

## انتخاب برای مقاومت به خشکی در لاینهای نخود

عزت‌اله فرشادفر<sup>۱</sup>، محمدرضا زمانی<sup>۲</sup>، مصطفی مطلبی<sup>۳</sup> و عباسعلی امام‌جمعه<sup>۴</sup>  
۱ و ۴- دانشیار و دانشجوی سابق گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی،  
۲ و ۳- استادیاران گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم دانشگاه رازی  
تاریخ پذیرش مقاله ۷۹/۸/۲۵

### خلاصه

به منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی لاینهای نخود، غربال کردن شاخص‌های کمی مقاومت به خشکی و شناسایی لاینهای مقاوم به خشکی، تعداد ۲۱ لاین نخود در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط آبی و دیم در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی مورد آزمایش قرار گرفتند. بر مبنای عملکرد آبی ( $Y_p$ ) و دیم ( $Y_s$ )، شاخص‌های کمی مقاومت به خشکی از قبیل: میانگین بهره‌وری (MP)، شاخص تحمل (TOL)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین هارمونیک (HM)، شاخص حساسیت به تنش (SSI) و شاخص تحمل تنش (STI) محاسبه شدند. اختلاف بسیار معنی‌داری بین لاینها از نظر کلیه شاخص‌ها و عملکردهای آبی و دیم وجود داشت، که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی، امکان انتخاب برای مقاومت به خشکی و دورگ‌گیری برای مطالعات ژنتیکی و اصلاحی بعدی می‌باشد. در شرایط آبی و دیم بیشترین عملکرد و نیز بیشترین MP، GMP و HM متعلق به لاین FLIP 92-60C بود. تحلیل همبستگی بین عملکرد در شرایط آبی و دیم و شاخص‌های مقاومت به خشکی نشان داد که STI، GMP، MP و HM مناسبترین شاخص‌ها برای غربال کردن لاینهای نخود می‌باشند. با توجه به این چهار شاخص و عملکرد بالا در دو محیط آبی و دیم، بهترین لاینهای مقاوم به خشکی لاینهای ۱۴،۱۱،۸،۷،۴ و ۲۰ تشخیص داده شدند. نمودار چندمتغیره بای‌پلات نشان داد که لاینهای ۱۴،۱۱،۸،۷،۴ در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های مقاومت به خشکی یعنی MP، GMP، HM و STI قرار دارند، همچنین توزیع لاینها در فضای بای‌پلات وجود تنوع ژنتیکی بین لاینها نسبت به تنش خشکی را نشان داد. تجزیه خوشه‌ای نشان داد که بیشترین فاصله ژنتیکی بین لاینهای مقاوم ۱۴،۱۱،۸،۷،۴ و ۲۰ و لاینهای حساس ۱۸،۱۳،۹،۵،۱ و ۲۱ می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: نخود، شاخص‌های مقاومت به خشکی، بای‌پلات، تجزیه خوشه‌ای

## مقدمه

حبوبات نقش مهمی در تأمین نیازهای غذایی انسان ایفا می‌کنند. در بین حبوبات نخود از نظر سطح زیر کشت در مقام چهارم قرار دارد (۳). از این گیاه می‌توان در مدیریت حاصلخیزی مناطق خشک بهره جست (۱ و ۱۴). نخود ایرانی در ۳۴ کشور جهان کشت می‌شود که معادل ۱/۳ درصد سطح زیر کشت نخود در دنیا و ۱/۴ درصد تولید جهانی نخود است. یکی از هدفهای مهم اصلاح نخود، مقاومت به تنش‌های محیطی است. تلاشهای زیادی در جهت تعیین تحمل به خشکی در نخود براساس آزمایشات جوانه‌زنی با تأمین رطوبت محدود، یا در شرایط پتانسیل اسمزی و یا براساس کاهش عملکرد تحت شرایط تنش آبی در مقایسه با شرایط کنترل انجام شده است (۱). بالدیو (۹) در سال ۱۹۷۸ چندین آزمایش را در مؤسسه تحقیقات کشاورزی هند برای تعیین اثر یک یا دو آبیاری در نخود انجام داد و به این نتیجه رسید که آبیاری در حین پر شدن نیام، ۲۵ درصد عملکرد نخود را افزایش می‌دهد. این امر مبین آن است که محصول دانه نخود عمدتاً در اثر خشکی کاهش پیدا می‌کند (۳). سینگ (۱۶) در سال ۱۹۹۰ تعداد ۲۵ ژنوتیپ نخود را در تل‌هادیای سوریه در دو شرایط آبی و دیم مورد آزمایش قرار داد و نتیجه گرفت که با انجام آبیاری اندازه دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت افزایش می‌یابد.

در حوزه مدیترانه و پاره‌ای از نقاط ایران نیز بارندگی معمولاً در طی ماههای فصل زمستان است، اما نخود در بهار کشت می‌شود، لذا محصول نخود عمدتاً به رطوبت ذخیره شده در خاک وابسته است محصول نخود کشت شده در بهار تنش خشکی قابل ملاحظه‌ای را تجربه نموده و بنابراین محصول کمی تولید می‌کند (۳). سلیم و همکارانشان (۱۵)

تعداد ۲۰ وارته مختلف نخود را در شرایط آبی و دیم در ایکاردا کشت نمودند و به این نتیجه رسیدند که محصول دانه با توجه به مقدار رطوبت متفاوت بوده و در شرایط دیم بسیار پائین بود.

با توجه به مطالب یاد شده اصلاح مقاومت به خشکی در نخود از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بلام اظهار می‌دارد که انتخاب برای مقاومت به خشکی باید با انتخاب مواد ژنتیکی برای پتانسیل عملکرد بالا تحت شرایط بدون تنش همراه باشد (۱۰). به نظر می‌رسد که ارقامی که در شرایط آبیاری مناسب و آبیاری محدود، عملکرد یکسانی داشته باشند و یا لااقل تفاوت عملکرد آنها کم باشد نسبت به خشکی دارای مقاومت نسبی باشند (۶). طبق نظر فیشر معیار مقاومت به خشکی وضعیت عملکرد دانه در شرایط خشک است (۱۲). بنابراین، وضعیت عملکرد نسبی ژنوتیپها در شرایط تنش خشکی و نیز در شرایط آبی به عنوان یک نقطه شروع برای شناسایی صفات مربوط به مقاومت به خشکی و انتخاب ژنوتیپها برای اصلاح در محیطهای خشک است (۲). در این ارتباط فرناندز (۱۱) در بررسی عملکرد ژنوتیپهای لوبیا در دو محیط تنش و بدون تنش، ژنوتیپهایی که در دو محیط تظاهر یکسانی از خود نشان می‌دهند را به گروه A نامگذاری کرد. وی بیان می‌دارد که مناسبترین شاخص برای شناسایی ارقام گروه A شاخص تحمل تنش (STI)<sup>۱</sup> می‌باشد. فیشر و مورر (۱۱) شاخص حساسیت به تنش (SSI)<sup>۲</sup> را پیشنهاد کردند. رزیل و هامبلین (۱۴) شاخص تحمل (TOL)<sup>۳</sup> و شاخص بهره‌وری متوسط (MP)<sup>۴</sup> را معرفی نمودند.

فرناندز (۱۱) و کریستین (۱۳) شاخص دیگری تحت عنوان میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)<sup>۵</sup> را پیشنهاد

۵ سانتی متر در نظر گرفته شد. هر لاین در دو ردیف و بر روی هر ردیف ۱۲ عدد بذر مورد استفاده قرار گرفت. در آزمایش آبی با توجه به نیاز آبی نبات سه مرتبه آبیاری صورت گرفت، اما در آزمایش دیم هیچگونه آبیاری انجام نگرفت. در طی مراحل داشت، مرتباً از وجین دستی استفاده شد. پس از مرحله غلاف‌دهی و شکل‌گیری آن، مبارزه با مگس مینوز توسط سم متاسیتوکس صورت گرفت. برداشت زمانی انجام شد که مشاهده شد حدوداً ۹۰ درصد بوته‌های آزمایش رسیده است. عملکرد دانه هر دو خط در آزمایش آبی و دیم برداشت شد و مورد محاسبات ر تجزیه‌های آماری زیر قرار گرفت.

ابتدا با استفاده از عملکرد گیاهان در آزمایش آبی ( $Y_p$ ) و آزمایش دیم ( $Y_s$ ) شاخص‌های کمی مقاومت به خشکی به شرح زیر محاسبه گردید.

۱- شاخص تحمل (TOL) و شاخص بهره‌وری متوسط (MP) (۱۳)

$$TOL = Y_p - Y_s \quad \text{و} \quad MP = \frac{Y_s + Y_p}{2}$$

۲- شاخص حساسیت به تنش (SSI) (۱۱)

$$SSI = \frac{1 - \left(\frac{Y_s}{Y_p}\right)}{SI} \quad \text{و} \quad SI = 1 - \left(\frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p}\right)$$

در این فرمول،  $SI$  شدت تنش،  $\bar{Y}_s$  میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپها در محیط تنش و  $\bar{Y}_p$  میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپها در محیط بدون تنش است.

۳- شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و شاخص تحمل تنش (STI) (۱۱ و ۱۳)

$$GMP = \sqrt{(Y_s)(Y_p)} \quad \text{و} \quad STI = \frac{(Y_p)(Y_s)}{(\bar{Y}_p)^2} \quad \text{۴- میانگین هارمونیک (HM) (۱)}$$

$$HM = \frac{2(Y_p \cdot Y_s)}{Y_p + Y_s}$$

نمودند. در هر صورت شاخص‌های کمی متعددی برای انتخاب ژنوتیپها بر مبنای وضعیت عملکرد آنها در محیط‌های دارای تنش و بدون تنش پیشنهاد شده است که بر مبنای آنها ژنوتیپهای دارای وضعیت یکنواخت در شرایط آبی و دیم شناسایی می‌شوند. هدف از این پژوهش ارزیابی تنوع ژنتیکی لاینهای نخود از نظر مقاومت به خشکی، انتخاب مناسبترین شاخص‌های مقاومت به خشکی و شناسایی لاینهای مقاوم به خشکی می‌باشد.

## مواد و روشها

به منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی لاینهای نخود، غربال کردن شاخص‌های کمی مقاومت به خشکی و شناسایی لاینهای مقاوم به خشکی، تعداد ۲۱ لاین نخود بصورت تصادفی از بین لاینهای وارداتی مرکز تحقیقات دیم سرارود کرمانشاه انتخاب شدند. آزمایش در سال زراعی ۱۳۷۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی اجرا شد. حداکثر و حداقل مطلق دمای مزرعه تحقیقاتی بترتیب  $42/7$  و  $-7/7$  درجه سانتی‌گراد و متوسط درجه حرارت و بارندگی سالیانه در طول دوره آزمایش بترتیب  $14/7$  درجه سانتی‌گراد و  $251/4$  میلی‌متر بود. بر اساس مطالعات انجام شده با استفاده از روش آمبرژه اقلیم این مزرعه نیمه‌خشک، سرد تا معتدل است. دامنه تغییرات بارندگی از سال ۷۴ تا سال ۷۷ بین  $465/3$  تا  $251/4$  میلی‌متر در سال ۷۷ گزارش شده است. افزایش دما در اواخر فصل که معمولاً با قطع بارندگی همراه است، زراعت دیم را با تنش خشکی مواجه می‌سازد. عملیات تهیه زمین با عمق شخم ۲۵ سانتی‌متر در پاییز ۱۳۷۷ آغاز شد. آماده‌سازی زمین با یک شخم بهاره، دیسک و مقداری پودرسوین به میزان یک لیتر در هکتار و با غلظت ۸۵ درصد انجام گرفت. لاینها در دو شرایط آبی و دیم در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار کشت شدند. کاشت بذر به صورت دستی و طوری انجام گرفت که فاصله ردیفها ۵۰ سانتی‌متر، فاصله بذور بر روی ردیفها ۱۰ سانتی‌متر و عمق بذر حدود

هارمونیک (۱۰۷۶/۹ gr) نیز متعلق به لاین شماره ۱۱ بود و کمترین شاخص حساسیت به خشکی (۰/۱۹۵۵) و تحمل (۳۳۸/۵) متعلق به لاین شماره ۱۵ بود (جدول ۲). با توجه به اینکه لاین شماره ۱۱ یعنی لاین FLIP 92-60c از نظر عملکرد آبی و دیم نیز در وضعیت مطلوبی قرار دارد لذا می توان آنرا مناسبترین لاین برای کشت دیم در نظر گرفت. بعلاوه لاین شماره ۱۱ علاوه بر شاخص های بیان شده از نظر دو شاخص تحمل (TOL) و شاخص حساسیت به تنش (SSI) نیز در وضعیت مطلوبی قرار داشت زیرا از این نظر نیز با لاین شماره ۱۵ یعنی لاین FLIP 92-104c در یک گروه قرار گرفت.

نظر به اینکه مقاومت به خشکی یک صفت پیچیده است و عوامل مختلفی در آن دخالت دارند، لذا قضاوت پیرامون لاینها از نظر یک صفت، پیچیده و گاهی اوقات با نتایج متناقض همراه است (۷، ۸). بنابراین با استفاده از تحلیل همبستگی بین عملکرد در شرایط آبی و دیم و شاخص های کمی مقاومت به خشکی، شاخص های مقاومت را غربال و مناسبترین شاخص، انتخاب گردید (جدول ۳). مناسبترین شاخص آن است که در هر دو شرایط آبی و دیم دارای همبستگی معنی داری با عملکرد باشد (۷، ۱۰). نتایج حاصل از تجزیه همبستگی شاخص ها با عملکرد در شرایط آبی ( $Y_p$ ) و دیم ( $Y_s$ ) (جدول ۳) نشان داد که بین شاخص های STI، GMP، HM و MP با عملکرد آبی و دیم همبستگی بسیار معنی داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد، لذا می توان شاخص های میانگین بهره وری (MP)، میانگین همساز (HM)، میانگین هندسی بهره وری (GMP) و شاخص تحمل تنش (STI) را بعنوان مناسبترین شاخص ها برای غربال کردن لاینهای مقاوم به خشکی که در شرایط آبی و دیم نیز عملکرد بالایی دارند در

پس از محاسبه شاخص های کمی، این شاخص ها همراه با عملکردهای آبی و دیم با استفاده از نرم افزار MSTAT-C مورد تجزیه واریانس و مفیسه میانگین ها با استفاده از آزمون چنددامنه ای دانکن قرار گرفتند. سپس با استفاده از نرم افزار رایانه ای SPSS همبستگی بین میانگین شاخص های محاسبه شده و عملکرد آبی و دیم بدست آمد. همچنین نتایج حاصل بصورت نمودار سه بعدی نمایش داده شد. بسطور انتخاب چندمتغیره از تجزیه مؤلفه های اصلی<sup>۱</sup> و نمودار بای پلات<sup>۲</sup> استفاده شد. به منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی لاینها و انتخاب لاینهای مطلوب جهت دورگ گیری از تجزیه خوشه ای<sup>۳</sup> و روش UPGMA استفاده شد و نتایج حاصل به صورت نمودار دندروگرام (فنوگرام) ارائه گردید. نتایج گروه بندی لاینها بر مبنای تجزیه خوشه ای با استفاده از تحلیل ممیزی (تجزیه تشخیص) نیز مورد کنترل قرار گرفت.

### نتایج و بحث

اختلاف بسیار معنی داری بین ارقام از نظر کلیه شاخص های کمی مقاومت به خشکی و نیز عملکردهای آبی و دیم وجود داشت (جدول ۱) که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی و امکان انتخاب برای مقاومت به خشکی است. وجود تفاوت معنی دار و تنوع ژنتیکی بین ارقام مختلف نخود از نظر شاخص های مقاومت به خشکی در مطالعات دیگر نیز مورد تأیید قرار گرفته است (۱، ۳، ۴). در شرایط آبی و دیم بیشترین عملکرد متعلق به لاین شماره ۱۱ ( $Y_p = 2712/5$  gr و  $Y_s = 1803/7$  gr) بود (جدول ۲). از نظر شاخص های کمی مقاومت به خشکی نیز بیشترین STI متعلق به لاینهای شماره ۱۱ (۱/۲۷۲۳) و شماره ۲۰ (۱/۲۹۵۸)، بیشترین میانگین بهره وری (۲۲۵۸/۱ gr)، میانگین هندسی بهره وری (۲۲۰۴/۸ gr) و میانگین

لاینهای FLIP۹۲-۹C ، FLIP۹۲-۴۷C ، FLIP۹۲-۳۶C ، FLIP۹۲-۶۰C ، FLIP۹۱-۱۳۷C و FLIP۸۴-۴۸ در گروه A قرار دارند، یعنی هم مقاوم به کم آبی هستند و هم محصول آنها در محیط آبی و دیم بالاست. استفاده از نمودار سه بعدی برای تشخیص گروه A از سایر گروهها در نخود توسط امام جمعه (۱)، در لوبیا توسط فرناندز (۱۱)، در گندم توسط حق پرست (۵) و نورمند مؤید (۸) و در لاینهای جایگزین شده کروموزومی توسط معروفی (۷) مورد بررسی و تأیید قرار گرفته است.

نمودار سه بعدی فقط رابطه بین سه متغیر را بررسی می کند، برای بررسی رابطه بین بیش از سه متغیر از یک نمودار چند متغیره موسوم به بای پلات استفاده شد (۸، ۷، ۱) و (۱۱). برای این منظور از تجزیه چند متغیره مؤلفه های اصلی استفاده گردید (جدول ۴). بای پلات مربوط بر مبنای دو مؤلفه اول و دوم که ۹۷/۴ درصد از تغییرات موجود بین داده ها را توجیه کرد، رسم گردید (نمودار ۵). در فضای بای پلات ژنوتیپها در گروههای مشخصی قرار گرفتند که مرتبط با میانگین عملکرد و مقاومت آنها به کمبود آب است. جدول ۴ نشان می دهد که ۷۰/۳ درصد از تغییرات کل داده ها مربوط به اولین مؤلفه است که دارای همبستگی مثبت و معنی داری با عملکرد در محیط بدون تنش و همبستگی منفی با دو شاخص SSI و TOL است. با توجه به اینکه پائین بودن میزان این شاخص ها و مقادیر بالای عملکرد آبی مورد نظر است، بر مبنای مؤلفه اول ارقام برگزیده می شوند که در شرایط آبی یا بدون تنش دارای عملکرد بالا و SSI و TOL پائین هستند و بعبارت دیگر این

نظر گرفت. در مطالعه ای که توسط امام جمعه (۱) بر روی لاینهای نخود صورت گرفت شاخص های GMP ، MP ، STI و HM بعنوان مناسبترین شاخص ها در نظر گرفته شدند. کریستین و همکاران (۱۳) در مطالعه بر روی ارقام لوبیا شاخص میانگین هندسی بهره وری (GMP) را بعنوان شاخص مطلوب انتخاب نمودند. فرناندز (۱۱) دو شاخص STI و MP را برای غربال کردن لاینهای مقاوم به خشکی در لوبیا در نظر گرفت.

بعد از آنکه بهترین شاخص های کمی مقاومت به خشکی شناسایی شدند، برای تعیین لاینهای مقاوم به خشکی از نمودار سه بعدی استفاده شد (شکل های ۲، ۱، ۳ و ۴). نمودار سه بعدی رابطه بین سه متغیر  $Y_p$  ،  $Y_s$  و یکی از شاخص های مقاومت را نشان می دهد (۸ و ۱۱). با توجه به این سه معیار ژنوتیپها به چهار گروه A ، B ، C و D تقسیم شدند (۱۱):

۱- گروه A - ژنوتیپهای دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط آبی و دیم .

۲- گروه B - ژنوتیپهای دارای عملکرد بالا در محیط آبی .  
۳- گروه C - ژنوتیپهای دارای عملکرد بالا در محیط تنش و دیم .

۴- گروه D - ژنوتیپهای دارای عملکرد پائین در هر دو محیط آبی و دیم.

مناسبترین شاخص آن است که بتواند گروه A را از سایر گروهها تمیز دهد (۱۱). بررسی نمودارهای سه بعدی (شکل های ۲، ۱، ۳ و ۴) با  $Y_p$  و  $Y_s$  شاخص های MP ، GMP ، STI و HM نشان داد که لاینهای ۴، ۷، ۸، ۱۱، ۱۴ و ۲۰ یعنی

جدول ۱- تجزیه واریانس شاخص های کمی مقاومت به خشکی و عملکرد در شرایط آبی و دیم

| میانگین مربعات |        |        |        |        |        |        |        | درجات آزادی | منابع تغییرات |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|---------------|
| $Y_p$          | $Y_s$  | DTI    | DSI    | TOL    | MP     | GMP    | HM     |             |               |
| ۶/۷۳*          | ۵/۳۰** | ۴/۰۸** | ۳/۵۰** | ۴/۰۸** | ۲/۵۸** | ۴/۴۲** | ۵/۳۸** | ۲۰          | نیمار         |
| ۲/۴۰۸**        | ۲/۲۲** | ۲/۰۱** | ۰/۸۶** | ۰/۲۳** | ۱/۸۲** | ۱/۶۹** | ۱/۴۸** | ۲           | نکرار         |
| ۱/۷۴           | ۱/۵۶   | ۰/۰۱   | ۰/۰۲   | ۱/۱۸   | ۱/۸    | ۱/۶۴   | ۱/۱۴   | ۴۰          | اشتباه        |

\*# - معنی دار در سطح احتمال یک درصد

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد آبی و دیم و شاخص های کمی مقاومت به خشکی

| STI    | SSi    | TOL    | MP     | GMP    | HIM    | Yp     | Ys     | رتب          |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|
|        |        |        |        |        |        |        |        |              |
| ۰/۴۱۸۸ | ۰/۴۱۵۰ | ۷۲۲/۲  | ۱۴۰۰/۸ | ۱۴۵۰/۹ | ۱۵۱/۵  | ۱۷۶۱/۸ | ۱۰۳۴/۷ | ۹۲-131CFLIP  |
| ۰/۷۱۷۲ | ۰/۴۷۰۷ | ۱۱۲۵   | ۱۷۵۱/۵ | ۱۱۱۰/۹ | ۷۸۵/۵  | ۲۳۱۹   | ۱۱۹۴   | FLIP 92-51C  |
| ۰/۷۹۰۶ | ۰/۲۱۷۱ | ۴۱۱/۲  | ۱۷۷۴/۸ | ۱۷۶۱/۹ | ۸۷۴/۵  | ۱۹۸۰/۳ | ۱۵۶۱/۲ | FLIP 92-44C  |
| ۱/۰۲۹۲ | ۰/۳۵۲۷ | ۸۸۵/۸  | ۲۰۵۳/۱ | ۲۰۰۲/۲ | ۹۷۶/۴  | ۲۴۹۶   | ۱۱۱۰/۲ | FLIP 92-36C  |
| ۰/۴۳۲۴ | ۰/۴۸۴۴ | ۸۸۵/۲  | ۱۳۷۷/۴ | ۱۲۹۱/۳ | ۶۰۸/۲  | ۱۸۱۵/۳ | ۹۲۹/۵  | FLIP 92-99C  |
| ۰/۶۹۱۲ | ۰/۵۱۲۷ | ۱۱۹۸/۷ | ۱۷۴۵/۳ | ۱۶۳۸/۴ | ۷۶۹/۱  | ۲۴۴۴/۷ | ۱۱۴۶   | بیرونج       |
| ۰/۹۷۹۵ | ۰/۳۹۸۴ | ۹۵۵    | ۱۹۹۳/۵ | ۱۹۰۸   | ۹۱۵/۲  | ۲۴۷۱   | ۱۵۱۱   | FLIP 92-47C  |
| ۰/۹۴۵۷ | ۰/۳۸۰۹ | ۹۳۳    | ۱۹۶۸   | ۱۹۰۳/۹ | ۹۲۱/۵  | ۲۴۳۴/۵ | ۱۵۰۱/۵ | FLIP 92-9C   |
| ۰/۳۰۲۰ | ۰/۴۹۲۰ | ۸۵۰/۳  | ۱۱۷۶/۵ | ۱۰۷۷/۱ | ۴۹۱/۵  | ۱۶۰۱/۷ | ۷۵۱/۳۳ | FLIP 92-67C  |
| ۰/۶۲۲۶ | ۰/۴۳۰۵ | ۹۰۰    | ۱۶۳۰/۳ | ۱۵۶۲/۹ | ۷۵۰/۳  | ۲۰۸۳/۳ | ۱۱۷۷/۲ | FLIP 92-108C |
| ۱/۱۷۷۲ | ۰/۳۳۹۲ | ۹۰۸/۸  | ۲۲۵۸/۱ | ۲۲۰۴/۸ | ۱۰۷۶/۹ | ۲۷۱۲/۵ | ۱۸۰۳/۷ | FLIP 92-60C  |
| ۰/۱۵۱۱ | ۰/۵۱۸۷ | ۱۶۸۱/۳ | ۱۴۲۸/۳ | ۱۰۳۱/۵ | ۴۰۳/۷  | ۲۲۶۹   | ۵۸۷/۷  | FLIP 92-95C  |
| ۰/۴۱۸۴ | ۰/۴۰۲۹ | ۷۲۵/۵  | ۱۴۰۶/۸ | ۱۳۵۵/۸ | ۶۵۳/۶  | ۱۷۶۹/۵ | ۱۰۴۴   | FLIP 92-33C  |
| ۱/۰۱۹۴ | ۰/۳۸۸۹ | ۷۹۹/۸  | ۱۸۹۶/۱ | ۱۸۴۷/۳ | ۹۰۰/۲  | ۲۲۹۶   | ۱۴۹۱/۲ | FLIP 91-137C |
| ۰/۶۵۲۳ | ۰/۱۹۵۵ | ۲۳۸/۵  | ۱۵۸۶/۳ | ۱۵۷۶/۱ | ۷۸۳    | ۱۷۵۵/۵ | ۱۴۱۷   | FLIP 92-104C |
| ۰/۷۳۸۹ | ۰/۲۵۲۹ | ۵۳۱    | ۱۷۰۹/۲ | ۱۶۷۳/۸ | ۸۲۰/۱  | ۱۹۷۴/۷ | ۱۴۴۳/۷ | FLIP 91-158C |
| ۰/۶۱۵۵ | ۰/۲۵۸۱ | ۵۷۷    | ۱۶۳۳/۷ | ۱۵۹۲/۷ | ۷۷۶/۸  | ۱۹۲۲/۲ | ۱۴۴۵/۲ | 12-60-31     |
| ۰/۶۲۰۲ | ۰/۵۴۸۰ | ۹۱۱/۲  | ۱۳۰۹/۹ | ۱۲۰۰/۸ | ۵۵۱/۵  | ۱۸۰۸   | ۸۱۱/۸۲ | FLIP 92-121C |
| ۰/۵۱۵۱ | ۰/۲۲۶۹ | ۴۰۵/۵  | ۱۴۲۷/۱ | ۱۴۰۵/۴ | ۶۱۲/۲  | ۱۶۲۹/۸ | ۱۲۲۴/۳ | جم           |
| ۱/۲۹۵۸ | ۰/۳۷۴۰ | ۹۳۰    | ۲۱۹۹/۲ | ۲۱۳۲/۶ | ۱۰۳۴/۹ | ۲۶۶۴/۲ | ۱۶۸۴/۲ | FLIP 84-48   |
| ۰/۴۸۵۴ | ۰/۳۱۳۸ | ۵۴۷/۳  | ۱۴۰۱/۵ | ۱۳۶۹/۱ | ۶۶۸/۱  | ۱۱۷۵/۳ | ۱۱۷۸   | FLIP 482     |

#- زونب هائی که دارای حروف مشترک هستند در یک گروه قرار دارند با هم اختلاف معنی دار ندارند.

#- عملکرد در شرایط تنش، Yp عملکرد در شرایط دیم، HM میانگین همساز، GMP میانگین هندسی، بهره‌وری، MP میانگین بهره‌وری، TOL تحمل تنش، SSI شاخص حساسیت به تنش و STI شاخص تحمل تنش.

جدول ۳- جدول ضرایب همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد در دو محیط آبی و دیم

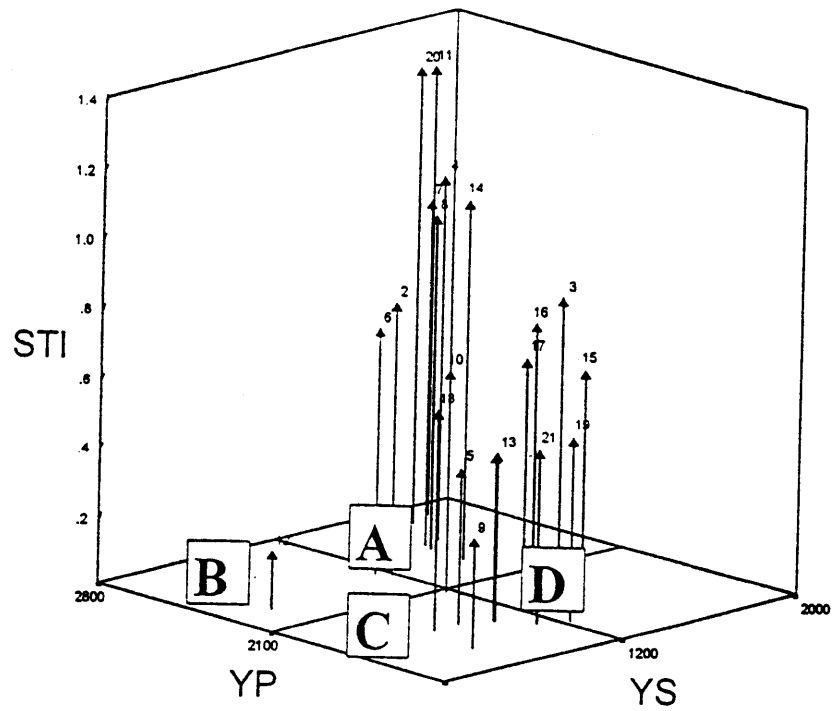
|                | Y <sub>p</sub> | Y <sub>s</sub> | SSI    | STI    | GMP    | IIM    | TOL  | MP |
|----------------|----------------|----------------|--------|--------|--------|--------|------|----|
| Y <sub>p</sub> | ۱              |                |        |        |        |        |      |    |
| Y <sub>s</sub> | ۰/۵۱**         | ۱              |        |        |        |        |      |    |
| SSI            | ۰/۱۵           | ۰/۱۲*          | ۱      |        |        |        |      |    |
| STI            | ۰/۷۹**         | ۰/۸۳**         | -۰/۳۲  | ۱      |        |        |      |    |
| GMP            | ۰/۷۹**         | ۰/۹۱**         | -۰/۳۷  | ۰/۹۹*  | ۱      |        |      |    |
| IIM            | ۰/۷۱**         | ۰/۹۸**         | -۰/۴۵  | ۰/۹۸** | ۰/۹۹** | ۱      |      |    |
| MP             | ۰/۹۰**         | ۰/۸۸**         | -۰/۲۴  | ۰/۹۶** | ۰/۹۷** | ۰/۹۴** | ۱    |    |
| TOL            | ۰/۵۱*          | -۰/۳۹          | ۰/۸۳** | -۰/۰۹  | ۰/۱۲   | -۰/۲۳  | ۰/۰۹ | ۱  |

Y<sub>s</sub> - # عملکرد در شرایط تنش، Y<sub>p</sub> عملکرد در شرایط دیم، IIM میانگین همساز، GMP میانگین هندسی بهره‌وری، MP میانگین بهره‌وری، TOL میانگین بهره‌وری، SSI شاخص حساسیت به تنش و STI شاخص تحمل تنش.

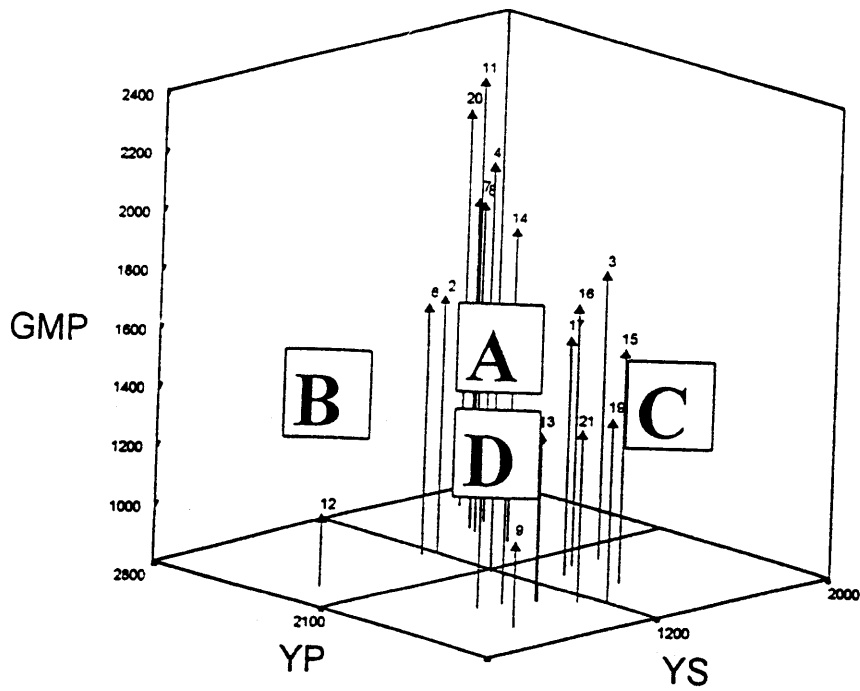
جدول ۴- مقادیر ویژه و بردارهای ویژه ۸ شاخص مقاومت به خشکی برای ۲۱ لاین نخود ایرانی

| مؤلفه | مقادیر ویژه | سهام نسبی | SSI     | STI    | MP      | TOL     | Y <sub>s</sub> | Y <sub>p</sub> |
|-------|-------------|-----------|---------|--------|---------|---------|----------------|----------------|
| ۱     | ۵/۱۲۴۴      | ۷۰/۳      | -۰/۴۲۸۴ | ۰/۹۵۶۱ | ۰/۸۷۰۰  | -۰/۱۴۶۹ | ۰/۹۶۷۵         | ۰/۷۷۰۴         |
| ۲     | ۲۱/۱۷۱۲     | ۹۷/۴      | ۰/۸۴۳۱  | ۰/۰۷۲۳ | ۰/۲۳۰۹  | ۰/۹۷۷۷  | -۰/۲۴۹۳        | ۰/۱۲۱۹         |
| ۳     | ۰/۱۹۰۰      | ۹۹/۸      | ۰/۳۲۴۵  | ۰/۱۲۱۹ | -۰/۰۷۳۳ | -۰/۱۷۶۱ | ۰/۰۱۱۵         | -۰/۱۲۹۷        |

Y<sub>s</sub> - # عملکرد در شرایط تنش، Y<sub>p</sub> عملکرد در شرایط دیم، IIM میانگین همساز، GMP میانگین هندسی بهره‌وری، MP میانگین بهره‌وری، TOL میانگین بهره‌وری، SSI شاخص حساسیت به تنش و STI شاخص تحمل تنش.

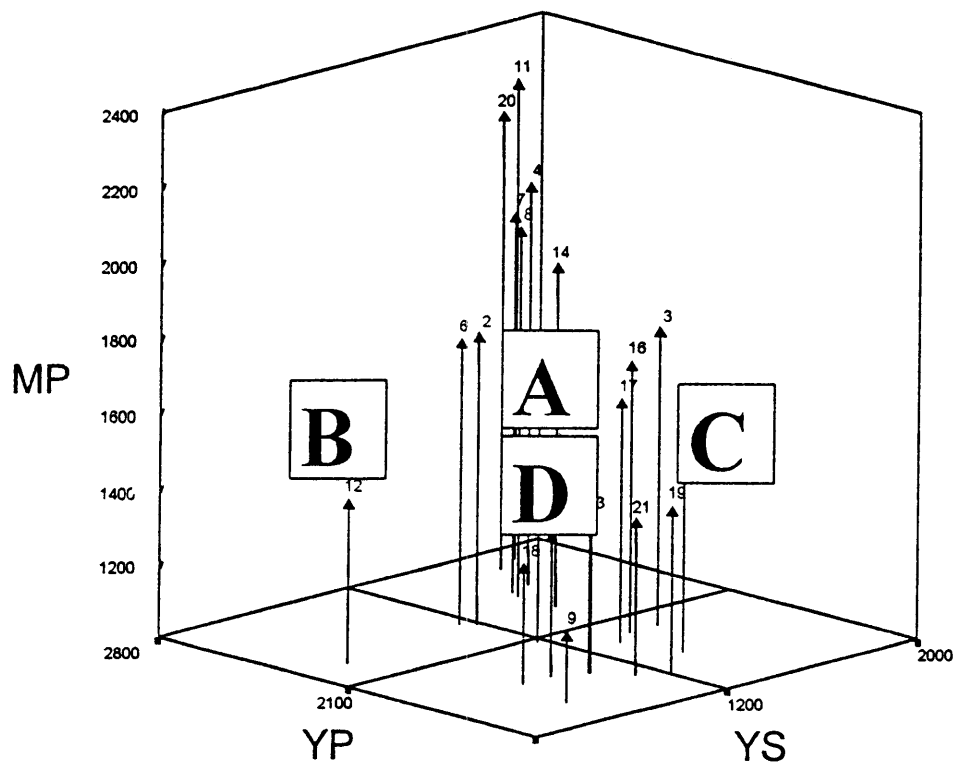


شکل ۱ - نمودار سه بعدی تعیین ارقام به خشکی بر اساس عملکرد آبی (Yp)، عملکرد دیم (Ys) و شاخص STI

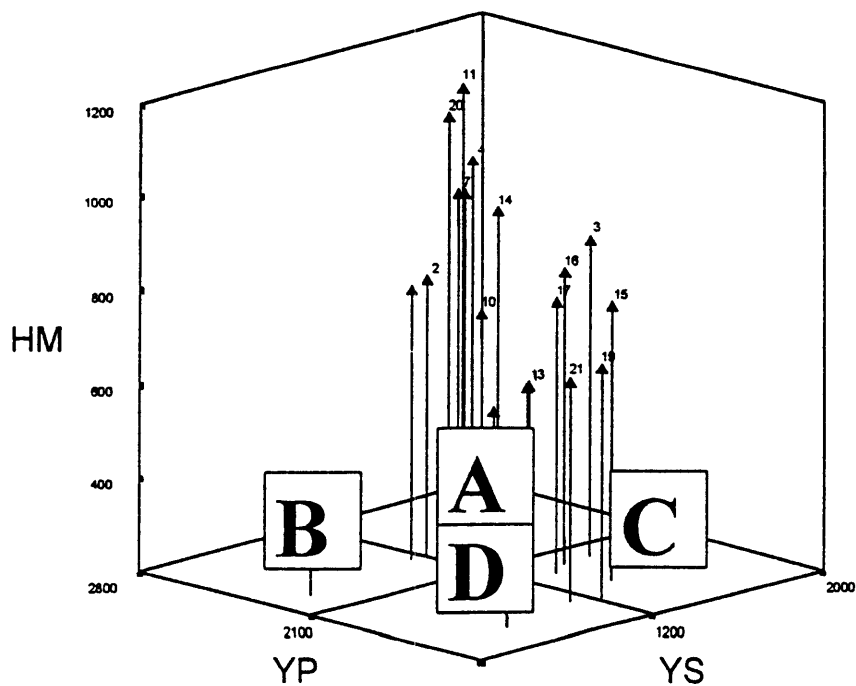


شکل ۲ - نمودار سه بعدی تعیین ارقام به خشکی بر اساس عملکرد آبی (Yp)، عملکرد دیم (Ys) و شاخص GMP





شکل ۳- نمودار سه بعدی تعیین ارقام به خشکی بر اساس عملکرد آبی (Yp)، عملکرد دیم (Ys) و شاخص MP



شکل ۴- نمودار سه بعدی تعیین ارقام به خشکی بر اساس عملکرد آبی (Yp)، عملکرد دیم (Ys) و شاخص HM

همبستگی بالا بین دو شاخص SSI و TOL نیز در نمودار مشهود است. بنابراین، نتایج حاصل از نمودارهای سه بعدی و نیز نمودار چندمتغیره بای پلات نشان داد که مناسبترین لاینها همان لاینهای ۷، ۴، ۱۱، ۱۴، ۲۰ به اضافه دو لاین ۲ و ۶ (رقم محلی بیونچ) می باشد. قرار گرفتن رقم محلی بیونچ (لاین ۶) در کنار لاینهای مقاوم به خشکی و دارای عملکرد بالا در شرایط دیم حاکی از اهمیت ارقام بومی از نظر مقاومت به تنش های محیطی و انتخاب آنها برای اصلاح ارقام مقاوم به خشکی می باشد. در بین لاینهای انتخابی لاین ۱۱ یعنی FLIP۹۲-۶۰C دارای بالاترین عملکرد آبی (gr) (۱۸۰۳/۶۷) و بالاترین سطح عملکرد دیم (۲۷۱۲/۵) (gr) (۱۸۰۳/۶۷) بود، لذا می توان آن را به عنوان بهترین لاین در نظر گرفت.

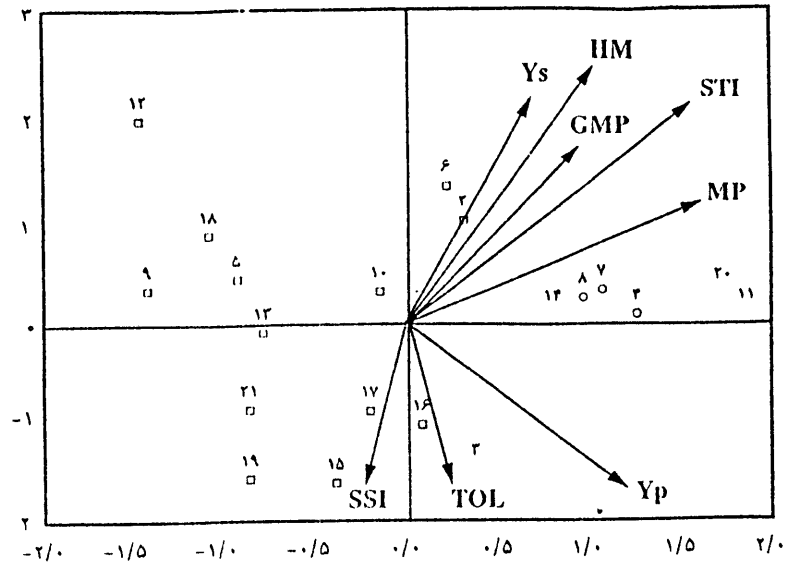
استفاده از تجزیه مؤلفه های اصلی و نمودار بای پلات برای انتخاب ارقام مقاوم به نخود توسط امام جمعه (۱)، در گندم توسط معروفی (۷) و نورمند مؤید (۸) و در لوبیا توسط فرناندز (۱۱) مورد توجه قرار گرفته است.

گروه بندی لاینها بر مبنای شاخص های میانگین بهره وری (MP)، میانگین هندسی بهره وری (GMP)، میانگین هارمونیک (HM) و شاخص تحمل تنش (STI) و با استفاده از تجزیه خوشه ای و روش UPGMA و دندروگرام (فنوگرام) مربوط در شکل ۶ نشان داده شده است. لاینهای ۷، ۴، ۱۱، ۱۴، ۲۰، رقم محلی بیونچ (لاین ۶) در یک گروه قرار گرفتند که همان گروه ارقام مقاوم به خشکی است. لاینهای ۱، ۱۳، ۹، ۵، ۱، ۲۱ و ۱۸ در گروه دیگری قرار گرفتند که همان گروه لاینها دارای  $Y_p$  و  $Y_s$  پائین و در عین حال حساس به خشکی هستند. با توجه به حداکثر فاصله ژنتیکی بین این لاینها از نظر عملکرد و نیز مقاومت به تنش می توان برای تجزیه ژنتیکی شاخص های مقاومت به خشکی و نیز عملکرد در شرایط آبی و دیم از دورگیری بین این لاینها استفاده کرد. لازم به ذکر است که گروه بندی لاینها توسط تجزیه خوشه ای بوسیله تحلیل ممیزی (تجزیه تشخیص) صد درصد مورد تأیید قرار گرفت.

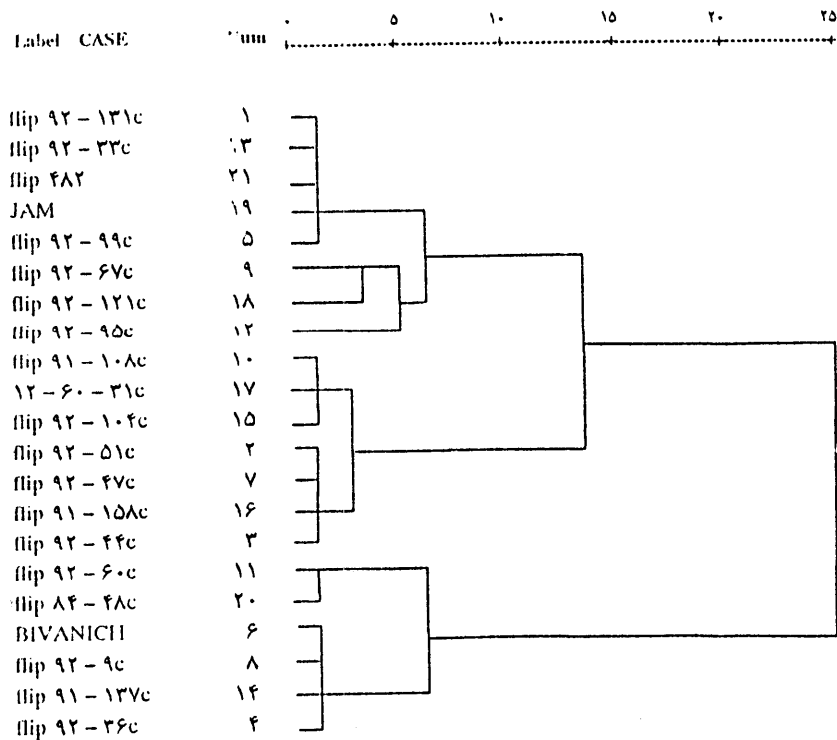
مؤلفه قبادر به جداسازی ارقام پرمحصول از ارقام کم محصول است و بنابراین می توان آن را بعنوان مؤلفه پتانسیل عملکرد و مقاومت به خشکی در نظر گرفت.

دومین مؤلفه ۲۷/۱ درصد از تغییرات کل داده ها را توجیه کرد. همانطور که جدول ۴ نشان می دهد، این مؤلفه با عملکرد در محیط تنش (دیم) همبستگی منفی و با شاخص های SSI و TOL همبستگی مثبت و معنی داری دارد، بنابراین این مؤلفه قادر به جداسازی ژنوتیپ های مقاوم به خشکی از ژنوتیپ های حساس به خشکی می باشد، عبارت دیگر با مقادیر کم این مؤلفه، می توان ژنوتیپ هایی را انتخاب نمود که دارای TOL و SSI پایین و عملکرد دیم بالا باشند و برعکس. به همین علت می توان مؤلفه دوم را به عنوان مؤلفه حساسیت به خشکی نامگذاری نمود.

نمودار بای پلات (شکل ۵) نشان داد که لاینهای ۷، ۴، ۱۱، ۱۴، ۲۰ در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص های مهم مقاومت به خشکی یعنی GMP، MP، HM و STI قرار دارند، دو لاین ۲ و ۶ نیز از چنین وضعیتی برخوردار هستند. بعلاوه نمودار بای پلات نشان می دهد که لاینهای ۷، ۴، ۱۱، ۱۴، ۲۰ در مجاورت مؤلفه اول یعنی مؤلفه پتانسیل عملکرد قرار دارند. لاینهای ۳ و ۱۶ در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص های حساسیت به تنش یعنی شاخص تحمل (TOL) و شاخص حساسیت به تنش (SSI) و نیز عملکرد آبی ( $Y_p$ ) قرار گرفته اند که به معنی بالا بودن عملکرد آنها در شرایط آبی و در عین حال حساسیت آنها به کمبود آب است. در واقع می توان گفت که این لاینها دارای سازگاری خصوصی به محیط های آبی هستند. لاینهای ۱، ۱۳، ۹، ۱۵، ۱۷، ۱۹ و ۲۱ در ناحیه با عملکرد پائین و حساسیت بالا به تنش قرار گرفته اند. بطور کلی می توان این نحوه توزیع لاینها در فضای بای پلات را حاکی از وجود تنوع ژنتیکی لاینها نسبت به تنش خشکی دانست. نمودار بای پلات همچنین زاویه بین شاخص های انتخابی MP، GMP، HM و STI را حاده نشان می دهد که دلالت بر وجود همبستگی بالا بین این شاخص ها است. وجود



شکل ۵- نمایش بای پلات ۲۱ لاین نخود ایرانی در ۸ شاخص مقاومت به خشکی براساس اولین و دومین مؤلفه اصلی



شکل ۶- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای براساس داده‌های مربوط به MP ، STI ، HM و GMP

## REFERENCES

## مراجع مورد استفاده

۱. امام جمعه، ع. ۱۳۷۸. تعیین فاصله ژنتیکی توسط RAPD-PCR، ارزیابی شاخص‌های مقاومت به خشکی و تحلیل سارگاری در نخود ایرانی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه.
۲. اهدایی، ب. ۱۳۷۲. انتخاب برای مقاومت به خشکی در گندم. مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران.
۳. بایزید، ب. ۱۳۷۴. بررسی تنوع ژنتیکی ارقام نخود زراعی تحت دو سطح رطوبت و تجزیه همبستگی صفات زراعی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تبریز.
۴. پوستینی، ک و بهمن یزدی صمدی. ۱۳۷۱. بررسی عملکرد ارقام نخود در شرایط دیم. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۲۳، شماره ۲ ص ۱۷-۱۱.
۵. حق پرست، ر. ۱۳۷۴. انتخاب برای مقاومت به خشکی در گندم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
۶. عبدمیثانی، س و جمشید جعفری شبستری. ۱۳۶۷. ارزیابی ارقام گندم برای مقاومت به خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران جلد ۱۹. شماره ۱. ۲۰۱.
۷. معروفی، ا. ۱۳۷۷. تعیین محل کروموزومی شاخص‌های مقاومت به خشکی در گندم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه.
۸. نورمندمؤید، ف. ۱۳۷۶. بررسی تنوع صفات کمی و رابطه آنها با عملکرد گندم نان در شرایط دیم و آبی و تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
9. Baldev, B. 1988. Cropping patterns of pulses. In: H.K.Jain, B.Baldev and S.Ramanujam. Pulse Crops. Oxford pub Co. New Delhi, India. pp.513-561.
10. Blum, A. 1988. Plant breeding for stress environments. CRC press. Boca Raton, FL. pp.38-78.
11. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In Proceeding of a Symposium, Taiwan, 13-18 Aug. pp.257-27.
12. Fischer, R.A., and R.Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars: I. Grain yield responses. Aus.J.Agric. Res. 29:897-912.
13. Kristin, A.S., R.R.Serna., F.I.Perez., B.C.Enriquez., J.A.A.Gallegos., P.R.Vallējo., N.Wassimi., and J.D.Kelley. 1997. Improving common bean performance under drought stress. Crop Sci. 37:43-50.
14. Rosielle, A.A., and J.Hambling. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci. 21:943-946.
15. Sharma, D.J. 1984. Pulse production in semi-arid regions of India. Oxford Pub Co. New Delhi, India.
16. Silim, S.N., M.C.Saxena., and K.B.Singh. 1988. Evaluation of spring-sown Chickpea for drought tolerance. Annual Report, ICARDA. Aleppo, Syria.
17. Singh. K.B., and M.C. Saxena. 1990. Studies on drought tolerance. Annual Report, ICARDA, Aleppo, Syria.

**Selection for Drought Resistance in Chickpea Lines****E. FARSHADFAR, M. ZAMANI, M. MOTALLEBI  
AND A. IMAMJOMEH****1,4- Associate professor, Former Graduate student, Department of Agronomy,  
Faculty of Agriculture, University of Razi, Kermanshah, Iran and****2,3- Assistant professors, Faculty of Science, University  
of Razi, Kermanshah, Iran.****Accepted Nov. 15, 2000****SUMMARY**

To evaluate genetic diversity of chickpea lines, screening quantitative indices of drought resistance, and identifying drought resistant lines, 21 lines of chickpea were tested in a randomized complete block design with three replications under two irrigated and rainfed conditions in the research station of Faculty of Agriculture, Razi University of Kermanshah. Based on the potential ( $Y_p$ ) and stress ( $Y_s$ ) yield, quantitative criteria of drought resistance as: mean productivity (MP), tolerance index (TOL), geometric mean productivity (GMP), harmonic mean (HM), stress susceptibility index (SSI) and stress tolerance index (STI) were calculated. High significant difference was found among the lines for all the calculated indices, potential and stress yield, indicating the existence of genetic variation, possibility of selection for drought resistance as well as hybridization for the genetic and breeding studies. The highest potential and stress yield, MP, GMP and HM were related to the line FLIP 92-60C. Correlation analysis between indices, potential and stress yield indicated that the most suitable criteria for screening chickpea lines under two irrigated and rainfed conditions were MP, GMP, HM and STI. With regard to these four criteria and high  $Y_p$  and  $Y_s$ , the best drought resistant lines were identified as the lines number 4,7,8,11,14 and 20. Multivariate biplot indicated that the lines 4, 6, 7, 8, 11 and 14 were located next to the vectors of drought resistance indices, as: MP, GMP, HM and STI. Distribution of the lines in the biplot space indicated the presence of genetic diversity among the lines for drought stress. Cluster analysis showed the farthest genetic distance between drought resistant lines number 4,6,8,11,14,20 and drought susceptible lines number 1,5,9,13,18 and 21.

**Key words:** Chickpea, Drought resistance indices, Biplot, Cluster analysis