نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۵، شماره ۴، صفحه ۶۹۰-۶۷۷ (۱۳۹۸)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2019.125045.2486
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0905.1398.35.677.96.4.1575.1610

ارزیابی تنوع ژنتیکی و گروه‌بندی جمعیت‌های شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) با استفاده از تجزیه تشخیص کانونیکی

قاسم اقلیما[۱]، عزیزاله خیری[۲*]، محسن ثانی‌خانی[۳]، جواد هادیان[۴] و میترا اعلائی[۳]

۱- دانشجوی دکترای فیزیولوژی و اصلاح گیاهان دارویی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۲*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران، پست الکترونیک: kheiry@znu.ac.ir

۳- استادیار، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۴- دانشیار، گروه کشاورزی، پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۷ تاریخ اصلاح نهایی: اردیبهشت ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۸

چکیده

شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) یکی از قدیمی‌ترین و مهمترین گیاهان دارویی تیره Fabaceae است که از ۴۰۰۰ سال پیش برای درمان بسیاری از بیماری‌ها استفاده می‌شده است. این مطالعه برای ارزیابی و تشخیص منابع تنوع ژنتیکی و فنوتیپی در ۲۲ جمعیت مختلف شیرین‌بیان در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان از سال ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۷ اجرا شد. صفات مورفولوژیکی و عملکردی شامل ارتفاع بوته، عرض بوته، طول برگ، عرض برگ، تعداد برگچه، طول برگچه، عرض برگچه، تعداد شاخه جانبی، قطر ساقه اصلی، وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه، نسبت ریشه به اندام هوایی، عملکرد اندام هوایی در مترمربع و عملکرد ریشه در مترمربع اندازه‌گیری شد. در این مطالعه، دو متغیر کانونیکی معنی‌دار بودند و متغیر کانونیکی اول شامل صفات ارتفاع بوته، عرض بوته، قطر ساقه اصلی، طول برگ، تعداد برگچه و متغیر کانونیکی دوم شامل صفات وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، عملکرد ریشه و عملکرد اندام هوایی بود که بیشترین نقش را در تفکیک جمعیت‌ها داشت. متغیرهای کانونیکی برای گروه‌بندی جمعیت‌ها به چهار گروه اصلی تقسیم و مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج تجزیه تابع تشخیص کانونیکی تفکیک جمعیت‌ها را به گروه‌های مشابه توسط تجزیه خوشه‌ای تأیید نمود. روش تجزیه تشخیص کانونیکی در ارزیابی تنوع ژنتیکی و شناسایی صفات شاخص، قابلیت خوبی نشان داد.

واژه‌های کلیدی: شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.)، تنوع ژنتیکی، تجزیه تشخیص کانونیکی، تجزیه خوشه‌ای.

مقدمه

خانواده لگومینوز یکی از بزرگترین خانواده‌های گیاهان گلدار با ۱۸۰۰۰ گونه و حدود ۶۵۰ جنس است. شیرین‌بیان یکی از مهمترین گیاهان دارویی این تیره، از قدیمی‌ترین گیاهان دارویی است و از ۴۰۰۰ سال پیش برای درمان بسیاری از بیماری‌ها استفاده شده است (Zberjdi *et al.*, 2017). از ریشه شیرین‌بیان در بیشتر فارماکوپه‌ها به‌عنوان دارو یادشده است. ریشه‌ها و ریزوم‌های این گیاه منبعی غنی از ترکیب‌های طبیعی و فعال از نظر زیستی می‌باشد. مهمترین ترکیب مؤثره آن ماده‌ای به نام گلیسریزین است که

گلیکوزیدی از دسته ساپونین‌ها است و ۵۰ برابر شیرین‌تر از قند است (Mousa *et al*., 2007) و محصول هیدرولیز آن گلیسریزیک اسید دارای بسیاری از فعالیت‌های مهم دارویی ازجمله فعالیت ضدالتهابی (Gibson, 1987)، ضدباکتری (Nowakowska, 2007)، ضدحساسیت، آنتی‌اکسیدانی (Hong *et al*., 2009)، ضد قارچی (Fatima *et al*., 2009)، ضد توموری (Chung *et al*., 2000) و همچنین ضد ویروسی (Asl & Hosseinzadeh, 2008) است.

با توجه به اهمیت دارویی گیاه شیرین‌بیان، ایران در زمره صادرکنندگان مهم این گیاه در دنیا قرار دارد. از آنجا که استان‌های فارس، کرمان و کرمانشاه از مهمترین قطب‌های تولید و صادرات این محصول هستند، سالیانه صدها تن از این گیاه از مناطق رویش آن به‌صورت وحشی برداشت می‌شود، به‌طوری که در قسمت‌های جنوبی کشور به‌ویژه استان‌های فارس و کرمان گیاه در وضعیت خطر انقراض قرار دارد. بنابراین توجه خاص و روزافزون به حفظ ذخایر توارثی این گیاه بیش از پیش احساس می‌شود. تلاش در جهت حفظ رویشگاه‌ها و به‌ویژه منابع ژنتیک گیاهی موجود در آنها از طریق شناسایی، محافظت دائمی، احیاء و تکثیر منابع تجدیدشونده گیاهی گامی مؤثر در جهت حفظ و بقاء گونه مورد نظر و در نهایت حفاظت رویشگاه طبیعی آن است. تنوع فنوتیپی وجود تفاوت فیزیکی قابل مشاهده در یک جمعیت می‌باشد و اجزای ژنتیکی و محیطی را شامل می‌شود. تفاوت‌های ژنوتیپی یکی از اجزای تنوع است که منجر به تنوع ژنتیکی میان افراد درون یک جمعیت یا بین جمعیت‌های درون یک گونه می‌شود و یکی از مهمترین نیازهای اصلاحگران می‌باشد. اساس فنوتیپ بر پایه صفات کمّی و کیفی و به‌وسیله ترکیب ژنوتیپ و واکنش با محیط می‌باشد (Loos, 1993). اگر اندازه نمونه به اندازه کافی بزرگ باشد و صفات فیزیکی اندازه‌گیری شده تفاوت‌های معنی‌داری بین ارقام نشان دهند، آنها می‌توانند نماینده واقعی از میزان تنوع ژنتیکی باشند (Humphreys, 1991).

چندین روش برای اندازه‌گیری تنوع وجود دارد. با تجزیه‌های تک متغیره، هر صفت به‌طور جداگانه تجزیه می‌شود و میزان تفاوت ژنوتیپ‌های مورد بررسی را زمانی که صفات اندازه‌گیری شده با یکدیگر ارتباط دارند توصیف نمی‌کند (Yeater *et al*., 2004). تجزیه خوشه‌ای یکی از روش‌های آماری چند متغیره است که برای تعیین تنوع بین جوامع مختلف گیاهی و جانوری و دسته‌بندی آنها به گروه‌های مختلف براساس فاصله یا تشابه ژنتیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Saburi *et al*., 2008). این روش حداقل در دو مورد می‌تواند به به‌نژادگر کمک نماید: یکی پیدا کردن گروه‌های واقعی افراد براساس تشابه ژنتیکی بین آنها و دیگر کاهش داده‌ها و انتخاب افراد محدودی از هر گروه یا دسته است (Jobson, 1992). تجزیه تشخیص کانونیکی، یکی دیگر از روش‌های آماری چندمتغیره است که همه صفات به‌طور همزمان در تفاوت بین ارقام مورد بررسی قرار می‌گیرند، این روش مقایسه بسیار قوی از جمعیت‌ها را نسبت به آنچه از تجزیه تک متغیره بدست می‌آید فراهم می‌سازد (Yeater *et al*., 2004). تجزیه تشخیص کانونیکی روشی مرکب از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه همبستگی کانونیک است (Vaylay & van Santen, 2002). در واقع این روش تجزیه، ترکیب‌های خطی صفات اصلی که بیشترین تفاوت بین کلاس‌ها یا گروه‌ها را فراهم می‌سازند، مشخص می‌کند (Bains & Sood, 1984). متغیرهای کانونیکی ترکیب‌های خطی صفاتی هستند که دارای بیشترین همبستگی چندگانه با هر گروه می‌باشند. این متغیرها در حالتی که صفات اندازه‌گیری شده همبستگی بالایی با یکدیگر داشته باشند با یکدیگر همبستگی نداشته و مستقل از یکدیگر می‌باشند (Vaylay & van Santen, 2002). تجزیه تشخیص کانونیکی می‌تواند اثرهای بین جمعیت‌ها را از اثرهای درون جمعیت‌ها به‌وسیله حداکثر کردن تشخیص بین جمعیت‌ها زمانی که در مقابل تنوع درون جمعیت‌ها آزمون می‌شود، جدا کند (Riggs, 1973). بعد از تعیین تنوع درون جمعیتی، آماره مربع فاصله ماهالانوبیس (D^2) به‌عنوان یک شاخص که نشان‌دهنده تفاوت بین جمعیت‌هاست، استفاده می‌شود (Loos, 1993). همچنین این روش قادر است تنوع درون ارقام را که سبب اثرهای محیطی و اثرهای ژنتیکی است، جدا کند. این تشخیص به‌وسیله واریانس میان جمعیت‌ها به واریانس درون جمعیت‌ها بدست می‌آید (Rencher, 1992). از اطلاعات حاصل از تجزیه

تشخیص کانونیکی می‌توان برای گروه‌بندی توده‌ها و ارقام به زیر گروه‌های کوچکتر که شباهت زیادی درون آنها وجود دارد، استفاده نمود (Khattree & Naik, 2000). در استفاده از تجزیه خوشه‌ای، تعیین مقدار شباهت درون گروهی و تعیین روشی برای تشکیل خوشه‌ها که بر پایه مقدار شباهت اندازه‌گیری شده است، لازم می‌باشد، اما در تجزیه تشخیص کانونیکی، اندازه‌گیری شباهت به‌طور مستقیم از متغیرهای کانونیکی محاسبه شده استفاده می‌شود. مقدار میانگین متغیرهای کانونیکی به‌عنوان مراکز گروه‌ها تلقی می‌شوند (Yeater *et al*., 2004). از روش‌های چند متغیره براساس صفات فنوتیپی در سویا (*Glycine max* L.) (Bains & Sood, 1984)، لولیوم چند ساله (*Lolium perenne*) (Humphreys, 1991) و گونه‌های لولیوم (Loos, 1993) استفاده شده است. Safari و همکاران (۲۰۰۷) ۱۵ صفت مورفولوژیکی و زراعی را در ۳۹ رقم بادام‌زمینی با تجزیه تشخیص متعارف مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج تحقیق آنان نشان داد که دو متغیر کانونی معنی‌دار بودند و متغیر کانونی شامل وزن صد دانه، عملکرد روغن، تعداد غلاف در بوته و وزن صد غلاف بیشترین نقش را در تفکیک ارقام داشت. همچنین گروه‌بندی ارقام به کمک متغیرهای کانونیکی، ارقام را به سه زیرگروه تقسیم نمود. آزمایش مذکور نشان داد که تجزیه‌های تشخیص کانونی و خوشه‌ای در گروه‌بندی و بررسی تنوع ارقام بادام‌زمینی مفید و مؤثر بودند (Vaylay & van Santen, 2002). به‌طوری‌که برای بررسی تنوع ژنتیکی ارقام نوعی چمن مرتعی (*Poa pratensis*) نشان دادند که تجزیه تشخیص متعارف روش مناسبی برای بررسی رابطه بین صفات مختلف و نیز تنوع ژنتیکی بین ارقام مختلف است. در این مورد (Makinde & Ariyo, 2010) نیز در بررسی ۲۲ رقم بادام‌زمینی بیشتر صفات زراعی (۳۳ صفت) را مورد ارزیابی قرار دادند.

ارزیابی تنوع ژنتیکی بر مبنای صفات مورفولوژیک و عملکردی می‌تواند برای سازماندهی ژرم‌پلاسم، گزینش والدین مناسب برای دورگ‌گیری و تولید جمعیت‌های در حال تفرق سودمند باشد (Foundra *et al*., 2000). هدف این مطالعه ارزیابی تنوع ژنتیکی در جمعیت‌های مختلف شیرین‌بیان براساس صفات فنوتیپی است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تنوع صفات مورفولوژیکی و عملکردی جمعیت‌های مختلف (جدول ۱) در شرایط اقلیمی زنجان، پس از جمع‌آوری جمعیت‌ها در فصل پاییز، بلافاصله ریزوم‌های با قطر ۲ و طول ۱۵ سانتی‌متر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۵ تکرار با فاصله بین ردیف ۶۰ و روی ردیف ۴۰ سانتی‌متر کشت شدند. محل اجرای آزمایش مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه ۲۵ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۱ دقیقه و ارتفاع ۱۶۶۳ متر از سطح دریا بود. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی در جدول ۲ آمده است. نمونه خاک از عمق ۳۰ سانتی‌متری جمع‌آوری و بافت خاک با استفاده از روش Bouyoucos Hydrometer تعیین شد (Gee & Bauder, 1979). میزان pH و EC با استفاده CPD-65N multi-meter (ISTEK ساخت کشور کره‌جنوبی) اندازه‌گیری شد. کربن آلی با روش اصلاح شده Walkley و Black (Allison *et al*., 1965)، کلسیم‌کربنات با روش Calcimeter Bernard (Khym, 1974) اندازه‌گیری و روش Olsen برای تعیین محتوای فسفر، پتاس و کلسیم استفاده شد (Nelson & Sommers, 1982). مقدار نیتروژن با استفاده از روش Kjehdal تعیین شد (Bremner, 1982). صفات ارتفاع بوته، عرض بوته، طول برگ، عرض برگ، تعداد برگچه، طول برگچه، عرض برگچه، تعداد شاخه جانبی و قطر ساقه اصلی در شهریورماه سال دوم کشت اندازه‌گیری و بعد از برداشت اندام هوایی و زیرزمینی، نمونه‌ها در سایه و در دمای اتاق در آزمایشگاه خشک و صفات وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه، نسبت ریشه به اندام هوایی، عملکرد اندام هوایی در مترمربع و عملکرد ریشه در مترمربع بررسی شدند. صفات کمّی مربوط به طول و عرض اندام‌ها به کمک خط‌کش و کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. محاسبه تابع تشخیص کانونیکی به‌صورتی انجام می‌شود که نسبت شاخص اختلاف بین‌گروه‌ها به شاخص اختلاف درون گروه‌ها، حداکثر گردد (Rencher, 1992). به این ترتیب متغیر

کانونیکی بدست می‌آید که ضرایب آن مقادیر بردار ویژه ماتریس $w^{-1}B$ است که W ماتریس مجموع مربعات درون گروهی و B ماتریس مجموع مربعات بین‌گروهی نمونه‌ها می‌باشد (Rencher, 1992). تفاوت بین مقدار مرکزی دو گروه برابر با فاصله ماهالانوبیس (D^2) است و با فرمول $D^2 = (Y1-Y2)\ ' S^{-1}(Y1-Y2)$ محاسبه شد.

که در آن S^{-1} معکوس ماتریس واریانس کوواریانس نمونه است و Y_1 و Y_2 به‌ترتیب بردارهای میانگین صفات اندازه‌گیری شده گروه‌های ۱ و ۲ است (Rencher, 1992).

اطلاعات بدست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (9.4) و SPSS (20.0) مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفته و مقایسه میانگین صفات به روش دانکن انجام شد. به‌منظور گروه‌بندی جمعیت‌ها تجزیه خوشه‌ای به روش وارد با استفاده از فاصله اقلیدسی بعد از استاندارد کردن داده‌ها انجام و دندروگرام مربوطه رسم شد. پس از برش دندروگرام صحت گروه‌بندی اولیه بدست آمده از تجزیه خوشه‌ای با تابع تشخیص مورد ارزیابی قرار گرفت.

جدول ۱- کد و منشأ جمع‌آوری جمعیت‌های مختلف شیرین‌بیان ایران

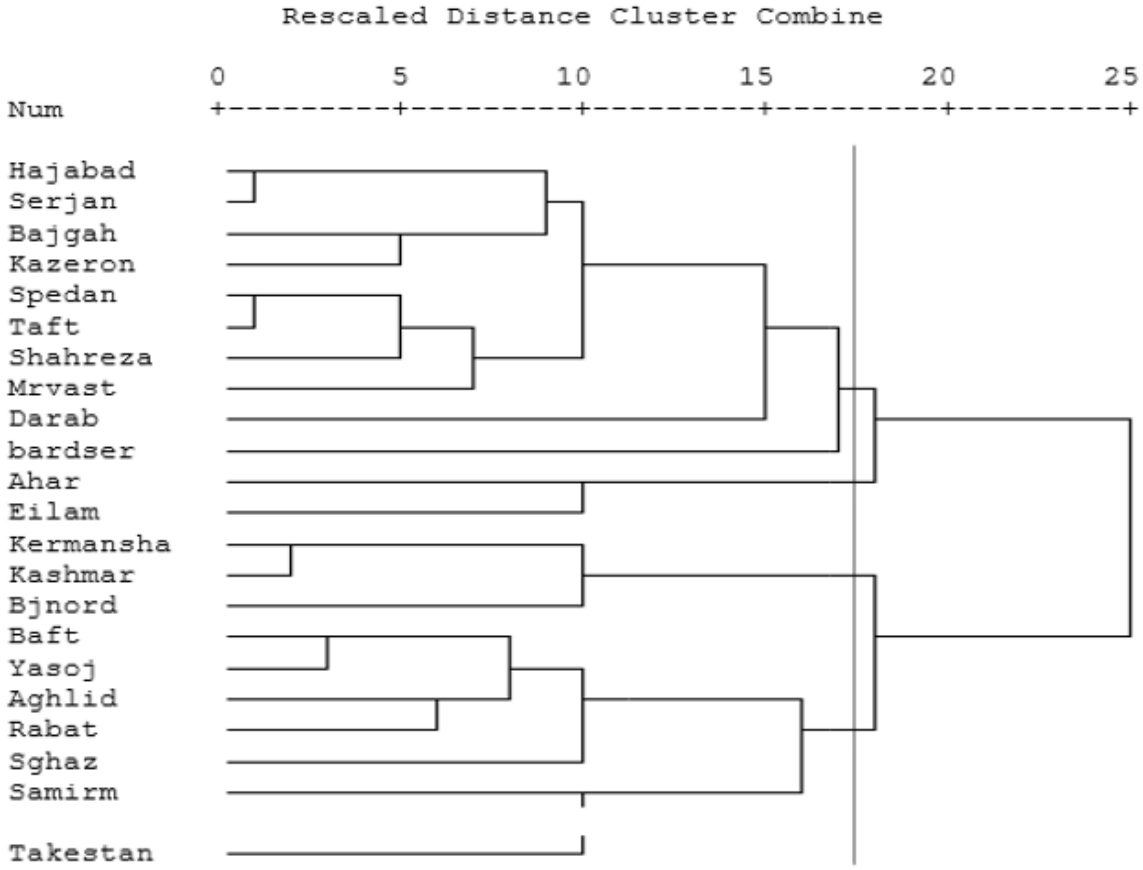
جمعیت	استان	شهرستان	کد	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع
۱	کهکیلویه و بویراحمد	یاسوج	Y	۵۱° ۵۶' ۶۷"	۳۹° ۷۱' ۶۷"	۱۸۷۰
۲	فارس	سپیدان	SP	۵۱° ۵۲' ۱۳"	۳۰° ۱۶' ۰۵"	۲۲۴۰
۳	فارس	اقلید	A	۵۲° ۶۸' ۵۹"	۳۰° ۹۶' ۵۴"	۲۳۰۰
۴	فارس	کازرون	KAZ	۵۱° ۶۵' ۸۳"	۲۹° ۶۱' ۸۳"	۸۶۰
۵	فارس	باجگاه ممسنی	BAJ	۵۰° ۳۱' ۰۷"	۳۰° ۰۷' ۱۳"	۹۲۰
۶	فارس	داراب	D	۵۴° ۵۱' ۲۱"	۲۸° ۷۵' ۱۱"	۱۱۷۰
۷	اصفهان	سمیرم	SM	۵۱° ۱۷' ۰۳"	۳۰° ۴۱' ۳۲"	۲۴۶۰
۸	اصفهان	شهرضا	SH	۵۱° ۵۲' ۰۶"	۳۲° ۰۵' ۰۱"	۱۸۲۵
۹	هرمزگان	حاجی‌آباد	HA	۵۵° ۵۴' ۱۴"	۲۸° ۱۸' ۰۶"	۹۴۵
۱۰	کرمان	سیرجان	SE	۵۵° ۶۷' ۰۸"	۲۹° ۴۵' ۳۲"	۱۷۶۶
۱۱	کرمان	بافت	BA	۵۶° ۶۰' ۰۶"	۲۹° ۲۳' ۳۰"	۲۳۰۰
۱۲	کرمان	بردسیر	MS	۵۶° ۵۷' ۵۰"	۲۹° ۹۲' ۶۴"	۲۰۴۷
۱۳	یزد	علی‌آباد تفت	TF	۵۴° ۱۲' ۳۲"	۳۱° ۴۴' ۵۰"	۱۶۰۰
۱۴	یزد	مروست	MR	۵۴° ۲۱' ۱۷"	۳۰° ۴۷' ۸۳"	۱۵۴۴
۱۵	خراسان شمالی	بجنورد	BJ	۵۷° ۳۱' ۴۳"	۳۷° ۴۷' ۰۲"	۱۰۷۰
۱۶	خراسان رضوی	کاشمر	KA	۵۸° ۴۸' ۱۹"	۳۵° ۲۳' ۶۴"	۱۰۶۳
۱۷	آذربایجان‌شرقی	اهر	AH	۴۷° ۰۲' ۵۵"	۳۸° ۲۸' ۱۸"	۱۳۴۱
۱۸	آذربایجان‌غربی	ربط	R	۴۵° ۵۵' ۱۳	۳۶° ۲۰' ۹۱	۱۴۸۰
۱۹	کردستان	سقز	SQ	۴۶° ۱۲' ۵۲"	۳۶° ۲۲' ۱۳"	۱۴۷۶
۲۰	قزوین	تاکستان	T	۴۹° ۴۴' ۴۹"	۳۶° ۰۴' ۰۶"	۱۲۶۵
۲۱	ایلام	ایلام	E	۵۶° ۲۴' ۴۱"	۳۳° ۳۸' ۰۲"	۱۴۷۲
۲۲	کرمانشاه	کرمانشاه	K	۴۷° ۰۵' ۵۳"	۳۴° ۲۰' ۱۳"	۱۴۰۰

جدول ۲ – خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش

ماده آلی (٪)	هدایت الکتریکی (ds/m)	اسیدیته (pH)	آهک‌کل (٪)	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	نیتروژن (٪)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	منیزیم (meq/l)	کلسیم (meq/l)	بافت خاک
۱/۱۸	۰/۷۲	۸/۲۸	۷/۲	۳۳	۲۷	۴۰	۰/۰۹	۹/۶	۲۸۶	۱/۱	۲/۱	لوم – رسی

نتایج

براساس نتایج تجزیه خوشه‌ای به روش حداقل واریانس وارد و معیار مربع فاصله اقلیدسی جمعیت‌های مورد بررسی در چهار گروه مجزا قرار گرفتند (شکل ۱). به‌منظور صحت گروه‌بندی‌های بدست‌آمده از روش تجزیه خوشه‌ای از تابع تشخیص به روش کنارگذاری (Hold out) استفاده گردید. نتایج تابع تشخیص در جدول ۳ آمده است. تابع تشخیص نشان داد که تمامی جمعیت‌ها به‌طور صحیح گروه‌بندی شده‌اند و میزان موفقیت کل تابع تشخیص ۱۰۰٪ بود.



شکل ۱– دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای صفات مورفولوژیکی و عملکردی ۲۲ جمعیت شیرین‌بیان براساس روش وارد

در تجزیه تشخیص کانونیکی دو متغیر کانونیک اول معنی‌دار بودند (جدول ۴). همبستگی‌های کانونیکی معنی‌دار بین جمعیت‌ها با اولین متغیر کانونیک (Rc= ۰/۹۲۴) و دومین متغیر کانونیک (Rc= ۰/۸۴۲) نشان‌دهنده این است که متغیرهای کانونیک تفاوت بین جمعیت‌ها را به‌خوبی توجیه می‌کنند (جدول ۴).

ضرایب استاندارد شده کانونیکی صفات ارتفاع بوته، عرض بوته، قطر ساقه اصلی، طول برگ، تعداد برگچه در اولین رابطه تشخیص کانونیکی قابل توجه است (جدول ۴). همچنین ضریب صفات وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، عملکرد ریشه و عملکرد اندام هوایی در دومین رابطه تشخیص کانونیکی زیاد است (جدول ۴).

از متغیرهای کانونیکی معنی‌دار اول و دوم برای گروه‌بندی جمعیت‌ها استفاده شد (شکل ۲). همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، ۴ گروه کاملاً مجزا بدست آمد و فواصل این گروه‌ها براساس فاصله ماهالانوبیس محاسبه شد که در جدول ۵ آمده است. همه جفت فواصل بین گروه‌ها معنی‌دار بودند (P<۰/۰۰۰۱). بر این اساس، گروه‌های ۱ و ۴ کمترین و گروه‌های ۲ و ۴ بیشترین فاصله ماهالانوبیس را با هم داشتند. ازاین‌رو به‌عنوان نمونه، استفاده از گروه‌های ۲ و ۴ برای تابعیت والدین تلاقی‌های فرضی در کارهای به‌نژادی احتمالاً مفید خواهد بود. هر گروه تنوع ژنتیکی درون گروهی کمی نسبت به تنوع بین گروهی داشت و در حقیقت جمعیت‌های داخل یک گروه فاصله ژنتیکی کمتری با یکدیگر داشتند.

جدول ۳- نتایج تابع تشخیص برای صحت گروه‌بندی جمعیت‌های شیرین‌بیان مورد مطالعه

	گروه‌بندی	اعضای گروه				جمع کل
		۱	۲	۳	۴	
اصلی	مجموع	۱۰	۰	۰	۰	۱۰
		۰	۲	۰	۰	۲
		۰	۰	۲	۱	۳
		۰	۰	۰	۷	۷
	درصد	۱۰۰	۰	۰	۰	۱۰۰
		۰	۱۰۰	۰	۰	۱۰۰
		۰	۰	۶۶/۷	۳۳/۳	۱۰۰
		۰	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰

جدول ۴- ضرایب استاندارد کانونیکی صفات اندازه‌گیری شده در جمعیت‌های شیرین‌بیان مورد مطالعه

صفات	متغیر کانونیکی		
	۱	۲	۳
ارتفاع بوته	۰/۶۸۹	۰/۵۴۲	-۰/۱۶۲
عرض بوته	۰/۵۵۹	۰/۴۴۷	-۰/۳۳۳
قطر ساقه اصلی	۰/۶۳۹	۰/۶۳۳	-۰/۰۷۴
طول برگ	۰/۵۴۹	۰/۲۶۱	-۰/۰۵۷
عرض برگ	۰/۰۳۸	۰/۴۶۸	۰/۶۲۲
تعداد برگچه	۰/۶۱۵	-۰/۲۶۴	-۰/۵۴۱
طول برگچه	۰/۲۷۲	۰/۶۹۳	۰/۳۷۹
عرض برگچه	۰/۰۵۱	۰/۴۳۸	۰/۵۶۸
تعداد شاخه جانبی	۰/۳۷۴	۰/۷۳۱	۰/۰۸۲
وزن تر اندام هوایی	۰/۱۹۲	۰/۸۵۱	-۰/۰۴۲
وزن تر ریشه	۰/۴۶۲	۰/۶۷۲	۰/۱۹۰
وزن خشک اندام هوایی	۰/۲۰۶	۰/۸۴۹	-۰/۰۰۱
وزن خشک ریشه	۰/۳۴۴	۰/۷۳۵	۰/۲۰۱
نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی	۰/۰۸۷	-۰/۴۵۵	۰/۳۸۱
عملکرد ریشه	۰/۳۴۲	۰/۷۳۱	۰/۲۱۱
عملکرد اندام هوایی	۰/۲۰۶	۰/۸۴۹	-۰/۰۰۱
همبستگی کانونیکی	۰/۹۲۴**	۰/۸۵۳**	۰/۷۰۱ns

ns و **: عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح ۱٪

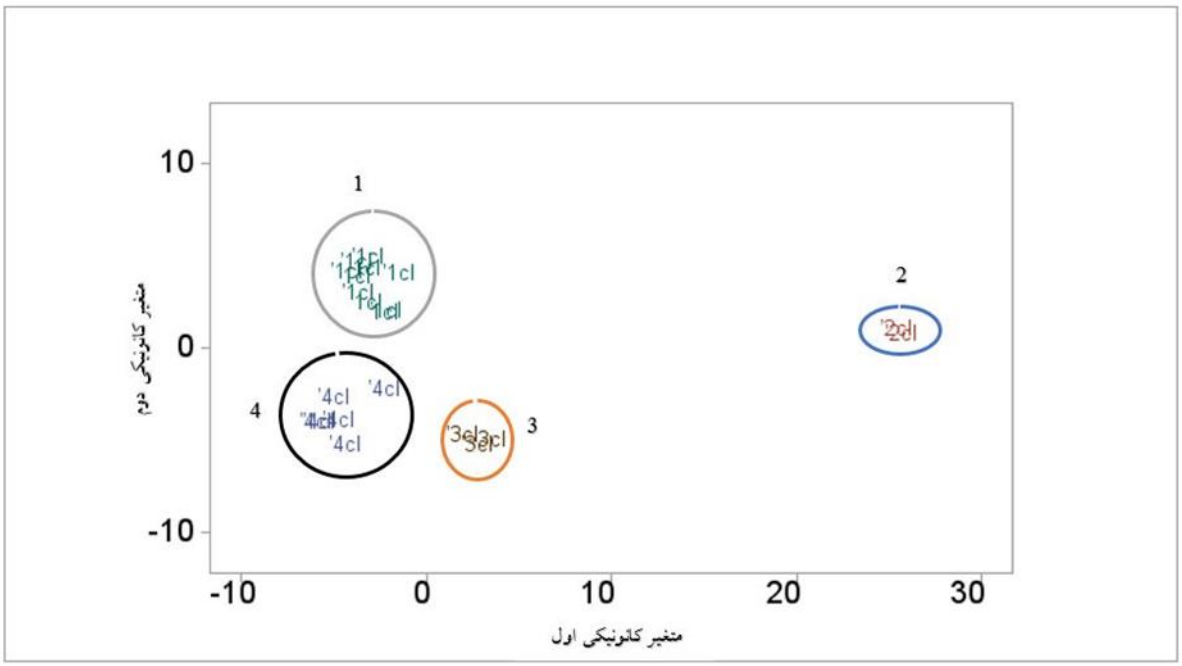
گروه اول شامل ۱۰ جمعیت (HA، SE، BAJ، KAZ، SP، TF، SH، MR، D و MS)، گروه دوم دارای ۲ جمعیت (AH و E)، گروه سوم شامل سه جمعیت (K، KA و BJ) و گروه چهارم دارای هفت جمعیت (BA، Y، A، R، SQ، SM و T) بود. تجزیه واریانس داده‌ها براساس طرح کاملاً تصادفی نامتعادل (گروه‌ها به‌عنوان تیمار و جمعیت‌های درون آنها به‌عنوان تکرار منظور گردید) انجام شد. برای مقایسه میانگین گروه‌ها از نظر صفات مورد ارزیابی از روش حداقل دامنه معنی‌دار (دانکن) استفاده شد. نتایج حکایت از تفاوت معنی‌دار بین گروه‌ها برای تمامی صفات بجز صفت نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی داشت (جدول ۷).

میانگین صفات اندازه‌گیری شده برای هر گروه در جدول ۶ آورده شده است. جمعیت‌های گروه‌بندی شده در خوشه دوم دارای بالاترین ارتفاع بوته، عرض بوته، وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، عملکرد ریشه و عملکرد اندام هوایی در مترمربع بود.

جدول ۵- فواصل ماهالانوبیس (D^2) بین گروه‌های حاصل از خوشه‌بندی به روش تجزیه خوشه‌ای

گروه	۱	۲	۳	۴
۱	۰			
۲	۸۳۰/۲۲**	۰		
۳	۱۱۵/۰۵**	۵۷۴/۱۳**	۰	
۴	۵۹/۳۱**	۹۳۵/۷۴**	۸۰/۱۹**	۰

**: معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪



شکل ۲- گروه‌بندی جمعیت‌ها براساس متغیرهای کانونیک؛ ۱) گروه اول، ۲) گروه دوم، ۳) گروه سوم و ۴) گروه چهارم

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده مربوط به گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای

صفات	میانگین گروه				میانگین کل
	۱	۲	۳	۴	
ارتفاع بوته	۵۷/۹۲b	۸۵/۹a	۵۰b	۳۶c	۵۷/۴۶
عرض بوته	۶۸/۰۹ab	۷۶/۵a	۵۶/۶۶b	۴۳/۸۸c	۶۱/۲۷
قطر ساقه اصلی	۶/۰۴b	۸/۳a	۵/۳۳c	۴/۸c	۶/۱۲
طول برگ	۷/۲۱b	۹/۲۷a	۷/۰۴b	۶/۲۸b	۸/۲۹
عرض برگ	۱۳/۲۸a	۱۴/۲a	۷/۹۳b	۱۲/۸۸a	۱۲/۰۷
تعداد برگچه	۱۱/۳۲b	۱۳/۴a	۱۳/۵۳a	۱۱/۰۵b	۱۲/۳۳
طول برگچه	۲۷/۶۲ab	۳۱/۸a	۱۶/۶۶c	۲۲/۷۴b	۲۴/۷۱
عرض برگچه	۷/۱۴a	۷/۶a	۴/۸b	۶/۹۴a	۶/۶۲
تعداد شاخه جانبی	۴/۴۶a	۵/۲a	۳/۰۶b	۳/۲۵b	۳/۹۹
وزن تر اندام هوایی	۲۶۱/۸۶a	۲۶۲/۷a	۱۲۸/۳۳b	۱۲۸/۳۷b	۱۹۵/۳۲
وزن تر ریشه	۲۶۰/۷۴b	۳۳۶/۵a	۱۶۸/۶c	۱۸۳/۶۳c	۳۷۲/۳۷
وزن خشک اندام هوایی	۱۴۲/۷۶a	۱۴۶/۸a	۶۷/۶b	۷۲/۶۹b	۱۰۴/۴۶
وزن خشک ریشه	۱۶۸/۶a	۲۰۳/۱a	۹۴/۵۳b	۱۱۲/۰۶b	۱۴۴/۵۷
نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی	۱/۲۴a	۱/۵۲a	۱/۳۹a	۱/۵۸a	۱/۴۳
عملکرد ریشه	۵۲۶/۸۸b	۶۳۴/۶۹a	۲۹۵/۴۲b	۳۵۳/۰۴b	۴۵۲/۵۱
عملکرد اندام هوایی	۴۴۶/۱۳a	۴۵۸/۷۵a	۲۱۱/۲۵b	۲۲۷/۱۴b	۳۳۵/۸۲

حروف مشابه در هر ستون به‌منزله عدم وجود اختلاف معنی‌دار براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ می‌باشد.

بحث

براساس نتایج تجزیه خوشه‌ای، جمعیت‌های مورد بررسی در چهار گروه مجزا قرار گرفتند و به‌منظور صحت گروه‌بندی‌های بدست‌آمده از روش تجزیه خوشه‌ای از تابع تشخیص به روش کنارگذاری (Hold out) استفاده گردید. تابع تشخیص نشان داد که تمامی جمعیت‌ها به‌طور صحیح گروه‌بندی شده‌اند و میزان موفقیت کل تابع تشخیص ۱۰۰٪ بود. این مقدار را میزان موفقیت کل تابع تشخیص می‌گویند. میزان موفقیت نشان می‌دهد که تابع تشخیص تا چه حد در گروه‌بندی یا تشخیص بین گروه‌ها موفق بوده است (Safari *et al.*, 2007). Safari و همکاران (۲۰۰۷) نیز در تحقیقی که روی داده‌های مزرعه‌ای بادام‌زمینی انجام دادند، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را در سه گروه دسته‌بندی کردند و با استفاده از تجزیه تابع تشخیص نشان دادند که ۱۰۰٪ از گروه‌بندی‌ها صحیح انجام شده بود. در مطالعه روی جمعیت‌های مختلف یونجه زراعی نتایج نشان داده شد که ژنوتیپ‌های مورد بررسی در سه گروه قرار گرفته و با استفاده از تابع تشخیص مشخص شد که ۱۰۰٪ دسته‌بندی گروه‌ها به‌صورت صحیح انجام شده است (Azizi & Abdollahi, 2013). ولی در تحقیق دیگری که توسط Jaynes و همکاران (۲۰۰۳) روی ذرت انجام شد، ژنوتیپ‌های مورد بررسی در ۵ گروه دسته‌بندی شدند و نتایج تابع تشخیص نشان داد که ۸۰٪ از گروه‌بندی‌ها صحیح انجام شده بود. در تجزیه تشخیص کانونیکی دو متغیر کانونیک اول معنی‌دار بودند. هر متغیر کانونیکی، ترکیب خطی مجموعه متغیرهای پیش‌بینی کننده و متغیرهای مجموعه اندازه‌گیری شده را محاسبه می‌کند (Vaylay & van Santen, 2002).

جدول ۷- تجزیه واریانس برای مقایسه میانگین گروه‌بندی حاصل از تجزیه خوشه‌ای

منابع تغییرات	درجه‌آزادی	میانگین‌مربعات							
		ارتفاع بوته	عرض بوته	قطر ساقه اصلی	طول برگ	عرض برگ	تعداد برگچه	طول برگچه	عرض برگچه
جمعیت	۳	۱۴۸۳/۰۶**	۸۷۵/۳۲**	۷/۸۱**	۴/۷۳**	۲۵/۱۵**	۶/۷۳**	۱۳۵/۰۲**	۴/۸۶**
خطا	۱۸	۶۸/۷۶	۹۱/۶۷	۰/۳۷	۱/۲۵	۴/۲۱	۰/۵۶	۱۳/۵۱	۱/۱۰
ضریب تغییرات (٪)		۱۵/۸۲	۱۶/۳۳	۱۰/۳۶	۱۵/۸۱	۱۶/۴۱	۶/۳۹	۱۴/۷۳	۱۵/۴۶

ns و **: عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح ۱٪

ادامه جدول ۷- ...

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		تعداد شاخه جانبی	وزن تر اندام هوایی	وزن تر ریشه	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی	عملکرد ریشه	عملکرد اندام هوایی
جمعیت	۳	۳/۸۱**	۳۲۴۷۲/۵۴**	۱۹۴۹۶/۶۳**	۹۵۲۴/۳۲**	۹۱۷۲/۵۷**	۰/۱۶۷ns	۸۸۲۷۲/۵۹**	۹۳۰۰۹/۹۸**
خطا	۱۸	۰/۲۵	۱۹۵۹/۰۱	۱۵۶۰/۱۸	۵۸۱/۶۷	۷۵۵/۵۶	۰/۰۷۸	۷۳۶۳/۸	۵۶۸۰/۳۸
ضریب تغییرات (٪)		۱۴/۹۹	۲۱/۹۹	۱۷/۱۳	۲۱/۸۱	۱۷/۱۳	۱۰/۰۴	۱۹/۰۷	۲۱/۰۸

ns و **: عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح ۱٪

ضرایب تشخیص استاندارد شده کانونیکی، همبستگی خطی ساده بین متغیرهای اصلی و متغیرهای کانونیکی را محاسبه می‌کند. ازاین‌رو ضرایب تشخیص استاندارد شده کانونیکی منعکس‌کننده واریانس مشترکی است که متغیرهای اندازه‌گیری شده با متغیرهای کانونیک دارند و می‌توانند در ارزیابی توجیه نسبی هر متغیر در هر رابطه کانونیک مورد تفسیر قرار بگیرد (Azizi & Abdollahi, 2013). Rencher (۱۹۹۲) نیز توصیه می‌کند که برای تفسیر توابع تشخیص از ضرایب تشخیص استانداردشده استفاده شود. این ضرایب تأثیرات و سهم هر صفت (متغیر) را پس از حذف اثرهای سایر صفات در توابع تشخیص نشان می‌دهد و در واقع می‌توان گفت که اثرهای خالص هر صفت را در تابع تشخیص محاسبه می‌کند. در تجزیه تشخیص کانونیکی دو متغیر کانونیک اول معنی‌دار بودند. نتایج نشان می‌دهد صفاتی که بیشترین ضرایب استاندارد شده کانونیکی را دارند، بیشترین تأثیر را در تنوع بین جمعیت‌های مورد مطالعه ایفاء می‌کنند و به‌عبارتی سهم بیشتری از تنوع بین این جمعیت‌ها براساس این صفات قابل توجیه می‌باشد. نتایج مطالعه روی یونجه زراعی نشان داد که در تجزیه تشخیص کانونیکی دو متغیر کانونیکی اول و دوم معنی‌دار شدند. براساس ضرایب استانداردشده کانونیکی، صفات وزن خشک برگ، وزن خشک کل، وزن تر کل، وزن تر برگ و وزن خشک ساقه در اولین رابطه کانونیکی و صفت ارتفاع بوته در دومین رابطه کانونیکی بیشترین تأثیر را در تنوع بین جمعیت‌های مورد مطالعه داشته‌اند (Azizi & Abdollahi, 2013). در آزمایش‌هایی که توسط Safari و همکاران (۲۰۰۷) در بادام‌زمینی انجام شد، صفات وزن غلاف، تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه در رابطه اول تابع تشخیص قابل توجه بوده که چنین روندی برای صفات مشابه در آزمایش‌های دیگر نیز بدست آمده است. گروه‌بندی جمعیت‌ها براساس متغیرهای معنی‌دار اول و دوم، جمعیت‌ها را در ۴ گروه مجزا قرار داد. فواصل ماهالانوبیس نشان داد که در هر گروه تنوع ژنتیکی درون‌گروهی مقدار کمتری نسبت به تنوع بین‌گروهی دارد و در حقیقت جمعیت‌های داخل یک گروه فاصله ژنتیکی کمتری با یکدیگر دارند.

جمعیت‌های گروه‌بندی شده در خوشه دوم دارای بالاترین ارتفاع بوته، عرض بوته، وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، عملکرد ریشه و عملکرد اندام هوایی در مترمربع بود که با توجه به اهمیت این صفات در عملکرد شیرین‌بیان به‌نظر می‌رسد در این مورد جمعیت‌های موجود در این خوشه از اهمیت بالاتری برخوردار باشند. لازم به ذکر است که صفات ذکرشده، دارای ضرایب کانونیکی بزرگی نیز در متغیرهای کانونیک بودند. ژنوتیپ‌های مربوط به جمعیت‌های درون این گروه با وجود عملکرد بالا به‌دلیل فاصله ژنتیکی کم، بهتر است با همدیگر تلاقی داده نشوند و در برنامه‌های به‌نژادی برای ایجاد رقم هیبرید برای حصول حداکثر هتروزیس بهتر است از افراد مربوط به جمعیت‌هایی که در گروه‌های متفاوت و دارای فاصله بیشتر (گروه ۱ و ۲ در این تحقیق) هستند، استفاده گردد. همچنین در گروه‌های با حداکثر فاصله از جمعیت‌های مربوط به این گروه‌ها که خود حداکثر فاصله ژنتیکی را نشان می‌دهند، می‌توان به‌عنوان والدین هیبریدها بهره برد.

به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که بین جمعیت‌های مورد مطالعه تنوع ژنتیکی معنی‌داری وجود دارد که حکایت از ارزشمند بودن این ذخایر و لزوم توجه بیشتر در حفظ، نگهداری، ارزیابی و شناسایی آنهاست، همچنین برخی از جمعیت‌ها و ژنوتیپ‌های مربوط به آنها با داشتن توان تولید بالا و یا صفات مطلوب دیگر می‌توانند در برنامه‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار بگیرند و منشأ تولید ارقام اصلاح‌شده باشند. تجزیه تشخیص کانونیکی نیز در محاسبه میزان تنوع و شناسایی صفات بسیار مؤثر در تنوع بین جمعیت‌های شیرین‌بیان مورد بررسی موفق عمل کرد. صفات مؤثر شناسایی شده در تنوع بین جمعیت‌ها شامل ارتفاع بوته، عرض بوته، قطر ساقه اصلی، طول برگ، تعداد برگچه، وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، عملکرد ریشه و عملکرد اندام هوایی می‌باشد. تشخیص تنوع این صفات بین

جمعیت‌های شیرین‌بیان به اصلاح‌گر این اجازه را می‌دهد تا بـر صفات مشخصی که موجب تنوع شده است، تمرکز کند.

منابع مورد استفاده

- Allison, L., Bollen, W. and Moodie, C., 1965. Total carbon: 1346-1366. In: Black, C.A., Evans, D.D., Ensminger, L.E., White, J.L. and Clark, F.E., (Eds.). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, Agronomy Monograph 9.2. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America Madison, WI, 1572p.
- Asl, M.N. and Hosseinzadeh, H., 2008. Review of pharmacological effects of *Glycyrrhiza* sp. and its bioactive compounds. Phytotherapy Research, 22: 709-724.
- Azizi, H. and Abdollahi, B., 2013. Evaluation of genetic variation of *Medicago sativa* L. populations using canonical diagnosis analysis. Applied Field Crops Research, 10: 183-189.
- Bains, K.S. and Sood, K.C., 1984. Resolution of genetic divergence for choice of parents in soybean breeding. Journal of Crop Improvement, 11: 20-24.
- Bremner, J.M., 1982. Nitrogen-total: 1149-1178. Black, C.A., Evans, D.D., Ensminger, L.E., White, J.L. and Clark, F.E., (Eds.). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, Agronomy Monograph 9.2. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America Madison, WI, 1572p.
- Chung, J., Chang, H., Lin, W., Wang, H. Yeh, C., Hung, C. and Li, Y., 2000. Inhibition of Nacetyltransferase activity and DNA-2-aminofluorene adducts by glycyrrhizic acid in human colon tumour cells. Food and Chemical Toxicology, 38: 163-172.
- Fatima, A., Gupta, V., Lugman, S., Negi, A., Kumar, J. Shanker, K., Saikia, D., Srivastava, S., Darokar, M. and Khanuja, S., 2009. Antifungal activity of *Glycyrrhiza glabra* extracts and its active constituent glabridin. Phytotherapy Research, 23: 1190-1193.
- Foundra, M.Z., Hernandez, M., Lopez, R., Fernandez, L., Sanchez, A., Lopez, J. and Ravelo, I., 2000. Analysis of the variability in collected peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars for the establishment of core collection. Plant Genetic Resources Newsletter, 137: 1540-1544.
- Gee, G. and Bauder, J., 1979. Particle size analysis by hydrometer: a simplified method for routine textural analysis and a sensitivity test of measurement parameters. Soil Science Society of America Journal, 43(5): 1004-1007.
- Gibson, M.R., 1987. *Glycyrrhiza* in old and new perspectives. Lloydia, 41: 348-354.
- Hong, Y.K., Wu, H.T., Ma, T., Liu, W.J. and He, X.J., 2009. Effects of *Glycyrrhiza glabra* polysaccharides on immune and antioxidant activities in high-fat mice. International Journal of Biological Macromolecules, 45: 61-64.
- Humphreys, M.O., 1991. A genetic approach to the multivariate differentiation of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) cultivars. Heredity, 66: 437-443.
- Jaynes, D.B., Kaspar, T.C., Colvin, T.S. and James, D.E., 2003. Cluster analysis of spatiotemporal corn yield patterns in an Iowa field. Agronomy Journal, 95(3): 574-586.
- Jobson, J.D., 1992. Applied Multivariate Data Analysis (Volume II): Categorical and Multivariate Methods. Springer-Verlag, New York, 615p.
- Khattree, R. and Naik, D.N., 2000. Multivariate Data Reduction and Discrimination with SAS Software, SAS Institute Inc, Cary, NC, 584p.
- Khym, J.X., 1974. Analytical Ion-Exchange Procedures in Chemistry and Biology: Theory, Equipment, Techniques. Prentice-Hall, NJ, 257p.
- Loos, B.P., 1993. Morphological variation in *Lolium* (Poaceae) as a measure of species relationships. Plant Systematics and Evolution, 188: 87-99.
- Makinde, S.C.O. and Ariyo, O.J., 2010. Multivariate analysis of genetic divergence in twentytwo genotypes of groundnut (*Arachis hypogaea* L). Plant Breeding Crop Science, 2: 192-204.
- Mousa, N.A., Siaguru, E., Wiryowidagdo, S. and Wagih, M.E., 2007. Establishment of regenerative callus and cell suspension system of licorice (*Glycyrrhiza glabra*) for the production of the sweetener glycyrrhizin in vitro. Sugar Tech, 9: 72-82.
- Nelson, D. and Sommers, L.E., 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties (methodsofsoilan 2). 539-579.
- Nowakowska, Z., 2007. A review of anti-infective and anti-inflammatory chalcones. European Journal of - Medicinal Chemistry, 42: 125-137.
- Rencher, A.C., 1992. Interpretation of canonical discriminant functions, canonical variates, and principal components. American Statistic, 46: 217-225.
- Riggs, T.J., 1973. The use of canonical analysis for selection within a cultivar of spring barley. Annals of Applied Biology, 74(2): 249-258.
- Saburi, H., Nahvi, M., Torabi, A. and Kanoni, M., 2008. Classification of rice varieties at different

levels from the osmotic potential of sorbitol based on cluster analysis and fisher linear functions. Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding, Karadj, Iran, 28-30 August, 7: 327-340.
- Safari, P., Honarnezhad, R. and Esfehani, M., 2007. Evaluation of genetic diversity in groundnut cultivars using canonical discriminant analysis. Iran Agriculture Research, 6: 327-334.
- Vaylay, R. and van Santen, E., 2002. Application of canonical discriminant analysis for the assessment of genetic variation in tall fescue. Crop Science, 42: 534-539.
- Yeater, K.M., Bollero, G.A., Bullock, D.G., Rayburn, A.L. and Rodriguez-Zas, S., 2004. Assessment of genetic variation in hairy vetch using canonical discriminant analysis. Crop Science, 44: 185-189.
- Zberjdi, A., Safari, M. and Chagamirza, K., 2017. Ex vitro production of transgenic composite plants in *Glycyrrhiza glabra* via *Agrobacterium* rhizogenes-mediated transformation as a new method. Journal of Medicinal Plants, 1(61): 102-109.

Assessment of genetic variation and grouping of licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) populations using canonical discriminant analysis

Gh. Eghlima[1], A. Kheiry[2*], M. Sanikhani[3], J. Hadian[4] and M. Aelaei[3]

1- Ph.D. student of Physiology and Plant Breeding, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Zanjan University, Zanjan, Iran
2*- Corresponding author, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Zanjan University, Zanjan, Iran E-mail: kheiry@znu.ac.ir
3- Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Zanjan University, Zanjan, Iran
4- Department of Agriculture, Institute of Medicinal Plants and Raw Materials, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: January 2019 Revised: April 2019 Accepted: June 2019

Abstract

Licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) is one of the oldest and most important medicinal plants in Fabaceae, used for curing many diseases since 4000 years ago. This study was conducted to evaluate the genetic diversity of 22 different licorice populations based on morphological and yield traits at the research field of the Faculty of Agriculture, Zanjan University, during 2016 to 2018. Morphological and yield traits including plant height and width, leaf length and width, number, length and width of leaflets, number of lateral branches, main stem diameter, aerial parts fresh and dry weight, root fresh and dry weight, root to aerial parts ratio and aerial parts and root yields (per m^2) were measured. Canonical discriminant (CDA) and cluster (CA) analyses were used to group the populations. In CDA, the first two canonical variables were significant. The first canonical variable included plant height and width, main stem diameter, leaf length and the number of leaflets, and the second one included aerial parts fresh and dry weight, root fresh and dry weight, root and aerial parts yields. The second canonical variable had the greatest role in population separation and grouping. Canonical variables divided populations into four main groups and confirmed CA clustering results. In general, the results indicated the good potential of canonical discriminant analysis in evaluating the genetic diversity and identifying the index traits in licorice.

Keywords: Licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.), genetic variation, canonical discriminant analysis, cluster analysis.