

## ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی در ارقام مختلف آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)

### Evaluation of drought tolerance indices in various sunflowers cultivars (*Helianthus annuus* L.)

سیدرضا علوی<sup>۱</sup>، رضا درویش‌زاده<sup>۲\*</sup>، مصطفی ولیزاده<sup>۳</sup>، محمد مقدم<sup>۲</sup>، ابراهیم فرخی<sup>۴</sup>، اشکان بصیرنیا<sup>۵</sup>، علیرضا پیرزاد<sup>۶</sup>

۱- محقق مرکز تحقیقات توتون ارومیه

۲- دانشیار گروه اصلاح و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۳- استادان گروه بیوتکنولوژی و بهنژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۴- کارشناس ارشد موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج

۵- دانش آموخته کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، گروه اصلاح و بیوتکنولوژی گیاهی دانشکده، کشاورزی دانشگاه ارومیه

۶- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

\*نویسنده مسئول: r.darvishzadeh@urmia.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۳۰

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۷/۱۵

#### چکیده

در این مطالعه ۱۲ رقم آفتابگردان روغنی (*Helianthus annuus* L.) در منطقه خوی در هر یک از شرایط آبیاری بهینه و تنش خشکی با طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی خوی کشت و مورد مطالعه قرار گرفتند. اختلاف بسیار معنی داری ( $P \leq 0/01$ ) بین ارقام از نظر عملکرد در شرایط آبیاری بهینه و تنش خشکی وجود داشت. در دو محیط، رقم شماره سه (وینمک ۸۹۳۱) با میانگین ۴۲۵۴ کیلوگرم و رقم شماره ۱۲ (زاریا) با میانگین ۱۹۳۴ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد را داشتند. بر مبنای عملکرد ارقام در شرایط آبیاری بهینه و تنش خشکی، شاخص‌های کمی تحمل به خشکی از قبیل میانگین بهره‌وری، میانگین هندسی بهره‌وری، شاخص تحمل، شاخص حساسیت به تنش، شاخص تحمل تنش و میانگین هارمونیک محاسبه شدند. همبستگی بین عملکرد در شرایط آبیاری بهینه و تنش خشکی و شاخص‌های تحمل به خشکی نشان داد که میانگین بهره‌وری (همبستگی با عملکرد در شرایط آبیاری بهینه و تنش خشکی به ترتیب برابر با ۰/۸۶۱ و ۰/۸۸۳)، میانگین هندسی بهره‌وری (همبستگی با عملکرد در شرایط آبیاری بهینه و تنش خشکی به ترتیب برابر با ۰/۷۵۶ و ۰/۹۵۲)، میانگین هارمونیک (همبستگی با عملکرد در شرایط آبیاری بهینه و تنش خشکی به ترتیب برابر با ۰/۶۶۷ و ۰/۹۸۲) و شاخص تحمل تنش (همبستگی با عملکرد در شرایط آبیاری بهینه و تنش خشکی به ترتیب برابر با ۰/۷۲۹ و ۰/۹۵) مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال ارقام آفتابگردان متحمل به خشکی می‌باشند. در شرایط آبیاری بهینه و تنش خشکی بیشترین مقدار شاخص میانگین بهره‌وری، میانگین هندسی بهره‌وری، میانگین هارمونیک و شاخص تحمل تنش به رقم شماره ۳ (وینمک ۸۹۳۱) تعلق داشت. بر اساس تجزیه چند متغییره خوشه‌ای بیشترین فاصله ژنتیکی بین ارقام متحمل به خشکی (وینمک ۸۹۳۱، گلدیس و رکورد) و حساس (زاریا) مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان روغنی، بای‌پلات، تجزیه خوشه‌ای، شاخص‌های تحمل به خشکی

## مقدمه

تنش‌های محیطی یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش دهنده عملکرد و تولید گیاهان زراعی به شمار می‌روند و مقابله و یا کاهش اثر تنش‌ها به عنوان راهکاری مفید در جهت افزایش عملکرد این محصولات مد نظر قرار گرفته است. تنش خشکی از عمده‌ترین چالش‌ها برای تولید موفق محصولات زراعی است و از این نظر اصلاح ارقام پیشرفته و متحمل برای مناطق خشک و نیمه‌خشک امری ضروری به نظر می‌رسد (Golparvar *et al.*, 2003). تحمل تنش، هنگامی صورت می‌گیرد که از لحاظ ترمودینامیکی، گیاه با تنش، به حالت تعادل می‌رسد، بدون آنکه آسیب ببیند و اگر هم گیاه آسیب پیدا کند قابل ترمیم باشد. اجتناب از تنش، موقعی صورت می‌گیرد که گیاه از لحاظ ترمودینامیکی به حالت تعادل نمی‌رسد بلکه می‌تواند بوسیله موانع فیزیکی یا متابولیکی از تنش دور نگه داشته شود (Imam Jomeh, 1999; Ehdaii, 1994; Hekmat Shoar, 1993).

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) گیاهی یکساله از خانواده *Compositae* بوده و خاستگاه اولیه آن آمریکای مرکزی می‌باشد. این گیاه یکی از مهمترین منابع روغن نباتی در جهان است (FAO, 2005). کمبود آب در طول دوره رویشی آفتابگردان می‌تواند از طریق کاهش سطح برگ، بستن روزنه‌ها و کاهش در میزان کارایی فرآیند جذب دی‌اکسیدکربن، میزان فتوسنتز خالص را کاهش دهد. تنش کمبود آب در طول دوره رویشی وزن خشک برگ‌ها، ساقه‌ها و ریشه را کاهش می‌دهد و همچنین نسبت ریشه به اندام‌های هوایی بواسطه عمیق‌تر شدن ریشه‌ها افزایش می‌یابد (Trapani *et al.*, 1992). نشانه اصلی تنش خشکی در مرحله رویشی، کاهش تعداد و اندازه برگ‌ها است و اگر کمبود آب ادامه پیدا کند برگ‌های پایین ریخته و ارتفاع گیاه به میزان قابل توجه، کمتر

از حد طبیعی خواهد شد (Poormohammad Kiani *et al.*, 2009).

راوسون و تورنر (Rawson & Turner, 1982) طی آزمایشی نتیجه گرفتند که بین ارقام آفتابگردان در شرایط بهینه رشد و تحت تنش خشکی، اختلاف معنی‌داری از لحاظ تعداد برگ وجود داشته و تحت تنش خشکی تعداد برگ کاهش می‌یابد. ایشان مشاهده کردند با افزایش دسترسی به آب سطح برگ افزایش می‌یابد (Rawson & Turner, 1982). دوره رشد بحرانی آفتابگردان از لحاظ نیاز آبی از اوایل گلدهی تا تشکیل و پر شدن دانه گزارش شده است و کم آبی در این زمان‌ها تاثیر بسزایی بر عملکرد دانه می‌گذارد (Poormohammad Kiani *et al.*, 2009; Rauf, 2008; Rawson & Turner, 1982; Unger, 1982).

در مناطق نیمه‌خشک که پراکندگی بارش مناسب نیست، پتانسیل عملکرد در شرایط تنش معیار خوبی از تحمل به خشکی نیست بلکه پایداری عملکرد (مقایسه عملکرد در شرایط تنش و بهینه) به عنوان مناسب‌ترین معیار برای بررسی واکنش ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی پذیرفته شده است (Rojers *et al.*, 1983; Sinclair & Horie, 1989). بلام (Blum, 1988) اظهار می‌دارد که انتخاب برای تحمل به تنش خشکی باید با انتخاب مواد ژنتیکی برای پتانسیل عملکرد بالا تحت شرایط بدون تنش همراه باشد. به نظر می‌رسد ارقامی که در شرایط آبیاری بهینه و آبیاری محدود، عملکرد یکسانی داشته باشند و یا لاقط تفاوت عملکرد آنها کم باشد نسبت به خشکی دارای تحمل نسبی باشند.

معیار تحمل به خشکی نشان دهنده وضعیت عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی است (Fischer & Maurer, 1978). بنابراین، وضعیت عملکرد نسبی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی و نیز در شرایط آبی

گیاه تحت شرایط بهینه و تنش خشکی اندازه‌گیری و شدت تنش براساس میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها تحت شرایط بهینه و تنش خشکی تعیین می‌شود. اهداف تحقیق حاضر ارزیابی تنوع ژنتیکی ارقام آفتابگردان از نظر تحمل به خشکی، انتخاب بهترین شاخص کمی تحمل به خشکی و تعیین فاصله ژنتیکی ارقام جهت استفاده در برنامه های دورگ‌گیری به منظور بهره‌مندی از حداکثر هتروزیس برای تحمل به خشکی می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان خوی در ۳ کیلومتری شمال خوی اجرا گردید. محل اجرای طرح از اقلیم نیمه‌خشک بر خوردار بوده و در ۴۴° ۵۸' عرض شمالی و ۴۸° ۳۳' عرض شرقی واقع و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۱۴۲ متر می‌باشد. متوسط، حداقل و حداکثر دما و همچنین متوسط بارندگی ماه‌های بهار و پاییز در محل اجرای آزمایش در جدول ۱ گزارش شده است.

بعنوان یک نقطه شروع برای شناسایی صفات مربوط به تحمل به خشکی و انتخاب ژنوتیپ‌ها برای محیط‌های خشک است (Hekmat Shoar, 1993). معیارهای مختلفی برای انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس نمودشان در محیط‌های واجد یا فاقد تنش پیشنهاد شده است. فرناندز (Fernandez, 1992) شاخص حساسیت به تنش (STI) را پیشنهاد کرد که بر اساس عملکرد هر گیاه در شرایط بهینه و تنش خشکی و مربع میانگین عملکرد تمامی گیاهان مورد آزمایش در شرایط بهینه محاسبه می‌شود.

رزیل و هامبلین (Rosielle & Hamblin, 1981) شاخص تحمل (TOL) و شاخص بهره‌وری متوسط (MP) را معرفی نمودند که TOL تفاوت عملکرد گیاه در دو شرایط متفاوت و MP میانگین تولید در شرایط تنش و عدم تنش می‌باشد. فرناندز (Fernandez, 1992) و کریستین و همکاران (Kristin et al., 1997) شاخص دیگری تحت عنوان میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) را پیشنهاد نمودند. فیشر و مورر (Fischer & Maurer, 1978) شاخص حساسیت به تنش (SSI) را معرفی کردند که در آن عملکرد دانه

جدول ۱- مشخصات و شرایط جوی در مدت بررسی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی خوی.

**Table 1- Atmospheric situations during conducting the present experiment in the station of Khoy Agricultural Research.**

ردیف Row	ماه Month	رطوبت نسبی (درصد) Relative humidity (%)			مجموع بارندگی (میلی‌متر) Total Precipitation (mm)	میانگین تبخیر روزانه (میلی‌متر) The mean daily evaporation (mm)	دما (Temperature °C)		
		حداکثر Min.	حداکثر Max.	میانگین Average			حداکثر Min.	حداکثر Max.	میانگین Average
1	فروردین (March-April)	15	100	59	20.3	2.8	-6.8	29.4	12.6
2	اردیبهشت (April-May)	14	100	61	66.8	4.3	4	30.4	15.8
3	خرداد (May-June)	18	100	56	53	6.4	8	34	20.9
4	تیر (June-July)	11	92	47	1.2	8.4	15	36.5	25.4
5	مرداد (July-August)	16	90	51.3	1	6.8	13.4	36	24.4
6	شهریور (August-September)	11	93	47	1.5	6.9	10.2	40	23
متوسط (Average)		14.17	95.83	53.55	23.97	5.93	7.3	34.38	20.35

برای جلوگیری از نشت آب از جوی‌های آبیاری به کرت‌های مجاور، خاک دیواره و کف این جوی‌ها، قبل از اعمال آبیاری کوبیده شد. آزمایش مقایسه ۱۲ رقم در شرایط بدون تنش (شرایط بهینه) در طول فصل رشد بطور مرتب ۷ بار آبیاری شد ولی در آزمایش تحت تنش خشکی، آبیاری از کاشت تا برداشت انجام نگردید. دلیل اعمال تنش به صورت اخیر، بررسی پتانسیل کشت ارقام یا اصلاح ارقام برای کشت در ارضی دیم استان می باشد. در برخی نواحی استان آفتابگردان روغنی و حتی آجیلی به صورت دیم کشت می‌گردد.

عملکرد ارقام در هر یک از تکرارها در شرایط بدون تنش و تنش خشکی با حذف اثر حاشیه (از ۷/۲ مترمربع) اندازه‌گیری شد. چندین معیار گزینش برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی بر اساس عملکرد در شرایط تنش خشکی و آبیاری بهینه که توسط محققین بکار می‌روند محاسبه گردید.

خاک اراضی جزو خاک‌های لومی‌رسی و از نظر مواد آلی فقیر و مقدار آن ۰/۶۲ درصد و فسفر، پتاسیم، مس و روی به ترتیب ۵/۶ ppm، ۲۷۰ ppm، ۲/۶۲ و ۰/۳۸ ppm و هدایت الکتریکی آن ۰/۶۲ میلی‌موس می‌باشد. pH اراضی حدود ۸/۲، درصد اشباع آن ۴۷، درصد خنثی شون‌دگی ۱۱/۵ می‌باشد و عمق خاک زراعی حدود ۸۰ سانتی‌متر می‌باشد. دوازده رقم آفتابگردان (جدول ۲) از تیپ‌های هیبرید و آزاد گرده افشان در دو شرایط تنش خشکی (دیم) و بدون تنش خشکی (آبیاری بهینه) در قالب دو طرح بلوک-های کامل تصادفی در ۴ تکرار و هر کرت شامل چهار ردیف به صورت جوی و پشته با فاصله ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها ۲۵ سانتی‌متر کشت و ارزیابی شدند. کاشت در زمینی که سال قبل آیش بود، انجام گرفت. عملیات تهیه بستر شامل شخم، دیسک بهاره و تسطیح بود. کود پاشی بر اساس ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم (۴۸٪ اکسید فسفر و ۱۸٪ نیتروژن خالص) انجام گرفت. بذرها قبل از کاشت توسط سم دینوکارب یک در هزار ضدعفونی گردیدند.

جدول ۲- ارقام آفتابگردان مورد استفاده در آزمایش.

Table 2- Sunflower cultivars used in the present experiment.

شماره (code)	نام ارقام (Cultivar name)	منشاء (Origin)
1	گابور (Gabor)	ایتالیا (Italy)
2	آرما ویرسکی گروه ۴ (Arema Vyrsky Group 4)	روسیه (Russia)
3	وینمک 8931 (Vinmek)	ترکیه (Turkey)
4	گلشید (Golshid)	ایران (Iran)
5	آرما ویرسکی گروه ۳ (Arema Vyrsky Group 3)	روسیه (Russia)
6	پروگرس (Parkinson)	یوگسلاوی (Yugoslavia)
7	گلدیس (CMS-19×R-28) (Goldis)	ایران (Iran)
8	رکورد (Record)	رومانی (Romanian)
9	آرما ویرسکی گروه ۱ (Arema Vyrsky Group 1)	روسیه (Russia)
10	آذر گل (CMS-19×R-34) (Azargol)	ایران (Iran)
11	آرما ویرسکی (Arema Vyrsky)	روسیه (Russia)
12	زاریا (Zarya)	روسیه (Russia)

نسبتاً بالاتر ژنوتیپ‌ها به تنش می باشند. بنابراین کم بودن مقدار TOL معیار مناسبی برای گزینش ژنوتیپ های مطلوب می باشد. مقدار STI (شاخص تحمل خشکی) بین صفر و یک متغیر است، و هر چه مقدار آن بزرگتر باشد نشان دهنده تحمل بیشتر ژنوتیپ نسبت به خشکی است.

(جدول ۳). در این جدول SI شدت تنش بوده و مقدارش بین صفر و یک است. هر چقدر  $Y_p$  (عملکرد در شرایط آبیاری بهینه) به  $Y_s$  (عملکرد در شرایط تنش خشکی) نزدیکتر باشد حساسیت ژنوتیپ به خشکی کمتر است. شاخص حساسیت کوچکتر از یک، نشان دهنده تحمل بیشتر ژنوتیپ به خشکی است. مقدار بالاتر شاخص TOL نشان دهنده حساسیت جدول ۳- شاخص های کمی تحمل خشکی.

**Table 3- Quantitative drought tolerance indices.**

(Index Name)	نام شاخص	معادله (Equation)	منبع (Reference)
شاخص حساسیت به تنش Stress Susceptibility Index (SSI)		$SSI = \frac{1 - \left(\frac{Y_s}{Y_p}\right)}{SI}, SI = 1 - \left(\frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p}\right)$	(Fischer and Maurer, 1978)
شاخص تحمل Tolerance index (TOL)		$TOL = Y_p - Y_s$	(Rosielle and Hamblin, 1981)
میانگین بهره وری Mean Productivity (MP)		$MP = \frac{Y_s + Y_p}{2}$	(Rosielle and Hamblin, 1981)
میانگین هندسی بهره وری Geometric Mean Productivity (GMP)		$GMP = \sqrt{(Y_s)(Y_p)}$	(Kristin <i>et al.</i> , 1997)
شاخص تحمل تنش Stress Tolerance Index (STI)		$STI = \frac{(Y_s)(Y_p)}{(\bar{Y}_p)^2}$	(Fernandez, 1992)
میانگین همساز Harmonic Mean (HM)		$HM = \frac{2(Y_p \times Y_s)}{Y_p + Y_s}$	(Kristin <i>et al.</i> , 1997)

$Y_p$ : عملکرد یک ژنوتیپ در محیط بدون تنش.  $Y_s$ : عملکرد یک ژنوتیپ در محیط تنش دار.  $\bar{Y}_p$ : متوسط عملکرد کلیه ژنوتیپ ها در محیط بدون تنش.  $\bar{Y}_s$ : متوسط عملکرد کلیه ژنوتیپ ها در محیط تنش دار. SI: شدت تنش.  
 $Y_p$ : Yield of a given genotype in irrigated (potential) conditions.  $Y_s$ : Yield of a given genotype in drought stressed conditions.  $\bar{Y}_s$  and  $\bar{Y}_p$  are average yield of all genotypes under drought stressed and irrigated (potential) conditions, respectively.

ارزیابی تنوع ژنتیکی ارقام و انتخاب ارقام مطلوب جهت دورگ‌گیری از تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA بر اساس فاصله اقلیدسی استفاده و نتایج به صورت نمودار دندروگرام ارائه گردید.

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین عملکرد ارقام در شرایط بدون تنش و تنش خشکی با استفاده از نرم افزار SAS9.1 و آزمون SNK انجام گرفت. با استفاده از نرم افزار SPSS16 همبستگی بین میانگین شاخص های محاسبه شده و عملکرد در شرایط آبیاری بهینه و تنش خشکی محاسبه گردید. به منظور انتخاب ارقام با شاخص تحمل بالا و عملکرد مناسب از تجزیه به مولفه‌های اصلی و نمودار بای پلات استفاده شد. برای

## نتایج و بحث

۱) گابور، ۳ (وینمک ۸۹۳۱)، ۴ (گلشید)، ۸ (رکورد) و ۹ (آرما ویرسکی گروه ۱) به ترتیب با ۳۵۳۹، ۴۲۵۴، ۳۹۷۶، ۴۰۵۶ و ۴۰۱۲ کیلوگرم، میانگین هارمونیک به رقم شماره ۳ (وینمک ۸۹۳۱) با ۴۱۶۹ کیلوگرم و کمترین شاخص حساسیت به خشکی با میزان ۰/۴۸۶۸ و شاخص تحمل با ۱۱۴۲ کیلوگرم به رقم شماره ۳ (وینمک ۸۹۳۱) تعلق داشتند. رقم شماره ۳ (وینمک ۸۹۳۱) با در نظر گرفتن عملکرد مطلوب در شرایط آبیاری بهینه و تنش خشکی و همچنین با کمترین حساسیت به تنش خشکی می تواند به عنوان رقم مناسب برای شرایط تنش خشکی باشد.

اختلاف بین ارقام آفتابگردان روغنی مورد بررسی از نظر عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش خشکی معنی دار ( $P \leq 0.01$ ) بود که حاکی از تنوع ژنتیکی بالا بین ارقام بوده و امکان انتخاب ارقام متحمل به خشکی را نشان می دهد (جدول ۴). مقایسه میانگین عملکرد ارقام در شرایط آبیاری بهینه و تنش خشکی نشان داد که در شرایط آبیاری بهینه رقم شماره ۹ (آرما ویرسکی گروه ۱) با میانگین ۵۶۲۷ و در شرایط تنش خشکی رقم شماره ۳ (وینمک ۸۹۳۱) با ۳۶۸۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را داشتند (جدول ۵). بیشترین مقدار STI به رقم شماره ۳ (وینمک ۸۹۳۱) (۰/۹۶۱۴)، میانگین بهره‌وری به ارقام شماره

جدول ۴- تجزیه واریانس عملکرد در شرایط آبیاری بهینه و تنش خشکی در ارقام آفتابگردان.

**Table 4- Analysis of variance for yield in irrigated and drought stressed conditions in sunflower cultivars.**

منابع تغییر (Source of variation)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (Mean of square)	
		Ys	Yp
تکرار (Replication)	3	704199.6 <sup>ns</sup>	402224.8 <sup>ns</sup>
ژنوتیپ (Genotype)	11	24557978.9 <sup>**</sup>	2084823.7 <sup>**</sup>
خطا (Error)	33	365227.1	879554.8

Yp: عملکرد یک ژنوتیپ در محیط بدون تنش. Ys: عملکرد یک ژنوتیپ در محیط تنش دار. ns: غیر معنی دار و \*\*: معنی دار در سطح احتمال یک درصد.

Yp: Yield of a given genotype in irrigated (potential) conditions. Ys: Yield of a given genotype in drought stressed conditions. \*\*: significant at 0.01 probability level and ns: not significant, respectively.

شرایط آبیاری بهینه و تنش خشکی با عملکرد همبستگی معنی‌داری داشته باشد (Imam Jomeh, 1999; Maroufi, 1999; Fernandez, 1992). نتایج حاصل از تجزیه همبستگی شاخص‌ها با عملکرد در شرایط آبیاری بهینه (Yp) و تنش خشکی (Ys) نشان داد که بین شاخص‌های MP، HM، GMP و STI با عملکرد در شرایط آبیاری بهینه و تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد همبستگی معنی داری وجود دارد (جدول ۶).

با عنایت به اینکه مقاومت به خشکی یک صفت پیچیده بوده و عوامل مختلفی در آن دخالت دارند، لذا قضاوت پیرامون ارقام از نظر این صفت پیچیده و گاهی اوقات با نتایج متناقض همراه است (Imam Jomeh, 1999; Maroufi, 1999; Nourmand Moayed, 1998). بنابراین با استفاده از تحلیل همبستگی بین عملکرد در شرایط آبیاری بهینه و تنش خشکی با شاخص‌های کمی تحمل به خشکی می‌توان شاخص‌های تحمل را غربال و مناسبترین شاخص را انتخاب نمود. مناسبترین شاخص، آن است که در هر دو

جدول ۵- میانگین شاخص‌های کمی تحمل به خشکی و عملکرد در شرایط آبیاری بهینه و تنش خشکی در ارقام آفتابگردان.

**Table 5. Mean of drought tolerance indices and yield under irrigated and drought stressed conditions in sunflower cultivars.**

شماره رقم Cultivar code	Yp	Ys	TOL	MP	SSI	GMP	HM	STI
1	4280 <sup>ab</sup>	2798 <sup>abc</sup>	1481	3539	0.7485	3455	3374	0.6449
2	3558 <sup>ab</sup>	2242 <sup>bc</sup>	1317	2900	0.8015	2780	3676	0.4307
3	4825 <sup>ab</sup>	3683 <sup>a</sup>	1142	4254	0.4868	4211	4169	0.9614
4	4936 <sup>ab</sup>	3015 <sup>ab</sup>	1921	3976	0.7913	3833	3698	0.7713
5	3906 <sup>ab</sup>	2148 <sup>bc</sup>	1758	3027	0.9201	2864	2716	0.4334
6	3709 <sup>ab</sup>	2498 <sup>abc</sup>	1211	3103	0.6635	3036	2971	0.4977
7	4255 <sup>ab</sup>	1823 <sup>bcd</sup>	2432	3039	1.205	2769	2529	0.4157
8	5027 <sup>ab</sup>	3091 <sup>ab</sup>	1936	4056	0.7977	3903	3758	0.8180
9	5627 <sup>a</sup>	2400 <sup>abc</sup>	3227	4013	1.195	3630	3300	0.7048
10	4715 <sup>ab</sup>	1550 <sup>cd</sup>	3165	3132	1.412	2693	2320	0.3940
11	4580 <sup>ab</sup>	1705 <sup>bcd</sup>	2875	3142	1.292	2779	2463	0.4143
12	3066 <sup>b</sup>	802 <sup>d</sup>	2264	1934	1.524	1547	1248	0.1265
LSD 0.05	468.9	302.2	432.3	330	0.1351	320.6	325.5	0.1151

Yp: عملکرد یک ژنوتیپ در محیط بدون تنش. Ys: عملکرد یک ژنوتیپ در محیط تنش دار. حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی دار است (آزمون SNK،  $\alpha=5\%$ ). TOL: شاخص تحمل، MP: میانگین بهره‌وری، SSI: شاخص حساسیت به تنش، GMP: میانگین هندسی بهره‌وری، HM: میانگین همساز و STI: شاخص تحمل تنش. اسامی ژنوتیپ‌ها بر اساس جدول شماره ۱ آمده است. ۱: گابور (ایتالیا)، ۲: آرما ویرسکی گروه ۴ (روسیه)، ۳: وینمک ۸۹۳۱ (ترکیه)، ۴: گلشید (ایران)، ۵: آرما ویرسکی گروه ۳ (روسیه)، ۶: پروگرس (یوگسلاوی)، ۷: گلدیس (CMS-19×R-28) (ایران)، ۸: رکورد (رومانی)، ۹: آرما ویرسکی گروه ۱ (روسیه)، ۱۰: آذر گل (CMS-19×R-34) (ایران)، ۱۱: آرما ویرسکی (روسیه)، ۱۲: زاریا (روسیه).

Yp: Yield of a given genotype in irrigated (potential) conditions. Ys: Yield of a given genotype in drought stressed conditions. Different letters at each column show significant difference at 5% probability level (SNK). TOL: tolerance index, MP: mean productivity, SSI: stress susceptibility index, GMP: geometric mean productivity, HM: harmonic mean, STI: stress tolerance index.

مناسبترین شاخص‌ها در نظر گرفته شدند. بنابراین با جمع‌بندی نتایج می‌توان گفت که شاخص GMP در اکثر مطالعات شاخص ایده‌آل برای غربال کردن لاین‌های متحمل به خشکی گزارش شده است.

برای بررسی رابطه متغیرها از یک نمودار چند متغیره، موسوم به بای پلات استفاده شد (Gabriel, 1979). برای این منظور از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده گردید (جدول ۷). بای پلات مربوطه بر مبنای دو مؤلفه اول و دوم که ۹۹/۴ درصد از تغییرات موجود بین داده‌ها را توجیه می‌کردند، رسم گردید (شکل ۱). در فضای بای پلات ارقام در گروه‌های مشخصی قرار گرفتند که مرتبط با میانگین عملکرد و تحمل آنها به تنش خشکی است (جدول ۵). در این بررسی اولین

لذا می‌توان این شاخص‌ها را بعنوان مناسبترین شاخص برای غربال کردن ارقام متحمل به خشکی که در شرایط آبیاری بهینه و تنش خشکی عملکرد بالایی دارند در نظر گرفت. فرناندز (Fernandez, 1992) دو شاخص STI و MP را برای غربال کردن لاین‌های متحمل به خشکی در لوبیا در نظر گرفت.

کریستین و همکاران (Kristin et al., 1997) در مطالعه بر روی ارقام لوبیا شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) را بعنوان شاخص مطلوب انتخاب نمودند. در مطالعات صورت گرفته توسط امام جمعه (Imam Jomeh, 1999) و فرشادفر و همکاران (Farshadfar et al., 2000) بر روی لاین‌های نخود شاخص‌های MP، HM، GMP و STI بعنوان

مؤلفه اصلی ۷۶/۱ درصد از تغییرات کل داده‌ها را در شرایط بدون تنش و تنش و نیز شاخص‌های توجیه کرد و همبستگی مثبت و بالایی را با عملکرد جدول ۶- جدول ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل خشکی و عملکرد در شرایط آبیاری بهینه و تنش خشکی در ارقام آفتابگردان.

**Table 6. Correlation coefficient between drought tolerance indices and yield in irrigated and drought stressed conditions in sunflower cultivars.**

شاخص Indices	Yp	Ys	TOL	MP	SSI	GMP	HM
Ys	0.521						
TOL	0.424	-0.552					
MP	0.861 **	0.883 **	0.096				
SSI	-0.115	0.429	0.839 **	-0.599 **			
GMP	0.756 **	0.952 **	-0.271	0.984 **	-0.732 **		
HM	0.667 **	0.982 **	-0.390	0.953 **	-0.811 **	0.992 **	
STI	0.729 **	0.950 **	-0.300	0.970 **	-0.727 **	0.988 **	0.982 **

Yp: عملکرد یک ژنوتیپ در محیط بدون تنش، Ys: عملکرد یک ژنوتیپ در محیط تنش‌دار، TOL: شاخص تحمل، MP: میانگین بهره‌وری، SSI: شاخص حساسیت به تنش، GMP: میانگین هندسی بهره‌وری، HM: میانگین همساز و STI: شاخص تحمل تنش. \*\* معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

Yp: Yield of a given genotype in irrigated (potential) conditions. Ys: Yield of a given genotype in drought stressed conditions. TOL: tolerance index, MP: mean productivity, SSI: stress susceptibility index, GMP: geometric mean productivity, HM: harmonic mean, STI: stress tolerance index. \*\* Significant at 0.01 probability level.

نمودار بای‌پلات (شکل ۱) نشان می‌دهد که ارقام ۳ (وینمک ۸۹۳۱)، ۴ (گلشید)، ۸ (رکورد) و ۱ (گابور) در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های مهم تحمل به خشکی یعنی HM، STI، GMP و MP قرار دارند. همچنین نمودار بای‌پلات نشان می‌دهد که ارقام ۳ (وینمک ۸۹۳۱)، ۴ (گلشید)، ۸ (رکورد) و ۱ (گابور) در مجاورت مؤلفه اول یعنی مؤلفه پتانسیل عملکرد قرار دارند. ارقام شماره ۹ (آرماویرسکی گروه ۱)، ۱۰ (آذرگل (CMS-19×R-34))، ۱۱ (آرماویرسکی) و ۷ (گلدیس (CMS-19×R-28)) در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص TOL و SSI و نیز عملکرد آبی (YP): عملکرد در شرایط آبیاری بهینه قرار گرفته‌اند که به معنی بالا بودن عملکرد آنها در شرایط آبیاری بهینه و در عین حال حساسیت آنها به کمبود آب است. در واقع می‌توان گفت که ارقام

با توجه به اینکه میزان بالای این شاخص‌ها مطلوب می‌باشد اگر میزان مؤلفه اول بالا باشد ارقامی انتخاب می‌شوند که دارای عملکرد بالا در شرایط تنش و بدون تنش و همچنین HM، STI، GMP و MP بالایی هستند. بنابراین مؤلفه اول را می‌توان به عنوان مؤلفه پتانسیل عملکرد و تحمل به خشکی نامگذاری کرد. دومین مؤلفه ۲۳/۳ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه می‌کرد و همبستگی منفی با عملکرد در شرایط بدون تنش، شاخص‌های SSI و TOL داشت. بنابراین مؤلفه دوم را می‌توان بعنوان مؤلفه حساسیت به تنش نامگذاری کرد. با توجه به اینکه مقادیر پایین این شاخص‌ها مطلوبند بنابراین اگر میزان مؤلفه دوم بالا باشد ارقامی انتخاب می‌شوند که دارای SSI و TOL پایین هستند به عبارتی متحمل به خشکی می‌باشند.



بهینه) هستند. به طور کلی این نوع نحوه توزیع ارقام در فضای بای پلات را می توان حاکی از وجود تنوع ژنتیکی ارقام نسبت به تنش خشکی دانست.

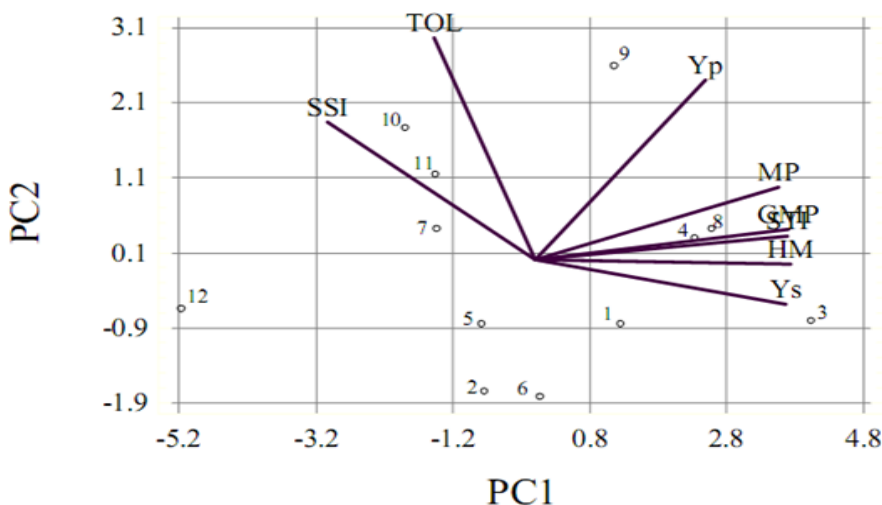
۲ (آرماویرسکی گروه ۴)، ۳ (وینمک ۸۹۳۱)، ۶ (پروگرس) و ۱۰ (آذر گل (CMS-19×R-34)) دارای سازگاری خوبی به محیط های آبی (شرایط آبیاری

جدول ۷- مقادیر ویژه، بردارهای ویژه و واریانس های نسبی سه مولفه اصلی شاخص کمی تحمل به خشکی در ارقام آفتابگردان.

**Table 7. Eigen values, Eigen vectors and variances of two first PCA of drought tolerance indices for sunflower cultivars.**

مولفه PCA	مقادیر ویژه Eigen value	درصد از واریانس کل % of total variance	Yp	Ys	TOL	MP	SSI	GMP	HM	STI
مولفه اول PCA1	6.0862	76.1	0.27	0.399	0.159	0.386	0.329	0.402	0.405	0.40
مولفه دوم PCA2	1.8692	99.4	-0.545	0.131	-0.671	-0.221	-0.415	-0.093	0.01	-0.075
مولفه سوم PCA3	0.0392	100	-0.168	0.130	-0.302	-0.014	0.658	-0.084	0.132	0.637

Yp: عملکرد یک ژنوتیپ در محیط بدون تنش، Ys: عملکرد یک ژنوتیپ در محیط تنش دار، TOL: شاخص تحمل، MP: میانگین بهره روی، SSI: شاخص حساسیت به تنش، GMP: میانگین هندسی بهره روی، HM: میانگین همساز و STI: شاخص تحمل تنش. Yp: Yield of a given genotype in irrigated (potential) conditions. Ys: Yield of a given genotype in drought stressed conditions. TOL: tolerance index, MP: mean productivity, SSI: stress susceptibility index, GMP: geometric mean productivity, HM: harmonic mean, STI: stress tolerance index.



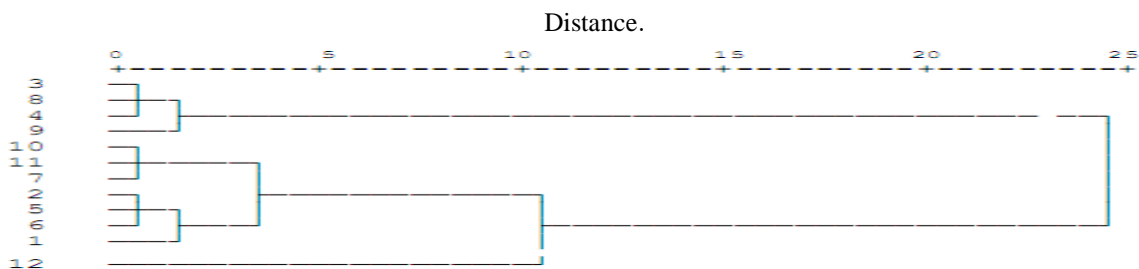
**Fig 1. Biplot display of sunflower cultivars in drought tolerance indices based on two first PCAs**  
 شکل ۱- نمایش بای پلات ۱۲ رقم آفتابگردان در ۸ شاخص تحمل خشکی بر اساس اولین و دومین مولفه اصلی. اسامی ژنوتیپها بر اساس جدول شماره ۱ آمده است. ۱: گابور (ایتالیا)، ۲: آرما ویرسکی گروه ۴ (روسیه)، ۳: وینمک ۸۹۳۱ (ترکیه)، ۴: گلشید (ایران)، ۵: آرماویرسکی گروه ۳ (روسیه)، ۶: پروگرس (یوگسلاوی)، ۷: گلدیس (CMS-19×R-28) (ایران)، ۸: رکورد (رومانی)، ۹: آرما ویرسکی گروه ۱ (روسیه)، ۱۰: آذر گل (CMS-19×R-34) (ایران)، ۱۱: آرما ویرسکی (روسیه)، ۱۲: زاریا (روسیه).

گرفته است. بنابر این این شاخص‌ها را می‌توان به عنوان بهترین شاخص برای گزینش ارقام متحمل در آفتابگردان در نظر گرفت. تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA بر اساس فاصله اقلیدسی و با استفاده از شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین هارمونیک (HM) و شاخص تحمل تنش (STI) صورت گرفت (شکل ۲).

ارقام ۳ (وینمک ۸۹۳۱)، ۴ (گلشید)، ۸ (رکورد) و ۹ (آرماویرسکی گروه ۱) در یک گروه قرار گرفتند که همان ارقام دارای عملکرد بالا و متحمل به خشکی بودند. ارقام ۱۰ (آذر گل CMS-19×R-34)، ۱۱ (آرماویرسکی)، ۷ (گلدیس CMS-19×R-28)، ۲ (آرماویرسکی گروه ۴)، ۵ (آرماویرسکی گروه ۳)، ۶ (پروگرس) و ۱ (گابور) در یک گروه و رقم ۱۲ (زاریا) نیز در گروه دیگری قرار گرفت که همان گروه دارای  $Y_P$  و  $Y_S$  پایین و در عین حال حساس به خشکی هستند.

همچنین تشکیل زاویه حاده بین شاخص‌های انتخابی HM، STI، GMP و MP دلالت بر وجود همبستگی بالا بین این شاخص‌ها است. نتایج حاصل از نمودار چند متغیره بای پلات نشان می‌دهد که مناسبترین ارقام همان ارقام ۳ (وینمک ۸۹۳۱)، ۴ (گلشید)، ۸ (رکورد) و ۱ (گابور) می‌باشد. در بین ارقام انتخابی رقم ۳ (وینمک، ۸۹۳۱) دارای بالاترین عملکرد در شرایط آبیاری بهینه ( $Y_P$ ) و بالاترین سطح عملکرد در شرایط تنش خشکی ( $Y_S$ ) بود، لذا می‌توان هم براساس نتایج بای پلات و هم بر اساس مقایسات میانگین آن را به عنوان بهترین رقم در نظر گرفت.

استفاده از تجزیه مؤلفه‌های اصلی و نمودار بای پلات برای انتخاب ارقام متحمل در نخود توسط امام جمعه (Imam Jomeh, 1999) و فرشادفر و همکاران (Farshadfar et al., 2000)، در گندم توسط معروفی (Maroufi, 1999) و نورمند مؤید (Nourmand Moayed, 1998) و در لوبیا توسط فرناندز (Fernandez, 1992) مورد توجه قرار



شکل ۲- دندوگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ارقام آفتابگردان بر اساس داده‌های مربوط به شاخص‌های کمی تحمل به خشکی. اسامی ژنوتیپ‌ها بر اساس جدول شماره ۱ آمده است. ۱: گابور (ایتالیا)، ۲: آرماویرسکی گروه ۴ (روسیه)، ۳: وینمک ۸۹۳۱ (ترکیه)، ۴: گلشید (ایران)، ۵: آرماویرسکی گروه ۳ (روسیه)، ۶: پروگرس (یوگسلاوی)، ۷: گلدیس (CMS-19×R-) (ایران)، ۸: رکورد (رومانی)، ۹: آرماویرسکی گروه ۱ (روسیه)، ۱۰: آذر گل (CMS-19×R-34) (ایران)، ۱۱: آرماویرسکی (روسیه)، ۱۲: زاریا (روسیه).

Fig 2- UPGMA dendrogram of sunflower cultivars based on drought tolerance indices

ژنتیکی زیاد (از کلاسترهای مختلف) یک جمعیت در حال تفرق برای تحمل به خشکی ایجاد خواهد شد و جمعیت در حال تفرق با بهره‌مندی از مناسب‌ترین و تکرار پذیرترین شاخص (های) تحمل به خشکی به منظور تولید ارقام متحمل به خشکی تحت گزینش قرار خواهد گرفت.

### نتیجه گیری

در ادامه این پروژه تحقیقاتی، کارایی و تکرارپذیری شاخص‌های تحمل به خشکی معرفی شده در این مطالعه (میانگین بهره‌وری، میانگین هندسی بهره‌وری، میانگین هارمونیک) با استفاده از جمعیت لاین‌های اینبرد نوترکیب آفتابگردان بررسی خواهند شد. در گام بعدی با انجام تلاقی بین ارقام با فاصله

## References

- Blum, A. 1988. **Plant breeding for stress environments**. CRC Press. Boca Raton. FLPP., Pp. 38-78.
- Ehdaii, B. 1994. Selection for drought resistance in wheat (Key paper). **Proceeding of First Iranian Crop Production and Breeding Science Congress, Tehran, Iran**. Pp. 43-62.
- FAO 2005. **Oilseed: world market and trades. Current world production. Market and trade reports**. <http://www.fas.usda.gov>.
- Farshadfar, E., Motalebi, M. and Imamjomeh, A. 2000. Selection for drought resistance in chickpea lines. **Iranian J. Agric. Sci.** 32: 65-77 (in Farsi with English Summary).
- Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: **Proceedings of the International Symposium on "Adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress**. AVRDC Publication. Tainan. Taiwan, 13-18 August. Pp. 257-27.
- Fischer, R. A. and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars: I. Grain yield responses. **Aust. J. Agric. Res.** 29: 897-912.
- Gabriel, K. R. 1971. The biplot graphical display of matrices with applications to principal component analysis. **Biometric.** 58: 453-467.
- Golparvar, A. R., Majidi Harvan, I. and Ghassemi Pirbaloti, E. 2003. Genetic improvement yield potential and water stress resistance in wheat genotypes (*Triticum aestivum*). **Aridity Seasonal and Agricultural Drought.** 13: 13-21.
- Hekmat Shoar, H. 1993. **Physiology of plant in hard conditions** (Translated in Persian). Niknam Press. Tabriz.
- Imam Jomeh, A. 1999. Determination of genetic distance using RAPD-PCR, evaluation of drought resistance indices and adaptability analysis in Iranian chickpea genotypes. **MS.c Thesis**. Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah.
- Kristin, A. S., Serna, R. R. Perez, F. I. Enriquez, B. C. Gallegos, J. A. A. Vallejo, P. R. Wassimi, N. and Kelley, J. D. 1997. Improving common bean performance under drought stress. **Crop Sci.** 37: 43-50.
- Maroufi, A. 1999. Determination of chromosome location of drought resistance indices in wheat. **MS.c Thesis**. Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah.
- Nourmand Moayed, F. 1998. Study on genetic variation in quantitative traits and identification of their relations with yield in bread wheat under dry and well watered conditions and determination of the best drought resistant index. **MS.c Thesis**. Faculty of Agriculture, Tehran University.
- Poormohammad Kiani, S., Maury, P., Nouri, L., Ykhlef, N., Grieu, P. and Sarrafi, A. 2009. QTL analysis of yield-related traits in sunflower under different water treatments. **Plant Breed.** 128: 363-373.
- Rauf, S. 2008. Breeding sunflower (*Helianthus annuus* L.) for drought tolerance. **Communications Biometry Crop Sci.** 3: 29-44.
- Rawson, H. M. and Turner, N. C. 1982. Recovery from water stress in five sunflower cultivars. I. Effect of the tinning of water application on leaf area and seed production. **Aust. J. Plant Physiol.** 9: 437.
- Rojers, C. E., Unger, B. W. and Keritner, G. L. 1983. Adventitious rooting in "Hopi" sunflower: function and anatomy. **Agron. J.** 76: 429-434.
- Rosielle, A. A. and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. **Crop Sci.** 21: 943-946.
- Sinclair, T. R. and Horie, T. 1989. Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: A Review. **Crop Sci.** 29: 90-98.
- Trapani, N., Hall, A. J., Sadras, V. O. and Vilella, F. 1992. Ontogenetic changes in radiation use efficiency of sunflower (*Helianthus annuus* L.) crops. **Field Crop Res.** 29: 301-316.
- Unger, P. W. 1982. Time and frequency of irrigation effects on sunflower production and water use. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 46: 1072-1076.

## Evaluation of drought tolerance indices in various sunflowers cultivars (*Helianthus annuus* L.)

Seyed Reza Alavi<sup>1</sup>, Reza Darvishzadeh<sup>2\*</sup>, Mostafa Valizadeh<sup>3</sup>, Mohammad Moghadam<sup>3</sup>,  
Ebrahim Farrokhi<sup>4</sup>, Ashkan Basirnia<sup>5</sup>, Alireza Pirzad<sup>6</sup>

- 1- Staff Member of Urmia Tobacco Research Center, , Urmia, Iran
- 2- Associate Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
- 3- Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran.
- 4- Staff Member of Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran.
- 5- MSc. Former Student, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
- 6- Associate Professor, Department of Agronomy, Urmia University, Urmia, Iran.

\*Corresponding author: r.darvishzadeh@urmia.ac.ir

**Received: 2014.01.20**

**Accepted: 2013.10.07**

### Abstract

In this study, 12 oily sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars were evaluated in both drought stressed and irrigated conditions in Agricultural Research Station of Khoy. In each condition, the cultivars were evaluated using a randomized complete block design with three replications. High significant difference ( $P \leq 0.01$ ) was found among the sunflower cultivars for the seed yield in irrigated and drought stressed conditions. The results showed that Vinmak 8931 (4254 kg/ha) and Zaria (1934 kg/ha) had the highest and lowest seed yield in both conditions, respectively. Based on the seed yield in irrigated and drought stressed conditions, quantitative drought tolerance indices such as mean productivity, tolerance index, geometric mean productivity, harmonic mean, stress susceptibility index and stress tolerance index were calculated. Correlation analysis between drought tolerance indices and seed yield in irrigated and drought stressed conditions indicated that the most suitable criteria for screening sunflower cultivars for drought conditions were mean productivity, geometric mean productivity, harmonic mean and stress tolerance index. Based on these four criteria and seed yield in both conditions, the best drought tolerant cultivar was "Vinmak 8931". Cluster analysis revealed the most genetic distance between drought tolerant ("Vinmak 8931", "Golshid hybrid", "Record") and susceptible (Zaria) cultivars.

**Keywords:** Biplot, Cluster analysis, Drought tolerance indices, Sunflower