نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۹، شماره ۴ ، سال ۱۳۹۰، ص ۷۴۴-۷۳۵

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 9, No. 4, 2012, p. 735-744

ارزیابی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های سورگوم دانه‌ای با استفاده از شا خص‌های تحمل و حساسیت به خشکی

سید علیرضا بهشتی[۱*]– سیده مطهره سروری[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۳/۲۳

چکیده

ارزیابی ژنوتیپ‌های سورگوم از نظر قابلیت تحمل تنش خشکی در مراحل رشدی و شدت‌های مختلف تنش و واکنش آنها به این دوره‌ها در برنامه‌های اصلاحی این محصول حائز اهمیت است. در این مطالعه تعداد ۱۳ ژنوتیپ سورگوم دانه ای در ایستگاه تحقیقاتی طرق مشهد در سال زراعی ۸۴-۸۳ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار و در ۳ محیط آزمایشی شامل شرایط معمول، تنش در مرحله رشد رویشی و تنش در مرحله رشد زایشی مورد مقایسه قرار گرفتند. گروه بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی با استفاده از روش تجزیه خوشه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. همبستگی مثبت و معنی دار بین عملکرد دانه در شرایط معمول و شرایط تنش در مراحل رشد رویشی و زایشی با شاخص‌های تحمل STI، GMP و MP نشان داد که شاخص‌های مطلوبی برای مطالعه و ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های سورگوم در شرایط تنش خشکی می‌باشند. در خوشه بندی ژنوتیپ ها، ژنوتیپB۲۶ و لاین امید بخشM۲ با توجه به بالا بودن عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش و قرار گرفتن در یک گروه، به‌عنوان مناسب‌ترین ژنوتیپ و لاین شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه خوشه ای، مرحله رشد رویشی، مرحله رشد زایشی

مقدمه

خشکی یک تنش غیر زنده مهم است که اثرات متعددی در سیستم‌های کشاورزی و تولید غذا دارد و بعنوان یکی از مهمترین تنش‌های محدود کننده عملکرد به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌رود. در چنین شرایطی تلاش برای اصلاح گیاهان مقاوم به خشکی اهمیت پیدا می‌کند (۱۳ و ۲۷). تحقیقات فراوانی بر روی خشکی انجام گرفته است اما اصلاح گیاهان برای مقاومت به خشکی به دلیل غیر قابل پیش بینی بودن تنش‌های محیطی پیچیده بوده و میزان تحمل ارقام نیز قابل پیش بینی نیست (۲۵). سورگوم از جمله گیاهان زراعی تابستانه مهم در اقلیم‌های نیمه خشک است که در مقایسه با گیاهان زراعی دیگر تنش خشکی را بهتر تحمل می نماید و شاخص گیاهان زراعی مقاوم به خشکی شناخته شده است. در مطالعه‌ای جایگزینی سورگوم با ذرت تحت شرایط تنش دمایی و رطوبتی مورد آزمایش قرار گرفت و نتایج نشان داد که سورگوم جایگزین بسیار خوبی برای ذرت در محیط‌های تحت تنش رطوبتی و دمایی بوده و از عملکرد قابل قبولی برخوردار است (۱۲). بین ژنوتیپ‌های سورگوم از نظر قابلیت تحمل دوره‌های تنش خشکی و واکنش به این دوره‌ها تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای وجود دارد (۱۱و۱۵). محدودیت رطوبتی در زمان پر شدن دانه‌ها باعث افزایش وابستگی به ذخایر قبل از گرده افشانی در سورگوم و ذرت می‌شود (۲۰). این امر بویژه هنگامی که فتوسنتز جاری تا حدی بر اثر هوای نامساعد یا خسارت آفات و بیماری‌ها و یا تنش‌های غیر زنده محیطی مانند خشکی نتواند پاسخ گوی نیاز دانه‌های در حال رشد باشد، اهمیت دارد (۱۱ و ۱۸). عملکرد دانه، صفت مرکب و پیچیده‌ای است که نتیجه همکاری و مشارکت اجزای عملکرد می‌باشد. اگر چه وراثت پذیری صفاتی همچون عملکرد در شرایط محیط‌های خشک پایین است اما شناخت صفات فیزیولوژیک موثر در عملکرد در این شرایط و سازگاری این صفات در شرایط خشکی عامل موثری در به نژادی و پایداری ارقام می‌باشد (۱۳ و ۲۷). ضرایب همبستگی در تعیین میزان تبیین روابط بین صفات زیاد استفاده می‌شوند (۷، ۱۰ و ۲۲) ولی گاهی ممکن است گمراه کننده باشند، به طوری که همبستگی بالای

۱ – استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
(*– نویسنده مسئول: (Email: Arbeheshti81@yahoo.com
۲– دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه تربیت مدرس

بین دو صفت ممکن است نتیجه اثرات غیر مستقیم صفات دیگر باشد و استفاده از تجزیه همبستگی ساده، به طور کلی روابط بین صفات را نتواند توضیح دهد (۴). یکی از روشهای مقایسه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش استفاده از شاخص‌های مقاومت و همبستگی عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش و شاخص‌های مقاومت می‌باشد (۸، ۱ و ۲۶). شاخص‌های متفاوتی برای ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها در شرایط محیطی مختلف و تعیین تحمل و حساسیت آنها ارائه شده است. روزیل و هامبلین(۲۴) شاخص تحمل (TOL[1]) و شاخص متوسط بهره وری (MP[2]) را معرفی نمودند. مقدار بالای TOL نشانه حساسیت ژنوتیپ به تنش است، بنابراین انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس مقادیر کم TOL است.

فیشر و مائور (۱۷) شاخص حساسیت به تنش (SSI[3]) را پیشنهاد کردند. مقدار کمتر SSI نشان دهنده تغییرات کمتر عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش و بدون تنش می‌باشد. فرناندز (۱۶) شاخص تحمل (STI[4]) را معرفی نمود. ژنوتیپ‌های پایدارتر بر اساس این شاخص دارای مقادیر بالاتر STI هستند. فرناندز (۱۶)، کریستین و همکاران (۱۸) جهت تعیین میزان حساسیت ژنوتیپ‌ها به تنش به دلیل تفاوت شدت تنش خشکی درسال‌های مختلف از میانگین هندسی ژنوتیپ‌ها (GMP[5]) در دو محیط استفاده کردند.

از تجزیه کلاستر به طور گسترده‌ای برای تشریح تنوع ژنتیکی و گروه‌بندی جوامع بر اساس صفات مشابه بکار می‌رود (۲، ۱۹، ۶ و ۳). در تجزیه خوشه افراد داخل یک خوشه بیشترین شباهت و یکنواختی را دارند و بین خوشه‌ها حداکثر تفاوت و غیر یکنواختی وجود دارد. بنابراین اگر گروه بندی موفقیت آمیز باشد اجزاء یا افراد داخل خوشه در صورت ترسیم نمودار از لحاظ ژنتیکی بهم نزدیکترند وخوشه‌های دورتر متفاوترخواهند بود (۱۴، ۵، ۲۳ و ۲۸). هدف از این مطالعه ارزیابی و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی سورگوم دانه‌ای بر اساس شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی و بررسی قرابت و نزدیکی این ژنوتیپها (بر اساس این شاخص ها) در شرایط تنش خشکی در مرحله رشد رویشی و زایشی از طریق تجزیه خوشه‌ای بود.

مواد و روش ها

این تحقیق در ایستگاه تحقیقاتی طرق مشهد واقع در بخش جنوبی مشهد در سال زراعی ۸۴-۸۳ در تاریخ ۸۴/۲/۲۴ بر روی سه لاین امیدبخش M_2, M_5, M_8 استحصالی از آزمایشات اصلاحی در مشهد و سه رقم سورگوم دانه ای داخلی کیمیا، سپیده و پیام به همراه ۷ لاین و رقم دریافتی از مرکز تحقیقات بین‌المللی ایکریسات[6] (جدول۱) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در ۳ تکرار اجرا شد. تعداد خطوط کاشت در هر تیمار ۴ خط به فاصله ۶۰ سانتی متر و بطول ۶ متر بود. در هر کپه ۳ بذر کشت شد و پس از تنک کردن در مرحله ۴ برگی یک بوته باقی ماند. فاصله بوته‌ها روی ردیف ۸ سانتی متر پس از مرحله چهار برگی تنظیم شد. در هر محیط آزمایشی دو ردیف کناری به عنوان اثر حاشیه ای منظور شد و نمونه برداری از بوته‌های رقابت کننده صورت گرفت. در دو محیط تنش و غیرتنش۱۶ صفت مورد ارزیابی قرار گرفت. در محیط غیرتنش به روش معمول آبیاری توسط لوله‌های هیدروفیکس و نصب دریچه خروجی برای هر ردیف صورت پذیرفت و در دو محیط تنش شامل تنش در مرحله رشد رویشی (از مرحله چهار برگی تا آغاز ساقه آبستن[7]) و تنش در مرحلهٔ رشد زایشی (از آغاز گلدهی تا مرحله خمیری سفت)، آبیاری فقط در خارج از مراحل تنش به روال معمول انجام شد. عملیات تهیه زمین به روال معمول ایستگاه تحقیقاتی طرق شامل شخم پاییزه و عملیات ثانویه تهیه بستر در آغاز بهار (دیسک، لولر) صورت پذیرفت. زمین انتخابی در سال قبل از کاشت آیش بود. کاشت به صورت خشکه کاری و آبیاری بصورت نشتی و با استفاده از لوله‌های هیدروفیکس در هر دو محیط تنش صورت گرفت. بمنظور مقایسه میزان آب مصرفی محیط غیر تنش با هر یک از دو محیط تنش در هر مرحله آبیاری میزان آب مصرفی از طریق نصب کنتور اندازه‌گیری و محاسبه شد. مدیریت داشت در همه محیطها یکسان و در تاریخ‌های ۸۴/۳/۲۲، ۸۴/۳/۳۰ و ۸۴/۴/۱۲ علیه آفات شته و اگروتیس مبارزه شد. بمنظور مبارزه با علف‌های هرز در همه محیطها از وجین دستی و مبارزه مکانیکی در طی دوره رشد در سه مرحله استفاده شد. آبیاری سطوح مورد نظر (کشت در شرایط نرمال) به میزان $۴/۸ \times ۱۰^{-۳}$ لیتر در ثانیه به مدت ۷ ساعت با دور آبیاری ۷ تا ۹ روز از کاشت تا سبز و پس از سبز تا شروع مرحله رشد رویشی (ظهور خوشه) و از آغاز تا انتهای مرحله گلدهی با دور آبیاری ۶ تا ۷ روز و پس از آن به روال قبل تا انتهای رسیدن فیزیولوژیک ادامه یافت. در محیط تنش انجام آبیاری در مراحل تنش صورت نگرفت و در بقیه مراحل به روال محیط غیر تنش آبیاری انجام شد. قبل از کاشت مقدار ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم و ۱۰۰کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بر اساس نتایج آزمون مرکب خاک به طور یکنواخت در سطح قطعه آزمایش پخش و با خاک مخلوط شد. کود اوره در مراحل پس از تنک و قبل از آغاز شروع مرحله زایشی (در مرحله ساقه آبستنی) به فاصله ۵ سانتی

1- Tolerance Index
2- Mean productivity
3- Stress Susceptibility Index
4- Stress Tolerance Index
5- Geometric Mean Productivity

6- International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics
7- Booting

متر از پای بوته‌ها و زیر خاک جمعاً به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. یادداشت برداری‌های لازم شامل ثبت مراحل فنولوژیک رشد، ارتفاع گیاه، طول خوشه، ضخامت ساقه، تعداد برگ، تعداد پنجه، تعداد دانه در خوشه، عملکرد بیولوژیک، مساحت برگ پرچمی، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، شاخص برداشت انجام و محاسبه شد. محاسبات آماری شامل تعیین روابط صفات از طریق ضرایب همبستگی ساده و مدل‌های رگرسیونی، با استفاده از نرم افزار آماری SPSS، صورت گرفت. گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی از طریق تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA و با استفاده از معیار فاصله اقلیدسی انجام شد (۲۸). برای برآورد شاخص‌های حساسیت و یا تحمل به خشکی ارقام از روابط پیشنهادی فیشر و مور (۱۷)، رزیل و هامبلین (۲۳) استفاده شد.

$MP=Y_P+Y_S/2$ $GMP=\sqrt{(Y_S)(Y_P)}$ $STI=(Y_P)(Y_S)/\overline{Y}_P^2$ $Tol=Y_P-Y_S$ $SI=1-\overline{Y}_S/\overline{Y}_P$ $SSI=(1-YS/YP)/S1$

در روابط فوق هر یک از اجزا ء به شرح ذیل تعریف شده اند

YP	عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش	SSI	شاخص حساسیت به تنش
YS	عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط تنش	TOL	شاخص تحمل
$\overline{Y}_p$	میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش	MP	متوسط حسابی قابلیت تولید
$\overline{Y}_s$	میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط تنش	STI	شاخص تحمل به تنش
SI	شدت تنش	GMP	متوسط هندسی قابلیت تولید

نتایج و بحث

مقادیر شاخص‌های تحمل و حساسیت و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های سورگوم دانه‌ای مورد بررسی در این مطالعه و در دو محیط تنش در مرحله رویشی (جدول۲) و در مرحله زایشی (جدول۴) محاسبه و ارائه شده است. ژنوتیپ‌های B۲۶، B۱۴۳، سپیده، B۱۴۴ و M۲ بالاترین مقادیر شاخص‌های MP، GMP و STI و ژنوتیپ‌های B۱۴۸،B۳۴، B۱۴۷ و M۵ پایین ترین مقادیر این شاخص‌ها را در شرایط تنش در مرحله رشد رویشی (جدول۲) داشتند. در محیط تنش در مرحله رشد زایشی ژنوتیپ‌های M۲، B۲۶، کیمیا، B۱۴۹، سپیده و M۵ بالاترین مقادیر شاخص‌های MP، GMP و STI و ژنوتیپ‌های B۳۴، M۸، B۱۴۷ و B۱۴۸ پایین ترین مقادیر شاخص‌های تحمل را داشتند (جدول۴). این نتایج نشان داد در هر دو محیط تنش ژنوتیپ هایی که مقادیر بالایی از شاخص‌های تحمل را دارا بودند از عملکرد بالایی در شرایط نرمال و تنش نیز برخوردار بودند (جدول‌های ۲و۴). ژنوتیپ B26 و لاین M2 در هردو محیط تنش در مرحله رشد زایشی و رویشی و در شرایط نرمال عملکرد دانه بالایی داشتند. از نظر شاخص‌های حساسیت (TOL و SSI) در شرایط تنش در مرحله رشد رویشی کمترین مقادیر این شاخص‌ها را ژنوتیپ‌های B۱۴۸، B۱۴۳، B۱۴۷، B۱۴۴، B۲۶ و سپیده به خود اختصاص دادند که به استثناء ژنوتیپ B۱۴۸ بقیه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و نرمال عملکرد بالایی را داشتند (جدول۲). در شرایط تنش در مرحله رشد زایشی نیز ژنوتیپ‌های M۵، M۲، B۱۴۴، B۱۴۷، B۳۴ و B۱۴۸ پایین ترین مقادیر این شاخص‌ها را به خود اختصاص دادند و به استثنای ژنوتیپ‌های B۱۴۸ و B۱۴۷ همه این ژنوتیپ هادر شرایط نرمال و تنش عملکرد بالایی را ارائه دادند (جدول۴). اگر چه پایین بودن مقادیر این شاخص‌های حساسیت برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها مطلوب است اما صرفاً پایین بودن مقادیر شاخص‌های TOL و SSI برای یک ژنوتیپ به منزله مناسب بودن آن جهت انتخاب در شرایط تنش نیست، زیرا ژنوتیپ هایی یافت می‌شوند که علیرغم حساسیت کم در شرایط تنش عملکرد آنها نیز پایین است (۲۳).

شاخص یا شاخص هایی که باعملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش همبستگی بالایی داشته باشند، به عنوان شاخص مطلوب محسوب می شود (۱۶). در این مطالعه همبستگی مثبت و معنی داری بین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط نرمال با عملکرد دانه این ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش در مرحله زایشی (r=۰/۸ و ۰/۰۱ ≥p) وجود داشت (جدول ۵). با توجه به نتا یج ضرایب همبستگی بین شاخص‌ها (جدول ۳و ۵)، شاخص‌های تحمل MP و GMP، STI با عملکرد دانه درشرایط نرمال و هر دو محیط تنش زایشی و رویشی همبستگی معنی داری (۰/۰۱ ≥p) داشتند. بنابراین شاخص‌های مذکور می توانند برای تخمین پایداری عملکرد و همچنین دستیابی به ژنوتیپ هایی با عملکرد بالا درهر دو محیط مورد استفاده قرار گیرند. گزینش شاخص‌های میانگین هندسی و تحمل به تنش با یافته‌های فرناندز (۱۶) مطابقت داشت. همچنین انتخاب شاخص‌های میانگین بهره وری، میانگین هندسی و تحمل به تنش به عنوان مناسب ترین شاخص‌ها در این تحقیق با نتایج سی و سه مرده و همکاران (۲۶) مطابقت داشت. در حالی که شاخص TOL در شرایط رویشی و زایشی همبستگی مثبت و معنی داری با عملکرد در شرایط نرمال داشت. شاخص SSI در شرایط رویشی و زایشی با عملکرد در شرایط تنش همبستگی منفی و معنی داری داشت (جدول‌های ۳ و ۵).

جدول۱- منشائ ژنوتیپ‌های سورگوم دانه ای

شماره ژنوتیپ	نام ژنوتیپ	منشا ژنوتیپ	شماره ژنوتیپ	نام ژنوتیپ	منشا ژنوتیپ
۱	کیمیا	Iran	۸	B۳۴	ICRISAT
۲	B۱۴۸	ICRISAT	۹	**B۱۴۳**	ICRISAT
۳	M۵	Iran	۱۰	B۲۶	ICRISAT
۴	B۱۴۷	ICRISAT*	۱۱	سپیده	Iran
۵	M۸	Iran	۱۲	M۲	Iran
۶	پیام	Iran	۱۳	B۱۴۴	ICRISAT
۷	B۱۴۹	ICRISAT			

جدول۲- شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد دانه (هکتار/کیلوگرم) در محیط تنش در مرحله رشد رویشی ژنوتیپ‌های سورگوم دانه‌ای

ژنوتیپ	YP(kg.ha^{-1})	YS(kg.ha^{-1})	GMP	STI	MP	TOL	SSI
KIMIA	۱۲۳۶۰	۳۲۰۰	۶۲۷۶/۴	۰/۲۹	۷۷۸۰	۹۱۶۰	۱/۰۹
B148	۷۳۶۰	۲۲۲۶/۷	۳۹۹۶/۰۳	۰/۱۲	۴۷۹۳/۳	۵۱۳۳/۳	۱
M5	۱۰۷۶۰	۲۷۳۳/۳	۵۳۹۳/۳	۰/۲۲	۶۷۴۶/۷	۸۰۲۶/۷	۱/۰۹
B147	۷۷۶۰	۴۰۰۰	۵۵۶۵/۴	۰/۲۳	۵۸۸۰	۳۷۶۰	۰/۷۰
M8	۱۱۱۶۰	۲۹۳۳/۳	۵۷۱۳/۵	۰/۲۵	۷۰۴۶/۷	۸۲۲۶/۷	۱/۱
PAYAM	۱۲۴۹۳/۳	۳۰۲۶/۷	۶۱۱۳/۹	۰/۲۸	۷۷۶۰	۹۴۶۶/۷	۱/۱
B149	۱۵۰۲۶/۷	۲۵۳۳/۳	۶۱۵۵/۵	۰/۲۸	۸۷۸۰	۱۲۴۹۳/۳	۱/۲۲
B34	۹۳۰۶/۷	۲۱۳۳/۳	۴۴۳۰/۷	۰/۱۵	۵۷۲۰	۷۱۷۳/۳	۱/۱۳
B143	۱۱۴۶۶/۷	۵۴۶۶/۷	۷۸۶۹/۰۴	۰/۴۶	۸۴۶۶/۷	۶۰۰۰	۰/۷۵
B26	۱۳۴۰۰	۶۴۹۳/۳	۹۳۲۴/۵	۰/۶۵	۹۹۴۶/۷	۶۹۰۶/۷	۰/۷۶
SEPIDEH	۱۳۳۶۰	۴۴۰۰	۷۶۶۷/۰۵	۰/۴۴	۸۸۸۰	۸۹۶۰	۰/۹۹
M2	۱۵۶۰۰	۳۶۶۶/۷	۷۵۳۷/۵	۰/۴۲	۹۶۳۳/۳	۱۱۹۳۳/۳	۱/۱۲
B144	۱۰۶۲۶/۷	۵۴۰۰	۷۵۶۷/۱۲	۰/۴۳	۸۰۱۳/۳	۵۲۲۶/۷	۰/۷۳

جدول۳- ماتریس ضرایب همبستگی ساده بین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد دانه در محیط تنش در مرحله رشد رویشی ژنوتیپ‌های سورگوم دانه ای

شاخصها	Y_P	Y_S	SSI	TOL	MP	STI
Y_S	۰/۱۷^{ns}					
SSI	۰/۴۱**	-۰/۷۹**				
TOL	۰/۸۷**	-۰/۳۲^{ns}	۰/۷۹**			
MP	۰/۹۱**	۰/۵۸**	۰/۰۱^{ns}	۰/۵۹**		
STI	۰/۵۹**	۰/۸۹**	-۰/۴۴**	۰/۱۳^{ns}	۰/۸۷**	
GMP	۰/۶۳**	۰/۸۸**	-۰/۴۱**	۰/۱۸^{ns}	۰/۹۰**	۰/۹۹**

*، ** و ns به ترتیب معنی داری در سطح ۰/۰۵٪، ۰/۰۱٪ و عدم معنی داری

به منظور بررسی قرابت و نزدیکی ژنوتیپ‌ها و گروه بندی آنها بر اساس شاخص‌های حساسیت SSI و TOL و تحمل MP، GMP و STIبه تفکیک در شرایط تنش در مرحله رشد رویشی و زایشی از تجزیه خوشه‌ای استفاده شد. دندروگرام حاصل از این تجزیه کلاستر در شرایط تنش در مرحله رشد رویشی بر اساس شاخص‌های حساسیت SSI و TOL به صورت توام نشان داد که ژنوتیپ‌ها به دو گروه مجزا تعلق داشتند (شکل ۱).

خوشه اول شامل ژنوتیپ‌های B۱۴۹، B۲۶، B۱۴۸، B۳۴، M۸، B۱۴۷، B۱۴۴، M۵، کیمیا، سپیده، پیام و B۱۴۳ بود. این ژنوتیپ‌ها دارای مقادیر متوسط رو به پایینی برای شاخص TOL و SSI بودند، همچنین این ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش در مرحله رشد رویشی عملکرد دانه بالایی را دارا بودند.

جدول٤- شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد دانه (هکتار/کیلوگرم) در محیط تنش در مرحله رشد زایشی ژنوتیپ‌های سورگوم دانه ای

ژنوتیپ	YP(kg.ha^{-1})	YS(kg.ha^{-1})	GMP	STI	MP	TOL	SSI
KIMIA	۱۲۳۶۰	۶۵۳۳/۳	۸۹۳۴/۹	۰/۶۰	۹۴۴۶/۷	۵۸۲۶/۷	۰/۹۶
B148	۷۳۶۰	۴۰۰۰	۵۳۸۴/۳	۰/۲۲	۵۶۸۰	۳۳۶۰	۰/۸۸
M5	۱۰۷۶۰	۷۴۰۰	۸۸۸۲/۲۸	۰/۶۰	۹۰۸۰	۳۳۶۰	۰/۶۵
B147	۷۷۶۰	۴۳۶۰	۵۷۸۶/۶	۰/۲۵	۶۰۶۰	۳۴۰۰	۰/۸۷
M8	۱۱۱۶۰	۴۳۳۳/۳	۶۹۱۳/۱۲	۰/۳۶	۷۷۴۶/۷	۶۸۲۶/۷	۱/۲
PAYAM	۱۲۴۹۳/۳	۵۹۸۶/۷	۸۶۴۵/۸	۰/۵۷	۹۲۴۰	۶۵۰۶/۷	۱/۰۶
B149	۱۵۰۲۶/۷	۵۱۶۰	۸۷۶۹/۲	۰/۵۷	۱۰۰۹۳/۳	۹۸۶۶/۷	۱/۳
B34	۹۳۰۶/۷	۵۰۲۶/۷	۶۸۳۴/۷	۰/۳۵	۷۱۶۶/۷	۴۲۸۰	۰/۹۳
B143	۱۱۴۶۶/۷	۵۱۳۳/۳	۷۶۴۴/۶	۰/۴۴	۸۳۰۰	۶۳۳۳/۳	۱/۱
B26	۱۳۴۰۰	۷۰۲۶/۷	۹۶۹۶/۶	۰/۷	۱۰۲۱۳/۳	۶۳۷۳/۳	۰/۹۷
SEPIDEH	۱۳۳۶۰	۵۷۶۰	۸۷۵۵/۶	۰/۵۷	۹۵۶۰	۷۶۰۰	۱/۱۶
M2	۱۵۶۰۰	۹۴۹۳/۳	۱۲۱۳۰/۱	۱/۱	۱۲۵۴۶/۷	۶۱۰۶/۷	۰/۷۸
B144	۱۰۶۲۶/۷	۶۴۹۳/۳	۸۲۹۰/۷	۰/۵۱	۸۵۶۰	۴۱۳۳/۳	۰/۷۹

جدول۵- ماتریس ضرایب همبستگی ساده بین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد دانه در شرایط تنش در مرحله رشد زایشی ژنوتیپ‌های سورگوم دانه ای

شاخصها	Y_P	Y_S	SSI	TOL	MP	STI
Y_S	۰/۵۱**					
SSI	۰/۴*	-۰/۵۶**				
TOL	۰/۷۹**	-۰/۱۲^{ns}	۰/۸۶**			
MP	۰/۹۳**	۰/۸۰**	۰/۰۴^{ns}	۰/۵۰**		
STI	۰/۸**	۰/۹۱**	-۰/۲^{ns}	۰/۲۷^{ns}	۰/۹۶**	
GMP	۰/۸۴**	۰/۹۰**	-۰/۱۵^{ns}	۰/۳۲*	۰/۹۸**	۰/۹۹**

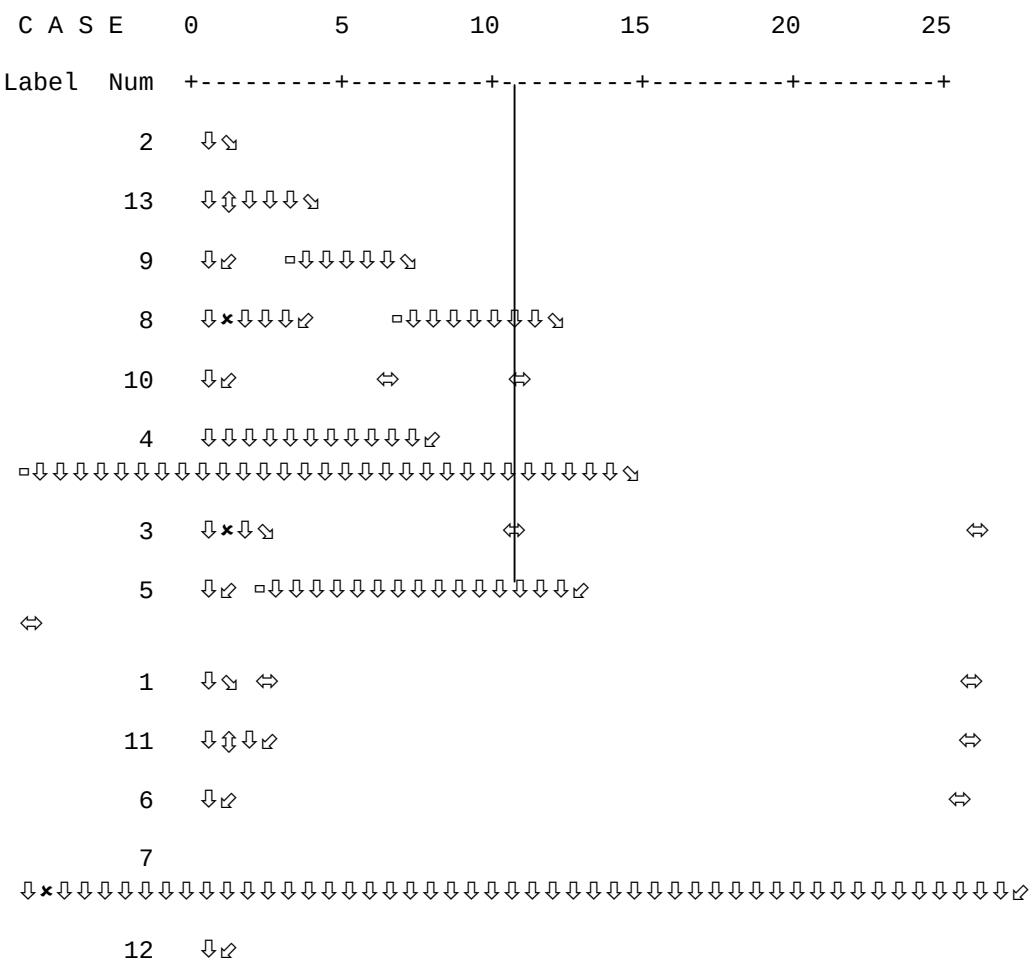
*، ** و ns به ترتیب معنی داری در سطح ۰/۰۵٪، ۰/۰۱٪ و عدم معنی داری

ژنوتیپ‌های B۱۴۸ و B۳۴ با پایین ترین عملکرد در این خوشه مستثنی بودند. رقم B۱۴۹ و لاین امید بخش M۲ ژنوتیپ‌های گروه دوم هستند که ژنوتیپ M۲ عملکرد دانه بالایی را دارد. این ژنوتیپ‌ها مقادیر بالای SSI و TOL را دارا هستند. گروه بندی‌های بدست آمده نشان داد که ژنوتیپ‌های خوشه اول متحمل به خشکی و ژنوتیپ‌های خوشه دوم در این شرایط حساس به خشکی هستند.

دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر بر اساس شاخص‌های MP، GMP و STI در شرایط تنش در مرحله رشد رویشی (شکل ۲) در شرایط رویشی ژنوتیپ‌های مورد بررسی را در سه خوشه مجزا دسته‌بندی نمود.

کلاستر اول شامل ژنوتیپ‌های کیمیا، B۱۴۳، B۱۴۹، سپیده، B۱۴۴ و پیام است که مقادیر متوسط و پایین شاخص‌های تحمل و عملکرد دانه را در شرایط رویشی داشتند. کلاستر دوم فقط شامل ژنوتیپ B۲۶ بود که از نظر شاخص‌های تحمل بیشترین مقدار را داشت. در کلاستر سوم بقیه ژنوتیپ‌ها (B۱۴۸، M۵، M۸، B۱۴۷ و B۳۴) قرار گرفتند و از نظر شاخص‌های مورد نظر و همچنین عملکرد دانه مقادیر پایینی را احراز نمودند.

با دقت در نتایج حاصل از دو دندوگرام در شرایط تنش در مرحله رشد رویشی مشخص می‌شود که ژنوتیپ‌های دسته بندی شده بر اساس شاخص‌های پایین حساسیت تقریباً با دسته بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌های بالای تحمل یکسان است، پس با بررسی ژنوتیپ‌های گروه‌های حاصل از کلاستربندی توسط شاخص‌های تحمل MP، GMP و STI و گروه‌های حاصل از گروه‌بندی بر اساس شاخص‌های حساسیت SSI و TOL در فواصل مساوی، می‌توان ژنوتیپ‌های دارای تحمل به خشکی را از سایر ژنوتیپ‌های حساس جدا نمود.



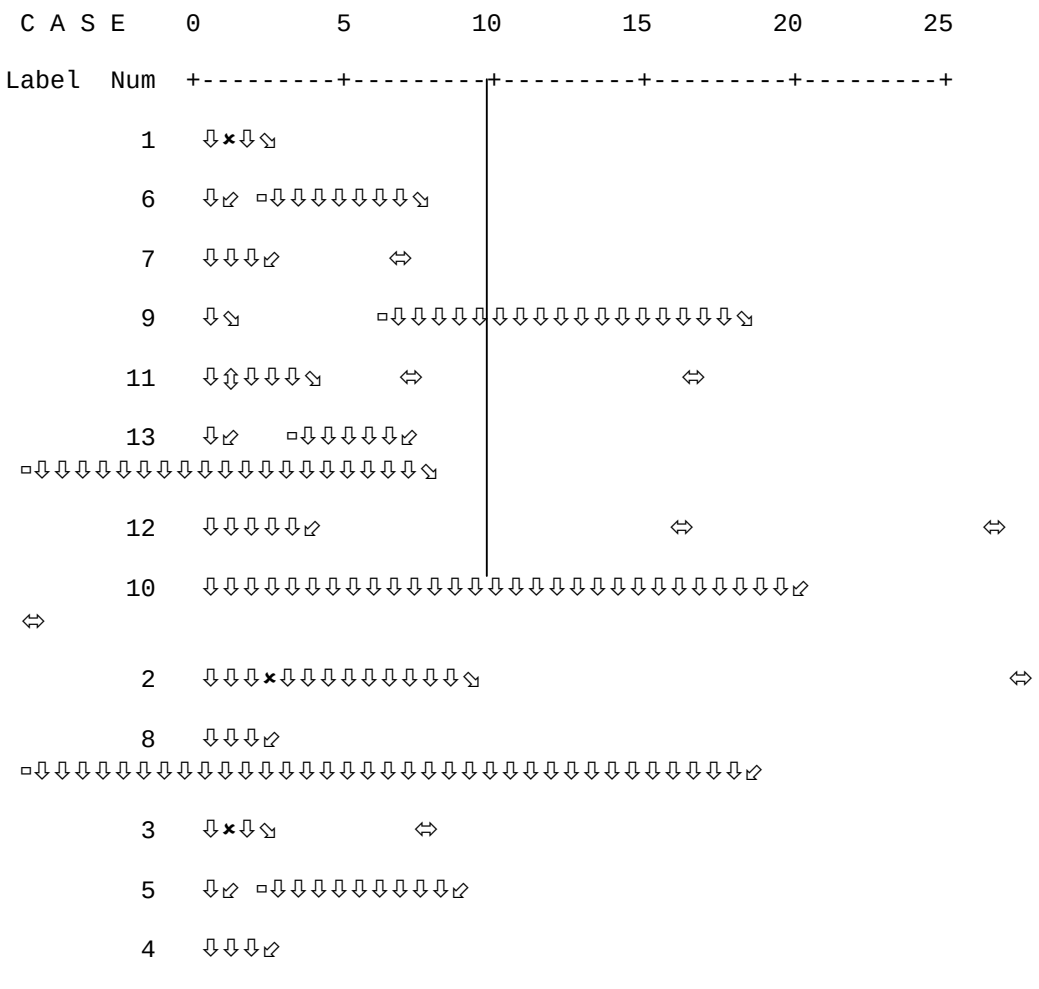
شکل۱- خوشه بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌های TOL و SSI در شرایط تنش در مرحله رشد رویشی ژنوتیپ‌های سورگوم دانه ای

دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر در شرایط تنش در مرحله رشد زایشی بر اساس شاخصهای SSI و TOL (شکل ۳) نشان داد که ژنوتیپ‌ها به سه خوشه مجزا تعلق داشتند.

خوشه اول شامل ژنوتیپ‌های B۱۴۸ ،B۱۴۷، B۳۴، B۱۴۴ و M۵ بود که از نظر شاخص‌های SSI و TOL مقادیر متوسطی رو به بالایی را دارند. گروه بعدی در برگیرنده ژنوتیپ‌های کیمیا، پیام، سپیده، M۲، B۱۴۳، B۱۴۹، M۸ و B۲۶ بود که این ژنوتیپ‌ها از مقادیر پایین این شاخص‌ها برخوردار بودند و از نظر عملکرد در این شرایط تنش به غیر از ژنوتیپ M۸، ژنوتیپ‌های B۱۴۸ و B۱۴۷ عملکرد بالایی را داشتند. ژنوتیپ B۱۴۹ به تنهایی در یک گروه قرار گرفت و این ژنوتیپ بالاترین مقدار شاخص‌های حساسیت را دارا بود و می‌توان این ژنوتیپ را بر اساس شاخص‌های حساسیت به عنوان ژنوتیپی با حساسیت بالا در چنین شرایطی از تنش یاد کرد.

دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر بر اساس شاخص‌های MP، GMP و STI در شرایط تنش در مرحله رشد زایشی (شکل ۴) نشان داد که ارقام متحمل و حساس را در این مرحله رشدی در صورت وقوع تنش خشکی به خوبی از یکدیگر به چهار خوشه متمایز می‌نماید.

ژنوتیپ‌های گروه اول شامل کیمیا، سپیده، M۵، پیام، B۲۶ و B۱۴۹ می‌باشد، این ژنوتیپ‌ها از نظر هر سه شاخص در مرحله رشد زایشی مقدار بالا تا متوسطی را دارند. خوشه دوم ژنوتیپ‌های B۳۴، B۱۴۳، B۱۴۴ و M۸ را در بر می‌گیرد که این ژنوتیپ‌ها از نظر شاخص‌های مورد نظر در حد بالایی قرار دارند. خوشه سوم در بر گیرنده ژنوتیپ‌های B۱۴۸ و B۱۴۷ می‌باشد که کمترین مقادیر شاخص‌ها و عملکرد را در این شرایط به خود اختصاص می‌دهند. تنها ژنوتیپ خوشه چهارم M۲ است که بالاترین مقادیر شاخص‌های تحمل را به خود اختصاص داد.

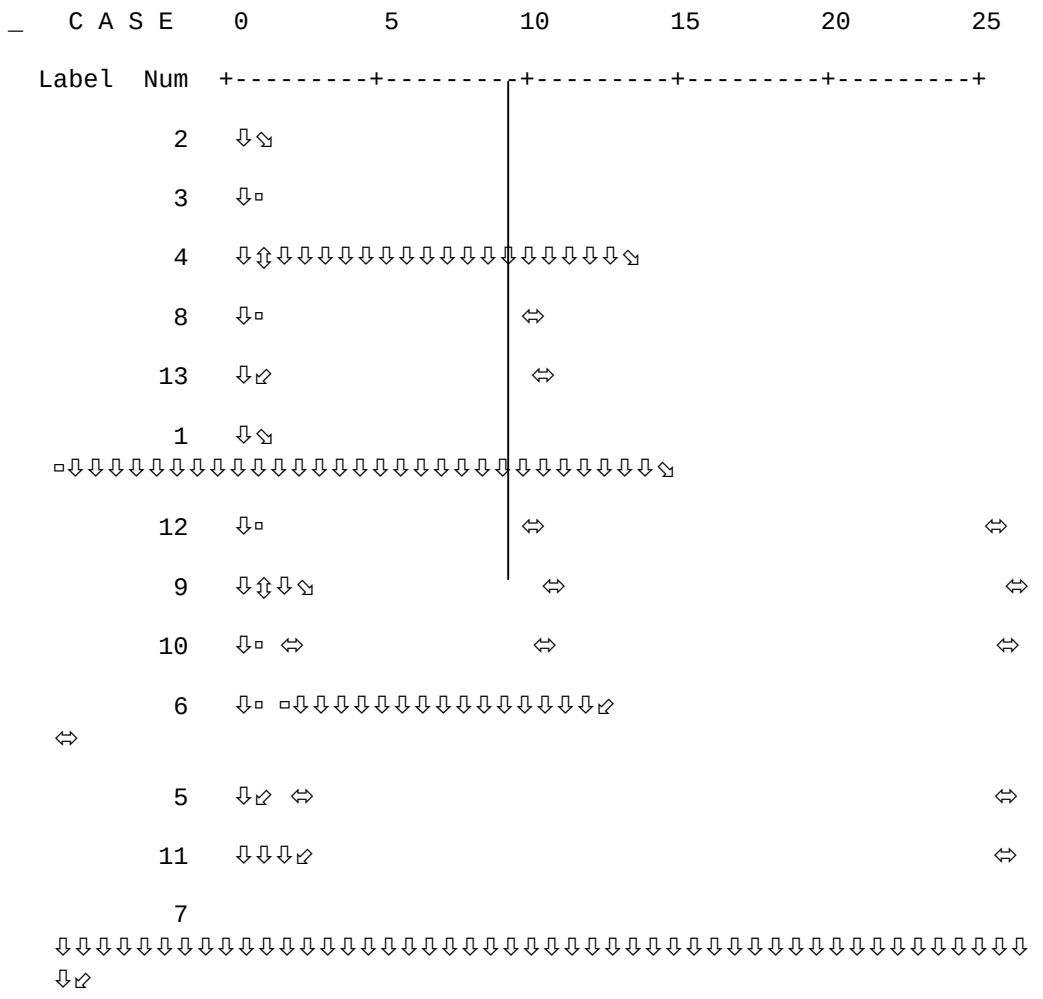


شکل۲- خوشه بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌های MP، GMP و STI در شرایط تنش در مرحله رشد رویشی ژنوتیپ‌های سورگوم دانه ای

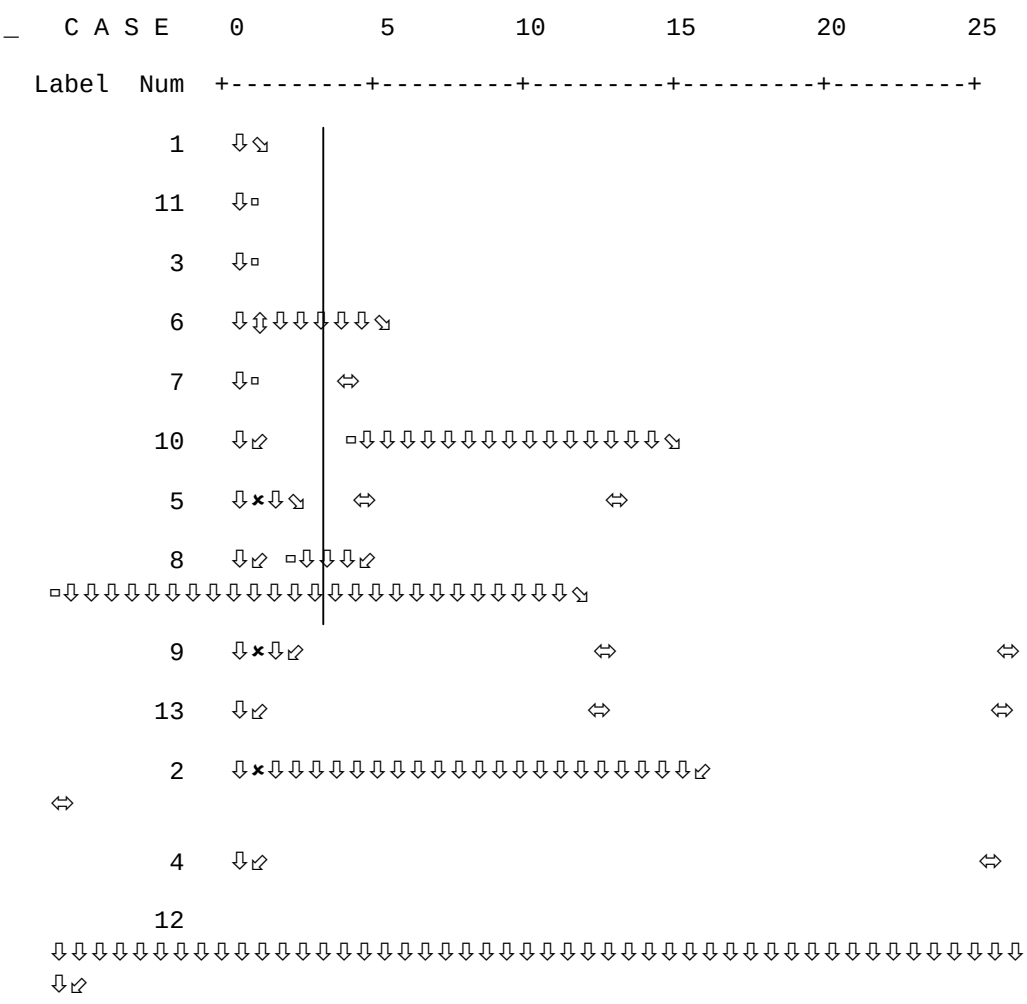
با مقایسه گروه بندی ژنوتیپ‌ها در شرایط رویشی و زایشی مشاهده می‌شود که ژنوتیپ هایی که دارای بیشترین مقادیر شاخص‌های MP، GMP و STI هستند از نظر شاخص‌های حساسیت SSI و TOL کمترین مقادیر را دارا بودند. با مقایسه گروه بندی ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط از نظر شاخص‌های حساسیت و تحمل ژنوتیپ B۲۶ و لاین امید بخش M۲ ژنوتیپ‌های هستند که به عنوان ژنوتیپ‌های مشترک در گروه بندی شاخص‌های تحمل می‌باشند که از نظر عملکرد دانه در شرایط تنش و نرمال از عملکرد بالایی برخوردار هستند. جمع بندی نتایج حاصل از شرایط تنش و بدون تنش و بررسی همبستگی شاخص‌ها با عملکرد دانه در دو شرایط نرمال و تنش در این پژوهش نشان داد که شاخص‌های MP، GMP و STI به دلیل همبستگی مثبت و بالایی که با عملکرد دانه داشتند به عنوان شاخص‌های مطلوب برای گزینش و تعیین ارقام متحمل به تنش می‌باشند و این شاخص‌ها معیاری مناسب برای شناسایی ژنوتیپ‌های پر محصول و متحمل به خشکی برای شرایط تنش می باشند. شفازاده و همکاران (۴) نیز شاخص‌های ذکر شده را به واسطه دارا بودن همبستگی مثبت معنی دار با عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی پس از مرحله گل دهی به عنوان معیارهای مناسب برای شناسایی ژنوتیپ‌های پر محصول و متحمل به خشکی معرفی کردند. همبستگی مثبت و معنی داری بین عملکرد دانه در شرایط نرمال و شرایط تنش در مراحل رشد رویشی و زایشی با شاخص‌های تحمل و حساسیت وجود داشت. ژنوتیپ‌ها بسته به اینکه در چه مرحله رشدی با محدودیت رطوبتی و تنش خشکی مواجه شدند در خوشه‌های

جداگانه و متفاوتی گروه بندی شدند. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این مطالعه ژنوتیپ B۲۶ و لاین امید بخش M۲ ضمن داشتن عملکرد زیادتر در شرایط معمول و شرایط تنش در مرحله رشد رویشی و زایشی مقادیر بالایی را برای شاخص‌های تحمل (STI, MP و GMP) و مقادیر پایینی برای دو شاخص حساسیت (TOL و SSI) نشان دادند. لذا این دو ژنوتیپ می‌توانند ژنوتیپ‌های مطلوب در شرایط تنش خشکی باشند. بدیهی است تکرار آزمایش در شرایط محیطی متفاوت برای ارزیابی دقیق تر ژنوتیپ‌ها لازم و ضروری می‌باشد.

بر اساس نتایج بدست آمده از این مطالعه و در یک جمع بندی کلی بنظر می رسد در صورت مواجهه با شرایط محدودیت رطوبتی در طول دوره رشد سورگوم (یکی از مراحل فنولوژیک رشد) که با توجه به شرایط خشک ونیمه خشک اقلیمی در کشور در سالهای مکرر این امر حادث شده و دور از انتظار نیست، ارزیابی تنوع موجود و وجود اختلافات ژنتیکی مرتبط با عملکرد در ژنوتیپ‌های سورگوم وشناخت عکس العمل و واکنش این ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش رطوبتی گامی موثر در برنامه‌های بهبود ژنتیکی عملکرد و اصلاح این محصول می‌تواند باشد. این بررسی حاکی از تنوع و وجود اختلافات ژنتیکی در بین ژنوتیپ‌های سورگوم دانه‌ای مرتبط با شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی بود.



شکل ۳- خوشه بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص TOL و SSI در شرایط تنش در مرحله رشد زایشی ژنوتیپ‌های سورگوم دانه ای



شکل٤- خوشه بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص MP، GMP و STI در شرایط تنش در مرحله رشد زایشی ژنوتیپ‌های سورگوم دانه ای

منابع

۱- احمدی، ع، م.، سعیدی و ع.ع.، زالی. ۱۳۸۴. مقاومت به خشکی و رابطه آن با عملکرد، سطح برگ و سرعت رشد در مرحله زایشی تعدادی از ژنوتیپ‌های گندم نان با زمینه متفاوت به نژادی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی (ویژه نامه زراعت و اصلاح نباتات). ۱۲: ۸۲-۹۰.

۲- بهشتی، ع.ر.، و ز. بارویی. ۱۳۸۹. خصوصیات مورفوفیزیولوژیک مرتبط با عملکرد ژنوتیپ‌های سورگوم دانه ای در شرایط تنش رطوبتی. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۷. ۵۵۹

۳- رضوانی خورشیدی، ع.، ک. کاظمی تبار و ع. کیانوش. ۱۳۸۱. بررسی تنوع ژنتیکی ارقام مختلف سویا از نظر اسیدهای چرب و پروتئین دانه. مجله کشاورزی. ۴(۲): ۳۵-۴۸.

۴- شفازاده، م.ک.، ا. یزدان سپاس، ا. امینی و م.ر. قنادها. ۱۳۸۳. بررسی تحمل به تنش خشکی آخر فصل در ژنوتیپ‌های امید بخش گندم زمستانه و بینابین با استفاده از شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش. مجله نهال و بذر. ۲۰(۱): ۵۷-۷۱.

۵- گل آبادی، م.، ا. آرزین و س.ا.م. میر محمودی میبدی. ۱۳۸۵. ارزیابی تحمل به خشکی در جمعیت‌های پراکنده گندم دروم. مجله کشاورزی. ۱: ۱۶۲- ۱۷۱.

۶- نارویی راد، م.ع.، ح. کاظمی، ر. اصغری و ب. علی زاده. ۱۳۸۷. بررسی اثر کم آبیاری بر عملکرد ۷ رقم سورگوم دانه‌ای با استفاده از شاخص‌های

تحمل به تنش. مجله پژوهش و سازندگی. ۲۱: ۱۵۹-۱۶۴.

7- Adams, P.D., and D.B. Weaver. 1998. Brachytic stem traits, row spacing and plant population effects on soybean yield. Crop Sci. 38: 750-755.

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

9- Ali, N., Javadifar, F., Yazdi Elmira, J., and Mirza, M.Y. 2003. Relationship among yield components and selection criteria for yield improvement in winter rapeseed (Brassica napus L.). Pakistan J. Bot. 35(2): 167-174.

10- Amarantath, K.C., S.R. Viswantaha, and B.C. Chemnna Keshabera. 1990. Phenotypic and genotypic correlation coefficient analysis for some quantitative characters in soybean. Mysor J. Agric. Sci. 24(3): 445-449.

11- Beheshti, A.R., and BehboodiFard, B. 2010. Dry matter accumulation and remobilization in grain sorghum genotypes (Sorghum biccolor Ll. Moench) under drought stress. Australian journal of Crop Science. AJCS 4(3): 185- 189.

12- Berenguer, M.J., and J.M. Faci. 2001. Sorghum (Sorghum bicolor L. Moench) yield compensation processes under different plant densities and variable water supply. European Journal of Agronomy .15:43-55.

13- Blum, A., and A. Ebercon. 1976. Genotypic response in sorghum to drought stress.III. Free praline accumulation and drought resistance. Crop Sci. 16:428-431.

14- Brown-Guedira, G.L., J.A. Thompson, R.L. Nelson, and M.L. Warburton. 2000. Evaluation of genetic diversity of soybean introductions and North American ancestors using RAPD and SSR markers. Crop Sci 40:815-823.

15- Craufurda, P.Q., and J.M. Peacock. 1993. Effect of heat and drought stress on sorghum (Sorghum bicolor). II. Grain yield .http://journals. cambridge.org.

16- Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. PP. 257-270. In: C.G. Kuo.(eds), Adaptation of Food Crops to Temperature and Water-Stress. AVRDC, Shanhua, Taiwan.

17- Fischer, R., and R. Mourer. 1987. Drought resistant in spring wheat cultivar. I. Grain responses. Australion. J. Agric. Res. 29:897-912.

18- Kristin, A.S., R.R. Serna, F.I. Perez, B.C. Enriquez, J.A.A. Gallegos, P.R. Vallejo, N. Wassimi, and J.D. Kelley. 1997. Improving common bean performance under drought stress. Crop Sci. 37: 43-50.

19- Gambin, B.L., and L. Borras. 2007. Plasticity of sorghum kernel weight to increased assimilate availability. Field Crops Res. 100:272-284.

20- Hair, J.R., J.F. Anderson, R.E. Tatham, and W.C. Black. 1995. Multivariate Data Analysis with Readings (4th edition 1995). Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

21- Kiniry, J.R., and C.R. Tischler. 1992. Nonstructural Carbohydrate Utilization by sorghum and maize shaded during grain growth. Crop Sci 32:131-137 .

22- Kumar, J., H. Singh, T. Singh, D.S. Tonk, and R. Lal. 2002. Correlation and path coefficient analysis of yield and its component in summer mungbean (vigna radiate L. Wilczek). Crop Res. 24: 374-377.

23- Melchinger, A.E. 1993. Use of RFLP markers for analysis of genetic relationship among breeding materials and prediction of hybrid performance. p. 621–628. In: D.R. Buxton et al. (ed.) International .crop science I. CSSA, Madison, WI.

24- Rosile, A.T., and K.W. Hamlolin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci. 21: 943-46.

25- Royo, c., and R. Blanco. 1999. Use of potassium iodide to mimic drought stress in triticale .Field Crops Res. 59,201-212.

26- Sio-semardeh, A., A. Ahmadi, K. Poostini, and V. Mohammadi. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental condition. Field Crops Res. 98: 222-229.

27- Smith, C.W., and R.A. Fredriksen. 2000. Sorghum: Origin, History, Technology and Production. John Wiley & sons, Inc.

28- Thompson, J.A., and R.L. Nelson. 1998. Utilization of diverse germplasm for soybean yield improvement. Crop Sci. 38:1362-1368.