مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد۱۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸

مجله پژوهش های به زراعی

بررسی اثر صفات زراعی و شاخص‌های مقاومت به خشکی در تعیین لاین‌های حساس و متحمل آفتابگردان

بابک مقصودی دماوندی[1]، شهرام لک[2]*، مهدی غفاری[3]، مجتبی علوی فاضل[2]، طیب ساکی نژاد[2]

۱-دانشجوی دکتری، گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۲-گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۳- مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۶/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۳

خلاصه

به منظور تعیین لاین‌های حساس و متحمل آفتابگردان به تنش خشکی آزمایشی به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مؤسسه تحقیقات دانه‌های روغنی کرج انجام شد. در این بررسی تعداد ۱۲ لاین مختلف آفتابگردان از نظر خصوصیات مرتبط با تحمل خشکی غربال شده و دو لاین حساس و متحمل به خشکی شناسایی شدند. برای این منظور ابتدا لاین‌های اینبرد آفتابگردان در دو آزمایش جداگانه در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار کشت گردید. تنش خشکی از طریق قطع آبیاری در مرحله ۲ تا ۸ برگی انجام شد. صفات مورد بررسی شامل: ارتفاع گیاه، قطر طبق، قطر ساقه، میزان رطوبت نسبی، شاخص سطح برگ و عملکرد دانه بودند. نتایج تحقیق نشان داد صفات مذکور بجز قطر ساقه در شرایط تنش دارای اختلاف معنی دار بودند. پس از بررسی عامل‌های مورد آزمایش و تجزیه و تحلیل داده ها، نتایج به دست آمده از طریق بررسی درصد تغییر صفات مورد مطالعه، محاسبه شاخص‌های تنش (شاخص‌های تحمل به خشکی، حساسیت به خشکی) و رسم دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه ای ارقام مشخص گردید. بر این اساس در شرایط اعمال تنش کم آبی، از نظر عملکرد دانه، RGK26 و RGK41 بیشترین و کمترین عملکرد دانه در بوته را تولید نمودند. با مقایسه صفات می‌توان از بین ۱۲ لاین مورد مطالعه، BGK221 را به عنوان لاین حساس و RGK46 را به عنوان لاین متحمل معرفی نمود. همچنین همبستگی بین صفات نیز نشان داد، شاخص تحمل به خشکی (STI) تقریبا با تمامی صفات دارای همبستگی مثبت بود. در ضمن عملکرد دانه با تمامی صفات بجز ارتفاع بوته دارای همبستگی مثبت بود.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، لاین حساس و متحمل، تنش خشکی، همبستگی، تجزیه خوشه‌ای

* نگارنده مسئول (sh.lack@yahoo.com)

مقدمه

گیاهان برای رشد مطلوب و حفظ سلامتی خود به مهیا بودن عناصر غذایی در خاک، جلوگیری از گزند آفات و بیماری‌ها و همچنین وجود عوامل محیطی مناسب، نیازمند می باشند (مقصودی، ۱۳۸۵). توجه روز افزون جهانی به تولید هرچه بیشتر فرآورده‌های غذایی به منظور رفع گرسنگی و ترمیم نیازمندی‌های غذایی جامعه بزرگ مصرف کننده، جهاد عظیمی را در سراسر عالم در زمینه‌های دایر کردن زمین‌های بایر و افزایش سطح کشت و بالا بردن میزان بهره دهی واحدهای کشاورزی، ضمن توسعه مکانیزاسیون کشاورزی و حاصلخیزی خاک، تحول سیستم آبیاری، مبارزه با آفات و بیماری‌های گیاهی، اصلاح بذر و تهیه بذرهای مقاوم برانگیخته است. آب یکی از معمولی ترین و در عین حال یکی از مهمترین مواد موجود در روی کره زمین است. تنوع و فراوانی گیاهان در قسمت‌های مختلف زمین بیش از هر عامل محیطی دیگر به مقدار آبی بستگی دارد که در دسترس گیاهان قرار می گیرد. تحمل خشکی خصوصیت پیچیده ای است که از متغیرهای مختلف گیاهی و محیطی متاثر می شود. شناسایی عوامل ایجادکننده تحمل خشکی درسطح مولکولی می تواند در تهیه ی ارقام متحمل به خشکی موثر باشد. خشکی یکی از تنش های محیطی است که روی اکثر مراحل رشد گیاه، ساختار اندام و فعالیت‌های آن‌ها آثار مخرب و زیان آوری وارد می سازد (Nilsen, and Orcutt 1996, Safarnejad, 2004, Ishfaq *et al*., 2009). به نظر Bray (1997) تنش خشکی حاصل چندین نوع تنش مختلف مانند خشکی، شوری و دمای کم است و هنگامی در گیاه رخ می دهد که میزان تبخیر از میزان جذب آب تجاوز کند (Bray, 1997). شاخص‌های متعددی برای تشریح پایداری عملکرد ژنوتیپ ها در شرایط تنش و بدون تنش و شناسایی ژنوتیپ هایی با عملکرد بالا ارائه شده است. فرناندز (۱۹۹۲) طی آزمایشی نشان داد که شاخص STI برای انتخاب ژنوتیپ ها در شرایط تنش و بدون تنش بهتر از سایر شاخص‌هاست (Fernandez, 1992). Fischer & Maurer (1978)شاخص حساسیت به تنش (SSI) را برای ارزیابی ارقام متحمّل پیشنهاد کردند, در حالی که Fernandez (1992) این

شاخص را به واسطه نداشتن همبستگی معنی‌دار با عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب، مناسب برای گزینش ارقام آفتابگردان متحمّل به تنش ذکر نکرد. برخی دیگر از محققین ارزیابی در هر دو شرایط تنش و بدون تنش را برای انتخاب ارقام متحمل به تنش پیشنهاد کرده‌اند (Sairam & Saxena, 2000). غفاری (۱۳۸۶) بین شاخص STI و عملکرد دانه در هر دو محیط تنش و بدون تنش، همبستگی مثبت و معنی دار را گزارش کرد. Daneshian & Jonoubi (2008) معتقدند که علاوه بر شاخص STI، شاخصGMP نیز با توجه به همبستگی بالا و معنی دار با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش، شاخص مناسب دیگری برای گزینش ژنوتیپ‌های دارای عملکرد مطلوب می باشد. تلاش‌های کنونی برای بهبود تحمل به تنش از طریق تغییرات ژنتیکی چندین دستاورد مهم داشته است ولی مکانیسم پیچیدهٔ ژنتیکی لزوم تلفیق بیوتکنولوژی با روش‌های اصلاح کلاسیک و فیزیولوژی را ایجاب می کند (Wang *et al.*, 2003). با توجه به این‌که آفتابگردان یکی از گیاهان روغنی مهم دنیاست و ایران نیز در منطقه خشک و نیمه خشک قرار دارد, لذا تهیه و شناسایی ارقام متحمل به خشکی می تواند به افزایش عملکرد و توسعه سطح کشت آن کمک کند.

مواد و روش‌ها

در کشاورزی همواره سعی بر این است تا تحمل گیاهان زراعی نسبت به تنش‌های محیطی افزایش یابد؛ زیرا در واقع گیاهان به دلیل تنش-های موجود تنها به ۲۵ درصد توان تولیدی خود می رسند و تقریباً از ۷۵درصد توانایی‌های تولیدی استفاده نمی شود. هرچقدر مقاومت در برابر این تنش‌ها افزایش یابد، امکان افزایش محصول فراهم است. آزمایش فوق در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر واقع در جاده مرد آباد کرج انجام شد. در این بررسی تعداد ۱۲ لاین آفتابگردان BGK221. BGK35. BGK375. BGK 147. BGK 335. BGK 501. RGK 15. RGK 25. RGK 29. RGK 50. RGK 2. RGK 46. از نظر خصوصیات مرتبط با تحمل خشکی غربال شده و دو لاین حساس و متحمل به خشکی شناسایی شد. برای این منظور ابتدا لاین-های اینبرد آفتابگردان در دو آزمایش جداگانه در شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار کشت

گردید. تنش خشکی از طریق قطع آبیاری در مرحله ۲ تا ۸ برگی انجام شد. خصوصیات زراعی و صفات مرتبط با خشکی از قبیل ارتفاع گیاه، قطر طبق، قطر ساقه، میزان رطوبت نسبی، شاخص سطح برگ محاسبه گردید؛ همچنین عملکرد دانه برآورد شد. قبل از کاشت از خاک قطعه زمین مورد نظر نمونه برداری شد که نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

عمق Cm	هدایت الکتریکی Ec	PH واکنش گل اشباع	کربن آلی ٪ o.c	ازت کل ٪ N	فسفر p.p.m P	پتاسیم p.p.m K	درصد رس Clay	درصد لای Silt	درصد شن Sand
۰-۶۰	۱/۵	۷/۷۸	۰/۶۲	۰/۰۴۸	۱۱/۵	۲۷۸	۳۲	۴۲	۲۶

عملیات کاشت به صورت دستی در تاریخ ۱۳۹۴/۲/۱۵ و با تراکم بالا (تقریبا دو برابر معمول) صورت گرفت. کرت‌های آزمایشی به ابعاد ۳×۳ و شامل ۳ خط کاشت ۲ متری بود. فواصل ردیف ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها در روی هر خط کاشت ۲۵ سانتی متر در نظر گرفته شد. عملکرد دانه از طریق برداشت طبق‌های خط وسط با حذف یک بوته از ابتدا و انتهای خط بدست آمد. نمونه‌ها به صورت تصادفی از ۵ بوته در هر کرت انتخاب و جهت بررسی به آزمایشگاه انتقال داده شد. جهت محاسبه عملکرد دانه، پس از برداشت هرکـرت وزن دانه هر گیاه در آن کرت اندازه‌گیری ومقدار عملکرد دانـه به صورت گرم در تک بوته محاسبه شد. برای رسم نمودارهای مذکور از نرم افزار EXCEL استفاده گردید. تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام پذیرفت. بـــا اســـتفاده از عملکـــرد دانـــه ژنوتیـــپ‌هـــا در شرایط بدون تنش (Yp) و شرایط تنش (Ys) شاخص‌هـــای تحمـــل خشکی به شرح زیر محاسبه شد:

۱.شاخص تحمل خشکی[1]

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

1- Fernandez (1992)

۲.شاخص حساسیت به خشکی[1]

$$SSI = \frac{1-\left(\frac{Ys}{Yp}\right)}{1-\left(\frac{\bar{Y}s}{\bar{Y}p}\right)}$$

Y_p: عملکرد دانه در شرایط آبیاری معمول

Y_s: عملکرد دانه در شرایط تنش آبیاری

$\bar{Y}_p$: میانگین عملکرد دانه در شرایط آبیاری معمول

$\bar{Y}_s$: میانگین عملکرد دانه در شرایط تنش آبیاری

نتایج و بحث

بین لاین‌های مختلف تفاوت معنی داری از نظر خصوصیات زراعی و صفات مرتبط با خشکی وجود داشت (جدول ۲ و ۳) که می‌تواند بهعنوان منبعی برای مقاومت به خشکی از طریق مکانیسم گریز از خشکی به کار گرفته شود. تیمار آبیاری تاثیر معنی داری بین لاین‌های تحت آزمایش در صفات مورد بررسی بجز محتوای آب نسبی برگ از خود نشان داد. همچنین تنش آبیاری نیز تأثیر معنی داری بر ارتفاع گیاه، قطر طبق، شاخص سطح برگ، محتوای آب نسبی برگ و عملکرد دانه داشتند. بین لاین‌ها نیز از نظر این خصوصیات اختلاف معنی داری وجود داشت.

1- Fischer and Maurer (1978

جدول ۳ - جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات عمکرد و اجزای عملکرد) در شرایط تنش خشکی

	درجه آزادی	ارتفاع گیاه (cm)	قطر ساقه (mm)	قطر طبق (cm)	شاخص سطح برگ	محتوای آب نسبی (%)	عملکرد دانه (g/p)
بلوک	۲	ns۶۸/۲۵	ns۰/۲۹	ns۱/۴۲	ns۰/۱۰	**۲۶/۱۴	ns۰/۴۳
تیمار	۱۱	**۴۵۵/۹۵	ns۱/۱۳	**۷/۵۹	*۰/۵۱	**۲۲/۴۷	**۲۹/۱۳
خطا	۲۲	۶۲/۳۱	۱/۳۲	۰/۶۴	۰/۲۱	۲/۳۹	۱/۱۴
c.v (%)	-	۶/۰۲	۶/۸۴	۴/۸۰	۱۴/۲۹	۲/۷۷	۸/۳۴

ns: بدون اختلاف معنی دار، *: اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ ، **: اختلاف معنی دار در سطح ۱٪ns

جدول ۲ - جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات عمکرد و اجزای عملکرد) در شرایط آبیاری معمول

	درجه آزادی	ارتفاع گیاه (cm)	قطر ساقه (mm)	قطر طبق (cm)	شاخص سطح برگ	محتوای آب نسبی (%)	عملکرد دانه (g/p)
بلوک	۲	ns۴۷/۴۴	ns۱/۲۱	ns۱/۵۴	ns۰/۱۲	ns۵۳/۰۱	*۱۶/۷۷
تیمار	۱۱	**۷۰۵	**۱۴/۱۹	**۶/۲۱	**۱/۳۱	ns۲۴/۲۰	**۲۹/۷۶
خطا	۲۲	۴۵/۸۷	۱/۸۷	۱/۲۹	۰/۲۴	۲۱/۷۹	۴/۶۷
c.v (%)	-	۴/۱۱	۶/۲۸	۵/۷۱	۱۰/۰۲	۵/۹۲	۹/۹۵

ns: بدون اختلاف معنی دار، *: اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ ، **: اختلاف معنی دار در سطح ۱٪

در تعیین همبستگی بین صفات مورد بررسی (جدول ۴) در شرایط اعمال تنش مشخص شد بین صفت عملکرد دانه با قطر ساقه، قطر طبق، شاخص سطح برگ، محتوای آب نسبی برگ و شاخص تحمل به خشکی همبستگی مثبت و معنی داری وجود دارد که رابطه آن‌ها را با یکدیگر نشان می‌دهد. با توجه به اینکه در زمان تامین آب مورد نیاز گیاه، محتوای آب برگ افزایش داشته و به دنبال آن کلروفیل سازی و در نتیجه فتوسنتز گیاه به عنوان تولید کننده انرژی گیاه فعال می‌باشد؛ لذا همبستگی مثبت آن‌ها کاملا مورد انتظار است. این نتایج به روشنی نشان می‌دهد که خسارت به عملکرد دانه عمدتا از طریق کاهش شاخص سطح برگ به دلیل کاهش محتوای آب برگ می‌باشد. طی بررسی‌ها مشخص

شد که بین قطر طبق و شاخص سطح برگ و عملکرد دانه نیز رابطه مثبت و معنی داری وجود دارد. این امر نشان دهنده آن است که کاهش یا افزایش شاخص سطح برگ در کاهش یا افزایش قطر طبق تاثیر گذار بوده وبه واسطه آن عملکرد دانه نیز تغییر خواهد کرد. هرچقدر قطر طبق بیشتر باشد عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد. در بررسی همبستگی صفات مورد آزمایش مشخص شد بین صفت ارتفاع بوته با قطر طبق، شاخص سطح برگ و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی داری وجود ندارد که این امر موئد آن است، کاهش ارتفاع گیاه بر مقدار فتوسنتز و نهایتا عملکرد دانه موثر نمی‌باشد.

جدول ۴- تعیین همبستگی بین صفات در شرایط تنش

	ارتفاع گیاه (cm)	قطر ساقه (mm)	قطر طبق (cm)	شاخص سطح برگ	محتوای آب نسبی (%)	عملکرد دانه (g/p)
ارتفاع گیاه (cm)	۱					
قطر ساقه (mm)	۰/۳۳ *	۱				
قطر طبق (cm)	۰/۰۱	۰/۳۷ *	۱			
شاخص سطح برگ	۰/۰۹	۰/۳۶ *	۰/۵۱ **	۱		
محتوای آب نسبی (%)	۰/۴۹**	۰/۳۳	۰/۳۷ *	۰/۳۵ *	۱	
عملکرد دانه (g/p)	۰/۲۰	۰/۴۱ *	۰/۵۵ **	۰/۷۳ **	۰/۶۰ **	**۱**
شاخص تحمل به خشکی	۰/۱۵	۰/۲۶	۰/۶۴ **	۰/۷۱ **	۰/۵۹ **	۰/۹۱ **

ns: بدون اختلاف معنی دار، *: اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ ، **: اختلاف معنی دار در سطح ۱٪ns

در بررسی صفات مورد آزمایش بین لاین‌های آفتابگردان اختلاف معنی داری وجود داشت. در بررسی‌های متعدد، خشکی عامل اصلی کاهش عملکرد آفتابگردان ذکر شده است (Dragovic & Chimenti *et al*., 2002; Maksimovic, 1995 ;Nezami *et al*., 2008 Hossain *et al*., 2010; Darvishzadeh *et al*., 2011).

ارتفاع بوته

تأثیر خشکی بر فتوسنتز به صورت مستقیم تغییر در متابولیسم فتوسنتزی و غیر مستقیم

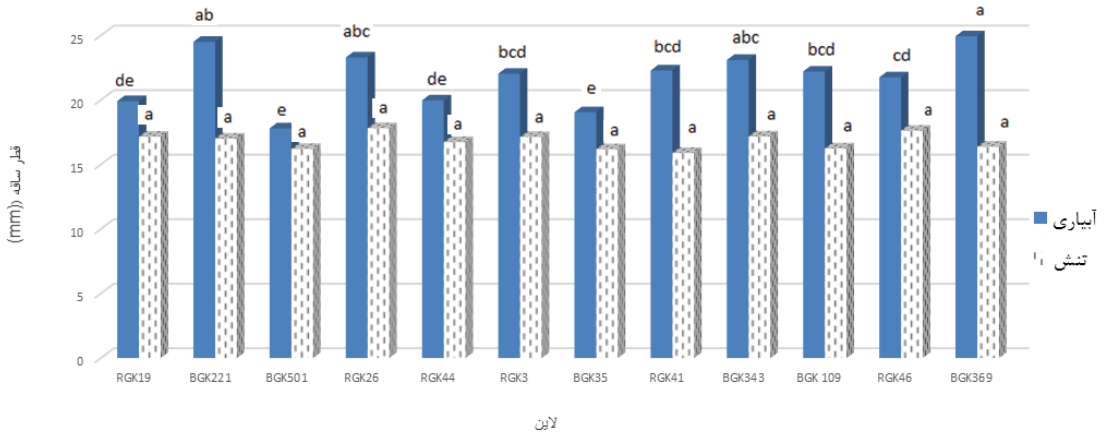
مانند تنش اکسیداتیو است (Skoric, 2009). تجمع ماده خشک در شرایط تنش خشکی با کاهش LAI و به دنبال آن کاهش وسنتز در گیاه نسبت به شرایط آبیاری نرمال کاهش می‌یابد؛ فتوسنتز بر اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد (Lovisolo *et al.*, 2010). همین کاهش در مؤلفه‌های مورفولوژیک گیاه نظیر ارتفاع گیاه، قطر ساقه و اندازه طبق که در این پژوهش جزء مولفه‌های مورد اندازه گیری می-باشد، اتفاق افتاد. بالاترین ارتفاع برابر ۱۸۵ سانتی متر در شرایط آبیاری نرمال مربوط به رقم BGK343 است و کمترین ارتفاع مربوط به رقم BGK109 در شرایط تنش با ۹۳ سانتی متر بود (شکل ۱). Bread & Geng (1999) در تحقیقات خود اعلام کردند، بر اثر خشکی ارتفاع بوته نیز کاهش می یابد.

شکل ۱: مقایسه ارتفاع گیاه بین لاین‌های مختلف آفتابگردان در شرایط تنش و آبیاری

اندازه قطر ساقه

افزایش قطر ساقه نشان دهنده شرایط رویشی مطلوب و به دور از تنش می‌باشد یعنی گیاه با افزایش فتوسنتز خود در شرایط مطلوب دوره رویشی، مقدار اسیمیلات بیشتری را به ساقه جهت ذخیره ارسال کرده است. در شرایط تنش و کاهش اسیمیلات سازی تجمع غذا در ساقه کم و در نتیجه قطر ساقه کاهش نشان می‌دهد. این پدیده در آزمایش حاضر به طور وضوح مشخص است. در شرایط تنش و با کاهش دوره رشد رویشی، زمان انباشت غذا در ساقه کاهش یافته است و قطر ساقه در زمان تنش حدودا ۷ تا ۱۰

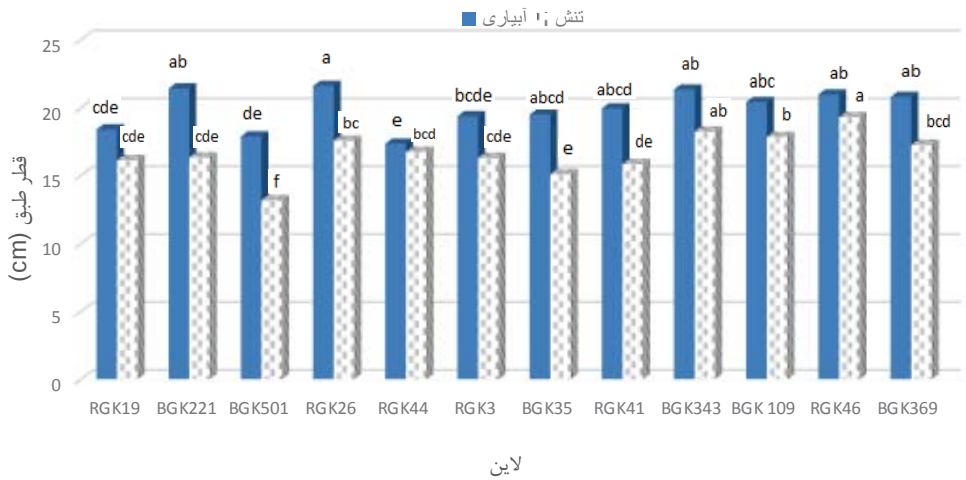
واحد نسبت به شرایط آبیاری نرمال کاهش نشان می‌دهد (شکل ۲). بر اساس گزارش Jabbari *et al* (2009) کاهش مقدار آب در گیاه، فتوسنتز را کاهش داده و معمولا از میزان فرآیندهای آنزیمی نیز کاسته می شود. به طور کلی کاهش آب در گیاه و ادامه روند کاهشی آن موجب بی نظمی در فرآیندهای پروتوپلاسمی گیاه می شود. با توجه به شکل فوق بیشترین اندازه قطر ساقه در شرایط آبیاری نرمال متعلق به لاین BGK369 با اندازه ۲۴/۹ میلی‌متر و کمترین اندازه قطر ساقه در شرایط تنش خشکی متعلق به لاین RGK41 با اندازه ۱۵/۹ میلی‌متر می‌باشد.



شکل ۲- مقایسه اندازه قطر ساقه بین لاین‌های مختلف آفتابگردان در شرایط تنش و آبیاری

اندازه قطر طبق

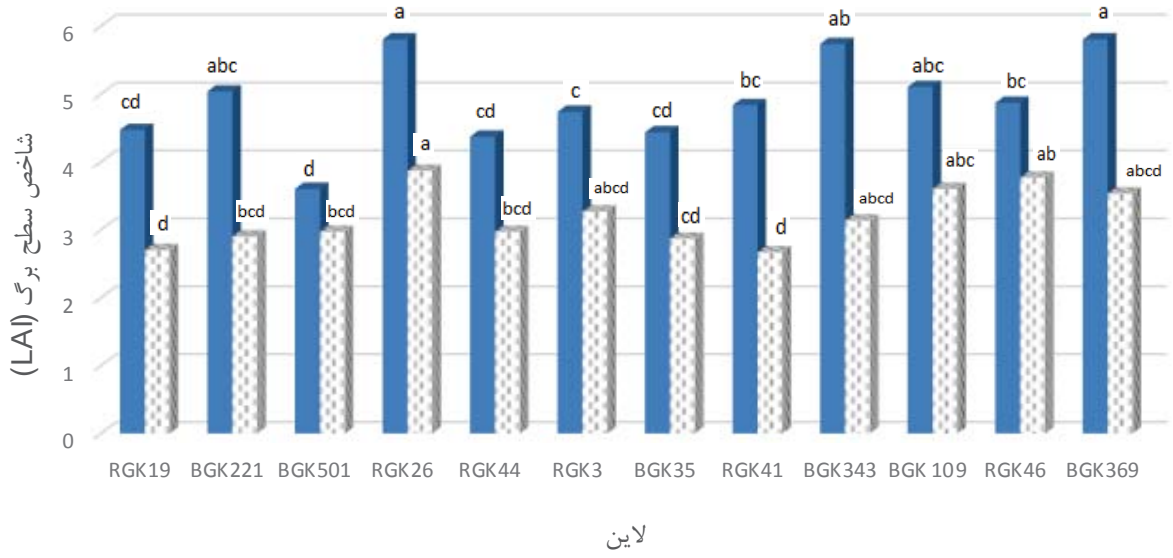
قطر طبق در آفتابگردان وابستگی زیادی به دوره رشد رویشی و تجمع مواد فتوسنتزی در این دوره دارد. هرچقدر دوره رشد رویشی قوی تر باشد قطر طبق افزایش می‌یابد. در شرایط تنش خشکی و محدودیت آب، دوره رشد رویشی و ذخیره سازی غذا کاهش می‌یابد. همچنین به دلیل محدودیت آب، فتوسنتز جاری در دوره رشد زایشی نیز کاهش یافته و قطر طبق در شرایط تنش نسبت به شرایط آبیاری کامل کاهش نشان می‌دهد. de Souza *et al* (2005) اعلام کردند در شرایط تنش، تنفس نوری نسبت به فتوسنتز بیشتر می شود، این امر باعث کاهش فتوسنتز خالص می شود. در این پژوهش لاین RGK26 با قطر طبق ۲۱/۶ سانتی متر در شرایط بدون تنش دارای بالاترین اندازه و همین رقم در شرایط تنش دارای قطر ۱۷/۶ سانتی متر بود (شکل۳).



شکل ۳- مقایسه میانگین اندازه قطر طبق بین لاین‌های مختلف آفتابگردان در شرایط تنش و آبیاری

شاخص سطح برگ

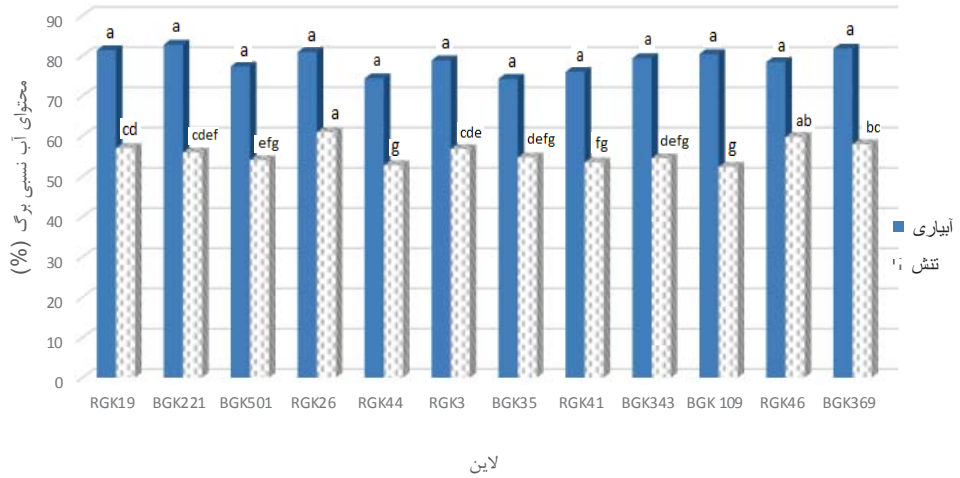
شاخص سطح برگ همبستگی بالایی با موجودیت آب گیاه دارد. سچین و همکاران (۲۰۱۰) اعلام کردند تنش خشکی باعث کاهش فتوسنتز می‌شود ولی میزان کاهش بستگی به سن برگ دارد (Cechin *et al.*, 2010). در تحقیقات Ludlow & Muchow (1990) مشخص شد کاهش سطح برگ باعث کاهش فتوسنتز نیز می شود که در شرایط خشکی، یک صفت نامناسب به شمار می‌آید. هرچقدر مقدار آب قابل دسترس گیاه بیشتر باشد، LAI افزایش می‌یابد. با محدودیت آب و اعمال شرایط تنش خشکی، فشار تورژسانس لازم برای رشد و گسترش برگ‌ها کاهش می‌یابد و دینامیک رشدی برگ نقصان می‌یابد که در نتیجه سطح برگ کاهش می‌یابد؛ این یک اثر اولیه برای جلوگیری از افزایش خروج آب از برگ‌ها به صورت تعرق است. در این آزمایش با اعمال شرایط تنش خشکی روند کاهش LAI کاملا مشهود است (شکل ۴). لاین RGK26 با مقدار ۵/۸ واحد بالاترین LAI را در شرایط آبی به خود اختصاص داد؛ در همین لاین با اعمال شرایط تنش خشکی مقدار LAI با ۲ واحد کاهش برابر ۳/۸ می‌باشد.



شکل ۴- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ بین لاین‌های مختلف آفتابگردان در شرایط تنش و آبیاری

محتوای آب نسبی برگ

تعادل آبی گیاه و سلول بر مبنای تلفات آب در اثر تعرق و جذب آب از خاک تعیین می شود (Smith & Hamel, 2005) محتوای آب نسبی برگ (RWC) وابستگی کامل به شرایط آبی محیط گیاه دارد. هر چقدر مقدار آب قابل دسترس افزایش یابد، مقدار RWC برگ افزایش قابل ملاحظه ای می‌یابد. اثرگذاری شدت تنش بر روی RWC به صورت مستقیم است، یعنی با افزایش شدت تنش، موجودیت آب برگ به شدت نقصان می‌یابد. در این آزمایش با وجود تنش آبی مقدار RWC به طور میانگین ۲۰ واحد کاهش نسبت به شرایط آبیاری نرمال در لاین‌های مورد بررسی شاهد هستیم (شکل ۵). هرگاه RWC کاهش یابد، فشار تورژسانس برگ کاهش یافته و سطح برگ هم کاهش بیشتری می‌یابد. Lawlor & Cornic (2002) نشان دادند هنگامی که تعرق بیشتر از جذب آب است، آماس سلولی و RWC کاهش یافته و حجم سلول کم می شود، با این حال به دلیل افزایش غلظت مواد سلولی پتانسیل اسمزی و پتانسیل آب کاهش می یابد. بر اثر کاهش آماس و RWC، میزان رشد و هدایت روزنه ای نیز کاهش می یابد.



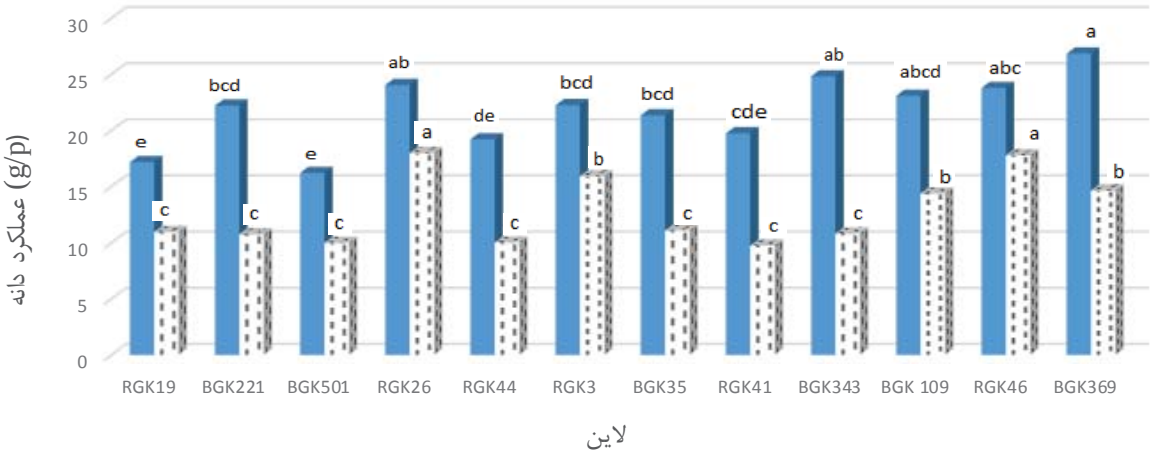
شکل ۵- مقایسه میانگین محتوای آب نسبی برگ بین لاین‌های مختلف آفتابگردان در شرایط تنش و آبیاری

عملکرد دانه

علیرغم تحمل نسبی آفتابگردان به تنش خشکی (Fick & Miller 1997) عملکرد دانهٔ این گیاه بر اثرمحدودیت آب کاهش می‌یابد (Ishfaq *et al.*, 2009). در شرایط تنش خشکی، مقدار سطح برگ گیاه و LAI کاهش یافته و در نتیجه باعث کاهش فتوسنتز و تجمع ماده خشک گردیده است. با این تعریف، بیشترین عملکرد دانه پس از بررسی‌های انجام شده در شرایط آبیاری متعلق به لاین BGK369 با وزن ۲۶/۸۳ گرم در بوته بود که با لاین‌های RGK26. RGK46, BGK109, BGK343 اختلاف معنی داری نداشت. کمترین مقدار عملکرد نیز متعلق به لاین BGK501 با ۱۶/۲ گرم در بوته بود. در مطالعه انجام شده و نتایج حاصل پس از تنش خشکی، بیشترین عملکرد در رقم RGK26 با وزن ۱۷/۹۷ گرم در بوته مشاهده شد که با لاین RGK46 اختلاف معنی داری نداشتند. کمترین عملکرد دانه تک بوته به لاین RGK41 با ۹/۷۳ گرم تعلق داشت که با بیشتر لاین‌ها نیز اختلاف معنی داری نداشت (شکل ۶).

Jabbari *et al* (2009) نیز در بررسی‌های خود اعلام کردند کاهش آب و روند ادامه آن عامل کاهش عملکرد گیاه و ادامه تنش به صورت شدید عامل مرگ گیاه می‌باشد. تنش در مرحله گلدهی

آفتابگردان باعث سقط جنین، عقیمی گرده و در نهایت کاهش شاخص برداشت می‌شود. در نتیجهٔ کاهش اجزای عملکرد، تنش خشکی در مرحله گلدهی می‌تواند، موجب کاهش بیش از ۵۰ درصدی عملکرد شود. Reddy *et al* (2003) و Dragovic & Maksimovic (1995) خشکی را مهمترین عامل کاهش دهندهٔ عملکرد آفتابگردان ذکر کردند.



شکل ۶- مقایسه میانگین عملکرد دانه بین لاین‌های مختلف آفتابگردان در شرایط تنش و آبیاری

پس از مطالعه صفات تعیین شده و برآورد لاین‌های موجود از نظر بیشترین و کمترین مقدار به دست آمده و تعیین اختلاف معنی دار بین لاین‌های موجود، به منظور تعیین لاین حساس و متحمل از بین لاین‌های مورد بررسی، از طریق روش‌های محاسبه نسبت تغییر صفات مورد بررسی، محاسبه شاخص‌های تنش و تجزیه خوشه‌ای ارقام اقدام به تعیین لاین حساس و متحمل شد.

محاسبه درصد تغییر صفات مورد بررسی

با توجه به نمودارهای رسم شده در خصوص صفات مورد بررسی در شکل ۱ تا ۶ اقدام به محاسبه نسبت تغییر مقدار صفات در جدول ۵ شد. بر این اساس در بین ارقام مورد مطالعه به کمترین مقدار تغییر رتبه ۱ و بیشترین مقدار تغییر رتبه ۱۲ تعلق گرفت. (جدول ۴).

جدول۵ -محاسبه درصد تغییر صفات مورد بررسی

ردیف	لاین	ارتفاع گیاه (cm)		قطر ساقه (mm)		قطر طبق (cm)		شاخص سطح برگ		محتوای آب نسبی (%)		عملکرد دانه (g/p)	
		درصد تغییر	رتبه	درصد تغییر	رتبه	درصد تغییر	رتبه	درصد تغییر	رتبه	درصد تغییر	رتبه	درصد تغییر	**رتبه**
۱	**RGK19**	-۱۵/۳۵	۳	-۱۳/۸۱	۲	-۱۲/۲۰	۳	-۳۹/۶۰	۹	-۲۹/۹۱	۸	-۳۶/۳۴	۴
۲	**BGK221**	-۲۲/۴۹	۹	-۳۰/۶۰	۱۱	-۲۳/۷۰	۱۱	-۴۲/۳۵	۱۰	-۳۲/۳۸	۱۱	-۵۱/۶۷	۱۱
۳	**BGK501**	-۱۰/۰۵	۱	-۸/۹۳	۱	-۲۶/۲۹	۱۲	۱۷/۵۰	۱	-۳۰/۱۴	۹	-۳۸/۴۶	۶
۴	**RGK26**	-۱۶/۷۶	۴	-۲۳/۵۴	۷	-۱۸/۶۵	۹	-۳۳/۲۸	۶	-۲۴/۵۹	۲	-۲۵/۲۲	۱
۵	**RGK44**	-۱۹/۲۰	۵	-۱۶/۱۶	۴	-۳/۴۴	۱	-۳۲/۰۴	۵	-۲۹/۰۲	۵	-۴۷/۹۲	۸
۶	**RGK3**	-۲۱/۵۳	۷	-۲۲/۲۲	۶	-۱۵/۸۴	۶	-۳۰/۸۷	۴	-۲۷/۹۳	۴	**۲۸/۴۸**	۳
۷	**BGK35**	-۲۴/۶۵	۱۰	-۱۵/۰۱	۳	-۱۶/۳۲	۷	-۳۵/۲۱	۷	-۲۶/۳۱	۳	-۴۸/۱۰	۹
۸	**RGK41**	-۲۱/۷۰	۸	-۲۸/۶۷	۱۰	-۲۰/۵۰	۱۰	-۴۴/۷۲	۱۱	-۲۹/۶۳	۷	-۵۰/۶۹	۱۰
۹	**BGK343**	-۲۵/۵۸	۱۱	-۲۵/۶۷	۸	-۱۴/۵۱	۵	-۴۵/۳۸	۱۲	-۳۱/۲۹	۱۰	-۵۶/۴۵	۱۲
۱۰	**BGK 109**	-۲۰/۳۶	۶	-۲۶/۸۰	۹	-۱۲/۵۷	۴	-۲۹/۴۱	۳	-۳۴/۸۲	۱۲	-۳۷/۷۱	۵
۱۱	**RGK46**	-۱۴/۸۳	۲	-۱۹	۵	-۷/۹۱	۲	-۲۲/۵۹	۲	-۲۳/۷۸	۱	-۲۵/۲۴	۲
۱۲	**BGK369**	-۳۱/۷۸	۱۲	-۳۴/۳۲	۱۲	-۱۶/۹۴	۸	-۳۹/۱۴	۸	-۲۹/۰۳	۶	-۴۵/۴۷	۷

محاسبه شاخص‌های تنش

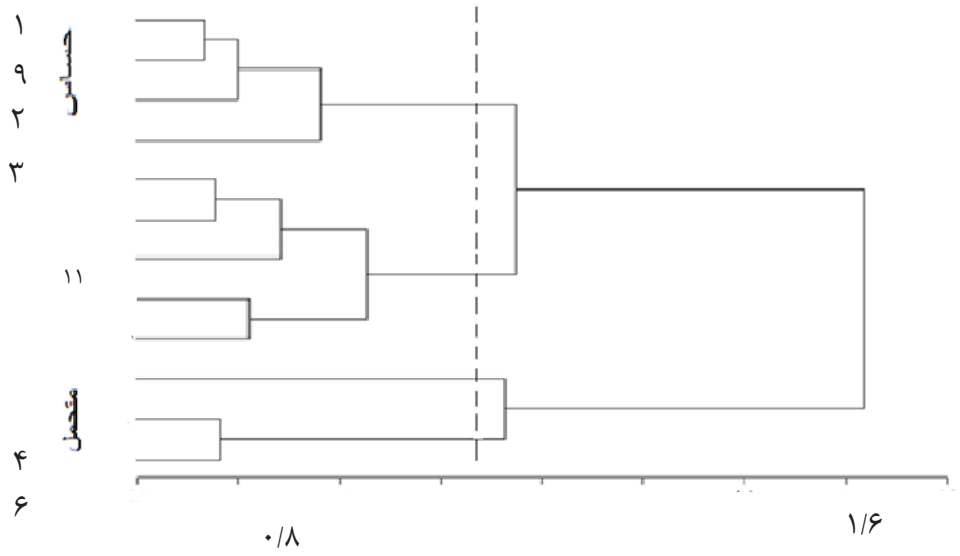
شاخص‌های تحمل به خشکی و حساسیت به خشکی برای هر یک از لاین‌ها مورد بررسی به طور جداگانه محاسبه گردید. با توجه به مطالعات Fernandez (1992) که نشان داد شاخص STI برای انتخاب ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش بهتر از سایر شاخص‌ها است و Fischer & Maurer (1978)که شاخص حساسیت به تنش (SSI) را برای ارزیابی ارقام متحمّل پیشنهاد کردند، دو شاخص فوق مورد ارزیابی قرار گرفت و بر همین اساس ارقام حساس و متحمل شناسایی شدند. بر این اساس لاین‌های BGK221,RGK41,BGK343 به عنوان لاین حساس و RGK26, RGK46, BGK369 به عنوان لاین‌های متحمل برآورد شدند (جدول ۶).

جدول ۶ - تعیین رقم حساس و متحمل از طریق شاخص‌های تنش

ردیف	لاین	شاخص حساسیت به خشکی	شاخص تحمل به خشکی	نتیجه
۱	**RGK19**	0.89	0.4	
۲	**BGK221**	1.27	0.51	حساس
۳	**BGK501**	0.94	0.34	
۴	**RGK26**	0.62	0.92	متحمل
۵	**RGK44**	1.17	0.41	
۶	**RGK3**	0.7	0.75	
۷	**BGK35**	1.18	0.5	
۸	**RGK41**	1.24	0.41	
۹	**BGK343**	1.38	0.57	حساس
۱۰	**BGK 109**	0.92	0.7	
۱۱	**RGK46**	0.62	0.9	متحمل
۱۲	**BGK369**	1	0.83	

تجزیه خوشه ای

تجزیه خوشه ای لاین‌ها بر مبنای خصوصیات ارتفاع گیاه، قطر ساقه، قطر طبق، شاخص سطح برگ، محتوای آب نسبی و عملکرد دانه محاسبه گردید. در شرایط تنش برش دندوگرام حاصل سه گروه از ارقام را مشخص نمود. بر این اساس، بالاترین لاین ها جزو حساسترین و پائین ترین آن‌ها جزو متحمل ترین لاین‌ها قلمداد شدند. در دندوگرام لاین‌های ۹، ۱ و ۲ به ترتیب حساس و لاین‌های ۶ ،۱۱ و ۴ به ترتیب جزو لاین‌های متحمل دسته بندی شدند (شکل ۷).



شکل ۷ – دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه ای لاین‌ها

پس از مشخص شدن ارقام حساس و متحمل از طریق عامل‌های رتبه بندی، محاسبه شاخص‌های تنش و رسم دندوگرام حاصل از تجزیه خوشه ای ارقام، نسبت به تعیین رقم حساس و متحمل اقدام شد (جدول ۶). بر اساس نتایج به دست آمده از جدول ۶ و مطالعه صفات مورد بررسی مشخص شد، لاین‌های BGK221 و BGK343 جزو ارقام حساس و لاین‌های RGK26 و RGK46 جزو ارقام متحمل می‌باشند که با بررسی کلیه صفات و تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده لاینBGK221 به عنوان لاین حساس و لاین RGK46 به عنوان لاین متحمل شناسایی گردید (جدول۷).

جدول۷- تعیین لاین حساس و متحمل از طریق سه عامل تعیین رتبه درصد تغییرات، شاخص‌های تنش و تجزیه خوشه ای

ردیف	لاین	تجزیه کلاستر	شاخص‌های تنش	درصد تغییرات	نتیجه
۱	RGK19	حساس			
۲	BGK221	حساس	حساس	حساس	حساس
۳	BGK501				
۴	RGK26	متحمل	متحمل		
۵	RGK44			متحمل	
۶	RGK3	متحمل			
۷	BGK35				
۸	RGK41			حساس	
۹	BGK343	حساس	حساس		
۱۰	BGK 109				
۱۱	RGK46	متحمل	متحمل	متحمل	متحمل
۱۲	BGK369				

منابع

غفاری، م. ۱۳۸۶. ارزیابی و انتخاب لاین‌های اینبرد آفتابگردان در شرایط نرمال و تنش خشکی. نهال و بذر: ۲۳ (۴) :۶۳۳-۶۴۹.

مقصودی، ب. ۱۳۸۵. بررسی اثر گذاری زمان آماده سازی بستر بذر و مدیریت علف‌های هرز بر رشد چغندر قند. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

Asl, K.K., D. Mazaheri, and S.A. Peighambari. 2003. Effect of four irrigation intervals on the seed yield and quantitive characteristics of sunflower cultivars. Iranian Journal. Agricultural. Science., 34: 293-301.

Bray, E. A. 1997. Plant responses to water deficit. Trends Plant Science., 2: 48-54.

Chimenti, C. A., J. Pearson, and A.J. Hall. 2002. Osmotic adjustment and yield maintenance under drought in sunflower. Field Crop Research. 75: 235-246.

Daneshian, J. and P. Jonoubi. 2008. Evaluation of sunflower new hybrids tolerance to water deficit stress, In Proc, of the 5thInternational Crop Science Con gress, Jejo, Korea, pp: 189.

Darvishzadeh, R., H. Hatami Maleki, and A. Sarrafi. 2011. Path analysis of the relationships between yield and some related traits in diallel population of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under well-watered and water-stressed conditions. Australia. Journal Crop Science. 5: 674-680.

Dragovic, S. and L. Maksimovic. 1995. Drought phenomenon and impact on crop

Kazi, B. R., F.C. Oad, G.H. Jamro, L.A. Jamal, and N.L.Oad. 2002. Effect of water stress on the growth, yield and oil content of sunflower. Pakistan Journal. App. Science. 2: 550-552.

Maghsoudi, B. 2006. Influence of seedbed preparation time and weed management on the growth of sugar beet. MSc. thesis. Islamic Azad University, Tehran Science and Research.

Nezami, A., H.R. Khazaei, R.Z. Boroumand, and N. Null. 2008. Effects of drought stress and defoliation on sunflower. Desert. 12: 99-104.

Nilsen, E. T. and D.M. Orcutte. 1996. Phytohormones and plant responses to stress. In: E. T. Nilsen and D. M. Orcutte (eds.). Physiology of plant under stress: abiotic factors. John Wiley and Sons : 183-198.

Park, E. J., Z. Jeknic, A. Sakamoto, J Denoma, R. Yuwansiri, N. Murata, and T.H. Chen. 2004. Genetic engineering of glycinebetaine synthesis in tomato protects seeds, plants, and flowers from chilling damage. Plant Journal. 40: 474-487.

Rauf, S., H.A. Sadaqat, I.A. Khan, and R. Ahmed. 2009. Genetic analysis of leaf hydraulics in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drought stress. Plant Soil Environ. 55: 62–69.

Razi, H. and M.T. Assad. 1998. Evaluating variability of important agronomic traits and drought tolerant criteria in sunflower cultivars. JWSS, Isfahan University of Technology, 2: 31-44Pasada G. and Dipenbrock W. 1990. The physiological yield analysis of yields in the Vojvodina Province, Yogoslavia. *In* Proceedings of the Int. Workshop on Drought in the Carpathian Region, Budapest, Yogoslavia, pp. 207–217.

Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceedings of the Int. Symp. on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress, Taiwan. PP. 257-270.

Fick, G.N. and J.F. Miller. 1997. Sunflower Breeding. In: A. A. Schneiter (ed.). Sunflower science and technology, Agronomy Monograph. ASA Inc. Madison. WI., pp. 395-439.

Fischer, R. A. and R. Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. grain yield responses. Australia. Journal. Agricultur. Research. 29: 897-912.

Goksoy, A. T., A.O. Demir, Z.M. Turan and N. Dagustu. 2004. Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. Field Crop Research. 87:167-178.

Hossain, M. I., A. Khatun, M.S.A. Talukder, M.M.R. Dewan. 2010. Effect of drought on physiology and yield contributing characters of sunflower. Bangladesh Journal. Agricultural. Research. 35: 113-124.

Ishfaq, M., A. Ali, A. Khaliq, and M. Yaseen. 2009. Allometry Agronomic traits and yield of autumn planted sunflower hybrids under varing row spacing. Pakistan Journal of Biological Sciences. 46: 257-248.

Wang, W., B. Vinocur, and A. Altman. 2003a. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. Planta. 218: 1-14.

Wang, W., B. Vinocur, O. Shoseyov, and A. Altman. 2004. Role of plant heat shock proteins and molecular chaperones in the abiotic stress response. Trends Plant Science. 9: 244-252.

Yegappan, T. M., D.M. Paton, C.T. Gates, and W.J. Muller. 1982. Water Stress in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) 3. Responses of Cypsela Size. Ann. Bot. 49: 69-75.

sunflower. Part II Climate factors. Wissenschfat Technol. 93: 155-168.

Reddy, G. K. M., K.S. Dangi, S.S. Kumar, and A.V. Reddy. 2003. Effect of moisture stress on seed yield and quality in sunflower. Journal. Oilseeds Research. 20: 282–283.

Sairam, R. K. and D.C. Saxena. 2000. Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. Journal. Agronomy. Crop Science. 184: 55–61.

Shinozaki, K., S.K. Yamaguchi, and M. Seki. 2003. Regulatory network of gene expression in the drought and cold stress responses. Curr. Opin. Plant Biologycal. 6: 410-417.

Effect of agronomic traits and drought resistance indices on determination of susceptible and tolerant sunflower lines

B. Maghsoudi[1*], Sh. Lak[2*], M. Ghaffari[3], M. Alavi Fazel[2], T. Sakinezhad[2]

1. Ph.D student, Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2.Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz,Iran.
3.Seed and plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

Abstract

In order to determine the susceptible and tolerant lines of sunflower to drought stress, a completely randomized block design with three replications was conducted at Karaj seed Oil Research Institute. In this study, 12 different sunflower lines have been identified for the characteristics related to drought tolerance and were selected two susceptible and tolerant lines. Initially, sunflower lines were cultivated in two separate experiments under normal irrigation and drought stress conditions. Drought stress was carried out through stop irrigation in step 2 to 8 leaves formation. The studied traits included agronomic characteristics and drought stress indices of sunflower, such as Plant height, Stem diameter, Head diameter, Seed yield, Leaf Area Index, Relative Water Content, SSI and STI. The studied traits were significantly different in water stress, except stem diameter. After analyzing the tested factors and analyzing the data, the results were obtained by analyzing the percentage of variation of studied traits, calculating stress indices (drought tolerance indices, drought sensitivity) and dendrogram drawing from Cluster analysis of cultivars was identified. According to the results, in terms of water deficit stress, RGK26 and RGK41 produced the highest and the lowest seed yield per plant. Comparison of traits can identify BGK221 as susceptible line and RGK46 as tolerant line among 12 studied lines. Also, correlation between traits showed that drought tolerance index (STI) was positively correlated with almost all traits. In addition, grain yield was positively correlated with all traits except plant height.

Key words: Correlation, Dendrograms Cluster, Drought stress, Susceptible and tolerant line, Sunflower

* Corresponding author (sh.lack@yahoo.com)