نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۸، شماره ۲، خرداد - تیر ۱۳۸۹، ص ۳۵۸-۳۴۷

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 8, No. 2, May – Jun. 2010, p. 347-358

ارزیابی واکنش عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ های لوبیای سفید تحت شرایط تنش آبی

محسن ابراهیمی[۱] - محمدرضا بی همتا[۲] - عبدالهادی حسین زاده[۳] - فرنگیس خیالپرست[٤] - محمد گلباشی[۵*]

تاریخ دریافت: ۸۸/۶/۲۵
تاریخ پذیرش:۸۹/۱/۱۵

چکیده

به منظور مطالعه اثرات تنش خشکی بر صفات مختلف لوبیا، تعدادی از ژنوتیپ های لوبیا سفید(۳۰ رقم) در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار در دو شرایط تنش آبی و بدون تنش مطالعه شدند. تجزیه واریانس اختلافات معنی داری برای برخی صفات نشان داد. اکثر صفات مورد مطالعه در برابر تنش عکس العمل نشان دادند. تجزیه رگرسیون گام به گام نشان داد که در ارقام لوبیا سفید تحت شرایط تنش صفات وزن غلاف، شاخص برداشت، وزن صد دانه و تعداد دانه در بوته و در شرایط بدون تنش صفات وزن غلاف، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک بعنوان مهمترین صفات شناخته شدند. تجزیه به عامل ها برای ارقام لوبیا سفید در شرایط تنش آبی و بدون تنش انجام گرفت و در تمام شرایط سه عامل مشترک استخراج شد که بیشترین تغییرات صفات را توجیه می کردند. جهت تعیین ژنوتیپ های مقاوم، شاخص های مقاومت به تنش محاسبه شدند. شاخص‌های میانگین بهره وری، میانگین هندسی بهره وری و شاخص تحمل به تنش بعنوان بهترین شاخص برای شناسایی ژنوتیپ های مقاوم به خشکی معرفی شدند. همچنین با استفاده از ترسیم بای پلات، ژنوتیپ های لوبیای سفید شماره ۲۱ و ۳۰ بعنوان ارقام مقاوم انتخاب شدند.

واژه های کلیدی: لوبیا سفید، تنش خشکی، روشهای چند متغیره آماری، شاخص های مقاومت به خشکی

مقدمه

از آنجایی که حدود دو سوم زمین های زیر کشت ایران در مناطق نیمه خشک و دیم خیز قرار دارند (۵) لذا تهیه ارقام با مقاومت بالا به تنش های خشکی یکی از مهم ترین اهداف برنامه اصلاحی را تشکیل می دهند. از طرف دیگر مصرف لوبیا به عنوان تامین کننده پروتئین گیاهی در کشورهای در حال رشد خیلی زیاد و در کشورهای پیشرفته نیز به عنوان مکمل غذایی دارای مصرف زیادی است (۷). حبوبات با داشتن حدود ۲۵ درصد پروتئین، نقش مهمی در تامین پروتئین مورد نیاز انسان دارند. اهمیت حبوبات در ایران پس از گندم و برنج بوده و از این بین حدود نصف سطح زیر کشت حبوبات را لوبیا به خود اختصاص داده و به همین دلیل به نژادی آن اهمیت روز افزونی یافته است (۶). مصرف لوبیا به عنوان تامین کننده پروتئین گیاهی در کشورهای در حال رشد خیلی زیاد و در کشور های پیشرفته نیز به عنوان مکمل غذایی دارای مصرف زیادی است (۷). براوتن و همکاران (۱۴) بیان کردند که حبوبات بعد از غلات دومین منبع مهم غذایی بشر به شمار می روند طوری که در کشور های برزیل و مکزیک یک منبع عمده غذایی محسوب می شود، از طرف دیگر خشکی یکی از عوامل محدود کننده تولید و خطری برای تولید موفقیت آمیز محصولات زراعی در سرتاسر جهان است. بنابراین از دیدگاه به نژادی مقاومت به خشکی در واریته های زراعی باید مورد توجه قرار گیرد. هنر به نژادی انتخاب بهترین ها می باشد و به منظور دست یابی به این هدف می بایست جامعه مورد مطالعه از نظر صفات مورد بررسی دارای تنوع مطلوب باشند که آگاهی از این تنوع خود نیازمند ارزیابی ژرم پلاسم می باشد (۲۲). با مطالعه همبستگی و استفاده از روش های تجزیه آماری چند متغیره از قبیل تجزیه به عامل ها و تجزیه علیت می توان صفات موثر در عملکرد دانه و همچنین سایر عوامل موثر در ایجاد همبستگی بین صفات را شناسایی کرد (۱۸). بنت (۱۲) و آدامز (۱۰) عملکرد لوبیا صفتی کمی و پیچیده است که اجزای آن تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن دانه می باشد. آکوآ (۱۱) بیان داشت که استفاده از روش انتخاب با هدف افزایش عملکرد در لوبیا مشکل می باشد. موهوک و همکاران (۲۱) اثرات خشکی را در مراحل فنولوژیک مختلف بر روی اجزای عملکرد لوبیا مطالعه کرده و نتیجه گرفتند که گیاهان در مرحله توسعه

۱- استادیار گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات پردیس ابوریحان دانشگاه تهران
۲، ۳ و ۴- عضو هیئت علمی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۵- دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات پردیس ابوریحان دانشگاه تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: mgolbashy@ut.ac.ir)

جوانه، گل دهی و تشکیل میوه، در مقایسه با دوره طویل شدن غلاف و پر شدن دانه نسبت به تنش خشکی حساس تر هستند. آکوستا (۹) با بررسی عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا در شرایط تنش مشاهده کرد که تنش خشکی موجب کاهش دوره رشد زایشی لوبیا می شود. ارقامی که بیشترین عملکرد را تحت شرایط تنش داشتند دارای بیشترین تعداد غلاف و دانه در بوته بودند. کومار و همکاران (۱۹ و ۲۰) دریافتند که یک همبستگی بین وضعیت آب برگ با شاخص فتوسنتز در ۵ رقم لوبیا تحت سطوح مختلف آبیاری وجود دارد. آنها دریافتند که ارقامی که بالاترین فتوسنتز فعال را در طول روز دارند، بالاترین عملکرد دانه را تحت شرایط گرما خواهند داشت. ارقامی که دارای رشد کند می باشند نیز تحت شرایط کمبود آب برگ، بالاترین شاخص فتوسنتز را دارند و برعکس. آنها نتیجه گرفتند که باید در شرایط تنش آب ارقامی انتخاب شوند که دارای بالاترین ظرفیت آب برگ و در نتیجه بالاترین شاخص فتوسنتزی باشند. کاروالو و همکاران (۱۵) با بررسی عکس العمل ارقام لوبیا و ماش نسبت به تنش خشکی نتیجه گرفتند که از صفات فیزیولژیکی می توان به عنوان ابزاری برای غربال ژنوتیپ های مقاوم لوبیا نسبت به خشکی استفاده نمود. کومار و همکاران (۱۹ و ۲۰) دریافتند که یک همبستگی بین محتوای آب برگ با تعداد نیام در گیاه و عملکرد دانه در شرایط تنش گرما و خشکی و جود دارد. گیاه لوبیا برای مقابله با این استرس با کاهش پتانسیل آب برگ و افزایش عمق ریشه، میزان محتوای آب برگ را کنترل می کند. براموال (۱۹۸۴) و والتون (۱۹۷۱) بیان داشتند که تجزیه رگرسیون مرحله ای و تجزیه عامل ها به عنوان روش های مکمل یکدیگر استفاده می شوند. ساین (۲۶) با تعیین ضرایب علیت برای لوبیا نتیجه گرفت که تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف و اندازه دانه اثرات مستقیم بزرگی روی عملکرد دارند. اشنایدر و همکاران (۲۵) اثرات تنش خشکی روی دو جمعیت (به تعداد ۷۸ و۹۵) لاین های اینبرد باز ترکیب در چند مکان و چند سال بررسی کردند. راهبرد اصلاحی پیشنهاد شده به وسیله آنها عبارتند از انتخاب مقدماتی براساس میانگین هندسی بهره وری و غربال کردن ژنوتیپ های انتخاب شده براساس عملکرد تحت شرایط تنش (عملکرد در شرایط تنش). آنها همچنین عنوان کردند که گیاهانی که با تاخیر کشت می شوند قادرند دوره رشد خود را کوتاه کنند تا بتوانند از شرایط خشکی اجتناب نمایند. استفاده از شاخص های انتخاب اولین بار توسط اسمیت (۱۹۳۶) مطرح گردید و با توجه به رابطه خطی موجود بین شاخص های انتخاب و عملکرد دانه گندم از این شاخص‌ها برای انتخاب مواد ژنتیکی برتر استفاده نمود. ابب و همکاران (۸) توانایی شاخص های مختلف در شناسایی لاین های مقاوم لوبیا به تنش خشکی را مطالعه کردند. آنها ۶ شاخص را بررسی کردند و بیان داشتند که شاخص میانگین هندسی بهره وری و میانگین بهره وری، تنها شاخص هایی بودند که با عملکرد در شرایط تنش و پتانسیل عملکرد همبستگی مثبت داشتند. شاخص واکنش به خشکی (DRI[1]) نیز با Ys دارای همبستگی و با Yp همبستگی نداشتند. فرناندز (۱۶) شاخص تحمل به تنش (STI[2]) را ارائه نمود. ژنوتیپ هایی که مقادیر (STI) آنها بالاتر است، هم تحمل به خشکی و هم پتانسیل عملکرد بالاتر دارند. یکی دیگر از شاخص هایی که فرناندز معرفی نمود میانگین هندسی بهره وری GMP[3] می باشد، این شاخص در مقایسه با شاخص MP[4] که میانگین حسابی می باشد قدرت بیشتری دارد. فیشر و مور (۱۷) شاخص حساسیت به تنش SSI[5] را ارائه کردند. هر چه مقدار SSI محاسبه شده یک ژنوتیپ کمتر باشد آن ژنوتیپ مقاومت به تنش بیشتری دارد، انتخاب براساس شاخص SSI باعث گزینش ارقام محتمل به خشکی با عملکرد کم می شود(۱۶). رزلی وهامبلین (۲۴) شاخص تحمل به تنش TOL[6] و نیز شاخص میانگین بهره وری MP را ارائه دادند. هرچه شاخص تحمل کوچکتر باشد نشان دهنده این است که گیاه مقاوم به تنش است. انتخاب براساس این شاخص نیز همانند SSI باعث انتخاب ژنوتیپ هایی می شود که در شرایط تنش عملکرد بالایی دارند ولی پتانسیل عملکردشان کم است. در اکثر موارد همبستگی بین MP و TOL منفی می باشد. در صورتیکه هدف افزایش عملکرد در شرایط تنش باشد انتخاب براساس TOL می تواند سودمند باشد. این تحقیق به منظور بررسی عکس العمل تعدادی از ژنوتیپ های لوبیا سفید نسبت به آبیاری محدود و یافتن منابع مقاومت برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی و نیز تعیین بهترین معیارهای انتخاب جهت افزایش و بهبود عملکرد ژنوتیپ ها در دو محیط تنش و بدون تنش با اهداف زیر انجام شد: بررسی روابط بین عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن، توصیف صفات مورد مطالعه به وسیله تعداد کمتری مولفه اصلی و عامل، بررسی اثرات آبیاری محدود بر صفات مختلف لوبیا، بررسی تنوع صفات کمی بین ژنوتیپ های مورد بررسی در هر دو محیط بدون تنش وتنش خشکی، گروه بندی ارقام از لحاظ صفات مختلف در شرایط تنش و بدون تنش و تعیین بهترین شاخص های مقاومت به خشکی در تعیین ژنوتیپ های مقاوم به خشکی می باشد.

مواد و روش ها

در این آزمایش تعداد ۳۰ ژنوتیپ لوبیای سفید تهیه شده از بانک ژن دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران در قالب طرح بلوک های کامل

1 - Drought Response Index
2 - Stress Tolerance Index
3 - Geometric Mean Productivity
4 - Mean Productivity
5 - Stress Susceptibility Index
6 - Tolerance Index

تصادفی با ۴ تکرار و تحت دو شرایط بدون تنش (آبیاری معمول دور آبیاری ۷ روز) و تنش خشکی (دور آبیاری ۱۲ روز) و بصورت مستقل از یکدیگر از لحاظ صفات ظاهری مورد مقایسه قرار گرفتند. کشت ژنوتیپ های این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۷ و در مزرعه پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران بصورت دستی انجام گرفت. هر کرت شامل ۴ خط به طول تقریبی ۲/۵ متر بود. فاصله خطوط ۵۰ سانتیمتر و فاصله بوته های روی خطوط ۵ سانتیمتر بود. بعد از سبز شدن گیاهان و برطرف شدن خطر حذف بوته‌ها و حصول اطمینان از تراکم مطلوب، بوته ها به فاصله ۱۰ سانتیمتر روی خطوط تنک شدند. مراقبت های زراعی نظیر آبیاری و مبارزه با علف های هرز (وجین دستی و زدن کولتیواتور) بطور منظم براساس برنامه تعیین شده انجام گرفت. حدودا ۴۰ روز پس از کاشت و زمانی که بوته ها رشد رویشی کافی پیدا کرده بودند و خطر حذف بوته ها در اثر تنش برطرف شده بود تنش خشکی آغاز و تا پایان دوره رشد ادامه داشت. قسمتی از یادداشت برداری ها و اندازه گیری های صفات(عمدتا صفات فنولوژیکی) بطور مداوم در مزرعه تا زمان برداشت کامل ژنوتیپ ها صورت گرفت. در مرحله برداشت از هر واحد آزمایشی ۵ بوته بطور تصادفی(با حذف حاشیه ها و ابتدا و انتهای خطوط) از سطح خاک بطور کامل برداشت شد و جهت اندازه‌گیری‌های سایر صفات به آزمایشگاه انتقال داده شد. صفات مورد بررسی بر اساس دستور کار طرح حبوبات دانشکده کشاورزی کرج و دستورالعمل های تحقیقات منابع ژنتیک IPGRI عبارت بودند از:

ارتفاع بوته، تعداد روز از کاشت تا رسیدگی کامل، تعداد روز از کاشت تا غلاف دهی، تعداد روز از کاشت تا گلدهی، طول دوره پر شدن دانه، عملکرد بیولوژیکی، تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف ها، تعداد دانه در غلاف، طول غلاف، عرض غلاف، عملکرد اقتصادی، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، شاخص برداشت، طول بذر، عرض بذر و قطر (ضخامت بذر). پس از جمع آوری اطلاعات مربوطه، به منظور بررسی وجود تنوع در صفات، بین ژنوتیپ های مورد مطالعه، بر روی تک تک صفات تجزیه واریانس ساده در هر یک از محیط‌های تنش و بدون تنش بطور جداگانه انجام پذیرفت. قبل از انجام تجزیه واریانس، فرضیات مورد نیاز برای تجزیه واریانس بررسی گردید و در موارد لازم با استفاده از تبدیل مناسب داده، فرضیات مورد نظر برآورده شد و آنگاه تجزیه با نرم افزار SAS و MSTAT-C انجام گرفت. تجزیه کوواریانس برای صفاتی که وارد رگرسیون گام به‌گام شده بودند و برای تجزیه علیت احتیاج به دانستن ضرائب همبستگی ژنوتیپی آنها داشتیم انجام شد. پس از برآورد اجزای واریانس و کوواریانس، مقادیر همبستگی ژنوتیپی از طریق معادله ۱ محاسبه گردید:

معادله ۱:
$$r_g = \frac{\sigma_{g_1 g_2}}{\sqrt{\sigma^2_{g_1} \times \sigma^2_{g_2}}}$$

که در این فرمول r_g همبستگی ژنوتیپی، $\sigma_{g_1 g_2}$ کواریانس ژنوتیپی، σ^2_g واریانس ژنوتیپی می باشند. برای محاسبه شاخص‌های مقاومت به خشکی از معادلات ۲ تا ۶ استفاده شد:

معادله ۲:
$$STI = \frac{Y_P \times Y_S}{(\overline{Y}_P)^2}$$

معادله ۳:
$$TOL = Y_P - Y_S$$

معادله ۴:
$$GMP = \sqrt{(Y_P)(Y_S)}$$

معادله ۵:
$$MP = \frac{Y_P + Y_S}{2}$$

معادله ۶:
$$SSI = \frac{(\frac{Y_S}{Y_P})}{1-(\frac{\overline{Y}_S}{\overline{Y}_P})}$$

Y_S میانگین عملکرد در شرایط تنش خشکی، Y_P میانگین عملکرد در شرایط آبیاری نرمال، $\overline{Y}_S$ میانگین عملکرد کل ژنوتیپ ها در شرایط تنش خشکی و $\overline{Y}_P$ میانگین عملکرد کل ژنوتیپ ها در شرایط آبیاری نرمال است. تجزیه به عامل ها با روش PAF انجام گرفت و جهت تسهیل نام گذاری و تفسیر عامل ها از چرخش متعامد و ریماکس استفاده شد که موجب متمرکز شدن بار عاملی یک متغیر بر روی یک و فقط یک عامل می شود. با توجه به اینکه صفت طول دوره پر شدن دانه ترکیب خطی از دو متغیر تعداد روز تا رسیدگی کامل و تعداد روز تا گلدهی است و باعث ویژه شدن ماتریس همبستگی (صفر شدن دترمینان) و عدم امکان محاسبه عکس ماتریس می گردد لذا از این متغیر در تجزیه به عامل ها استفاده نشد. به منظور تعیین تنوع مابین ژنوتیپ های مختلف و تعیین دوری و نزدیکی آنها تجزیه خوشه ای به روش مقایسه جفت گروه غیر هموزن با میانگین حسابی UPGMA در هر دو شرایط بدون تنش و تنش انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس ژنوتیپ ها تحت شرایط بدون تنش (فاریاب) نشان داد که بین ژنوتیپ ها از نظر کلیه صفات در سطح احتمال ۱٪ اختلاف بسیار معنی داری وجود دارد که نشان دهنده وجود تنوع کافی بین ژنوتیپ های مورد مطالعه شده می باشد که می‌تواند در مطالعات بعدی مقاومت به خشکی مورد استفاده قرار گیرد، در ضمن تفاوت بین بلوک ها برای هیچیک از صفات معنی دار نبوده

است. همچنین ژنوتیپ ها تحت شرایط تنش خشکی نیز از لحاظ تعداد غلاف در بوته فاقد اختلاف معنی‌دار بوده‌اند و از لحاظ عرض غلاف و دانه در غلاف در سطح معنی‌دار ۵ درصد و از لحاظ سایر صفات در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

بررسی میزان تنوع فنوتیپی صفات: مقادیر تنوع فنوتیپی برای کلیه صفات مورد بررسی در دو شرایط بدون تنش (نرمال) و تنش خشکی محاسبه شده است. همانگونه که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود، اکثر صفات (دوازده صفت از هجده صفت) در محیط تنش دارای تنوع فنوتیپی زیادتری نسبت به محیط بدون تنش هستند. این نتایج با نتایج حاصل از بررسی درصد تغییرات صفات مطابقت دارد و دلیل اینکه تنوع فنوتیپی در محیط تنش افزایش یافته، احتمالاً وجود اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در شرایط تنش خشکی می‌باشد. در صورت ثابت ماندن تنوع ژنتیکی، افزایش تنوع فنوتیپی به معنای افزایش تنوع محیطی و در نتیجه کاهش وراثت پذیری این صفات در شرایط تنش می‌باشد که باعث می‌شود انتخاب در این شرایط تأثیر کمتری در بهبود صفات داشته باشد. بیضایی (۲)، حبیبی (۴) رامیرز و کلی (۲۳) نیز بیشترین تاثیر تنش را بر روی عملکرد دانه گزارش کردند. لامیرز و کلی بیان کرد در بین اجزای عملکرد تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته بیشترین کاهش را در اثر تنش دارند. همچنین بیان کردند که در شرایط تنش اندازه بذر باثبات ترین جزء محسوب می شوند. کمترین آسیب ناشی از تنش خشکی مربوط به عملکرد دانه است (۵۱/۲۸) که اینگونه استنباط می‌شود که این آسیب، ناشی از کاهش شدید وزن غلاف (۴۹/۵۱)، عملکرد بیولوژیک (۴۴/۲۸) و تعداد دانه در بوته (۴۳/۸۵) است. با توجه به اینکه موهوک و همکاران (۲۱) بیان کردند که صفت تعداد غلاف در بوته در مقایسه با تعداد دانه در غلاف حساسیت بیشتری نسبت به تنش دارد مشاهده می گردد که این مطلب صادق می باشد چرا که درصد تغییرات تعداد غلاف در بوته (۳۵/۱۴) و درصد تغییرات تعداد دانه در غلاف (۱۴/۰۵) می باشد.

همبستگی بین صفات: همبستگی ساده بین صفات در ۳۰ ژنوتیپ لوبیا سفید تحت شرایط بدون تنش محاسبه گردید. نتایج حاصله نشان داد که عملکرد دانه دارای همبستگی‌های مثبت و بسیار معنی‌داری با صفاتی چون وزن غلاف (r = ۰/۹۷۱)، عملکرد بیولوژیک (r = ۰/۹۱۵)، تعداد دانه در بوته (۰/۹)، تعداد غلاف (r = ۰/۸۴۷)، ارتفاع بوته (r = ۰/۴۴۳)، عرض غلاف (r = ۰/۲۵۶) تعداد دانه در غلاف (۰/۲۵۱)، تعداد روز تا گلدهی (۰/۲۳۶) و همبستگی های معنی داری با طول دورهٔ پرشدن دانه (۰/۱۹) و وزن صد دانه (۰/۱۹۲) می‌باشد.

جدول ۱- میانگین صفات، درصد تغییرات و ضرایب تنوع فنوتیپی صفات در ۳۰ رقم لوبیا سفید تحت شرایط تنش و بدون تنش

صفت	میانگین صفت در شرایط بدون تنش	میانگین صفت در شرایط تنش	درصد تغییرات صفت	ضریب تنوع فنوتیپی صفت (٪)	
				شرایط تنش خشکی	شرایط بدون تنش
ارتفاع گیاه	۸۷/۴۱	۷۸/۰۹	۱۰/۶۶۲	۱۸/۵۷۷۰۸	۲۷/۰۵۲۹
تعداد روز تا رسیدگی	۱۰۴/۶۴	۱۱۴/۰۱	-۸/۹۵۴۵	۶/۵۷۷۳۹۶	۶/۷۵۶۰۷
تعداد روز تا غلافدهی	۵۶/۷۳	۶۰/۲۹	-۶/۲۷۵۳	۵/۸۸۸۶۹۸	۹/۶۰۳
تعداد روز تا گلدهی	۴۸/۰۲	۴۹/۲۸	-۲/۶۲۳۹	۳/۱۵۸۲۱۶	۶/۲۱۱۵۴
طول دوره پرشدن دانه	۵۶/۶۳	۶۴/۷۳	-۱۴/۳۰۳	۱۱/۰۳۴۷۹	۹/۶۶۳۸۳
عملکرد بیولوژیک	۴۳/۵	۲۴/۲۴	۴۴/۲۷۶	۳۶/۳۸۵۸	۳۰/۶۲۲۷
تعداد غلاف در بوته	۲۷/۳۸	۱۷/۷۶	۳۵/۱۴	۲۹/۵۶۷۸۵	۱۷/۶۹۸
وزن غلاف	۳۰/۶۴	۱۵/۴۷	۴۹/۵۱	۳۲/۶۴۵۲۳	۲۹/۴۱۷۱
تعداد دانه در غلاف	۳/۶۳	۳/۱۲	۱۴/۰۵	۱۱/۹۴۴۶۲	۱۵/۸۶۴۶
طول غلاف	۹/۴۲	۷/۸۹	۱۶/۲۴۲	۸/۶۹۵۸۱۶	۱۰/۶۱۱۶
عرض غلاف	۰/۷۷	۰/۸۳	-۷/۷۹۲۲	۶/۹۲۷۰۸۳	۱۰/۶۴۴۱
عملکرد دانه	۲۲/۲۱	۱۰/۸۲	۵۱/۲۸۳	۳۲/۱۷۳۰۲	۳۲/۸۰۶۴
تعداد دانه در بوته	۴۹۵/۴	۲۷۸/۱۶	۴۳/۸۵۱	۳۲/۵۴۵۸۳	۲۵/۶۸۸۳
وزن ۱۰۰ دانه	۲۲/۹۴	۱۹/۷۶	۱۳/۸۶۲	۱۵/۷۸۳۶۷	۲۲/۰۴۷۶
شاخص برداشت	۱۶/۵۴	۴۵/۲۴	۱۶/۴۷	۱۱/۱۰۷۴۸	۱۶/۳۸۵۶
طول بذر	۱۱/۰۸	۱۱/۴۸	-۳/۶۱۰۱	۷/۹۲۹۹۲۲	۷/۷۱۷۷۹
عرض بذر	۶/۷۶	۶/۶۱	۲/۲۱۸۹	۵/۸۴۲۷۲۷	۸/۵۱۷۸۱
ضخامت بذر	۴/۸۳	۴/۶۲	۴/۳۴۷۸	۶/۸۰۴۰۰۷	۸/۰۴۰۷۷

تنها صفتی که همبستگی منفی با عملکرد نشان داده طول غلاف (r = −۰/۴۵۹) می‌باشد. همبستگی سایر صفات با عملکرد معنی‌دار نبوده است. این نتایج تا حد زیادی با نتایج سایر محققان مطابقت دارد. مثلاً امینی (۱۳۷۷) بیشترین همبستگی‌های عملکرد دانه را با وزن غلاف، تعداد غلاف، تعداد دانه در بوته، تعداد کل غلاف و عملکرد بیولوژیک گزارش کرده است. کین‌کریاشویلی همبستگی عملکرد لوبیا با تعداد دانه در بوته، وزن صددانه، تعداد غلاف، وزن غلاف و تعداد دانه در غلاف را گزارش کرده است. همچنین حبیبی (۱۳۸۵) بیشترین همبستگی عملکرد دانه را با وزن غلاف، تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف و عملکرد بیولوژیکی گزارش کرده است. از طرف دیگر معنی‌دار بودن اکثر همبستگی‌های صفات، فرضیه وجود عامل(های) مشترکی که باعث ایجاد این همبستگی‌ها شده‌اند را قوت می‌بخشد.

تجزیه به عامل ها در شرایط بدون تنش (نرمال): همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می شود، مدل تجزیه به عامل ها در مجموع سه عامل است که بیش از ۸۲٪ از تغییرات کل داده ها را توجیه می‌کند. حبیبی (۱۳۸۵) و بیضایی (۱۳۸۱) در لوبیای قرمز ۵ عامل را بیان کردند که به ترتیب ۷۴/۵ و ۷۹/۲٪ از تنوع کل را بیان می کرد.

عامل اول که حدود نیمی از تغییرات متغیرها را توضیح می‌دهد بزرگترین ضرائب عاملی‌اش مربوط به صفاتی نظیر عملکرد بیولوژیک، وزن غلاف، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه، تعداد دانه در بوته، تعداد روز تا رسیدگی کامل می‌باشد (جدول ۳). البته صفت شاخص برداشت نیز با بار عاملی ۰/۶۰۱۱۶− در این عامل قرار گرفته است. با توجه به صفاتی که در این عامل دخیل هستند می توانیم این عامل را عامل عملکرد و صفات مرتبط به آن نامگذاری کنیم. نتایج همبستگی ساده صفات نیز نشان می دهد که این صفات (به استثنای شاخص برداشت که اکثر همبستگی هایش با سایر صفات منفی است) با یکدیگر و عملکرد همبستگی‌های مثبت و معنی‌داری دارند.

جدول ۲- مقادیر ویژه و درصدهای واریانس عامل های مشترک در ۳۰ رقم لوبیا سفید تحت شرایط بدون تنش

عامل	مقدار ویژه	درصد واریانس	درصد تجمعی واریانس
۱	۷/۹۹۴	۴۹/۹۶	۴۹/۹۶
۲	۴/۰۱۷۲	۲۵/۱۱	۷۵/۰۷
۳	۱/۱۶۹	۷/۳۱	۸۲/۳۸
۴	۰/۹۳۹	۵/۸۷	۸۸/۲۵
۵	۰/۵۰۶۶	۳/۱۷	۹۱/۴۱

جدول ۳- مقادیر بارهای عاملی در تجزیه به عامل های ۳۰ رقم لوبیا سفید تحت شرایط بدون تنش (آبیاری نرمال)

صفت	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	میزان اشتراک
ارتفاع گیاه	۰/۸۸۳۱۱	۰/۰۴۲۵۱	۰/۲۳۵۰۹	۰/۸۳۶۹۶
تعداد روز تا رسیدگی کامل	۰/۸۴۶۶۱	−۰/۱۱۳۲۵	۰/۲۵۱۷۴	۰/۷۹۲۹۶
تعداد روز تا غلافدهی	۰/۵۳۵۴۳	−۰/۰۸۲۴۹	۰/۷۰۲۶۱	۰/۷۸۷۱۴
تعداد روز تا گلدهی	۰/۴۱۸۳۶	−۰/۰۳۲۶۶۵	۰/۶۰۰۸	۰/۶۴۲۶۸
عملکرد بیولوژیک	۰/۹۷۶۸۸	۰/۱۳۴۸۶	۰/۰۸۷۱۱	۰/۹۷۹۸۷
تعداد غلاف در بوته	۰/۹۳۱۳۹	−۰/۳۲۹۲۴	۰/۰۱۶۸۷	۰/۹۲۱۱۹
وزن غلاف	۰/۹۴۶۳۶	۰/۱۴۱۳۷	۰/۰۵۲۱۶	۰/۹۱۸۳
طول غلاف	۰/۷۶۳۷	۰/۳۳۳۵۹	−۰/۲۱۶۰۲	۰/۷۴۱۱۹
عرض غلاف	۰/۳۷۰۸۲	۰/۶۳۸۸۴	−۰/۱۵۰۲	۰/۵۶۸۱۹
عملکرد دانه	۰/۸۹۷۵۴	۰/۲۰۴۶۲	۰/۰۹۹۰۴	۰/۸۵۷۲۵
تعداد دانه در بوته	۰/۸۷۶۲۹۰	−۰/۲۶۲۲	۰/۲۴۵۲۳	۰/۸۹۶۶۷
وزن صد دانه	−۰/۱۶۳۶۸	۰/۹۰۸۷۵	۰/۲۹۹۳۸	۰/۹۴۰۶۰۷
شاخص برداشت	−۰/۶۰۱۱۶	۰/۲۳۶۳۴	−۰/۱۰۶۹۷	۰/۴۲۸۶۹
طول بذر	۰/۱۵۲۳	۰/۴۵۹۲۴	−۰/۷۸۹۶۱	۰/۸۵۷۵۷
عرض بذر	۰/۰۹۹۹۱	۰/۸۲۱۷۲	−۰/۲۸۲۳۹	۰/۷۶۴۹۵
ضخامت بذر	−۰/۳۸۷۷۲	۰/۶۷۲۲۷	۰/۰۳۰۴۵	۰/۶۰۳۲۰۹

در واقع این عامل بیانگر اهمیت وزن و تعداد غلافها در بهبود عملکرد لوبیا است. عامل دوم که بیش از ۲۵ درصد از تغییرات کل داده ها را شامل می گردد دارای بزرگترین ضرایب عاملی روی صفاتی نظیر وزن صد دانه، عرض بذر، ضخامت بذر و عرض غلاف است، لذا با در نظر گرفتن ماهیت صفات قرار گرفته در این عامل، عامل دوم را خصوصیات بذر نامگذاری می کنیم. عامل سوم بیش از ۷ درصد تغییرات متغیرها را شامل می شود و شامل صفاتی چون تعداد روز تا غلاف دهی و تعداد روز تا گل دهی است، البته صفت طول بذر نیز با با عاملی منفی (۰/۷۸۹۶-) در این عامل ظاهر شده است لذا می توانیم این عامل را تحت عنوان خصوصیات فنولوژیکی معرفی نمائیم. امینی (۱۳۷۷) در مطالعه‌ای که روی ارقام لوبیا داشته، سه عامل فوق را استخراج کرده است.

در شرایط تنش خشکی مدلِ تجزیه به عامل ها، در مجموع سه فاکتور با توجه به قاعده "مقدار ویژه بزرگتر از یک" استخراج شدند که جمعا ۸۶/۲۰٪ از تغییرات کل داده ها را توجیه می کند. ملاحظه می شود (جدول ۴) که فاکتور اول دارای بار عاملی بالاروی صفات وزن صد دانه، عرض بذر، ضخامت بذر، عرض غلاف و طول غلاف می‌باشد. لذا می‌توانیم این عامل را عامل مربوط به ویژگیهای بذر نامگذاری کنیم. این عامل ۳۹/۸ درصد از تغییرات متغیرها را توضیح می‌دهد (جدول ۵). با مراجعه به ماتریس ضرایب همبستگی درمی‌یابیم که این پنج صفت دارای همبستگی‌های مثبت و معنی‌داری با یکدیگر هستند که نتایج فوق را تأیید می‌کند. عامل دوم ۲۷/۴ درصد از تغییرات متغیرها را توجیه می‌کند و دارای بار عاملی بالا بر روی صفات تعداد دانه در گیاه، وزن غلاف، عملکرد بذر، تعداد غلاف و عملکرد بیولوژیک می‌باشد. نتایج همبستگی ساده صفات نیز نشان می‌دهد که این صفات دارای همبستگی‌های مثبت و معنی‌داری با یکدیگر می‌باشند. لذا می‌توانیم این عامل را عامل عملکرد و صفات مرتبط با عملکرد نامگذاری کنیم. در واقع این عامل مبین اهمیت وزن و تعداد غلافها در بهبود عملکرد لوبیا می‌باشد. عامل سوم ۱۹ درصد از تغییرات متغیرها را توجیه می‌کند و دارای بار عاملی مثبت و بزرگ بر روی صفات تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا غلافدهی، ارتفاع گیاه و تعداد دانه در غلاف می‌باشد و نیز دارای بار عاملی منفی بزرگ بر روی شاخص برداشت می‌باشد لذا می‌توانیم این عامل را عامل فنولوژیک و مورفولوژیک نامگذاری کنیم.

نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت در شرایط بدون تنش (نرمال): خلاصه نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون گام به گام با در نظر گرفتن عملکرد دانه بعنوان متغیر وابسته و سایر صفات بعنوان متغیرهای مستقل در جدول ۶ مشاهده می‌گردد. همانگونه که ملاحظه می‌شود اولین صفتی که وارد مدل شده است وزن غلاف است که به تنهایی بیش از ۹۴ درصد تغییرات عملکرد را توجیه می‌کند. در مرحله بعدی صفت شاخص برداشت به مدل اضافه شده است که این صفت همراه با وزن غلاف بیش از ۹۶ درصد تغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند. در نهایت صفت عملکرد بیولوژیک وارد مدل شده است و سه صفت وارد شده روی هم رفته بیش از ۹۸ درصد تغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند. نتایج حاصله با نتایج تجزیه همبستگی سادهٔ صفات کاملاً توافق دارد.

جدول ٤- مقادیر بارهای عاملی در تجزیه به عامل های ۳۰ رقم لوبیا سفید تحت شرایط تنش خشکی

صفت	فاکتور اول	فاکتور دوم	فاکتور سوم	میزان اشتراک
وزن صد دانه	۰/۹۶۱۱۷	۰/۱۱۹۹	-۰/۲۰۵۸۱	۰/۹۸۱
عرض بذر	۰/۹۵۰۳۹	۰/۰۰۶۷۳	-۰/۰۹۶۴۴	۰/۹۱۳
قطر بذر	۰/۸۷۲۹۸	-۰/۰۷۳۲۸	-۰/۰۷۹۸	۰/۷۷۴
عرض غلاف	۰/۸۰۲۳۵	-۰/۰۰۶۰۲	۰/۰۹۳۹۷	۰/۶۵۳
طول غلاف	۰/۷۴۴۳۲	۰/۳۵۵۴۴	۰/۲۹۵۳۳	۰/۷۶۸
دانه در گیاه	-۰/۲۶۴۱۶	۰/۹۳۷۸۸	۰/۲۴۴۰۱	۱
وزن غلاف	۰/۴۵۳۰۱	۰/۸۸۳۱۸	۰/۰۹۲۱۲	۰/۹۹۴
عملکرد بذر	۰/۴۸۶۲۵	۰/۸۶۶۵۵	۰/۰۹۳۶۰	۰/۹۹۶
تعداد غلاف	-۰/۱۹۶۸۸	۰/۷۷۵۵	-۰/۲۶۰۴۹	۰/۷۰۸
عملکرد بیولوژیک	۰/۴۴۵۹۹	۰/۶۳۷۹۹	۰/۵۳۰۵۷	۰/۸۸۷
تعداد روز تا غلافدهی	-۰/۰۰۱۹۱	۰/۰۳۰۹۴	۰/۹۵۵۷۵	۰/۹۱۴
تعداد روز تا گلدهی	۰/۰۴۴۶۴	۰/۰۵۰۷۵	۰/۹۲۱۲۱	۰/۸۵۳
ارتفاع گیاه	۰/۳۵۹۸	۰/۳۱۲۵۹	۰/۷۲۹۳۴	۰/۷۵۹
تعداد دانه در غلاف	-۰/۱۵۶۷۴	۰/۴۶۱۸۹	۰/۶۳۰۰	۰/۶۳۵
شاخص برداشت	۰/۱۸۶۷۵	۰/۳۱۹۳۴	-۰/۶۸۶۴۸	۰/۶۰۸

در این تجزیه ضرایب عاملی بزرگتر از ۰/۶ معنی‌دار در نظر گرفته شده‌اند.

جدول ۵- مقادیر ویژه و درصدهای واریانس عامل های مشترک در ۳۰ ژنوتیپ لوبیا سفید تحت شرایط تنش خشکی

عامل	مقدار ویژه	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی
۱	۵/۹۶۹۹	۳۹/۷۹۹	۳۹/۷۹۹
۲	۴/۱۱۱۱	۲۷/۴۰۷	۶۷/۲۰۶
۳	۲/۸۵۰۱	۱۹/۰۰۱	۸۶/۲۰۷
۴	۰/۷۴۵۳	۴/۹۶۹	۹۱/۱۷۶
۵	۰/۴۲۴۶	۲/۸۳۱	۹۴/۰۰۷
۶	۰/۳۲۴۶	۲/۱۶۴	۹۶/۱۷۱
۷	۰/۲۲۴۳	۱/۴۹۶	۹۷/۶۶۷
۸	۰/۱۲۰۸	۰/۸۰۵	۹۸/۴۷۲
۹	۰/۱۲۰۸	۰/۶۸۵	۹۹/۱۵۷
۱۰	۰/۰۵۲۳	۰/۳۴۸	۹۹/۵۰۶
۱۱	۰/۰۳۷۲	۰/۲۴۵	۹۹/۷۵۴
۱۲	۰/۰۱۹۴	۰/۱۲۹	۹۹/۸۸۳
۱۳	۰/۰۱۰۸	۰/۰۷۲۱۵	۹۹/۹۵۵
۱۴	۰/۰۰۵۶	۰/۰۳۷۰۳	۹۹/۹۹۲
۱۵	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۷۸۱۷	۱۰۰/۰۰

جدول ٦- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام در ۳۰ ژنوتیپ لوبیا سفید در شرایط بدون تنش (نرمال)

		df	SS	MS	F	adj. R^2	Student of Estimate
گام اول	رگرسیون	۱	۴/۵۴۴	۲/۵۴۴	۱۹۶۳/۰۷۵**	۰/۹۴۳	۰/۰۴۸۱۱
	خطا	۱۱۸	۰/۲۷۳	۰/۰۰۲۳۱۵			
	کل	۱۱۹	۴/۸۱۷				
گام دوم	رگرسیون	۲	۴/۶۴۷	۲/۳۲۳	۱۵۹۴/۲۵۵**	۰/۹۶۴	۰/۰۳۸۱۷
	خطا	۱۱۷	۰/۱۷۱	۰/۰۰۱۴۵۷			
	کل	۱۱۹	۴/۸۱۷				
گام سوم	رگرسیون	۳	۴/۷۴۱	۱/۵۸	۲۳۹۷/۷۰۸**	۰/۹۸۴	۰/۰۲۵۶۷
	خطا	۱۱۶	۰/۰۷۶۴۵	۰/۰۰۰۶۵۹			
	کل	۱۱۹	۴/۸۱۷				

* و ** و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم معنی داری

جدول۷- همبستگی ژنوتیپی عملکرد و صفات وارد شده در مدل رگرسیونی

	وزن غلاف	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
وزن غلاف	۱			
شاخص برداشت	-۰/۷۹۶	۱		
عملکرد بیولوژیک	۰/۹۹۸	-۰/۱۳۸	۱	
عملکرد دانه	۰/۹۹۷	-۰/۷۹۹	۰/۹۹۹	۱

با توجه به اینکه صفات وارد شده به مدل قسمت اعظم تغییرات عملکرد را توجیه می‌کردند لذا تجزیه علیت، برای همبستگی‌های ژنوتیپی و عملکرد صورت گرفت (جدول ۷).

نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت در شرایط تنش خشکی: در جدول ۸ مشاهده می شود که صفات وزن غلاف، شاخص برداشت، وزن صد دانه و تعداد دانه در گیاه به ترتیب یکی پس از دیگری وارد مدل شدند. صفت تعداد روز تا رسیدگی که وارد مدل شده بودند بعداً از مدل خارج شد.

جدول ۸- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام در ۳۰ رقم لوبیا سفید تحت شرایط تنش آبی

صفات وارد شده به مدل	ضریب رگرسیونی	خطای استاندارد	adj. R^2	t
وزن غلاف	۰/۳۸۱	۰/۰۵۶	۰/۹۶۹	۶/۷۹۳
شاخص برداشت	۰/۰۰۰۰۱۱۳۷	۰/۰۰۰	۰/۹۸	۵/۳۵
وزن صد دانه	۰/۰۱۴۹۸	۰/۰۰۱	۰/۹۸۵	۱۳/۰۶۳
تعداد دانه در گیاه	۰/۶۳۵	۰/۰۵۴	۰/۹۹۲	۱۱/۶۶۲

جدول ۹- نتایج همبستگی بین عملکرد و شاخص ها در شرایط تنش آبی و بدون تنش (نرمال) در ۳۰ رقم لوبیا سفید

	GMP	STI	MP	SSI	Tol	Ys	Yp
Yp	۰/۸۴۸**	۰/۸۰۸**	۰/۹۴۲**	۰/۵۵۸**	۰/۸۶۸**	۰/۴۶۶**	۱
Ys	۰/۸۶۴**	۰/۸۸۱**	۰/۷۳۶**	-۰/۴۱*	-۰/۰۳۵ ns	۱	
Tol	۰/۴۷۲**	۰/۴۱۸*	۰/۶۵۱**	۰/۸۶۱**	۱		
SSI	۰/۰۸۱۲ ns	۰/۰۳۸ ns	۰/۲۷۱ ns	۱			
MP	۰/۹۷۶**	۰/۹۵۲**	۱				
STI	۰/۹۸۶**	۱					
GMP	۱						

* و ** و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم معنی داری

در بین صفات وارد شده به مدل رگرسیونی، وزن غلاف به تنهایی بیش از ۹۶ درصد تغییرات عملکرد را توجیه می‌نماید.

همانگونه که ملاحظه می‌شود چهار صفت فوق بیش از ۹۹ درصد تغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند و با مراجعه به ماتریس ضرایب همبستگی درمی‌یابیم که صفات فوق دارای همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار (سطح 1 درصد) با عملکرد بذر دارند.

بررسی مقاومت به خشکی و انتخاب ژنوتیپ های مقاوم: در این تحقیق با داشتن عملکرد ژنوتیپ ها در محیط تنش (Ys) و بدون تنش (Yp) شاخص های مختلف مقاومت به خشکی محاسبه گردید. نتایج همبستگی بین عملکرد و شاخص های محاسبه شده در جدول ۹ آمده است.

طبق نظر فرناندز (۱۶) مناسب ترین معیار گزینش برای تنش باید بتواند ژنوتیپ هایی را که در هر دو محیط تظاهر مطلوب و یکسانی دارد از سایر گروه ها تفکیک نماید. با توجه به اینکه بهترین شاخص ها آنهایی هستند که دارای همبستگی بالا با عملکرد تحت هر دو شرایط تنش و بدون تنش باشند و بتوانند ژنوتیپ‌های گروه A را از سایر گروهها تمیز دهند، با مراجعه به ماتریس همبستگی ملاحظه می‌شود که شاخص‌های STI با GMP وMP دارای این ویژگی می‌باشند (جدول ۸). زیرا این شاخص‌ها با عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر دو محیط تنش و بدون تنش همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار دارند. بنابراین ژنوتیپ‌هایی که میزان بالایی از این شاخص‌ها داشته باشند بعنوان مقاومترین ژنوتیپ‌ها شناخته می‌شوند. در رابطه با شاخص‌های دیگر نظیر Tol و SSI ، با توجه به اینکه این شاخص‌ها دارای همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار با عملکرد در شرایط بدون تنش هستند و همبستگی شان با عملکرد در شرایط تنش، منفی است لذا ژنوتیپ‌هایی که دارای مقادیر کوچکتر این شاخص‌ها هستند بایستی بعنوان ژنوتیپ‌های متحمل شناخته شوند. انتخاب براساس این شاخص‌ها باعث برگزیدن ژنوتیپ‌هایی می‌گردد که عملکرد بالایی در محیط تنش داشته ولی عملکرد آنها در محیط بدون تنش پائین است لذا انتخاب براساس این دو شاخص توصیه نمی‌شود. همچنین ملاحظه می شود که عملکردها در شرایط تنش و بدون تنش دارای همبستگی هستند.

تعیین ژنوتیپ‌های لوبیا سفید مقاوم به تنش با استفاده از شاخص‌های مقاومت به خشکی: مقادیر شاخص‌های Yp، Ys، Tol، SSI، MP، STI و GMP و نیز رتبه‌بندی ۳۰ ژنوتیپ لوبیا سفید براساس مقادیر این شاخص‌ها مورد بررسی قرار گرفت و مقدمتاً ۲۰ درصد(۶ عدد از ۳۰ ژنوتیپ) از بهترین ژنوتیپ‌ها براساس تک تک شاخص‌ها انتخاب شدند. اشنایدر (۲۵) پیشنهاد می کند که در ابتدا انتخاب ژنوتیپ ها را براساس مقادیر بالای GMP انجام دهیم، سپس به منظور حصول اطمینان از بقاء عملکرد تحت شرایط تنش، از بین ژنوتیپ های انتخاب شده، آنهایی را که دارای بیشترین مقادیر Ys هستند انتخاب کنیم. جدول ۱۰ مربوط به ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش می باشد که با استفاده از شاخص‌های Yp، Ys، Tol، SSI ، MP، STI و GMP انتخاب شده اند.

جدول ۱۰- ژنوتیپ های انتخاب شده براساس شاخص های مختلف

شاخص های مختلف	ژنوتیپ های انتخاب شده
انتخاب براساس Y_P	۲۹، ۳۰، ۲۸، ۲۱، ۲۰، ۲
انتخاب براساس Y_S	۳۰، ۲۱، ۳، ۱۱، ۲۷، ۲۰
انتخاب براساس TOL	۱۳، ۱۵، ۲۲، ۴، ۷، ۱۱
انتخاب براساس SSI	۱۳، ۱۵، ۲۲، ۱۱، ۷، ۱۴
انتخاب براساس MP	۳۰، ۲۹، ۲۱، ۲۸، ۲۰، ۲
انتخاب براساس GMP	۳۰، ۲۱، ۲۹، ۲۰، ۲، ۲۸
انتخاب براساس STI	۳۰، ۲۱، ۲۹، ۲۰، ۲، ۲۸

انتخاب براساس شاخص Tol باعث انتخاب ژنوتیپ‌هایی می‌شود که عملکردشان در محیط بدون تنش کم و نیز میانگین بهره‌وری (MP) پائینی دارند (۲۴ ، ۱۶). مثلاُ ژنوتیپ‌های شماره ۱۳ و ۱۵ که براساس این شاخص انتخاب شده‌اند در شرایط بدون تنش میانگین‌های بالایی ندارند (به ترتیب در رتبه ۳۰ و ۲۹ قرار می‌گیرند) و همچنین از لحاظ میانگین بهره وری نیز مطلوب نیستند (به ترتیب در رتبه ۲۹ و ۲۸ قرار می‌گیرند). این دو ژنوتیپ صرفاً بخاطر اینکه در شرایط با تنش آبی و بدون تنش (نرمال) عملکردهای مشابهی تولید کرده‌اند، توسط این شاخص انتخاب می‌شوند. لذا شاخص Tol به تنهایی نمی‌تواند شاخص مناسبی جهت انتخاب ژنوتیپ‌های گروه الف (که در هر دو محیط عملکرد قابل قبول تولید می کنند) محسوب شود. انتخاب براساس شاخص SSI نیز باعث انتخاب ژنوتیپ‌هایی می‌شود که متحمل به تنش هستند ولی پتانسیل عملکردشان پایین است (۱۶، ۲۵). لذا این شاخص نیز قادر به تشخیص ژنوتیپ‌هایی که در هر دو شرایط عملکرد بالایی دارند نمی‌باشد و استفاده از این شاخص توصیه نمی‌شود. همانگونه که ملاحظه می‌شود انتخاب براساس Yp، MP، SSI و GMP نتایج مشابهی داشته و در تمام حالت ژنوتیپ های شماره ۲، ۲۰، ۲۱، ۲۸، ۲۹ و ۳۰ بعنوان ژنوتیپ‌های مقاوم شناخته شده‌اند. اشنایدر (۲۵) پیشنهاد می‌کند که در ابتدا انتخاب ژنوتیپ‌ها را براساس مقادیر بالای GMP انجام دهیم و سپس به منظور حصول اطمینان از ثبات عملکرد تحت شرایط تنش، از بین ژنوتیپ‌های انتخاب شده آنهایی را که دارای بیشترین مقادیر Ys هستند انتخاب نماییم. بر این اساس از بین شش ژنوتیپی که در مرحله اول انتخاب شده‌اند. ژنوتیپ‌های ۳۰، ۲۱ و ۳ که دارای Ys های بالایی هستند را بعنوان ژنوتیپ‌های مقاوم انتخاب می‌کنیم.

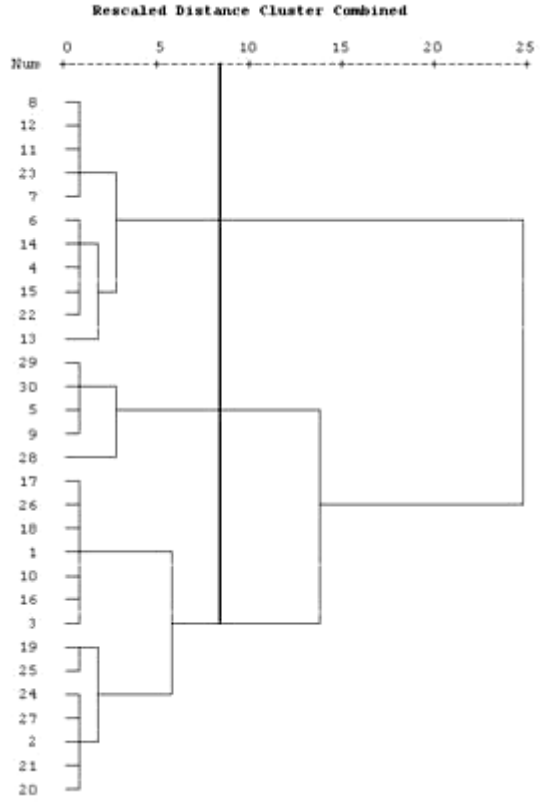
نتایج تجزیه خوشه ای ژنوتیپ های لوبیا سفید تحت شرایط بدون تنش (نرمال) به روش UPGMA: همانگونه که در شکل ۱ مشاهده می شود تعداد کلاسترها برابر سه عدد تعیین شدند که این نتایج بوسیله تجزیه تابع تشخیص تایید گردید. در گروه اول ژنوتیپ‌های شماره ۸، ۱۲، ۱۱، ۲۳، ۷، ۶، ۱۴، ۴، ۱۵، ۲۲ و ۱۳، در گروه دوم ژنوتیپ های شماره ۲۹، ۳۰، ۵، ۹ و ۲۸ و در گروه سوم ژنوتیپ های شماره ۱۷، ۲۶، ۱۸، ۱، ۱۰، ۱۶، ۳، ۱۹، ۲۵، ۲۴، ۲۷، ۲، ۲۱ و ۲۰ قرار گرفته اند. نکته جالب توجه این است که ژنوتیپ های مقاوم شماره ۲۱ و ۳۰ که به عنوان ژنوتیپ های مقاوم شناخته شده اند در کلاسترهای مختلف قرار گرفته اند. لذا با توجه به فاصله ژنتیکی زیاد آنها از هم از آنها می توان بعنوان والدین تلاقی ها در برنامه های اصلاحی استفاده نمود (شکل ۱).

نتایج تجزیه خوشه ای ژنوتیپ های لوبیا سفید تحت شرایط تنش خشکی به روش UPGMA: همانگونه که در شکل ۲ مشاهده می شود تعداد کلاسترها برابر سه عدد تعیین شدند که این نتایج بوسیله تجزیه تابع تشخیص تایید گردید. در گروه اول که بزرگترین گروه محسوب می شود ژنوتیپ های شماره ۱، ۱۹، ۴، ۲۴، ۲۳، ۲۵، ۲، ۲۹، ۲۰، ۱۴، ۱۶، ۲۶، ۲۲، ۱۳، ۱۰، ۱۵، ۱۸، ۱۷ و ۱۲ و در گروه دوم ژنوتیپ های شماره ۲۱، ۲۸، ۹، ۲۴، ۸، ۱۱، ۳ و ۵ و در گروه سوم ژنوتیپ های شماره ۲۷ و ۳۰ قرار گرفته اند. دراینجا نیز مشابه حالت قبل ژنوتیپ های مقاوم ۲۱ و ۳۰ در کلاسترهای جداگانه ای قرار گرفته اند (شکل ۲).

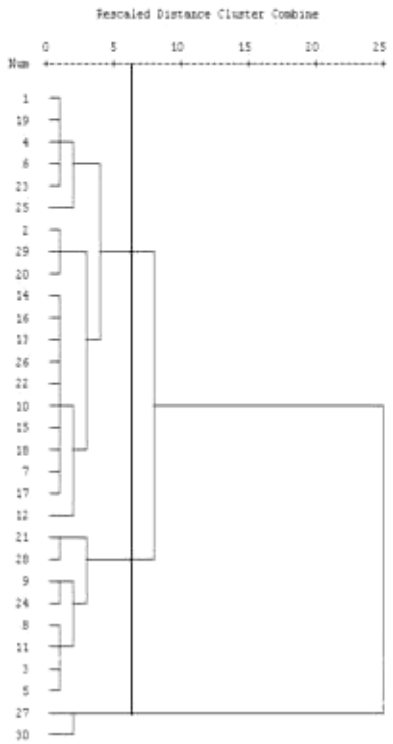
تعیین ژنوتیپ های مقاوم به تنش خشکی با استفاده از ترسیم بای پلات: درصورتی که بخواهیم روابط بیش از سه متغیر را یکجا مطالعه کنیم باید از ترسیم گرافیکی بای پلات استفاده نمائیم. بدین منظور ماتریسی که ردیف های آن ۳۰ رقم لوبیا سفید و ستون های آن شاخص های محاسبه شده است را تجزیه به مولفه های اصلی نمودیم. نتایج این تجزیه در جدول ۱۱ خلاصه شده است.

جدول ۱۱- نتایج تجزیه به مولفه های اصلی برای شاخص های حساسیت به خشکی در ۳۰ رقم لوبیا سفید

مولفه	مقدار ویژه	درصد مقدار	درصد تجمعی مقادیر ویژه
اول	۴/۷۹۹	۶۸/۵۵	۶۸/۵۵
دوم	۲/۱۱۲	۳۰/۱۷	۹۸/۷۲
سوم	۰/۰۷۴۲	۱/۰۶	۹۹/۷۸
چهارم	۰/۰۱۵	۰/۲۱	۹۹/۹۹
پنجم	۰/۰۰۰۶۵	۰/۰۰۹	۱۰۰
ششم	۰	۰	۱۰۰
هفتم	۰	۰	۱۰۰



شکل۱- تجزیه کلاستر ۳۰ رقم لوبیا سفید تحت شرایط بدون تنش (نرمال)



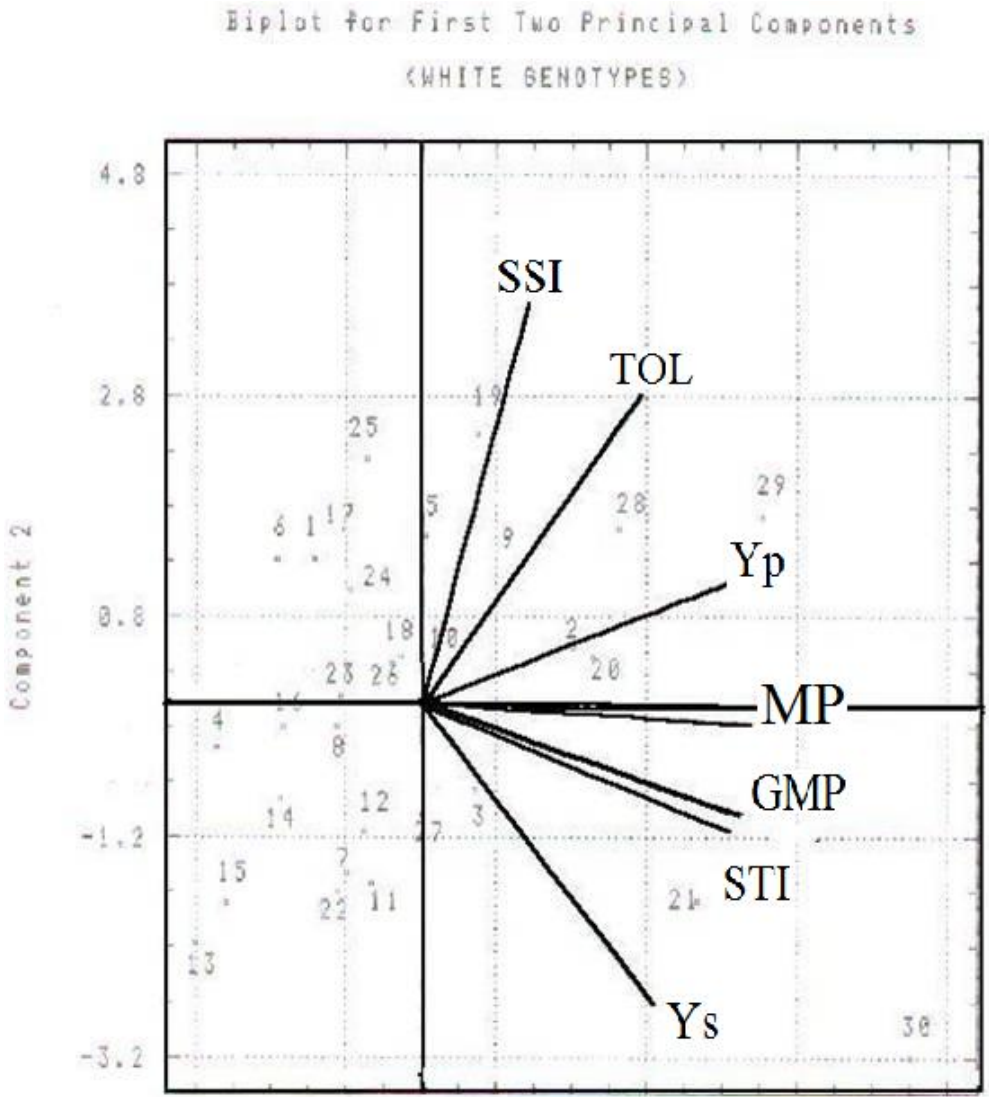
شکل۲- تجزیه کلاستر ۳۰رقم لوبیا سفید تحت شرایط تنش خشکی

همانگونه که ملاحظه می شود فقط دو مولفه اول دارای مقادیر ویژه بزرگتر از یک بوده و روی هم رفته ۹۸/۷۲ درصد اطلاعات کل داده ها را شامل می شوند. مولفه اول همبستگی های بالا و بسیار معنی داری با MP، Ys، GMP، STI، Yp دارد. لذا این مولفه را تحمل به تنش می نامیم و هرچقدر این مولفه بیشتر باشد مطلوب تر است. با توجه به بردارهای ویژه میتوانیم مولفه های اول و دوم را براساس شاخص ها بصورت روابط زیر نشان دهیم:

مولفه اول =۰/۴۳۵ Yp +۰/۳۲۴ Ys +۰/۳۱ TOL +۰/۱۴۵ SSI +۰/۴۵۶ MP +۰/۴۳۲ STI +۰/۴۴۱ GMP

مولفه دوم =۰/۲۰۱ Yp −۰/۴۸۲ Ys +۰/۴۹۸ TOL +۰/۶۳۷ SSI −۰/۰۳ MP −۰/۲۰۵ STI −۰/۱۷۲ GMP

نامگذاری هر یک از مولفه ها براساس علامت و مقدار ضرایب تعلق گرفته به شاخص های مختلف انجام شد. با توجه به رابطه مولفه‌ها و شاخص های مورد بررسی، مقادیر بالاتر مولفه اول (مقاومت به تنش) و مقادیر کمتر مولفه دوم (حساسیت به تنش) مد نظر می باشند لذا ناحیه چهارم (سمت راست و پایین) بای پلات مدنظر می باشد و ژنوتیپ ها و شاخص هایی که در این منطقه قرار می گیرند معرفی می شوند. با توجه به شکل ۳ مشخص می شود که شاخص های STI، GMP، MP بهترین شاخص ها و ژنوتیپ های ۲۱ و ۳۰ نیز مقاومترین ژنوتیپ ها محسوب می شوند.



شکل ۳- ترسیم گرافیکی بای پلات برای تعیین بهترین شاخص ها و ژنوتیپ ها در ۳۰ رقم لوبیا سفید

منابع

۱- امینی، ا. ۱۳۷۷. بررسی تنوع ژنتیکی و جغرافیایی ۵۷۶ رقم لوبیا بانک ژن دانشکده کشاورزی کرج با استفاده از روش های آماری چند متغیره، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی کرج، دانشگاه تهران.

۲- بیضایی، ا. ۱۳۸۱. ارزیابی صفات کمی و کیفی و رابطه آنها با عملکرد دانه در ژنوتیپ های لوبیا سفید، قرمز و چیتی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج،

۳- حبیبی، غ.، م.ر قنادها، ع. سوهانی و ح.ر دری. ۱۳۸۵. بررسی روابط عملکرد دانه با برخی صفات مهم زراعی لوبیا قرمز با روش های مختلف آماری در شرایط آبیاری محدود، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳ (۳): صفحه

۴- حبیبی، غ و م.ر قنادها، ۱۳۸۶. مطالعه عملکرد دانه و برخی صفات موثر بر آن در لوبیا چیتی تحت شرایط آبیاری محدود، مجله پژوهش و سازندگی، ۷۴ (شماره مجله) صفحه

۵- سمیع زاده، ح. ۱۳۷۵. بررسی تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی صفات کمی و همبستگی آنها با عملکرد نخود سفید، پایان نامه فوق لیسانس، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج،

۶- مرجانی، ع. ۱۳۷۴. بررسی تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی صفات کمی لوبیا و مطالعات همبستگی آنها با عملکرد از طریق تجزیه علیت، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج،

۷- مجنون حسینی، ن. ۱۳۷۵. حبوبات در ایران ، ۱، موسسه نشر جهاد وابسته به جهاد دانشگاهی، تهران، ص۲۴۰.

8- Abebe, A., M.A. Brick and Kirkby. 1998. Comparision of selection indices to indentity productive dry bean lines under diverse environmental conditions, Field Crops Research, 58(1): 15-23.

9- Acosta, D.K., J. Shibata., Acosta-Gallegos and J. Alberto. 1997. Yield and its components in bean under drought conditions, Agricultura-Tecnica– n Mexico, 23(2): 139-150, (CAB Abstract).

10- Adams, M.W., 1982. Plant architecture and yield breeding, Iowa State J, Res. 56(3): 225-254.

11- Aquaah, G., M.W. Adams and J.D. Kelly. 1992. A factor analysis of plant variables associated with architecture and seed size in dry bean,. Euphytica, 60: 171-177.

12- Bennett, J.P., M.W. Adams and C. Burga. 1997. Pod yield component variation and inter correlation in (*Phaseolus vulgaris*) as affected by planting denseity. Crop Sci., 17: 73-75.

13- Bramel, P.L., P.N. Hinz., D.E. Green and R.M. Shibles. 1984. Uses of principal factor analysis in the study of three stem termination types of soybean. Euphytica, 33: 387-400.

14- Broughton, WJ.G., M. Hernández., S. Blair., P. Beebe., Gepts and J. Vanderleyden. 2003. Beans(*Phaseolus spp*) model food legume, Plant Soil, 252: 55–128

15- Carvalho – MHC-de, D., Laffray and P. Louget, 1998. Comparision of the physiological responses of *Phaseolus vulgaris* and *Vigna unguiculata* cultivars when submitted to drought conditions, Environmental and Experimental Botany, 40(3): 197-207

16- Fernandez, G.C. 1992. Effective Selection criteria for assessing plant stress tolerance, In Produceeding of an sympo, Taiwan, 13-16 Aug. 1992, by C.G.Kuo, AVRDC

17- Fisher, R.A and R. Maurer, 1978. Drought resistance in spring wheat cultivar, I, grain yield responses, Aust. J. Agric. Res., 29: 897-912

18- Johnson, R.A and D.W. Wichern. 1982. Applied multivariate statistical analysis, Prentice Hall Internat, Inc., New York.

19- Kumar, A., H. Omae., Y. Egawa., K. Kashiwaba and M. Shono, 2006. Adaptation to heat and drought stresses in snap bean (*Phaseolus vulgaris*) during the reproductive stage of development, JARQ 40(3): 213 – 216.

20- Kumar, A., H. Omae., Y. Egawa, K. Kashiwaba and M. Shono. 2006. Influence of irrigation level, growth stages and cultivars on leaf gas exchange characteristics in snap bean (*Phaseolus vulgaris*) under subtropical environment. JARQ 41(3): 201-206.

21- Mouhouche, B., F. Ruget and R. Delecolle. 1998. Effects of water stress applied at different phenological phases on yield components of dwarf bean. Agronomie, 18(3): 197-207.

22- Poehlman, j.M. 1983. Breeding Field Crops, AVI, New York.

23- Ramirez-Vallejo P and J.D. Kelly. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. Euphytica, 99: 127-136.

24- Rosielle, A.A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci., 21: 943-946.

25- Schneder, K.A., R. Rosales-Serna, F. IbarraœPerez, B. CazaresœEnriquez, J. Acostagallegos, P. Rmirez-vallejo, N. Wassimi and J.D. Kelly. 1997. Improving common bean performance under drought stress, Crop Sci., 37: 43-50

26- Singh, O. 1982. Genetic analysis of irradiated and nonirradiated diallal population in chickpea (*Cicer arietinum L*,), PhD, Thesis Hau, Nissar, Indian, (abstract).

27- Walton, P.D. 1971. The use of factor analysis in determining characters for by yield selection in wheat, Euphytica, 20: 416-421.