

## ارزیابی شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در تعدادی از ژنوتیپ‌های سویا در شرایط آبیاری محدود

سید محمدعلی کارگر<sup>۱</sup>، محمدرضا قنادها<sup>۲</sup>، رضا بزرگی پور<sup>۳</sup>، احمدعلی خواجه احمد عطاری<sup>۴</sup> و حمیدرضا بابایی<sup>۵</sup>  
۱، ۲، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران،  
۳، ۴، ۵، دانشیار، استادیار پژوهش و پژوهشگر مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج  
تاریخ پذیرش مقاله ۸۲/۷/۹

### خلاصه

به منظور بررسی و تعیین مؤثرترین صفات و شاخصهای تحمل به خشکی و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به شرایط کم آبی در سویا، آزمایشی در قالب طرح لاتیس ساده ۷×۷ با دو تکرار در مزرعه مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج در سال زراعی ۷۹-۱۳۷۸ اجرا گردید. تنش خشکی به صورت محدود نمودن دور آبیاری از زمان گلدهی به بعد با فواصل هر هجده روز در مقابل شرایط نرمال هر هشت روز یکبار، بر روی ۴۹ ژنوتیپ سویا اعمال گردید. صفات مورد بررسی شامل روز تا پایان گلدهی، طول دوره رویش، ارتفاع بوته، طول ریشه، سطح متوسط برگ، تعداد گره، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در بوته، عملکرد در هکتار، وزن صد دانه، درصد روغن و درصد پروتئین بودند. نتایج حاصله نشان داد که سه صفت عملکرد دانه در هکتار، ارتفاع بوته و تعداد غلاف در بوته دچار کاهش قابل توجه ناشی از تنش گردیدند. ارزیابی ژنوتیپها از نظر تحمل به خشکی توسط شش شاخص مختلف میانگین حسابی (MP)، میانگین هندسی (GMP)، میانگین هارمونیک (HARM)، تحمل به تنش (STI)، حساسیت به تنش (SSI) و تحمل (TOL) صورت گرفت که با توجه به وضعیت همبستگی آنها با عملکردهای دو شرایط تنش و غیرتنش، دو شاخص STI و GMP به عنوان بهترین شاخصها در جداسازی ژنوتیپ‌های متحمل انتخاب گردیدند. با استفاده از روش ترسیم بای پلات بر روی ۳۹ ژنوتیپ از گروههای زودرس که شروع دوره پر شدن غلافهایشان مقارن با گرمترین زمان و بیشترین تبخیر بود و مقایسه مقادیر دو شاخص برتر STI و GMP برای هر ژنوتیپ و مشاهده وضع قرار گرفتن ژنوتیپها در بای پلات مذکور، هشت ژنوتیپ متحمل شامل *Line<sub>23</sub>S.R.F<sub>450</sub> × Hobbit.Williams.Union.Kador.Bonus*، *Line<sub>29</sub>S.R.F<sub>450</sub> × Hobbit.M.4*، *L.17* شناسایی گردیدند.

### واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، تحمل، سویا، شاخص‌های تحمل.

#### مقدمه

اصولا مهمترین عامل محدودکننده رشد گیاهان آب می‌باشد و از آنجا که بخش اعظم اراضی ایران در نواحی خشک و نیمه‌خشک واقع شده‌اند، تعیین تحمل نسبی به خشکی در گیاهان زراعی و از جمله سویا از اهمیت ویژه برخوردار است و با ارزیابی ژنوتیپ‌هایی از هر گیاه که تحت شرایط کم‌آبی قادر به ارائه عملکرد نسبتا قابل قبولی باشند، می‌توان با اطمینان بیشتری آنها را در نواحی خشک و نیمه‌خشک کشت نمود.

سویا با نام علمی *Glycine max(L.) merr* از تیره لگومینوزه، یکساله، روز کوتاه، خود گشن با ۰/۵ درصد دگرگشتی و  $2n=40$ ، با دوازده گروه رسیدگی (از زودرس ۰۰ تا دیررس ۱۰) با ۴۰-۳۶ درصد پروتئین و ۲۲-۱۹ درصد روغن در دانه می‌باشد (۴).

ایزانلو (۱۳۸۱)، به منظور تعیین مناسب‌ترین شاخصهای تحمل به خشکی، طی تحقیقی بر روی ارقام تجارتي سویا، دریافت که به طور کلی اکثر صفات مورد بررسی نسبت به

خشکی عکس‌العمل منفی نشان می‌دهند که در این میان عملکرد دانه نسبت به دیگر صفات آسیب بیشتری می‌بیند. وی همچنین دریافت که از شاخص شاخص  $SSI$ ،  $TOL$ ،  $STI$ ،  $GMP$  و  $HARM$  دو شاخص  $STI$  و  $GMP$  در جداسازی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی از سایر ژنوتیپ‌ها موفق‌تر می‌باشند. نتایج بررسی‌های نمایش بای پلات حاصله از تحقیق وی نیز مؤید این مطلب بود. جلیلیان و خداینده (۱۳۷۷) دریافتند تحت شرایط تنش در مراحل گل‌دهی و پر شدن غلاف، اکثر صفات کاهش یافته که بیشترین خسارت وارده به عملکرد دانه را ناشی از ریزش گل‌ها عنوان کردند و پس از آن کاهش وزن صد دانه بر اثر تنش در مرحله پر شدن غلاف، قابل ملاحظه بود. قریشی و همکاران (۱۹۷۱) در بررسی اثر تنش خشکی بر روی فتوسنتز ایزولاین‌هایی از سویا که در مرحله غلاف‌دهی مورد تنش واقع شده بودند، دریافتند که فتوسنتز ظاهری نسبت به تنش خشکی در مرحله غلاف‌دهی حساستر از مرحله گلدهی است. دانشیان و همکاران (۱۳۸۱) گزارش نمودند که بر اثر تنش خشکی در سویا عملکرد دانه کاهش یافت که ناشی از کاهش تعداد دانه در گیاه و وزن هزار دانه بود. آنها همچنین دریافتند که مقدار روغن دانه با تشدید تنش افزایش و مقدار پروتئین دانه کاهش یافت، اما در نهایت به علت کاهش عملکرد، تنش تاثیر منفی در عملکرد روغن و پروتئین دانه داشت. پترسون و همکاران (۱۹۷۹) اظهار داشتند که اگر قبل از مرحله شروع پر شدن دانه‌ها تنش خشکی مرتفع گردد، بر اثر فتوسنتز بازیابی شده و ادامه رشد، دانه‌های باقی‌مانده به نمو خود ادامه داده و اندازه مناسب خود را بدست می‌آورند. پنتالون و همکاران (۱۹۹۶) با تعیین همبستگی عمق نفوذ ریشه با میزان عملکرد پروتئین و روغن روی نتایج حاصل از کراس بین لاین PI416937 که (سیستم ریشه‌ای گسترده‌ای داشته و متحمل به خشکی است) و رقم Lee74، همبستگی ژنوتیپی بین اندازه ریشه و تجمع پروتئین دانه را معادل  $r = 0.42$  بدست آوردند و به اهمیت عمق نفوذ ریشه در افزایش عملکرد و پروتئین پی بردند. کرو و دیوید (۱۹۸۵) اظهار نمودند اگر تنش آبی در اواخر مراحل رشد سویا اتفاق افتد، وزن دانه‌ها کاهش می‌یابد. طبق گزارشات F.A.O حساسترین مرحله رشدی سویا در مقابل کم‌آبی، اواخر گلدهی و اوایل غلاف‌دهی است و اگر در مناطقی

فقط به یک آبیاری تکمیلی نیاز باشد بهتر خواهد بود که در همین زمان صورت پذیرد (۶). فرناندز در بررسی عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو شرایط تنش و بدون تنش، گیاهان را از نظر عکس‌العمل به این دو شرایط در چهار گروه طبقه‌بندی نمود. الف - ژنوتیپ‌هایی که برتری نسبی یکنواختی در هر دو شرایط تنش و غیرتنش دارند (گروه A). ب - ژنوتیپ‌هایی که فقط در شرایط مطلوب عملکرد خوبی دارند (گروه B). ج - ژنوتیپ‌هایی که فقط عملکرد آنها در شرایط تنش به طور نسبی بیشتر است (گروه C). ه - ژنوتیپ‌هایی که در هر دو شرایط تنش و غیرتنش از نظر عملکرد ضعیف هستند (گروه D). در ادامه، فرناندز اشاره می‌نماید که معیار مناسب گزینش برای تعیین مقاومت یا تحمل به تنش معیاری است که بتواند ژنوتیپ‌های گروه A را از گروه‌های دیگر تشخیص دهد (۷). فیشر و مورر شاخص حساسیت به تنش (SSI) را به شرح زیر پیشنهاد نمودند (۸):

$$SSI = \frac{1 - (Yp/Ys)}{SI} \quad , \quad SI = 1 - \left( \frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p} \right)$$

در این رابطه SI به نام شدت تنش نامیده می‌شود.

$Yp$  = عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در شرایط بدون تنش .  
 $Ys$  = عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در شرایط تنش.  $\bar{Y}_p$  = میانگین عملکرد بالقوه کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش .  
 $\bar{Y}_s$  = میانگین عملکرد بالقوه کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش .  
هرقدر مقدار SSI کوچکتر باشد، میزان مقاومت یا تحمل به خشکی بالاتر تلقی می‌گردد. این شاخص قادر به تشخیص ژنوتیپ‌های گروه A از گروه C نمی‌باشد.

روزیل و هامبلین (۱۹۸۱) شاخص تحمل (TOL) و همچنین متوسط محصول‌دهی یک ژنوتیپ در هر دو شرایط تنش و غیر تنش (میانگین حسابی) (MP) را براساس روابط زیر ارائه نمودند.

$$TOL = Yp + Ys$$

$$MP = \frac{Yp + Ys}{2}$$

مقادیر بالای TOL بیانگر حساسیت بیشتر به خشکی بوده و مقادیر پایین این شاخص برای ما مطلوب می‌باشد. این شاخص نیز همانند SSI قادر به تشخیص ژنوتیپ‌های گروه A از گروه C نمی‌باشند در حالی که شاخص MP تمایل به گزینش

تنش)) نامید. همچنین در شرایط تنش شدید مؤلفه اول را که ۶۳ درصد تنوع بین داده‌ها را در برداشت، (مؤلفه تحمل به تنش و میانگین محصول دهی)) و مؤلفه دوم را با ۳۶ درصد تغییرات کل داده‌ها به نام (مؤلفه پتانسیل عملکرد)) نامگذاری کرد (۷). شناسایی صفاتی که بیشترین تأثیر و همبستگی را با عملکرد و تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های سویا داشته و همچنین بررسی شاخص‌های تحمل یا حساسیت به خشکی و انتخاب بهترین شاخصها برای یافتن ژنوتیپ‌های متحمل که برای برنامه‌های بهنژادی بعدی مناسب باشند از اهداف این تحقیق بودند.

### مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۴۹ ژنوتیپ سویا شامل ۴۱ رقم و ۸ لاین پیشرفته حاصل از برنامه‌های بهنژادی به شرح (جدول ۱) در قالب یک طرح لاتیس ساده ۷×۷ با دو تکرار طی سال زراعی ۷۸-۷۹ در مزرعه تحقیقاتی بخش دانه‌های روغنی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج از نظر تحمل به خشکی و عملکرد مورد بررسی قرار گرفتند. منطقه کرج در طول جغرافیایی ۵۱ درجه ۶ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۹ دقیقه با متوسط بارندگی سالیانه ۲۵۰ میلیمتر و درجه حرارت متوسط ۱۵ درجه سانتیگراد می‌باشد. پس از عملیات تهیه زمین و بلوک‌بندی، بذور هر ژنوتیپ به صورت هیرم‌کاری در کرت‌هایی به مساحت ۱۰/۴ مترمربع شامل چهارخط چهارمتری با فواصل ردیف ۶۵ سانتیمتر کشت گردید. بلافاصله بعد از کاشت، اولین آبیاری صورت گرفته و پس از آن هر دو قطعه آزمایش (مزارع شاهد و تنش) به فاصله هشت روز یکبار تا زمان شروع گلدهی آبیاری گردیدند. از آن به بعد گیاهان یکی از دو قطعه مورد آزمایش تحت شرایط تنش آبی با آبیاری با فواصل هر هیجده روز در مقابل گیاهان قطعه دیگر با شرایط نرمال هر هشت روز آبیاری، مورد مقایسه قرار گرفتند. دو هفته پس از کاشت گیاهان روی خطوط با فواصل هر پنج سانتیمتر تنک گردیده و سه بار عملیات وجین دستی و یکبار وجین مکانیکی در مزرعه صورت گرفت ضمن اینکه ۴۵ روز پس از کاشت ۲۰ کیلوگرم در هکتار کود ازته در پای بوته‌های ۹-۶ برگ‌پاشیده شد.

ژنوتیپ‌های با عملکرد بالقوه بالاتر و تحمل به تنش پایین‌تر را داشته و قادر به تشخیص ژنوتیپ‌های گروه A از گروه B نمی‌باشند (۱۲). فرناندز به این مطلب اشاره نمود که هنگامی که اختلاف نسبی  $Y_p, Y_s$  زیاد باشد، شاخص MP دارای اریبی به سمت  $Y_p$  خواهد بود در حالی که شاخص دیگری تحت عنوان میانگین هندسی محصول دهی GMP، چنین اریبی را نخواهد داشت و به همین دلیل قادر به تفکیک بهتری از ژنوتیپ‌های گروه A می‌باشد و با توجه به این مسئله شاخص پیشنهادی خود را تحت عنوان شاخص تحمل به تنش STI که آن را براساس GMP بنا گذاشته بود به شرح رابطه زیر ارائه نمود.

$$STI = \left( \frac{Y_p}{\bar{Y}_p} \right) \left( \frac{Y_s}{\bar{Y}_s} \right) \left( \frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p} \right) = \frac{(Y_p)(Y_s)}{(\bar{Y}_p)^2}$$

$$GMP = \sqrt{(Y_s)(Y_p)}$$

شاخص STI قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا تحت هر دو شرایط تنش و غیرتنش بوده و مقادیر بالای آن نشانگر تحمل بیشتر گیاه به خشکی است (۷). شاخص دیگری نیز تحت عنوان میانگین هارمونیک (HARM) نیز توسط برخی از محققین مورد استفاده قرار گرفته (۱) که رابطه آن به شرح زیر است:

$$HARM = \frac{2(Y_p \times Y_s)}{Y_p + Y_s}$$

فرناندز تعداد ۲۱ رقم ماش را تحت دو شرایط دارای تنش متوسط و شدید خشکی قرار داده و جهت شناسایی ارقام مقاوم که پتانسیل محصول دهی بالایی نیز داشته باشند، مورد مطالعه قرار داد و دریافت که سه شاخص  $MP, TOL, SSI$  در شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالقوه و تحمل به تنش بالا ناموفق بوده و شاخص STI را که در واقع براساس GMP ابداع نموده بود، به عنوان بهترین شاخص در شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالقوه و تحمل به تنش بالا معرفی نمود. وی در ادامه فعالیت تحقیقی خود روابط بین شاخص‌های مختلف حساسیت و تحمل به تنش را به صورت نمایش بای پلات چند متغیره به تصویر کشید که در شدت تنش متوسط مؤلفه اول ۶۹ درصد از تنوع داده‌ها را بیان نمود که آن را بنام (مؤلفه پتانسیل عملکرد)) نامگذاری کرد و مؤلفه دوم که حدود ۳۰ درصد تغییرات کل داده‌ها را در برداشت به نام (مؤلفه تحمل به

## جدول ۱ - ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

شماره ژنوتیپ	نام ژنوتیپ	منشاء	شماره گروه رسیدگی
۱	Bonus	آمریکا	III
۲	Black-Hawk	آمریکا	III
A	Line <sub>1</sub> Harcor× Williams <sub>813</sub>	آمریکا	III
۴	Century	آمریکا	III
۵	Columbus	آمریکا	V
۶	Calland	آمریکا	III
۷	Line <sub>9</sub> Hobbit× S.R.F <sub>450</sub>	آمریکا	III
۸	Crawford	آمریکا	IV
۹	Corsoy	آمریکا	III
۱۰	Line <sub>10</sub> Hobbit× S.R.F <sub>450</sub>	آمریکا	II
۱۱	Elf	آمریکا	III
۱۲	Elgin	آمریکا	II
۱۳	Flanklin	آمریکا	III
۱۴	Faur	آمریکا	IV
۱۵	Glangleb	آمریکا	III
۱۶	Hadgson	آمریکا	II
۱۷	Halcor	آمریکا	II
۱۸	Hobbit	آمریکا	II
۱۹	Hack	آمریکا	II دیررس
۲۰	Line <sub>14</sub> Hobbit× S.R.F <sub>450</sub>	آمریکا	II دیر رس
۲۱	Monro	آمریکا	IV
۲۲	Maccal	آمریکا	I
۲۳	Steel	آمریکا	II
۲۴	S.R.F	آمریکا	II

\* : طبقه‌بندی گروه‌های رسیدگی براساس طول دوره رویش در شرایط جغرافیایی منطقه کرج می‌باشد.

(روز ۱۷۶-۱۵۶: VI، ۱۳۵-۱۳۴: V، ۱۲۷-۱۱۱: III، ۹۱-۱۱۰: II، ۹۰-۷۹: I)

## ادامه جدول ۱

شماره ژنوتیپ	نام ژنوتیپ	منشاء	شماره گروه رسیدگی
۲۵	Kador	آمریکا	III
۲۶	Sloan	آمریکا	III
۲۷	Union	آمریکا	III دیر رس
۲۸	Williams	آمریکا	III دیر رس
۲۹	Line <sub>15</sub> Hobbit× S.R.F <sub>450</sub>	آمریکا	III
۳۰	Line <sub>23</sub> S.R.F <sub>450</sub> ×Hobbit	آمریکا	II
۳۱	A3935	ترکیه	III
۳۲	A3237	ترکیه	II
۳۳	Clark	آمریکا	III
۳۴	Line <sub>25</sub> S.R.F <sub>450</sub> ×Hobbit	آمریکا	III
۳۵	L.17	آمریکا	III
۳۶	L.11	آمریکا	III دیر رس
۳۷	M.4	آمریکا	III
۳۸	M.12	آمریکا	III
۳۹	Dawson	آمریکا	II
۴۰	L.D.9	چین	III
۴۱	L.D.8149	چین	IV
۴۲	L.D.3	چین	III
۴۳	Pershing	آمریکا	V
۴۴	Line <sub>29</sub> S.R.F <sub>450</sub> ×Hobbit	آمریکا	II
۴۵	Harasoy	آمریکا	II
۴۶	L.D.10	چین	IV
۴۷	TN4.56	آمریکا	IV
۴۸	Essex	آمریکا	V
۴۹	TN6.90	آمریکا	VI

حفاری و اندازه‌گیری فاصله یقه تا آخرین حد پائینی ریشه نسبت به سطح افق و محاسبه میانگین)، سطح متوسط برگ (در مرحله R<sub>6</sub> که رشد برگ‌ها به حداکثر خود رسید، برگ‌های ۷ بوته انتخابی به طور تصادفی، چیده شد و از مجموع برگ‌های ۷ بوته تعداد ۲۰ عدد برگ به طور تصادفی انتخاب و در میان روزنامه خشک اتو گردید و مابقی نمونه در اتوکلاو خشک شد آنگاه سطح ۲۰ عدد برگ با دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ<sup>۱</sup>

صفات مورد بررسی شامل تعداد روز تا پایان گلدهی (تعداد روزهای از زمان کاشت تا هنگامی که ۷۵٪ گل‌های بوته‌های هر کرت به غلاف تبدیل شدند)، طول دوره رویش (تعداد روزهای از زمان کاشت تا هنگامی که ۷۵٪ غلاف‌های بوته‌های هر کرت به قهوه ای گرائید)، ارتفاع بوته (محاسبه میانگین طول ۷ بوته که به طور تصادفی انتخاب و از محل یقه تاجوانه انتهایی ساقه اصلی اندازه‌گیری شدند)، طول ریشه (در مرحله رشدی R<sub>7</sub> - R<sub>6</sub> که رشد ریشه به حد نهایی خود میرسد از طریق خارج نمودن ریشه‌های ۵ بوته که به طور تصادفی انتخاب شده اند با وسایل

1 . Leaf area meter

میانگین حسابی (MP)، میانگین هندسی (GMP)، میانگین هارمونیک (HARM)، تحمل به تنش (STI)، حساسیت به تنش (SSI) و تحمل (TOL) برای تعیین میزان تحمل یا حساسیت ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی استفاده گردید که براساس مقادیر حاصله، ژنوتیپ‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند. در ادامه ضمن بررسی روابط همبستگی بین شاخصها و عملکردهای دو شرایط تنش و بدون تنش، وضعیت روابط علت و معلولی صفات مؤثر بر عملکرد که روی شاخص‌های مورد بحث نیز می‌توانند تأثیرگذار باشند، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همچنین به منظور ارزیابی بهتر روابط بین شاخص‌ها با عملکردهای هر دو شرایط تنش و بدون تنش از روش ترسیمی بای پلات بر روی ۳۹ ژنوتیپ از گروه‌های زودرس که دوره پر شدن غلاف‌هایشان با گرمترین زمان و بیشترین تنش مقارن گردیده بود، استفاده شد.

### نتایج و بحث

در این تحقیق جهت برآورد میزان کاهش یا افزایش صفات ثبت شده ۴۹ ژنوتیپ مورد بررسی، درصد تغییرات صفات مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۲) که در بین ۱۲ صفت مورد مطالعه تعداد ۹ صفت دچار کاهش ناشی از اعمال تنش خشکی گردیدند و از این میان کاهش عملکرد دانه در هکتار با درصد تغییر (۳۷/۵۴) که متأثر از کاهش تعداد غلاف در بوته (که عمدتاً به خاطر کمی رطوبت و ریزش گلها حادث می‌شود)، تعداد شاخه فرعی، تعداد گره با درصدهای تغییر (۲۱/۴۷) (۱۵/۷۹) (۱۳/۳۷) می‌باشد، از همه قابل توجه‌تر است [نتایج با یافته‌های جلیلیان و خدابنده (۱۳۷۷) که کاهش اکثر صفات علی‌الخصوص عملکرد دانه تحت شرایط خشکی را گزارش نمودند، مطابقت دارد]. همچنین از سه صفتی که دارای درصد تغییرات منفی بوده و در شرایط تنش، افزایش نشان داده‌اند می‌توان به طول ریشه با درصد تغییر (۳/۵۵۶-) اشاره نمود که نشان‌دهنده عکس‌العمل مثبت گیاهان در جهت دسترسی به آب لایه‌های زیرین خاک بوده است [نتایج با قسمتی از یافته‌های پنتالون و همکاران (۱۹۹۶) که نشان‌دهنده افزایش عمق نفوذ ریشه در جهت تحمل به خشکی می‌باشند هماهنگ است] به همین ترتیب درصد تغییر منفی دو صفت درصد روغن و پروتئین نیز

محاسبه و با در نظر گرفتن نسبت به سطح به وزن این ۲۰ برگ و محاسبه سطح و تعداد برگ کل نمونه هر کرت، متوسط سطح برگ گیاهان هر کرت بر حسب سانتی متر مربع محاسبه شد)، تعداد گره (با شمارش تعداد گره‌های موجود روی ساقه اصلی ۷ بوته که به طور تصادفی انتخاب شدند و محاسبه میانگین)، تعداد شاخه فرعی (با شمارش شاخه‌های متصل به ساقه اصلی ۷ بوته انتخابی به طور تصادفی و محاسبه میانگین)، تعداد غلاف در بوته (با شمارش تعداد غلاف‌های موجود روی ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی ۷ بوته که به طور تصادفی انتخاب شدند و محاسبه میانگین)، وزن صد دانه (با شمارش تعداد ۱۰۰ دانه سویا از یک نمونه تصادفی از محصول هر کرت با کمک دستگاه دانه شمار خودکار<sup>۱</sup> و توزین آن با ترازوی دقیق بر حسب گرم)، عملکرد در هکتار (با اندازه‌گیری طول به عرض سطح برداشت شده از هر کرت و برآورد نسبت محصول برداشت شده به سطح زیر کشت، عملکرد هر ژنوتیپ بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید)، درصد روغن و درصد پروتئین (برای اندازه‌گیری درصد روغن و پروتئین ابتدا یک نمونه تصادفی از محصول هر کرت توسط دستگاه آسیاب برقی کاملاً پودر و سپس درصد روغن با استفاده از دستگاه NIR<sup>۲</sup> که به آن Inframatic نیز گفته می‌شود و بر اساس تابش و دریافت بازتابش امواج مادون قرمز به نمونه و محاسبه مقدار امواج جذب شده توسط نمونه و در نظر گرفتن طول موج روغن فعالیت می‌نماید و همچنین درصد پروتئین با استفاده از دستگاه میکروکجدال<sup>۳</sup> که بر اساس اندازه‌گیری درصد نیتروژن در نمونه و تبدیل آن به درصد پروتئین بر اساس ضریب عمل می‌کند، محاسبه گردید)، بودند.

به منظور بررسی میزان کاهش و یا افزایش صفات در دو شرایط تنش و بدون تنش، درصد تغییرات صفات اندازه‌گیری شده از ۴۹ ژنوتیپ طبق رابطه زیر محاسبه گردید.

$$\times 100 = \frac{\text{میزان صفت در شرایط تنش} - \text{میزان صفت در شرایط عادی}}{\text{میزان صفت در شرایط عادی}} = \text{درصد تغییر صفت}$$

بدیهی است مقادیر شصت درصد تغییر صفات نشانه کاهش آن صفت تحت شرایط خشکی است. همچنین از شش شاخص

- 1 . Seed counter
- 2 . Near infrared reflectance spectrometry
- 3 . Micro Kejdahl

(۱۳۸۱) که حاکی از برتری دو شاخص STI و GMP در شناسایی ارقام متحمل با پتانسیل عملکرد بالا می باشد، هماهنگ است [.

در این پژوهش با بررسی اثرات علت و معلولی هفت صفت ( طول دوره رویش، طول ریشه، سطح برگ، تعداد شاخه فرعی، تعداد گره، تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه) که با تحمل به خشکی و عملکرد مرتبط بوده و از طریق همین پارامترها روی دو شاخص STI و GMP تأثیر گذارند، مشاهده شد که دو صفت طول دوره رویش و طول ریشه با اثرات مستقیم (۰/۷۳۷) و (۰/۴۸۹) و اثرات نهایی (۰/۵۷۸) و (۰/۳۹۱) بیشترین تأثیر را بر روی شاخص STI، و صفت سطح برگ علیرغم داشتن بیشترین اثر مستقیم منفی (۰/۵۱۲-)، اثر نهایی مثبت و نسبتاً قابل توجه (۰/۲۴۴) و صفت وزن صد دانه با داشتن اثر مستقیم (۰/۱۱۹) و اثر نهایی ناچیز (۰/۰۷۱) روی شاخص STI دارند (جدول ۵ و شکل ۱). همچنین سه صفت طول دوره رویش، طول ریشه و وزن صد دانه با اثرات مستقیم (۰/۷۵۴)، (۰/۴۸۱) و (۰/۱۳۳) و اثرات نهایی (۰/۵۸۷) (۰/۳۷۹) و (۰/۱۱۲) روی شاخص GMP بیشترین اثرات را داشته و صفت سطح برگ با داشتن بیشترین اثر مستقیم منفی (۰/۴۸۱-) در نهایت اثر مثبت (۰/۲۴۱) را روی این شاخص اعمال نموده است (جدول ۶ و شکل ۲).

نتایج حاصل از مقایسه دو تجزیه علیت فوق الذکر حاکی از آن است که هرگونه افزایش و دست‌ورزی بر روی سه صفت طول دوره رویش، طول ریشه و وزن صد دانه که بیشترین اثرات مستقیم و نهایی را بر روی متغیر وابسته داشته‌اند باعث افزایش میزان دو شاخص GMP و STI خواهند گردید. در واقع هر چه طول دوره رویش بیشتر می شود بر اثر فتوسنتز بیشتر ماده غذایی بیشتری در دانه ها ذخیره شده و وزن دانه ها افزایش می یابد، از طرفی افزایش طول ریشه باعث جذب آب و مواد غذایی بیشتری در گیاه شده که در نهایت با داشتن عملکرد بالاتر از مقادیر بالاتری از دو شاخص STI و GMP که معیاری برای تعیین تحمل به خشکی می باشد برخوردار خواهد بود [نتایج با بخشی از یافته های کرو و دیوید (۱۹۸۵) که کوتاه شدن دوره پر شدن دانه سویا را عاملی برای کمی وزن دانه‌ها شناختند و پنتالون و همکاران (۱۹۹۶) که ارتباط سیستم ریشه‌ای گسترده را با افزایش ترکیبات دانه مثبت و قابل توجه یافتند مطابقت دارد]. همچنین با توجه به وضعیت بیشترین اثر مستقیم و منفی سطح برگ، علیرغم داشتن اثرات غیرمستقیم

نشان‌دهنده آن بود که در شرایط تنش با کوچک شدن اندازه دانه این دو ماده حجم بیشتری از فضای دانه را نسبت به شرایط غیرتنش اشغال نموده‌اند. در این میان سهم درصد روغن نسبت به پروتئین بیشتر بوده است [نتایج با یافته‌های دانشیان و همکاران (۱۳۸۱) که دریافتند در اثر کاهش اندازه و کم شدن دیگر ترکیبات دانه، درصد روغن بیشتر به نظر می رسد، هماهنگ است].

جدول ۲- میانگین و درصد تغییرات ناشی از تنش خشکی در ۱۲ صفت مورد بررسی در ۴۹ ژنوتیپ سویا

صفت	میانگین صفت در شرایط بدون تنش	میانگین صفت در شرایط تنش	درصد تغییرات
تعداد روز تا پایان گلدهی	۹۰/۱۶۳	۸۵/۲۲۴	۵/۷۷۷
تعداد شاخه‌های فرعی	۵/۱۷۴	۴/۳۵۷	۱۵/۷۹۰
تعداد گره	۱۸/۴۳۵	۱۵/۹۷	۱۳/۳۷۱
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۱۰۱/۴۴۶	۷۵/۷۴۵	۲۵/۳۳۴
تعداد غلاف در بوته	۶۷/۸۸۵	۵۳/۳۰۶	۲۱/۴۷
سطح برگ (سانتی‌مترمربع)	۷۷/۳۶۴	۷۷/۱۷۳	۰/۲۴۶
طول ریشه (سانتی‌متر)	۲۹/۱۵۵	۳۰/۱۹۲	-۳/۵۵۶
طول دوره رویش (روز)	۱۱۸/۴۳۹	۱۱۶/۱۳۳	۱/۹۴۶
وزن صد دانه (گرم)	۱۵/۷۳۱	۱۵/۵۲۴	۱/۳۱۵
عملکرد در هکتار (کیلوگرم/هکتار)	۳۹۳۶/۱۰۰	۲۴۵۸/۴۳۷	۳۷/۵۴
درصد روغن	۲۲/۴۳۴	۲۶/۶۴۷	-۱۸/۹۰۴
درصد پروتئین	۳۵/۴۲۶	۳۷/۳۰۱	-۵/۲۹۲

جهت شناسایی متحمل ترین ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی با استفاده از مناسب‌ترین شاخص یا شاخصها، از شش شاخص تحمل و حساسیت به خشکی استفاده گردید (جدول ۳). بدیهی است شاخصی که با عملکردهای هر دو شرایط تنش و بدون تنش همبستگی بالا و یکسان داشته باشد به عنوان بهترین شاخص محسوب می‌گردد، که با توجه به وضعیت همبستگی عملکردهای محیط تنش (Ys) و غیرتنش (Yp) (\*\* ۰/۵۲۰) مشخص گردید که بطور کلی گزینش براساس عملکرد در هر دو شرایط می‌تواند ژنوتیپ‌های پرمحصول و با پایداری عملکرد خوب را حاصل نماید (جدول ۴). همچنین با بررسی وضعیت همبستگی بین شاخصها با یکدیگر و با دو صفت (Yp)(Ys) مشخص گردید که شاخصهای GMP و STI بهتر از سایر شاخص‌ها توانستند ژنوتیپ‌های گروه A را از سایر گروهها مشخص نمایند [نتایج با یافته‌های فرناندز (۱۹۹۲) و ایزانلو

جدول ۳- برآورد میزان حساسیت با تحمل ژنوتیپ‌ها توسط شاخصهای مختلف تحمل به تنش خشکی

میانگین حسابی	شاخص تحمل	میانگین هندسی	میانگین هارمونیک	شاخص تحمل به تنش	شاخص حساسیت به تنش	عملکرد در شرایط بدون تنش	عملکرد در شرایط تنش	ژنوتیپ
MP	TOL	GMP	HARM	STI	SSI	$Y_p$	$Y_s$	
۱/۳۳۷	۰/۱۰۵	۱/۳۳۶	۱/۳۵	۰/۹۸۲	-۰/۲۴۱	۱/۳۹	۱/۲۸۵	۱
۱/۰۴۳	۰/۳۱۲	۱/۰۳۱	۱/۲۰	۰/۵۸۵	-۰/۸۳۰	۱/۲۰	۰/۸۷۷	۲
۱/۱۱۷	۰/۰۶۵	۱/۱۱۷	۱/۱۶	۰/۶۸۶	-۰/۱۸۰	۱/۱۵	۱/۰۸۵	۳
۱/۳۰۵	۰/۱۶۵	۱/۲۶۳	۱/۲۴	۰/۸۷۸	۱/۲۷۲	۱/۶۳	-۰/۹۸۰	۴
۱/۱۸۸	۰/۴۴۲	۱/۱۶۷	۱/۴۷	۰/۷۵۰	۱/۰۰۱	۱/۴۱	-۰/۹۶۷	۵
۱/۰۲۱	۰/۵۹۷	-۰/۹۷۶	۰/۳۳	۰/۵۲۴	۱/۴۴۴	۱/۳۲	-۰/۷۲۲	۶
-۰/۹۱۸	۰/۴۴۲	-۰/۸۹۱	-۰/۸۶۵	۰/۴۳۷	۱/۲۳۸	۱/۱۴	-۰/۶۹۷	۷
۱/۱۵۴	۰/۳۷۱	۱/۱۳۹	۱/۱۲۴	۰/۷۱۳	-۰/۸۸۴	۱/۳۴	-۰/۹۶۸	۸
-۰/۹۳۵	۰/۶۲۹	-۰/۸۸۰	-۰/۸۲۹	۰/۴۲۶	۱/۶۰۶	۱/۲۵	-۰/۶۲۰	۹
۱/۱۲۱	۰/۲۱۶	۱/۱۱۶	۱/۱۱۱	۰/۶۸۵	-۰/۵۶۱	۱/۲۳	۱/۰۱۳	۱۰
۱/۲۳۰	۰/۷۲۰	۱/۱۷۶	۱/۱۲۴	۰/۷۶۰	۱/۴۴۴	۱/۵۹	-۰/۸۷۰	۱۱
-۰/۹۴۵	۰/۱۴۹	-۰/۹۴۲	-۰/۹۳۹	۰/۴۸۸	-۰/۴۶۶	۱/۰۲	-۰/۸۷۱	۱۲
-۰/۵۰۶	۰/۰۴۶	-۰/۵۰۶	-۰/۵۰۵	۰/۱۴۰	-۰/۲۷۹	۰/۵۳	-۰/۴۸۳	۱۳
۱/۲۷۵	۰/۱۲۹	۱/۲۷۳	۱/۲۷۲	۰/۸۹۲	-۰/۳۰۷	۱/۳۴	۱/۲۱۱	۱۴
-۰/۸۴۷	۰/۲۸۴	-۰/۸۳۵	-۰/۸۲۳	۰/۳۸۴	-۰/۹۱۶	۰/۹۹	-۰/۷۰۵	۱۵
۰/۹۳	۰/۰۷۴	-۰/۹۳۲	۰/۹۳۱	۰/۴۷۷	-۰/۲۴۵	۰/۹۷	-۰/۸۹۵	۱۶
۱/۱۶۹	۰/۹۶۰	۱/۰۶۶	-۰/۹۷۲	۰/۶۲۵	۱/۸۵۷	۱/۶۵	-۰/۶۸۹	۱۷
۱/۰۲۲	۰/۴۳۴	-۰/۹۹۹	-۰/۹۷۶	۰/۵۴۹	۱/۱۱۸	۱/۲۴	-۰/۸۰۵	۱۸
۱/۱۹۵	۰/۶۶۹	۱/۱۴۷	۱/۱۰۱	۰/۷۲۴	۱/۳۹۶	۱/۵۳	-۰/۸۶۰	۱۹
۱/۱۲۴	۰/۴۵۲	۱/۱۰۱	۱/۰۷۸	۰/۶۶۶	۱/۰۶	۱/۳۵	-۰/۸۹۸	۲۰
۱/۱۹۶	۰/۱۰۷	۱/۱۹۵	۱/۱۹۴	۰/۷۸۵	-۰/۲۷۳	۱/۲۵	۱/۱۴۳	۲۱
-۰/۷۳۵	۰/۲۰۹	-۰/۷۲۸	۰/۸۲	۰/۲۹۱	-۰/۷۹۳	۰/۸۴	-۰/۶۳۱	۲۲
۱/۰۳۰	۰/۶۹۹	-۰/۹۶۹	-۰/۹۱۱	۰/۵۱۶	۱/۶۱۶	۱/۳۸	-۰/۶۸۱	۲۳
۱/۰۱۸	۰/۵۶۴	-۰/۹۷۸	-۰/۹۳۹	۰/۵۲۶	۱/۳۸۴	۱/۳۰	-۰/۷۲۶	۲۴
۱/۲۹۹	۰/۴۶۱	۱/۲۷۸	۱/۲۵۸	۰/۸۹۹	-۰/۹۶۲	۱/۵۳	۱/۰۶۸	۲۵
۱/۱۳۵	۰/۴۶۹	۱/۱۱۱	۱/۰۸۷	۰/۶۷۸	۱/۰۹۲	۱/۳۷	-۰/۹۰۱	۲۶
۱/۲۵۵	۰/۴۰۹	۱/۲۳۸	۱/۲۲۲	۰/۸۴۳	-۰/۸۹۳	۱/۴۶	۱/۰۵۱	۲۷
۱/۴۶۱	۰/۶۳۷	۱/۴۲۶	۱/۳۹۲	۱/۱۱۹	۱/۱۴۱	۱/۷۸	۱/۱۴۳	۲۸
۱/۰۹۶	۰/۴۸۶	۱/۰۶۹	۱/۰۴۲	۰/۶۲۹	۱/۱۵۸	۱/۳۴	-۰/۸۵۳	۲۹
۱/۱۵۶	۰/۴۰۶	۱/۱۳۸	۱/۱۲۱	۰/۷۱۳	-۰/۹۵۳	۱/۳۶	-۰/۹۵۳	۳۰
۱/۳۴۵	۰/۸۸۹	۱/۲۶۹	۱/۱۹۸	۰/۸۸۷	۱/۵۸۴	۱/۷۹	-۰/۹۰۱	۳۱
۱/۱۳۴	۰/۳۱۱	۱/۱۲۳	۱/۱۱۲	۰/۶۹۴	-۰/۷۷۰	۱/۲۹	-۰/۹۷۸	۳۲
۱/۱۳۹	۰/۶۰۱	۱/۰۹۸	۱/۰۵۹	۰/۶۶۴	۱/۳۳۲	۱/۴۴	-۰/۸۲۸	۳۳
-۰/۹۴۸	۰/۲۲۴	-۰/۹۴۱	-۰/۹۳۴	۰/۴۸۷	-۰/۶۷۴	۱/۰۶	-۰/۸۲۶	۳۴
۱/۶۴۴	۰/۶۹۱	۱/۶۰۷	۱/۵۷۱	۱/۴۲۱	۱/۱۰۸	۱/۹۹	۱/۲۹۸	۳۵
۱/۲۹۸	۰/۷۰۲	۱/۲۵۰	۱/۲۰۳	۰/۸۵۹	۱/۳۵۸	۱/۶۵	-۰/۹۴۷	۳۶
۱/۳۰۹	۰/۵۲۱	۱/۲۸۳	۱/۲۵۷	۰/۹۰۵	۱/۰۵۹	۱/۵۷	۱/۰۴۸	۳۷
۱/۲۵۳	۰/۷۱۲	۱/۲۰۲	۱/۱۵۲	۰/۷۹۴	۱/۴۱۲	۱/۶۱	-۰/۸۹۷	۳۸
-۰/۹۷۵	۰/۴۰۹	-۰/۹۵۳	-۰/۹۳۲	۰/۵۰۰	۱/۱۰۵	۱/۱۸	-۰/۷۷۱	۳۹
-۰/۹۳۵	۰/۴۲۹	-۰/۹۱۰	-۰/۸۸۶	۰/۴۵۶	۱/۱۹۰	۱/۱۵	-۰/۷۲۱	۴۰
۱/۰۸۴	۰/۳۱۱	۱/۰۷۳	۱/۰۶۱	۰/۶۳۳	-۰/۸۰۱	۱/۲۴	-۰/۹۲۸	۴۱
۱/۱۰۹	۰/۴۴۱	۱/۰۸۷	۱/۰۶۵	۰/۶۴۹	۱/۰۵۹	۱/۳۳	-۰/۸۸۸	۴۲
۱/۴۸۳	۰/۶۹۳	۱/۴۴۲	۱/۴۰۲	۱/۱۴۴	۱/۲۰۸	۱/۸۳	۱/۱۳۷	۴۳
۱/۱۸۴	۰/۱۹۱	۱/۱۸۰	۱/۱۷۶	۰/۷۶۶	-۰/۴۷۷	۱/۲۸	۱/۰۸۸	۴۴
-۰/۹۵۲	۰/۵۵۵	-۰/۹۱۰	-۰/۸۷۱	۰/۴۵۶	۱/۴۴۱	۱/۲۳	-۰/۶۷۴	۴۵
۱/۱۵۱	۰/۴۱۸	۱/۱۳۱	۱/۱۱۳	۰/۷۰۴	-۰/۹۸۰	۱/۳۶	-۰/۹۴۲	۴۶
۱/۳۸۳	۰/۳۱۳	۱/۳۷۴	۱/۳۶۵	۱/۰۳۸	-۰/۶۴۹	۱/۵۴	۱/۲۲۶	۴۷
۱/۴۴۱	۰/۱۹۸	۱/۴۳۷	۱/۴۳۴	۱/۱۳۶	-۰/۴۱۰	۱/۵۴	۱/۳۴۲	۴۸
۱/۱۶۵	-۰/۱۱۰	۱/۱۶۳	۱/۱۶۲	۰/۷۴۵	-۰/۳۱۷	۱/۱۱	۱/۲۲۰	۴۹

جدول ۴- ضرایب همبستگی ساده بین شاخصهای تحمل و صفات موثر و مرتبط با خشکی

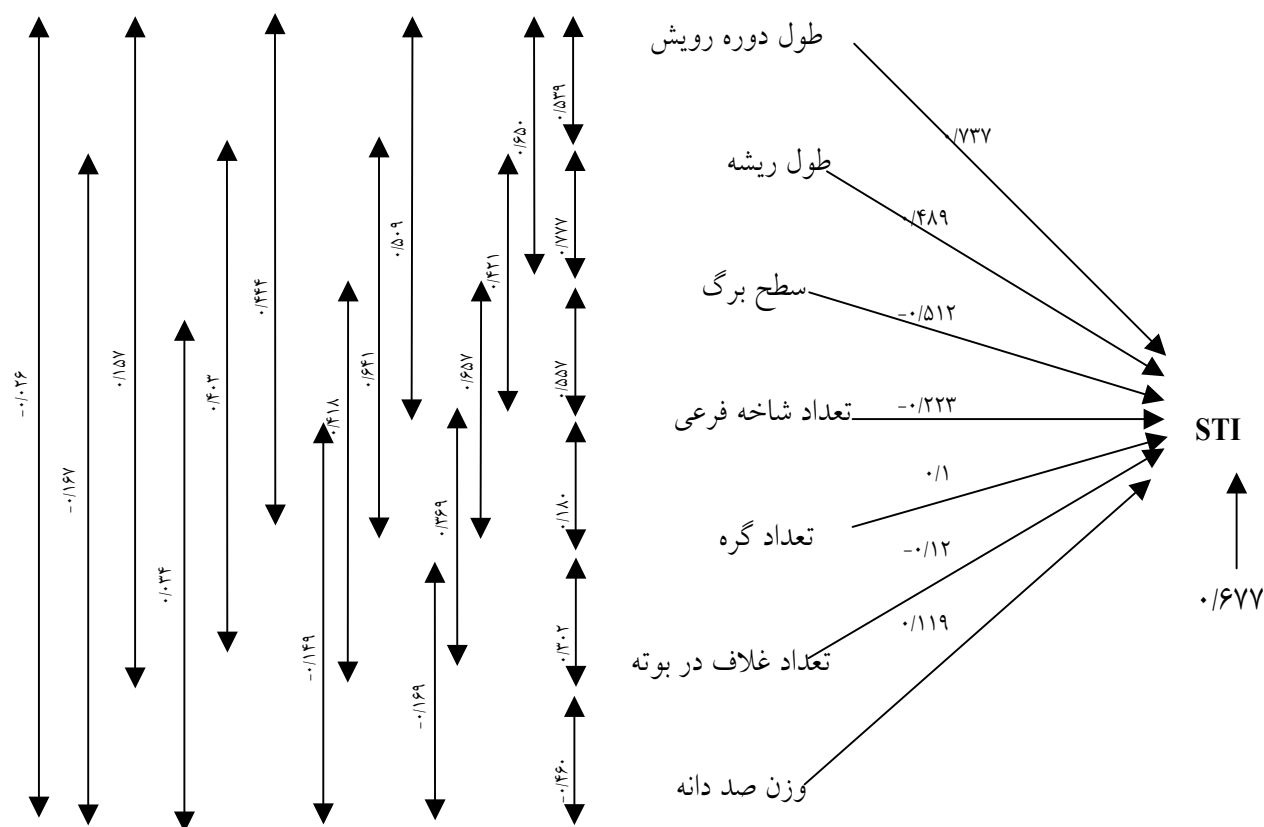
وزن صد دانه	غلظت در بوته	تعداد غلاف در بوته	تعداد شاخه فرعی	سطح برگ	طول ریشه	روز تا پایان گلدهی	طول دوره رویش	روز تا رسیدن	SSI	STI	HARM	GMP	TOL	MP	Ys	Yp	Yp
-	-۰/۴۶۰**	-۰/۱۴۹	-۰/۱۴۹	۰/۰۳۴	-۰/۱۶۷	-۰/۰۲۶	-۰/۰۲۶	-	-۰/۰۴۴	-۰/۱۱۴	-	-	-	۰/۰۷۵	-۰/۴۹۳**	۰/۴۸۱**	Yp
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ys
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	MP
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	TOL
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	GMP
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	HARM
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	STI
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	SSI
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	روز تا رسیدن
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	طول دوره رویش
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	روز تا پایان گلدهی
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	طول ریشه
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	سطح برگ
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	تعداد شاخه فرعی
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	تعداد گره
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	تعداد غلاف در بوته
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	وزن صد دانه

\* و \*\* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد.



جدول ۵- اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات مؤثر شاخص تحمل به تنش (STI)

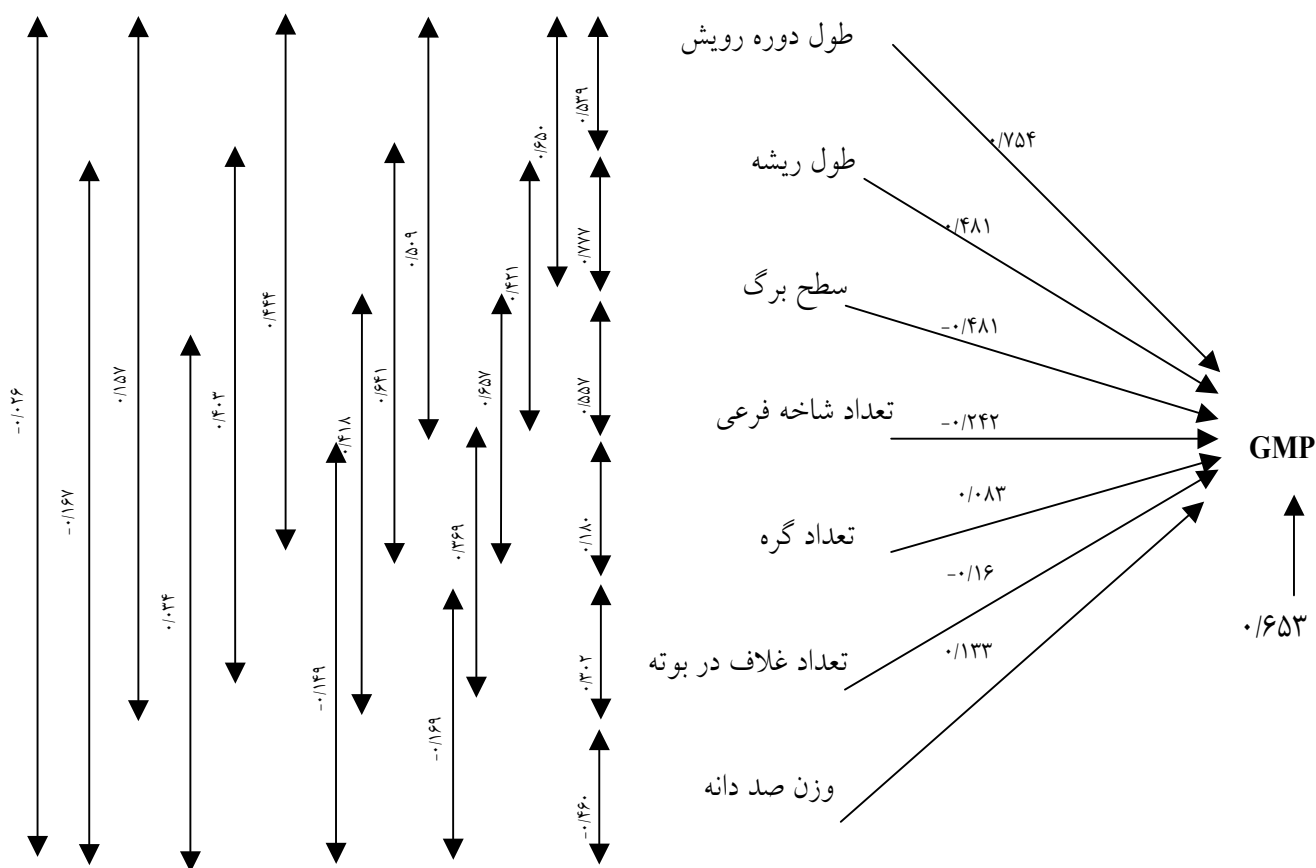
شاخص تحمل به تنش STI	وزن صد دانه	تعداد غلاف در بوته	تعداد گره	تعداد شاخه فرعی	سطح برگ	طول ریشه	طول دوره رویش	
۰/۵۷۸	-۰/۰۰۴	-۰/۰۱۹	۰/۰۴۴	-۰/۱۱۴	-۰/۳۳۳	۰/۲۶۳	۰/۷۳۷	طول دوره رویش
۰/۳۹۱	-۰/۰۰۲	-۰/۰۴۹	۰/۰۶۴	-۰/۰۹۴	-۰/۳۹۸	۰/۴۸۹	۰/۳۹۷	طول ریشه
۰/۲۴۴	۰/۰۰۴	-۰/۰۰۵	۰/۰۶۵	-۰/۱۲۵	-۰/۵۱۲	۰/۳۸	۰/۴۷۹	سطح برگ
۰/۰۲۹	-۰/۰۱۸	-۰/۰۴۵	۰/۰۱۸	-۰/۲۲۳	-۰/۲۸۶	۰/۲۰۶	۰/۳۷۵	تعداد شاخه فرعی
۰/۳۰۸	-۰/۰۲۱	-۰/۰۳۷	۰/۱	-۰/۰۴۱	-۰/۳۳۷	۰/۳۱۳	۰/۳۲۷	تعداد گره
-۰/۱۲۸	-۰/۰۵۵	-۰/۱۲	۰/۰۳	-۰/۰۸۳	-۰/۲۱۴	۰/۱۹۷	۰/۱۱۵	تعداد غلاف در بوته
۰/۰۷۱	۰/۱۱۹	۰/۰۵۴	-۰/۰۱۷	۰/۰۳۳	-۰/۰۱۸	-۰/۰۸۲	-۰/۰۰۲	وزن صد دانه



شکل ۱- تجزیه علیت صفات مؤثر بر شاخص تحمل به تنش (STI)

جدول ۶- اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات مؤثر بر شاخص میانگین هندسی (GMP)

شاخص میانگین هندسی GMP	وزن صد دانه	تعداد غلاف در بوته	تعداد گره	تعداد شاخه فرعی	سطح برگ	طول ریشه	طول دوره رویش	
۰/۵۸۷	-۰/۰۰۴	-۰/۰۲۶	۰/۰۳۶	-۰/۱۲۳	-۰/۳۱۳	۰/۲۵۹	۰/۷۵۴	طول دوره رویش
۰/۳۷۹	-۰/۰۲۳	-۰/۰۶۵	۰/۰۵۳	-۰/۱۰۲	-۰/۳۷۴	۰/۴۸۱	۰/۴۰۶	طول ریشه
۰/۲۴۱	۰/۰۰۴	-۰/۰۶۷	۰/۰۵۴	-۰/۱۳۵	-۰/۴۸۱	۰/۳۷۴	۰/۴۹	سطح برگ
۰/۰۱۴	-۰/۰۰۲	-۰/۰۵۹	۰/۰۱۴	-۰/۲۴۲	-۰/۲۶۸	۰/۲۰۲	۰/۳۸۳	تعداد شاخه فرعی
۰/۲۹۶	-۰/۰۲۳	-۰/۰۴۹	۰/۰۸۳	-۰/۰۴۴	-۰/۳۱۶	۰/۳۰۸	۰/۳۳۴	تعداد گره
-۰/۱۷۳	-۰/۰۶۲	-۰/۱۶	۰/۰۲۵	-۰/۰۸۹	-۰/۲۰۱	۰/۱۹۴	۰/۱۱۸	تعداد غلاف در بوته
۰/۱۱۲	۰/۱۳۳	۰/۰۷۳	-۰/۰۱۵	۰/۰۳۵	-۰/۰۱۷	-۰/۰۸۱	-۰/۰۲	وزن صد دانه



شکل ۲- تجزیه علیت صفات مؤثر بر شاخص میانگین هندسی (GMP)

از تغییرات کل داده‌ها را بیان نمودند لذا ترسیم بای پلات براساس این دو مؤلفه صورت پذیرفت. از آنجائیکه مؤلفه اول تغییراتی را دربرمی‌گیرد که توسط مؤلفه دوم تبیین نمی‌شود و بالعکس لذا می‌توان تغییرات دو مؤلفه را به صورت عمود برهم نمایش داد به گونه‌ای که ژنوتیپ‌ها براساس این دو مؤلفه در سطح نمودار با نقاطی مشخص گردند. در این تحقیق اولین مؤلفه ۷۲/۱۲ درصد از تغییرات کل داده‌ها را بیان نمود و همبستگی مثبت و بالایی با  $Y_p$ ,  $Y_s$ ,  $MP$ ,  $GMP$ ,  $HARM$  و  $STI$  داشت از این بابت بنام «مؤلفه پتانسیل و پایداری عملکرد و تحمل به خشکی» نامگذاری گردید. با توجه به اینکه میزان بالای این شاخص‌ها برای ما مطلوب است بنابراین بر روی بای پلات حاصله اگر به مقادیر مثبت و بالای این مؤلفه توجه نماییم، می‌توانیم ژنوتیپ‌هایی را که دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و غیرتنش و شاخص‌های  $MP$ ,  $GMP$ ,  $HARM$  و  $STI$  بالا می‌باشند را انتخاب کنیم. دومین مؤلفه ۲۶/۲۷ درصد از کل تغییرات داده‌ها را بیان نمود و همبستگی منفی بالا با  $Y_s$  همبستگی مثبت بالا با  $TOL$  و  $SSI$  و تاحدودی  $Y_p$  داشت. از این رو بنام «مؤلفه حساسیت به تنش خشکی و پایداری عملکرد» نامگذاری گردید. این مؤلفه می‌تواند ژنوتیپ‌های با پایداری عملکرد پایین و پتانسیل عملکرد متوسط را انتخاب کند و از آنجا که مقادیر کم  $TOL$  و  $SSI$  برای ما مطلوب است پس اگر در بای پلات حاصله نواحی با میزان پایین این مؤلفه را در نظر بگیریم، می‌توانیم ژنوتیپ‌های با  $Y_s$  بالا و  $TOL$  و  $SSI$  پایین را انتخاب کنیم. براساس دو مؤلفه فوق بای پلات حاصله ترسیم گردید (شکل ۳) به طوری که ژنوتیپ‌ها در درون گروه‌های مشخص قرار گرفتند که ارتباط آنها با عملکردهای تنش و غیرتنش و شاخص‌های مورد بحث به خوبی مشهود است. همانگونه که در (شکل ۳) ملاحظه می‌گردد ژنوتیپ‌های (Bonus:1) ( $Hobbit \times S.R.F_{450}$ : Line 29: 44) ( $Hobbit \times S.R.F_{450}$ : Line 10: 10) ( $A3237$ : 32) ( $Hobbit \times S.R.F_{450}$ : Line 14: 20) ( $L.D.3$ : 42) ( $Sloan$ : 26) ( $Hobbit \times S.R.F_{450}$ : Line 23: 30) ( $Union$ : 27) ( $Kador$ : 25) ( $M.4$ : 37) ( $Williams$ : 28) ( $L.17$ : 35) که در ناحیه پتانسیل و پایداری عملکرد و تحمل به خشکی (قسمت پایین سمت راست شکل ۳) و ژنوتیپ‌های ( $Dawson$ : 39) ( $Hobbit$ : 18)

مثبت از طریق سایر صفات که در نهایت باعث مثبت شدن اثر نهایی آن روی دو شاخص مذکور شده نتیجه می‌شود که با کاهش سطح برگ و کم کردن اثر مستقیم منفی آن می‌توان شاهد اثر نهایی مثبت بیشتری از نظر این صفت روی شاخص‌های مذکور بود.

اگر قصد بررسی بیش از سه متغیر مورد نظر باشد (همه شاخص‌ها با عملکردهای شرایط تنش و غیرتنش)، بای پلات که در واقع یک شکل نمایشی چندمتغیره می‌باشد ابزار سودمندی است. برای این منظور با داشتن جدولی شامل ژنوتیپ‌ها و شاخص‌های مختلف حساسیت و تحمل به خشکی (جدول ۳) می‌توان روابط بین ژنوتیپ‌ها و شاخص‌ها را در یک شکل واحد ترسیم نمود و به سادگی ساختار چنین ماتریس بزرگ دو طرفه را مورد ارزیابی نظری قرار داد. ذکر این نکته ضروری است که با توجه به محاسبه شدت تنش بر اساس رابطه:

$$SI = 1 - \left[ \frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p} \right]$$

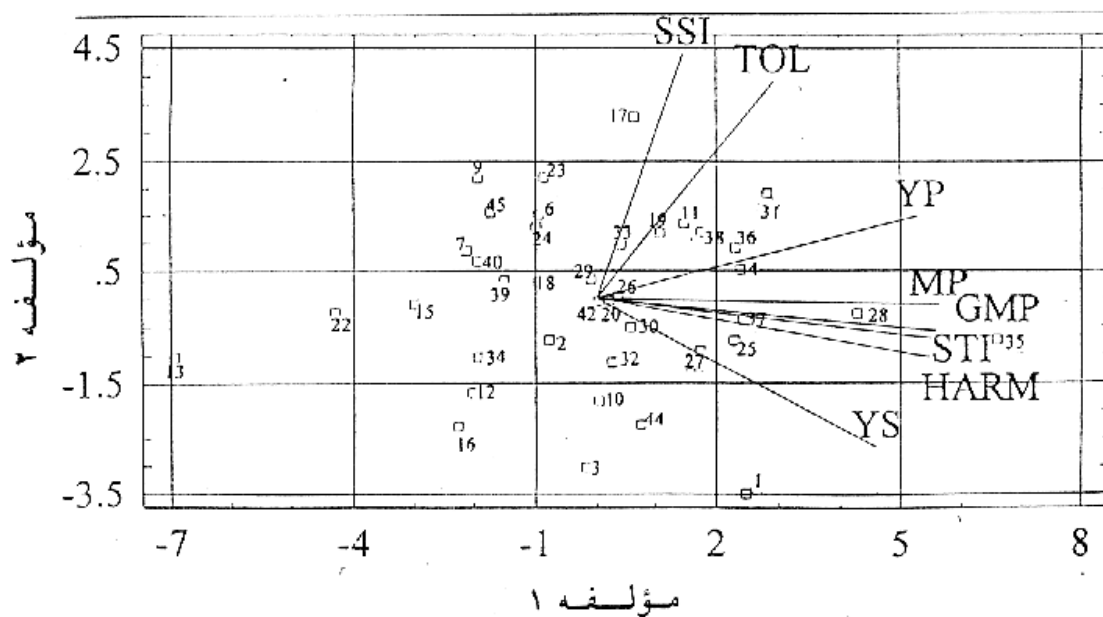
برای هر یک از گروه‌های رسیدگی (I,II,III) (IV,V,VI) به طور جداگانه، به ترتیب ۰/۳۳۸۳، ۰/۳۴۴۲ و ۰/۲۰۵۸ بدست آمد و این نتیجه مقادیر گردید که ژنوتیپ‌های گروه رسیدگی IV به بالا دچار تنش خشکی کمتری نسبت به گروه‌های I، II و III گردیده‌اند. که این پدیده ناشی از آن است که پایان گلدهی و شروع دوره پر شدن غلاف‌های گروه‌های دیررس مصادف با اواخر فصل گرما و کاهش میزان تبخیر گردید [ که نتایج قریبی و همکاران (۱۹۷۱)، پترسون و همکاران (۱۹۷۹) و کرو و دیوید (۱۹۸۵) در مورد حساسیت دوره پر شدن غلاف به خشکی نیز مؤید این مطلب می‌باشند]. دوم آنکه در دوره پر شدن غلاف تا رسیدگی این ارقام دیررس سه مرتبه بارندگی قابل توجه مجموعاً (۶/۶ میلی‌متر) صورت پذیرفت لذا در اینجا صرفاً نتایج بای پلات ۳۹ ژنوتیپ از گروه‌های زودرس که دوره پر شدن غلاف در آنها مصادف با گرمترین زمان و بیشترین تبخیر بوده ارائه می‌گردد. در این مورد پس از انجام تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر روی شش شاخص و دو صفت  $Y_p$  و  $Y_s$  در ۳۹ ژنوتیپ از گروه‌های زودرس همانگونه که در (جدول ۷) ملاحظه می‌گردد دو مؤلفه اول با داشتن مقادیر ویژه بزرگتر از یک مجموعاً ۹۹/۳۹ درصد

پایداری عملکرد و تحمل به خشکی واقع شده‌اند و از مقادیر STI و GMP بالایی برخوردارند متحمل و ژنوتیپ‌های (Line<sub>10</sub>: Hobbit×S.R.F<sub>450</sub>) (Line<sub>14</sub>: Hobbit×S.R.F<sub>450</sub>) (Sloan : ۲۶) (A3237 : ۳۲) (L.D.3 : ۴۲) که در مرز بین دو ناحیه پتانسیل و پایداری عملکرد و تحمل به خشکی بالا و پایین تا نواحی مرکزی (مرز بین ربع پایین سمت راست و ربع پایین سمت چپ شکل ۳) واقع شده‌اند و مقادیر STI و GMP آنها نیز نسبت به هشت ژنوتیپ مذکور کمتر بوده است ، به عنوان نیمه متحمل شناسایی گردیدند] این نتایج با یافته‌های فرناندز (۱۹۹۳) و ایزانلو (۱۳۸۱) که نشاندهنده برتری دو شاخص STI و GMP در جداسازی ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد و تحمل بالا است، مطابقت دارد].

(Line<sub>15</sub>: Hobbit×S.R.F<sub>450</sub>) (۲۹) (S.R.F)(۴۰: L.D.9) (۲۴) (Line<sub>9</sub>: Hobbit×S.R.F<sub>450</sub>) (۷) (Calland : ۶) (Harasoy : ۴۵) (Corsoy : ۹) (Steel : ۲۳) در ناحیه حساسیت به تنش خشکی و عملکرد پایین ( قسمت بالا سمت چپ شکل ۳ ) قرار گرفته‌اند و این عکس‌العمل‌های متفاوت نشانگر تنوع ژنتیکی ژنوتیپها نسبت به شرایط خشکی می‌باشد . با توجه به اینکه گفتیم دو شاخص GMP و STI به خاطر همبستگی مثبت بالا و یکسان با عملکرد هر دو شرایط تنش و غیرتنش به عنوان بهترین شاخصها معرفی گردیدند . با بررسی و مقایسه مقادیر بدست آمده این دو شاخص راجع به هریک از ژنوتیپ‌ها و نتایج حاصله از ( شکل ۳) ، در نهایت هشت ژنوتیپ (Bonus : ۱) (Kador : ۲۵) (Union: ۲۷) (Williams: ۲۸) (Line<sub>23</sub>:S.R.F<sub>450</sub>×Hobbit) (۳۰: L.17) (۳۵: M.4) (۳۷)

جدول ۷- بردارها و مقادیر ویژه برای شش شاخص تحمل به خشکی در ۳۹ ژنوتیپ از گروه‌های زودرس سویا

شاخص‌های مورد مطالعه										
مؤلفه	مقادیر ویژه	سهم تجمعی	SSI	STI	HARM	GMP	TOL	MP	Y <sub>s</sub>	Y <sub>p</sub>
۱	۵/۷۶۹	۷۲/۱۲۴	۰/۱۰۷	۰/۴۰۷	۰/۴۰۴	۰/۴۱۲	۰/۲۱۵	۰/۴۱۵	۰/۳۳۸	۰/۳۹۲
۲	۲/۱۸۱	۹۹/۳۹۰	۰/۶۴۹	-۰/۱۰۵	-۰/۱۵۴	-۰/۰۸۷	۰/۵۷۷	-۰/۰۱۷	-۰/۳۹۰	۰/۲۲۳



شکل ۳- نمایش بای پلات شش شاخص تحمل به خشکی در ۳۹ ژنوتیپ از گروه های زود رس سویا بر اساس مؤلفه های اول و دوم

## REFERENCES

## مراجع مورد استفاده

۱. ایزانلو، ع، ح. زینالی خانقاه، ع. حسین زاده و ن. مجنون حسینی. ۱۳۸۱. تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی در ارقام تجارتهی سویا. چکیده مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج، موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج.
۲. جلیلیان، ع و ن، خدابنده. ۱۳۷۷. بررسی اثرات تنش خشکی در مراحل رشد زایشی بر عملکرد و اجزاء عملکرد سویا. چکیده مقالات پنجمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج.
۳. دانشیان، ج.، ق. نورمحمدی. و پ، جنوبی. ۱۳۸۱. بررسی واکنش سویا به تنش خشکی و مقادیر مختلف فسفر. چکیده مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر.
۴. یزدی صمدی، ب و س. عبد میثانی. ۱۳۷۰. اصلاح نباتات زراعی. مرکز نشر دانشگاهی دانشگاه تهران. ص ۱۰۲.
5. Gure, J. D., C. David, Jr. R. P. Patterson, & W. P. Robarge. 1985. Dinitrogen fixation in Soybean in response to leaf water stress and seed growth rate. *Crop Sci* .25:52-58.
6. FAO. Yield response to water. 1979. Irrigation and drainage. Paper 33 :137-140.
7. Fernandez, G. C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance . In proceeding of on the sympo. Taiwan, 13-16 Aug.1992. by C .G .Kuo.Publisher: AVRDC.
8. Fischer, R. A. & R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars . I.Grain yield responses . *Aust.J. Agric. Res.* 29:897-912.
9. Ghorashy, S. R., J. W. pandleton, D. B. Peters, J. S. Boyer, & J. E.Beuerlein. 1971. Internol water stress and apparent photosynthesis with Soybean differing in pubescence. *Agron. J.* 63:674-676.
10. Pantalone, V. R., J. W. Burton, & J. R. Carter-Te. 1996. Soybean fibrous root heritability and genotypic correlations with agronomic and seed quality triats. *Crop Sci.* 36(5): 1120-1125.
11. Patterson, R. P., C. S. D. Raper, & H.D. Gross. 1979. Growth and specific nodule activity of Soybean during application and recovery of a leaf moisture stress. *Plant Physio.*64:551-556 .
12. Rosielle, A. T. & J. Hambelen.1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop. Sci.* 21: P: 493.

## **An Investigation of Drought Tolerance Indices in Some Soybean Genotypes under Restricted Irrigation Conditions**

**S. M. A. KARGAR<sup>1</sup>, M. R. GHANNADHA<sup>2</sup>, R. BOZORGI-POUR<sup>3</sup>,  
A. A. KHAJE AHMAD ATTARI<sup>4</sup> AND H. R. BABAEI<sup>5</sup>**  
**1, 2, Former Graduate Student, Associate Professor, Faculty of Agriculture,  
University of Tehran, 3, 4, 5, Associate Professor, Assistant Professor and  
Researcher, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran**  
**Accepted Oct. 1, 2003**

In order to study the most effective traits as well as drought tolerance indices and to introduce tolerant soybean genotypes in drought conditions, 49 soybean genotypes were evaluated in a simple lattice design at the SPII research farm in year 1999. Two levels of irrigation with 18 day (drought stress) and 8 day (control) intervals were considered after flowering in the 49 genotypes. In the experiment some traits such as days to the end of flowering, days to maturity, vegetative growth duration, plant height, root length, leaf area mean, number of nodes, branches, and pods, yield per plot, one hundred grain weight, oil, as well as protein percent were evaluated. The results showed that three traits of yield per plot, plant height and number of pods per plant diminished under drought stress conditions. Yield reduction was due to flower abortion under drought stress treatment which had lead to the number of pods and grains being reduced per plant. The calculated correlation coefficients as well as tolerance indices (TOL, SSI, HARM, MP, GMP and STI) showed STI and GMP were the best indices for selection of tolerant genotypes. The biplot display of 39 early maturing genotypes which acquired the most stress as well as comparison of GMP and STI indices in each genotype indicated eight tolerant genotypes namely, Bonus, Kador, Union, Willams, line<sub>23</sub> S.R.F<sub>450</sub> \* Hobbit, L.17, M.4, Line<sub>29</sub> S.R.F<sub>450</sub> \* Hobbit.

**Key words:** Drought stress, Soybean, Tolerance, Tolerance idices.