دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

ارزیابی ژنوتیپ‌های سویا (*Glycin max* L.) در شرایط تنش خشکی و نرمال با استفاده از شاخص کل رتبه‌بندی صفات

سید حمید یاهوئیان[۱] و پویا آروین[۲]

۱- گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، (نویسنده مسوول: hamidyahoueian@gmail.com)
۲- استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۷/۳/۱۳

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی برروی سویا، آزمایشی دو مرحله‌ای با تعداد ۲۵ ژنوتیپ سویا در قالب طرح لاتیس ساده ۵×۵ در دو تکرار و دو آزمایش تنش و نرمال در شهرستان بجنورد اجرا شد و سپس برای بررسی فاکتورهای جوانه‌زنی، آزمایش فاکتوریلی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه انجام گردید. اعمال تنش در شرایط مزرعه پس از استقرار کامل گیاه و از مرحله دو برگی (V_2) به صورت دور آبیاری شروع شد و برای آزمایشات جوانه‌زنی در دو سطح نرمال و تنش خشکی در سطح ۹- بار با سه تکرار و در قالب طرح کاملا تصادفی انجام شد. نتایج نشان داد از میان ۲۰ صفت اندازه‌گیری شده در شرایط مزرعه، بیشترین درصد کاهش اجزای عملکرد مربوط به بیوماس با ۳۲/٦٪ ، تعداد دانه در بوته با ۲٦/٦٪، بود. همچنین تنش باعث کاهش ٤٦/۷ درصدی عملکرد در هکتار و عملکرد تک بوته با ۳۵/۲٪ شد. به طوری‌که بیشترین کاهش عملکرد با ٦۹/۹ درصد مربوط به ژنوتیپ Korona بود و ژنوتیپ Capital با ۱۰/۷ درصد، کمترین کاهش در عملکرد را شاهد بود. در شرایط آزمایشگاهی، طول ساقه‌چه با ۸۳/۳٪، شاخص بنیه طولی با ۸۰/٤٤٪ بیشترین کاهش معنی‌دار را نشان دادند. از نظر مجموع رتبه درصد تغییرات صفات (TRI)، ژنوتیپ‌های Capital، Chaleston و Jame×Williams به تنش خشکی‌مقاوم‌تر بودند این درحالی است که ژنوتیپ‌های Korona و Amurska حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها بود. رتبه‌بندی توسط دو روش SDI و TRI انجام شد و آزمون ناپارامتری مان ویتنی تفاوت معنی‌داری را بین رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها در این دو روش نشان نداد.

واژه‌های کلیدی: سویا، تنش خشکی، جوانه‌زنی، شاخص TRI

مقدمه

تولید در یک گیاه برگرفته از ریخته ارثی آن و اثرات محیط است و پاسخ گیاه به محیط و همچنین اثرات محیط بروی گیاه می‌تواند در میزان تولید آن تأثیر گذار باشد که از جمله محدودیت‌های محیطی، تنش‌های شوری و خشکی است که می‌توانند عملکرد را تا حدود ۵۰٪ کاهش دهد، همچنین این تنش‌ها فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیک و مورفولوژیک را تحت تأثیر قرار می‌دهند. از حدود ۹۳۰ میلیون هکتار زمین کشاورزی در جهان، ۲۰٪ از خشکی و شوری تأثیر می‌بینند (۱۳) و در این میان کمبود آب مهم‌ترین عاملی است که به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک جهان به طرق مختلف باعث محدودیت کاشت و کاهش محصولات غذایی می‌شود. اگرچه همه تنش‌های زنده و غیرزنده از عوامل مهم کاهش تولید محسوب می‌گردند (۱۰)، خشکی یکی از مهمترین تنش‌های غیر زنده در گیاهان است. این تنش یکی از بزرگترین کاهش‌دهندگان عملکرد گیاهان بوده و محدوده توزیع طبیعی گیاهان را مشخص می‌کند. تنش خشکی اثر تنش‌های دیگر را نیز تشدید و یا باعث به وجود آمدن آن‌ها می‌شود (۶). یکی از راه‌های مقابله با این مشکل، تولید گیاهان متحمل به تنش خشکی است که می‌تواند کاهش عملکرد را به حداقل برساند و باعث افزایش تولید غذا در جهان شود (۲۴). استفاده از ارقام پرمحصول و مقاوم به خشکی در محصولات زراعی یکی از راهکارهای مؤثری است که در تلفیق سایر روش‌های مدیریت کم آبی می‌تواند تأثیر این پدیده را به حداقل برساند (۴). گیاهان دارای مکانیسم‌هایی هستند که اجازه تطبیق با شرایط محیطی را به آنها می‌دهد تا از دوره‌های خشکی نجات یابند. این مکانیسم‌ها ممکن است در برخی از مراحل رشدی و یا فقط در برخی گونه‌های گیاهی دیده شود (۶). سویا، یکی از گیاهان روغنی مهم در ایران است که به دلایل اقلیم نیمه خشک کشور، قرارگیری در الگوی زراعی به عنوان کشت دوم و وجود محصولات رقیب در برخی از مراحل رشدی، همواره در معرض تنش‌های کم آبی و کاهش عملکرد قرار دارد (۲۶). بنابراین تحمل خشکی به عنوان یکی از فاکتورهای مهم مرتبط با عملکرد است و در میان گیاهان زراعی سویا از جمله حساس‌ترین گیاهان به کم آبی محسوب می‌شود (۲۴). این موضوع موجب گردیده است یکی از اهداف استراتژیک به‌نژادی معرفی یک یا چند ژنوتیپ سازگار به تنش برای کشت در یک یا چند منطقه باشد (۳۶). از آنجا که قسمت اعظم خاک ایران در اقلیم خشک و نیمه خشک واقع شده است، شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی اهمیت بسزایی در مقابله با این عامل محدودکننده دارد، بدون شک برای پی بردن به ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش خشکی نیاز به ابزاری است، شاخص‌های مقاومت، شکل‌های پراکنش دوبعدی و سه‌بعدی، می‌تواند در شناسایی این ژنوتیپ‌ها مفید واقع شود (۱۸). استراتژی‌های متعددی برای انتخاب رقم مقاوم وجود دارد که هر یک به نوبه خود می‌تواند در انتخاب، کارایی داشته باشد. ساده‌ترین روش انتخاب ارقام مقاوم به خشکی، براساس مقدار عملکرد آن‌ها تحت شرایط تنش خشکی است (۱۱). می‌توان یک ژنوتیپ با عملکرد بالقوه بالا را که دارای صفتی است که عملکرد را در برابر کاهش جدی در اثر تنش خشکی حفاظت می‌کند انتخاب کرد (۲). چنین برآوردی از نظر تعیین مقدار کاهش عملکرد حاصل از تنش بسیار مهم است. به‌علاوه شدت تنش ممکن است انتخاب واریته را

نسبت به ظرفیت عملکردشان تحت تأثیر قرار دهد. همچنین نشان داده شده است که حداقل تا یک درجه معینی از تنش، واریته‌های دارای ظرفیت عملکرد بالا، ممکن است از واریته‌های مقاوم به خشکی، عملکرد بیشتری داشته باشند و ممکن است بالاتر از سطح معینی از تنش عکس این مطلب اتفاق بیفتد (۱۱). این بدان معنی است که ژنوتیپ‌هایی که دارای عملکرد بالا هستند ممکن است در شرایط تنش خفیف هم عملکرد بالاتری از ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی با عملکرد متوسط، داشته باشند اما درصورتی که شدت تنش بیشتر شود عملکرد پایین‌تری را نشان دهند. برای شناسایی ایده‌آل ترین واریته‌های متحمل به خشکی براساس همه شاخص‌ها، میانگینی از رتبه‌بندی به همراه خطای استاندارد آن‌ها از همه شاخص‌های تحمل محاسبه شده و براساس این دو مورد بهترین واریته‌های متحمل به خشکی شناسایی می‌شود (۲۸). این روش توسط فرشادفر و همکاران (۱۲) و خلیلی و همکاران (۱۹) استفاده شد. تعریف انجمن بین‌المللی ISTA[1] (۱۹۹۹) برای بنیه بذر و آزمون بذر عبارتست از مجموعه خصوصیات بذر که میزان و سطح فعالیت و کارکرد بذر و یا توده بذری را در خلال جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه تعیین می‌نمایند. آزمون بنیه بذر به منظور اندازه‌گیری شناسایی عوامل قابل کمی شدن همراه با زوال و پیری بذر انجام می‌گیرد تا تفاوت‌های موجود در پتانسیل عملکرد بذر برای تولید گیاهچه را در بین توده‌های بذری دارای میزان جوانه زنی بالا ارزیابی کند (۷). ارزیابی صفات گیاه در چهار سطحتکاملی، مرفولوژیکی، فیزیولوژیک و متابویکی برای سازگاری به تنش محیطی، یکی از اهداف تحقیقات مربوط به مقاومت به تنش است و تشخیص صفات سازگار به تنش در اصلاح نباتات اهمیت زیادی دارد. بنابراین هدف از انجام این آزمایش بررسی خصوصیات بذر، برخی صفات مرفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد و استفاده از درصد تغییرات این صفات در شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی در سویا است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی صفات و ژنوتیپ‌های سویا در شرایط تنش خشکی دو آزمایش در شرایط مزرعه و آزمایشگاه، در دانشگاه پیام نور بجنورد بر روی ۲۵ ژنوتیپ سویا انجام شد. بذور ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از موسسه اصلاح و تهیه نهال بذر کرج تهیه گردید. هر آزمایش دارای دو سطح تنش خشکی و آبیاری نرمال بود. آزمایش مزرعه‌ای با استفاده از طرح لاتیس ساده ۵×۵ در دو تکرار و دو آزمایش تنش خشکی و آبیاری نرمال انجام گردید و هر ژنوتیپ در دو ردیف ۳ متری کشت شد. فاصله بوته ها بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و روی ردیف ۴ سانتی‌متر و فاصله هر ژنوتیپ با ژنوتیپ کناری شصت سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر کدام از تکرارها نیز یک متر باهم فاصله داشتند. همچنین دو بار وجین دستی و یک بار تنک بوته‌ها برای رسیدن به تراکم ۵۰ بوته در متر مربع انجام شد. مبنای تنش خشکی، دور آبیاری بود و از زمان ۳ برگی شدن بوته‌ها، شروع شد. به طوری که برای آزمایش نرمال به صورت هفتگی و برای شرایط تنش هر دو هفته آبیاری انجام گرفت (۳۴). حجم آب استفاده شده در هر آبیاری توسط کنتوری که ابتدای مسیر قرارداده شده بود چک شد تا در تمام مراحل آبیاری و تمام تکرارها حجم آب داده شده یکسان باشد. در مرحله ۳ برگی به میزان ۲۵ کیلو در هکتار کود ازته به صورت سرک به مزرعه داده شد. برای اندازه‌گیری اجزای عملکرد تعداد ۵ بوته از هر کرت برداشت شده و اندازه‌گیری شد. برای هر آزمایش تجزیه واریانس لاتیس با نرم‌افزار MSAT-c انجام شد و پس از تصحیح داده‌ها در هر کرت ادامه تجزیه واریانس مرکب براساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد تا بتوان مقایسه میانگین صفات در دو شرایط تنش و نرمال را انجام داد (۳). به جهت بررسی اختلاف ژنوتیپ‌ها در دو شرایط نرمال و تنش خشکی از روش Lsmeans در نرم‌افزار SAS استفاده شد[2]. در آزمایشگاه برای بررسی فاکتورهای جوانه‌زنی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار و با دو سطح نرمال و تنش خشکی ۹- بار در آزمایشگاه دانشگاه پیام نور بجنورد انجام شد. برای سطح نرمال فقط از آب مقطر استفاده شد، اما برای اعمال تنش خشکی و رسیدن به سطح ۹- بار، مقدار ۶۶/۱۵ گرم در یک لیتر آب مقطر حل شد (۳۶). پس از ضدعفونی میز کار، بذور در دو لایه کاغذ خشک کن استریل ۱۴× ۲۵ سانتی‌متری قرار داده شدند. برای جلوگیری از فعالیت قارچ‌ها در محیط مقداری سم ویتاواکس استفاده شد (۳۶). ۹ روز پس از تاریخ کاشت بذور، برای هر یک از تیمارها و تکرارها اندازه گیری صفات درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه و شاخص بنیه طولی (رابطه ۱) انجام شد. برای همه ژنوتیپ‌ها، درصد تغییرات صفات (رابطه ۲) محاسبه شد و سپس این درصد تغییرات رتبه‌بندی شد. به طوری که درصد تغییرات بیشتر رتبه بیشتری داشت و برعکس. انتخاب ژنوتیپ مقاوم با استفاده از مجموع درصد تغییرات این صفات (رابطه ۳) انجام گرفت و ژنوتیپی که دارای رتبه بالاتر بود دارای حساسیت بیشتر به تنش از نظر تمام صفات مرتبط با عملکرد و اجزای‌عملکرد بود. در این شاخص می‌توان هر صفتی که دارای تغییر معنی‌دار شدیدی در شرایط آزمایش باشد و همچنین دارای تنوع زیاد باشد، را جای داد (۳۶). همچنین با محاسبه میانگین هندسی عملکرد در دو شرایط نرمال و تنش خشکی و رسم نمودار دوبعدی میانگین عملکرد هندسی (GMP)[3] و درصد کاهش عملکرد، ژنوتیپ‌ها از نظر این شاخص‌ها نیز بررسی و با نتایج به دست آمده از شاخص TRI[4] مقایسه شدند.

رابطه (۱):

شاخص‌بنیه‌طولی = طول‌ساقه‌چه×طول‌ریشه‌چه×درصدجوانه‌زنی

رابطه (۲)

$$SDI = \frac{X_{normal} - X_{stress}}{X_{normal}} \times 100$$

شاخص مجموع رتبه‌بندی حساسیت صفات به تنش:

J: صفات، i: ژنوتیپ، R: رتبه SDI[5] در ژنوتیپ Iام وصفت jام

رابطه (۳):

$$TRI = \sum_i^1 \sum_j^1 R_{SDI}$$

1- International Seed Testing Association

۲- در این مقاله فقط میانگین مربعات خطای آزمایش برای مقایسه صفات در شرایط نرمال و تنش آورده شده است.

3- Geometrical Mean Product 4- Total Ranking Index 5- Susceptibility Drought Index

نتایج و بحث

بررسی صفات مزرعه‌ای

نتایج حاصل از درصد تغییرات صفات نشان‌داد در شرایط مزرعه (جدول ۱) اغلب صفات اندازه‌گیری‌شده، از تنش خسارت دیده‌اند و تفاوت معنی‌داری در درصد تغییرات صفات (SDI) در شرایط تنش نسبت به نرمال دیده شد. در این بین، بیشترین کاهش مربوط به صفت عملکرد در هکتار (۴۶/۷٪)، عملکرد تک بوته (۳۵/۲٪) و بیوماس (۳۲/۶٪) بود. کمبود آب در بسیاری از مراحل نموی سویا عملکرد محصول را کاهش می‌دهد اما اثر منفی تنش در طی مرحله رشد زایشی بسیار برجسته است. نتایج نشان داد که کمترین خسارت تنش خشکی مربوط به دوره‌های فنولوژیک (جدول ۱)، تعداد گره‌های نازا (۹/۱٪)، وزن ریشه (۱۰/۵٪)، تعدادگره (۱۱/۳٪) و تعداد شاخه‌فرعی (۱۲٪) بود. این‌درحالی است که تعداد گره‌های زایا خسارت نسبتا شدیدی (۲۰/۴٪) را از تنش خشکی دیدند. کاهش تعداد گره‌های زایا و افزایش تعداد گره‌های نازا، یکی از دلایل کاهش تعداد غلاف در بوته (۲۵٪) بود که می‌تواند باعث کاهش تعداد دانه (۲۶/۶٪) و در نهایت عملکرد در بوته باشد. تنش در مرحله گرده‌افشانی باعث از بین رفتن گرده‌ها و عدم تلقیح شده و باعث افزایش غلاف پوک می گردد که ممکن است یکی از دلایل کاهش تعداد دانه و عملکرد باشد. عباسلو و همکاران (۱) نیز افزایش درصد غلاف پوک را در گیاه نخود در اثر تنش خشکی گزارش کرده‌اند. همچین زانگ و همکاران (۳۹) نیز عنوان کردند با افزایش تنش خشکی تعداد غلاف پوک افزایش می‌یابد این موضوع توسط یودی و همکاران (۳۷) نیز عنوان شده است. دلایل زیادی وجود دارد که تنش خشکی از میزان ظهور سلول‌های بنیادی گل جلوگیری می‌کند. در نتیجه ثابت شده است که با رفع تنش سلول‌های بنیادی در مقایسه با گیاهان آبیاری شده با سرعت بیشتری تشکیل می‌گردند (۳۱). تنش در مرحله گرده‌افشانی و لقاح، تعداد دانه‌ها را به علت پسابیدگی دانه‌های گرده کاهش می‌دهد. بعلاوه تنش خشکی رشد دانه‌های گرده و رشد لوله گرده در خامه و بافت تخمدان و تخمک را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین پژمردگی کلاله مانع رشد لوله گرده می‌شود (۲۹) و در نتیجه لقاح انجام نمی‌شود و غلاف‌ها پوک می‌گردد. نامساعدبودن عوامل محیطی مانند خشکی و گرمای شدید موجب پوکی و مرگ دانه‌های گرده می‌شود، به عبارت دیگر در این شرایط تلقیح به صورت ناقص انجام می‌گیرد. بحرانی‌ترین مرحله برای پتانسیل عملکرد، غلاف‌دهی کامل (R4) و احتمالا از این مرحله تا مقداری پس از شروع دانه‌بندی (R6) است. تنش در این مراحل، عملکرد را بیش از دیگر دوره‌ها، کاهش خواهد داد (۳۰). سقط جنین غلاف‌ها تحت شرایط تنش در حدود ۲۱ تا ۶۵ درصد در ارقام مختلف مشاهده شده است (۲۷). ایک و همکاران (۹) عنوان کردند زمانی که تنش خشکی اتفاق می‌افتد در دوران پرشدن دانه‌ها (R5-R7) کاهش عملکرد شدیدتر است که این کاهش می‌تواند از ۴۵٪ تا ۸۸٪ باشد. همچنین لیپورت و همکاران (۲۰) گزارش کردند که تولید غلاف در نخود بیشتر توسط تنش خشکی در اوایل غلاف‌بندی نسبت به اواخر غلاف‌بندی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. لیو و همکاران (۲۱) نیز گزارش کردند تنش خشکی شدید در اوایل مرحله توسعه غلاف‌ها در سویا، رشد غلاف را کاهش داده و منجر به کاهش قابل ملاحظه در مجموع تعداد کل غلاف شد. تعداد غلاف به نظر می‌رسد جزئی از عملکرد باشد که بیشترین تأثیر را در شرایط تنش خشکی در طی دوره گل‌دهی می‌بیند و قادر به کاهش بیش از ۷۰٪ عملکرد دانه، بسته به مدت زمان و حساسیت دوره تنش است (۲۲) همچنین، مدرسکی (۲۶) عنوان کرد که تنش آب در طی گل‌دهی و رشد غلاف به عنوان یک فاکتور تأثیرگذار برای ریزش گل و غلاف است. باوجود این وزن دانه بر اثر تنش، در طی دوره پر شدن دانه کاهش می‌یابد. تغییرات طول ساقه ۱۹/۴٪ بود که میتوانست یکی از علل آن کاهش در تعداد گره‌ها در اثر تنش خشکی باشد (جدول ۱).

بررسی صفات در آزمایشگاه

از آنجا که جوانه زنی با جذب آب آغاز می‌شود کمبود آب در این مرحله برحسب طول مدت و شدت تنش موجب عدم جوانه‌زنی و یا کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی می‌گردد. بررسی صفات آزمایشگاهی مرتبط با جوانه‌زنی نشان داد (جدول ۲) بیشترین کاهش در اثر تنش خشکی را به طور میانگین صفت طول ساقه‌چه (۸۳/۳٪) داشت و شاخص بنیه طولی (۸۰/۴۴٪) در رتبه دوم قرار گرفت. طول ریشه‌چه نیز از تنش خسارت شدیدی (۶۸/۳٪) دید. با کاهش پتانسیل آب طول ریشه‌چه و ساقه‌چه ارقام سویا نیز کاهش یافت. کاهش در صفات آزمایشگاهی توسط براگا و همکاران (۵) نیز عنوان شده است. طبق اظهار نظر برخی از محققین انتخاب ارقام سویا برای میزان سبز شدن و جوانه‌زنی تحت شرایط کمبود آب و با استفاده از آزمایش جوانه‌زنی در مانیتول، مؤثر است (۳۲) تجربه نشان داده است که بذرهای دارای قابلیت جوانه‌زنی بالا در آزمایشگاه (شرایط مطلوب) الزاماً در مزرعه از جوانه‌زنی کافی برخوردار نبوده و تعداد گیاهچه‌های استقرار یافته در مزرعه به‌علت شرایط نامطلوب احتمالی کمتر است، بنابراین آزمایش بنیه بذر از اهمیت فوق‌العاده‌ای در تعیین کیفیت بذر برخوردار است، بذرهایی که در برخی یا همه این موارد مطلوب باشند، بذرهای با بنیه بالا نامیده می‌شوند (۳۴).

جدول ۱- در صد تغییرات صفات در آزمایش مزرعه‌ای

Table 1. Traits percent variation in the field experiment

نام صفت	میانگین در شرایط نرمال	میانگین در شرایط تنش	میانگین مربعات خطای آزمایش ^{2}Mse	درصد تغییرات (٪)
عملکرد در بوته (گرم)	۶/۷	۴/۲	۱۲/۲	۳۵/۲*
بیوماس (گرم)	۱۹/۳	۱۲/۵	۱۰/۲۳	۳۲/۶**
تعداد دانه در بوته	۶۲/۹	۴۵/۲	۵۴۴	۲۶/۶*
وزن صد دانه (گرم)	۱۳/۹	۱۲/۱	۷/۴	۱۲/۶*
عملکرد در هکتار (کیلوگرم)	۲۳۷۸/۶	۱۲۴۰/۸	۱۳۰۲۳۱	۴۶/۷**
تعداد شاخه فرعی	۲	۱/۸	۰/۶۰۸	۱۲ns
تعداد غلاف	۲۴	۱۸	۱۱۲/۶	۲۵**
تعداد گره	۱۴/۷	۱۳	۲/۴	۱۱/۳ns
تعداد گره زایا	۱۱/۳	۹	۰/۰۰۰۴	۲۰/۴*
تعداد گره نازا	۳/۳	۳	۰/۴	۹/۱ns
طول ساقه (سانتی‌متر)	۶۶	۵۳/۴	۴۲/۴۴	۱۹/۴ns
وزن ریشه (گرم)	۱۵/۱	۱۳/۵	۱۷/۵	۱۰/۵ns
غلاف در شاخه فرعی	۵	۴	۰/۸	۲۰ns
دانه در غلاف	۳	۲/۵	۰/۶۹	۱۶ns
شروع گل دهی R1 (روز)	۵۴/۲۶	۵۴/۶۳	۱/۳۲	-۰/۶۸ns
شروغ غلاف‌دهی R3 (روز)	۷۳/۵۶	۷۳/۰۶۶	۰/۸۵	۰/۶۸ns
شروع دانه‌بندی R5 (روز)	۸۲/۳۳	۸۳/۴	۳/۸	-۱/۳۰ns
شروع پر شدن دانه‌ها R6 (روز)	۸۹/۹۳	۹۱/۷۳	۰/۶۲۵	-۲/۰۰ns
شروع رسیدگیR7 (روز)	۱۲۱/۱۳	۱۱۹/۶۶	۲/۱۲۵	۱/۲۱ns
رسیدگی کامل R8 (روز)	۱۳۲/۸۳	۱۲۹/۱۶	۸/۶	۲/۷۶ns

**،* و ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱٪ ، ۵٪ و عدم معنی‌داری است.

جدول ۲- درصد تغییرات صفات در آزمایشات جوانه‌زنی بذر

Table 2. Traits percent variation in seed germination experiments

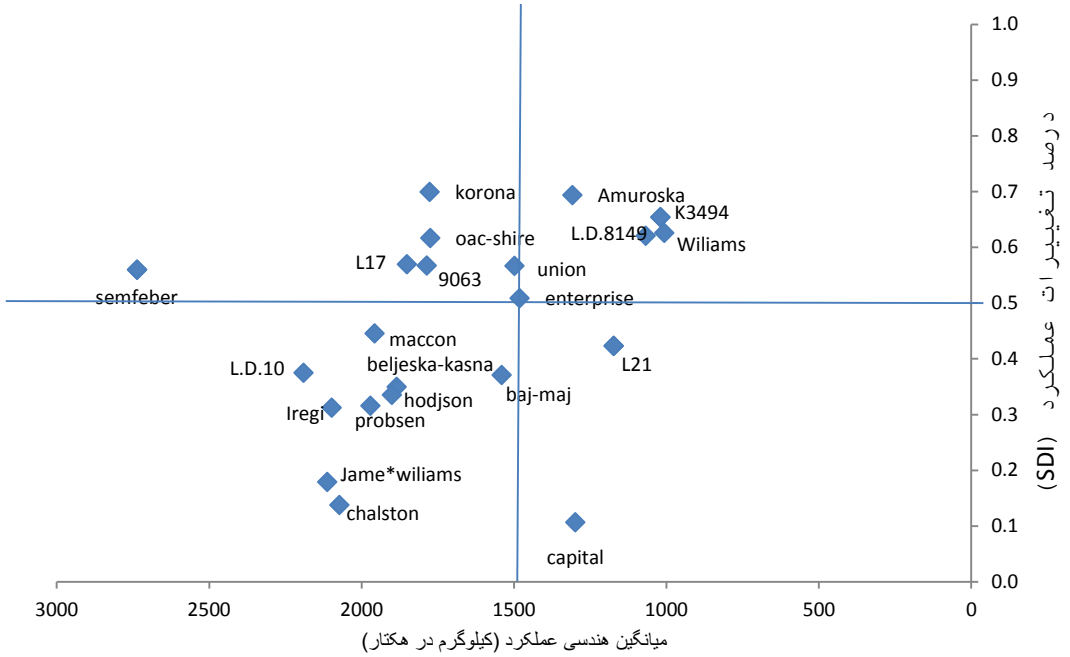
نام صفت	میانگین در شرایط نرمال	میانگین در شرایط تنش	میانگین مربعات خطای آزمایش ^{3}	درصد تغییرات(٪)
ریشه‌چه (میلی متر)	۸۱/۰۸	۲۵/۳	۵۱۸/۲	۶۸/۳۰**
ساقه‌چه (میلی متر)	۷۷/۴۷	۱۸/۵۷	۷۱۴/۷۲	۸۳/۳**
درصد جوانه‌زنی (٪)	۹۵/۱۷	۸۲/۱۴	۰/۰۱۸	۱۳/۶ns
شاخص بنیه طولی	۷۹/۳۹	۱۵/۳۲	۴۳۶/۴۷	۸۰/۴۴**

هاستروپ پدرسن و همکاران (۱۵) در بررسی اثر بنیه بذرهای گیاهان مختلف بر سبز شدن گیاه‌چه نشان دادند که بذرهای با سرعت جوانه‌زنی پایین، دیرتر در مزرعه سبز می‌شوند. کاهش بنیه بذر، کاهش توانایی جوانه‌زنی را به دنبال دارد. در حالی که امکان دارد توده‌های بذری دارای جوانه‌زنی بالا، از لحاظ سن فیزیولوژیک، میزان توسعه زوال و پیری بذر تفاوت‌های فاحشی داشته و در نتیجه از لحاظ بنیه بذر و توانایی تولید گیاهچه در مزرعه از یکدیگر متمایز باشند. استینر و همکاران (۳۴) گزارش کردند که وزن خشک گیاه‌چه، یکی از بهترین معیارهای بنیه بذر برای پیش‌بینی میزان ظهور گیاه‌چه‌ها گندم در مزرعه است. جانسون و واکس (۱۶) گزارش کردند که در ذرت بذرهای دارای بنیه بیشتر از سرعت ظهور گیاه‌چه در مزرعه بیشتر و تعداد بوته استقرار یافته بیشتری برخوردار بودند. اولین و مهم‌ترین اثر خشکی برروی جوانه‌زنی و استقرار ضعیف گیاه است (۱۴). گزارش شده است که تنش خشکی به شدت جوانه‌زنی و استقرار گیاه‌چه را کاهش می‌دهد (۱۷). علاو ه‌بر این در یونجه، پتانسیل جوانه‌زنی، طول هیپوکوتیل، وزن‌تر و خشک ریشه در تنش خشکی القا شده توسط پلی اتیلن گلیکول کاهش یافت این درحالی است که طول ریشه افزایش یافته بود (۳۸). در این بررسی تنش خشکی، باعث کاهش در صفات مرتبط با جوانه زنی شد، در اصل تنش خشکی با محدود کردن جذب آب توسط بذر، تأثیر در حرکت و انتقال ذخایر بذر و یا با تأثیر مستقیم بر ساختمان آلی و سنتز پروتئین در جنین، جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۸). بررسی نمودار درصد کاهش عملکرد (SDI) و میانگین هندسی عملکرد در دو شرایط (GMP) (نمودار ۱) نشان داد ژنوتیپ‌های Korona با ۶۹/۹٪ و Amuroska با ۶۹/۴ ٪ از نظر درصد کاهش عملکرد تقریبا در یک سطح قرار داشتند ولی میانگین عملکرد ژنوتیپ Korona بیشتر از ژنوتیپ Amuruska بود. از طرفی ژنوتیپ Capital و Chalston که در نمودار کمترین درصد کاهش عملکرد را نشان دادند، از نظر میانگین هندسی عملکرد، با هم تفاوت داشته بطوری که ژنوتیپ Chaleston با ۲۰۷۳کیلوگرم در هکتار نسبت به ژنوتیپ Capital با

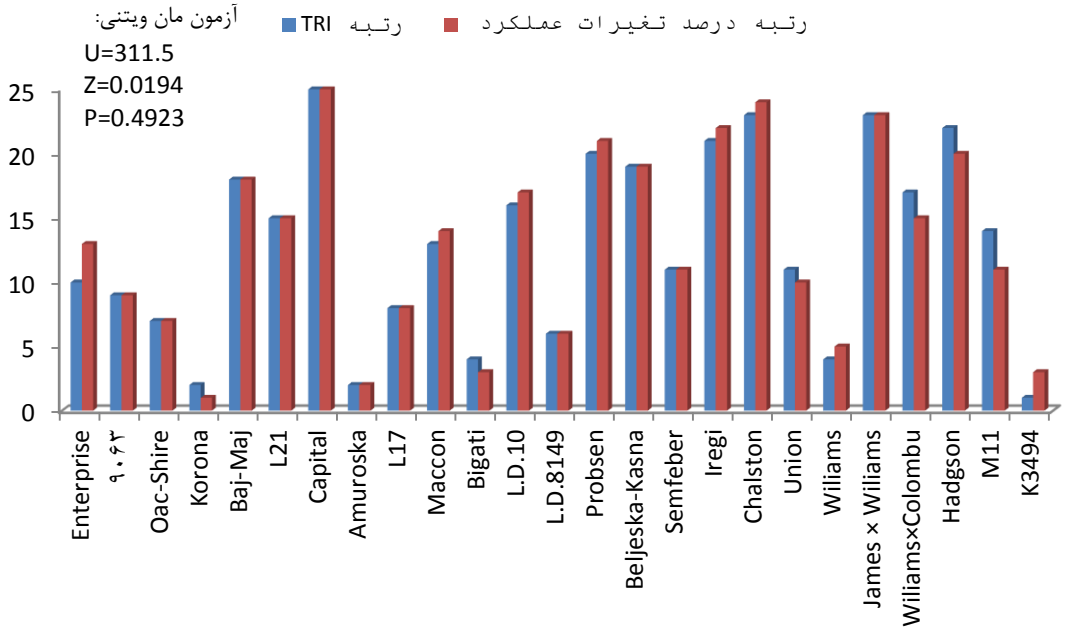
میانگین عملکرد ۱۲۹۹/۴ کیلوگرم در هکتار، میانگین عملکرد بیشتری را داشت. رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از صفات مرتبط با عملکرد (جدول ۳) نشان داد صفات مختلف در گیاه می‌توانند واکنش‌های متفاوتی به تنش نشان‌دهند و مقدار خسارتشان در ژنوتیپ‌های مختلف با هم تفاوت دارد. بررسی رتبه‌بندی آن‌ها به تنهایی نمی‌تواند در شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی کارایی داشته باشد. اما مجموع رتبه‌های صفات مختلفی که از خشکی خسارت شدیدی[1] دیده‌اند (جدول ۳)، می‌تواند معیار مناسبی برای شناسایی ژنوتیپ‌های حساس و متحمل باشد. مقایسه درصد تغییرات عملکرد در هکتار در بین ژنوتیپ‌ها نشان داد (جدول ۴) که تفاوت بین ژنوتیپ‌های سویا از نظر حساسیت به خشکی وجود دارد، به طوری که بیشترین درصد کاهش عملکرد متعلق به ژنوتیپ Korona با ۶۹/۹٪ و پس از آن Amuruska با درصد کاهش عملکرد ۶۹/۴٪ قرارداشت. کمترین درصد کاهش عملکرد (۱۰٪) متعلق به ژنوتیپ Capital بود و پس از آن ژنوتیپ Chaleston با ۱۳/۸٪ کاهش در عملکرد قرار داشت (جدول ۴). این درحالی است که ژنوتیپ Semfeber در شرایط نرمال آبیاری دارای بیشترین عملکرد بوده ولی در رتبه ۱۱ از نظر درصد کاهش عملکرد (۵۶٪) قرار گرفته بود. همچنین درشرایط تنش خشکی ژنوتیپ Chaleston با ۱۹۲۵ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین عملکرد و ژنوتیپ‌های Bigati و K3494، هر دو با۶۰۰ کیلوگرم در هکتار دارای کمترین عملکرد بودند. این ژنوتیپ‌ها به ترتیب از نظر درصد کاهش عملکرد در رتبه‌های ۲۴ و ۳ قرار داشتند. این درحالی است که ژنوتیپ Capital که دارای کمترین درصد کاهش عملکرد (۱۰/۷٪) بود، در شرایط تنش از نظر عملکرد در رتبه یازدهم قرار گرفت. مجموع رتبه‌بندی درصد کاهش صفات دارای هم‌خوانی خوبی با رتبه‌بندی درصد کاهش عملکرد (SDI) بود (نمودار ۲). بررسی رتبه بندی در دو روش توسط آزمون ناپارامتری مان–ویتنی نشان داد بین دو روش رتبه‌بندی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بنابراین می‌توان TRI را به عنوان یکی از راه‌ک ارها، جهت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی استفاده کرد.

نتایج حاصل نشان داد اغلب صفات اختلاف معنی‌داری را در دو شرایط مختلف آبیاری نرمال و تنش نشان دادند. عملکرد اجزای کمی بسیاری را در بر می‌گیرد، این بدان معنی است که کاهش عملکرد در اثر تنش، به دلیل تغییر در این صفات به وجود می‌آید. بنابراین انتخاب صفاتی، که دارای تنوع زیاد بوده و خسارت شدید از تنش دیده اند، می‌توان با در نظر گرفتن رتبه‌بندی درصد خسارت این صفات، ژنوتیپ‌هایی که خسارت شدیدی از تنش دیده‌اند را شناسایی نمود. به طوری که در روش TRI، حساس‌ترین ژنوتیپ K3494 و پس از آن دو ژنوتیپ Amuroska و Korona قرارداشتند و مقاوم‌ترین ژنوتیپ‌ها Capital، Chaleston و Jame×wiliams بودند. استفاده از شاخص SDI ژنوتیپ‌های مقاوم Capital، Chaleston و Jame×wiliams بودند در حالی که ژنوتیپ‌های حساس به تنش خشکی شامل Korona، Amoruska، K3494 و Bigati بود که دو ژنوتیپ حساس با روش TRI یکسان بودند اما دو ژنوتیپ دیگر در روش TRI مد نظر قرار گرفته نشد. با رسم نمودار میانگین هندسی و SDI مقاوم‌ترین و پر عملکرد ترین ژنوتیپ‌ها Chaleston و Jame×wiliams بودند این درحالی است که ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها را Amoruska، K3494، wiliames و LD8149 تشکیل داد. رتبه‌بندی توسط دو روش SDI و TRI و انجام آزمون مقایسه مان ویتنی نشان داد که اختلاف این دو روش از نظر آماری غیرمعنی‌دار بود و رتبه‌های به دست آمده در دو روش تفاوتی با هم نداشتند. می‌توان انتظار داشت که از طریق انتخاب مجموعه‌ای از صفات در شرایط تنش خشکی خسارت کمتری می‌بینند به عملکرد پایدار دست یافت.

۱– برای مشاهده درصد خسارت هر صفت در شرایط تنش خشکی به جداول ۱و ۲ رجوع شود.



نمودار ۱- مقایسه ژنوتیپ‌ها از نظر دو شاخص میانگین هندسی و درصد تغییرات عملکرد
Chart 1. Compare of genotypes by GMP and SDI indices



نمودار ۲- مقایسه رتبه ژنوتیپ‌ها در دو روش TRI و رتبه درصد تغییرات با استفاده از آزمون ناپارامتری مان- ویتنی (Mann-withny)
Chart 2. Ranking comparission between TRI and ranked percent variation by the Mann- Withny non- parametric test

جدول ۳ – رتبه‌بندی و محاسبه شاخص TRI

Table 3. Ranking and TRI index calculation

ژنوتیپ / صفت	رتبه درصد تغییرات صفات								TRI[2]	خطای‌استاندارد	رتبه TRI [1]
	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	شاخص بنیه‌طولی	عملکرد بوته	بیوماس	تعداد دانه	وزن صد دانه	تعداد غلاف			
Enterprise	۶	۸	۱۱	۱۹	۲۲	۸	۱۹	۱۴	۱۲۱	۵/۳	۱۰
۹۰۶۳	۱۲	۲۰	۲۰	۱۱	۱۴	۲۳	۱	۹	۱۲۵	۶/۳	۹
Oac-Shire	۲۱	۲۵	۲۴	۵	۱۲	۳	۲۴	۷	۱۳۴	۸/۳	۷
Korona	۲۴	۲۳	۲۳	۲۳	۲۴	۱۸	۱۱	۱	۱۵۹	۷/۶	۲
Baj-Maj	۱۱	۱۳	۸	۲۱	۵	۹	۹	۱۹	۹۹	۵/۵	۱۸
L۲۱	۳	۱۰	۱۰	۱۴	۱۵	۱۰	۲۳	۱۶	۱۱۱	۵/۲	۱۵
Capital	۵	۳	۴	۷	۲	۲	۶	۲۵	۶۱	۶/۷	۲۵
Amuroska	۲۳	۲۴	۲۵	۱۲	۷	۲۱	۲۱	۲	۱۵۹	۸	۲
L۱۷	۱۸	۴	۹	۲۲	۲۳	۱۲	۱۷	۸	۱۳۱	۶/۲	۸
Maccon	۱۴	۱۷	۱۸	۸	۹	۵	۳	۱۵	۱۱۴	۶/۶	۱۳
Bigati	۲۵	۲۲	۲۲	۱۷	۲۱	۱۴	۱۳	۳	۱۵۸	۶/۴	۴
L.D.۱۰	۱۵	۱۹	۱۷	۳	۱۰	۶	۱۲	۱۸	۱۰۹	۵/۳	۱۶
L.D.۸۱۴۹	۸	۲۱	۲۱	۱۶	۱۱	۱۳	۲۰	۶	۱۳۵	۵/۴	۶
Probsen	۲۲	۱۱	۷	۱۰	۶	۷	۴	۲۱	۹۳	۶/۳	۲۰
Beljeska-Kasna	۱۰	۲	۲	۱۷	۱۷	۲۲	۲	۲۰	۹۸	۷/۸	۱۹
Semfeber	۹	۹	۱۲	۱۳	۸	۱۹	۲۲	۱۱	۱۱۹	۴/۶	۱۱
Iregi	۲	۱۶	۱۳	۴	۱	۱۱	۱۰	۲۲	۹۰	۶/۴	۲۱
Chalston	۱۹	۵	۶	۱	۳	۱	۸	۲۴	۷۵	۷/۵	۲۳
Union	۱۳	۱۸	۱۹	۹	۱۸	۴	۵	۱۰	۱۱۹	۶/۳	۱۱
Wiliams	۱۷	۱۵	۱۵	۲۵	۱۹	۱۷	۲۵	۵	۱۵۸	۵/۷	۴
James×Wiliams	۷	۱	۱	۶	۴	۱۵	۱۶	۲۳	۷۵	۷/۴	۲۳
Wiliams×Colombu	۱	۷	۵	۲۰	۲۰	۲۴	۱۵	۱۳	۱۰۸	۷/۹	۱۷
Hadgson	۱۶	۶	۳	۱۵	۱۳	۱۶	۷	۱۲	۸۹	۵/۴	۲۲
M۱۱	۴	۱۲	۱۴	۲	۱۶	۲۵	۱۸	۴	۱۱۲	۷/۳	۱۴
K۳۴۹۴	۲۰	۱۴	۱۶	۲۴	۲۵	۲۰	۱۴	۱۷	۱۷۲	۳/۹	۱

۱- رتبه کمتر نشان‌دهنده حساسیت بیشتر به تنش خشکی است

۲- عدد بیشتر نشان‌دهنده حساسیت بیشتر به تنش خشکی است.

جدول ۴- مقایسه درصد تغییرات عملکرد در هکتار برای ژنوتیپ‌ها و رتبه آن[۱]

Table 4. Comparison of yield variation for genotypes and their ranking

نام ژنوتیپ	عملکرددر هکتار نرمال (کیلوگرم)	رتبه	عملکرد در هکتار تنش (کیلوگرم)	رتبه	درصد تغییرات[۲] (٪)	رتبه درصد تغییرات (٪)
Enterprise	۲۱۱۵	۱۷	۱۰۳۹	۱۶	۵۰/۹**	۱۳
9063	۲۷۱۵	۷	۱۱۷۵	۱۴	۵۶/۷**	۹
Oac-Shire	۲۸۶۸	۴	۱۰۹۹	۱۵	۶۱/۷**	۷
Korona	۳۲۴۱	۳	۹۷۴	۱۸	۶۹/۹**	۱
Baj-Maj	۱۹۴۳	۱۸	۱۲۲۲	۱۲	۳۷/۱*	۱۸
L21	۱۵۴۵	۲۳	۸۹۱	۱۹	۴۲/۳*	۱۵
Capital	۱۳۷۵	۲۵	۱۲۲۸	۱۱	۱۰/۷ns	۲۵
Amuroska	۲۳۶۵	۱۱	۷۲۴	۲۱	۶۹/۴**	۲
L17	۲۸۲۳	۵	۱۲۱۵	۱۳	۵۷/۰**	۸
Maccon	۲۶۳۰	۸	۱۴۵۸	۱۰	۴۴/۶**	۱۴
Bigati	۱۷۳۵	۱۹	۶۰۰	۲۴	۶۵/۴**	۳
L.D.10	۲۷۷۱	۶	۱۷۳۲	۶	۳۷/۵*	۱۷
L.D.8149	۱۷۳۵	۱۹	۶۵۸	۲۲	۶۲/۱**	۶
Probsen	۲۳۸۳	۱۰	۱۶۳۰	۷	۳۱/۶*	۲۱
Beljeska-Kasna	۲۳۳۸	۱۲	۱۵۲۱	۹	۳۴/۹*	۱۹
Semfeber	۴۱۲۶	۱	۱۸۱۶	۳	۵۶/۰**	۱۱
Iregi	۲۵۳۱	۹	۱۷۴۰	۵	۳۱/۳*	۲۲
Chalston	۲۳۳۳	۱۶	۱۹۲۵	۱	۱۳/۸ns	۲۴
Union	۲۲۷۷	۱۵	۹۸۷	۱۷	۵۶/۷**	۱۰
Wiliams	۱۶۴۶	۲۲	۶۱۶	۲۳	۶۲/۶**	۵
James × Wiliams	۲۳۳۲	۱۳	۱۹۱۴	۲	۱۷/۹ns	۲۳
Wiliams×Colombu	۱۵۴۵	۲۳	۸۹۱	۱۹	۴۲/۳*	۱۵
Hadgson	۲۳۳۲	۱۳	۱۵۵۰	۸	۳۳/۵*	۲۰
M11	۴۱۲۶	۱	۱۸۱۶	۳	۵۶/۰**	۱۱
K3494	۱۷۳۵	۱۹	۶۰۰	۲۴	۶۵/۴**	۳

۱- در جدول رتبه کمتر نشان‌دهنده عملکرد و درصدکاهش عملکرد بیشتر است.

۲- معنی‌داری یا عدم معنی‌داری از جدول مقایسه میانگین به روش lsmeans و با استفاده از نرم‌افزار SAS به دست آمده است.

منابع

1. Abaslo, L., S.A. Kazemini and M. Edalat. 2014. Effect of drought stress and cultivation methods on yield and yield components of two varieties Cicer Arientum. Pajoheshhaye hoboobat Iran, 5(1): 90 (In Persian).
2. Ahmadi, M.R. and F. Javidfar. 2000. Screening and breeding techniques for drought resistance in oleiferous brassicae. Nashr Amoozesh Keshavarzi. Iran (In Persian).
3. Asgarinia, P., A. Mirlohi, A. Saeidi, M. Mohamadi, M. Gheisari and V. Sadat Razavi. 2013. Evaluation of genotypic and phenotypic variation and drought tolerant in F3 families in drought stress condition. Iranian Journal of Crop Sciences, 2(16): 137-150 (In Persian).
4. Bihamta, M., M. Shirkavand, J. Hasanpour and A. Afzalifar. 2018. Evaluation of Durum Wheat Genotypes under Normal Irrigation and Drought Stress Conditions. Journal of crop breeding, 9 (24): 119-136.
5. Braga, L.F., M.P. Sousa, J.F. Braga and M.E. Sa.1999. Efeitoda disponibilidade hidricado substrato na qualidad fisiologica de feijao.Revisrta brasilaira de sementes, 21: 95-102.
6. Cruz de Carvalho, M.H. 2005. Drought stress and reactive oxygen species Production, scavenging and signaling. Plant Signaling & Behavior, 3(3): 156-165.
7. Dehghanshoar, M., A. Hamidi and S. Mobasser. 2005. Handbook of vigor test methods. Agricultural Education Press. 193 pp (In Persian).
8. Dodd, G.L. and L.A. Donovan. 1999. Water potential and ionic effects on germination and seedling growth two cold desert shrubs. American Journal of Botany, 86: 1146-153.
9. Eck, H.V., A.C. Mathers and J.T. Musick. 1987. Plant water stress at various growth stages and growth and yield of soybeans. Field Crop research, 17: 1-16.
10. Entz, M.H. and D.B. Flower. 1990. Differential agronomic response of winter wheat cultivars to parenthesis environmental stress. Crop science, 30: 1119-1123.
11. Farshadfar, A.1998. Plant breeding methodology. Razee University Press. Keramnshah. Iran (In Persian).
12. Farshadfar, E., M.M. Pour Siahbidi and A.R. Pour Aboughadareh. 2012. Repeatability of drought tolerance indices in bread wheat genotypes. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4(13): 891-903.
13. Gaikwad, S.E., R.A. Shinde, R.B. Thoke and V.T. Aparadh. 2013. Potential of drought stress in two varieties of capsicum annum grown in Maharashtra. International journal of research in pharmacy and chemistry, 2(3): 2013.

14. Harris, D., R.S. Tripathi and A. Joshi. 2002. On-farm seed priming to improve crop establishment and yield in dry direct-seeded rice, in: Pandey S., Mortimer M., Wade L., Tuong T.P., Lopes K., Hardy B. (Eds.), Direct seeding: Research strategies and opportunities, International research institute, Manila, Philippines, pp: 231-240.
15. Hasstrup Pedersen, L., P. E. Jorgensen and I. Poulsen. 1993. Effect of seed vigor and dormancy on field emergence, development and grain yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and winter barley (*Hordeum vulgAre* L.). Seed Science Technology, 21: 159-178.
16. Johnson, R.R. and L.M. Wax. 1981. Stand establishment and yield of corn as affected by herbicides and seed vigor. Agronomy Journal, 75: 859-863.
17. Kaya, M.D., G. Okcub, M. Ataka, Y. Çıkılıc and O. Kolsarıcıa. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus anus* L.), Europian Journal of Agronomy, 24: 291-295.
18. Kazemitabar, S.K., S. Betoorak, K. Fotoohi and M. Rezaee. 2006. indentifying the drought resistance genotypes in sunflower (*Heliantus annus*) by resistance index and 3D and 2D charts. oloom keshavarzi iran, 28(2): 357-366.
19. Khalili, M., M.R. Naghavi, A.R. Pour Aboughadareh and J. Talebzadeh. 2012. Evaluating of drought stress tolerance based on selection indices in spring canola cultivars (*Brassica napus* L.). Journal of Agricultural Science, 4(11): 78-85.
20. Leport, L., N.C. Turner, S.L. Davies and K.H.M. Siddique. 2006. Variation in pod production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought. European Journal of Agronomy, 24(3): 236-246.
21. Liu, F., C.R. Jensen and M.N. Andersen. 2004. Pod set related to photosynthetic rate and endogenous ABA in soybeans susbjected to different water regimes and exogenous ABA and BA at early reproductive stages. Annals of Bottany, 94(3): 405-411.
22. Lopez, F.B., C. Johansen and Y.S. Chauhan. 1996. Effect of timing of drought stress on phenology, yield and yield components of a short-duration pigeon pea. Journal of Agronomy & Crop Science, 177(5): 311-320.
23. Mahajan, S. and N. Tuteja. 2005. Cold, salinity and drought stresses: an overview, archives of biochemistry and biophysics, 444(2): 139-158.
24. Maleki, A., A. Naderi, R. Naseri, A. Fathi, S. Bahamin and R. Maleki. 2013. Physiological Performance of Soybean Cultivars under drought stress, Bull. Env. Pharmacol. Life Sci. 6: 38-44.
25. Masoumi, H., F. Darvish, J. Daneshian, G. Normohammadi and D. Habibi. 2011. Effects of water deficit stress on seed yield and antioxidants content in soybean (*Glycine max* L.) cultivars. African Journal of agricultural Research, 6(5): 1209-1218.
26. Mederski, H.J., D.L. Jeffers and D.B. Peters. 1973. Water and water relations. In: Caldwell, B. E., ed. Soybeans: Improvement, production, and uses. Madison: ASA, pp: 239- 266.
27. Mwanamwenge, J., S.P. Loss, K.H.M. Siddique and P.S. Cocks. 1998. Growth, seed yield and water use of faba bean (*Vicia faba* L.) in a short season Mediterranean–type environment. Australian Journal of Exprimental Agriculture, 38: 171-180.
28. Naghavi, A.R., A.R. Pour Aboughadareh and M. Khalili. 2013. Evaluation of Drought Tolerance Indices for Screening Some of Corn (*Zea mays* L.) Cultivars under Environmental Conditions. Notulae Scientia Biologicae, 5(3): 388-393.
29. Nezami, E. and M. Izadkhah. 2011. Evaluation of drought stress on physiological and morphological traits of brassica napu. Iranian plant physiology. 2011: 3 (In Persian).
30. Rosenberg, M., R.C. Hall and E.K. Twidell. 2012. Effects of drought stress on soybean production. South Dakota State University Extension. 03-2009-2012. https://igrow.org/.
31. Sarmadnia, G.H. and A. KoochAki. 1993. Physiological aspects of dryland farming. Jahad Daneshghahi Mashhad Press (In Persian).
32. Seong, R.C., H.J. Chung and E.H. Hong. 1988.Varietals responses of soybean germination and seedling elongation to temperature and poly ethylene glycol solution. Korean Journal of crop science, 33: 31-37.
33. Solhi,S.A., N. Nemati and M. Panahi.2009. Effect of irrigation interval on soybean cultivars in the Varamin region. National conference of New achievements in the production of oilseed plants,bojnourd.Azad Islamic university. https://www.civilica.com/Paper-CBIAU01-CBIAU01_088.html
34. Steiner, J.J., D.F. Grabe and A. Tulo. 1989. Single and multiple vigor tests for predicting seedling emergence of wheat. Crop Science, 27: 782-789.
35. Tavakolafshari, R., A. Abbasi sooraki and A. Ghasemi. 2009. Seed Technology and its biological basis. Jihad-e- Daneshgahi Mashhad University Press. 515 pp (In Persian).
36. Yahoueian, S.H., M.R. Bihamta, D. Habibi and H.R. Babaei. 2006. Evaluation of soybean genotyps under drought stress condition. M.Sc. Thesis. Islamic Azad University, Karaj (In Persian).
37. Yudi, H., S. Sardjono and T. Husni. 2016. Influence drought stress on soybean production. Journal ilmiah jursan budidaya pertanian, 1(1): 40-53.
38. Zeid, I. M. and Z.A. Shedeed. 2006 . Response of alfalfa to putrescine treatment under drought stress. Biologia Plantarum, 50: 635-640.
39. Zhang. J., X. Cao, T. Yong and W.Y. Ang. 2012. Seed treatment with uniconazole powder induced drought tolerance of soybean in relation to changes in photosynthesis and chlorophyll fluorescence. Research on Crops, 13(1): 147-154.

Evaluation of Soybean (*Glycin max* L.) Genotypes under Drought Stress using Total Ranking Index (TRI)

Sayed Hamid Yahoeyan[1] and Pouya Arvin[2]

1- Department of Plantbreeding and Biotechnology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, (Corresponding author: hamidyahoueian@gmail.com)
2- Assistant Professor, Department of Agriculture, Payam Noor University, Tehran, Iran

Received: March 5, 2018 Accepted: June 3, 2018

Abstract

In order to study the drought stress in soybean (*Glycin max* L.), experiments with two stages and 25 soybean genotypes based on Simple Lattice Design 5×5 with two replications in two locations (normal and drought condition) were carried out in Bojnourd. Also evaluation of germination traits with three replications based on Completely Randomized Design has performed. Drought stress was applied in farm after plant establishment at second trifoliate (V2) by irrigation period and in germination experiment, drought stress, has been applied in two levels (normal and -9 bar). Results revealed that among 20 measured traits in field condition, the most reduction in yield components were related to biomass with 32.6% and number of seed per plant with 26.6% respectively. Also drought stress caused a reduction in yield in area by 46.7% and single plant yield by 35.2%. Korona genotype with 69.9% had the highest reduction and Capital genotype with 10.7% had the lowest reduction regarding final yield. Germination assoys showed that plumule with 83.3% and seed length index with 80.44% had the most significant reduction. Considering the Total Ranking Index (TRI), Capital, Chaleston and Jame×Williams genotypes were more resistant to drought stress and Korona and Amuroska were more sensitive to drought stress. Ranking was done by two methods: SDI, TRI. Mann Whitney nonparametric test did not show significant differences among genotypes ranking in these two methods.

Keywords: Soybean, Drought stress, Germination, TRI index