

ارزیابی تنوع ژنتیکی برای تحمل خشکی در قلمه‌های گل محمدی (*Rosa damascena* Mill.) با استفاده از تجزیه‌های چند متغیره

سیدرضا طبائی عقدائی^۱ و محمد بابائی^۲

چکیده

در این مطالعه تحمل در برابر خشکی ژنوتیپهای گل محمدی مناطق مختلف کشور، در مزرعه آزمایشی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع در سالهای ۱۳۸۰-۱۳۸۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. وضعیت رشدی قلمه‌های ریشه‌دار شده ۳۰ ژنوتیپ پس از گذراندن ۲۱ روز قطع آب، در محیط بازیافت، با استفاده از روشهای آماری چند متغیره ارزیابی شد. صفات اندازه‌گیری شده شامل تعداد شاخه‌های درحال رشد، تعداد برگ و برگچه، سطح برگچه، طول بلندترین شاخه و شادابی بودند. روشهای رگرسیون چند متغیره خطی، تجزیه علیت، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه خوشه‌ای جهت ارزیابی داده‌ها بکار گرفته شدند. نتایج تجزیه رگرسیون نشان داد که تاثیر سه صفت شادابی، تعداد برگچه، و سطح برگچه بر زنده‌مانی نهالها، معنی‌دار بوده و مدل رگرسیون خطی این ارتباط را به خوبی نشان داد. تجزیه علیت نشان داد که بیشترین اثر مستقیم و مثبت بر زنده‌مانی مربوط به تعداد برگچه و کمترین اثر مستقیم مربوط به سطح برگچه و در جهت منفی بود. اثر مستقیم شادابی بر زنده‌مانی نیز منفی، اما میزان این تاثیر به نسبت زیاد بود. همچنین شادابی تاثیر زیادی بر زنده‌مانی از طریق تعداد برگچه (در جهت مثبت) و سطح برگچه (در جهت منفی) نشان داد. تجزیه مؤلفه‌های اصلی نشان داد که سه مؤلفه اول، بیش از ۸۲ درصد تغییرات بین ژنوتیپها را تبیین می‌کنند.

۱ - عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع - بخش تحقیقات ژنتیک و فیزیولوژی

۲ - عضو هیأت علمی مرکز آموزش عالی امام خمینی(ره)

بزرگترین ضریب ویژه برای صفت زنده‌مانی متعلق به مؤلفه دوم بود، که بر اساس ژنوتیپ ۸۸B مناسبترین انتخاب برای صفت زنده‌مانی می‌باشد. تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپها را در ۷ گروه قرار داد. بنابراین با تلاقی ژنوتیپهای گروه اول با هفتمین گروه، بیشترین تنوع از نظر صفات مورد مطالعه تحت تنش خشکی حاصل خواهد شد. واژه‌های کلیدی: گل محمدی (*Rosa damascena*)، تنوع ژنتیکی، تحمل خشکی، رگرسیون چند متغیره، تجزیه علیت، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تجزیه خوشه‌ای

مقدمه

کم آبی در ایران همواره یکی از مهمترین مسایل در امر کشاورزی بوده و هر گونه تحقیق در زمینه واکنش و مقاومت گیاه در برابر خشکی و کم آبی، حایز اهمیت خواهد بود. مطالعات زیادی نشان داده‌اند که واکنش ژنوتیپهای مختلف گیاهی در برابر کمبود رطوبت متفاوت است (Done و همکاران، ۱۹۸۴؛ Wright و همکاران، ۱۹۸۳؛ طبائی عقدائی، ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹). مقابله با خشکی از شروع جوانه‌زنی تا دوره بلوغ در گیاهان سازش یافته انجام می‌گیرد. گیاهان با توجه به اینکه در چه مرحله‌ای از رشد در معرض خشکی قرار گیرند، واکنش متفاوتی به کمبود آب نشان می‌دهند (Hsiao و همکاران، ۱۹۷۶) و اولین واکنش گیاهان در برابر تنش رطوبتی کاهش رشد رویشی می‌باشد (Bradford و Hsiao، ۱۹۸۲). مطالعات انجام شده درباره آثار تنش خشکی بر گیاه حاکی از بحرانی بودن کمبود آب در مرحله رشد سبزینه‌ای می‌باشد و قرار گرفتن بعضی از گونه‌های گیاهی تحت تنش آبی در مرحله گیاهچه‌ای، کاهش قابل ملاحظه‌ای در محصول نهایی به دنبال خواهد داشت (Palo و Sarren، ۱۹۸۱). براساس بعضی از بررسیها محدودیت آبیاری قبل از رشد میوه باعث کاهش رشد رویشی بدون کاهش عملکرد خواهد شد (Chalmers و همکاران، ۱۹۸۴). کمبود آب سبب کاهش ارتفاع گیاه می‌شود، حال آنکه در شرایط رطوبت کافی، گیاه ارتفاع معمول

را خواهد داشت. بررسیها نشان داده‌اند که تنش آبی در مرحله رویشی و رشد سبزینه‌ای تا مرحله ظهور گل، با تأثیر منفی بر رشد و نمو مورفولوژیکی گیاه، معمولاً باعث کاهش سطح برگچه، طول ساقه و وزن خشک گیاه می‌شود (Oosterhuis و Cartwright, ۱۹۸۳). امکان بهبود عملکرد بر اساس اصلاح اجزای مورفولوژیکی گیاهان نیز پیشنهاد شده است. (Schneider و همکاران، ۱۹۹۲). Jones و Connor (۱۹۸۵) به اهمیت مساحت برگچه بر عملکرد گیاه در شرایط تنش آبی پی بردند، Joliff و Cox (۱۹۸۶) نیز شاخص سطح برگ را حساسترین خصوصیت مرحله رویشی گیاه در برابر تنش خشکی دانسته‌اند. کاهش دوره رویشی (Gomez و همکاران، ۱۹۹۱)، کم شدن رشد ساقه و ارتفاع گیاه (Shimaji و Nagano، ۱۹۷۶) و کاهش تعداد برگ (جعفرزاده کنارسری و پوستینی، ۱۳۷۷) نیز در اثر خشکی گزارش شده است. عملکرد گل، میوه و یا دانه از مهمترین صفات گونه‌های دارویی و معطر، باغی و یا زراعی به شمار می‌آید. از طرفی ارزیابی این خصوصیت مستلزم صرف زمان، شرایط خاص و هزینه نسبتاً زیاد می‌باشد، بنابراین، خصوصیتی که با آن همبستگی بالایی دارند و در ضمن اندازه‌گیری آنها با راحتی بیشتر، هزینه کمتر و در گستره زمانی و مکانی بیشتری قابل انجام است، به عنوان معیارهای گزینش برای انتخاب ژنوتیپهای متحمل به خشکی و دارای عملکرد نسبی بالا در شرایط خشک، دارای اهمیت هستند. مطالعات همبستگی، استفاده از تجزیه به عاملها و تجزیه علیت به عنوان روشهای آماری چند متغیره، بررسی ارتباط بین صفات مورفولوژیکی و اجزای رشد، و نقش و سهم هر یک را در میزان تحمل ژنوتیپهای تحت تنش، امکان پذیر می‌سازد. مطالعات متعددی درباره همبستگی بین صفات، تجزیه به عاملها و تجزیه علیت در گیاهان مختلف انجام گرفته‌اند (Dofing و Knight، ۱۹۹۲؛ Zhao و همکاران ۱۹۹۱؛ Alvarez و همکاران، ۱۹۹۲).

هدف از این پژوهش مطالعه و شناسایی صفات مؤثر در تحمل به تنش و تعیین

الگوهای مورفولوژیکی مؤثر در رشد و ساختار گل محمدی در شرایط تنش خشکی از طریق تجزیه‌های چند متغیره به‌منظور استفاده از آنها در برنامه‌های اصلاحی و به نژادی است.

مواد و روشها

این آزمایش با استفاده از ۳۰ ژنوتیپ گل محمدی جمع‌آوری شده از مناطق مختلف کشور که در مزرعه آزمایشی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کاشته شده بودند، اجرا شد. برای این منظور در اسفند سال ۱۳۷۹ قلمه زنی در مخلوطی از شن و ماسه ریز در گلدانهای پلاستیکی با قطر ۲۰ سانتیمتر و به تعداد ۱۰ قلمه در هر گلدان، انجام گرفت. قلمه‌ها پس از کاشت به‌طور یکسان آبیاری شدند. ۳ هفته پس از کاشت با قطع آبیاری به مدت ۲۱ روز، قلمه‌ها تحت تنش خشکی قرار گرفتند، و بعد آبیاری قلمه‌ها از سر گرفته شد. پس از ثبت وضعیت ریشه‌زایی، قلمه‌های ریشه‌دار شده به گلدانهای با قطر ۲۰ سانتیمتر و حاوی مخلوط ماسه، رس، کود حیوانی و شلتوک برنج انتقال یافته و با آبیاری آنها امکان بازیابی پس از گذراندن تنش خشکی برای کلیه ژنوتیپهای تحت آزمایش فراهم آمد. وضعیت رشد ژنوتیپهای مختلف با اندازه‌گیری برخی صفات مرتبط با رشد گیاهچه‌ها شامل تعداد شاخه‌های در حال رشد، تعداد برگ و برگچه، مساحت برگچه (برآورد شده از طول و عرض برگچه با استفاده از خط کش و پلانیمتر)، طول بلندترین شاخه و شادابی، مورد ارزیابی قرار گرفتند.

جهت تعیین صفات مؤثر بر زنده‌مانی، از تجزیه رگرسیون استفاده شد که در آن زنده‌مانی به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند. این تجزیه و تحلیل با روش رگرسیون چند متغیره خطی^۱ انجام شد. جهت تعیین اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات مؤثر بر زنده‌مانی، متغیرهایی که در مدل

رگرسیون قرار گرفته بودند، از طریق تجزیه علیت^۱ وارد تجزیه و تحلیل شدند. همچنین تجزیه به مؤلفه‌های اصلی^۲ جهت تبیین مؤلفه‌های مؤثر در تنوع موجود در ژنوتیپها از نظر صفات مورد مطالعه، انجام شد. در نهایت برای دسته بندی ژنوتیپها و پی بردن به فاصله ژنتیکی آنها از نظر صفات مورد بررسی، تجزیه خوشه‌ای انجام گرفت. تجزیه‌های فوق موارد ۱، ۳ و ۴ با نرم افزار SPSS انجام گرفت.

نتایج

رگرسیون چند متغیره خطی

نتایج بدست آمده از این تجزیه نشان داد که زنده‌مانی تابعی از تعداد برگچه، شادابی و سطح برگچه است که در آن تعداد برگچه اثر مستقیم و شادابی و سطح برگچه اثر معکوس بر زنده‌مانی داشتند. مدل خطی بدست آمده به صورت $Y = 1.002 + 0.001X1 - 0.0079X2 - 0.0074X3$ است که در آن $X1$ ، $X2$ و $X3$ به ترتیب نشان دهنده زنده‌مانی، تعداد برگچه، شادابی و سطح برگچه می‌باشند. تجزیه علیت برای انجام تجزیه علیت از صفاتی که در مدل رگرسیونی اثر معنی‌دار بر زنده‌مانی داشتند و باقی مانده بودند استفاده گردید. به این منظور ابتدا همبستگی دو به دو بین آنها به روش پیرسون بدست آمد، نتایج این تجزیه در جدول شماره ۱ آمده است.

جدول شماره ۱ - نتایج همبستگی دو به دو بین صفات مؤثر در تجزیه رگرسیون

صفات	سطح برگچه	شادابی	تعداد برگچه	زنده مانی
سطح برگچه	۱	+۰/۴۰۲	+۰/۵۲۲	-۰/۴۴۴
شادابی	-	۱	+۰/۷۴	-۰/۴۱۴
تعداد برگچه	-	-	۱	+۰/۲۶۶ ^{NS}

** و * NS به ترتیب عبارتند از: معنی‌دار در سطح ۱ درصد، معنی‌دار در سطح ۵ درصد و عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد.

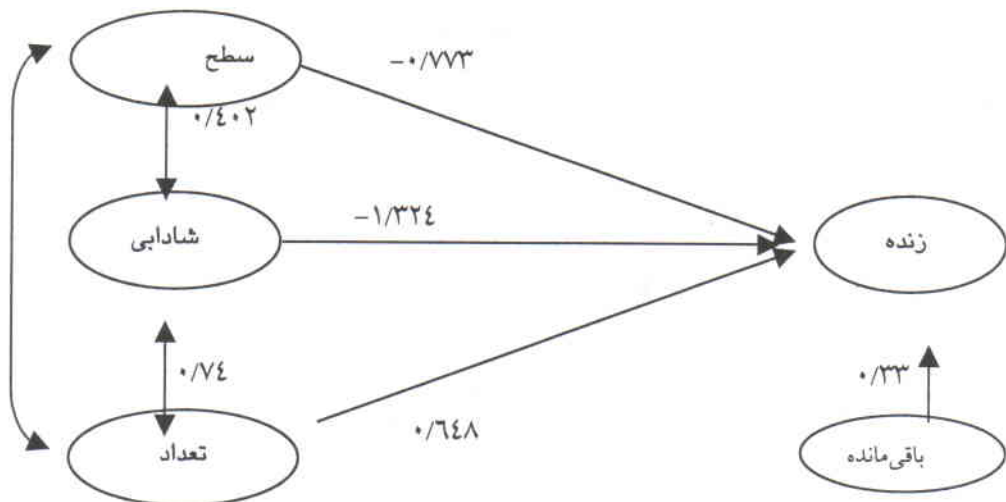
1 - Path analysis

2 - Principal components analysis (PCA)

براساس همبستگی‌های دو به دو صفات باقی مانده در مدل رگرسیون خطی، تجزیه علیت انجام شد. صفات شادابی و تعداد برگچه به ترتیب بیشترین و کمترین اثر مستقیم را بر زنده‌مانی داشتند. میزان اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات بر زنده‌مانی در جدول شماره ۲ و دیاگرام این تجزیه در شکل شماره ۱ آمده است.

جدول شماره ۲ - اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات سطح برگچه، شادابی و تعداد برگچه بر زنده‌مانی قلمه‌ها

جمع اثرات غیر مستقیم	اثر غیر مستقیم از طریق			اثر مستقیم	صفت
	تعداد برگچه	شادابی	سطح برگچه		
۰/۳۲۸	۰/۸۶	-۰/۵۳۲	-	-۰/۷۷۳	سطح برگچه
۰/۹۰۸	۱/۲۱۹	-	-۱/۳۱۱	-۱/۳۲۴	شادابی
-۱/۳۸۴	-	-۰/۹۸	-۰/۴۰۴	۱/۶۴۸	تعداد برگچه
اثر باقیمانده = ۰/۳۳					



شکل شماره ۱ - دیاگرام تجزیه علیت اثرات سطح برگچه، شادابی و تعداد برگچه بر زنده‌مانی

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

در این تجزیه مشخص شد که سه مؤلفه اصلی $82/73$ درصد از تغییرات ژنوتیپها را تبیین می‌کنند. اثر هر مؤلفه در تنوع جامعه در جدول شماره ۳ آمده است.

جدول شماره ۳ - تأثیر هر مؤلفه در واریانس ژنوتیپها

مؤلفه	درصد نسبی واریانس	درصد تجمعی واریانس
اول	۵۲/۳۲۵	۵۲/۳۲۵
دوم	۱۶/۲۵۴	۶۸/۵۸۰
سوم	۱۴/۱۵۱	۸۲/۷۳۱

همچنین ضرایب ویژه سه مؤلفه اول برای هر صفت در جدول شماره ۴ درج شده است.

جدول شماره ۴. ضرایب ویژه سه مؤلفه اول برای صفات مورد بررسی

صفات	اول	مؤلفه دوم	سوم
تعدادشاخه	۰/۴۲۶	۰/۵۷۰	۰/۵۲۷
تعداد برگ	۰/۸۵۸	۰/۳۷۳	-۰/۲۸۸
طول بلندترین شاخه	۰/۸۱۱	۰/۰۰۳	-۰/۲۳۸
طول برگچه	۰/۸۷۵	-۰/۳۵۸	۰/۱۷۱
عرض برگچه	۰/۸۵۸	-۰/۴۳۱	۰/۱۶۱
سطح برگچه	۰/۸۷۸	-۰/۴۰۵	۰/۱۶۸
تعداد برگچه	۰/۸۴۳	۰/۴۱۲	-۰/۳۸۴
شادابی	۰/۶۷۱	۰/۲۱۹	-۰/۴۴۸
زنده مانی	-۰/۲۷۶	۰/۵۹۸	-۰/۰۰۶

مقادیر مؤلفه‌های اصلی برای هر ژنوتیپ مورد بررسی نیز در جدول شماره ۵ آمده

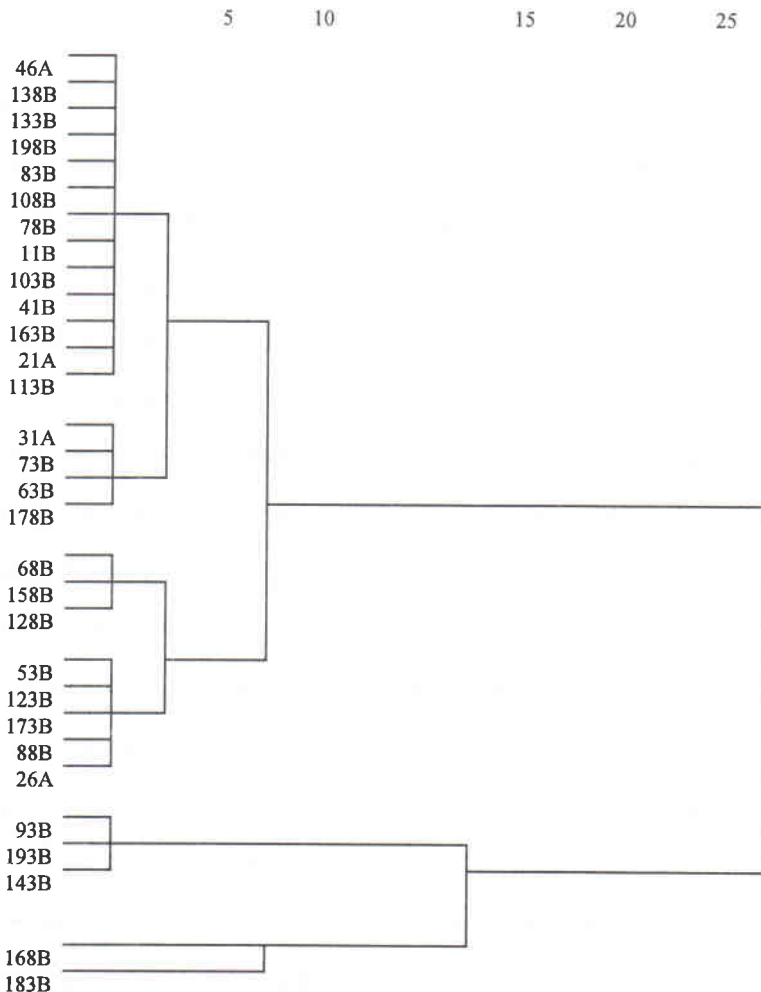
است.

جدول شماره ۵ - مقادیر سه مؤلفه اصلی برای ژنوتیپهای مورد بررسی

ژنوتیپها	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم	ژنوتیپها	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم
11A	-۰/۰۶۴	۰/۳۶۹	۰/۳۵۲	108B	-۱/۲۸۳	۰/۲۱۹	۱/۹۵۴
21A	۰/۸۱۸	-۰/۲۴۷	۱/۴۳۰	113B	-۰/۴۸۳	۰/۵۴۴	-۰/۷۹۹
26A	۰/۵۷۳	-۰/۰۷۵	۱/۶۲۳	123B	۰/۳۲۱	۰/۶۶۲	۰/۷۸۴
31A	-۰/۴۱۱	-۰/۰۶۳	-۱/۷۳۸	128B	۰/۹۰۷	۱/۲۰۸	-۱/۳۶۹
41B	-۰/۱۳۴	۰/۱۹۸	۱/۶۱۷	133B	۰/۳۷۱	-۰/۱۲۷	-۰/۰۰۳
46A	۰/۸۰۸	-۰/۴۵۱	-۰/۹۳۳	138B	-۰/۵۹۷	-۰/۲۶۵	۱/۲۶۷
53B	۰/۸۰۵	۰/۳۳۵	۰/۳۹۶	143B	۰/۰۴۲	-۱/۶۶۳	-۰/۵۲۸
63B	-۰/۴۰۲	-۰/۳۸۹	-۰/۱۱۴	158B	۲/۷۹۳	۰/۴۷۰	-۰/۱۷۵
68B	۱/۸۹۶	۰/۸۷۹	۰/۳۶۱	163B	۰/۰۸۲	۱/۰۴۷	-۱/۳۸۵
73B	-۱/۸۱۰	۰/۴۴۶	-۰/۲۳۲	168B	۰/۱۳۴	-۳/۴۵۷	-۰/۲۹۰
78B	-۲/۰۳۵	-۰/۶۷۹	-۰/۱۳۱	173B	۰/۱۹۵	۰/۸۲۵	-۰/۲۸۷
83B	-۰/۳۴۵	-۰/۴۲۰	۰/۲۸۴	178B	۰/۱۹۷	۰/۲۹۰	-۱/۹۳۲
88B	-۱/۲۸۴	۱/۵۹۵	-۰/۶۹۹	183B	-۰/۴۵۷	-۱/۸۳۴	۰/۳۱۱
93B	-۰/۸۷۵	-۰/۷۹۲	-۰/۸۱۹	193B	-۰/۰۱۶	-۰/۸۳۶	-۰/۸۶۴
103B	-۰/۶۹۷	۰/۳۲۶	۰/۷۴۵	198B	۰/۹۵۱	-۰/۴۶۳	-۰/۰۲۰

تجزیه خوشه‌ای

برای تعیین فواصل ژنتیکی بین ژنوتیپهای مورد مطالعه تجزیه خوشه‌ای انجام شد. دندروگرام حاصل از این تجزیه در شکل شماره ۲ آمده است.



شکل شماره ۲ - دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای داده‌ها

طبق دندروگرام بدست آمده، ژنوتیپها به ۷ گروه تقسیم شده‌اند. ۱۳ ژنوتیپ در گروه اول، ۴ ژنوتیپ در گروه دوم، ۳ ژنوتیپ در گروه سوم، ۵ ژنوتیپ در گروه چهارم، ۳ ژنوتیپ در گروه پنجم و در هر یک از گروههای ششم و هفتم یک ژنوتیپ قرار گرفتند.

بحث

نتایج تجزیه رگرسیون چند متغیره نشان داد که سه صفت تعداد برگچه، شادابی و سطح برگچه، مدل خطی معنی داری را با زنده‌مانی ایجاد می‌کنند، ولی با توجه به پایین بودن ضریب تبیین^۱ این مدل، تعمیم پذیری آن پایین است و برای بدست آوردن مدل دقیق‌تر به آزمایشهای دیگری نیاز است. نتایج تجزیه علیت نشان داد که تعداد برگچه بیشترین اثر مستقیم را بر زنده‌مانی دارد (۱/۷۶۴۸)، ولی چون این اثر با همبستگی بین تعداد برگچه و زنده‌مانی مطابقت ندارد، این صفت را نمی‌توان به‌طور مستقیم مبنای انتخاب برای مقاومت به خشکی قرار داد. اثر مستقیم شادابی با همبستگی آن با زنده‌مانی همخوانی دارد، در نتیجه می‌تواند مبنای انتخاب قرار گیرد، البته چون این اثر و همچنین همبستگی‌اش با زنده‌مانی، هر دو منفی هستند. انتخاب در جهت عکس خواهد بود. اگر بخواهیم هر سه صفت را مبنای انتخاب قرار دهیم، باید به هر یک از صفات، وزنی معادل اثر مستقیم آنها داده شود، سپس این وزنها در مقدار متغیر حاصل از اندازه گیری هر صفت ضرب شده و حاصل نهایی به عنوان شاخصی برای انتخاب قرار می‌گیرد (زبرجدی و همکاران، ۱۳۸۰).

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان می‌دهد که مؤلفه اول بیش از ۵۲ درصد از تغییرات داده‌ها را بیان می‌کند. در این مؤلفه صفت سطح برگچه بیشترین ضریب ویژه را به خود

اختصاص داده است (۰/۸۷۸) و بعد از آن صفات عرض برگ و تعداد برگ ضریب بالایی دارند (۰/۸۵۸). مؤلفه دوم بیش از ۱۶ درصد از تغییرات را بیان می‌کند و بالاترین میزان آن در صفت تعداد شاخه (۰/۵۷) و بعد از آن صفت عرض برگ به‌طور منفی (۰/۴۳۱-) بیشترین ضریب را دارند. در مؤلفه سوم تعداد شاخه بیشترین ضریب را دارا می‌باشد (۰/۵۲۷). برای صفت زنده‌مانی که مهمترین شاخص برای انتخاب برای مقاومت به خشکی است، ضریب مؤلفه دوم ۰/۵۹۸ است که میان مؤلفه‌ها بالاترین مقدار برای این صفت می‌باشد، بنابراین در هنگام انتخاب، به نژادگر باید برای ژنوتیپهایی که از نظر این مؤلفه مقدار ضریب ویژه بیشتری دارند، اهمیت بالاتری قائل شود. برای مثال ژنوتیپ ۸۸B دارای مقدار ۱/۰۴۷ از نظر مؤلفه دوم است، بنابراین ژنوتیپ فوق می‌تواند برای صفت زنده‌مانی در شرایط تنش خشکی مورد توجه قرار گیرد.

نتایج تجزیه خوشه‌ای نشان می‌دهد که ژنوتیپهای ۱۸۳B و ۱۶۸B که به ترتیب در گروههای ششم و هفتم قرار دارند با ژنوتیپهای گروه اول بیشترین فاصله ژنتیکی را از نظر صفات مورد مطالعه دارند (شکل شماره ۲). بنابراین اگر قرار باشد که با تلاقی مصنوعی ایجاد تنوع نماییم، بیشترین تنوع از تلاقی ژنوتیپهای گروه اول با گروههای ششم و هفتم بدست خواهد آمد. البته این امر به شرطی میسر است که ناسازگاریهای ژنتیکی اجازه دهند.

منابع

- جعفر جعفرزاده کنار سری، م. و پوستینی، ک. ۱۳۷۷. بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد برخی ویژگیهای مرفولوژیکی و اجزای عملکرد آفتابگردان (رقم رکورد). مجله علوم کشاورزی، ۲۹: ۳۵۳-۳۶۲.
- زبرجدی، ع. میرزایی ندوشن، ح. و کریم زاده، ق. ۱۳۸۰. بررسی تنوع ژنتیکی گونه مرتعی *Bromus tomentellus* با استفاده از روشهای آماری چند متغیره، پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، ۱۴: ۲، ۷-۲.
- طبائی عقدائی، س. ر. ۱۳۷۹. بررسی بیان ژن در واکنش به تنشهای محیطی در سه گونه گراس مرتعی. پژوهش و سازندگی، ۴۶: ۴۴-۴۷.
- طبائی عقدائی، س. ر. ۱۳۷۸. بررسی پتانسیل مقاومت به تنشهای محیطی در برخی از گندمیان مرتعی. پژوهش و سازندگی، ۴۰، ۴۱، ۴۲: ۴۱-۴۵.
- Alvarez, D., Luduena, P. and Frutos, Y. E. 1992. Correlation and causation among sunflower traits. Proc. 13th Int. Sunf. Conf. Pisa, Italy.
- Bradford, K. J., and Hsiao, T. C. 1982. Physiological responses to moderate water stress. In: Encyclopedia of plant physiology. Vol. 12: 264-312.
- Chalmers, D. J., Mitchell, P. D. and Jerie, H. 1984. The physiology of growth control of peach and pears trees using reduced irrigation. Acta Hort., 146: 143-149.
- Connor, D. J., and Jones, T. R. 1985. Response of sunflower to strategies of irrigation. II. Morphological and physiological responses to water stress. Int. Sunflower. Yearbook.
- Dofing, S. M., and Knight, C. W. 1992. Alternative model for path analysis of small grain yield. Crop Sci., 32: 487-489.
- Done, A. A., Myers, R. J. K. and Foal, M. A. 1984. Responses of grain sorghum to varying irrigation frequency in the world irrigation area. Australian Journal of Agricultural Research, 35: 17-29.
- Gomez, D., Marinez, O. Arona, M. and Castro, 1991. Generating a selection index for drought tolerance in sunflower I. Water use and consumption. Helia, 15: 65-70.
- Hsiao, T., Aceredo, C. E. Fereres, E. and Henderson, D. W. 1976. Water stress and osmotic adjustment. Phil. Trans. R. Soc. Land. B., 273: 479-

- 500.
- Joliff, G. P., and Cox, W. J. 1986. Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. *Agronomy Journal*, 78: 226-230.
- Nagano, T., and Shimaji, H. 1976. Internal plant water status and its control. I. Measurement of internal plant water status. *Journal of Agricultural Meteorology*, 32: 67-71.
- Oosterhuis, D. M., and Cartwright, P. M. 1983. Spike differentiation and floret survival in semidwarf spring wheat as affected by water stress and photoperiod. *Crop Sci.*, 23: 711-717.
- Sarran, G., and Palo, M. 1981. Effect of soil moisture stress at different stage of plant development of the yield of grain sorghum. *Indian J. of Agronomy*, 26: 463-464.
- Schneider, A. A., Johnson, B. L. and Henderson, T. L. 1992. Rooting depth and water use of different sunflower phenotypes. *Proc. 13th Int. Sunflower Conf.* Pisa, Italy.
- Wright, G. C., Smith, R. C. G. and McWilliam, J. R. 1983. Differences between two grain sorghum genotypes in adaptation to drought stress. *Australian J. of Agric. Research*, 34: 637-651.
- Zhao, J. G., W. M. Chen and Li, Z. L. 1991. Factor analysis of the main agronomic characters in soybean. *Soybean. Science*, 10: 24-30.

