



"مقاله پژوهشی"

بررسی شاخص‌های تحمل به خشکی در لاین‌های لوبیا قرمز

بهروز اسدی<sup>۱</sup> و سید محسن سیدی<sup>۲</sup>

۱- بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران

۲- بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران

(نویسنده مسوول: mohsensayyedi@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱/۲۷

صفحه: ۱۶۰ تا ۱۶۸

چکیده

به منظور ارزیابی تحمل به تنش خشکی، ۲۳ لاین لوبیا قرمز به همراه دو رقم یاقوت و افق به صورت طرح لاتیس با دو تکرار و در دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی طی سال ۱۳۹۶ در پردیس تحقیقات و آموزش لوبیا خمین مورد بررسی قرار گرفتند. اعمال تنش خشکی پس از استقرار کامل گیاهچه و در مرحله سومین سه برگچه لوبیا صورت گرفت. صفات مورد ارزیابی شامل تغییرات ناشی از تنش خشکی در عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا، عملکرد دانه در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی و شاخص‌های تحمل و حساسیت تنش بود. نتایج تجزیه واریانس صفات حاکی از تفاوت معنی‌دار لاین‌ها با یکدیگر در هر دو شرایط آبیاری بود. تنش خشکی منجر به کاهش معنی‌دار صفات مورد بررسی شد. بیشترین تاثیر تنش خشکی مربوط به صفات تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه بود. در شرایط آبیاری معمول بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه (به ترتیب ۲۵۴۱/۷ و ۸۴۱/۶ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب در لاین‌های KS31338 و KS31352 مشاهده شدند. در شرایط تنش نیز بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه (به ترتیب ۱۹۳۴/۷ و ۶۰۲/۲ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب در لاین‌های KS31336 و KS31357 بدست آمدند. در بین شاخص‌های تحمل تنش بیشترین مقدار شاخص بهره‌وری متوسط، شاخص میانگین هندسی بهره‌وری و شاخص تحمل به تنش به لاین KS31336 تعلق گرفت و کمترین مقدار شاخص تحمل و شاخص حساسیت به تنش در لاین KS31352 مشاهده شد. عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی و شاخص‌های تحمل تنش (شاخص تحمل، میانگین تولید، شاخص تحمل تنش و میانگین هندسی تولید) دارای همبستگی مثبت معنی‌دار بود. با توجه به ارزیابی شاخص‌های میانگین هندسی تولید (GMP) و شاخص حساسیت به تنش (SSI)، تجزیه به مولفه‌های اصلی، بای پلات مربوطه، لاین‌های KS31336، KS31253، KS31148، KS31337 متحمل به تنش خشکی شناسایی گردیدند.

واژه‌های کلیدی: شاخص تحمل، شاخص حساسیت به تنش، عملکرد دانه، میانگین هندسی بهره‌وری

مقدمه

رسیدگی، شاخص برداشت، عملکرد دانه و وزن دانه لوبیا را کاهش دهد (۲۰). در بررسی ۹ لاین لوبیا چیتی در ۳ شرایط آبیاری در خمین، تنش کمبود آب بر عملکرد و شاخص برداشت اثر منفی داشت (۷). همچنین دو لاین COS16 و Taylor در تیمارهای کمبود آب پایداری بیشتری نسبت به سایر لاین‌ها داشتند و کاهش عملکرد دانه آنها در تیمارهای پس از ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشک تبخیر کمتر از سایر لاین‌ها بود. تیران و سینگ (۲۴) شاخص بهره‌وری متوسط (GMP)، درصد کاهش عملکرد و شاخص حساسیت به خشکی (SSI) را برای تخمین مقاومت به خشکی به کار بردند. اسدی و آسترکی (۴) در بررسی واکنش لاین‌های لوبیا چیتی به تنش خشکی، بر اساس شاخص‌های SSI و STI و لاین‌های KS21181، KS21247، KS21255 و KS21216 را به عنوان لاین‌های متحمل به تنش خشکی گزارش نمودند.

دری و دادیور (۱۲) در بررسی تاثیر تنش آب بر کارایی مصرف آن در لاین‌های لوبیا گزارش کردند که تحت شرایط تنش خشکی عملکرد گیاه ۵۸ درصد کاهش یافت و بیشترین کارایی مصرف آب در شرایط مطلوب مربوط به لاین‌های دیررس و رونده بود.

حبوبات، دانه‌های خشک و قابل خوراک می‌باشند که به خانواده بقولات تعلق دارند و یکی از مهم‌ترین منابع غذایی سرشار از پروتئین (۲۳-۱۸٪) می‌باشند (۱۴). در بین حبوبات، لوبیا معمولی (*Phaseolus vulgaris* L.) یکی از مهمترین حبوبات دانه‌ای است. بر اساس گزارش سازمان خوار و بار جهانی سطح زیر کشت این محصول در جهان حدود ۳۴ میلیون هکتار با متوسط عملکرد ۸۸۲ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (۳) سطح زیر کشت لوبیا در ایران بر اساس آمار سال (۱۳۹۷) حدود ۱۰۶ هزار هکتار با متوسط عملکرد ۲۴۰۱ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (۲). در مناطقی که میزان بارندگی سالانه کاهش یافته و پراکنش آن الگوی مشخصی ندارد، خشکی مهمترین تنش محیطی است که تولید گیاهان را به شدت کاهش داده است. کمبود آب در این مناطق، دمای بالای هوا و بادهای گرم عواملی هستند که در مجموع باعث کاهش شدید عملکرد گیاهان شده‌اند (۸، ۱۱، ۲۲). اثر تنش خشکی در لوبیا بستگی به شدت تنش، نوع تنش مدت زمان تنش و مدت زمان آن دارد (۷). پژوهشگران در مطالعات خود دریافتند که تنش خشکی متوسط تا شدید می‌تواند بیوماس، تعداد دانه، تعداد دانه در غلاف، روز تا

### مواد و روش‌ها

به منظور شناسایی و انتخاب لاین‌های لوبیا قرمز متحمل به تنش خشکی، آزمایشی در سال ۱۳۹۶ به مدت یک سال در پردیس تحقیقات و آموزش لوبیا خمین اجرا شد. تعداد ۲۳ لاین لوبیا قرمز به همراه ۲ رقم یاقوت و افق (به عنوان شاهد) در قالب طرح لاتیس متعادل (۵×۵) با دو تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. عملیات آماده سازی زمین شامل شخم عمیق پائیزه، شخم سطحی بهاره، دیسک و لولر بود. عناصر غذایی ماکرو و میکرو بر اساس آزمون خاک مورد استفاده قرار گرفت و سپس اقدام به ایجاد جوی و پشته به فواصل ۵۰ سانتیمتر از یکدیگر گردید و پس از طراحی و چیدمان تصادفی تیمارهای آزمایشی، اقدام به کشت بذور گردید. بذر هر یک از لاین‌ها و رقم‌های در روی ۴ خط به طول ۳ متر کشت شدند. فواصل بوته‌ها در روی ردیف ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. لاین‌های مورد ارزیابی در سال‌های گذشته از مرکز تحقیقات بین‌المللی گیاهان گرمسیری (سیات) به ایران وارد شده و در کلکسیون پردیس تحقیقات و آموزش لوبیا خمین موجود بودند. نام این لاین‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

یکی از مهم‌ترین اهداف در اصلاح نباتات، انتخاب لاین‌هایی است که در شرایط تنش خشکی بیشترین عملکرد را تولیدکنند. به نظر می‌رسد تولید و معرفی ارقام پرمحصول و مقاوم به خشکی در محصولات زراعی یکی از راهکارهایی موثری است که در تلفیق با سایر روش‌های مدیریت کم آبی می‌تواند تأثیر این پدیده را به حداقل برساند (۱۸). به علت اثر متقابل لاین در محیط، عملکرد در شرایط غیر تنش و یا تنش به تنهایی ملاک مناسبی برای انتخاب لاین‌های متحمل به خشکی محسوب نمی‌شود و باید لاین‌هایی مدنظر باشند که در شرایط رشدی یکسان در مقایسه با سایر لاین‌ها افت عملکرد کمتری داشته باشند (۹، ۱۳). در اصلاح لوبیا برای محیط‌های دارای تنش‌های محیطی، هدف اولیه به حداکثر رساندن عملکرد نیست بلکه تمایل بر این است که از یک حداقل عملکردی که هزینه‌های تولید را پوشش داده و نیز مقداری سود اقتصادی برای زارع داشته باشد، اطمینان حاصل شود (۵، ۱۰). هدف از این بررسی شناسایی لاین‌های لوبیا چیتی متحمل به تنش خشکی و استفاده از آن‌ها در برنامه‌های به نژادی و معرفی رقم در محصول لوبیا می‌باشد.

جدول ۱- نام لاین‌های لوبیا قرمز مورد ارزیابی

Table 1. Name of evaluated red bean lines

| ردیف<br>No. | کد لاین<br>Line code | ردیف<br>No. | کد لاین<br>Line code |
|-------------|----------------------|-------------|----------------------|
| ۱           | KS31350              | ۱۴          | KS31148              |
| ۲           | KS31336              | ۱۵          | KS31114              |
| ۳           | KS31337              | ۱۶          | KS3130               |
| ۴           | KS31351              | ۱۷          | KS31287              |
| ۵           | KS31352              | ۱۸          | KS31227              |
| ۶           | KS31252              | ۱۹          | KS31253              |
| ۷           | KS31338              | ۲۰          | KS31264              |
| ۸           | KS31353              | ۲۱          | KS31340              |
| ۹           | KS31354              | ۲۲          | KS31357              |
| ۱۰          | KS31242              | ۲۳          | KS31285              |
| ۱۱          | KS31355              | ۲۴          | Ofogh                |
| ۱۲          | KS31339              | ۲۵          | Yaghut               |
| ۱۳          | KS31356              |             |                      |

فیزیولوژیک ۷۰ درصد هر کرت آزمایشی بود. در طول دوران رشد و نمو.

مراقبت‌های زراعی معمول شامل آبیاری کنترل مکانیکی و شیمیایی علف‌های هرز و کنترل آفات و بیماری‌ها (کنترل کنه دو نقطه‌ای با استفاده سموم توصیه شده سازمان حفظ نباتات) انجام شد. بعد از رسیدگی محصول ویژگی‌های تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صدانه با انتخاب تصادفی ۱۰ بوته از هر کرت سنجیده شدند. عملکرد دانه نیز از محاسبه عملکرد هر کرت محاسبه و یادداشت شد. با استفاده از عملکرد دانه لاین‌ها در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی، شاخص‌های مختلف مطابق جدول ۲ محاسبه شدند. جهت انجام تجزیه واریانس داده‌ها و رسم نمودارها از نرم افزارهای SAS و SPSS استفاده شد.

آبیاری به صورت قطره‌ای (نوار تیپ)، در هر دو شرایط اجرای آزمایش (شرایط نرمال و شرایط تنش خشکی) تا استقرار کامل گیاهچه (مرحله سومین سه برگچه لوبیا) به صورت یکسان انجام گرفت. سپس آبیاری در شرایط نرمال بر اساس ۵۰-۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و در شرایط تنش خشکی بر اساس ۱۱۰-۱۰۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر کلاس A تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک ادامه یافت. صورت گرفت. دور آبیاری نرمال ۴ تا ۵ روز و تنش آبی حدود ۸ تا ۱۰ روز بود و تفاوت میزان آب مصرفی در هر دو شرایط تنش و عدم تنش در هر لاین، تنها بر اساس تفاوت طول دوره رسیدگی بود. اعمال تنش خشکی پس از استقرار کامل گیاهچه و در مرحله سومین سه برگچه لوبیا صورت گرفت و تا پایان مرحله رسیدگی ادامه داشت. در طول دوره رشد بارندگی موثری رخ نداد. زمان قطع آبیاری نیز هنگام رسیدگی

جدول ۲- شاخص‌های ارزیابی لاین‌های مورد مطالعه لوبیا چیتی

Table 2. Evaluation indices of studied chitti bean lines

| شاخص<br>Index   | معادله<br>Equation  | منبع<br>Reference |
|---|---|-------------------|
| تحمل به تنش<br>Stress Tolerance                             | $STI = [Y_p * Y_s] * [\bar{Y}_p * \bar{Y}_g]$             | ۱۵                |
| میانگین هندسی بهره‌وری متوسط<br>Geometric Mean Productivity | $GMP = \sqrt{[Y_p * Y_s]}$                                |                   |
| شاخص تحمل<br>Tolerance index                                | $TOL = [Y_p - Y_s]$                                       | ۱۶                |
| بهره‌وری متوسط<br>Mean Productivity                         | $MP = [Y_p + Y_s] * 2$                                    |                   |
| حساسیت به تنش<br>Stress Susceptibility                      | $SSI = [1 - (Y_s / Y_p)] * [1 - (\bar{Y}_g / \bar{Y}_p)]$ | ۲۱                |

در روابط بالا  $\bar{Y}_p$ ،  $\bar{Y}_g$ ،  $Y_p$ ،  $Y_s$  به ترتیب عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش برای هر لاین و میانگین عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش برای کلیه لاین‌ها است.

### نتایج و بحث

بوته و عملکرد دانه می‌باشد، به طوری که تعداد دانه در بوته حدود ۴۷ درصد و عملکرد دانه حدود ۴۱/۶ درصد کاهش نشان داد (جدول ۴). همچنین کلیه اجزای عملکرد دانه شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه در اثر تنش خشکی روند نزولی داشتند (جدول ۴). دلیل کاهش عملکرد دانه لوبیا در تنش خشکی به اثرات نامطلوب تنش بر روی اجزای عملکرد دانه نسبت داده می‌شود (۱۹). شن کات و بریک (۲۳) نیز گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه لوبیا می‌شود، اما کاهش عملکرد بسته به زمان و شدت تنش و نیز لاین مورد بررسی متفاوت است.

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایش نشان داد که اثر شرایط محیط (دارای تنش خشکی و بدون تنش) بر تعداد روز تا رسیدگی و اجزای عملکرد و عملکرد دانه (به جز تعداد غلاف در بوته) معنی‌دار شد (جدول ۳). همچنین تأثیر ژنوتیپ بر ویژگی‌های تعداد روز تا رسیدگی و اجزای عملکرد و عملکرد دانه (به جز تعداد غلاف در بوته) معنی‌دار بود (جدول ۳). به جز صفات تعداد روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی صفات مورد بررسی دیگر در این مطالعه روند کاهشی داشتند. بیشترین تأثیر تنش خشکی مربوط به صفات تعداد دانه در

جدول ۳- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس مرکب صفات مورد ارزیابی در ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز

Table 3. Combined analysis of variance of the evaluated traits in red bean genotypes

| منابع تغییر<br>SOV                         | درجه<br>آزادی<br>D F | تعداد روز تا گلدهی<br>Days to<br>flowering | تعداد روز تا<br>رسیدگی<br>Days to<br>maturity | تعداد غلاف در<br>بوته<br>No. pod per<br>plant | تعداد دانه در<br>غلاف<br>No. seed per<br>pod | تعداد دانه در<br>بوته<br>No. seed per<br>plant | وزن صد دانه<br>100-seed<br>weight | عملکرد دانه<br>Grain yield |
|--|----------------------|--|---|---|--|--|-----------------------------------|----------------------------|
| محیط<br>Environment                        | 1                    | ۴۰.۱۹/۶ <sup>ns</sup>                      | ۶۱۶۲/۲ <sup>**</sup>                          | ۷۲۵/۷ <sup>ns</sup>                           | ۷/۹ <sup>**</sup>                            | ۱۰۳۶۵/۳ <sup>*</sup>                           | ۲۱۹/۳ <sup>*</sup>                | ۱۴۷۹۱۲۵/۷ <sup>**</sup>    |
| خطای محیط<br>Error of Environment          | 2                    | ۰/۷۴                                       | ۶۴/۰۱   | ۶۹/۱  | ۰/۱۰   | ۳۹۶/۸  | ۶/۰۷                              | ۴۶۴۸۷۱                     |
| ژنوتیپ<br>Genotype                         | 24                   | ۲/۵ <sup>ns</sup>                          | ۷۷/۸ <sup>*</sup>                             | ۲۶/۶ <sup>s</sup>                             | ۰/۷۶ <sup>**</sup>                           | ۳۹۸/۲ <sup>*</sup>                             | ۱۵۶/۶ <sup>*</sup>                | ۶۴۵۳۹۲/۳ <sup>**</sup>     |
| ژنوتیپ * محیط<br>Genotype *<br>Environment | 24                   | ۳/۶ <sup>**</sup>                          | ۴۰/۰ <sup>**</sup>                            | ۲۳/۵ <sup>**</sup>                            | ۰/۲۳ <sup>ns</sup>                           | ۱۸۹/۸ <sup>*</sup>                             | ۲۹/۹ <sup>**</sup>                | ۱۷۹۹۰۸/۶ <sup>ns</sup>     |
| خطای آزمایش<br>Error                       | 48                   | ۱/۳۸                                       | ۱۱/۰۷   | ۸/۵۶  | ۰/۲۶   | ۱۱۱/۹  | ۱۲/۴                              | ۱۴۰۱۷۱/۹                   |
| ضریب تغییرات (%)<br>CV (%)                 |                      | ۲/۷  | ۳/۶   | ۲۵/۸  | ۱۸/۹   | ۲۳/۶   | ۱۰/۶                              | ۲۵/۶                       |

ns، \* و \*\* به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۴- میانگین و درصد تغییرات ناشی از تنش خشکی در صفات مورد ارزیابی

Table 4. Mean and percentage changes due to drought stress in evaluated traits

| صفات<br>Traits   | آبیاری مطلوب<br>Optimum<br>irrigation | تنش خشکی<br>Drought stress | درصد تغییرات<br>Reduced<br>percentage |
|--|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| روز تا گلدهی<br>Days to flowering                                    | ۳۷/۲                                  | ۴۹/۹                       | ۳۴/۱                                  |
| روز تا رسیدگی<br>Days to maturity                                    | ۸۴/۲                                  | ۹۹/۹                       | ۱۸/۶                                  |
| تعداد غلاف در بوته<br>No. pod per plant                              | ۱۴/۰                                  | ۸/۶                        | -۳۸/۶                                 |
| تعداد دانه در غلاف<br>No. seed per pod                               | ۲/۹                                   | ۲/۴                        | -۱۷/۲                                 |
| تعداد دانه در بوته<br>No. seed per plant                             | ۴۰/۲                                  | ۲۱/۳                       | -۴۷/۰                                 |
| وزن صدانه (گرم)<br>100-seed weight (g)                               | ۳۴/۹                                  | ۳۲/۱                       | -۸/۰                                  |
| عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)<br>Grain yield (kg ha <sup>-۱</sup> ) | ۱۸۴۶/۹                                | ۱۰۷۷/۵                     | -۴۱/۶                                 |

شاخص حساسیت (SSI) مربوط به لاین KS31352 و بیشترین حساسیت مربوط به لاین KS31252 بود. از نظر شاخص تحمل بیشترین مقدار مربوط به لاین KS31336 و کمترین مقدار مربوط به لاین‌های KS31114، KS31357 و KS31352 بود (جدول ۵). از بین لاین‌های مورد مطالعه بیشترین و کمترین شاخص تحمل به تنش نیز به ترتیب در لاین‌های KS31336 و KS31114 مشاهده شد (جدول ۵). با تفاوت لاین‌ها در شرایط آبیاری بیانگر وجود ظرفیت تولید در لاین‌های مختلف می‌باشد که در صورت فراهم بودن شرایط مناسب می‌توانند عملکرد متفاوتی بسته به ظرفیت لاین تولید کنند لذا با وجود اینگونه تنوع امکان شناسایی لاین‌های متحمل وجود دارد.

در شرایط آبیاری مطلوب لاین KS31338 با مقدار ۲۵۴۲ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان عملکرد را دارا بود و پس از آن لاین KS31287 دارای عملکرد بالاتری بود. همچنین از لحاظ عملکرد در شرایط تنش خشکی لاین KS31336 با مقدار ۱۹۳۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان عملکرد و لاین KS31357 با ۶۰۲ کیلوگرم در هکتار کمترین میزان را دارا بود (جدول ۵). در بررسی شاخص‌های تحمل، بیشترین و کمترین شاخص بهره‌وری متوسط به ترتیب متعلق به لاین‌های KS31336 و KS31114 بود (جدول ۵). همچنین، بیشترین و کمترین میانگین هندسی تولید (GMP) به ترتیب مربوط به لاین KS31336 (۲۱۳۶ کیلوگرم در هکتار) و KS31114 (۸۱۳ کیلوگرم در هکتار) بود. کمترین میزان

جدول ۵- شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در لاین‌های لوبیا قرمز

Table 5. Drought tolerance indices in red bean lines

| لاین    | عملکرد دانه آبیاری معمول<br>Normal irrigation grain yield<br>(Kg Ha <sup>-1</sup> ) | عملکرد دانه شرایط تنش<br>Stress condition grain yield<br>(Kg Ha <sup>-1</sup> ) | شاخص بهره‌وری متوسط<br>Mean productivity index | شاخص میانگین هندسی بهره‌وری<br>Geometric mean productivity index | شاخص تحمل<br>Tolerance index | شاخص تحمل به تنش<br>Stress tolerance index | شاخص حساسیت به تنش<br>Stress susceptibility index |
|---------|---|---|--|--|------------------------------|--|---|
| KS31350 | ۱۳۳/۵   | ۶۶۸/۴   | ۹۹۴/۹  | ۹۳۹/۸  | ۶۵۳/۱                        | -/۱۳                                       | ۱/۰۵  |
| KS31336 | ۲۳۵۸/۶  | ۱۹۳۴/۷  | ۲۱۴۶/۶   | ۲۱۳۶/۲   | ۴۲۳/۹                        | -/۶۸                                       | -/۳۸  |
| KS31337 | ۱۵۹۳/۸  | ۱۳۸۰/۴  | ۱۴۸۷/۱   | ۱۴۸۳/۳   | ۲۱۳/۴                        | -/۳۳                                       | -/۲۸  |
| KS31351 | ۱۴۶۰/۵  | ۷۳۷/۳   | ۱۰۸۹/۹   | ۱۰۳۷/۷   | ۷۲۳/۲                        | -/۱۶                                       | ۱/۰۵  |
| KS31352 | ۸۴۱/۶   | ۸۲۱/۹   | ۸۳۱/۷  | ۸۳۱/۷  | ۱۹/۷                         | -/۱۰                                       | -/۰۵  |
| KS31252 | ۲۳۴۹/۴  | ۶۴۷/۸   | ۱۴۹۸/۶   | ۱۲۳۳/۷   | ۱۷۰/۱/۶                      | -/۲۳                                       | ۱/۵۰  |
| KS31338 | ۲۵۴۱/۷  | ۱۲۱۲/۹  | ۱۸۷۷/۳   | ۱۷۵۵/۸   | ۱۳۳۸/۸                       | -/۴۶                                       | ۱/۱۰  |
| KS31353 | ۱۵۳۰/۶  | ۶۹۳/۲   | ۱۱۱۱/۹   | ۱۰۳۰/۰   | ۸۳۷/۴                        | -/۱۶                                       | ۱/۲۰  |
| KS31354 | ۲۱۰۵/۸  | ۹۰۰/۹   | ۱۵۰۳/۳   | ۱۳۷۷/۳   | ۱۲۰۴/۹                       | -/۲۸                                       | ۱/۲۰  |
| KS31242 | ۱۸۶۹/۶  | ۶۶۶/۴   | ۱۲۶۸/۰   | ۱۱۱۶/۲   | ۱۲۰۳/۲                       | -/۱۹                                       | ۱/۴۰  |
| KS31355 | ۱۱۴۹/۹  | ۷۳۶/۵   | ۹۴۳/۲  | ۹۲۰/۳  | ۴۱۳/۴                        | -/۱۳                                       | -/۷۶  |
| KS31339 | ۱۸۸۶/۶  | ۱۰۳۳/۹  | ۱۴۶۰/۲   | ۱۳۹۶/۶   | ۸۵۲/۷                        | -/۲۹                                       | -/۹۶  |
| KS31356 | ۲۰۰۲/۵  | ۶۴۹/۵   | ۱۳۲۶/۰   | ۱۱۴۰/۴   | ۱۳۵۳/۰                       | -/۱۹                                       | ۱/۴۴  |
| KS31148 | ۱۹۴۸/۳  | ۱۸۲۸/۳  | ۱۸۸۸/۳   | ۱۸۸۷/۳   | ۱۲۰/۰                        | -/۵۳                                       | -/۱۳  |
| KS31114 | ۹۹۵/۷   | ۶۶۳/۱   | ۸۲۹/۴  | ۸۱۲/۵  | ۳۳۲/۶                        | -/۰۹                                       | -/۷۱  |
| KS31130 | ۲۳۷۱/۷  | ۱۱۲۴/۵  | ۱۷۴۸/۱   | ۱۶۳۳/۱   | ۱۲۴۷/۲                       | -/۳۹                                       | ۱/۱۲  |
| KS31287 | ۲۳۹۲/۵  | ۱۵۱۹/۵  | ۱۹۵۶/۰   | ۱۹۰۶/۷   | ۸۷۳/۰                        | -/۵۴                                       | -/۷۸  |
| KS31227 | ۱۷۶۷/۱  | ۹۷۳/۱   | ۱۳۶۹/۶   | ۱۳۱۰/۶   | ۷۵۹/۰                        | -/۲۶                                       | -/۹۶  |
| KS31253 | ۲۲۸۴/۵  | ۱۹۳۴/۶  | ۲۱۰۹/۵   | ۲۱۰۲/۳   | ۳۴۹/۹                        | -/۶۶                                       | -/۳۲  |
| KS31264 | ۱۹۵۸/۸  | ۱۰۲۱/۸  | ۱۴۹۰/۳   | ۱۴۱۴/۷   | ۹۳۷/۰                        | -/۳۰                                       | ۱/۰۲  |
| KS31340 | ۲۲۸۳/۳۳   | ۱۲۷۲/۴  | ۱۷۷۷/۸   | ۱۷۰۴/۵   | ۱۰۱۰/۹                       | -/۴۳                                       | -/۹۴  |
| KS31357 | ۱۲۰۹/۸  | ۶۰۲/۲   | ۹۰۶/۶  | ۸۵۳/۵  | ۶۰۷/۶                        | -/۱۱                                       | ۱/۰۷  |
| KS31285 | ۲۱۵۸/۸  | ۱۱۹۶/۲  | ۱۶۷۷/۵   | ۱۶۰۶/۹   | ۹۶۲/۶                        | -/۳۹                                       | -/۹۵  |
| Ofogh   | ۲۲۳۷/۱  | ۱۶۴۹/۹  | ۱۹۳۸/۵   | ۱۹۱۶/۹   | ۵۷۷/۲                        | -/۵۵                                       | -/۵۵  |
| Yaghut  | ۱۵۶۲/۳  | ۱۰۶۹/۹  | ۱۳۱۶/۱   | ۱۲۹۲/۹   | ۴۹۲/۴                        | -/۲۵                                       | -/۶۷  |

شاخص‌ها آنهایی هستند که دارای همبستگی بالا با عملکرد تحت هر دو شرایط تنش و بدون تنش باشند (۱۵) و از طرفی لاین‌هایی که دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط آبیاری بوده و از طرفی کمترین حساسیت به تنش خشکی را داشته باشند مورد نظر می‌باشد، لذا انتخاب بر اساس دو شاخص میانگین هندسی تولید و شاخص حساسیت به تنش حائز اهمیت است. در این پژوهش نیز با توجه به نتایج بدست آمده بهترین شاخص‌های ارزیابی شاخص‌های میانگین هندسی تولید و حساسیت به تنش بودند. آب و همکاران (۱) و وایت و همکاران (۲۵) موثرترین معیار انتخاب جهت تشخیص لاین‌های متحمل به تنش خشکی را در میان صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، فنولوژیکی، عملکرد و صفات وابسته به عملکرد، میانگین عملکرد دانه (میانگین حسابی و هندسی) گزارش نمودند.

بر اساس ضرایب همبستگی (جدول ۶)، عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی و شاخص‌های ارزیابی تحمل تنش مورد مطالعه، شامل شاخص تحمل (TOL)، میانگین تولید (MP)، شاخص تحمل تنش (STI) و میانگین هندسی تولید (GMP) دارای همبستگی مثبت معنی‌دار بود. عملکرد در شرایط تنش خشکی نیز با میانگین تولید، میانگین هندسی تولید و شاخص تحمل دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار و با شاخص حساسیت به تنش (SSI) دارای همبستگی منفی معنی‌دار بود. محمدی و همکاران (۱۷) در بررسی پانزده لاین لوبیا سفید در شرایط آبیاری نرمال و تنش آبی گزارش کردند که شاخص‌های GMP، STI و SSI با عملکرد همبستگی مثبت معنی‌دار ولی با شاخص‌های TOL و MP همبستگی منفی داشت و با استفاده از بای پلات مولفه‌های مقاومت و حساسیت به تنش دو لاین متحمل را شناسایی نمودند. با توجه به اینکه بهترین

جدول ۶- ضرایب همبستگی شاخص‌های تحمل در لاین‌های لوبیا قرمز

Table 6. Correlation coefficient between drought tolerance indices in red bean lines

| شاخص‌ها<br>Indices | YP                 | YS                  | MP                  | GMP                 | TOL                | STI    | SSI |
|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------|-----|
| YP                 | ۱                  |                     |                     |                     |                    |        |     |
| YS                 | ۰/۵۷**             | ۱                   |                     |                     |                    |        |     |
| MP                 | ۰/۹۰**             | ۰/۸۷**              | ۱                   |                     |                    |        |     |
| GMP                | ۰/۸۳**             | ۰/۹۳**              | ۰/۹۹**              | ۱                   |                    |        |     |
| TOL                | ۰/۵۷**             | -۰/۳۵ <sup>ns</sup> | ۰/۱۶ <sup>ns</sup>  | ۰/۰۱ <sup>ns</sup>  | ۱                  |        |     |
| STI                | ۰/۷۸**             | ۰/۹۵**              | ۰/۹۷**              | ۰/۹۹**              | ۰/۰۶ <sup>ns</sup> | ۱      |     |
| SSI                | ۰/۲۲ <sup>ns</sup> | -۰/۶۵**             | -۰/۲۱ <sup>ns</sup> | -۰/۳۳ <sup>ns</sup> | ۰/۸۹**             | -۰/۴۰* | ۱   |

ns: \* و \*\*: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

می‌باشند گزینش نمود. اسدی و آسترکی (۴) در بررسی ۲۱ لاین و رقم لوبیا چیتی در دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی بر اساس تجزیه به مولفه‌های اصلی شاخص‌های تحمل گزارش نمودند که دو مولفه اصلی در مجموع ۹۹/۷ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه نمود که در مولفه اول بیشترین ضرایب مثبت مولفه‌ای مربوط به عملکرد در شرایط نرمال و تنش، شاخص میانگین تولید، میانگین هندسی تولید و شاخص تحمل بود. همچنین در مولفه دوم شاخص حساسیت به تنش و تحمل دارای بیشترین ضرایب عاملی بودند و بر اساس بای پلات این دو مولفه، سه لاین لوبیا چیتی متمم به تنش خشکی شناسایی نمودند.

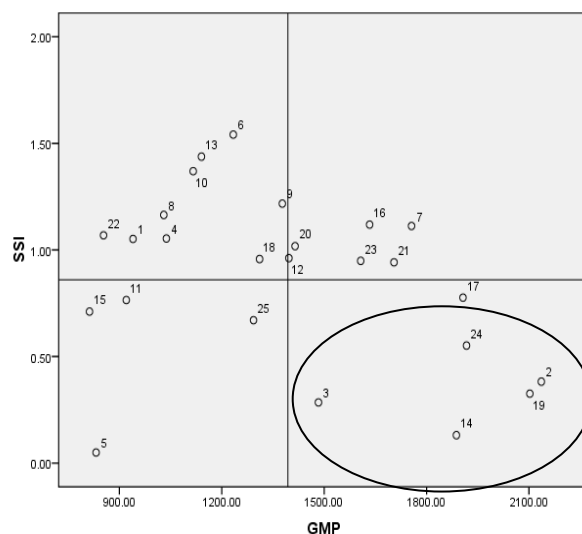
همچنین در این مطالعه بر اساس بای پلات حاصل از دو مولفه اول و دوم (شکل ۲) نیز لاین‌های KS31336، KS31253، KS31148، KS31337 متحمل به تنش خشکی شناخته شدند.

با توجه به نمودار دو طرفه شاخص‌های میانگین هندسی تولید و حساسیت به تنش (شکل ۱) بهترین لاین‌ها آنهایی هستند که دارای بیشترین مقدار GMP و کمترین مقدار SSI می‌باشند، لذا لاین‌های KS31136، KS31253 و KS31148 جزء متحمل‌ترین لاین‌ها بودند. نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی شاخص‌های مورد ارزیابی مشخص ساخت که دو مولفه اصلی توانستند ۹۹/۲ درصد تغییرات کل داده‌ها را نشان دهند. مولفه اول ۶۵/۶ درصد تغییرات داده‌ها را توجیه نمود و مولفه دوم نیز ۳۳/۶ درصد از تغییرات را توجیه نمود (جدول ۷). بر اساس تجزیه به مولفه‌های اصلی در مولفه اول عملکرد در هر دو شرایط، شاخص‌های میانگین تولید، میانگین هندسی تولید و شاخص تحمل بیشترین مقادیر را دارا بودند، لذا بر اساس این مولفه می‌توان لاین‌هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط را گزینش نمود. در مولفه دوم شاخص حساسیت به تنش دارای بیشترین ضریب بود، بر اساس این مولفه می‌توان لاین‌هایی که دارای کمترین میزان این شاخص را دارا

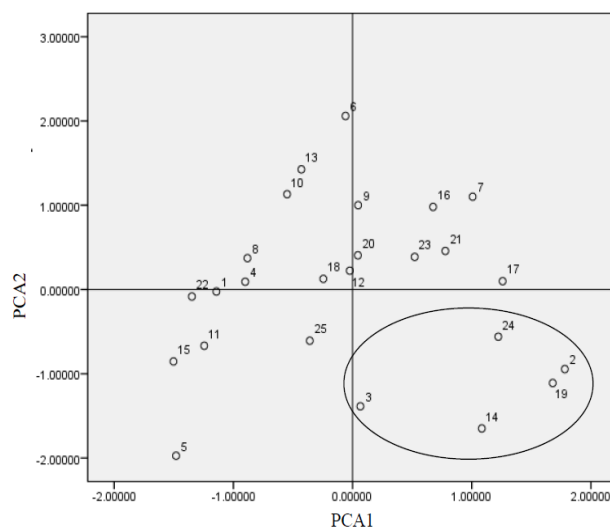
جدول ۷- تجزیه به مولفه‌های اصلی شاخص‌های تحمل به خشکی

Table 7. Principal component analysis of drought tolerance indices

| مولفه<br>Component | درصد واریانس<br>Percentage of variance | YP   | YS    | MP   | GMP   | TOL  | STI   | SSI   |
|--------------------|--|------|-------|------|-------|------|-------|-------|
| 1                  | ۶۵/۶                                   | ۰/۸۸ | ۰/۸۹  | ۰/۹۹ | ۰/۹۹  | ۰/۱۱ | ۰/۹۸  | -۰/۲۵ |
| 2                  | ۳۳/۶                                   | ۰/۴۷ | -۰/۴۵ | ۰/۰۵ | -۰/۰۹ | ۰/۹۹ | -۰/۱۷ | ۰/۹۵  |



شکل ۱- بای پلات شاخص‌های میانگین هندسی تولید و حساسیت  
Figure 1. Biplot based on STI and SSI indices



شکل ۲- بای پلات حاصل از دو مولفه اصلی شاخص‌های تحمل  
Figure 2. Biplot of drought tolerance indices based on the two principal components

و حساسیت و بای پلات حاصل از دو مولفه اول و دوم لاین‌های KS31337, KS31148, KS31253, KS31336 همراه با رقم افق متحمل به تنش خشکی شناسایی شدند تا بتوان با انجام آزمایشات تکمیلی و نیز طرح‌های مزرعه‌ای کشاورزان بتوان در برنامه‌های به نژادی و به‌زراعی محصول لوبیا از آنها بهره گرفت.

### نتیجه‌گیری کلی

با توجه به ارزیابی عملکرد دانه لاین‌های مختلف لوبیا در دو شرایط آبیاری معمول و نیز تنش آبیاری اعمال شده و نیز ارزیابی شاخص‌های تحمل تنش شامل شاخص بهره‌وری متوسط، شاخص میانگین هندسی بهره‌وری، شاخص تحمل، شاخص تحمل به تنش و شاخص حساسیت به تنش و نیز رسم بای پلات بای پلات شاخص‌های میانگین هندسی تولید

## منابع

1. Abebe, A., M.A. Brick and R. Kirkby. 1998. Comparison of selection indices to identify productive dry bean lines under diverse environmental conditions. *Field Crops Research*, 58: 15-23.
2. Anonymous. 2019. Statistics of Agricultural Crops. Center of Statistics and Information, Ministry of Jihad-e-Agriculture, Tehran, Iran (In Persian).
3. Anonymous. 2018. FAO. <http://WWW.FAO.ORG>.
4. Asadi, B. and H. Astaraki. 2015. Response of Chitti Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Lines to Drought Stress Based on Tolerance Indices. *Seed and Plant Improvement Journal*, 31(1): 233-248 (In Persian).
5. Bagheri, A., A. Mohmoudi and F. Ghezeli. 1991. Common Beans Research for Crop Improvement. Jihade-Daneshgahi of Mashhad University Press. Mashhad, Iran, 556 pp (In Persian).
6. Baghizadeh, A., S. Mohammadinejad and M. Rahimi. 2019. Evaluation of Some Biochemical Characteristics of Some Red Bean Ecotypes under Drought Stress Conditions. *Journal of Crop Breeding*, 11(29): 55-64 (In Persian).
7. Bayat, A.A., A. Sepehri, G. Ahmadvand and H.R. Dorri. 2010. Effect of water deficit stress on yield and yield component of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Crop Science*, 12(1): 42-54 (In Persian).
8. Beebe, S.E., I.M. Rao, C. Cajiao and M. Grajales. 2008. Selection for drought resistance in common bean also improves yield in phosphorus limited and favorable environments. *Crop Science*, 48: 582-592.
9. Dastneshan, S., M.R. Bihamta, A. Abbasi and M. Sabokdast. 2019. The Effect of Different Levels of Drought Stress on some Physiological Traits and Chlorophyll Fluorescence of Bean Genotypes (*Phaseolus Vulgaris* L.). *Journal of Crop Breeding*, 11(31): 92-104 (In Persian).
10. Dastneshan, S. and M. Sabokdast Nodehi. 2019. Evaluation of Tolerance Rate of Some Genotypes of Beans to Salinity Stress. *Journal of Crop Breeding*, 11(32): 184-194 (In Persian).
11. Delfan, S., M.R. Bihamta, A. Hoseinzade and M. Sabokdast. 2018. Genetic Diversity in Bean Genotypes under Drought Stress Conditions. *Journal of Crop Breeding*, 10(26): 104-119 (In Persian).
12. Dorri, H.R. and M. Dadivar. 2004. Final report of Evaluation of tolerance to water stress in bean (*Phaseolus vulgaris*) genotypes. Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center. Final Report, (In Persian).
13. Eberhart, S.A. and W.A. Russel. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6: 36-40.
14. Majnon Hoseini, N. 2009. Agronomy and Pulses Production, 4th edition. Tehran University Jihad Publications, Tehran, Iran, (In Persian).
15. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp. 257-270. In: Kuo, C. G. (ed.) Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress, Tainan, Taiwan.
16. Fischer, R.A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. *Australian Journal of Agriculture Science*, 29(5): 897-912.
17. Mohammadi, A., M.R. Bihamta, M. Soluoki and H.R. Dorri. 2008. Study of quantitative and qualitative traits and their relationships with grain yield in white bean (*Phaseolus vulgaris*) under optimum and limited irrigation condition. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 10(3): 231-243 (In Persian).
18. Nasrollahzadeh Asl, V., M.R. Shiri, S. Moharam Nejad, M. Yusefi and F. Baghbani. 2017. Effect of drought tension on agronomy and biochemical traits of three maize hybrids (*Zea mays* L.). *Crop Physiology Journal*, 8(32): 45-60 (In Persian).
19. Rafiiohossaini, M., F. Salehi and M. Mazhari. 2016. The Effect of Drought Stress Intensity and Stage on Agronomic Characteristics of Two Common Bean Cultivars. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 5(11): 45-56 (In Persian).
20. Ramirez-Vallejo, P. and J.D. Kelly. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica*, 99: 127-136.
21. Rosielle, A.A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non - stress environment. *Crop Science*, 21(6): 943-946.
22. Shafiee Khorshidi M., M.R. Bihamta, F. Khialparast and M.R. Naghavi. 2012. Assessment of Genetic Variation in Common Bean Genotypes under Drought Condition Using Cluster and Canonical Discriminant Analysis (CDA). *Journal of Crop Breeding*, 4(10): 1-17 (In Persian).
23. Shenkut, A.A. and M.A. Brick. 2003. Traits associated with dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.) productivity under diverse soil moisture environments. *Euphytica*, 133(3): 339-347.
24. Teran, H. and S.P. Singh. 2002. Comparison of sources and lines selected for drought resistance in common bean. *Crop Science*, 42: 64-70.
25. White, J.W., R.M. Ochoa, F.P. Ibarra and S.P. Singh. 1994. Inheritance of seed yield, maturity and seed weight of common bean (*Phaseolus vulgaris*) under semi-arid rainfed conditions. *Journal of Agriculture Science*, 122: 265-273.

## Evaluation of Drought Tolerance Indices in Red Bean Lines

Behroz Asadi<sup>1</sup> and Seyed Mohsen Seyedi<sup>1</sup>

1- Crop and Horticultural Science Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center Research and Education Center (AREEO), Arak, Iran.

2- Crop and Horticultural Science Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center Research and Education Center (AREEO), Arak, Iran

(Corresponding author: mohsensayyedi@yahoo.com)

Received: March 14, 2021

Accepted: April 16, 2021

### Abstract

In other to evaluation of drought stress tolerance, 23 lines of red beans with tow cultivars (Yaghout and Ofogh), were studied in lattice design with two replications in both normal irrigation and drought stress at the Khomein Bean station in 2017. Drought stress applied after complete stability of each plant in third trifoliolate leaflet stage. Changes of yield and yield components, grain yield in normal irrigation and drought stress and tolerance and susceptibility indices evaluated in the stages accomplished. Analysis of variance showed that a significant difference among lines are both irrigation. Drought stress reduced evaluated properties, significantly. Drought stress resulting in decreased the most of traits, so that maximum effect of drought stress-related traits were number of seeds plant<sup>-1</sup> and yield. In normal condition the highest and the lowest grain yield (2541.7 and 841.6 Kg Ha<sup>-1</sup>, respectively) were observed in KS31338 and KS31352 line, respectively. In stress condition the highest and the lowest grain yield (1934.7 and 602.2 Kg Ha<sup>-1</sup>, respectively) were obtained in KS31336 and KS31357 line, respectively. Between stress tolerance indices the highest MP, GMP and STI belonged to KS31336 line and the lowest tolerance index and stress susceptibility index (SSI) were observed in KS31352 line respectively. Grain yield under normal irrigation conditions with grain yield under drought stress conditions and stress tolerance indices (TOL, MP, STI and GMP) had significant positive correlation. Based on the geometric mean of production and the susceptibility indexes, principal component analysis and biplot STI and GMP, KS31336, KS31253, KS31148, KS31337 tolerant to drought stress were identified.

**Keywords:** Geometric mean productivity, Grain yield, Stress susceptibility index, Tolerance index