ارزیابی شاخص های تحمل تنش خشکی در هیبرید های آفتابگردان

ح. اورکی[۱]، ا. اله دادی[۲] و ف. پرهیزکار خاجانی[۱]

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۰/۲ تاریخ پذیرش: ۹۰/۲/۳

چکیده

به منظور یافتن ارقام متحمل به خشکی و همچنین انتخاب شاخص های مناسب جهت ارزیابی تحمل به خشکی در هیبریدهای آفتابگردان، آزمایشی در سال ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران به صورت کرتهای خرد شده در قالب طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی اجرا گردید. عامل اصلی شامل سطوح آبیاری و عامل فرعی شامل چهار هیبرید آفتابگردان بود. نتایج نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش شدید وزن هزار دانه، تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه شد. در شرایط آبیاری مناسب هیبریدهای آذرگل و آلستار به ترتیب با ۳۴۴۸ و ۲۷۹۳ کیلوگرم در هکتار و در شرایط تنش خشکی شدید هیبریدهای زودرس آلستار و هایسان ۲۵ به ترتیب با ۸۲۹ و ۷۰۴ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین عملکرد دانه بودند. جهت شناسایی شاخص های برتر بوسیله ی بررسی همبستگی آن ها با عملکرد و نیز از طریق بررسی نمودارهای دو بعدی و سه بعدی در شرایط تنش خشکی متوسط شاخص های MP و GMP و در شرایط تنش خشکی شدید شاخص های GMP و STI بهترین شاخص ها برای ارزیابی تحمل به تنش خشکی هیبریدهای آفتابگردان تشخیص داده شدند. همچنین براساس نتایج حاصل از نمودارهای سه بعدی شاخص های برتر در هر دو شرایط تنش خشکی متوسط و شدید، هیبرید زود رس آلستار را به عنوان هیبرید برتر معرفی نمودند.

واژه های کلیدی: آفتابگردان، تنش خشکی، شاخص های تحمل تنش

پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد پردیس ابوریحان دانشگاه تهران
۲- دانشیار پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

مقدمه

خشکی حالتی است که در آن جبران تلفات آب از دست رفته از طریق تعرق برای گیاه غیر ممکن باشد (۱۶). از نقطه نظر زراعی مقاومت به خشکی به توانایی گیاه برای تولید اقتصادی محصول در شرایط محدودیت رطوبت خاک اطلاق می‌شود (۱۷). در طی بیست سال گذشته کشت آفتابگردان به دلیل مقاوم بودن به تنش های رطوبتی در اراضی دارای تنش خشکی افزایش یافته است و یکی از راه های مقابله با تنش خشکی، اصلاح گیاهان متحمل است که شناخت و درک مکانیسم های تحمل تنش در گیاهان حائز اهمیت می باشد (۱۵). در این زمینه چیمنتی و همکاران (۵) و اردم و همکاران (۷) نتیجه گرفتند تنش خشکی در گیاه آفتابگردان سبب کاهش وزن هزار دانه و عملکرد دانه می گردد. کرم و همکاران (۱۴) نیز گزارش کردند که اعمال محدودیت در آبیاری سبب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان شد. انگادی و انتز (۱) روابط آبی را در ارقام پا بلند و پا کوتاه آفتابگردان مورد بررسی قرار داده و اظهار داشتند که یک هیبرید پا بلند علی رغم پتانسیل آب برگ کمتر همواره دارای بیشترین عملکرد در شرایط آب کافی است و ارقام پا کوتاه برای تولید درشرایط تنش خشکی دارای اهمیت هستند. مطالعات زیادی در زمینه ارزیابی درجه تحمل به خشکی ژنوتیپ های مختلف گیاهان زراعی اجرا شده است (۴). تا به حال شاخص های متعددی برای تشریح پایداری عملکرد ژنوتیپ ها در شرایط تنش و بدون تنش و شناسایی ژنوتیپ هایی با عملکرد بالا ارائه شده است. روسیلی و هامبر (۱۸) شاخص های TOL و MP و فیشر و ماورر (۱۰) شاخص SSI را برای انتخاب ژنوتیپ های متحمل به خشکی معرفی کردند. همچنین فرناندز (۹) و غفاری (۱۲) بیان نمودند تنها شاخص STI گزینش را به سمت انتخاب ارقام آفتابگردان با عملکرد مطلوب و نیز مقاوم به خشکی سوق می دهد. این در حالی است که دانشیان و جنوبی (۶) گزارش کردند که به منظور ارزیابی تحمل به تنش کم آبی در هیبریدهای آفتابگردان شاخص های MP، GMP و STI مناسب می باشند. فررز و همکاران (۸) معتقدند اگر بررسی واکنش ارقام نسبت به خشکی تنها بر مبنای حساسیت عملکرد آن ها نسبت به خشکی باشد مفید تر است. برای اولین بار بوسلاما و اسچاپااوگ (۳) شاخص پایداری عملکرد (YSI) و گاووزی و همکاران (۱۱) شاخص عملکرد (YI) را به منظور گزینش ارقام معرفی نمودند. در واقع شاخص پایداری عملکرد نشان دهنده میزان مقاومت ژنتیکی رقم به تنش خشکی می باشد و در نتیجه رقمی با میزان بالای شاخص عملکرد باید عملکرد بالایی در هر دو محیط تنش و بدون تنش تولید نماید (۳). این در حالی است که شاخص عملکرد موجب رتبه بندی ارقام بر حسب میزان عملکرد تولیدی آنها در محیط تنش می گردد (۱۹). ژنوتیپ ها بر اساس عملکردشان در شرایط تنش و غیر تنش به چهار گروه دسته بندی می شوند (۹). گروه A شامل ژنوتیپ هایی است که در هر دو محیط تنش و بدون تنش عملکرد بالاتری دارند، ژنوتیپ های گروه B

تنها در شرایط بدون تنش عملکرد بالا دارند، در گروه C ژنوتیپ هایی قرار دارد که در شرایط تنش عملکرد بالاتری دارند و گروه D ژنوتیپ ها در هر دو شرایط تنش و بدون تنش عملکرد نامطلوبی دارند. بر این اساس بهترین شاخص آن است که بتواند گروه A را از سه گروه دیگر متمایز کند. در این تحقیق جهت گزینش هیبریدهای آفتابگردان مقاوم به خشکی، از شاخص های تحمل به تنش و رسم نمودارهای دو بعدی و سه بعدی استفاده شد. با توجه به پراکنده بودن بارندگی در سال ها و مناطق کشور و این موضوع که تقریباً دو سوم زمین های زیر کشت ایران در حوزه مناطق نیمه خشک یا دیم قرار دارد لذا انتخاب گیاهان متحمل به خشکی از جمله آفتابگردان اهمیت خاصی دارد. در تحقیق حاضر سعی شده است اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه هیبرید های آفتابگردان بررسی شود و شاخص های مناسب برای گزینش هیبریدهای آفتابگردان با عملکرد بالا و متحمل به خشکی معرفی شوند.

مواد و روشها

این تحقیق در سال ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران واقع در ۲۵ کیلومتری جنوب شرقی تهران با طول جغرافیایی ۵۱/۴۴ و عرض ۳۵/۲۸ درجه و ارتفاع ۲۰۵۰ متر از سطح دریا و دارای زمستانی ملایم و تابستان گرم و خشک، اجرا شد. متوسط میزان بارندگی سالانه در منطقه، بیش از ۱۰۰ میلی متر، حداکثر و حداقل مطلق درجه حرارت به ترتیب ۴۴ و ۱۴-

درجه سانتی گراد بوده است. آزمایش به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل آبیاری در سه سطح شامل آبیاری پس از ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلیمتر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A در کرت های اصلی و هیبریدهای آفتابگردان در کرت های فرعی قرار گرفتند. در این آزمایش هیبریدهای آفتابگردان شامل دو گروه هیبریدهای متوسط رس و دیررس (هایسان ۳۳ و آذرگل) و هیبریدهای زودرس (آلستار و هایسان ۲۵) بودند. خاک محل آزمایش دارای بافت سیلتی لوم، وزن مخصوص ظاهری ۱/۶۳ گرم بر سانتیمتر مکعب، میزان هدایت الکتریکی آن ۱/۸ دسی زیمنس بر متر و میانگین اسیدیته خاک تا عمق ۸۰ سانتی متری حدود ۷/۸ بود. اعمال تیمار آبیاری مناسب براساس روش پیشنهادی چیمنتی و همکاران (۵) و پس از استقرار گیاه در مرحله شش تا هشت برگی در کرت های آزمایشی صورت گرفت. براساس توصیه مؤسسه خاک و آب، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر از منبع فسفات آمونیوم قبل از کاشت و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع فسفات آمونیوم و اوره (در دو مرحله، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله هشت برگی) در زمین پخش شد و توسط فاروئر جوی و پشته روی زمین ایجاد گردید. هر کرت آزمایشی دارای چهار خط به طول پنج متر با فاصله ۶۵ سانتی متر بود و فاصله بوته ها روی خطوط کاشت ۲۰ سانتی متر در نظر گرفته شد (هفت

بوته در متر مربع). جهت ارزیابی اجزای عملکرد، صفات تعداد دانه در تک گیاه و وزن هزار دانه محاسبه گردیدند. عملکرد دانه (با رطوبت ۱۳ درصد) از ۴/۵ متر مربع خطوط میانی هر کرت پس از حذف حاشیه تعیین شد. به منظور ارزیابی پاسخ هیبریدهای آفتابگردان به تنش خشکی، از عملکرد دانه در محیط بدون تنش (YP) و در دو محیط تنش خشکی متوسط (YS1) و تنش خشکی شدید (YS2) استفاده و براساس آنها شاخص های مقاومت به خشکی محاسبه شدند (جدول ۳).

بر این اساس در این آزمایش ارزیابی تحمل هیبریدها در شرایط تنش در مقایسه با آبیاری کامل (مطلوب) توسط شاخص های ذیل انجام شد:

شاخص حساسیت به تنش (۱۰):

$$SSI = (1 - Y_S / Y_P)/SI$$

$$SI = 1 - (\frac{\overline{Y_S}}{\overline{Y_P}})$$

Yp= عملکرد ژنوتیپ در محیط بدون تنش، Ys= عملکرد ژنوتیپ در محیط دارای تنش، $\overline{Y_P}$= متوسط عملکرد کلیه ژنوتیپ ها در محیط بدون تنش، $\overline{Y_S}$ = متوسط عملکرد کلیه ژنوتیپ ها در محیط دارای تنش و SI= شدت تنش.

شاخص تحمل (۱۸):

$$MP = (\frac{Y_P + Y_S}{2})$$

شاخص متوسط عملکرد یا میانگین بهره وری تولید (۱۸):

$$TOL = Y_P - Y_S$$

میانگین هندسی قابلیت تولید (۱۸):

$$GMP = \sqrt{Y_P \times Y_S}$$

شاخص مقاومت به تنش (۹):

$$STI = \frac{Y_P \times Y_S}{(\overline{Y_P})^2}$$

شاخص عملکرد (۱۱):

$$YI = \frac{Y_S}{\overline{Y_S}}$$

شاخص پایداری عملکرد (۳):

$$YSI = \frac{Y_S}{Y_P}$$

به منظور تعیین مناسب ترین شاخص (ها) برای تشخیص هیبریدهای متحمل به تنش ضرایب همبستگی پیرسون بین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و شاخص های مختلف با استفاده از نرم افزار آماری SAS محاسبه شد و شاخص هایی که در هر دو محیط دارای همبستگی نسبتاً بالایی با عملکرد دانه بودند به عنوان بهترین شاخص (ها) شناسایی گردیدند (۹). در این تحقیق جهت آنالیز داده ها و مقایسه میانگین ها به روش LSD در سطح احتمال پنج درصد از نرم افزار آماری SAS استفاده شد. همچنین جهت رسم نمودارهای دو بعدی و سه بعدی از نرم افزار STATGRAPHICS استفاده گردید.

نتایج و بحث

براساس نتایج مندرج در جدول ۱ صفات تعداد دانه در هر طبق، وزن هزار دانه و عملکرد دانه هیبریدهای آفتابگردان بطور معنی دار ($P\leq ۰/۰۱$) تحت تاثیر سطوح آبیاری و هیبریدهای آفتابگردان قرار گرفتند که در حقیقت اثر معنی دار هیبریدها روی صفات مذکور نشان دهنده تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه در بین ژنوتیپ های مورد بررسی بود.

همچنین اثر متقابل آبیاری × هیبرید برای صفات وزن هزار دانه ($P\leq ۰/۰۵$)، تعداد دانه در هر طبق و عملکرد دانه ($P\leq ۰/۰۱$) معنی دار بود. براساس روش برش دهی اثرات متقابل، در سطوح مختلف تنش خشکی هیبریدهای آفتابگردان واکنش های متفاوتی از نظر صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه داشتند. با توجه به معنی دار بودن اثر آبیاری × هیبرید برای وزن هزار دانه مقایسه میانگین ها به روش برش دهی برای این صفت انجام شد (جدول ۱ و ۲). براساس نتایج بدست آمده بیشترین و کمترین میزان وزن هزار دانه به ترتیب در شرایط آبیاری مناسب از هیبرید زودرس آلستار (۶۰/۰۳ گرم) و در شرایط تنش خشکی شدید توسط هیبرید دیررس و بومی آذرگل (۲۵/۳۳ گرم) بدست آمد (جدول ۲). گزارش های متعددی در رابطه با کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی وجود دارد (۵). بین وزن هزار دانه هیبرید آلستار در شرایط تنش خشکی شدید و هیبرید آذرگل در شرایط تنش خشکی متوسط از نظر آماری اختلاف معنی دار وجود ندارد که این نشان دهنده وجود برخی مکانیسم های مقاومت به تنش خشکی در هیبرید زودرس و پا کوتاه آلستار می باشد. بطور کلی هیبرید زودرس آلستار در تمام سطوح آبیاری دارای بیشترین میزان وزن هزار دانه بود و از این لحاظ با سایر هیبریدهای مورد بررسی اختلاف معنی دار داشت (جدول ۲). برخی محققان نیز مقدار وزن هزار دانه ارقام زودرس را بیشتر از ارقام دیررس آفتابگردان گزارش کرده اند که با نتایج این آزمایش همخوانی دارد (۶ و ۹). مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری × هیبرید به روش برش دهی برای صفت تعداد دانه در طبق نشان داد در شرایط آبیاری مناسب بیشترین میزان این صفت متعلق به هیبرید متوسط رس هایسان ۳۳ بود، ولی با این حال اختلاف معنی‌داری با هیبرید دیررس آذرگل نداشت. تغییرات تعداد دانه گیاه آفتابگردان در تیمارهای مختلف آبیاری توسط گوکسوی و همکاران گزارش شده است (۱۳). در شرایط آبیاری پس از ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی متر تبخیر هیبرید زودرس آلستار توانست به ترتیب با مقادیر ۸۰۵ و ۶۲۱ دانه بیشترین میزان تعداد دانه در طبق را تولید کند اما در همین شرایط هیبرید متوسط رس هایسان ۳۳ با مقادیر ۴۲۵ و ۲۵۵ دانه حائز کمترین میزان تعداد دانه در طبق گردید (جدول ۲). با توجه به معنی دار شدن اثرات متقابل آبیاری × هیبرید برای صفت عملکرد دانه بررسی میانگین عملکرد هیبریدهای مختلف در هر سطح تنش خشکی انجام شد (جدول ۲). در شرایط آبیاری مناسب هیبرید دیررس آذرگل بیشترین عملکرد دانه (۳۴۴۸ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرد، در حالی که هیبرید زودرس آلستار در شرایط تنش خشکی متوسط و شدید، به دلیل قابلیت حفظ اجزاء عملکرد خود در شرایط نامناسب رطوبتی توانست بیشترین عملکرد دانه (به ترتیب ۲۱۲۱ و ۸۲۹ کیلوگرم در هکتار) را تولید نماید (جدول ۲). انگادی و انتز نیز نتیجه گرفتن که در شرایط مطلوب آبیاری ارقام آفتابگردان با طول دوره رشد طولانی دارای

بالاترین عملکرد دانه می باشند در حالی که هیبریدهای زودرس برای مناطق کم آب سازگاری بیشتری دارند (۱). اردم و همکاران نیز نتایج مشابهی را در این زمینه گزارش کرده اند (۷).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در چهار هیبرید آفتابگردان و سه سطح تنش خشکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در طبق	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
تکرار	۲	۱/۴۲*	۲۴۱۶/۷۵^{ns}	۱۴۷۱۷۷/۳۳*
آبیاری	۲	۲۲۳۷/۶۸**	۷۴۷۰۳۲/۵۸**	۱۲۸۲۵۱۰۶/۵۴**
خطای کرت اصلی	۴	۰/۸۱	۷۱۶/۳۳	۱۶۱۴۰/۶۷
هیبرید	۳	۱۴۷/۵۸**	۹۹۲۳۵/۲۸**	۱۱۳۰۷۰۳/۷۵**
آبیاری × هیبرید	۶	۳/۱۴*	۵۶۴۵۷/۸۴**	۸۴۰۹۰۶/۰۴**
خطای کرت فرعی	۱۸	۱/۱۰	۷۵۲/۶۵	۴۸۹۳۹/۵۶
ضریب تغییرات	----	۲/۶۷	۴/۲۳	۱۵/۰۱
برش دهی اثرات متقابل آبیاری × هیبرید برای هیبریدهای آفتابگردان در هر سطح تنش خشکی				
تنش خشکی (میلی متر)	درجه آزادی	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در طبق	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
۵۰	۳	۵۷/۵۹**	۱۰۰۷۱**	۱۶۱۵۳۸۴**
۱۰۰	۳	۵۱/۶۵**	۹۹۱۸۰**	۹۹۴۸۳۰**
۱۵۰	۳	۴۴/۶۳**	۱۰۲۹۰۱**	۲۰۲۳۰۲*

* و**: به ترتیب معنی د ار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری × هیبرید روی صفات مورد بررسی در چهار هیبرید آفتابگردان و سه سطح تنش خشکی

هیبرید	آبیاری	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در طبق	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
	۵۰	۵۳/۰۳^{c}	۹۵۶^{a}	۳۴۴۸^{a}
آذرگل	۱۰۰	۳۲/۸۰^{g}	۴۶۰^{g}	۸۳۹^{ef}
	۱۵۰	۲۵/۳۳^{j}	۲۸۸^{h}	۴۱۳^{gh}
	۵۰	۶۰/۰۳^{a}	۸۸۷^{b}	۲۷۹۳^{b}
آلستار	۱۰۰	۳۹/۹۳^{e}	۸۰۵^{c}	۲۱۲۱^{c}
	۱۵۰	۳۳/۹۰^{g}	۶۲۱^{e}	۸۲۹^{ef}
	۵۰	۴۹/۶۶^{d}	۹۷۹^{a}	۲۴۳۷^{c}
هایسان	۱۰۰	۳۰/۳۳^{h}	۴۲۵^{g}	۱۱۵۴^{e}
۳۳	۱۵۰	۲۶/۱۶^{j}	۲۵۵^{h}	۲۶۳^{h}
	۵۰	۵۵/۷۳^{b}	۸۵۵^{bc}	۱۶۸۸^{d}
هایسان	۱۰۰	۳۵/۹۶^{f}	۶۸۲^{d}	۹۲۹^{ef}
۲۵	۱۵۰	۲۸/۴۰^{i}	۵۵۴^{f}	۷۰۴^{fg}

اعداد هر ستون در هر گروه که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

ارزیابی شاخص های تحمل به خشکی

شاخص حساسیت به تنش (SSI) نشان می دهد که هر چه مقدار این شاخص کمتر باشد حساسیت به تنش کمتر و تحمل نسبی

هیبرید به تنش بیشتر است، در محاسبه این شاخص یک جزء به نام سختی محیط (SI) وجود دارد که هر چه میزان آن بزرگ باشد یعنی شرایط محیط سخت تر است و مقدار آن بین صفر و یک متغیر است که در این تحقیق مقدار آن در شرایط تنش خشکی شدید (۰/۷۸۶) به میزان ۳۵ درصد بیشتر از سختی محیط در شرایط تنش خشکی متوسط (۰/۵۰۸) بود، براساس این شاخص در شرایط تنش خشکی متوسط و شدید به ترتیب هیبریدهای زودرس آلستار و هایسان ۲۵ متحمل ترین و هیبریدهای آذرگل و هایسان ۳۳ حساس ترین هیبریدهای آفتابگردان به شرایط تنش خشکی شناخته شدند (جدول ۳). به اعتقاد بسیاری از محققان یک ژنوتیپ با عملکرد مناسب تحت شرایط مطلوب باید عملکرد خوبی هم در شرایط نا مساعد تولید کند تا بتواند به عنوان یک رقم مناسب برای شرایط تنش خشکی در نظر گرفته شود. در واقع پایین بودن شاخص SSI لزوماً بر بالا بودن عملکرد در شرایط مناسب یا تنش دلالت ندارد (۲). براساس شاخص تحمل TOL در واقع تحمل بیشتر مربوط به هیبریدی است که از شاخص کوچک تری برخوردار باشد که در بین هیبریدهای مورد بررسی هیبرید آلستار در شرایط آبیاری پس از ۱۰۰ میلی متر تبخیر (تنش خشکی متوسط) و هیبرید هایسان ۲۵ در شرایط آبیاری پس از ۱۵۰ میلی متر تبخیر (تنش خشکی شدید) از تحمل بیشتری برخوردار بود. با توجه به شاخص MP هر چه مقدار عددی این شاخص بیشتر باشد تحمل نسبی به تنش بیشتر است، البته فرناندز اعلام نمود این شاخص در گزینش ارقام با عملکرد بالا در شرایط تنش خشکی مناسب نیست زیرا اختلاف عملکرد زیاد در دو شرایط بدون تنش و تنش دار باعث بالا رفتن میزان این شاخص می گردد (۹)، با این حال هیبرید آلستار از تحمل بیشتری نسبت به سایر هیبریدهای مورد بررسی در هر دو شرایط تنش خشکی متوسط و شدید برخوردار بود (جدول ۳)، با توجه به میزان عملکرد هیبریدها در شرایط تنش خشکی مشاهده گردید هیبرید آلستار عملکرد بیشتری در هر دو شرایط تنش متوسط و شدید داشته است اما در خصوص شاخص مذکور می توان این بحث را مطرح نمود که چون عملکرد این هیبرید در شرایط مناسب هم بالا بوده و از این لحاظ در رتبه دوم قرار داشت، باعث بالا رفتن شاخص MP گردید. با بررسی شاخص میانگین هندسی عملکرد (GMP) مشخص گردید بالا بودن این مقدار نیز دلالت بر تحمل هیبریدهای مورد نظر به تنش داشت که در این مورد نیز به ترتیب هیبرید زودرس آلستار و هیبرید دیررس آذرگل در هر دو محیط تنش خشکی متوسط و شدید متحمل شناخته شدند. مقادیر بالای شاخص STI برای یک هیبرید حاکی از تحمل به تنش و پتانسیل عملکرد بیشتر است. در بین هیبریدهای آفتابگردان مورد بررسی در هر دو شرایط تنش خشکی متوسط و شدید هیبرید آلستار بالاترین مقدار را دارد و هیبرید آذرگل در رتبه بعدی قرار داشت. براساس شاخص عملکرد YI در شرایط تنش خشکی متوسط به ترتیب هیبرید زودرس آلستار و هیبرید متوسط رس هایسان ۳۳ از لحاظ

تحمل به خشکی در رتبه های اول و دوم قرار داشتند اما در شرایط تنش خشکی شدید هیبرید های زودرس آلستار و هایسان ۲۵ در مکان اول و دوم قرار گرفتند و هیبرید متوسط رس هایسان ۳۳ در این شرایط به عنوان حساس ترین هیبرید شناخته شد. هیبرید های مقاوم به تنش خشکی در شاخص پایداری عملکرد YSI بالاترین مقادیر را به خود اختصاص می دهند، با توجه به نتایج به دست آمده به ترتیب در شرایط تنش خشکی متوسط و شدید هیبرید های زودرس آلستار و هایسان ۳۳ حائز بالاترین مقادیر شدند.

نتایج همبستگی ساده بین شاخص های اندازه گیری شده با عملکرد در هر دو شرایط تنش متوسط و شدید در دو جدول ۴ و ۵ به طور مجزا آورده شده است. با توجه به جدول ۴، بین عملکرد دانه در شرایط تنش متوسط (YS1) و بدون تنش همبستگی وجود نداشته ولی عملکرد دانه در شرایط تنش متوسط (YS1) با شاخص YI همبستگی مثبت و معنی داری داشت و شاخص های GMP، YSI و MP در رتبه های بعدی قرار گرفتند، همچنین در شرایط بدون تنش YP شاخص MP و TOL بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه نشان دادند.

با توجه به اینکه همبستگی عملکرد در شرایط تنش خشکی متوسط (YS1) با دو شاخص SSI و TOL منفی بوده و مقادیر کمتر این شاخص ها نشان دهنده مقاومت بیشتر به شرایط تنش خشکی می باشد وجود همبستگی مثبت و بالا (۹۴ درصد) بین این دو شاخص قابل توجیه است. برخی محققین شاخصی را بهتر می دانند که با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش همبستگی داشته و بتواند هیبریدهای برتر را در هر دو شرایط مشخص کند در نتیجه در شرایط مذکور می توان بهترین شاخص را شاخص های MP، GMP و YI عنوان نمود (جدول ۴).

جدول ۳- عملکرد هیبریدهای آفتابگردان و شاخص های تحمل تنش خشکی در دو محیط تنش خشکی متوسط و شدید

شاخص ها در شرایط تنش خشکی متوسط (۱۰۰ میلی متر تبخیر تجمعی از تشت تبخیر)									
هیبرید	YP	YS1	SSI	TOL	MP	GMP	STI	YI	YSI
آذرگل	۳۴۴۸	۸۹۳	۱/۴۵	۲۵۵۴/۴۰	۲۱۷۱/۱۰	۱۷۵۵/۳۱	۰/۴۶	۰/۷۰	۰/۲۵
آلستار	۲۷۹۳	۲۱۲۰	۰/۴۷	۶۷۲/۷۰	۲۴۵۷/۱۰	۲۴۳۳/۸۱	۰/۸۸	۱/۶۶	۰/۷۵
هایسان ۳۳	۲۴۳۶	۱۱۵۳	۱/۰۴	۱۲۸۳/۳۰	۱۷۹۵/۳۰	۱۶۷۵/۵۴	۰/۴۲	۰/۹۰	۰/۴۷
هایسان ۲۵	۱۶۸۷	۹۲۹	۰/۷۷	۷۵۸/۷۰	۱۳۰۸/۵۰	۱۲۲۷/۶۸	۰/۲۲	۰/۷۲	۰/۶۰
شاخص ها در شرایط تنش خشکی شدید (۱۵۰ میلی متر تبخیر تجمعی از تشت تبخیر)									
هیبرید	YP	YS2	SSI	TOL	MP	GMP	STI	YI	YSI
آذرگل	۳۴۴۸	۴۱۳	۱/۱۱	۳۰۳۴/۴	۱۹۳۱/۱۰	۱۱۹۲/۹۷	۰/۲۱	۰/۷۴	۰/۱۲
آلستار	۲۷۹۳	۸۲۹	۰/۸۹	۱۹۶۴/۰۰	۱۸۱۱/۴۰	۱۵۲۱/۸۶	۰/۳۴	۱/۵۰	۰/۲۹
هایسان ۳۳	۲۴۳۶	۲۶۳	۱/۱۳	۲۱۷۳/۳۰	۱۳۵۰/۳۰	۸۰۱/۵۸	۰/۰۹	۰/۴۷	۰/۱۰
هایسان ۲۵	۱۶۸۷	۷۰۴	۰/۶۷	۹۸۳/۶۰	۱۱۹۶/۰۰	۱۰۶۲/۵۱	۰/۱۶	۱/۲۷	۰/۴۶

جدول ۴- ضرایب همبستگی عملکرد دانه و شاخص های تحمل خشکی در شرایط محیطی تنش متوسط

	YP	YS1	SSI	TOL	MP	GMP	STI	YI
YS	۰/۱۳۸							
SSI	۰/۵۲۴	-۰/۷۵۸						
TOL	۰/۷۵۳	-۰/۵۴۶	۰/۹۴					
MP	۰/۸۱۸	۰/۶۸۱	-۰/۰۵۲	۰/۲۳۹				
GMP	۰/۵۷۱	۰/۸۹۰	-۰/۳۸۰	-۰/۱۰۷	۰/۹۳۸			
STI	۰/۵۰۴	۰/۰۲۴	-۰/۴۶۰	-۰/۱۸۷	۰/۹۰۸	۰/۹۹۵**		
YI	۰/۱۴۵	۰/۹۹۹**	-۰/۷۵۳	-۰/۵۴۰	۰/۶۸۶	۰/۸۹۳	۰/۹۲۷	
YSI	-۰/۵۳۴	۰/۷۵۳	-۰/۹۹۹**	-۰/۹۵۲*	۰/۰۴۱	۰/۳۷۲	۰/۴۵۲	۰/۷۴۸

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

جدول ۵- ضرایب همبستگی عملکرد دانه و شاخص های تحمل خشکی در محیط تنش شدید

	YP	YS2	SSI	TOL	MP	GMP	STI	YI
YS	-۰/۲۷۲							
SSI	۰/۷۳۶	-۰/۷۹۲						
TOL	۰/۹۵۴*	-۰/۵۴۵	۰/۸۸۵					
MP	۰/۹۳۵	۰/۰۸۴	۰/۴۷۲	۰/۷۸۹				
GMP	۰/۳۷۱	۰/۷۸۹	-۰/۲۷۶	۰/۰۷۹	۰/۶۷۴			
STI	۰/۳۸۷	۰/۷۶۶	-۰/۲۲۵	۰/۱۰۰	۰/۶۸۲	۰/۹۹۴**		
YI	-۰/۲۷۲	۰/۹۹۹**	-۰/۷۹۱	-۰/۵۴۵	۰/۰۸۴	۰/۷۸۹	۰/۷۶۷	
YSI	-۰/۵۷۷	۰/۷۷۷	-۰/۹۶۳*	-۰/۷۴۳	-۰/۳۱۳	۰/۳۴۷	۰/۲۷۷	۰/۷۷۶

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

بررسی ضرایب همبستگی در شرایط تنش خشکی شدید (YS2) نشان داد (جدول ۵) بین عملکرد در محیط بدون تنش (YP) و عملکرد در شرایط تنش شدید (YS2) همبستگی منفی وجود دارد هر چند این همبستگی معنی دار نبوده ولی در مقایسه با مقدار آن در شرایط تنش متوسط که مثبت بوده می توان نتیجه گرفت که هیبریدهای مورد بررسی در شرایط آبیاری پس از ۱۵۰ میلی متر (تنش شدید خشکی) حساسیت بیشتری از لحاظ عملکرد نشان دادند. با مراجعه به جدول ۵ دیده می شود که شاخص های TOL، MP و SSI با عملکرد در شرایط بدون تنش (YP) همبستگی مثبت و بالا دارند اما شاخص های YI و YSI دارای همبستگی منفی می باشند. در شرایط تنش شدید (YS2) شاخص های YI، GMP، YSI و STI با عملکرد همبستگی بالایی داشتند، با این حال فقط همبستگی شاخص YI معنی دار بود. جهت آگاهی از اینکه آیا شاخص های تعیین شده به خوبی قادر به تفکیک ارقام گروه A از ارقام گروه D هستند، نیاز به بررسی نمودارهای دو بعدی و سه بعدی می باشد. نمایش گرافیکی دو بعدی با استفاده از جدول دو طرفه براساس ماتریس داده های جدول ۳ برای هر دو محیط تنش از طریق تجزیه به مؤلفه های اصلی به نه مؤلفه می باشد. لذا از تجزیه به مؤلفه های اصلی جهت تبیین بیشتر

روابط بین شاخص های تحمل به تنش خشکی و هیبریدهای مورد بررسی استفاده گردید. نتایج تجزیه به مؤلفه های اصلی برای دو مؤلفه اول و دوم که در هر دو محیط تنش خشکی متوسط و شدید، بیشترین تغییرات را توجیه کرده اند در جداول ۶ و ۷ آمده است. در شرایط تنش خشکی متوسط سهم تجمعی دو مؤلفه اول ۹۹/۷۴ درصد و در شرایط تنش خشکی شدید برابر ۹۷/۰۶ می باشد. پس با توجه به مقادیر بالای دو مؤلفه ی اول و دوم در مورد هر دو محیط تنش خشکی می توان رسم نمودار دو بعدی جدول دو طرفه را بر اساس دو مؤلفه انجام داد. لذا با حذف سایر مؤلفه ها که سهم چندانی در تغییرات کل ندارند، توجیه تغییرات از طریق دو مؤلفه اول و دوم انجام گرفت. حال با توجه به مستقل بودن دو مؤلفه اول و دوم از هم در هر یک از دو شرایط تنش متوسط و شدید می توان آنها را عمود بر هم رسم کرد و مقایسه وزنی هر کدام از متغیرها در مؤلفه های اصلی را به صورت ضرایب همبستگی در روی نمودار نشان داد. در شرایط تنش متوسط مؤلفه اول ۶۲ درصد از تغییرات کل در ماتریس داده ها را توجیه می کند (جدول ۶).

جدول ۶- مقادیر و بردارهای ویژه برای شاخص های تحمل تنش و عملکرد هیبریدهای آفتابگردان در شرایط تنش خشکی متوسط

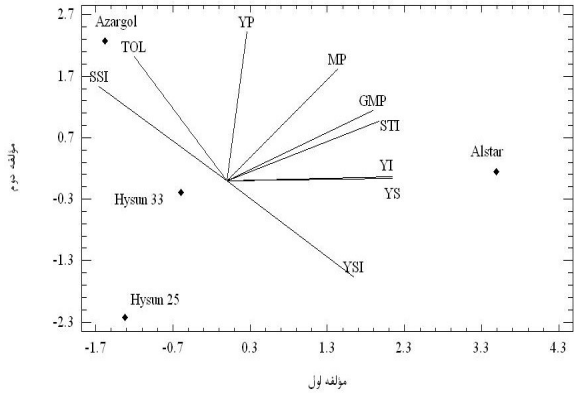
مؤلفه	مقادیر ویژه	سهم تجمعی	YP	YS1	SSI	TOL	MP	GMP	STI	YI	YSI
اول	۵/۵۷	۶۲/۰۰	۰/۰۵۱	۰/۴۲۳	-۰/۳۲۷	-۰/۲۳۶	۰/۲۸۳	۰/۳۷۳	۰/۳۸۸	۰/۴۲۳	۰/۳۲۴
دوم	۳/۳۹	۹۹/۷۴	۰/۵۳۷	۰/۰۰۹	۰/۳۴۱	۰/۴۴۸	۰/۴۰۲	۰/۲۵۵	۰/۲۱۴	۰/۰۱۳	-۰/۳۴۶

جدول ۷- مقادیر و بردارهای ویژه برای شاخص های تحمل تنش و عملکرد هیبریدهای آفتابگردان در شرایط تنش خشکی شدید

مؤلفه	مقادیر ویژه	سهم تجمعی	YP	YS2	SSI	TOL	MP	GMP	STI	YI	YSI
اول	۵/۰۳	۵۵/۹۳	۰/۲۶۴	-۰/۴۱۳	۰/۴۲۸	۰/۳۵۸	۰/۱۲۲	-۰/۲۲۶	-۰/۲۰۹	-۰/۴۱۲	-۰/۴۰۸
دوم	۳/۷۰	۹۷/۰۶	۰/۴۱۱	۰/۱۹۰	۰/۱۲۲	۰/۲۹۹	۰/۴۹۵	۰/۴۴۷	۰/۴۵۲	۰/۱۹۰	-۰/۰۵۸

با توجه به شکل ۱ در شرایط آزمایشی تنش متوسط دیده می شود که مؤلفه ی اول همبستگی مثبتی با عملکرد در هر دو محیط بدون تنش (Yp) و تنش دار (Ys1) و شاخص های MP، GMP، STI، YI و YSI دارد زیرا عملکرد و شاخص های مذکور در نمودار مربوطه در دو طرف محور افقی (مؤلفه اول) واقعند و زاویه بین این محور و Yp و Ys و شاخص های گفته شده کمتر از ۹۰ درجه می باشد. ولی شاخص های SSI و TOL که با مؤلفه اول زاویه ای بیش از ۹۰ درجه دارند از طریق آن توجیه نمی گردند و به عبارتی همبستگی منفی بین SSI و TOL با مؤلفه اول وجود دارد (شکل ۱). مؤلفه دوم (مؤلفه عمودی در شکل ۱) نیز با توجیه ۳۷/۷۴ درصد از تغییرات کل در ماتریس داده ها با

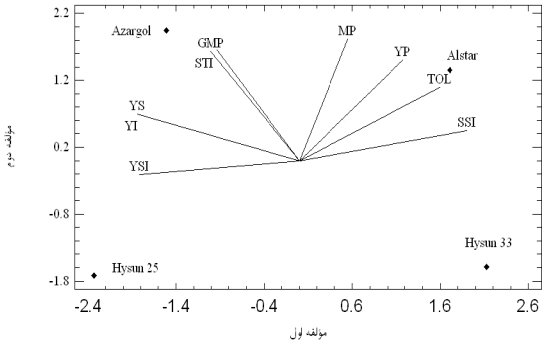
عملکرد در محیط بدون تنش (Yp) و شاخص های TOL، MP، SSI، GMP، STI و YI همبستگی مثبت دارد. از آنجا که مؤلفه دوم با عملکرد در محیط بدون تنش و شاخص های مذکور زاویه ای کمتر از ۹۰ درجه دارد همبستگی آن مثبت و با عملکرد در شرایط تنش متوسط (Ys1) و شاخص YSI همبستگی آن منفی است. اینک با توجه به اینکه شاخص های MP و GMP در هر دو شرایط تنش متوسط و محیط بدون تنش همبستگی مثبت و یکنواختی با عملکرد دانه داشته و همچنین دارای همبستگی مثبت با مؤلفه اول می باشند و همانطور که در اشکال پراکنش سه بعدی دیده می شود بخوبی هیبریدهای گروه A را از گروه D تفکیک می کنند، می توانند شاخص های برتر در محیط تنش خشکی متوسط باشند.



شکل ۱- بای پلات دو مؤلفه اصلی برای مقادیر در محیط مناسب (Yp)، تنش متوسط (YS1) و شاخص های تحمل به تنش.

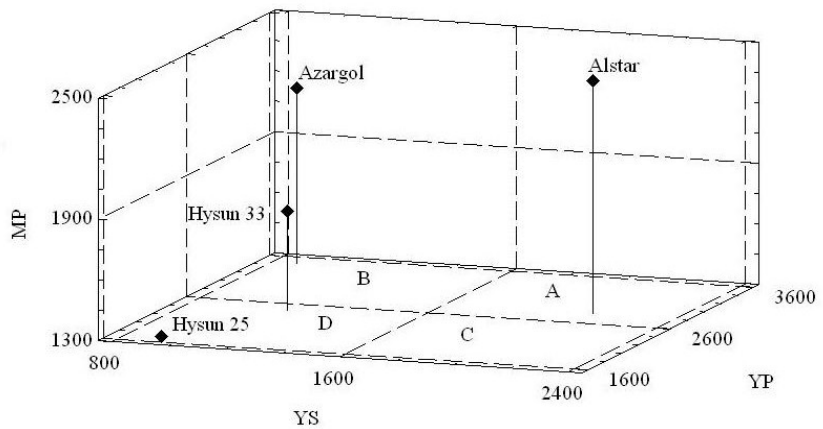
در شرایط تنش شدید خشکی (YS2) مؤلفه ی اول در شکل ۲ با در بر گرفتن شاخص های MP، SSI و TOL و نیز عملکرد در محیط بدون تنش (Yp) ۵۵/۹۳ درصد از تغییرات کل ماتریس داده را توجیه نمود، همچنین شاخص های STI، GMP، YI و YS و عملکرد در محیط تنش خشکی شدید (YS2) با این مؤلفه توجیه نشدند و به عبارتی همبستگی منفی با آن داشتند. پس با توجه به اینکه مؤلفه اول قادر به تفکیک هیبریدهای با عملکرد بالا در محیط بدون تنش از هیبریدهای با عملکرد پایین می باشد می تواند مؤلفه ی پتانسیل عملکرد نامیده شود. مؤلفه ی دوم نیز با در بر گرفتن شاخص های SSI، TOL، MP، GMP، STI و YI و عملکرد در هر دو شرایط تنش شدید و محیط بدون تنش ۴۱/۱۳ درصد از تغییرات کل را توجیه کرد (جدول ۷). پس می توان نتیجه گرفت با توجه به اینکه شاخص های STI و GMP دارای همبستگی مثبت و بالا با مؤلفه پتانسیل عملکرد و عملکرد دانه در محیط بدون تنش و تنش خشکی شدید بودند و همچنین در نمودار پراکنش سه بعدی هیبریدهای گروه A را از گروه B تفکیک می کنند می توان این دو شاخص را به عنوان شاخص های برتر در شرایط تنش خشکی

شدید معرفی نمود.

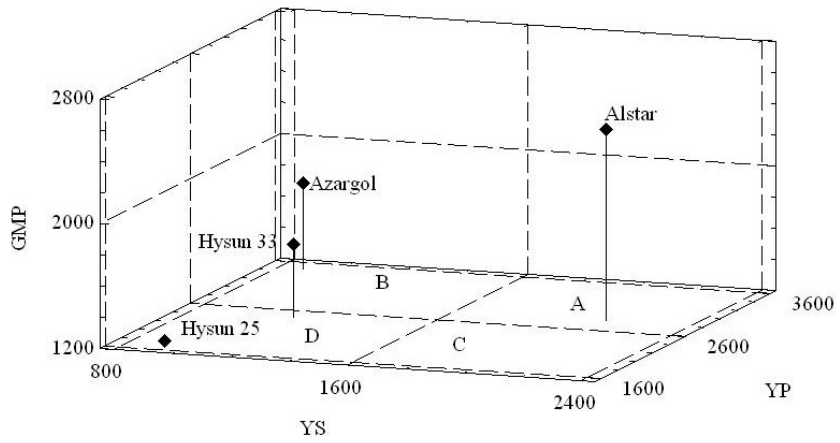


شکل ۲- بای پلات دو مؤلفه اصلی برای ماتریس در محیط مناسب (Yp)، تنش شدید (YS2) و شاخص های تحمل به تنش.

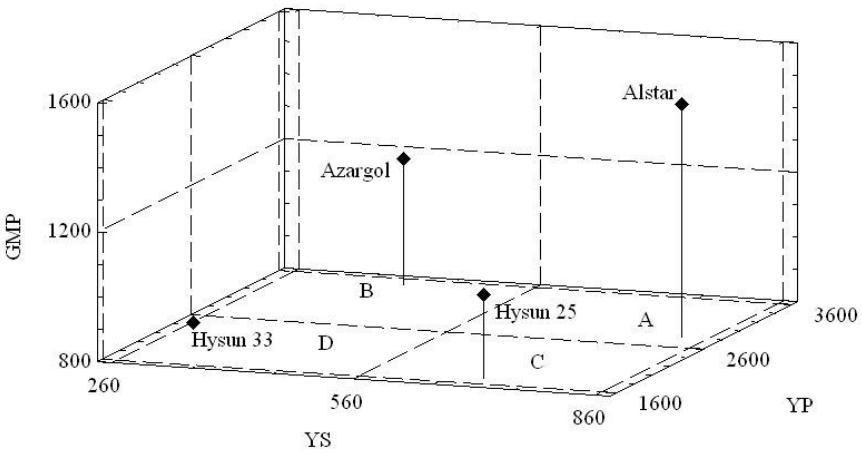
اشکال ۳ تا ۶ مربوط به نمودارهای پراکنش سه بعدی می باشند. در این اشکال YS1 عملکرد در محیط تنش متوسط، YS2 عملکرد در محیط تنش شدید و Yp عملکرد در محیط بدون تنش می باشد. در این شکل معمولاً محور X ها برای Ys، محور Y برای Yp و محور Z برای شاخص مربوطه اختصاص داده می شود.



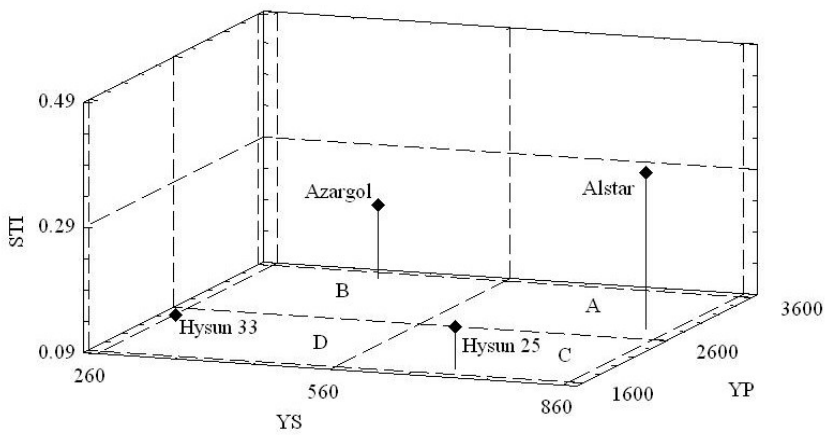
شکل ۳- نمودار سه بعدی عملکرد در محیط بدون تنش (Yp)، عملکرد در تنش متوسط (YS1) و شاخص MP.



شکل ۴- نمودار سه بعدی عملکرد در محیط بدون تنش (Yp)، عملکرد در تنش متوسط (YS1) و شاخص GMP.



شکل ۵- نمودار سه بعدی عملکرد در محیط بدون تنش (Yp)، عملکرد در تنش شدید (YS2) و شاخص GMP.



شکل ۶- نمودار سه بعدی عملکرد در محیط بدون تنش (Yp)، عملکرد در تنش شدید (YS2) و شاخص STI.

مبنی بر اینکه در محیط تنش خشکی متوسط شاخص های GMP و MP و در محیط تنش خشکی شدید شاخص های GMP و STI شاخص های برتر بوده اند و با توجه به اینکه هر چه مقدار آنها بیشتر باشد بیانگر مقاومت بیشتر هیبرید به تنش می باشد، در نمودار های سه بعدی مربوط به تمام شاخص ها و با توجه به ژنوتیپ هایی که در گروه A قرار گرفته اند شاخص ها چنین مقایسه می شوند که هر چه در این گروه طول خط موازی آنها نسبت به بقیه بیشتر باشد این شاخص در شناسایی ارقامی که در هر دو محیط تنش خشکی عملکرد مطلوب دارند موفق بوده اند. به طور کلی در محیط تنش خشکی متوسط براساس شاخص های GMP و MP و در محیط تنش خشکی شدید نیز براساس شاخص های GMP و STI هیبرید زودرس و پاکوتاه آلستار در گروه A قرار گرفت و به عنوان هیبرید مقاوم در این شرایط خشکی گزینش شد.

منابع

1. Angadi, S.V. and M.H. Entz. 2002. Water relation of standard height and dwarf sunflower cultivars. Crop Sci., 42: 125-159.
2. Blum, A. 1979. Genetic improvement of drought resistance in crop plants: A case of sorghum. In:Mussell, H. and R.C.(eds). Staples, Stress Physiology in Crop Plants, Wiley Inter. Sci., New York. pp: 429-445.
3. Bouslama, M. and W.T. Schapaugh. 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Sci., 24: 933-937.
4. Cattivelli, L., F. Rizza, F.W. Badeck, E. Mazzucotelli, A.M. Mastrangelo, E. Francia, C. Mare, A. Tondelli and S.A. Michele. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. Field Crops Res., 105: 1-14.
5. Chimenti, C.A., J. Pearson and A.J. Hall. 2002. Osmotic adjustment and yield maintenance under drought in sunflower. Field Crop Res., 75: 235-246.
6. Daneshian, J. and P. Jonoubi. 2008. Evaluation of sunflower new hybrids tolerance to water deficit stress. In proc, of the 5th International Crop Sci Congress. Jejo, Korea: 189 pp.
7. Erdem, T., Y. Erdem, A.H. Orta and H. Okursoy. 2006. Use of a crop water stress index for scheduling the irrigation of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Turk. J. Agric. For., 30: 11-20.
8. Fereres, E., C. Gimenez and J.M. Fernandez. 1986. Genetic variability in sunflower cultivars under drought. I-Yield relationships. Aust. J. Agric. Res., 37: 573-582.
9. Fernandez, G.C.J. 1993. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: C.G. Kuo.(edu). proceedings of the international Symposium on adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress. Publication, Tainan, Taiwan. pp: 257-270.
10. Fischer, R.A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. Grain yield response. Aust. J. Agric. Res., 29: 897-912.
11. Gavuzzi, P., F. Rizza, M. Palumbo, R.G. Campaline, G.L. Ricciardi and B. Borghi. 1997. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. Can. J. Plant Sci., 77: 523-531.
12. Ghafari, M. 2007. Evaluation and Selection of Sunflower Inbred Line Under Normal and Drought Stress Conditions. Seed and Plant Journal of Agricultural Research. 23: 633-649.
13. Goksoy, A.T., A.O. Demir, Z.M. Turan and N. Dagustu. 2004. Responses of sunflower to full and limited irrigation at different growth stages. Field Crops Res., 87: 167-178.
14. Karam, F., R. Masaad, T. Sfeir, O. Mounzer and Y. Rouphael. 2007. Evapotranspiration and seed yield of field grown soybean under deficit irrigation conditions. Agr. Water Manag. 75: 226-244.
15. Koocheki, A.R., A. Yazdansepas and H.R. Nikkhah. 2005. Effect of terminal drought on grain yield and some morphological traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Iran. J. Crop. Sci., 8: 14-29.
16. Osmanzai, M., S. Rajaram and E.B. Knapp. 1987. Breeding for moisture-stress areas. pp: 151-162. In: Srivastava, J.P., E. Porceddu, E. Acevedo and S. Varma (eds.) Drought Tolerance in Winter Cereals. John Wiley and Sons, Inc.

17. Qualset, C.O. 1979. Breeding for drought resistance in maize. Proceedings of SAFGRAD International Institute for Tropical Maize Workshop, Ouagadougon, Upper Volta.
18. Rosielle, A.A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Sci., 21: 943-946.
19. Sio-Se Mardeh, A., A. Ahmadi, K. Poustini and V. Mohammadi. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditioning. Field Crop Res., 98: 222-229.

Evaluation of Drought Tolerance Indices in Sunflower Hybrids

H. Oraki[1], I. Alah dadi[2] and F. Parhizkar khajani[1]

Abstract

In order to find drought tolerance cultivars and determine the appropriate Indices to select drought tolerance in sunflower hybrids, an experimental research was conducted as split plot design based on RCB at the research field of college of Abouraihan of university Tehran in Iran-Pakdasht, in 2009. Irrigation rates were considered in the main plots and sunflower hybrids as sub plots. The result showed that drought tress severely reduced seed weight, seed number per head and grain yield. The Allstar and Azargol hybrids in terms of optimum irrigation with 3448 and 2793 kg.ha-1 and in severe drought conditions Allstar and Hysun 25 hybrids with 829 and 704 $kg.ha^{-1}$ had the highest grain yield. In order to determine the best indices by their correlation with yield and by exploring biplot and three dimensional graphs in moderate drought conditions GMP and MP indices and in severe drought conditions GMP and STI indices to select the best drought tolerance of sunflower hybrids were detected. Also based on the results of three-dimensional graphs in both moderate and severe drought stress conditions Allstar was the superior to others.

Keywords: Sunflower, Drought stress, Stress tolerance indices

1- Former M.Sc. Student, College of Abouraihan, University of Tehran
2- Associate Professor, College of Abouraihan, University of Tehran