مجله علوم کشاورزي ايران
جلد ۳۶، شماره ۶، سال ۱۳۸۴ (۱۵۲۷-۱۵۱۷)

مطالعه ژنوتیپ‌های نخود در شرایط تنش آبی

جهانبخش سوری[۱]، حمید دهقانی[۲] و سید حسین صباغ‌پور[۳]
۱، ۲، دانشجوی کارشناسی‌ارشد و استادیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
۳، استادیار پژوهنده مؤسسه تحقیقات دیم کرمانشاه
تاریخ پذیرش مقاله ۸٤/۱/۲٤

خلاصه

به منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی در نخود و شناسائی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی و همچنین تعیین مناسب‌ترین شاخص مقاومت به خشکی، تعداد ۲۵ ژنوتیپ نخود در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٤ تکرار در دو شرایط تنش و عدم تنش آبی در مرکز تحقیقات کرمانشاه (سرارود) مورد آزمایش قرار گرفتند. شاخص‌های کمی مقاومت شامل میانگین حسابی (MP)، میانگین هندسی (GMP)، تحمل به تنش (STI) و شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI) و تحمل (TOL) محاسبه شدند. اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه شاخص‌ها و عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو شرایط محیطی مشاهده شد. تحلیل همبستگی بین عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش و شاخص‌های مقاومت به خشکی نشان داد که شاخص‌های STI، GMP وMP مناسب‌ترین شاخص‌های عکس‌العمل ژنوتیپ‌های نخود در برابر خشکی بوده و می‌توان از آنها برای شناسایی ارقام دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش استفاده نمود. نتایج نشان داد که لاین شماره ٦ بیشترین مقدار عملکرد و بیشترین مقادیر را برای شاخص‌های STI، GMP و MP، داشت و لذا به عنوان مقاوم‌ترین ژنوتیپ با عملکرد بالا شناسائی شد. ژنوتیپ‌های ۹، ۱، ۲۱، ۲٤ و۱۲ نیز تحمل بالایی نسبت به تنش نشان دادند. در روش ترسیمی بای‌پلات ژنوتیپ‌ها به گروه‌های متحمل و غیر متحمل تقسیم‌بندی شدند، به نحوی که ژنوتیپ‌های ٦، ۹، ۱، ۲۱، ۲٤ و۱۲ در ناحیه‌ای با پتانسیل تولید بالا و حساسیت پایین به خشکی (در ناحیه‌ای با مؤلفه یک بالا و مؤلفه دو پایین) قرار گرفتند. با توجه به نمودار بای‌پلات می‌توان نتیجه گرفت که سه شاخص تحمل به خشکی STI، GMP وMP نسبت به یکدیگر دارای بالاترین ضرایب همبستگی هستند. همچنین پراکندگی ژنوتیپ‌ها در نمودار بای‌پلات وجود تنوع ژنتیکی بین آنها را نسبت به تنش خشکی نشان داد. تجزیه خوشه‌ای بر اساس شاخص‌های تحمل یعنی STI، GMP وMP نشان داد که ژنوتیپ شماره ٦ دارای بیشترین تحمل نسبت به خشکی بود و بیشترین فاصله ژنتیکی را از این جهت با سایر ژنوتیپ‌ها داشت. بعد از آن ژنوتیپ‌های ۱۲، ۲٤، ۱۷، ۲، ۹، ۱، ۳، ۲۵، ۲۱ و۵ نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها تحمل بیشتری نسبت به خشکی از خود نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه خوشه‌ای، شاخص مقاومت، مقاومت به خشکی، نخود

مقدمه

حبوبات نقش مهمی را در تامین نیازهای غذائی انسان ایفا می‌کنند. نخود دومین گیاه مهم از این گروه محصولات کشاورزی است و از لحاظ وسعت کشت، مقام سوم را در بین حبوبات دارد و در ۳۳ کشور در جهان کشت می‌شود (۲۶). از عوامل محدود کننده عملکرد در نخود تنش خشکی می‌باشد(۶). این تنش مهم‌ترین تنش غیر زنده در نخود گزارش شده است و بسته به منطقه جغرافیایی و شرایط آب و هوائی در طول فصل

مکاتبه کننده: حمید دهقانی
E-mail: dehghanr@modares.ac.ir

رشد ۶۰- ۳۰ درصد عملکرد را کاهش می‌دهد (۱۸). تنش خشکی معمولاً در نتیجه بارندگی کم همراه با دمای زیاد و وزش باد حادث می‌شود (۶).

آزمایشات مختلف نشان داده است که مرحله اواخر گلدهی نخود و اوایل غلاف‌بندی، حساس‌ترین مرحله به خشکی است (۱۱، ۱۷). در حوزه مدیترانه و پاره‌ای از نقاط ایران، بارندگی عمدتاً طی ماههای فصل زمستان و اوائل بهار و خارج از فصل رشد نخود اتفاق می‌افتد و معمولاً در اواخر فصل رشد نخود مواجه با تنش خشکی شده و محصول آن به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد (۳).

در دهه اخیر مطالعـات زیادی در زمینه تنش خشکی وهمچنین، آزمایشات جوانه‌زنی با تامین رطوبت محدود، تحت شرایط تنش آبی در مقایسه با شرایط کنترل برای تشخیص ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی در نخود انجام شده است (۱، ۲۴). در یک آزمایش گوپتا و همکارانش (۱۹۹۱) اثرات پلی اتیلن گلیکول (PEG) در غلظت‌های مختلف به جوانه‌زنی نخود بررسی شد و آن را به عنوان روش مؤثری برای غربال کردن ارقام متحمل به خشکی معرفی کردند. اما برخی از محققان عقیده دارند که اثرات خشکی اسمزی قابل مقایسه با اثرات خشکی حقیقی نمی‌باشد (۲۵). رامیرز- والجو و کلی (۱۹۹۸) معتقدند که غربال کردن دقیق‌تر ژنوتیپ‌ها و اصلاح برای سازگاری به شرایط تنش، نیازمند مشابه‌سازی محیط دارای تنش خشکی می‌باشد که همسان با شرایط مزرعه بوده و قابل تکرار نیز باشد.

هارد (۱۹۶۹) اولین محققی بود که موضوع تهیه ارقام متحمل به خشکی با استفاده از گزینش در شرایط تنش رطوبتی مصنوعی را پیشنهاد داد و شرط نهایی موفقیت در این کار را شبیه سازی و انطباق محیط آزمایش با اقلیم منطقه دارای تنش دانست.

کوئیزنبری (۱۹۸۲) مقاومت به خشکی را توانائی یک ژنوتیپ در تولید بیشتر عملکرد نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها در شرایط رطوبتی یکسان تعریف نمود که این تعریف بیشتر مورد توجه اصلاح‌گران نبات است. سری‌واستاوا و همکاران (۱۹۸۷) نیز معرفی ارقامی که به طور نسبی در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها تنش را بهتر تحمل کرده و در شرایط یکسان افت عملکرد کمتری داشته باشند، را هدف از تهیه ارقام متحمل به خشکی ذکر نمودند.

حساسیت به خشکی یک ژنوتیپ معمولاً براساس میزان کاهش عملکرد در شرایط تنش خشکی برآورد می‌شود (۱۰). فیشر (۱۹۸۷) معتقد است معیار مقاومت به خشکی، وضعیت عملکرد دانه در شرایط خشک می‌باشد و بر همین اساس فیشر و مورر (۱۹۸۷) شاخص حساسیت به تنش (SSI)[1] را پیشنهاد کردند. در تجزیه و تحلیل داده‌های آنها معلوم گردید که شاخص حساسیت مستقل از عملکرد بالقوه نیست.

عده‌ای از محققان نیز گزارش کرده‌اند که ارزیابی ژنوتیپ‌های نخود بر اساس عملکرد دانه تحت شرایط تنش به تنهایی معیار خوبی برای تحمل به خشکی نمی‌تواند باشد زیرا ممکن است عملکرد ژنوتیپ‌های مقاوم در شرایط بدون تنش خشکی بالا نباشد و انتخاب برای عملکرد بالا تحت شرایط نرمال ژنوتیپ‌ها منجر به تولید عملکرد بالا در شرایط تحت استرس نمی‌شود (۹، ۱۵، ۱۷، ۲۳). بنابراین عملکرد دانه در شرایط تنش هیچ‌گاه نتوانسته است ملاک مناسب و دقیقی جهت انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و تنش باشد و انتخاب برای مقاومت به خشکی بایستی با انتخاب مواد ژنتیکی برای پتانسیل عملکرد بالا تحت شرایط بدون تنش همراه باشد (۱۰). از این‌رو وضعیت عملکرد نسبی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی و شرایط بدون تنش آبی به عنوان یک نقطه شروع برای شناسایی صفات مربوط به مقاومت به خشکی و انتخاب ژنوتیپ‌ها برای اصلاح در محیط‌های خشک می‌باشد (۲).

رزیل و هامبلین (۱۹۸۱) شاخص تحمل (TOL)[2] را به صورت اختلاف عملکرد محیط تنش و بدون تنش تعریف کردند و هم‌چنین شاخص متوسط محصول دهی را به صورت میانگین عملکرد (MP)[3] در دو محیط تنش و بدون تنش پیشنهاد نمودند. بنظر می‌رسد ارقامی که در شرایط رطوبتی مناسب و شرایط رطوبتی محدود (تنش خشکی) عملکرد با ثبات‌تری

1 . Stress Susceptibility Index
2 . Tolerance Index
3 . Mean Productivity

داشته باشند و یا حداقل تفاوت عملکرد آنها کم باشد احتمالاً مقاومت نسبی بیشتری به خشکی خواهند داشت (۷، ۱۰). مقادیر کمتر شاخص TOL مطلوب بوده و غالباً ژنوتیپ‌های گزینش شده بر اساس آن در شرایط بدون تنش پتانسیل عملکرد نسبی پائین و در صورت تنش عملکرد نسبتاً بالایی دارند (۲۰).

فرناندز (۱۹۹۲) با بررسی عملکرد در دو محیط تنش و بدون تنش ارقام لوبیا را از نظر واکنش به دو محیط به ۴ گروه: الف) ژنوتیپ‌های که تظاهر یکسانی را در هر دو محیط تنش و بدون تنش دارا هستند (گروه A)، ب) ژنوتیپ‌های که فقط تظاهر خوبی در محیط بدون تنش دارند (گروه B)، ج) ژنوتیپ‌های که عملکرد بالایی را در محیط دارای تنش می‌باشند (گروه C) و د) ژنوتیپ‌هائی که تظاهر ضعیفی را در هر دو محیط دارا هستند (گروه D)، تقسیم بندی نمود. هم‌چنین اظهار داشت که مناسب‌ترین معیار انتخاب برای تنش شاخصی است که قادر به تشخیص گروه A از سایر گروه‌ها باشد. بنابراین برای شناسائی ارقام گروه A، این محقق، شاخص تحمل به تنش (STI) [1] را ارائه نمود. مقدار بالای این شاخص برای ژنوتیپ نمایان‌گر تحمل به خشکی بیشتر و عملکرد بالقوه بیشتر آن ژنوتیپ است. همان‌طور که قبلا گفته شد، شاخص‌های حساسیت و تحمل قادر به تفکیک گروه A از C نمی‌باشند، در حالی‌که شدت استرس (SI) [2] در محاسبه STI منظور شده است، بنابراین قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های گروه A از گروه‌های B و C می‌باشد.

فرناندز (۱۹۹۲) و کریستین و همکاران (۱۹۹۷) جهت تعیین میزان حساسیت ژنوتیپ‌ها به تنش به دلیل تفاوت شدت تنش خشکی در سال‌های مختلف از میانگین هندسی (GMP) [3] ژنوتیپ‌ها در دو محیط استفاده کردند.

فرناندز (۱۹۹۲) هم‌چنین در بررسی روابط بین شاخص‌های تحمل به تنش از نمایش بای‌پلات چند متغیره استفاده کرد و گزارش کرد که در تنش متوسط مؤلفه اول ۶۹٪ از تنوع داده‌ها را توصیف کرد و مؤلفه پتانسیل عملکرد نام‌گذاری شد، مؤلفه دوم نیز حدود ۳۰٪ از تنوع بین داده‌ها را توصیف کرد، که مؤلفه تحمل به تنش نامیده شد. در شرایط تنش شدید نیز مؤلفه اول با ۶۳٪ تنوع بین داده‌ها به مؤلفه تحمل به تنش و میانگین محصول‌دهی و مؤلفه دوم با ۳۶٪ تنوع، به پتانسیل عملکرد نام‌گذاری کرد (۱۲).

خشکسالی و تنش ناشی از آن رایج‌ترین تنش محیطی است که تولیدات کشاورزی با محدودیت روبرو ساخته و ایران به عنوان کشوری خشک و نیمه خشک محسوب می‌گردد. ساکنسا و همکاران (۱۹۹۳) خشکی را مهمترین تنش غیر زنده در نخود گزارش کرده‌اند و آن را به عنوان عامل محدود کننده رشد عملکرد نخود می‌دانند؛ آنها هدف اصلاح‌نباتات را در مصاف با این مشکل در واقع تقویت نسبی پتانسیل عملکرد و پایداری آن در محیط‌های تنش‌دار گزارش نمودند. براین اساس برای رسیدن به این مهم در حال حاضر هیچ راه منطقی برای افزایش نزولات جوی در خلال دوره‌های خشکی وجود ندارد و بهترین راه مبارزه با خشکی همراهی با آن یعنی تولید ارقام و هیبریدهای دارای تحمل بیشتر خشکی و یا ارقام دارای توانائی اجتناب از آن می‌باشد. بنابراین اصلاح برای مقاومت به خشکی و افزایش راندمان مصرف آب در گیاهان امری اجتناب ناپذیر است. این تحقیق با هدف بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های نخود و دستیابی به ارقام مناسب برای شرایط تنش خشکی براساس برآورد شاخص‌های مقاومت و تعیین ژنوتیپ‌های مناسب جهت انجام دورگ‌گیری در برنامه‌های اصلاحی آینده و همچنین تعیین بهترین شاخص مقاومت، اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

تعداد۲۵ ژنوتیپ نخود، تیپ کابلی، شامل ۲۱ لاین انتخاب شده از ژرم‌پلاسم ایکاردا و یک رقم بومی و سه رقم اصلاح شده داخلی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار و در دو شرایط محیطی آبیاری محدود (شرایط تنش) و آبیاری مطلوب (عدم تنش آبی) در سال زراعی ۱۳۸۱ در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات کرمانشاه (سرارود) مورد مطالعه قرار گرفتند. حداکثر و حداقل دمای مطلق مزرعه تحقیقاتی به

1 . Stress Tolerance Index
2 . Severity Index
3 . Geometric Mean Productivity

ترتیب ۴۴+ و۲۷- درجه سانتیگراد و متوسط بارندگی سالیانه ۴۷۸ میلیمتر است. بر اساس مطالعات انجام شده با استفاده از روش آمبروژه، اقلیم این منطقه نیمه خشک، معتدل و سرد است.

عملیات آماده سازی زمین شامل شخم با عمق ۲۵ سانتیمتر، دیسک و تسطیح زمین در سال ۱۳۸۱ بود. قبل از کاشت مقدار ۳۰ کیلوگرم ازت خالص در هکتار به طور یکنواخت در سطح قطعه آزمایش پخش و با خاک مخلوط شد. بذور با قارچکش تیرام با میزان ۲ در هزار ضدعفونی و بر روی ۴ ردیف ۳ متری که به فاصله ۳۰ سانتیمتر از یکدیگر قرار داشتند با فاصله ۱۰ سانتیمتر از هم کشت شدند. در طول مدت اجرای آزمایش مراقبتهای زراعی شامل مبارزه با علفهای هرز و حشرات انجام شد. وجین دستی طی چهار مرحله در دوره رشد و مبارزه علیه آفت هلیوتیس(*Helicoverpa armigera*) همزمان با تشکیل اولین غلافها با سم سوین به نسبت ۳-۲ کیلوگرم در هکتار صورت گرفت.

عملیات آبیاری در هر دو شرایط محیطی تا اواخر مرحله گلدهی هر ۱۲ روز یکبار و به طور همزمان انجام شد. در شرایط بدون تنش آبیاری تا انتهای فصل رشد به همین روال ادامه یافت و در شرایط آبیاری محدود، در زمان صد درصد گلدهی و در مرحله پر شدن غلافها، تنش خشکی اعمال گردید. عملیات برداشت در زمان رسیدگی بوتهها انجام شد و با استفاده از عملکرد (برحسب گرم بر مترمربع) در شرایط آبیاری مطلوب و آبیاری محدود شاخصهای کمی مقاومت برای هر ژنوتیپ به شرح زیر محاسبه گردید.

شاخصهای تحمل (TOL)، شاخص بهرهوری متوسط (MP) و شاخص میانگین هندسی بهرهوری (GMP)

$$TOL = Y_p - Y_S$$

$$MP = (Ys + Yp) / 2$$

$$GMP = \sqrt{(Y_p \cdot Y_S)}$$

شاخص حساسیت به تنش(SSI)

$$SSI = (1- (Y_S / Yp)) / SI$$

$$^{1}SI = 1- (\overline{Y}_S / \overline{Y}_p)$$

شاخص تحمل تنش(STI)

$$STI=(Yp/ \overline{Y}_p)(Ys/ \overline{Y}_S)(\overline{Y}_S / \overline{Y}_p)= (Yp) (Ys) / (\overline{Y}_p)^2$$

برای هر ژنوتیپ از فرمولهای مربوطه محاسبه و ثبت شد. در مجموعهٔ روابط فوق؛ Ys، عملکرد هر ژنوتیپ تحت شرایط تنش محیطی، Yp، عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ تحت شرایط مطلوب، $\overline{Y}_S$ ، میانگین عملکرد تمامی ژنوتیپهای تحت شرایط تنش، $\overline{Y}_p$ ، میانگین عملکرد تمامی ژنوتیپهای تحت شرایط مطلوب است و SI، شدت تنش خشکی میباشد.

تجزیه واریانس در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با ۴ تکرار بر روی شاخصهای مقاومت به خشکی انجام شد و مقایسه میانگین شاخصها به روش دانکن صورت گرفت. همبستگیهای ساده بین شاخصهای مقاومت و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش محاسبه و بر اساس تحلیل این همبستگیها، شاخصهای مقاومت را غربال و مناسبترین شاخص با توجه به این که شاخصی که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای همبستگی نسبتا بالایی با عملکرد باشد مناسب تر بود، انتخاب شد.

پس از شناسایی بهترین شاخصها، برای تعیین ژنوتیپهای مقاوم به خشکی با عملکرد بالا در هر دو محیط از نمودار سهبعدی استفاده گردید که در آن عملکرد در محیط بدون تنش بر روی محورxها، عملکرد در محیط تنش بر روی محور zها و یکی از شاخصهای انتخاب شده فوق بر روی محور yها نمایش داده شد (۱۲). برای نشان دادن روابط بین سه متغیر و جدا نمودن ژنوتیپهای گروه A از سایر گروهها (B، C و D) و همچنین سودمندی شاخص مورد نظر به عنوان معیاری برای انتخاب ژنوتیپهای پر محصول و متحمل به خشکی، سطح x-z به وسیله کشیدن خطوط متقاطع به چهار گروه A، B، C و D تقسیم گردید (۱۲).

از آنجاییکه در یک نمودار سه بعدی فقط روابط بین سه متغیر را میتوان مطالعه کرد. برای مطالعه همزمان بیش از سه متغیر، نمایش ترسیمی بایپلات بر مبنای تجزیههای چند متغیره، با استفاده از ماتریس دادههای ژنوتیپ-شاخص برای تعیین روابط بین ژنوتیپها و شاخصهای تحمل به خشکی در یک شکل واحد ترسیم گردید. همچنین به منظور گروهبندی ژنوتیپهای مورد بررسی از نظر مقاومت به خشکی از تجزیه

1 . Stress Intensity

کلاستر و از روش UPGMA[1] با معیار فاصله اقلیدسی محاسبه شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ را بین ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه شاخص‌های مقاومت به خشکی و نیز عملکرد در دو شرایط محیطی تنش و بدون تنش نشان داد (جدول ۱)، که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی و امکان گزینش برای مقاومت به خشکی است. وجود تفاوت معنی‌دار و تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مختلف نخود از نظر شاخص‌های مقاومت به خشکی در مطالعات امام جمعه (۱۳۷۸)، بایزید (۱۳۷۴)، فرشادفر و همکاران (۱۳۸۰) یاقوتی‌پور (۱۳۸۱) و جهانگیری (۱۳۸۳) گزارش شده است.

مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها به روش دانکن و در سطح احتمال ۱٪ نشان داد که در شرایط عدم تنش بیشترین عملکرد متعلق به لاین شماره ۱۷ (Y_P=۲۷۶/۸۲ و Y_S=۱۸۶/۱) و در شرایط تنش متعلق به لاین شماره ۶ (Y_S=۲۵۷/۵۷ و Y_P=۲۲۶/۳) بود و این در حالی است که ژنوتیپ شماره ۶ از نظر میانگین عملکرد در شرایط پتانسیل (Y_P) با ژنوتیپ شماره ۱۷ در یک گروه قرار دارد (جدول ۲). از نظر شاخص‌های مقاومت به خشکی نیز بیشترین مقدار شاخص تحمل تنش (STI)، میانگین بهره‌وری (MP) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) متعلق به لاین شماره ۶ بود و کمترین مقدار برای شاخص‌های حساسیت نسبی (SSI) و تحمل (TOL) متعلق به ژنوتیپ‌های شماره ۱۳ بود. با توجه به این که لاین شماره ۶ از نظر عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش در وضعیت بسیار مطلوبی قرار گرفته است و از نظر شاخص‌های تحمل (TOL) و حساسیت به تنش (SSI) با لاین شماره ۱۳ در یک گروه قرار دارد، بدین لحاظ دارای وضعیت مناسبی است که می‌توان آن را مناسب‌ترین لاین برای کشت درشرایط تنش و بدون تنش در نظر گرفت و پس از لاین شماره ۶، ژنوتیپ‌های ۱، ۹، ۱۲ و ۲۴ دارای بالاترین مقادیر برای شاخص‌های تحمل خشکی (STI، MPو GMP) و مقادیر نسبتاً پایین برای شاخص‌های حساسیت (TOL و SSI) بودند (جدول ۲).

بطور کلی ژنوتیپ‌های دارای مقادیر بالای شاخصهایSTI، MP، GMP نشاندهندهٔ تحمل بالای ژنوتیپ(ها) نسبت به خشکی است، هرچه مقدار شاخص TOL کمتر باشد نشاندهندهٔ تحمل بیشتر آن ژنوتیپ نسبت به خشکی است و براساس شاخص SSI که حساسیت ژنوتیپها را به شرایط تنش نشان می‌دهد هر چه مقدار این شاخص نیز کمتر باشد می‌توان آن ژنوتیپ را مناسب برای کشت در شرایط تنش معرفی نمود. اما لازم به ذکر است که صرفاً پایین بودن مقادیر شاخص‌های SSI و TOL برای یک ژنوتیپ به منزله مناسب بودن آن جهت کشت در شرایط تنش یعنی بالا بودن میزان عملکرد و پایین بودن حساسیت آن نسبت به شرایط تنش نیست، زیرا ژنوتیپ‌هایی یافت می‌شوند که دارای حساسیت بسیار پائینی نسبت خشکی می‌باشند اما عملکرد پایینی نیز دارند، لذا این ژنوتیپ‌ها فقط دارای حساسیت کم به خشکی هستند و از لحاظ عملکرد اصلاً ژنوتیپ‌های مطلوبی به شمار نمی‌روند (۲۱).

1 . Unweighted Pair Group Mean Average

جدول ۱- تجزیه واریانس شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد در شرایط تنش و بدون‌تنش در ژنوتیپ‌های نخود زراعی

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات						
		YP	YS	T0L	MP	GMP	STI	SSI
تکرار	۳	۰/۰۲**	۴۶۳۹/۸۹**	۱/۲۴^{ns}	۶/۰۹**	۶/۱۸**	۰/۱۱۵**	۰/۰۱۹^{ns}
تیمار	۲۴	۰/۰۱۵**	۱۵۴۳/۴۲**	۱۲/۴۲**	۲/۷۳**	۲/۶۲**	۰/۰۵۳**	۰/۱۷۸**
اشتباه	۷۲	۰/۰۰۳	۶۴۰/۳۷	۴/۴۸	۰/۶۰۲	۰/۶۰۹	۰/۰۱۲	۰/۰۵۴
کل	۹۹							
CV%		۲/۲۶	۱۴/۴۷	۳۷/۰۵	۵/۵۸	۵/۶۴	۱۵/۴	۳۷/۱۵

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

Ys: عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ تحت شرایط تنش محیطی، Yp: عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ تحت شرایط مطلوب، T0L: شاخص تحمل، MP: شاخص بهره‌وری متوسط، GMP: شاخص میانگین هندسی بهره‌وری، STI: شاخص تحمل تنش و SSI: شاخص حساسیت به تنش.

جدول ۲- مقایسه میانگین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش به روش دانکن و در سطح احتمال ۱ درصد در ژنوتیپ‌های نخود زراعی

کد ژنوتیپ	ژنوتیپ	YS		YP		TOL		MP		GMP		STI		SSI	
		گروه	میانگین	گروه	میانگین	گروه	میانگین	گروه	میانگین	گروه	میانگین	گروه	میانگین	گروه	میانگین
۱	FLIP 97-43	ab	۲۰۰/۴۰	abcde	۲۳۱/۶۶	abcd	۳۱/۲۶	abcdef	۲۱۶/۰۳	abcd	۲۱۵/۵۶	abcdef	۱/۰۲	cdefg	۰/۷۴
۲	X 95 TH 5 K 10	ab	۱۸۳/۰۰	abcd	۲۵۲/۲۰	ab	۶۹/۱۹	abcde	۲۱۷/۶۰	abcd	۲۱۴/۸۳	abcde	۱/۰۱	ab	۱/۵۱
۳	FLIP 86-5	b	۱۶۹/۲۰	abcde	۲۳۲/۶۰	abc	۶۳/۳۶	abcdefgh	۲۰۰/۸۸	abcde	۱۹۸/۳۷	abcdefgh	۰/۸۶	ab	۱/۵۰
۴	X 94 TH 150 K 10	b	۱۵۳/۸۰	bcdefg	۲۰۶/۳۳	abcd	۵۲/۵۳	defgh	۱۸۰/۰۶	bcde	۱۷۸/۱۴	abcdefgh	۰/۶۹	abcd	۱/۴۰
۵	FLIP 97-113	ab	۱۸۳/۲۵	abcde	۲۲۸/۵۱	abcd	۴۵/۲۶	abcdefg	۲۰۵/۸۸	abcde	۲۰۴/۶۳	abcdef	۰/۹۲	abcdef	۱/۱۱
۶	FLIP 97-102	a	۲۲۶/۳۰	abc	۲۵۷/۵۷	abcd	۳۱/۲۷	a	۲۴۱/۹۴	a	۲۴۱/۴۳	a	۱/۲۷	Efg	۰/۶۷
۷	S 96032	ab	۱۷۱/۳۳	efg	۱۸۶/۴۴	bcd	۱۵/۰۱	defgh	۱۷۸/۸۸	bcde	۱۷۸/۷۲	cdefgh	۰/۶۹	Fg	۰/۴۵
۸	X 95 TH 12	b	۱۶۹/۶۹	efg	۱۸۱/۷۳	cd	۱۲/۰۴	defgh	۱۷۵/۷۱	cde	۱۷۵/۶۱	abcdefg	۰/۶۷	G	۰/۳۶
۹	FLIP 97-111	ab	۲۰۱/۷۵	abcdef	۲۳۱/۱۳	abcd	۳۰/۳۸	abcdef	۲۱۶/۹۳	abcd	۲۱۶/۴۱	fgh	۱/۰۲	cdefg	۰/۷۲
۱۰	X95 TH 23	b	۱۴۷/۴۰	defg	۱۹۱/۹۱	abcd	۴۴/۵۱	efgh	۱۶۹/۶۵	de	۱۶۸/۱۹	fg	۰/۶۲	abcde	۱/۲۷
۱۱	FLIP 97-134	b	۱۶۱/۳۵	g	۱۶۹/۲۷	d	۷/۹۲	gh	۱۶۵/۳۱	e	۱۶۵/۲۷	gh	۰/۶۰	G	۰/۲۶
۱۲	Bivanij	ab	۱۹۶/۵۰	abcd	۲۵۰/۷۵	abcd	۵۴/۲۵	abcd	۲۲۳/۶۳	abc	۲۲۱/۹۷	abcd	۱/۱۰	abcde	۱/۱۹
۱۳	X 95 TH 20	b	۱۶۵/۹۰	fg	۱۷۲/۱۷	d	۶/۲۷	fgh	۱۶۹/۰۳	de	۱۶۹/۰۰	efgh	۰/۶۲	G	۰/۲۰
۱۴	Hashem	b	۱۶۷/۸۶	defg	۱۹۱/۹۸	abcd	۲۴/۱۲	defh	۱۷۹/۹۲	bcde	۱۷۹/۵۱	abcdefgh	۰/۷۰	Defg	۰/۶۹
۱۵	FLIP 97-114	b	۱۵۱/۶۴	g	۱۶۵/۹۰	bcd	۱۴/۲۶	h	۱۵۸/۷۷	e	۱۵۸/۶۱	h	۰/۵۵	Fg	۰/۴۷
۱۶	FLIP 93-93	b	۱۵۸/۵۷	abcdefg	۲۱۰/۶۰	abcd	۵۲/۰۳	bcdefgh	۱۸۴/۵۸	bcde	۱۸۲/۷۴	bcdefgh	۰/۷۳	abcdefe	۱/۳۶
۱۷	X 94 TH 45 K 10	ab	۱۸۶/۱۰	a	۲۷۶/۸۲	a	۹۰/۷۲	ab	۲۳۱/۴۶	ab	۲۲۶/۹۷	abc	۱/۱۳	a	۱/۸۰
۱۸	FLIP 97-123	b	۱۶۴/۲۶	abcdefg	۲۰۹/۴۰	abcd	۴۵/۱۴	bcdefgh	۱۸۶/۸۳	bcde	۱۸۵/۴۶	bcdefgh	۰/۷۵	abcdef	۱/۱۸
۱۹	FLIP 97-128	b	۱۵۱/۷۳	bcdefg	۲۰۲/۱۵	abcd	۵۰/۴۳	defgh	۱۷۶/۹۴	cde	۱۷۵/۱۳	de	۰/۶۷	Abc	۱/۳۷
۲۰	X 97 TH 174	b	۱۷۰/۶۳	defg	۱۹۲/۶۰	abcd	۲۱/۹۸	cdefgh	۱۸۱/۶۱	bcde	۱۸۱/۲۸	bcdefgh	۰/۷۲	Efg	۰/۶۳
۲۱	Jam	ab	۱۸۸/۹۴	abcdef	۲۲۵/۲۸	abcd	۳۶/۳۴	abcdefg	۲۰۷/۱۱	abcde	۲۰۶/۳۱	abcdefg	۰/۹۳	bcdefg	۰/۸۹
۲۲	S 96027	ab	۱۷۶/۸۵	defg	۱۹۲/۱۵	cd	۱۵/۳۰	bcdefgh	۱۸۴/۵۰	bcde	۱۸۴/۳۴	bcdefgh	۰/۷۴	Fg	۰/۴۴
۲۳	FLIP 97-211	b	۱۴۹/۵۷	cdefg	۱۹۷/۳۳	abcd	۴۷/۷۶	efgh	۱۷۳/۴۵	de	۱۷۱/۷۹	efgh	۰/۶۵	abcde	۱/۳۳
۲۴	Arman	ab	۱۹۹/۴۸	ab	۲۵۹/۰۶	abc	۵۹/۵۸	abc	۲۲۹/۲۷	ab	۲۲۷/۳۳	ab	۱/۱۳	abcde	۱/۲۶
۲۵	FLIP 87-57	ab	۱۷۷/۹۰	abcde	۲۲۹/۷۳	abcd	۵۱/۸۳	abcdefgh	۲۰۳/۸۱	abcde	۲۰۲/۱۶	abcdefh	۰/۸۹	abcde	۱/۲۴

Ys: عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط تنش محیطی، **Yp**: عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در شرایط مطلوب، **T0L**: شاخص تحمل، **MP**: شاخص بهره‌وری متوسط، **GMP**: شاخص میانگین هندسی بهره‌وری، **STI**: شاخص تحمل تنش و **SSI**: شاخص حساسیت به تنش.

میانگینهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری به روش دانکن ندارند.

با توجه به ضرایب همبستگی بین شاخص‌ها (جدول ۳)، همبستگی بسیار معنی‌داری بین شاخص‌های STI، MP و GMP با عملکرد در هر دو محیط در سطح احتمال ۱٪ درصد مشاهده شد. بنابر این، مناسب‌ترین شاخص‌ها می‌باشند که می‌توانند برای تخمین پایداری و عملکرد و همچنین دستیابی به ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط مورد استفاده قرار گیرند. گزینش شاخص‌های STI و GMP با یافته‌های فرناندز (۱۹۹۲) مطابقت دارد. هم‌چنین انتخاب شاخص‌های MP، GMP و STI به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها در این تحقیق با نتایج امام‌جمعه (۱۳۷۸) و فرشادفر و همکاران (۱۳۸۰) در مطالعه بر روی نخود کاملاً مطابقت دارد.

در بررسی نمودار سه بعدی شماره ۱ مشاهده شد که ژنوتیپ‌های ۶، ۲۴، ۱۲، ۹ و ۱ در گروه A قرار می‌گیرند، یعنی دارای تحمل به خشکی و عملکرد بالا در دو محیط می‌باشند. ژنوتیپ‌های ۳، ۲۵، ۵، ۲ و ۱۷ که در ناحیه B قرار گرفتند، ژنوتیپ‌هایی بودند که در محیط بدون تنش آبی عملکرد بسیار بالایی تولید نمودند. در این گروه از ژنوتیپ‌ها، لاین شماره ۱۷ دارای بالاترین عملکرد در بین ژنوتیپ‌ها در شرایط عدم تنش بود در حالی که رتبه سوم از لحاظ مقدار شاخص STI را احراز نمود. با این وجود این لاین را می‌توان برای شرایط کشت در محیط بدون تنش آبی معرفی کرد.

جدول ۳- ضرایب همبستگی ساده خطی بین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد در دو شرایط محیطی در ژنوتیپ‌های نخود زراعی

شاخص	YP	YS	TOL	MP	GMP	STI	SSI
YP	۱	۰/۷۲۴**	۰/۷۷۱**	۰/۹۵۷**	۰/۹۴۵**	۰/۹۳۹**	۰/۶۳۴**
YS		۱	۰/۱۱۹ns	۰/۸۹۲**	۰/۹۱۰**	۰/۹۱۴**	-۰/۰۶۴ns
TOL			۱	۰/۵۵۴*	۰/۵۲۰*	۰/۵۰۸*	۰/۹۷۱**
MP				۱	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۷**	۰/۳۷۸ns
GMP					۱	۰/۹۹۹**	۰/۳۵۲ns
STI						۱	۰/۳۳۸ns
SSI							۱

ns، ** و * به ترتیب معنی دار نبودن، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

Ys: عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ تحت شرایط تنش محیطی، Yp: عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ تحت شرایط مطلوب، T0L: شاخص تحمل، MP: شاخص بهره‌وری متوسط، GMP: شاخص میانگین هندسی بهره‌وری، STI: شاخص تحمل تنش و SSI: شاخص حساسیت به تنش.

جدول ۴- مقادیر ویژه، سهم تجمعی و بردارهای ویژه شاخص‌های مقاومت و عملکرد در دو شرایط محیطی در ژنوتیپ‌های نخود زراعی

مؤلفه	مقادیر ویژه	سهم تجمعی	YP	YS	TOL	MP	GMP	STI	SSI
۱	۵/۲۶۷	٪۷۵/۲	۰/۴۳۲	۰/۳۵۰	۰/۳۰۰	۰/۴۲۹	۰/۴۲۶	۰/۴۲۴	۰/۲۳۵
۲	۱/۷۱۸	٪۹۹/۸	۰/۰۹۲	-۰/۴۵۴	۰/۵۵۲	-۰/۱۳۰	-۰/۱۶۰	-۰/۱۷۰	۰/۴۶۰
۳	۰/۰۱۳	۱/۰۰۰	-۰/۲۲۹	۰/۲۷۱	-۰/۵۷۹	-۰/۰۳۶	۰/۰۶۸	-۰/۰۱۷	۰/۷۳۰
۴	۰/۰۰۲	۱/۰۰۰	-۰/۱۸۹	-۰/۲۴۲	-۰/۰۴۸	-۰/۲۲۵	-۰/۲۴۸	۰/۸۸۹	۰/۰۲۵
۵	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۲۳۶	۰/۳۵۲	۰/۰۱۴	۰/۳۰۲	-۰/۸۵۲	-۰/۰۱۶	۰/۰۴۸
۶	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۵۸۴	۰/۲۶۷	-۰/۰۵۸	-۰/۷۶۵	-۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
۷	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۵۶۶	-۰/۵۸۶	-۰/۵۱۵	۰/۲۶۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

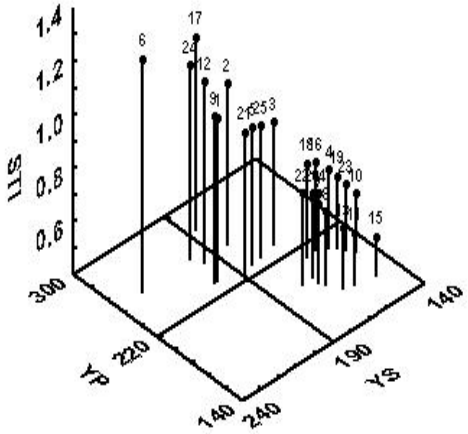
Ys: عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ تحت شرایط تنش محیطی، Yp: عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ تحت شرایط مطلوب، T0L: شاخص تحمل، MP: شاخص بهره‌وری متوسط، GMP: شاخص میانگین هندسی بهره‌وری، STI: شاخص تحمل تنش و SSI: شاخص حساسیت به تنش.

بر اساس این نمودارها ژنوتیپ شماره ۲۱ در بین گروه‌های A و B قرار گرفت و هیچ کدام از ژنوتیپ‌ها در گروه C قرار نگرفتند. بدین معنی است که ژنوتیپی که سازگاری شدیدی فقط با محیط تنش داشته و در این شرایط عملکرد بالاتری نسبت به شرایط بدون تنش تولید کند، بین ژنوتیپ‌ها وجود نداشت. همچنین بیش از ۵۰ درصد از ژنوتیپ‌ها در ناحیه D متمرکز شدند، ناحیه‌ای که ژنوتیپ‌های قرار گرفته در آن در هر دو شرایط تنش و غیرتنش عملکرد پائینی تولید کردند. بنابر این می‌توان نتیجه گرفت که پایداری این ژنوتیپ‌ها زیاد است و این لاین‌ها برای اصلاح در جهت مقاومت به خشکی و تولید عملکرد بالا در شرایط خشکی مناسب نیستند.

نتایج حاصله از نمودارهای سه بعدی YP و YS با شاخص‌های GMP وMP با توجه به همبستگی بسیار بالای این دو شاخص با شاخص STI عیناً مشابه نتایج ذکر شده در بالا بود (شکل‌های ۲ و۳). استفاده از نمودارهای سه بعدی برای تشخیص گروه A از سایر گروه‌ها در لوبیا توسط فرناندز(۱۹۹۲)، در نخود توسط یاقوتی پور (۱۳۸۱)، امام‌جمعه (۱۳۷۸) و فرشادفر و همکاران (۱۳۸۰) مورد استفاده و تایید قرار گرفته است.

در تجزیه به مولفه‌های اصلی با استفاده از ماتریس داده‌های حاصل از ۲۵ ژنوتیپ و هفت شاخص، سهم مؤلفه‌ها، سهم تجمعی مؤلفه‌ها و بردارهای مشخصه متناظر با هر ریشه مشخصه بدست آمد (جدول ۴). ۹۹/۸ درصد کل تغییرات

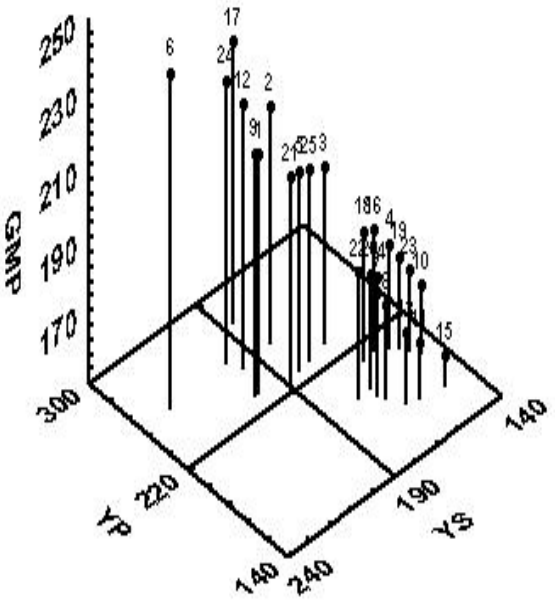
داده‌ها بوسیلهٔ دو مؤلفه اصلی اول بیان می‌شود. سپس بای‌پلات بر اساس دو مؤلفه اول رسم شد (شکل ۴). در این بررسی اولین مؤلفه اصلی ۷۵/۲ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد و همبستگی مثبت و بالایی را با عملکرد در شرایط بدون تنش (YP) و نیز با شاخص‌های GMP، MP و STI داشت. با توجه به این که میزان بالای این شاخص‌ها مطلوب می‌باشند اگر میزان مؤلفه اول بالا باشد، ارقامی انتخاب می‌شوند که دارای عملکرد بالا در شرایط بدون تنش و GMP، MP و STI بالایی هستند. بنابراین مؤلفه اول را می‌توان به عنوان مؤلفه پتانسیل عملکرد و تحمل به خشکی نام‌گذاری کرد. دومین مؤلفه ۲۴/۵ درصد از تغییرات کل داده‌ها را بیان کرد و همبستگی منفی با عملکرد در شرایط تنش(YS) و شاخص‌های GMP، MP و STI و همبستگی مثبت با شاخص‌های TOL و SSI داشت. بنابراین مؤلفه دوم را می‌توان به عنوان مؤلفه حساسیت به تنش که ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین در شرایط تنش را جدا می کند، نام‌گذاری کرد. با توجه به این که مقادیر بالای شاخص‌های GMP، MP و STI و مقادیر پایین TOL و SSI مطلوبند، بنابراین اگر میزان مؤلفه دوم بالا باشد، ارقامی انتخاب می‌گردند که دارای STI، MP،GMP و عملکرد در شرایط تنش پایین و TOL و SSI بالا هستند.



شکل ۱- نمودار تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی بر اساس شاخص STI در ژنوتیپ‌های نخود

Ys: عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ تحت شرایط تنش محیطی، Yp: عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ تحت شرایط مطلوب و **STI**: شاخص تحمل تنش.

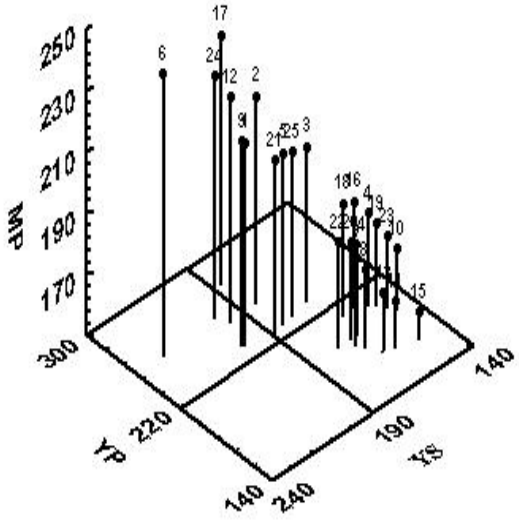
اعداد روی هر میله شمارهٔ ژنوتیپ مربوطه می‌باشد.



شکل ۲- نمودار تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی بر اساس شاخص GMP در ژنوتیپ‌های نخود

Ys: عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ تحت شرایط تنش محیطی، Yp: عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ تحت شرایط مطلوب و GMP: شاخص میانگین هندسی بهره‌وری.

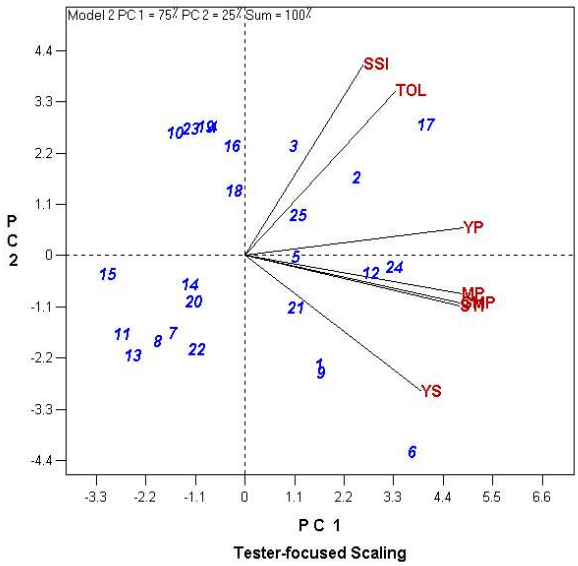
اعداد روی هر میله شمارهٔ ژنوتیپ مربوطه می‌باشد.



شکل ۳- نمودار تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی بر اساس شاخص MP در ژنوتیپ‌های نخود

Ys: عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ تحت شرایط تنش محیطی، Yp: عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ تحت شرایط مطلوب و MP: شاخص بهره‌وری متوسط.

اعداد روی هر میله شمارهٔ ژنوتیپ مربوطه می‌باشد.



شکل ۴- نمایش بای‌پلات در هفت شاخص برای ژنوتیپ‌های نخود، بر اساس مؤلفه‌های اصلی اول و دوم

Ys: عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ تحت شرایط تنش محیطی، Yp: عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ تحت شرایط مطلوب، T0L: شاخص تحمل، MP: شاخص بهره‌وری متوسط، GMP: شاخص میانگین هندسی بهره‌وری،STI: شاخص تحمل تنش و SSI: شاخص حساسیت به تنش.

اعداد شمارهٔ هر ژنوتیپ می‌باشد.

بر اساس بای‌پلات ترسیم شده بر مبنای مؤلفه‌های اصلی اول و دوم (شکل ۴)، ژنوتیپ‌ها به گروه‌هایی تقسیم شدند که مرتبط با میانگین عملکرد و تحمل به تنش ژنوتیپ‌ها بود. این نمودار نشان داد که ژنوتیپ‌های ۶، ۹، ۱، ۲۴، ۱۲ و۲۱ در ناحیه‌ای با پتانسیل تولید بالا و حساسیت پایین به خشکی و در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های مهم تحمل به خشکی MP، GMP و STI قرار دارند و ژنوتیپ‌های ۱۷، ۳، ۲ و ۲۵ در ناحیه‌ای با عملکرد پایین در شرایط تنش و حساسیت بالا به خشکی و در مجاورت شاخص‌های مهم حساسیت به خشکی TOL و SSI قرار گرفته‌اند. در واقع می‌توان گفت که این ژنوتیپ‌ها دارای سازگاری خصوصی به محیط‌های آبی هستند. به طور کلی می‌توان این نوع توزیع را بیان کننده تنوع ژنتیکی موجود در ژنوتیپ‌ها نسبت به شرایط تنش دانست. با توجه به زوایای بین بردارهای شاخص‌ها ملاحظه می‌شود که شاخص‌های TOL و SSI همبستگی منفی و بالایی با عملکرد در شرایط تنش و همبستگی مثبت و بالا با عملکرد در شرایط بدون تنش دارد. همین طور شاخص‌های GMP، MP و STI با عملکرد در هر دو محیط همبستگی مثبت دارند و زوایای بسیار تند بین بردارهای این سه شاخص نسبت به هم نشان از همبستگی مثبت و بسیار بالای آنها با هم دارد. لازم به یادآوری است که این شاخص‌ها در بررسی نمودارهای سه بعدی که به عنوان بهترین شاخص‌ها انتخاب شده بودند نتایج یکسانی را ارائه نمودند.

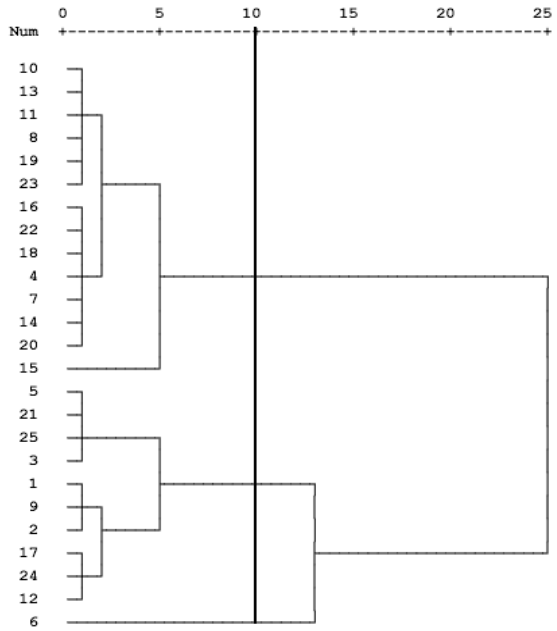
نتایج بدست آمده از این نمودار (شکل ۴)، نتایج حاصله از نمودارهای سه بعدی (شکل‌های ۱، ۲ و ۳) را تأیید می‌کند. به استثنای ژنوتیپ شماره ۲۱ که بر اساس مدل‌های سه بعدی، به علت داشتن مقادیر متوسطی برای شاخص‌های تحمل (MP، GMP و STI) و عملکرد در شرایط تنش و بالا بودن عملکرد آن در شرایط عدم تنش، در گروه B قرار گرفت. در حالی که بر اساس نمودار بای‌پلات (شکل ۴) به علت استفاده از شاخص‌های تحمل (TOL) و حساسیت به تنش (SSI) در ترسیم این نمودار و پایین بودن مقادیر این دو شاخص در این ژنوتیپ، در گروه ژنوتیپ‌های مقاوم جای گرفت.

استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و نمودار بای‌پلات برای انتخاب ارقام مقاوم در لوبیا توسط فرناندز (۱۹۹۲) و در نخود توسط امام جمعه (۱۳۷۸)، فرشادفر (۱۳۸۰) و یاقوتی‌پور (۱۳۸۱) مورد توجه قرار گرفته است.

برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر مبنای شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و شاخص تحمل تنش (STI) از تجزیه خوشه‌ای و روش UPGMA استفاده شد. نمودار درختی[1] مربوطه در شکل ۵ نشان داده شده است. لاین شماره ۶ با توجه به این که دارای بالاترین مقادیر برای شاخص‌های فوق‌الذکر بود به تنهایی در یک گروه قرار گرفت. ژنوتیپ‌های ۱۲، ۲۴، ۱۷، ۲، ۹، ۱، ۳، ۲۵، ۲۱ و ۵ در گروه بعدی قرار گرفتند. این ژنوتیپ‌ها بعد از لاین شماره ۶ تحمل بیشتری نسبت به خشکی از خود نشان دادند و عملکرد بیشتری در دو شرایط محیطی تولید نمودند. همان‌طور که در

1-Dendrogram

نمودار بای‌پلات نیز دیده شد ژنوتیپ‌های این دو گروه با شاخص‌های مذکور همبستگی بیشتری نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها نشان دادند و توسط مؤلفه اصلی اول که با این شاخص‌های تحمل همبستگی مثبت نشان داد، به عنوان ژنوتیپ‌هایی که نسبت به خشکی تحمل بیشتری داشتند، شناسایی شدند.



شکل ۵- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ۲۵ ژنوتیپ نخود زراعی بر اساس شاخص‌های STI، GMP و MP با استفاده از روش UPGMA.

STI: شاخص تحمل تنش، MP: شاخص بهره‌وری متوسط و GMP: شاخص میانگین هندسی بهره‌وری.

اعداد شمارهٔ هر ژنوتیپ می‌باشد.

کلاستر سوم بقیه ژنوتیپ‌هایی که دارای کمترین مقادیر برای شاخص‌های تحمل هستند را شامل می‌شود. تجزیه کلاستر به طور گسترده‌ای برای تشریح تنوع ژنتیکی و گروه‌بندی جوامع بر اساس صفات مشابه مورد استفاده قرار گرفته است (۴، ۵، ۸).

بطور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص‌های STI، GMP و MP همبستگی مثبت و معنی داری با یکدیگر و با عملکرد در دو شرایط تنش و بدون تنش دارند و می‌توان از آنها برای شناسایی لاین‌های مقاوم به تنش استفاده کرد و این سه شاخص مناسب‌ترین شاخص‌ها برای شناسایی لاین‌های با عملکرد و مقاومت شناخته شدند. بنابراین ژنوتیپ‌های ۶، ۹، ۱، ۲۴، ۱۲ و۲۱ متحمل خشکی و عملکرد بالا در دو شرایط محیطی بودند. نتایج به دست آمده از روش ترسیمی سه بعدی و روش بای‌پلات برای گزینش لاین‌های با عملکرد بالا و مقاوم به خشکی با استفاده از شاخص‌ها کاملاً در توافق با یکدیگر است. کاربرد نمودار سه بعدی به لحاظ سادگی کار در مقایسه با روش بای‌پلات که از طریق تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صورت می‌گیرد، بیشتر است. اما استفاده از روش بای‌پلات وقتی که سهم مؤلفه‌های اول و دوم در توجیه تغییرات زیاد باشد اطلاعات مفیدی را ارائه می‌دهد. نمودار درختی حاصل از تجزیه خوشه‌ای، لاین شماره ۶ را به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ نسبت به خشکی نشان داد و ژنوتیپ‌های ۹، ۱، ۲۴، ۱۲ و۲۱ را که در نمودارهای سه بعدی و بای‌پلات به عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی مشخص شده بودند، در این روش رتبه‌های بعد از ژنوتیپ شماره ۶ را به خود اختصاص دادند.

منابع مورد استفاده REFERENCES

۱. امام‌جمعه، ع. ۱۳۷۸. تعیین فاصله ژنتیکی توسط RAPD-PCR ،ارزیابی شاخص‌های مقاومت به خشکی و تحلیل سازگاری در نخود ایرانی. پایان نامه 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. دانشگاه تهران.

۳. بایزید، ب. ۱۳۷۴. بررسی تنوع ژنتیکی ارقام نخود زراعی (*Cicer ariatinum*) تحت دو سطح رطوبت و تجزیه همبستگی (Path analysis) صفات زراعی. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد رشته اصلاح نباتات. دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تبریز.

۴. جهانگیری، ع. ۱۳۸۳. بررسی مقاومت به خشکی در ژنوتیپ‌های نخود کابلی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی دزفول.

۵. فرشادفر، ع.، م. ر. زمانی.، م مطلبی.، ع. ع امام جمعه. ۱۳۸۰. انتخاب برای مقاومت به خشکی در لاین‌های نخود. مجله علوم کشاورزی ایران. (۳۲): ۷۶-۶۵.
۶. سرمدنیا،غ وع. کوچکی. ۱۳۷۱. جنبه‌های فیزیولوژیکی زراعت دیم (ترجمه). چاپ سوم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ص. ۲۳تا ۷۹.
۷. عبدمیشانی،س وج. جعفری شبستری. ۱۳۶۷.ارزیابی ارقام گندم برای مقاومت به خشکی.مجله علوم‌کشاورزی ایران جلد (۱۹). ۴۳-۳۷.
۸. یاقوتی‌پور، آ. ۱۳۸۱. بررسی پایداری ارقام نخود زراعی برای مقاومت به خشکی با استفاده از آمار ناپارامتری. دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه.
9. Baker, R. J. 1994. Breeding methods and selection indices for improved tolerance to biotic and abiotic stresses in cool season food legumes. Euphytica 73: 49-59
10. Blum, A. 1988. Plant Breeding for Stress Environments. CRC press, Boca Raton, FL. pp 38-78
11. Farah, S. M., A. Arar. & D.E. Miller. 1988. Water and the irrigation management of pea, Lentil, faba bean and chickpea crops. In: Summerfield, R. J. (Ed.), World crops: cool season food legumes. Kluwer, the Netherlands.
12. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective Selection Criteria for Assessing Plant Stress Tolerance. In: C.G. Kuo. (eds.), Adaptation of food crops to temperature and water-stress, AVRDC, Shanhua, Taiwan. pp. 257-270.
13. Fischer, R & R. Mourer. 1987. Drought resistant in spring wheat cultivar. I. Grain responses Aust. J. Agric. Rres. 29: 895-97.
14. Gupta, A.K., J. Singh., N. Kaur & R. Singh. 1991. Effect of polyethylene-glycol induced water deficit on germination of chickpea cultivars differing in drought tolerance. Inter. Chick. News. 24: 38-39.
15. ICARDA. 1991. Food Legume Improvement Program: Annual Report 1990. Aleppo, Syria: ICARDA.
16. Jensen, N. F. 1988. Plant Breeding Methodology. Cornell University. New York. John Wiley: 379-380
17. Johnson, C., N.P. Saxena & Y.S. Chauhan. 1989. Drought resistance characteristics for crops. In: Proc. Of international workshop on varietal improvement of chickpea. Pigeonpea and other upland crops in rice in rice-based and other cropping system, 19-23 March 1989, Katmandu, Nepal.
18. Kanouni, H., M.K. Ahmadi., S.H. Sabaghpour., R.S. Malhotra & H. Ketata. 2003. Evaluation of spring sown chickpea varieties for drought tolerance. International chickpea conference. Raipur, Chhattisgrah, India
19. Kristin, A.S., R.R. Serna, F.I. Perez, B.C. Enriquez, J.A.A. Gallegos, P.R. Vallejo, N. Wassimi & J.D. Kelley. 1997. Improving common bean performance under drought stress. Crop Sci. 37: 43-50
20. Quisenberry, J.E. 1982. Breeding for drought resistance and plant water use efficiency. In: M.N. Christiansen and C.P. Lewis. (eds.), Breeding plants for less favorable environments Wiley Intersciences. New York, USA. pp 193-212.
21. Ramirez, V.P. & J.D. Kelly. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. Euphytica 99: 127-136.
22. Rosille, A.A. & J. Hambilin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci. 21: 43-46
23. Saxena, N.P., C. Johnsen, M.C. Saxena & S.N. Silim. 1993. Selection for drought and salinity tolerance in cool-season food legume. In: K.B. Sing and M.C. Saxena (eds.). Breeding for stress tolerance in cool season food legumes. John Wiley and Sons, Chichester. UK. pp 245-270
24. Schneiter, A.A., B.L. Johnson & T.L. Henderson. 1992. Rooting dept and water use of different sunflower phenotypes. Proc. 13th. Int sunflower Conf. Pisa, Italy
25. Sharma, R. A. 1985. Influence of drought stress on the emergence and growth chickpea seedlings. Inter. Chick. News. 12:15-16.
26. Singh, K.B. 1997. Chickpea (*Cicer arietinum* L.). Field Crop. Res. 53: 161-170.
27. Srivastava, J.P., E. Acevedo & S. Varma. 1987. Drought Tolerance in Winter Cereal. John Wiley. Chapter 6: 79-87.