگین بهره‌وری (MP: Mean Production)، Fernandez (1992) شاخص تحمل به تنش (STI: Stress Tolerance Index) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP: Geometric Mean Production) و میانگین هارمونیک بهره‌وری (HARM: Harmonic Mean) را برای انتخاب نژادگان‌های متحمل به تنش خشکی معرفی کرده‌اند. ازآنجایی‌که تحمل به تنش کم‌آبی یک صفت پیچیده است و عامل‌های مختلفی ممکن است در آن دخالت داشته باشند، داوری پیرامون رگه‌ها از نظر یک صفت، پیچیده بوده و گاهی با نتایج متناقض همراه است (Maroufi, 1998Nourmand ؛ Emam Jome, 1999 Moayyed, 1997). بااین‌حال، محققان وضعیت نسبی عملکرد نژادگان‌ها در شرایط تنش و بدون تنش خشکی را به‌عنوان یک معیار مناسب برای تحمل به خشکی پیشنهاد کرده‌اند (Blum, ؛ Turner, 2003 Arnon, 1972؛1988). به باور Blum (1988) بهترین شاخص آن است که در هر دو شرایط آبیاری عادی و تنش خشکی همبستگی معنی‌داری با عملکرد داشته

Archive of SID

www.SID.ir

باشد. Fernandez (1992) بر پایهٔ واکنش نژادگان‌ها به شرایط محیطی تنش خشکی و بدون تنش، نژادگان‌ها را به چهار گروه طبقه‌بندی کردند: گروه A: نژادگان‌هایی که در هر دو محیط عملکرد خوبی دارند. گروه B: نژادگان‌هایی که در محیط بدون تنش عملکرد خوبی دارند. گروه C: نژادگان‌هایی که در محیط تنش عملکرد خوبی دارند. گروه D: نژادگان‌هایی که در هر دو شرایط عملکرد کمی دارند. بهترین شاخص آن است که بتواند گروه A را از سه گروه دیگر متمایز کند که در این تحقیق شاخص STI به‌عنوان شاخص مهم برای جداسازی گروه A از دیگر گروه‌ها معرفی شد (Fernandez, 1992). Fernandez (1992) در آزمایشی نشان داد، شاخص STI برای انتخاب نژادگان‌ها در شرایط تنش خشکی و بدون تنش بهتر از دیگر شاخص‌ها است. Fereres *et al.* (1983) بر این باورند که بررسی واکنش رقم‌ها نسبت به خشکی اگر تنها بر مبنای حساسیت عملکرد آن‌ها نسبت به خشکی باشد، سودمندتر است. Fisher & Maurer (1978) دو مرحله در تهیهٔ رقم‌های متحمل به خشکی را مطرح کردند: در آغاز رقم‌های بر پایهٔ عملکرد دانه در شرایط تنش آبی به‌گونه‌ای شدید و سریع غربال شوند و آنگاه نمونه‌های باقی‌مانده بر پایهٔ صفات ریخت‌شناختی (مورفولوژیک) مهم و مرتبط با عملکرد و مؤثر در تحمل به خشکی غربال شوند.

Bokaie *et al.* (2008) در نتایج بررسی تحمل به تنش خشکی در ۱۵ نژادگان سویا در سه سطح آبیاری، شاخص‌های MP، GMP و STI را به‌عنوان مهم‌ترین شاخص‌ها معرفی کرده و سه نژادگان متحمل به تنش خشکی را بر پایهٔ این شاخص‌ها شناسایی و معرفی کردند که ظرفیت عملکردی خوبی برای کشت در شرایط کم‌آبی داشتند.

Daneshian *et al.* (2009) در نتایج بررسی تحمل هشت رقم سویا به تنش خشکی در مرحلهٔ تشکیل غلاف، همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین عملکرد دانه در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی با شاخص‌های MP، GMP و STI مشاهده کردند و این شاخص‌ها را به‌عنوان شاخص‌های مهم برای انتخاب نژادگان‌های با عملکرد بالا در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی معرفی کردند. Kargar *et al.* (2014) نیز در نتایج بررسی تحمل به تنش خشکی در ۴۹ نژادگان‌های سویا با محدود کردن دور آبیاری در مرحلهٔ گلدهی شاخص‌های GMP و STI را به‌عنوان بهترین شاخص‌ها برای جداسازی نژادگان‌های متحمل معرفی کردند و با توجه به نتایج نمودار دووجهی (بای‌پلات) بر پایهٔ شاخص‌های تحمل به تنش هشت نژادگان متحمل به تنش خشکی را معرفی کردند. در این پژوهش به‌منظور شناسایی نژادگان‌های متحمل به تنش کم‌آبی و گزینش بهترین نژادگان‌ها و استفاده از آن‌ها در برنامه‌های بهنژادی بعدی، ۴۰ نژادگان از بانک ژن ذخائر توارثی (کلکسیون ژرم‌پلاسم) سویا بخش دانه‌های روغنی انتخاب و بررسی شدند.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی تحمل به تنش کم‌آبی، ۴۰ نژادگان متوسط رس سویا از دو گروه رسیدگی III و IV (جدول ۱) انتخاب و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی در ایستگاه پژوهشی مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر، بخش تحقیقات دانه‌های روغنی با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۹۵ دقیقهٔ شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۶۰ دقیقهٔ شرقی با ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا واقع در کرج در سال زراعی ۱۳۹۳ کشت شدند که فراسنجه (پارامتر)های هواشناسی ایستگاه محل آزمایش در جدول ۲ آمده است. پس از آماده‌سازی زمین زراعی، برای انجام آزمون خاک یک نمونهٔ مرکب از آن تهیه و برای انجام تجزیهٔ فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه خاک‌شناسی منتقل که نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش خاک در جدول ۳ خلاصه شده است. کاشت بذر به‌صورت دستی و طوری انجام شد که هر کرت آزمایشی شامل چهار خط به طول ۳ متر و با فاصلهٔ خطوط ۵۰ سانتی‌متر و فاصلهٔ بذرها روی خطوط ۲۵ سانتی‌متر و عمق بذر حدود ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در مرحلهٔ داشت، برای مبارزه با علف‌های هرز، وجین دستی صورت گرفت. دور آبیاری بر پایهٔ تخلیهٔ رطوبت نسبی خاک توسط دستگاه رطوبت‌سنج TDR تنظیم

Archive of SID

www.SID.ir

شد که برای سطح عادی آبیاری بر پایهٔ ۴۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک و برای سطح تنش کم‌آبی آبیاری بر پایهٔ ۷۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک صورت گرفت.

به‌منظور تعیین عملکرد دانه در هر دو شرایط، برداشت هنگامی‌که در حدود ۹۰ درصد بوته‌های هر کرت آزمایشی رسیده بودند پس از حذف ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر کرت به‌عنوان اثر حاشیه‌ای، نمونه‌برداری از مابقی بوته‌های موجود صورت گرفت و به‌صورت واحد گرم بر مترمربع گزارش شد.

جدول ۱. صورت نژادگان‌های سویا مورد بررسی در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی

Table 1. List of investigated soybean genotypes under normal and water deficit stress

Entry No.	Genotype	Entry No.	Genotype	Entry No.	Genotype	Entry No.	Genotype
1	GN 2172	11	GN 2165	21	GN 3071	31	Chaleston×Mostang/12
2	GN 2002	12	GN 2095	22	GN 3074	32	Spry ×Nemaha/3
3	GN 2130	13	GN 2087	23	GN 3070	33	Spry ×Nemaha/8
4	GN 2171	14	GN 2040	24	GN 3065	34	Spry ×Savoy/2
5	GN 2167	15	GN 2046	25	GN 3025	35	Spry ×Savoy/3
6	GN 2166	16	GN 2015	26	GN 3027	36	L6 – P 79
7	GN 2157	17	GN 2032	27	Liana×L32/2	37	DI 74
8	GN 2156	18	GN 2011	28	Hacheston×L16/16	38	D42.I9
9	GN 2152	19	GN 2034	29	Liana×L32/3	39	D42.I4
10	GN 2125	20	GN 2003	30	Stressland × NMSB/3	40	D42 ×Will 82

جدول ۲. ویژگی‌های اقلیمی محل اجرای آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۳

Table 2. Meteorological information of experimental site in 2014

Month		Maximum wind speed (km/h)	Average of dry weather temperature (^{0}C)	Average of maximum temperature (^{0}C)	Average of minimum temperature (^{0}C)	Rainfall (mm)
Farvardin	21 March- 20 April	13	14.44	19.52	5.95	10.70
Ordibehesht	21 April- 21 May	17	22.52	27.61	14.06	12.00
Khordad	22 May- 21 June	19	26.49	31.85	16.66	21.50
Tir	22 June- 22 July	12	30.89	36.79	20.84	0.00
Mordad	23 July- 22 August	10	30.30	36.48	20.40	0.00
Shahrivar	23 August - 22 September	11	26.32	33.53	18.15	0.00
Mehr	23 September - 22 October	14	17.82	24.66	11.51	12.80
Aban	23 October - 21 November	10	9.35	14.88	4.52	23.90
Azar	22 November - 21 December	10	5.99	10.48	2.46	31.40
Day	22 December - 20 January	11	5.22	10.30	0.16	7.60
Bahman	21 January - 19 February	11	7.15	12.32	2.23	19.40
Esfand	20 February - 20 March	13	6.43	12.79	0.74	19.60

جدول ۳. نتایج تجزیهٔ خاک در محل اجرای آزمایش در سال ۱۳۹۳

Table 3. Soil analysis in the experimented place in 2014

Characteristics	Sampling soil depth (cm)	
	0-30	30-60
Electrical conductivity (ds.m-1)	1.39	1.19
pH	7.30	7.10
Total Neutralizing Value (%)	8.19	8.38
Saturated water content (%)	36	38
Organic Carbon (%)	0.87	0.97
Total Nitrogen (%)	0.09	0.04
Absorbable Phosphate (mg/kg)	14.70	15.6
Absorbable Potassium (mg/kg)	171	139
Clay (%)	31	26
Silt (%)	44	45
Sand (%)	25	29
Soil texture	Clay Loam	Clay Loam

Archive of SID

www.SID.ir

سپس با استفاده از میانگین عملکرد بوته‌های هر کرت در شرایط آبیاری عادی (Ypi) و شرایط تنش (Ysi)، شاخص‌های کمی تحمل به تنش برابر رابطه‌های زیر محاسبه شدند:

$$MP = (Ypi + Ysi)/2 \quad (۱)$$
(Rosielle & Hamblin, 1981)

$$TOL = Ypi - Ysi \quad (۲)$$
(Rosielle & Hamblin, 1981)

$$GMP = \sqrt{(Ypi \times Ysi)} \quad (۳)$$
(Kristin *et al.*, 1997)

$$SI = 1 - (Ys/Yp) \quad (۴)$$
(Ficher & Maurer, 1978)

$$SSI = (1 - (Ysi/Ypi))/SI \quad (۵)$$
(Ficher & Maurer, 1978)

$$STI = (Ypi \times Ysi)/(Yp)^2 \quad (۶)$$
(Fernandez, 1992)

$$HARM = (2 \times (Ypi \times Ysi))/(Ypi + Ysi) \quad (۷)$$
(Kristin et al., 1997)

که در این رابطه‌ها Ysi و Ypi به ترتیب عملکرد دانه در شرایط تنش کم‌آبی و شرایط آبیاری عادی و Ys و Yp به ترتیب میانگین عملکرد دانه در شرایط تنش کم‌آبی و شرایط آبیاری عادی است. نژادگان‌هایی با مقادیر بالای شاخص‌های MP، GMP، HARM و STI، متحمل به تنش کم‌آبی هستند ولی نژادگان‌هایی با مقادیر بالای شاخص‌های TOL و SSI حساس به تنش کم‌آبی است. در این تحقیق پس از آزمون نرمال بودن خطاها برای داده‌های عملکرد در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی، تعیین همبستگی بین عملکرد در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی و شاخص‌های تحمل به تنش با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 انجام شد. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و ترسیم نمودار دووجهی با استفاده از نرم‌افزار Statgraphics 16 و تجزیهٔ خوشه‌ای با استفاده از نرم‌افزار RStudio با بستهٔ d3heatmap انجام شد.

نتایج و بحث

به‌منظور شناسایی نژادگان‌های متحمل، شاخص‌های تحمل به تنش کم‌آبی برای نژادگان‌های مورد بررسی محاسبه شدند (جدول ۴). در حالت کلی تنش کم‌آبی باعث کاهش حدود ۴۳ درصدی عملکرد دانه در نژادگان‌های مورد بررسی شد. در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی نژادگان‌های D42×Will82 (Yp=۴۷۲۵ و Ys=۲۶۹۱)، Chaleston×Mostang/12 (Yp=۴۰۹۲ و Ys=۲۳۴۶)، Spry×Savoy/3 (Yp=۴۰۰۰ و Ys=۲۴۹۵)، D42.I4 (Yp=۳۹۲۷ و Ys=۲۸۵۶)، Liana×L32/2 (Yp=۳۶۹۹ و Ys=۲۱۴۰)، Hacheston×L16/16 (Yp=۳۳۰۶ و Ys=۲۳۲۵)، D42.I9 (Yp=۳۱۷۴ و Ys=۲۱۰۷) و DI-74 (Yp=۳۰۸۱ و Ys=۲۱۹۴) عملکرد دانهٔ نسبتا بالایی داشتند که از آن‌ها می‌توان به‌عنوان نژادگان‌های مناسب برای کشت در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی معرفی کرد. البته لازم به یادآوری است در میان نژادگان‌های با عملکرد بالا در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی، باوجود اینکه نژادگان D42×Will82 در شرایط آبیاری عادی عملکرد بالاتری داشت ولی در شرایط تنش کم‌آبی نژادگان D42.I4 عملکرد بالاتری را نشان داد.

بنابراین در معرفی نژادگان‌ها برای کشت در مناطق مختلف لازم است شرایط منطقه از نظر روبه‌رو شدن با شرایط تنش بررسی شود و در صورت احتمال روبه‌رو شدن با شرایط تنش کم‌آبی از نژادگانی مانند D42.I4 که در شرایط آبیاری عادی و تنش عملکرد بالا و از سوی دیگر کاهش عملکرد به نسبت کمتری دارد استفاده شود اما درصورتی‌که احتمال روبه‌رو شدن با شرایط تنش کم‌آبی کمتر باشد، نژادگان D42×Will82 می‌تواند به‌عنوان نژادگان مطلوب برای آن مناطق معرفی شود. نژادگان‌های اشاره‌شده افزون بر داشتن عملکرد بالا در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی، از نظر شاخص‌های تحمل به خشکی نیز بیشترین میزان شاخص‌های MP، GMP، HARM و STI را داشتند به‌طوری‌که می‌توان آن‌ها را مناسب‌ترین نژادگان‌ها برای کشت در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی در نظر گرفت. بر پایهٔ تجزیهٔ همبستگی ساده بین عملکرد در شرایط آبیاری عادی و تنش و شاخص‌های کمی تحمل به خشکی، شاخص‌های تحمل را غربال و مناسب‌ترین شاخص‌ها، انتخاب شد (جدول ۵). با توجه به اینکه شاخص‌های STI، MP، GMP و HARM همبستگی بسیار

Archive of SID

www.SID.ir

معنی‌داری با عملکرد در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی نشان دادند (جدول ۳)، لذا می‌توان این شاخص‌ها را به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال کردن نژادگان های متحمل به تنش کم‌آبی در نظر گرفت. شاخص‌های TOL و SSI همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد در شرایط آبیاری عادی و همبستگی منفی و معنی‌دار با عملکرد در شرایط تنش کم‌آبی نشان دادند. بنابراین انتخاب نژادگان‌ها با مقادیر کمتر این شاخص‌ها باعث برگزیدن نژادگان‌هایی می‌شود که عملکرد بالا در شرایط تنش کم‌آبی و عملکرد پایین در شرایط آبیاری عادی دارند. بنابراین شاخص‌های یادشده برای شناسایی رقم‌های متحمل سودمند نیستند (Schneider *et al.*, 1997؛ Schneiter *et al.*, 1992).

جدول ۴. مقادیر برآورد شده برای شاخص‌های تحمل به خشکی بر پایهٔ میانگین عملکرد ۴۰ نژادگان سویا در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی

Table 4. Estimated drought tolerance indices based on average performance of 40 soybean genotypes under normal and water deficit conditions.

Entry No.	genotype	Yp	Ys	MP	GMP	HARM	STI	TOL	SSI
1	GN-2172	274.10	173.83	2239.67	2182.84	2127.45	0.6104	1002.67	0.8460
2	GN-2002	211.03	187.60	1993.17	1989.72	1986.28	0.5071	234.33	0.2568
3	GN-2130	255.00	108.90	1819.50	1666.42	1526.22	0.3557	1461.00	1.3251
4	GN-2171	178.47	21.97	1002.17	626.12	391.18	0.0502	1565.00	2.0282
5	GN-2167	177.90	76.13	1270.17	1163.79	1066.33	0.1735	1017.67	1.3231
6	GN-2166	232.83	175.73	2042.83	2022.78	2002.93	0.5241	571.00	0.5672
7	GN-2157	350.03	156.40	2532.17	2339.77	2161.99	0.7013	1936.33	1.2794
8	GN-2156	300.33	77.07	1887.00	1521.37	1226.59	0.2965	2232.67	1.7194
9	GN-2152	242.97	93.87	1684.17	1510.18	1354.17	0.2921	1491.00	1.4193
10	GN-2125	201.20	180.60	1909.00	1906.22	1903.44	0.4655	206.00	0.2368
11	GN-2165	168.50	151.60	1600.50	1598.27	1596.04	0.3272	169.00	0.2320
12	GN-2095	258.27	110.40	1843.33	1688.57	1546.80	0.3652	1478.67	1.3242
13	GN-2087	196.93	80.93	1389.33	1262.48	1147.20	0.2042	1160.00	1.3623
14	GN-2040	210.87	127.83	1693.50	1641.82	1591.72	0.3453	830.33	0.9107
15	GN-2046	289.90	157.27	2235.83	2135.22	2039.13	0.5840	1326.33	1.0582
16	GN-2015	237.10	142.77	1899.33	1839.84	1782.20	0.4336	943.33	0.9202
17	GN-2032	238.17	107.27	1727.17	1598.35	1479.15	0.3273	1309.00	1.2712
18	GN-2011	238.07	163.20	2006.33	1971.10	1936.49	0.4977	748.67	0.7273
19	GN-2034	351.73	164.93	2583.33	2408.58	2245.65	0.7431	1868.00	1.2283
20	GN-2003	217.17	117.30	1672.33	1596.05	1523.24	0.3263	998.67	1.0636
21	GN-3071	322.67	181.83	2522.50	2422.22	2325.93	0.7516	1408.33	1.0095
22	GN-3074	304.33	170.67	2375.00	2279.03	2186.93	0.6653	1336.67	1.0158
23	GN-3070	262.63	202.73	2326.83	2307.48	2288.28	0.6820	599.00	0.5275
24	GN-3065	242.57	171.73	2071.50	2041.00	2010.95	0.5336	708.33	0.6754
25	GN-3025	302.63	127.33	2149.83	1963.04	1792.48	0.4936	1753.00	1.3397
26	GN-3027	265.90	109.57	1877.33	1706.86	1551.87	0.3732	1563.33	1.3598
27	Liana×L32/2	369.90	214.00	2919.50	2813.51	2711.38	1.0140	1559.00	0.9748
28	Hacheston×L16/16	330.57	232.50	2815.33	2772.30	2729.93	0.9845	980.67	0.6861
29	Liana×L32/3	290.07	155.87	2229.67	2126.30	2027.73	0.5791	1342.00	1.0700
30	Stressland×NMSB/3	292.20	197.43	2448.17	2401.87	2356.46	0.7390	947.67	0.7501
31	Chaleston×Mostang/12	409.23	234.63	3219.33	3098.71	2982.60	1.2300	1746.00	0.9868
32	Spry×Nemaha/3	284.23	168.23	2262.33	2186.72	2113.64	0.6125	1160.00	0.9439
33	Spry×Nemaha/8	256.77	105.20	1809.83	1643.53	1492.51	0.3460	1515.67	1.3653
34	Spry×Savoy/2	291.07	99.17	1951.17	1698.94	1479.33	0.3697	1919.00	1.5249
35	Spry×Savoy/3	399.97	249.47	3247.17	3158.77	3072.78	1.2781	1505.00	0.8703
36	L6-P79	230.10	163.13	1966.17	1937.45	1909.15	0.4808	669.67	0.6731
37	DI-74	308.07	219.40	2637.33	2599.80	2562.81	0.8658	886.67	0.6657
38	D42.I9	317.40	210.73	2640.67	2586.25	2532.95	0.8568	1066.67	0.7773
39	D42.I4	392.73	285.60	3391.67	3349.10	3307.07	1.4368	1071.33	0.6309
40	D42×Will82	472.50	269.10	3708.00	3565.81	3429.07	1.6288	2034.00	0.9956

Archive of SID

www.SID.ir

Zeynali-Khanghah *et al.* (2004) در نتایج بررسی پانزده رقم وارداتی سویا شاخص‌های GMP و STI را که همبستگی بالایی با عملکرد دانه در هر دو شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی نشان داده بودند، به‌عنوان بهترین شاخص‌ها برای انتخاب رقم‌های دارای پتانسیل عملکرد بالا در هر دو شرایط معرفی کردند. Abdipour *et al.* (2009) در نتایج بررسی‌های خود شاخص‌های MP، GMP، HARM و STI را به‌عنوان شاخص‌های مهم برای جداسازی نژادگان‌های متحمل به تنش خشکی معرفی کردند. Kargar *et al.* (2004) و Kargar *et al.* (2014) نیز در بررسی تحمل به تنش خشکی در نژادگان‌های سویا شاخص‌های GMP و STI را به‌عنوان بهترین شاخص‌های برای جداسازی نژادگان‌های متحمل معرفی کردند. Dehghani *and Alizadeh.* (2009) و Khalili *et al.* (2012) در نتایج بررسی‌های خود شاخص‌های MP، GMP و STI را که همبستگی بالایی با عملکرد دانه در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی نشان داده بودند را به‌عنوان شاخص‌های بسیار مناسب برای انتخاب نژادگان‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط گزارش کردند. در بررسی‌های دیگر محققان نیز درزمینهٔ گیاهان زراعی مختلف نتایج مشابهی گزارش شده است (Faraji, 2014؛ Toorchi *et al.*, 2012؛ Najafi & Geravandi, 2011؛ Karimizadeh *et al.*, 2011؛ Sanjari Pirevatlou and Alizadeh, 2013؛ Bokaie *et al.*, 2008).

جدول ۵. همبستگی بین عملکرد در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی و شاخص‌های تحمل تنش کم‌آبی در ۴۰ نژادگان سویا

Table 5. Correlation coefficient between yield under normal and water deficit cnditions and tolerance indices in 40 soybean genotypes

Correlation	Yp	Ys	MP	GMP	HARM	STI	TOL
Ys	0.693**						
MP	0.935**	0.904**					
GMP	0.879**	0.951**	0.990**				
HARM	0.826**	0.975**	0.971**	0.995**			
STI	0.894**	0.919**	0.984**	0.980**	0.968**		
TOL	0.577**	-0.189	0.249	0.121	0.020	0.177	
SSI	0.016	-0.690**	-0.331*	-0.449**	-0.532**	-0.366*	0.803**

* و **. به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

* and **. significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

به‌منظور بررسی رابطهٔ بین بیش از سه متغیر از نمودار دووجهی استفاده شد (Maroufi, 1998؛ Nourmand Moayyed, 1997؛ Emam Jome, 1997؛ Fernandez, 1992). بنابراین در آغاز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر مبنای شاخص‌های تحمل به تنش و عملکرد در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی در ۴۰ نژادگان سویا انجام شد (جدول ۶). نمودار دووجهی مربوط بر مبنای دو مؤلفهٔ اول و دوم که در مجموع حدود ۹۹ درصد از تغییرات موجود بین داده‌ها را توجیه کردند، ترسیم شد (شکل ۱). در فضای نمودار دووجهی نژادگان‌ها در گروه‌های مشخصی قرار گرفتند که مرتبط با میانگین عملکرد و تحمل آن‌ها به کمبود آب است. جدول ۶ نشان می‌دهد، حدود ۷۳ درصد از تغییرات کل داده‌ها مربوط به مؤلفهٔ اول است که همبستگی مثبت و بالایی با Yp، Ys، MP، GMP، HARM و STI و همبستگی منفی با شاخص SSI داشت. از این نظر به نام مؤلفهٔ ظرفیت و پایداری عملکرد و تحمل به خشکی نام‌گذاری شد. بنابراین روی دووجهی به‌دست‌آمده با توجه به مقادیر بالای این مؤلفه‌ها می‌توان رقم‌های متحمل به خشکی با عملکرد بالا را انتخاب کرد. دومین مؤلفه که ۲۶ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد و با شاخص‌های TOL و SSI همبستگی مثبت بسیار بالایی نشان داد.

بنابراین مؤلفهٔ دوم را می‌توان به‌عنوان مؤلفهٔ حساسیت به تنش کم‌آبی معرفی نام‌گذاری کرد. ازآنجایی‌که Yp در مؤلفهٔ دوم نیز ضریب به نسبت

Archive of SID

www.SID.ir

بالایی را داشت بنابراین نژادگان‌های انتخاب‌شده بر پایهٔ مؤلفهٔ دوم عملکرد در شرایط آبیاری عادی به نسبت بالاتری را نیز خواهند داشت. بر پایهٔ نمودار دووجهی (شکل ۱) نژادگان‌هایی که در ناحیهٔ A نمودار دووجهی قرار دارند مانند نژادگان‌های D42×Will82 (۴۰)، Spry×Savoy/3 (۳۵)، Chaleston×Mostang/12 (۳۱)، Liana×L32/2 (۲۷) نژادگان‌هایی هستند که افزون بر متحمل بودن به تنش کم‌آبی در شرایط آبیاری عادی عملکرد بالاتری را نشان دادند که می‌توان از این نژادگان‌های برای کشت در شرایط آبیاری عادی که تا حدودی احتمال روبه‌رو شدن با تنش کم‌آبی وجود داشته باشد، بهره‌مند شد.

نژادگان‌هایی مانند GN-2171 (۴)، GN-2087 (۱۳)، GN-2156 (۸)، GN-2152 (۹) و Spry×Savoy/2 (۳۴) که در ناحیهٔ B نمودار دووجهی قرار دارند، نژادگان‌هایی هستند که کاهش عملکرد به نسبت بالایی داشته و حساس به تنش کم‌آبی هستند.

نژادگان‌هایی مانند D42.I4 (۳۹)، Hacheston×L16/16 (۲۸)، D42.I9 (۳۸) و DI-74 (۳۷) که در ناحیهٔ B قرار گرفتند نژادگان‌هایی را شامل می‌شود که در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی عملکرد به نسبت خوبی داشته و از سوی دیگر کاهش عملکرد کمتری را نیز دارند. بنابراین می‌توان از این نژادگان‌ها به‌عنوان نژادگان‌های متحمل به تنش کم‌آبی یاد کرد و برای کشت در مناطقی که احتمال رویارویی با تنش کم‌آبی دارند استفاده کرد. از سوی دیگر از این نژادگان‌ها می‌توان در برنامه‌های بهنژادی آتی برای شناسایی ژن‌های تحمل به تنش کم‌آبی و یا ایجاد رقم‌های متحمل به تنش کم‌آبی با عملکرد بالا بهره‌مند شد. درنهایت نژادگان‌های گروه‌بندی‌شده در ناحیهٔ D، نژادگان‌هایی هستند که در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی عملکرد کمتری داشتند ولی در مجموع کاهش عملکرد کمتری نیز داشته و از نظر شاخص‌های SSI و TOL مقادیر بسیار پایینی را داشتند. از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و نمودار دووجهی برای جداسازی رقم‌ها نسبت به تنش خشکی در سویا توسط Zeynali-Khanghah *et al.* (2004)، Kargar *et al.* (2004)، Abdipour *et al.* (2009) و Kargar *et al.* (2014)، در لوبیا توسط Fernandez (1992) و در نخود توسط Ganjali *et al.* (2005)، Pouresmael *et al.* (2009) و Mohammad Alipour Yamchi *et al.* (2011) استفاده و تأیید شده است.

جدول ۶. مقادیر ویژه، بردارهای ویژه و سهم تجمعی شاخص‌های تحمل و عملکرد در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی در ۴۰ نژادگان سویا

Table 6. Eigen values and vector values and cumulative variance of tolerance indices, yield under normal and water deficit conditions in 40 soybean genotypes

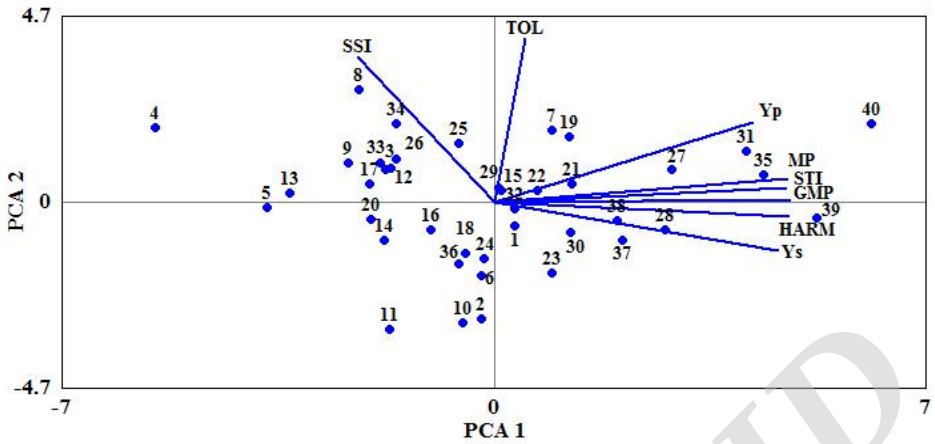
Component	Eigenvalues	Cumulative of variance (%)	Yp	Ys	MP	GMP	HARM	STI	TOL	SSI
1	5.835	72.938	0.873	0.956	0.989	0.999	0.994	0.985	0.106	-0.461
2	2.101	99.196	0.485	-0.290	0.144	0.014	-0.086	0.084	0.989	0.876

بنا بر نتایج تجزیهٔ خوشه‌ای نیز نتایج نسبتا مشابهی با نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به دست آمد و نژادگان‌های مورد بررسی در چهار گروه اصلی گروه‌بندی شدند (شکل ۲). دو نژادگان D42×Will82 (۴۰) و D42.I4 (۳۹) که نه‌تنها از نظر عملکرد در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی، بلکه از نظر شاخص‌های تحمل به تنش شامل MP، GMP، HARM و STI نیز مقادیر بالاتری داشتند، در گروه اول طبقه‌بندی شدند. بنابراین می‌توان این دو نژادگان را برای کشت در مناطق مختلف که احتمال روبه‌رو شدن با تنش کم‌آبی وجود دارد معرفی کرد. در گروه دوم نژادگان‌هایی مانند Chaleston×Mostang/12 (۲۷)، Spry×Savoy/3 (۳۵)، Hacheston×L16/16 (۲۸)، Chaleston×Mostang/12 (۳۱)، D42.I9 (۳۸) گروه‌بندی شدند که در شرایط آبیاری عادی عملکرد به نسبت بالاتری داشته و از نظر

Archive of SID

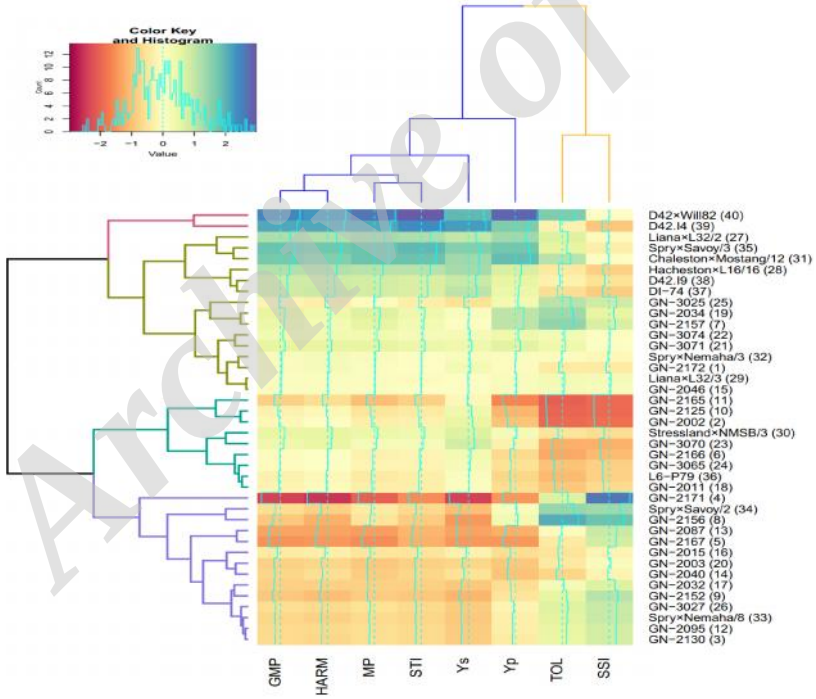
www.SID.ir

شاخص‌های تحمل به تنش نیز مقادیر به نسبت بالایی نشان دادند.



شکل ۱. نمودار دووجهی بر پایهٔ مؤلفهٔ اول و دوم برای شناسایی نژادگان‌های متحمل به تنش کم‌آبی در ۴۰ نژادگان سویا

Fig 1. Biplot graph on the basis of the first and second components for identifying tolerant genotypes to water deficit stress in 40 soybean



شکل ۲. تجزیهٔ خوشه‌ای نژادگان‌ها بر پایهٔ عملکرد در شرایط آبیاری عادی و تنش کم‌آبی و شاخص‌های تحمل تنش کم‌آبی در ۴۰ نژادگان سویا

Fig 2. Dendrogram obtained by cluster analysis of 40 soybean genotypes based on yield under normal and water deficit stress and MP, GMP, HARM, STI, TOL and SSI indices.

نژادگان‌های گروه‌بندی‌شده در این گروه نژادگان‌هایی هستند که از نظر مؤلفهٔ اول مقادیر بالاتری را داشتند. نژادگان‌های گروه‌بندی‌شده در گروه سوم نژادگان‌هایی قرار گرفته بودند که در شرایط

Archive of SID

www.SID.ir

آبیاری عادی عملکرد کمتری داشتند ولی کاهش عملکرد کمتری نیز نشان داده بودند بنابراین از نظر شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI و TOL) مقادیر بسیار کمتری را نشان داده بودند که بیشتر نژادگان‌هایی را شامل می‌شود که در ناحیهٔ D نمودار دووجهی قرار گرفته بودند. درنهایت در گروه چهارم نژادگان‌هایی قرار گرفتند که از نظر عملکرد در شرایط آبیاری عادی مقادیر متوسطی داشته ولی کاهش عملکرد به نسبت بالایی نشان داده و از نظر شاخص‌های تحمل به تنش شامل MP، GMP، HARM و STI مقادیر پایین‌تر و از نظر شاخص‌های حساسیت به تنش شامل SSI و TOL مقادیر بالایی داشتند. بنابراین از نژادگان‌های این گروه می‌توان به‌عنوان نژادگان‌های حساس به تنش کم‌آبی یاد کرد که می‌توانند در بررسی‌های آتی در رابطه با شناسایی ژن‌ها و مسیرهای تحمل به تنش کم‌آبی استفاده کرد.

نتیجه‌گیری

نژادگان‌های D42×Wil 82، Chaleston×Mostang/12 ، Spry×Savoy/3 و D42.I4 را به‌عنوان نژادگان‌های با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش در این مرحله شناسایی شدند. همچنین نژادگان‌های GN 2171، GN 2167، GN 2087 و GN 2011 را به دلیل داشتن مقادیر بالای شاخص‌های TOL و SSI و مقادیر پایین شاخص‌های HARM، GMP، MP و STI به‌عنوان حساس‌ترین نژادگان‌ها در این مرحله معرفی شدند.

REFERENCES

1. Abdipour, M., Rezaei, A., Houshmand, S. & Bagherifard, G. (2009). Evaluation of Drought Tolerance of Indeterminate Soybean Genotypes in Flowering and Seed Filling Stages. *Journal of Research in Agricultural Science.* 4(2), 140-150. (In Farsi)
2. Aminifar, J., Mohsenabadi, G. H., Biglouei, M. H. & Samiezadeh, H. (2012). Effect of deficit irrigation on yield, yield components and phenology of soybean cultivars in Rasht region. *International Journal of Agri Science*, *2*(2), 185-191. (In Farsi)
3. Arnon, I. (1972). *Crop production in dry regions* (Vol. 2, pp. 11-19). London: Leonard Hill.
4. Blum, A. (1988). *Plant breeding for stress environments*. CRC Press, Inc..
5. Board, J. E. (2002). A regression model to predict soybean cultivar yield performance at late planting dates. *Agronomy Journal*, *94*(3), 483-492.
6. Bokaie, S., Babaie, H., Habibi, D., Javidfar, F. & Mohammadi, A. (2008). Evaluation of different soybean (*Glycine max* L.) genotypes under drought stress conditions. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 4(1), 27-38. (In Farsi)
7. Daneshian, J., Hadi, H. & Jonoubi, P. (2009). Study of quantitative and quality characteristics of soybean genotypes in deficit irrigation conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, *11*(4), 393-409. (In Farsi)
8. Dehghani, G. H. & Alizadeh, B. (2009). A study of drought tolerance indices in canola (*Brassica napus* L.) genotypes. *JWSS-Isfahan University of Technology*, 13(48), 77-90. (In Farsi)
9. Desclaux, D., Huynh, T. T. & Roumet, P. (2000). Identification of soybean plant characteristics that indicate the timing of drought stress. *Crop Science,40*(3), 716-722.
10. Emam Jome, A. (1999). *Determine the genetic distance by RAPD-PCR, evaluation of drought resistance indices and analysis of adaptation in the Iranian chickpea* (Doctoral dissertation, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran. (in Farsi)
11. FAO. (2014). Food outlook, Global Market Analysis. http://www.fao.Food outlook.com
12. Faraji, A. (2014). Evaluation of seed yield and stress tolerance indices in soybean lines and cultivars in gorgan area. *Seed and Plant Production Journal*, *30*(1), 35-45.
13. Fereres, E. C., Gimenen, J., Berengan, J. & Fernendez, J. M. Dominguez. J. (1983). Genetic variability of sunflower cultivars in response to drought. *Helia*, *6*, 17-21.
14. Fernandez, G. C. (1992, August). 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* (pp. 257-270).
15. Fischer, R. A. & Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Crop and Pasture Science*, *29*(5), 897-912.

Archive of SID

www.SID.ir

16. Ganjali, A., Kafi, A., Bageri, 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)
17. Kargar, S. M. A., Ghannadha, M. R., Bozorgi-Pour, R., Atari, A. A. & Babaei, H. R. (2004). Investigation of drought tolerance indices in some soybean genotypes under restricted irrigation condition. *Iranian J. Agri. Sci*,*35*(1), 97-111. (In Farsi)
18. Kargar, S. M. A., Mostafaie, A., Hervan, E. M. & Pourdad, S. S. (2014). Evaluation of soybean genotypes using drought stress tolerant indices. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research, 5*(2), 103-113.
19. Karimizadeh, R., Mohammadi, M., Ghaffaripour, S., Karimpour, F. & Shefazadeh, M. K. (2011). Evaluation of physiological screening techniques for drought-resistant breeding of durum wheat genotypes in Iran. *African Journal of Biotechnology*, *10*(56), 12107-12117.
20. Khalili, M., Naghavi, M. R., Aboughadareh, A. P. & Talebzadeh, S. J. (2012). Evaluating of drought stress tolerance based on selection indices in spring canola cultivars (*Brassica napus* L.). *Journal of Agricultural Science*, *4*(11), 78.
21. Kristin, A. S., Serna, R. R., Perez, F. I., Enriquez, B. C., Gallegos, J. A. A. Vallejo, P. R., Wassimi, N. & Kelly, J. D. (1997). Improving commonbean performance under drought stress. *Crop Science, 37*, 51-60.
22. Liu, F., Andersen, M. N., Jacobsen, S. E. & Jensen, C. R. (2005). Stomatal control and water use efficiency of soybean (*Glycine max* L. Merr.) during progressive soil drying. *Environmental and Experimental Botany*, *54*(1), 33-40.
23. Maroufi, A. (1998). *Chromosomal localization drought tolerance indices in Wheat.* M.Sc. thesis, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran. (in Farsi)
24. Masoumi, H., Masoumi, M., Darvish, F., Daneshian, J., Nourmohammadi, G. & Habibi, D. (2010). Change in several antioxidant enzymes activity and seed yield by water deficit stress in soybean (*Glycine max* L.) cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *38*(3), 86.
25. Mohammad Alipour Yamchi, H., Bihamta, M. R., Peyghambari, S. A. & Naghavi, M. R. (2011). Evaluation of Drought Tolerance in Kabuli Type Chickpea Genotypes. *Seed and Plant Improvment Journal*, *27*(3), 393-409. (In Farsi)
26. Najafi, A. & Geravandi, M. (2011). Assessment of indices to identify wheat genotypes adapted to irrigated and rain-fed environments. *Advances in Environmental Biology*, 3212-3219. (In Farsi)
27. Nourmand Moayyed, F. (1997). *Study variation of quantitative traits and their relation to the performance of bread wheat (Triticum aestivum L.) in dry and water conditions and determine the best indices of drought resistance.* M.Sc. thesis, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Iran. Pp. 15-57. (in Farsi).
28. Pouresmael, M., Akbari, M. A. H. D. I., Vaezi, S. H., & Shahmoradi, S. (2009). Effects of drought stress gradient on agronomic traits in Kabuli chickpea core collection. *Iranian Journal of Crop Sciences*, *11*(4), Pe308-Pe324. (In Farsi)
29. Rosielle, A. A., & Hamblin, J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop science*, *21*(6), 943-946.
30. Sanjari Pireivatlou, A., & Yazdansepas, A. (2010). Evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under pre-and post-anthesis drought stress conditions. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *10*, 109-121.
31. Schneider, K. A., Brothers, M. E. & Kelly, J. D. (1997). Marker-assisted selection to improve drought resistance in common bean. *Crop Science*, *37*(1), 51-60.
32. Schneiter, A. A., Johnson, B. L. & Henderson, T. L. (1992). Rooting depth and water use of different sunflower phenotypes. In *Proc. Int. Sunflower Conf., 13th, Pisa, Italy* (pp. 7-11).
33. Silvente, S., Sobolev, A. P. & Lara, M. (2012). Metabolite adjustments in drought tolerant and sensitive soybean genotypes in response to water stress. *PLoS One*, *7*(6), e38554.
34. Toorchi, M., Naderi, R., Kanbar, A. & Shakiba, M. R. (2012). Response of spring canola cultivars to sodium chloride stress. *Annals of Biological Research*, *2*(5), 312-322.
35. Turner, N. C., Wright, G. C. & Siddique, K. H. M. (2001). Adaptation of grain legumes (pulses) to water-limited environments. *Advances in Agronomy*, *71*, 193-231.
36. Zeinali Khanghah, H., Izanlo, A., Hosseinzadeh, A. & Majnoun Hosseini, N. (2004). Determine of appropriate drought resistance indices in imported soybean cultivars. *Iranian Journal of Agriculture Science*, *3*, 875-885. (In Farsi)

Archive of SID

www.SID.ir