

تعیین شاخص‌های مناسب مقاومت به خشکی در ارقام سویا وارداتی

حسن زینالی خانقاه^۱، علی ایزانلو^۲، عبدالهادی حسین‌زاده^۳ و ناصر مجنون‌حسینی^۴
۱، ۲، ۳، ۴، دانشیار، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیاران دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران
تاریخ پذیرش مقاله ۸۳/۱/۲۶

خلاصه

به منظور تعیین شاخص‌های مناسب مقاومت به خشکی در سویا، ۱۵ رقم سویا وارداتی از گروه‌های مختلف رسیدگی (III, IV, V) در قالب طرح بلوک‌های متعادل گروهی با چهار تکرار در دو محیط تنش و بدون تنش مورد مطالعه قرار گرفتند. شش شاخص مقاومت به خشکی شامل: میانگین حسابی بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، تحمل (TOL)، شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص تحمل به تنش (STI) و میانگین هارمونیک (Harm) براساس عملکرد بذر در دو محیط تنش و بدون تنش محاسبه شدند. بیشترین آسیب ناشی از تنش آبی مربوط به صفت عملکرد بذر بود. شدت تنش (SI) برای ارقام گروه‌های رسیدگی III و IV بالا (۰/۶۲) و برای ارقام گروه رسیدگی V پائین (۰/۲۸) بود. بنابراین تجزیه‌های بعدی برای ارقام در گروه‌های رسیدگی III و IV با همدیگر و مجزا از گروه رسیدگی V انجام گرفت. براساس نتایج همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد بذر در محیط تنش و بدون تنش آبی در ارقام گروه‌های III و IV شاخص‌های GMP و STI همبستگی بالایی را با عملکرد در هردو محیط داشتند و به عنوان بهترین شاخص‌ها جهت انتخاب ارقام دارای پتانسیل عملکرد بالا در محیط تنش و بدون تنش شناسایی شدند و با توجه به ترسیم بای پلات، ارقام Stressland، Cisne297705 و Williams به عنوان ارقام مقاوم در ناحیه A قرار گرفتند. در ارقام گروه رسیدگی V، شاخص‌های MP، GMP، STI و Harm همبستگی بالایی را با عملکرد در هردو محیط داشتند و به عنوان بهترین شاخص‌ها شناسایی شدند که براساس نتایج ترسیم بای پلات، رقم Hatchinson به عنوان رقم مقاوم در این گروه رسیدگی شناسایی گردید.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های مقاومت به خشکی، سویا، عملکرد، تنش، بای پلات

مقدمه

کم آبی یکی از مهمترین عوامل محدود کننده تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان می‌باشد. کشور ایران با متوسط نزولات آسمانی ۲۴۰ میلی‌متر در سال در زمره این مناطق طبقه‌بندی می‌گردد (۴). میزان کم نزولات آسمانی، پراکنش نامنظم آن و درجه حرارت‌های بالا، موجب تنش خشکی در طول دوره رشد گیاهان زراعی در این مناطق می‌شوند و در نهایت باعث کاهش تولید محصولات زراعی می‌شود. گیاه سویا یکی از مهمترین گیاهان روغنی و پروتئینی

به شمار می‌رود. کشت و کار آن عمدتاً در مناطق شمالی ایران رایج می‌باشد. نیاز رطوبتی سویا در طول دوره رشد بایستی از طریق آب آبیاری تامین گردد. با توجه به محدودیت آبی، امکان طولانی شدن دوره‌های آبیاری و یا به تعویق افتادن دو یا سه آبیاری در طی مراحل حساس رشد سویا، یعنی مراحل گلدهی، غلاف دهی و دانه‌بندی بسیار محتمل است. لذا دستیابی به ژنوتیپ‌هایی که قادر به تحمل چنین شرایطی از تنش رطوبتی باشند، می‌تواند به میزان قابل توجهی از کاهش محصول بکاهد. در این راستا، اصلاح و انتخاب ارقام سویای متحمل به خشکی با

استفاده از شاخص‌های مناسبی که قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی باشند، همواره مورد توجه اصلاحگران بوده است.

بین به‌نژادگران جهت اصلاح برای تحمل به خشکی در سویا اتفاق نظر کمی وجود دارد. برای مثال، ژنوتیپ‌هایی که در یک سال تحمل به خشکی نشان داده، در سال دیگر و آینده تحمل نشان نمی‌دهند و این امر مشکل مهمی برای به‌نژادگران محسوب می‌شود. برخی انتخاب براساس عملکرد دانه را مهم دانسته و بعضی دیگر رهیافت‌های فیزیولوژیکی را بر اساس مطالعات تشریح کننده مکانیزم مقاومت ترجیح می‌دهند. همچنین به‌نژادگران بر سر انتخاب محیط غربال مناسب به توافق نرسیده‌اند. از نظر تئوری، بیشترین بحث بر سر این است که غربال در شرایط خشک مزرعه، شاید بهترین رهیافت باشد. اما طبیعت غیر قابل پیش بینی خشکی، دانشمندان را بر آن می‌دارد تا به یک محیط غربال کنترل شده نظیر گلخانه توجه نمایند. متأسفانه همبستگی بین نتایج گلخانه و مزرعه اغلب پائین بوده و رهیافت گلخانه‌ای قابل تردید می‌باشد (۷).

تاکنون رهیافت‌های متعددی برای انتخاب تحمل یا مقاومت به خشکی در سویا بکار گرفته شده که شامل اندازه‌گیری عملکرد در شرایط تنش رطوبتی در طی فصل رشد (۱۴)، مطالعات مختلف در محیط‌های کنترل شده نظیر گلخانه و آزمایشگاه (۱۲، ۱۳)، و استفاده از آبیاری تکمیلی برای ایجاد محیط‌های رطوبتی مختلف برای مقایسه تظاهر ژنوتیپ‌ها (۱۲) بوده‌اند. این رهیافت‌ها دارای محدودیت‌های مختلف و عدم پیشرفت ظاهری در تشخیص ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در سویا می‌باشند (۷). کارتر آزمایش‌های عملکرد بذر را مطمئن‌ترین راه برای تشخیص تحمل به خشکی در سویا می‌داند. بنابراین معیارهای مزرعه‌ای تحمل به خشکی مرتبط با عملکرد گیاه تحت شرایط تنش خشکی و بدون تنش برای انتخاب تحمل به خشکی ترجیح داده می‌شوند و انتخاب ژنوتیپ‌هایی که به هر دو محیط تنش و بدون تنش سازگار باشند، موضوع اصلی آزمایش‌های عملکرد می‌باشد.

برای انتخاب گیاهان بر اساس عملکرد، شاخص‌های متفاوتی پیشنهاد شده است. این شاخص‌ها عملکرد گیاه در دو محیط

تنش و بدون تنش را در بر می‌گیرند. رزیل و هامبلین (۱۹۸۱) شاخص تحمل (TOL) را به صورت اختلاف بین عملکرد تحت شرایط تنش (Ys) و بدون تنش (Yp) و شاخص میانگین حسابی (MP) را متوسط دو مقدار Ys و Yp تعریف نمودند. مقادیر پایین‌تر شاخص TOL نمایانگر تحمل بیشتر ژنوتیپ به تنش می‌باشد. این شاخص قادر به تفکیک و شناسایی گروه C از گروه A نمی‌باشد. بر خلاف شاخص TOL، در شاخص MP، مقادیر پایین‌تر دلالت بر حساسیت بیشتر ژنوتیپ‌ها به شرایط تنش دارد. این دو پژوهشگر نشان دادند که در بیشتر آزمایش‌های مقایسه عملکرد، همبستگی بین MP و Yp و همچنین بین MP و Ys مثبت بوده است. بنابراین انتخاب بر اساس شاخص MP عموماً باعث افزایش عملکرد ژنوتیپ‌ها تحت هر دو شرایط تنش و بدون تنش خواهد شد اما این شاخص قادر به تشخیص ژنوتیپ‌های گروه A از B نیست. فیسچر و مورر (۱۹۸۷) شاخص حساسیت به تنش (SSI) را جهت شناسایی ژنوتیپ‌های حساس به تنش ارائه نمودند. این شاخص که بر اساس عملکرد تک‌تک ژنوتیپ‌ها در هر دو محیط تنش و بدون تنش و همچنین متوسط عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در این دو محیط بنا گذاشته شده است مانند شاخص Tol در مقادیر بالا دلالت بر حساسیت ژنوتیپ‌ها به تنش دارد. این شاخص قادر به تفکیک و شناسایی گروه A از گروه C نمی‌باشد (۹). بررسی‌ها نشان داده است که در اغلب آزمایش‌ها همبستگی بین دو شاخص (TOL) و (SSI) مثبت بوده و انتخاب بر اساس شاخص (SSI) به نفع ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد پایین در شرایط بدون تنش و عملکرد بالا تحت شرایط تنش می‌باشد (۱۱). هنگامیکه اختلاف نسبی زیادی بین Ys و Yp موجود باشد، شاخص MP دارای یک اریب به طرف پتانسیل عملکرد (Yp) خواهد بود. لذا جهت رفع این مشکل، شاخص GMP که بر اساس میانگین هندسی عملکرد ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش و بدون تنش محاسبه می‌شود، توسط فرناندز (۱۹۹۲) ارائه گردید. این شاخص در مقایسه با شاخص MP، قدرت بالاتری در تفکیک گروه A از سایر گروه‌ها دارد و از آنجائی که این شاخص حساسیت کمتری به مقادیر بسیار متفاوت Ys و Yp دارد، فرناندز شاخص دیگری تحت عنوان

رسیدگی ۲۸ اردیبهشت سال ۱۳۷۹ بود. قبل از کاشت به منظور مبارزه با علفهای هرز از علف کش عمومی تر فلان به میزان ۱/۶ لیتر در هکتار استفاده شد و در طی دوره رشد برای مبارزه با علفهای هرز ۳ بار و جین دستی انجام گرفت. عملیات کاشت برای هر دو محیط یکسان و بصورت کاشت دستی بود. عملیات آبیاری در محیط بدون تنش بصورت ۷ تا ۱۰ روز یکبار در طول دوره رشد گیاه از کاشت تا برداشت بود و آبیاری در محیط تنش تا قبل از مرحله شروع پر شدن دانه (R₅) مشابه محیط بدون تنش بود و از اواخر مرحله (R_۴) آبیاری در محیط تنش قطع گردید و گیاهان از مرحله R₅ تا R₈ تحت تاثیر تنش آبی قرار گرفتند. ارقام تحت بررسی شامل Williams، Hamilton، Probst، Linford و از گروه رسیدگی III، ارقام Stressland، KS4694، Cisne297705 و Charleston و NMS3129 از گروه رسیدگی IV و ارقام Pershing، Delsoy5500، Clifford، Hatchinson و Holladay از گروه رسیدگی V می‌باشند. صفات تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا شروع دانه‌بندی، تعداد روز تا شروع رسیدن فیزیولوژیک، طول دوره پر شدن دانه، ارتفاع بوته در زمان رسیدگی کامل، عملکرد بیولوژیکی در هنگام رسیدگی کامل، شاخص برداشت و عملکرد دانه با استفاده از دو خط وسط با حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت و صفات مربوط به اجزای عملکرد با استفاده از ۵ بوته تصادفی رقابت کننده اندازه‌گیری شدند.

در این تحقیق از شش شاخص مقاومت به خشکی شامل: میانگین حسابی بهره‌وری^۲، میانگین هندسی بهره‌وری^۳، تحمل^۴، حساسیت به تنش^۵، تحمل به تنش^۶ و میانگین هارمونیک^۷ برای تعیین میزان تحمل یا حساسیت لاین‌ها به خشکی استفاده

شاخص تحمل به تنش (STI) را بر اساس آن بنا نهاد. او معتقد بود که این شاخص قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا تحت شرایط بدون تنش و همچنین عملکرد بالا تحت شرایط تنش می‌باشد. لازم به توضیح است که مقادیر بالاتر شاخص‌های (GMP) و (STI) نمایانگر تحمل بالاتر ژنوتیپ‌ها به تنش می‌باشد. فرناندز ژنوتیپ‌ها را بر اساس تظاهر آنها در دو محیط تنش و بدون تنش به چهار گروه طبقه‌بندی نمود؛ در گروه اول ژنوتیپ‌هایی که تظاهر یکسانی را در هر دو محیط تنش و بدون تنش دارا هستند (گروه A). در گروه دوم ژنوتیپ‌هایی که فقط تظاهر خوبی در محیط بدون تنش دارا هستند (گروه B). ژنوتیپ‌هایی که عملکرد بالایی را در محیط تنش دارا هستند (گروه C) در گروه سوم طبقه‌بندی می‌گردند و ژنوتیپ‌هایی که تظاهر ضعیفی را در هر دو محیط دارا می‌باشند (گروه D) در گروه چهارم قرار دارند.

فرناندز اظهار داشت که مناسب‌ترین شاخص، شاخصی است که قادر به تشخیص گروه A از سه گروه دیگر باشد. هدف از این تحقیق شناسایی ژنوتیپ‌های سازگار به هر دو شرایط تنش و بدون تنش آبی از طریق مقایسه برخی شاخص‌های ارائه شده توسط پژوهشگران برای تعیین بهترین آنها جهت انتخاب ژنوتیپ‌های پر محصول و متحمل به تنش آبی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با استفاده از ۱۵ رقم سویای وارداتی از آمریکا در سه گروه رسیدگی III، IV و V که در هر گروه رسیدگی پنج رقم قرار داشتند، در قالب طرح بلوک‌های متعادل گروهی^۱ با چهار تکرار، در دو محیط تنش آبی و بدون تنش آبی طی سال زراعی ۷۹ - ۱۳۷۸ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران واقع در شهرستان کرج اجرا گردید. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط کاشت به طول چهار متر بود که فاصله بین خطوط ۵۰ سانتی متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. فاصله بین هر کرت یک متر، فاصله بین گروه‌های رسیدگی دو متر و فاصله بین بلوک‌ها نیز دو متر در نظر گرفته شد. تاریخ کاشت برای تمام گروه‌های

2. Mean Productivity
3. Geometric Mean Productivity
4. Tolerance
5. Stress Susceptibility Index
6. Stress Tolerance Index
7. Harmonic Mean

ژنوتیپ ها و شاخص ها، از روش ترسیمی بای پلات^۲، براساس تجزیه به مولفه های اصلی استفاده گردید و بدینوسیله مناسبت ترین و نیز مقاوم ترین ژنوتیپ ها نسبت به تنش خشکی تعیین شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب بر روی هر یک از صفات مورد بررسی در هر دو شرایط تنش آبی و بدون تنش نشان داد که از نظر صفات عملکرد بذر، شاخص برداشت، وزن ۱۰۰ دانه، تعداد غلاف در گیاه، تعداد روز تا رسیدن کامل، طول دوره پر شدن دانه و عملکرد بیولوژیکی بین محیط های تنش و بدون تنش تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت.

بین گروه های رسیدگی از نظر صفات عملکرد بذر، شاخص برداشت، تعداد روز تا شروع گلدهی، تعداد روز تا رسیدن کامل، طول دوره پر شدن دانه و عملکرد بیولوژیکی اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت، ولی برای صفات تعداد بذر در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه، تعداد بذر در گیاه و ارتفاع بوته اختلافی بین گروه های رسیدگی مشاهده نشد. تجزیه واریانس ساده برای هر دو محیط تنش و بدون تنش آبی نیز چنین نتایجی را نشان داد.

بین ارقام داخل گروه های رسیدگی برای اکثر صفات (بجز وزن ۱۰۰ دانه و ارتفاع بوته) تفاوت های معنی داری در سطوح ۱ و ۵ درصد دیده شد که نشان دهنده وجود تنوع ژنتیکی بین ارقام برای صفات مورد بررسی می نماید.

با توجه به اینکه میزان شدت تنش برای گروه های رسیدگی III و IV بالا و معادل $SI = 0/62$ و برای گروه رسیدگی V پایین و مساوی با $SI = 0/28$ بود. لذا گروه های رسیدگی III و IV با یکدیگر و مجزا از گروه رسیدگی V برای مقایسه ها و مطالعه های بعدی مد نظر قرار داده شد. علت پایین بودن شدت تنش برای ارقام گروه V دیررس بودن این ارقام و مواجه شدن طول دوره پر شدن دانه آنها با درجه حرارت های پائین اواخر فصل زراعی بویژه، بارش باران طی این دوره در اوایل ماه مهر بود که باعث کاهش افت تنش کمبود آب شد.

شد و بر اساس مقادیر بدست آمده ژنوتیپ ها گروه بندی شدند. برای تعریف شاخص های مختلف، اصطلاحات بکار برده شده عبارتند از:

Y_p : عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش

Y_s : عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط تنش

\bar{Y}_p : میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ ها در محیط بدون تنش

\bar{Y}_s : میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ ها در محیط تنش

فیشر و مورر در سال ۱۹۷۸، شاخص حساسیت به تنش (SSI) را پیشنهاد نمودند که از طریق رابطه زیر محاسبه می شود.

$$SSI = \frac{1 - (Y_s / Y_p)}{SI}$$

SI در فرمول بالا معادل شدت تنش^۱ می باشد که به صورت ذیل محاسبه می گردد.

$$SI = 1 - \left(\bar{Y}_s / \bar{Y}_p \right)$$

شاخص های دیگر از طریق فرمول های ذیل محاسبه می گردند.

$$ToL = Y_p - Y_s$$

$$MP = \frac{Y_p + Y_s}{2}$$

$$LSTI = \frac{(Y_p)(Y_s)}{(\bar{Y}_p)^2}$$

$$GMP = \sqrt{Y_p \times Y_s}$$

$$Harm = \frac{(Y_p)(Y_s)}{(\bar{Y}_p)^2}$$

ضرایب همبستگی بین عملکرد در هر دو محیط تنش و بدون تنش با کلیه شاخص ها محاسبه گردید. جهت شناسایی لاین های برتر در دو محیط آزمایشی و بررسی روابط بین

تأثیر تنش خشکی روی صفات در ارقام گروه رسیدگی V در سویا

جدول ۲ میزان درصد تغییرات ناشی از خشکی را روی صفات مورد بررسی در ارقام گروه V نشان می‌دهد. با توجه به مقادیر بدست آمده برای صفات، بیشترین آسیب ناشی از تنش خشکی در این گروه رسیدگی مربوط به وزن ۱۰۰ دانه (۲۹/۶۸٪) بوده که منجر به کاهش عملکرد بذر به میزان ۲۸/۱۶٪ شده است. صفات مهم دیگری که در کاهش عملکرد نقش مهمی داشته، کاهش تعداد غلاف در گیاه (۱۳/۶٪) و تعداد بذر در گیاه می باشد (کاهش ۱۰/۱۴ درصدی). کاهش وزن ۱۰۰ دانه نیز در نتیجه کاهش طول دوره پر شدن دانه می‌باشد. (۱۶/۸۸٪)

جدول ۲- درصد تغییرات در اثر خشکی بر میانگین صفات در محیط بدون تنش و تنش در گروه رسیدگی V در سویا

درصد تغییرات %	میانگین صفات		صفات مورد بررسی
	محیط بدون تنش	محیط با تنش	
۲۸/۱۶	۴۳۸۸	۶۱۰۸	عملکرد بذر (کیلوگرم در هکتار)
۱۲/۴۴	۰/۳۵	۰/۴۰	شاخص برداشت
-۲/۴۹	۲/۴۷	۲/۴۱	تعداد بذر در غلاف
۲۹/۶۸	۱۰/۳۲	۱۴/۶۸	وزن ۱۰۰ بذر (گرم)
۱۳/۶	۶۳/۱۱	۷۲/۰۵	تعداد غلاف در گیاه
۱۰/۱۴	۱۳۱/۱	۱۴۵/۹	تعداد بذر در گیاه
۶/۶۱	۷۸/۱۳	۸۲/۶۶	ارتفاع بوته (سانتی متر)
-۰/۴۰	۷۵/۴۰	۷۵/۱۰	تعداد روز تا شروع گلدهی (R _۱)
-۰/۷۰	۱۰۸/۲۵	۱۰۷/۵۰	تعداد روز تا شروع دانه بندی (R _۵)
۳/۶۷	۱۳۷/۸۰	۱۴۳/۰۵	تعداد روز تا شروع رسیدگی
۴/۸۷	۱۴۸/۳	۱۵۵/۹	تعداد روز تا رسیدن کامل
۱۶/۸۸	۲۹/۵۵	۳۵/۵۵	طول دوره پر شدن دانه (روز)
۱۷/۹	۱۲۵۳۸	۱۵۲۷۰	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)

ویرا و همکاران (۱۹۹۲) اظهار داشتند که تنش خشکی در طی نمو بذر، عملکرد را کاهش می‌دهد و تنش باعث کوتاه‌تر شدن دوره پر شدن دانه شده، در نتیجه اندازه نهایی بذر کوچک می‌شود. پوک پاکدی و همکاران (۱۹۹۰) اظهار داشتند که کمبود آب در طی مراحل اولیه، میانی و اواخر دوره زایشی سویا باعث کاهش در عملکرد بذر، تولید ماده خشک،

درصد تغییرات ناشی از تنش آبی بر صفات اندازه گیری شده در گروه‌های رسیدگی III و IV در سویا

با توجه به مقادیر بدست آمده برای هر صفت (جدول ۱) مشخص شد که بیشترین تغییرات مربوط به عملکرد بذر (۶۱/۹۳٪) می‌باشد. این میزان کاهش در عملکرد ناشی از کوتاه شدن طول دوره پر شدن دانه (۲۲/۹۲٪) است که سبب کاهش شدید وزن ۱۰۰ دانه (۳۰/۱۴٪) شد. در ضمن تنش باعث تغییر ۱۳/۹ درصدی تعداد بذر در گیاه شده ولی تعداد بذر در غلاف کاهش چندانی نکرد. دلیل این امر شاید مربوط به تکمیل غلاف‌بندی گیاه قبل از اعمال تنش بوده (۱۳/۷٪ کاهش غلاف‌ها) و رقابت ایجاد شده برای رطوبت طی دوره پر شدن دانه باشد که بر عملکرد بذر (۶۱/۹۲٪) و وزن دانه (۳۰/۱۴٪) تأثیر داشته‌اند. تنش باعث کاهش عملکرد بیولوژیکی (۳۱/۸٪) و همچنین شاخص برداشت (۴۴/۱۹٪) شده است. ویرا و همکاران (۱۹۹۲)، کاهش معنی داری را در عملکرد بذر به میزان ۳۲ تا ۴۲٪ به علت تنش آبی در مزرعه گزارش کردند (۱۵).

جدول ۱- درصد تغییرات در اثر خشکی بر میانگین صفات در محیط بدون تنش و تنش در گروه‌های رسیدگی III و IV در سویا

درصد تغییرات %	میانگین صفات		صفات مورد بررسی
	محیط بدون تنش	محیط با تنش	
۶۱/۹۳	۲۰۰۹/۸	۵۲۷۸/۸	عملکرد بذر (کیلوگرم در هکتار)
۴۴/۱۹	۰/۲۴	۰/۴۳	شاخص برداشت
-۴/۷۹	۲/۶۳	۲/۵۱	تعداد بذر در غلاف
۳۰/۱۴	۱۰/۲۰	۱۴/۶۰	وزن ۱۰۰ بذر (گرم)
۱۳/۷	۵۹/۷۹	۶۹/۲۸	تعداد غلاف در گیاه
۱۳/۹	۱۱۸/۶	۱۳۷/۸	تعداد بذر در گیاه
۶/۰	۸۱/۶	۸۶/۸	ارتفاع بوته (سانتی متر)
-۰/۱۶	۴۷/۴۰	۴۷/۳۳	تعداد روز تا شروع گلدهی (R _۱)
-۱/۲۶	۸۶/۵۳	۸۵/۴۵	تعداد روز تا شروع دانه بندی (R _۵)
۷/۴۴	۱۰۸/۵۸	۱۱۷/۳۰	تعداد روز تا شروع رسیدگی (R _۷)
۵/۹۸	۱۱۷/۱۵	۱۲۴/۶	تعداد روز تا رسیدن کامل
۲۲/۹۲	۲۴/۵۵	۳۱/۸۵	طول دوره پر شدن دانه (روز)
۳۱/۸	۸۳۷۴	۱۲۲۷۶	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)

تعداد غلاف در گیاه و اندازه بذر شده ولی تعداد بذر در غلاف کاهش نیافت.

ارزیابی شاخص های مقاومت به خشکی برای ارقام گروه های رسیدگی III و IV در سویا

جهت تعیین تحمل لاین های تحت بررسی به تنش خشکی از عملکرد لاین ها در دو محیط بدون تنش (Yp) و تنش (Ys) استفاده شد و میزان حساسیت لاین ها توسط شاخص های تحمل به خشکی بر اساس دو پارامتر تعیین گردید (جدول ۳). براساس دو شاخص SSI و TOL، هرچه مقدار حاصله کوچکتر باشند، ژنوتیپ مورد نظر متحمل تر می باشند، ارقام Linford و NMS3129 به عنوان متحمل ترین لاین ها شناسایی می شدند و از آنجایی که این دو شاخص سبب گزینش ژنوتیپ هایی با عملکرد پایین در شرایط بدون تنش و عملکرد بالا در محیط تنش می شوند، لذا نتایج حاصله دور از انتظار نبود. از طرف دیگر، شاخص های Harm، GMP، STI و MP که مقادیر بالای آنها دلالت بر تحمل ژنوتیپ تحت بررسی دارد، رقم Stressland به عنوان رقمی با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش شناسایی شد.

ضرایب همبستگی بین شاخص های مقاومت به خشکی و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش در جدول ۴ نشان داده

شده است. همبستگی عملکرد در شرایط تنش (Ys) و بدون تنش (Yp) از نظر آماری معنی دار نبود ($r = 0/31$). عملکرد در شرایط بدون تنش با شاخص های STI، GMP، MP و TOL همبستگی مثبت معنی داری را در سطح ۱ درصد نشان داد، و عملکرد تحت شرایط تنش با شاخص های SSI، GMP، STI و Harm همبستگی معنی داری را در سطح احتمال ۱٪ یا ۵٪ درصد نشان داد. همبستگی عملکرد تحت تنش با شاخص SSI منفی و معنی دار بود ($r = -0/64$) بود. شاخص MP همبستگی بالایی با عملکرد در شرایط بدون تنش دارد ولی همبستگی این شاخص با عملکرد تحت تنش پایین بود. از طرف دیگر، شاخص Harm نیز همبستگی بالایی را با عملکرد در شرایط تنش داراست ولی همبستگی این شاخص با عملکرد در شرایط بدون تنش پایین می باشد. این در حالی است که شاخص های STI و GMP دارای همبستگی بالا با عملکرد در هر دو محیط تنش و بدون تنش می باشند. از آنجائیکه این شاخص ها در شناسایی ارقام متحمل با پتانسیل عملکرد بالا کارایی خوبی دارند، لذا برتری این دو شاخص نسبت به سایر شاخص ها روشن می شود. در مطالعات سایر محققین هم در محصولات دیگر نتایج مشابهی بدست آمد (۲، ۳، ۵، ۶).

جدول ۳- برآورد میزان حساسیت لاینها توسط شاخص های مختلف تحمل به خشکی در ارقام گروه های رسیدگی III و IV سویا

گروه رسیدگی	شماره رقم	نام لاین	(Yp)	(Ys)	(ToL)	(SSI)	(MP)	(GMP)	(STI)	(Harm)
III	۱	Williams	۵۲۷۷	۲۰۹۲	۳۱۸۵	۰/۹۷	۳۶۸۴	۳۳۲۲	۰/۴۰	۲۹۹۶
	۲	Maverick	۶۴۱۰	۲۲۲۸	۴۱۸۲	۱/۰۵	۴۳۱۹	۳۷۷۹	۰/۵۱	۳۳۰۷
	۳	Probest	۵۰۷۳	۲۰۱۵	۳۰۵۹	۰/۹۷	۳۵۴۴	۳۱۹۷	۰/۳۷	۲۸۸۴
	۴	Hamilton	۵۲۰۷	۱۸۶۶	۳۳۴۰	۱/۰۴	۳۵۳۶	۳۱۱۷	۰/۳۵	۲۷۴۸
	۵	Linford	۴۰۷۵	۱۹۸۲	۲۰۹۳	۰/۸۳	۳۰۲۸	۲۸۴۲	۰/۲۹	۲۶۶۷
IV	۱	Stressland	۶۱۸۹	۲۴۷۴	۳۷۱۴	۰/۹۷	۴۳۳۱	۳۹۱۳	۰/۵۵	۳۵۳۵
	۲	KS4694	۶۶۹۰	۱۶۵۳	۵۰۳۸	۱/۲۲	۴۱۷۱	۳۳۲۵	۰/۴۰	۲۹۵۰
	۳	Cisne297705	۵۲۳۳	۲۴۰۸	۲۸۲۵	۰/۸۷	۳۸۲۰	۳۵۴۹	۰/۴۵	۳۲۹۸
	۴	Charleston	۴۱۷۷	۱۲۲۹	۲۹۴۹	۱/۱۴	۲۷۰۳	۲۲۶۵	۰/۱۸	۱۸۹۹
	۵	NMS3129	۴۴۵۷	۲۱۵۱	۲۳۰۷	۰/۸۴	۳۳۰۴	۳۰۹۶	۰/۳۴	۲۹۰۱

جدول ۴ - همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد تحت شرایط تنش و بدون تنش در ارقام گروه‌های رسیدگی III و IV سویا

	Yp	Ys	TOL	SSI	MP	GMP	STI	HARM
Yp	۱							
Ys	۰/۳۱	۱						
TOL	۰/۹۲**	-۰/۱۰	۱					
SSI	۰/۵۱	-۰/۶۴*	۰/۸۰**	۱				
MP	۰/۹۵**	۰/۶۰	۰/۷۴	۰/۲۲	۱			
GMP	۰/۷۸**	۰/۸۴**	۰/۴۶	-۰/۱۲	۰/۹۴**	۱		
STI	۰/۷۹**	۰/۸۲**	۰/۴۸	-۰/۰۹	۰/۹۴**	۰/۹۹۶**	۱	
HARM	۰/۵۵	۰/۹۶**	۰/۱۷	-۰/۴۱	۰/۹۷**	۰/۹۵**	۰/۹۴**	۱

* و ** به ترتیب اختلاف معنی دار در سطوح ۵ و ۱٪

ترسیم بای پلات

گرفتن مقدار ۰/۳۵ به عنوان نقطه حد این تقسیم بندی در نظر گرفته شد.

دومین مولفه ۳۲/۴۳ درصد از تغییرات کل را تفسیر نموده (جدول ۷) و همبستگی منفی بالا (-۰/۴۱) با عملکرد تحت شرایط تنش (Ys) و همبستگی مثبت بالایی با شاخص‌های TOL و SSI داشت. بنابراین، مولفه دوم را می‌توان به عنوان مولفه حساسیت به تنش نامگذاری نمود که ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین در شرایط تنش و میزان بالای SSI و TOL را جدا می‌کند.

با توجه به این دو مولفه، ژنوتیپ‌ها در درون گروه‌های مشخصی قرار می‌گیرند که مرتبط با میانگین عملکرد و تحمل به تنش آنهاست. نمودار گرافیکی بای پلات (شکل ۱) که بر اساس دو مولفه اول و دوم برای ارقام در گروه‌های رسیدگی III و IV سویا ترسیم گردید. در نمودار بای پلات ترسیمی، ناحیه سمت راست پایین (مقادیر بیشتر مولفه اول و مقادیر کمتر مولفه دوم) به عنوان ناحیه مورد نظر انتخاب می‌شود که ارقام دارای پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به تنش خشکی در این ناحیه قرار می‌گیرند. در بای پلات حاصل، ژنوتیپ‌های Stressland، Cisne297705 و Williams در ناحیه مورد نظر قرار گرفته و به عنوان ژنوتیپ‌های با تحمل نسبی به خشکی شناسایی می‌شوند. ارقام Maverick و Ks4694 در محیط بای پلات جزو لاین‌هایی می‌باشند که همبستگی بالایی را با مولفه‌های اول و همبستگی پایین را با مولفه دوم دارند، به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار در دو شرایط آزمایش محسوب نمی‌شوند. ارقام Hamilton و Charleston دارای عملکرد پایین بوده و جزو لاین‌های حساس به خشکی شناسایی شدند.

با استفاده از روش ترسیمی بای پلات می‌توان روابط بین ژنوتیپ‌ها و شاخص‌های تحمل به خشکی را در یک شکل واحد رسم نمود. بای پلات ابزار مفیدی برای تجزیه اطلاعات بوده و ارزیابی نظری ساختار یک ماتریس بزرگ دوطرفه را ممکن می‌سازد. بدین منظور ماتریس مورد نظر که از اطلاعات جدول ۳ تشکیل شده بود، از طریق تکنیک تجزیه به مولفه‌های اصلی به هشت مولفه تقسیم شد که دو مولفه اول در مجموع ۹۹/۵۹ درصد از تغییرات موجود بین داده‌ها را توجیه نمود استفاده از این دو مولفه و چشم پوشی از سایر مولفه‌ها تنها موجب از دست رفتن بخش بسیار ناچیزی از تغییرات شده و تفسیر نتایج براساس دو مولفه اول و دوم دارای کارایی بالا می‌باشد و بدین لحاظ ترسیم بای پلات براساس دو مولفه اول صورت می‌گیرد. مقادیر ویژه دو مولفه اول در جدول ۵ ارائه شده است.

مولفه اول ۶۷/۱۶ درصد از کل تغییرات را شامل شد. این مولفه همبستگی مثبت و بالایی را با عملکرد در شرایط بدون تنش (Yp) و شاخص‌های MP، GMP، STI و Harm نشان داد که شاخص‌های مرتبط با عملکرد و تولید را در بر می‌گیرد. بنابراین این مولفه به عنوان مولفه عملکرد بالقوه و تحمل به خشکی نامگذاری می‌شود. این مولفه ژنوتیپ‌های دارای پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به خشکی را از ژنوتیپ‌های با میانگین عملکرد پایین و حساس به خشکی جدا می‌کند، لازم به توضیح است که تعیین بالا یا پایین بودن همبستگی هر شاخص با مولفه اول و دوم با توجه به بالا یا پایین بودن وزنی که هر یک در معادله این مولفه‌ها به خود اختصاص داده‌اند، و با در نظر

جدول ۵ - مقادیر ویژه، درصد واریانس، درصد تجمعی واریانس و بردارهای ویژه برای ۸ شاخص تحمل به خشکی در گروه های رسیدگی III و IV در سویا

Harm	STI	GMP	MP	SSI	ToL	y_s	y_p	درصد تجمعی واریانس	درصد مقادیر ویژه	مقادیر ویژه	مولفه
۰/۳۹*	۰/۴۳*	۰/۴۳*	۰/۴۲*	۰/۰۰۴	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۳۷*	۶۷/۱۶	۶۷/۱۶	۵/۳۷	۱
-۰/۲۶	-۰/۰۷	-۰/۰۸۴	۰/۱۳	۰/۶۲*	۰/۵۰*	۰/۴۱*	۰/۳۲	۹۹/۵۹	۳۲/۴۳	۲/۵۹	۲

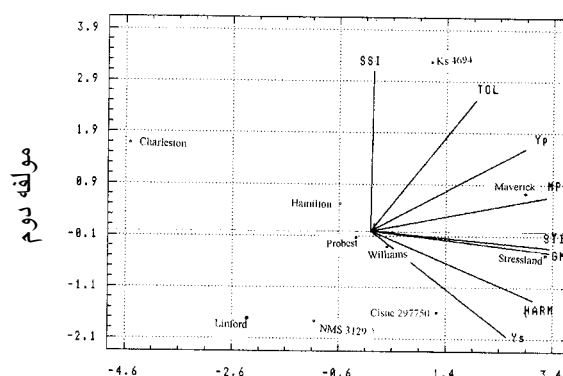
* نشاندهنده ضریب عاملی معنی دار می باشد.

شرایط تنش و بدون تنش در جدول ۷ آمده است. همبستگی عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش از نظر آماری معنی دار نبود ($r = ۰/۸۲$). شاخص های TOL و SSI همبستگی معنی داری را با عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش نشان ندادند. شاخص های MP، GMP، STI و Harm همبستگی مثبت و معنی داری را در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد با عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش نشان دادند. بنابراین شاخص های MP، GMP، STI و Harm به عنوان بهترین شاخص ها عکس العمل ارقام دیررس سویا با شدت تنش کم ($SI = ۰/۲۸$) در شرایط تنش خشکی بوده و می توانند ارقام دارای عملکرد بالا را در هر دو محیط تنش دار و بدون تنش شناسایی کنند. احمدزاده (۱۳۷۸)، برای ارقام زودرس ذرت این شاخصها را به عنوان بهترین شاخص شناسایی نمود (۱).

استفاده از نمایش بای پلات برای ارقام گروه رسیدگی V

با استفاده از تکنیک تجزیه به مولفه های اصلی مشخص شده که دو مولفه اول در مجموع ۹۹/۹۹ درصد از تغییرات را توجیه نمودند و بدین لحاظ ترسیم بای پلات براساس دو مولفه فوق کارایی بالایی را دارا می باشد، لذا اقدام به ترسیم بای پلات براساس دو مولفه فوق شد.

اولین مولفه ۷۵/۱۹۵ درصد از تغییرات در ماتریس داده ها را بیان می کند و همبستگی بالایی با عملکرد تحت شرایط تنش و بدون تنش و شاخص های MP، GMP، STI و Harm نشان داد. بنابراین، این مولفه به عنوان مولفه پتانسیل عملکرد و تحمل به خشکی شناخته می شود. این مولفه ارقام دارای پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به خشکی را از ژنوتیپ های با متوسط عملکرد پایین و حساس جدا می کند.



مؤلفه اول

شکل ۱- ترسیم گرافیکی بای پلات براساس مولفه اول و دوم برای ارقام گروه های رسیدگی III و IV سویا

ارزیابی شاخص های مقاومت به خشکی برای ارقام سویا در گروه رسیدگی V

جهت تعیین تحمل لاین های تحت بررسی به تنش خشکی از عملکرد لاین ها در دو محیط بدون تنش (Y_p) و تنش (Y_s) استفاده شد و میزان حساسیت لاینها توسط شاخص های تحمل به خشکی بر اساس دو پارامتر تعیین گردید (جدول ۶). براساس شاخص های SSI و TOL که هر چه مقدار کوچکتر باشد حساسیت به تنش کمتری دارند، دو رقم Hutchinson و Clifford به عنوان ارقام با حساسیت کم به تنش شناسایی شدند و براساس شاخص های MP، GMP، STI و Harm که هر چه مقدار آنها بیشتر باشد، ارقام متحمل تر می باشند، دو رقم Holladay و Hutchinson به عنوان ارقامی با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش شناسایی شدند. ضرایب همبستگی بین شاخص های مقاومت به خشکی و عملکرد تحت

جدول ۶- برآورد میزان حساسیت لاین‌ها توسط شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی در ارقام گروه رسیدگی V در سویا

Harm	STI	GMP	MP	SSI	ToL	(Ys)	(Yp)	نام لاین	شماره رقم	گروه رسیدگی
۴۴۸۷	۰/۵۶	۴۵۶۰	۴۶۳۵	۱/۰۸	۱۵۹۲	۳۸۰۷	۵۴۶۲	Pershing	۱	
۵۰۲۹	۰/۷۰	۵۰۹۲	۵۱۵۶	۰/۹۷	۱۶۲۰	۴۳۴۷	۵۹۶۶	Delsoy 5500	۲	
۵۱۲۹	۰/۷۲	۵۱۸۵	۵۲۴۱	۰/۹۱	۱۵۳۲	۴۴۷۵	۶۰۰۷	Clifford	۳	V
۵۴۵۰	۰/۸۱	۵۵۰۶	۵۵۶۳	۰/۸۹	۱۵۸۶	۴۷۷۰	۶۳۵۶	Hatchinson	۴	
۵۴۳۰	۰/۸۲	۵۵۳۷	۵۶۴۶	۱/۱۷	۲۲۰۸	۴۵۴۲	۶۷۵۰	Holladay	۵	

* نشان‌دهنده ضریب عامل معنی‌دار می‌باشد.

SI=۰/۲۸

جدول ۷- همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد تحت شرایط تنش و بدون تنش در ارقام گروه رسیدگی V سویا

Harm	STI	GMP	MP	SSI	TOL	Ys	Yp	
							۱	Yp
							۱	Ys
					۱	۰/۱۳	۰/۶۷	TOL
					۱	۰/۸۵*	-/۴۱	SSI
			۱	-/۰۰۷	۰/۴۶	۰/۹۴*	۰/۹۷**	MP
		۱	۰/۹۹۹**	-/۰۱۳	۰/۴۱	۰/۹۶*	۰/۹۵*	GMP
	۱	۱/۰۰۰**	۰/۹۹۹**	-/۰۱۱	۰/۴۲	۰/۹۵*	۰/۹۶*	STI
۱	۰/۹۹۶**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۴**	-/۰۱۸	۰/۳۶	۰/۹۷**	۰/۹۳*	Harm

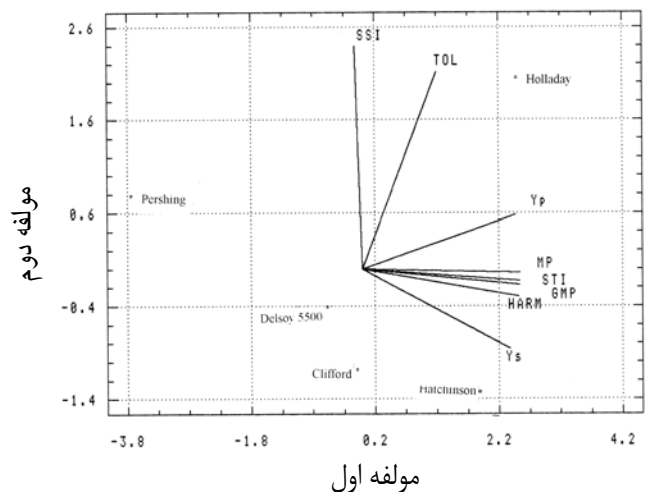
به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪** و *

جدول ۸- مقادیر ویژه، درصد واریانس، درصد تجمعی واریانس و بردارهای ویژه برای ۸ شاخص تحمل به خشکی (گروه رسیدگی V)

Harm	STI	GMP	MP	SSI	ToL	Ys	Yp	درصد تجمعی واریانس	درصد مقادیر ویژه	مقدار ویژه	مولفه
۰/۴۰۵*	۰/۴۱*	۰/۴۱*	۰/۴۱*	-/۰۰۲	۰/۱۹	۰/۳۸*	۰/۳۹*	۷۵/۲	۷۵/۲	۶/۰۲	۱
-/۰۰۸۸	-/۰۰۴	-/۰۰۵	-/۰۰۱	۰/۷۱*	۰/۶۳*	۰/۲۶	۰/۱۷	۹۹/۹۹	۲۴/۸	۱/۹۸	۲

* نشان‌دهنده ضریب عاملی معنی‌دار می‌باشد.

دومین مولفه ۲۴/۷۹ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه نمود و همبستگی بالایی را با شاخص‌های SSI و TOL نشان داد. از این رو، این مولفه را می‌توان به عنوان مولفه حساسیت به تنش که ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین در شرایط تنش و میزانهای بالای TOL و SSI را جدا می‌کند، نامگذاری کرد. نمودار بای پلات بر اساس دو مولفه اول و دوم ترسیم گردید. همانطوری که از شکل مربوطه (شکل ۲) پیداست رقم Hatchinson در ناحیه با پتانسیل تولید بالا و حساسیت پایین (قسمت پایین و سمت راست شکل) واقع شده است و به عنوان رقم متحمل به خشکی در این گروه شناسایی گردید. رقم Holladay در ناحیه با پتانسیل عملکرد بالا و حساسیت بالا به تنش خشکی قرار داد.



شکل ۲- ترسیم گرافیکی بای پلات براساس مولفه اول و دوم برای ارقام گروه رسیدگی V سویا

سیاسگزاری

این پژوهش مستخرج از طرح ملی به شماره ۳۱۳۰۵۲۹۳ می‌باشد که با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه تهران انجام شده است.

REFERENCES

مراجع مورد استفاده

۱. احمدزاده، ا. ۱۳۷۶. تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی در لاینهاس برگزیده ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات دانشگاه تهران.
۲. احمدی، ج. ۱۳۷۸. بررسی مقاومت به خشکی در هیبریدهای دیررس تجارتي ذرت دانه ای. پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات. دانشگاه تهران.
۳. خلیلی، م.، ج. کاظمی اربط، م. مقدم، م. ر. شکیبیا و ر. چوگان. ۱۳۷۹. ارزیابی شاخصهای مقاومت به خشکی در مراحل مختلف فنولوژی ژنوتیپ های ذرت. چکیده مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. بابلسر. دانشگاه مازندران ۱۳ - ۱۶ شهریور.
۴. سرمندیا، غ. ج. ۱۳۷۲. اهمیت تنشهای محیطی در زراعت، مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج ۱۸ - ۱۵ شهریور. صفحه ۱۷۲ - ۱۵۷.
۵. سمیع زاده، ح. ع. ر. طالعی، ع. گرامی و ح. پوردوایی. ۱۳۷۷. بررسی تعیین مناسبترین شاخص حساسیت به خشکی در ارقام نخود. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج. موسسه تحقیقات اصلاح و نهال بذر. ۱۳ - ۹ شهریور.
۶. فرشادفر، ع. ۱۳۷۶. روش شناسی اصلاح نباتات. انتشارات دانشگاه رازی. طاق بستان.
7. Carter, T.E, Jr. 1989. Breeding for drought tolerance in soybean: Where do we stand? P. 1001 – 1008 In pascale, A.J.(ed). Pore. World soybean conf. IV, Assocatcon dela soja, Buenos Aires, 1856PP.
8. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In proceeding of an the sympo. Taiwan, 13-16 Aug. 1992. By C.G. Kuo. AVRDC.
9. Fischer, R.A. & R. Maurer. 1987. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. grain yield response. Aust. J. Agric. Res. Vol. 29: 197.
10. Pook pakdi, A., K. Thiravirojana, I. Saeradee, & S. Chaikaew. 1990. Response of new soybean accession to water stress during reproductive phase. Kasetsart Journal Natural Sciences. 24:3, 378-387. (ABSTRACTS).
11. Rosielle, A. A. & J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci. 21:943-946.
12. Sammans. D.J., D. B. Peters, & T. Hymowitz. 1980. Screening soybeans for tolerance to moisture stress:a field procedure. Field Crop Res. 3, 321.
13. Sammons, D.J., D. B. Peters, & T. Hymowitz. 1979. Screening soybeans for drought resistance. II. Drought box procedure. Crop. Sci. 19: 719.
14. Specht, J.E. & J. H. Williams. 1986. Differential responses of soybean gentyes subjected to seasonal soil water gradient. Crop Sci. 26: 922-934.
15. Vieira. R. D, D. M. Tekrony, & D. B. Egli. 1992. Effect of drought and defoliation stress in the field on soybean seed germination and vigor. Crop Sci. 32:471-475.

Determination of the Suitable Drought Resistance Indices in Commercial Soybeans Varieties

**H. ZEINALY KHANGHAH¹, A. IZANLOO², A. H. HOSEIN ZADEH³,
AND N. MAJNOON HOSEINI⁴**

**1, 2, 3, 4, Associate Professor, Former Graduate Student and Assistant Professors, Faculty
of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran**

Accepted. April. 15, 2004

SUMMARY

In order to determine suitable drought resistance indices in soybean, 15 introduced soybean cultivars were evaluated in a balanced group block design with four replications in stress as well as in non-stress environments. Six drought resistance indices of TOL, SSI, MP, GMP, STI and Harm were assessed on the basis of seed yield in stress and non-stress conditions. The highest damage due to water deficit stress was found to exerted on seed yield. Stress intensity for cultivars in MG III and IV was high (SI=0.62) while for cultivars in MG V was low (SI=0.28). Therefore subsequent analysis for cultivars in MG III and IV was done separate from that for MG V. Based on the results of correlation between drought resistance indices and seed yield in stress and non-water stress environments in cultivars of MG III and MG IV, drought indices of GMP and STI exhibited a high correlation with seed yield in either environment. These indices were recognized as the best for selecting cultivars with high yield potential in either of the stress or non-stress environments. Based on the by-plot graph, cultivars Stressland, Cisne297705 and Williams were considered as resistant cultivars and were grouped into A zone. In cultivars with MG V, drought indices MP, GMP, STI, Harm revealed a high correlation with seed yield in both environments and were recognized as the best indices. Based on the by-plot graph, cultivar Hutchinson was recognized as a resistant cultivar in MG V.

Key words: Drought resistance indices, Soybean, Yield, Stress, Bi-plot.