

مطالعه مورفومتریک گونه‌های جنس *Erysimum* L. (Brassicaceae) در استان‌های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی

سمیه قائم‌پناه^۱، جمیل واعظی^{۲*}، حمید اجتهادی^۱، محمد فارسی^۳ و محمدرضا جوهرچی^۳
^۱ گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
^۲ گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
^۳ پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده

بر اساس فلورا ایرانیکا، جنس *Erysimum* L. در ایران دارای ۲۶ گونه است، که تاکنون ۱۱ گونه آن در استان‌های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی گزارش شده است. در این پژوهش، برای نخستین بار دو گونه از آنها، برای فلور این استان‌ها معرفی شده‌اند. شناسایی و تفکیک گونه‌های این جنس، به علت شباهت ظاهری آنها به یکدیگر و نیز دامنه وسیع صفات مورفولوژیک کار دشواری است. در این مطالعه سعی شده است با بهره‌گیری از روش مورفومتریک، گونه‌های این جنس در خراسان را از یکدیگر تفکیک نماییم. بدین منظور، ۷۵ صفت مورفولوژیک مربوط به اجزای رویشی و زایشی روی ۸۴ فرد متعلق به ۱۱ گونه و یک نمونه مشکوک مطالعه شد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل‌های چند متغیره به جدایی و تفرق نسبی آرایه‌های مورد مطالعه از یکدیگر منجر شد و نشان داد که ویژگی‌های ریخت‌شناسی تا حد قابل قبولی برای تمایز میان این گونه‌ها مفید هستند، به طوری که سه گروه عمده قابل تشخیص را نشان دادند: گروه اول شامل گونه‌های *E. sisymbrioides*، *E. griffithianum*، *E. repandum* و *E. nanum* و *E. persepolitano*؛ گروه دوم شامل گونه‌های *E. aitchisonii*، *E. korbabaevii* و *E. crassipes* و سومین گروه در برگیرنده گونه‌های *E. crassicaule*، *E. stocksianum*، *E. crassicaule* و *E. crassicaule* کرک‌دار و *E. ischnostylum* است. در نهایت، کلیدی بر اساس صفات ریخت‌شناسی، برای شناسایی گونه‌های *Erysimum* در استان‌های خراسان معرفی گردید.

واژه‌های کلیدی: تجزیه خوشه‌ای، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، ریخت‌شناسی، *Erysimum*، Brassicaceae

مقدمه

Mummenhoff, 2006; Gupta, 2009; Khosravi et al., 2009) جنس *Erysimum* شامل گیاهانی علفی،

یک‌ساله، دوساله و یا پایاست (قهرمان، ۱۳۷۲)؛ کرک‌ها معمولاً میان‌چسب، دو شاخه یا چند شاخه و به ندرت

جنس *Erysimum* L. در طایفه Erysimeae از تیره شب‌بو (Brassicaceae) قرار دارد (Koch and

تألیف کلید شناسایی جنس *Erysimum* در فلورا ایرانیکا، فلور منطقه توران را گزارش نمود و در آنجا کلیدی را که خود در فلور یاد شده ارائه کرده بود، اصلاح کرد، به طوری که دو گونه *E. crassicaule* و *E. stocksianum* را مترادف با یکدیگر معرفی کرد. در فلور فعلی پاکستان نیز این آرایه‌ها، همچنان به صورت دو گونه مجزا معرفی شده‌اند (Nasir, 1973). تفاوتی که در کلیدهای نامبرده برای جداسازی این دو گونه به کار رفته است، عبارتند از: صفات مربوط به محل انشعاب شاخه‌های فرعی و طول اجزای گل. بنابراین، در این مطالعه کوشش خواهیم کرد تا در صورت امکان ارتباط و موقعیت این دو گونه را نسبت به یکدیگر روشن تر کنیم.

با وجود مشکلات در به‌کارگیری صفات مورفولوژیک، نقش و اهمیت ویژه این صفات در طبقه‌بندی آرایه‌ها انکارناشدنی است. برای مثال، کرک‌ها، ویژگی‌های با ارزشی برای شناسایی طایفه‌ها، جنس‌ها، گونه‌ها، زیرگونه‌ها و واریته‌ها در تیره Brassicaceae هستند (Dvořák, 1973) و تاکنون کلیدهای شناسایی مختلفی بر اساس صفات کرکی برای آرایه‌های این تیره ارائه شده است (Khalik, 2005).

هدف این مطالعه، تهیه کلیدی برای گونه‌های این جنس در استان‌های خراسان و همچنین، تجزیه و تحلیل صفات مورفولوژیک با استفاده از تجزیه‌های چند متغیره و مرزبندی میان گونه‌های متعلق به جنس *Erysimum* در منطقه مورد مطالعه به روش مورفومتریک است. سؤال‌های تاکسونومیکی که در این مطالعه پاسخ داده خواهند شد، عبارتند از:

منشعب و دندان‌های‌اند؛ برگ‌ها سرنیزه‌ای یا خطی، موج‌دار، دندان‌دار یا کامل هستند؛ گلبرگ‌ها ناخنک‌دار، زرد و یا به ندرت ارغوانی و صورتی‌رنگ (مبین، ۱۳۶۴)؛ کاسبرگ‌ها کوهان‌دار یا فاقد آن هستند؛ خورجین شکوفا، کفه‌های آن دارای یک رگه و غالباً ناوی شکل، کلاله کوتاه و یا با خامه نسبتاً مشخص، سردار یا باریک و محتوی دانه‌هایی است که در یک ردیف قرار دارند (قهرمان، ۱۳۷۲؛ مبین، ۱۳۶۴).

جنس *Erysimum* دارای ۲۲۵ گونه در کل دنیا است (Berry, 2011) که Polatschek و همکاران (۱۹۶۸)، ۴۰ گونه آن را در فلورا ایرانیکا برای فلات ایران معرفی کرده و از این میان ۲۶ گونه از کشور ایران گزارش شده است. بیشترین پراکنش جغرافیایی این جنس در ایران، به غرب کشور محدود می‌شود و تنها پنج گونه از استان‌های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی گزارش شده است. البته، با گذشت زمان و بررسی‌های بیشتر به این تعداد افزوده شده و هم اکنون حدود ۱۱ گونه از این جنس در استان خراسان شناسایی شده است.

گونه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه عبارتند از: *E. repandum* L., *E. griffithianum* Boiss., *E. sisymbrioides* C. A. Mey., *E. crassicaule* (Boiss.) Boiss., *E. stocksianum* (Boiss.) Boiss., *E. nanum* Boiss. & Hohen., *E. persepolitenum* Boiss., *E. aitchisonii* O. E. Schulz., *E. ischnostylum*, *E. kerbabaevii* Kurbanov & Gudkova, *E. crassipes* Fisch. & C. A. Mey.

نمونه‌ای بسیار شبیه به گونه *E. crassicaule*، ولی کرک‌دار، با طول دم‌گل و دم میوه بلندتر (*E. crassicaule* کرک‌دار) (Ghahremaninejad et al., 1968) و مطالعه (Polatschek et al., 2005) حاضر).

Polatschek و همکاران (۱۹۶۸) مدتی پس از

است که در فلورا ایرانیکا، در استان‌های خراسان تنها از محلی به نام «بزج» (Bezj) گزارش شده است (Polatscheck *et al.*, 1968). با توجه به وجود دو محل به نام‌های یزد (در جنوب غربی تربت جام) و بزق (در شمال غربی کدکن) در استان، با سفر به هر دو منطقه یاد شده و همچنین بازدید از هرباریوم‌های مختلف داخل استانی، مطالعه این گونه میسر نشد. بنابراین، احتمال می‌رود که این گونه یا بنا به دلایل مختلف، از جمله چرای شدید دام از بین رفته باشد و یا شناسایی نمونه جمع‌آوری شده از این مکان، توسط مؤلف این فلور اشتباه انجام شده باشد که اثبات ادعای اخیر، به دیدن نمونه جمع‌آوری شده از این منطقه و همچنین بررسی‌های بیشتر در منطقه نیاز دارد. با این حال، در این مطالعه برای تکمیل نمونه‌برداری، از دو فرد متعلق به این گونه که از استان فارس جمع‌آوری شده بودند، استفاده شده است (جدول ۱). همچنین، در این مطالعه، علاوه بر ۱۱ گونه یاد شده، نمونه‌هایی بررسی شدند که از لحاظ ظاهری شباهت زیادی به نمونه‌های متعلق به گونه *E. crassicaule* داشتند. این نمونه‌ها تنها در چند صفت محدود با گونه یاد شده تفاوت داشتند؛ از جمله صفاتی مانند کرک‌دار بودن سطح ساقه، طول متفاوت دمگل و دم میوه. این نمونه‌های ناشناس نیز با نام "*E. crassicaule*" کرک‌دار" برای تعیین جایگاه آنها در میان سایر گونه‌ها در تجزیه‌ها وارد شدند.

(۱) آیا تفاوت ریخت‌شناسی متمایزکننده‌ای میان گونه‌های نسبتاً مشابه *E. stocksianum* و *E. crassicaule* وجود دارد؟
 (۲) آیا افراد مربوط به تاکسون *E. crassicaule* و *E. crassicaule* کرک‌دار، به یک گونه تعلق دارند؟
 (۳) موقعیت تاکسون‌های *E. kerbabaevii*، *E. crassipes* و *E. aitchisonii* که ظاهری نسبتاً مشابه دارند، نسبت به یکدیگر چگونه است؟
 (۴) آیا می‌توان سه گونه یک‌ساله و از نظر مورفولوژیک، نسبتاً مشابه این جنس (*E. sisymbrioides*، *E. griffithianum* و *E. repandum*) را از هم تشخیص داد؟

مواد و روش‌ها

نمونه‌های گیاهی: در مطالعه اولیه، ۴۶۸ فرد از نمونه‌های گیاهی موجود در هرباریوم پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد (FUMH) و نیز گیاهانی که در فصل رویشی سال ۱۳۸۹ جمع‌آوری شده بود (جدول ۱)، بررسی شد. از این میان، ۸۴ فرد برای انجام مطالعات بیشتر و اندازه‌گیری صفات انتخاب شد. در این مطالعه سعی شده است برای اندازه‌گیری صفات، تا حد امکان از نمونه‌های هرباریومی و از جمعیت‌های مختلف استفاده گردد، تا نتایج حاصل، تنوع مورفولوژیک بیشتری را در دامنه‌های جغرافیایی وسیع‌تر در برگیرد.

دو گونه از ۱۱ گونه شناسایی شده در استان‌های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی (*E. nanum*) و *E. kerbabaevii* (جدول ۱)، برای نخستین بار در این مطالعه، برای فلور این منطقه معرفی شدند. یکی از گونه‌های مورد مطالعه، گونه *E. persepolitanum*

جدول ۱- اسامی گیاهان مورد مطالعه، تاریخ و ارتفاع و محل جمع‌آوری آنها به همراه کد هرباریومی و شماره قراردادی متعلق به هر فرد که در تجزیه‌های بعد به کار رفته است. (*): گونه‌های موجود در هرباریوم دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد (سایر نمونه‌ها متعلق به هرباریوم پژوهشکده علوم گیاهی (FUMH) هستند). (d): نمونه duplicate از پژوهشکده علوم گیاهی. شماره داخل پرانتز: شماره سریال کارت هرباریومی (کارت فاقد کد هرباریومی بوده است).

کد هرباریومی	نام علمی گونه	محل جمع‌آوری	ارتفاع (m)	تاریخ جمع‌آوری
*۱۰۰۰	<i>E. crassicaule</i>	جاده قائن به بیرجند، کیلومتر ۶۰	۱۶۸۳	۱۳۸۹/۲/۵
۲۴۸۰۰	<i>E. crassicaule</i>	جاده فردوس به بشرویه، کیلومتر ۱۴، روستای امیرآباد	۱۴۰۰	۱۳۷۴/۱/۲۷
۱۵۱۴۰	<i>E. crassicaule</i>	بیرجند، جاده همد- قلعه زری، ۲۰ کیلومتری قلعه زری	۱۶۰۰	۱۳۶۶/۱/۲۰
۱۵۲۶۲	<i>E. crassicaule</i>	بشرویه- ارسک، ارتفاعات سد فتح‌آباد	۱۵۵۰	۱۳۶۶/۱/۲۹
۱۴۲۱۷	<i>E. crassicaule</i>	جاده قائن به بیرجند، کیلومتر ۳۰	۱۶۰۰	۱۳۶۵/۲/۲۷
۲۶۲۸۳	<i>E. crassicaule</i>	جنوب شرق طبس، ارتفاعات روستای نیاز	۱۳۵۰	۱۳۷۵/۱/۲۷
۲۱۶۰۵	<i>E. crassicaule</i>	جاده طبس، ۱۰ کیلومتری عشق‌آباد	۱۰۵۰	۱۳۷۱/۲/۱۴
۳۲۰۱۲	کرک‌دار <i>E. crassicaule</i>	طبس، شمال غربی ناینبد، علی‌آباد، تنگل شن	۱۱۰۰	۱۳۷۸/۲/۲۴
۱۹۸۳۷	کرک‌دار <i>E. crassicaule</i>	بین نهبندان و طبس، معدن پنبه نسوز	۱۳۵۰	۱۳۷۰/۲/۱۰
۲۱۴۷۲	کرک‌دار <i>E. crassicaule</i>	نهبندان، معدن پنبه نسوز	۱۳۰۰	۱۳۷۱/۱/۲۴
*۱۰۰۱	<i>E. stocksianum</i>	شمال سبزوار، کوه‌های بعد از باغجر	۱۲۸۷	۱۳۸۹/۳/۱۱
*۱۰۰۲	<i>E. stocksianum</i>	شمال سبزوار، کوه‌های باغجر	۲۱۴۵	۱۳۸۹/۳/۱۱
(d)۱۱۲۷۲	<i>E. stocksianum</i>	غرب سبزوار، بین کاهک و داورزن	۱۳۰۰	۱۳۶۷/۳/۱۲
(۹۱۱۱)	<i>E. stocksianum</i>	شمال شرق سبزوار، کوه‌های باغجر	۱۴۰۰	۱۳۶۳/۳/۶
۳۹۱۰۷	<i>E. stocksianum</i>	شمال سبزوار، کوه‌های افچنگ	۱۷۵۰-۷۰۰	۱۳۸۶/۳/۲۲
۳۱۹۴۷	<i>E. stocksianum</i>	غرب کاشمر، درونه، کوه‌های دره آب	-	۱۳۷۸/۱/۲۳
*۱۰۰۳	<i>E. ischnostylum</i>	جنوب بجنورد، ارکان به رئین، دوراهی بالی	۲۱۸۶	۱۳۸۹/۳/۱۰
*۱۰۰۴	<i>E. ischnostylum</i>	جنوب بجنورد، ارکان به رئین، قبل از دوراهی بالی	۱۷۶۱	۱۳۸۹/۳/۱۰
*۱۰۰۵	<i>E. ischnostylum</i>	آشخانه، جوزک-درکش	۱۳۰۰	۱۳۸۹/۲/۱۲
۲۰۷۸۷	<i>E. ischnostylum</i>	شمال شرقی بجنورد، گیفان، کوه‌های میسی نو	۱۸۰۰ - ۲۰۰۰	۱۳۷۰/۳/۲۷
*۱۰۰۶	<i>E. ischnostylum</i>	قوچان، منطقه بهار کیش	۱۸۰۰	۱۳۸۹/۲/۲۷
*۱۰۰۷	<i>E. ischnostylum</i>	فریزی	۱۸۵۰	۱۳۸۹/۲/۸
۴۰۳۰۳	<i>E. ischnostylum</i>	شمال غربی بجنورد، ۴ کیلومتری راز به سمت پیریز	۱۶۴۰	۱۳۸۷/۳/۱
۴۰۱۲۱	<i>E. ischnostylum</i>	بجنورد، دوراهی جرگلان- غلامان، قرق گوی نیک	۱۴۳۵	۱۳۸۷/۲/۲۹
۴۳۰۸۲	<i>E. ischnostylum</i>	شمال فاروج، ۲ کیلومتری شمال قلعه صفا به اوغاز تازه	۱۹۵۰ - ۲۰۵۰	۱۳۸۸/۳/۲۶
۱۹۹۹۷	<i>E. aitchisonii</i>	شمال تربت حیدریه، دامنه کوه اسفیوخ	۱۷۵۰	۱۳۷۰/۲/۲۳
۲۱۹۷۰	<i>E. aitchisonii</i>	بند فریمان	۱۵۰۰	۱۳۷۱/۲/۱۱
*۱۰۰۸	<i>E. aitchisonii</i>	مشهد- تربت حیدریه، ۵ کیلومتر مانده به تربت حیدریه	۱۶۵۵	۱۳۸۹/۲/۴
*۱۰۰۹	<i>E. aitchisonii</i>	جاده قائن به بیرجند، کیلومتر ۲۹	۱۸۰۱	۱۳۸۹/۲/۵
*۱۰۱۰	<i>E. aitchisonii</i>	مشهد به تربت حیدریه، کیلومتر ۶۵	۱۶۰۰	۱۳۸۹/۲/۳۰
*۱۰۱۱	<i>E. aitchisonii</i>	مشهد، کوه‌های آب و برق	-	۱۳۸۹/۲/۱۷
۳۴۰۴۴	<i>E. aitchisonii</i>	تربت جام به نپی تاک، کیلومتر ۲۵	۱۰۵۰-۹۰۰	۱۳۸۱/۲/۴

کد هرباریومی	نام علمی گونه	محل جمع‌آوری	ارتفاع (m)	تاریخ جمع‌آوری
*۱۰۱۲	<i>E. aitchisonii</i>	مشهد- سرخس، کوه‌های جنوب دریاچه بزنگان	۱۵۰۰ - ۱۰۰۰	۱۳۸۹/۲/۹
*۱۰۱۳	<i>E. aitchisonii</i>	مشهد- سرخس، کوه‌های جنوب دریاچه بزنگان	۱۵۰۰ - ۱۰۰۰	۱۳۸۹/۲/۲
۴۰۴۲۷	<i>E. repandum</i>	جنوب شرقی بجنورد، روستای چناران، زوچناران	۱۳۶۳	۱۳۸۷/۳/۷
۳۷۲۴۷	<i>E. repandum</i>	جنوب غربی بجنورد، رئین، ابتدای دره دلاو	۱۶۹۳	۱۳۸۵/۲/۲
۳۷۱۲۸	<i>E. repandum</i>	جنوب غربی بجنورد، رئین، دامنه شمالی کوه شاه نشین	۱۸۴۶	۱۳۸۵/۱/۲۵
۳۷۲۴۶	<i>E. repandum</i>	جنوب غربی بجنورد، رئین، ابتدای دره دلاو	۱۶۹۳	۱۳۸۵/۲/۲
۲۴۶۴۱	<i>E. repandum</i>	جنوب شرقی طیس، خرو	۱۹۵۰	۱۳۷۳/۱۲/۲۳
۱۷۲۵۰	<i>E. griffithianum</i>	بیرجند، ایستگاه طرح اصلاح مراتع سریشه	۱۸۰۰	۱۳۶۸/۲/۲
۲۶۴۱۶	<i>E. griffithianum</i>	جنوب شرقی بیرجند، کیلومتر ۲۲ جاده مود به سریشه	۱۱۳۰	۱۳۷۵/۲/۱۰
۱۵۱۶۹	<i>E. griffithianum</i>	بیرجند- مود، جاده فرعی تیموری، صحت آباد	۱۷۰۰	۱۳۶۶/۱/۲۱
۱۸۱۸۶	<i>E. griffithianum</i>	شوسف، کوه‌های ذهاب	۱۶۵۰	۱۳۶۹/۱/۲۳
۱۹۲۹۹	<i>E. sisymbroides</i>	بیرجند، بین سریشه و مختاران، فال	۱۷۰۰	۱۳۷۰/۱/۲۰
*۱۰۱۴	<i>E. kerbabaevii</i>	روستای پالکانلوی علیا	۹۰۰	۱۳۸۹/۲/۱۹
۳۹۴۸۲	<i>E. kerbabaevii</i>	شمال غربی بجنورد، جاده راز، ۱۶ کیلومتری خرتوت	۹۳۱	۱۳۸۷/۱/۲۸
۳۹۰۴۰	<i>E. kerbabaevii</i>	بجنورد، ۵ کیلومتری شهرک کال ایمانی به بوزداغی	۸۳۵ - ۸۵۰	۱۳۸۶/۳/۹
*۱۰۱۵	<i>E. repandum</i>	لوجلی به نامانلو	-	۱۳۸۹/۲/۱۹
*۱۰۱۶	<i>E. kerbabaevii</i>	۷-۸ کیلومتری جنوب دربادام	-	۱۳۸۹/۴/۱
۱۸۶۵۵	<i>E. crassipes</i>	جنوب درگز، بین ریشخوار و دربندی، کلاته گورنی	۱۸۰۰	۱۳۶۹/۳/۷
۱۵۷۱۹	<i>E. nanum</i>	۱۱۰ کیلومتری شمال غربی مشهد، کوه‌های هزار مسجد	۲۷۰۰	۱۳۶۶/۵/۱۱
۳۷۲۳۵	<i>E. nanum</i>	شمال شرقی چناران، ۵۶ کیلومتری بقمج به هزار مسجد	۲۰۰۰	۱۳۷۹/۲/۱۰
*۱۰۱۷	<i>E. persepolitanum</i>	استان فارس، کازرون، کتل پیرزن	-	-

صفات ریخت‌شناسی: در مجموع ۷۵ صفت

ریخت‌شناسی، شامل ۴۰ صفت کمی و ۳۵ صفت کیفی، در هر فرد اندازه گرفته شد (جدول ۲). برای انتخاب صفات سعی شد بیشتر از صفاتی که در فلورهای موجود که به عنوان صفات متمایز کننده معرفی شده بودند، استفاده شود. همچنین، با مطالعه بر روی نمونه‌ها برخی از صفاتی که به نظر می‌رسید دارای

اهمیت تاکسونومیک باشند نیز برای نخستین بار، مطالعه شدند. در مرحله بعد، تمام داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات وارد ماتریس داده‌ها شدند. در این ماتریس، داده‌های از دست رفته (missing data) با میانگین صفت، در افراد همان گونه جایگزین شدند (Legendre and Legendre, 1998).

جدول ۲- صفات کیفی و کمی ارزیابی شده در اندام‌های رویشی و زایشی نمونه‌های گیاهی به علاوه نام اختصاری صفات به صورتی که در تجزیه PCA و CA استفاده شده است. صفاتی که به علت عدم داشتن اختلاف معنادار در تفکیک گونه‌ها، حذف و در تجزیه‌های بعدی (PCA و CA) وارد نشدند با علامت * مشخص شده و نیز زیر صفات کمی (اختصار صفت) خط کشیده شده است.

شماره ترتیب	عنوان صفت (Fa)	اختصار صفت	حالت‌ها/مقیاس
۱	چرخه زندگی	LICY	یک‌ساله: ۰ / دوساله: ۱ / چندساله: ۲
۲	طول گیاه	<u>PLHI</u>	میلی متر
۳	رنگ ساقه	STCO	زرد: ۰ / زرد تا پسته‌ای: ۱ / کامل سبز: ۲ / سبز با بن قهوه‌ای: ۳ / کامل قهوه‌ای: ۴
۴	سطح ساقه *	STSU	فاقد کرک: ۰ / کرک‌دار: ۱
۵	قطر ساقه در محل یقه *	<u>STDI</u>	میلی متر
۶	محل انشعاب *	BRSI	تک انشعاب: ۰ / از محل قاعده: ۱ / از وسط: ۲ / هم از محل قاعده و هم از وسط: ۳
۷	تعداد انشعابات از قاعده	<u>BRNB</u>	عدد
۸	تعداد شاخه‌های فرعی از وسط ساقه	<u>BRNM</u>	عدد
۹	نوع کرک ساقه	STTR	فاقد کرک: ۰ / ۲ شاخه: ۱ / ۳ و ۲ شاخه: ۲ / ۳ و ۴ شاخه: ۳ / ۴ و ۵ شاخه: ۴ / ستاره‌ای (بیش از ۵ شاخه‌دار): ۵
۱۰	تراکم کرک ساقه (در میانه)	STTD	فاقد کرک: ۰ / خیلی کم و تنک: ۱ / متوسط و با فاصله: ۲ / متراکم و نزدیک به هم: ۳ / خیلی متراکم و غیرقابل شمارش: ۴
۱۱	طول برگ رزت (میانگین سه برگ بالغ و با رشد کامل)	<u>BLLE</u>	میلی متر
۱۲	عرض برگ رزت	BLWI	میلی متر
۱۳	شکل کلی برگ رزت	BLSH	سرنیزه‌ای (و واژسرنیزه‌ای): ۰ / سرنیزه‌ای - قاشقی: ۱ / سرنیزه‌ای - خطی: ۲ / خطی: ۳ / قاشقی: ۴ / سرنیزه‌ای - بیضی: ۵
۱۴	شکل حاشیه برگ رزت	BLMA	کامل: ۰ / دندان‌دار: ۱ / هردو نوع: ۲
۱۵	عمق دندان‌های حاشیه برگ رزت	<u>BLMD</u>	میلی متر
۱۶	شکل رأس برگ رزت *	BLAP	گرد (کند): ۰ / تیز: ۱
۱۷	دمبرگ‌دار بودن برگ رزت *	BLPE	فاقد دمبرگ: ۰ / بلند و باریک‌شونده: ۱ / دارای دمبرگ: ۲
۱۸	نوع کرک سطح رویی برگ رزت	TADB	فاقد کرک: ۰ / ۲ شاخه: ۱ / ۳ و ۲ شاخه: ۲ / ۳ و ۴ شاخه: ۳ / ۴ و ۵ شاخه: ۴ / ستاره‌ای (بیش از ۵ شاخه‌دار): ۵
۱۹	نوع کرک سطح پشتی برگ رزت	TABB	فاقد کرک: ۰ / ۲ شاخه: ۱ / ۳ و ۲ شاخه: ۲ / ۳ و ۴ شاخه: ۳ / ۴ و ۵ شاخه: ۴ / ستاره‌ای (بیش از ۵ شاخه‌دار): ۵
۲۰	تراکم کرک سطح رویی برگ رزت	DADB	فاقد کرک: ۰ / خیلی کم و تنک: ۱ / متوسط و با فاصله: ۲ / متراکم و نزدیک به هم: ۳ / خیلی متراکم و غیرقابل شمارش: ۴
۲۱	تراکم کرک سطح پشتی برگ رزت	DABB	فاقد کرک: ۰ / خیلی کم و تنک: ۱ / متوسط و با فاصله: ۲ / متراکم و نزدیک به هم: ۳ / خیلی متراکم و غیرقابل شمارش: ۴
۲۲	طول برگ ساقه‌ای (میانگین سه برگ کامل از پائین)	<u>SLLE</u>	میلی متر

شماره ترتیب	عنوان صفت (Fa)	اختصار صفت	حالت‌ها/مقیاس
۲۳	عرض برگ ساقه‌ای	SLWI	میلی متر
۲۴	شکل کلی برگ ساقه‌ای	SLSH	سرنیزه‌ای (و واژسرنیزه‌ای): ۰ / سرنیزه‌ای - خطی: ۱ / سرنیزه‌ای - بیضی: ۲
۲۵	شکل حاشیه برگ ساقه‌ای *	SLMA	کامل: ۰ / دنداندار: ۱ / هردو نوع: ۲
۲۶	عمق دندانه‌های حاشیه برگ ساقه‌ای	SLMD	میلی متر
۲۷	شکل رأس برگ ساقه‌ای	SLAP	گرد (کند): ۰ / تیز: ۱
۲۸	نوع کرک سطح رویی برگ ساقه‌ای	TADS	فاقد کرک: ۰ / شاخه: ۱ / ۲ / ۳ / ۴ / ۵ / ستاره‌ای (بیش از ۵ شاخه‌دار): ۵
۲۹	نوع کرک سطح پشتی برگ ساقه‌ای	TABS	فاقد کرک: ۰ / شاخه: ۱ / ۲ / ۳ / ۴ / ۵ / ستاره‌ای (بیش از ۵ شاخه‌دار): ۵
۳۰	تراکم کرک سطح رویی برگ ساقه‌ای	DADS	فاقد کرک: ۰ / خیلی کم و تنک: ۱ / متوسط و با فاصله: ۲ / متراکم و نزدیک به هم: ۳ / خیلی متراکم و غیرقابل شمارش: ۴
۳۱	تراکم کرک سطح پشتی برگ ساقه‌ای	DABS	فاقد کرک: ۰ / خیلی کم و تنک: ۱ / متوسط و با فاصله: ۲ / متراکم و نزدیک به هم: ۳ / خیلی متراکم و غیرقابل شمارش: ۴
۳۲	چند شکل بودن برگ‌ها	POLE	هم‌شکل: ۰ / دو شکل: ۱
۳۳	نسبت طول ساقه برگ‌دار به طول کل گیاه	SLTL	عدد
۳۴	تراکم گل‌ها در (۱/۵ سانتی‌متر) رأس گل آذین	FLDE	عدد
۳۵	طول گل آذین	INLE	میلی متر
۳۶	تعداد اجزای زایشی (اعم از غنچه، گل و میوه)	NRCO	عدد
۳۷	نسبت طول گل آذین به طول گیاه	ILTL	عدد
۳۸	نسبت طول گل آذین به تعداد اجزای زایشی *	ILTN	عدد
۳۹	طول دمگل	PELE	میلی متر
۴۰	نوع کرک دمگل	PETR	فاقد کرک: ۰ / شاخه: ۱ / ۲ / ۳ / ۴ / ۵ / ستاره‌ای (بیش از ۵ شاخه‌دار): ۵
۴۱	تراکم کرک دمگل	PETD	فاقد کرک: ۰ / خیلی کم و تنک: ۱ / متوسط و با فاصله: ۲ / متراکم و نزدیک به هم: ۳ / خیلی متراکم و غیرقابل شمارش: ۴
۴۲	محل پراکنش کرک بر روی دمگل	PETS	ندارد: ۰ / فقط در رأس: ۱ / یکنواخت پراکنده در کل سطح: ۲ / پراکنده در کل سطح با تراکم خیلی بیشتر در رأس: ۳
۴۳	طول کاسبرگ کیسه‌ای	BSLE	میلی متر
۴۴	طول کاسبرگ کوهان‌دار	HSLE	میلی متر
۴۵	عرض کاسبرگ کیسه‌ای	BSWI	میلی متر
۴۶	عرض کاسبرگ کوهان‌دار	HSWI	میلی متر
۴۷	نوع کرک کاسبرگ	SETR	فاقد کرک: ۰ / شاخه: ۱ / ۲ / ۳ / ۴ / ۵ / ستاره‌ای (بیش از ۵ شاخه‌دار): ۵

شماره ترتیب	عنوان صفت (Fa)	اختصار صفت	حالت‌ها/مقیاس
۴۸	تراکم کرک کاسبرگ	SETD	فاقد کرک: ۰ / خیلی کم و تنک: ۱ / متوسط و با فاصله: ۲ / متراکم و نزدیک به هم: ۳ / خیلی متراکم و غیرقابل شمارش: ۴
۴۹	نسبت طول به عرض پهنک گلبرگ*	PLTW	بدون مقیاس
۵۰	طول گلبرگ	PETL	میلی متر
۵۱	عرض پهنک گلبرگ	PEWI	میلی متر
۵۲	طول ناخنک گلبرگ	CLLE	میلی متر
۵۳	نسبت طول ناخنک به طول پهنک گلبرگ	CLTP	بدون مقیاس
۵۴	شکل رأس گلبرگ	PEAP	گرد: ۰ / فرو رفته: ۱ / صاف: ۲
۵۵	طول خامه گل	FSLE	میلی متر
۵۶	طول میله پرچم بلند	LSLE	میلی متر
۵۷	طول میله‌ی پرچم کوتاه	SSLE	میلی متر
۵۸	طول بساک در پرچم بلند	LSAL	میلی متر
۵۹	طول بساک در پرچم کوتاه	SSAL	میلی متر
۶۰	عرض بساک در پرچم بلند*	LSAW	میلی متر
۶۱	عرض بساک در پرچم کوتاه	SSAW	میلی متر
۶۲	طول میوه	FRLE	میلی متر
۶۳	عرض میوه*	FRWI	میلی متر
۶۴	شکل کلی میوه	FRSH	خطی: ۰ / دانه تسییحی: ۱ / استوانه‌ای: ۲ / در میوه‌های جوان تر خطی ولی در میوه‌های خشک شده و بالغ دانه تسییحی: ۳
۶۵	نوع کرک‌های سطح میوه	FRTR	فاقد کرک: ۰ / ۲ شاخه: ۱ / ۳ و ۲ شاخه: ۲ / ۳ و ۲ شاخه: ۳ / ۴ شاخه: ۴ / ستاره‌ای (بیش از ۵ شاخه‌دار) / ۲ تا بیش از ۵ شاخه‌دار: ۶
۶۶	تراکم کرک‌های سطح میوه	FRTD	فاقد کرک: ۰ / خیلی کم و تنک: ۱ / متوسط و با فاصله: ۲ / متراکم و نزدیک به هم: ۳ / خیلی متراکم و غیرقابل شمارش: ۴
۶۷	زاویه میوه با سطح افق	FRAN	درجه
۶۸	شکل رأس کلالة (در رأس میوه)*	STSH	سرسان: ۰ / دولوبه خیلی کوچک: ۱ / دو لوبه کاملاً متباعد: ۲ / سرسان-دولوبه کوچک: ۳ / پریده: ۴
۶۹	طول پایک میوه	FRPL	میلی متر
۷۰	طول خامه (بر روی میوه)	FSTL	میلی متر
۷۱	عرض خامه (بر روی میوه)	FSTW	میلی متر
۷۲	نسبت عرض میوه به عرض خامه (در میوه)*	FWTS	بدون مقیاس
۷۳	ضخامت دم نسبت به عرض میوه	PTFW	باریک‌تر: ۰ / تقریباً مساوی: ۱ / ضخیم‌تر: ۲
۷۴	ضخامت دم میوه نسبت به دمگل*	PTPE	باریک‌تر: ۰ / تقریباً مساوی: ۱ / ضخیم‌تر: ۲
۷۵	داشتن براکته	HABR	ندارد: ۰ / دارد: ۱

تجزیه داده‌ها: به منظور بررسی الگوی روابط میان آرایه‌ها و گروه‌بندی آنها، در مرحله اول، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (Principal Component Analysis) با استفاده از نرم‌افزار CANOCO نسخه ۴/۵ (Ter Braak and Smilauer, 2002) صورت گرفت. به علت عدم گروه‌بندی مشخص، برای حذف صفات نامناسب و غیر متمایزکننده، از آزمون Kruskal-Wallis H کمک گرفته شد. آزمون اخیر در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد. Kruskal-Wallis H یکی از آزمون‌هایی است که برای مقایسه متغیرها در میان دو یا چند گروه افراد مستقل از هم استفاده می‌شود. این آزمون معادل nonparametric تجزیه واریانس یک طرفه است. این آزمون زمانی استفاده می‌شود که داده‌های کمی به کار رفته در تحقیق از توزیع نرمال برخوردار نباشند (شرط به کارگیری روش‌های غیر پارامتری). با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smirnov توزیع داده‌های کمی بررسی شد. برخی از صفات دارای توزیع غیرنرمال، با به کارگیری روش تبدیل \lg_{10} (transformation) نرمال شدند، اما بقیه صفات از توزیع نرمالی برخوردار نشدند. با استفاده از آزمون Kruskal-Wallis، سه صفت (محل انشعاب، ضخامت دم میوه نسبت به دمگل و عرض میوه) از ۷۵ صفت مورد مطالعه، به طور معنی‌داری گونه‌های مورد مطالعه

را از یکدیگر متمایز نکردند. بنابراین، در مرحله بعد برای حذف بیشتر صفات و باقی ماندن صفات متمایزکننده‌تر، در ابتدا آزمون تک متغیره Mann-Independent samples t-Test (معادل Withney U) در آزمون‌های غیر پارامتری) را برای جفت گونه‌هایی که در تجزیه PCA اولیه به صورت در هم آمیخته و نزدیک به یکدیگر قرار گرفته بودند، انجام داده و مابقی صفاتی را که در جدایی این گونه‌های نزدیک به هم نقشی نداشتند، از ماتریس اولیه صفات حذف کرده که این کار به حذف ۱۰ صفت دیگر منجر شد. در ادامه، تجزیه چند متغیره PCA، مجدداً با استفاده از ۶۲ صفت باقی مانده تکرار شد. داده‌ها در طی این آزمون، ابتدا استاندارد و سپس ماتریکس همبستگی (correlation matrix) برای آنها محاسبه شد. در مرحله بعد برای تأیید گروه‌بندی حاصل از PCA، تجزیه خوشه‌ای (CA, Cluster Analysis) نیز به روش UPGMA انجام شد. تجزیه اخیر به کمک نرم‌افزار NTSYS نسخه ۲/۰ انجام پذیرفت. در پایان نیز برای تعیین صفات مناسب برای استفاده در کلید شناسایی، جداکنندگی صفات برای جفت گونه‌های نزدیک به هم بررسی شد. برای این منظور، از آزمون تک متغیره Mann-Withney U در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد (جدول ۳).

جدول ۳- فهرست صفات متمایزکننده گونه‌های با خویشاوندی و شباهت مورفولوژیک نزدیک به هم، به کمک آزمون Mann- Withney U و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶، برای تعیین سطح معنی‌داری صفات اندازه‌گیری شده برای گونه‌های مورد نظر. عدد داخل پرانتز بیانگر شماره صفت بر اساس جدول ۲ است.

kerba=E. kerbabaevii, *crassi*=E. crassicaule*, *stock=E. stocksianum*, *crassi=E. crassicaule*, *repan=E. repandum*, *griff=E. griffithianum*, *sisy=E. sisymbrioides*, *crassip=E. crassipes*, *aitchi=E. aitchisonii*, *perse=E. persepolitanum* و *nanum=E. nanum*

No.	crassi & stock	crassi & crassi*	kerba & aitchi	kerba & crassip	sisy & griff	repan & griff	nanum & perse
1	BLLE (11)	PLHI (2)	LICY (1)	PLHI (2)	PLHI (2)	PLHI (2)	PLHI (2)
2	DADB (20)	STTD (10)	STTR (9)	STCO (3)	BRNM (8)	BRNB (7)	BRNB (7)
3	DABB (21)	BLSH (13)	STTD (10)	BRNM (8)	BLSH (13)	STTD (10)	SLLE (22)
4	SLLE (22)	DADS (30)	BLLE (11)	STTR (9)	BLMA (14)	BLWI (12)	INLE (35)
5	ILTL (37)	POLE (32)	BLWI (12)	STTD (10)	BLMD (15)	SLWI (23)	ILTL (37)
6	PELE (39)	INLE (35)	BLSH (13)	BLLE (11)	DADB (20)	SLMD (26)	SSLE (57)
7	PETD (41)	NRCO (36)	DADB (20)	BLWI (12)	DABB (21)	PELE (39)	SSAL (59)
8	PETS (42)	ILTL (37)	SLWI (23)	BLSH (13)	SLLE (22)	BSLE (43)	FSTW (71)
9	BSLE (43)	PELE (39)	SLSH (24)	BLMA (14)	SLWI (23)	HSLE (44)	FWTS (72)
10	HSLE (44)	PETR (40)	POLE (32)	BLMD (15)	SLMD (26)	BSWI (45)	-
11	BSWI (45)	PETD (41)	SLTL (33)	TADB (18)	TABS (29)	HSWI (46)	-
12	SETD (48)	PETS (42)	FLDE (34)	TABB (19)	DADS (30)	PETL (50)	-
13	PETL (50)	FSLE (55)	ILTN (38)	DADB (20)	DABS (31)	PEWI (51)	-
14	PEWI (51)	FRAN (67)	PELE (39)	DABB (21)	INLE (35)	CLLE (52)	-
15	CLLE (52)	FRPL (69)	PETR (40)	SLWI (23)	ILTL (37)	CLTP (53)	-
16	PEAP (54)	FSTL (70)	PETD (41)	TADS (28)	ILTN (38)	LSLE (56)	-
17	FSLE (55)	FSTW (71)	PETL (50)	TABS (29)	BSWI (45)	SSLE (57)	-
18	LSLE (56)	-	PEWI (51)	SLTL (33)	PEWI (51)	LSAL (58)	-
19	SSLE (57)	-	CLTP (53)	INLE (35)	FSLE (55)	SSAL (59)	-
20	LSAL (58)	-	FSLE (55)	NRCO (36)	SSAW (61)	SSAW (61)	-
21	SSAL (59)	-	LSLE (56)	ILTL (37)	FRLE (62)	FRLE (62)	-
22	FRSH (62)	-	SSLE (57)	SETR (47)	FRTD (66)	FRTR (65)	-
23	FRPL (69)	-	LSAL (58)	SSLE (57)	FRAN (67)	FRAN (67)	-
24	FSTL (70)	-	SSAL (59)	FRTR (65)	PTFW (73)	FRPL (69)	-
25	FSTW (71)	-	SSAW (61)	FRAN (67)	-	-	-
26	FWTS (72)	-	FRLE (62)	FSTL (70)	-	-	-
27	PTFW (73)	-	FRSH (64)	PTFW (73)	-	-	-
28	HABR (75)	-	FRPL (69)	-	-	-	-
29	-	-	FSTL (70)	-	-	-	-

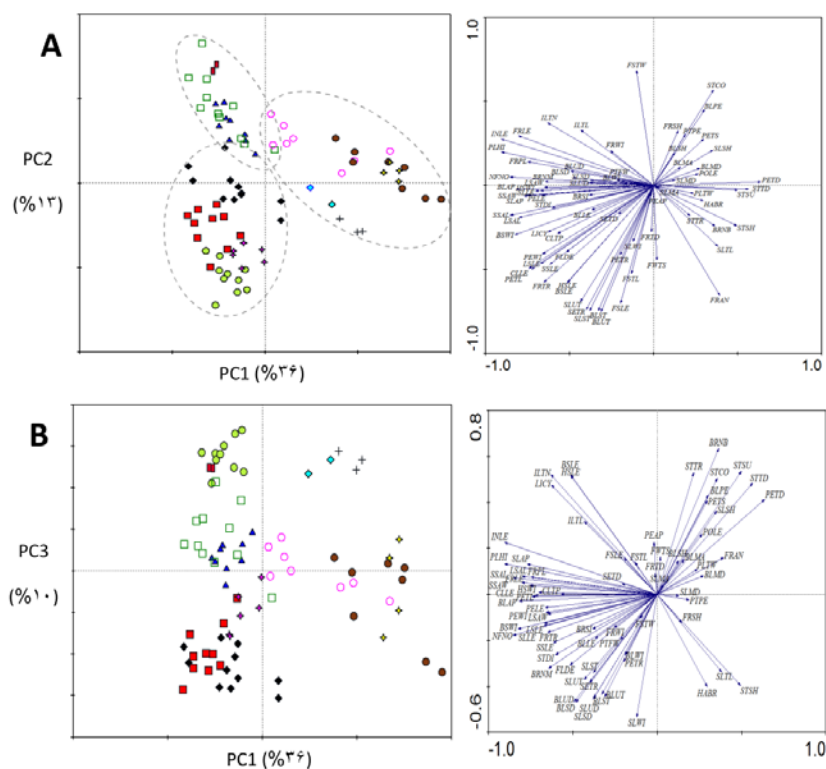
نتایج

تجزیه PCA: در نمودار حاصل از تجزیه PCA، سه

گروه عمده، تشخیص داده می‌شود (شکل ۱A): گروه اول شامل گونه‌های *E. griffithianum*، *E. repandum* و *E. persepolitanum* و *E. nanum*، *E. sisymbrioides*، *E. aitchisonii* شامل گونه‌های گروه دوم شامل گونه‌های *E. kerbabaevii* و *E. crassipes* و سومین گروه که در برگیرنده گونه‌های *E. stocksianum*، *E. crassicaule* و *E. ischnostylum* است.

آزمون تک‌منغیره Mann-Withney U: به کمک

این آزمون، ۱۰ صفت دیگر که دارای اهمیت کمتری در تمایز میان گونه‌ها بودند، (علاوه بر سه صفت حذف شده توسط آزمون Kruskal-Wallis H) حذف شدند و در نهایت ۶۲ صفت، شامل ۳۴ صفت کمی و ۲۸ صفت کیفی باقی ماندند که در تجزیه‌های بعدی وارد شدند.



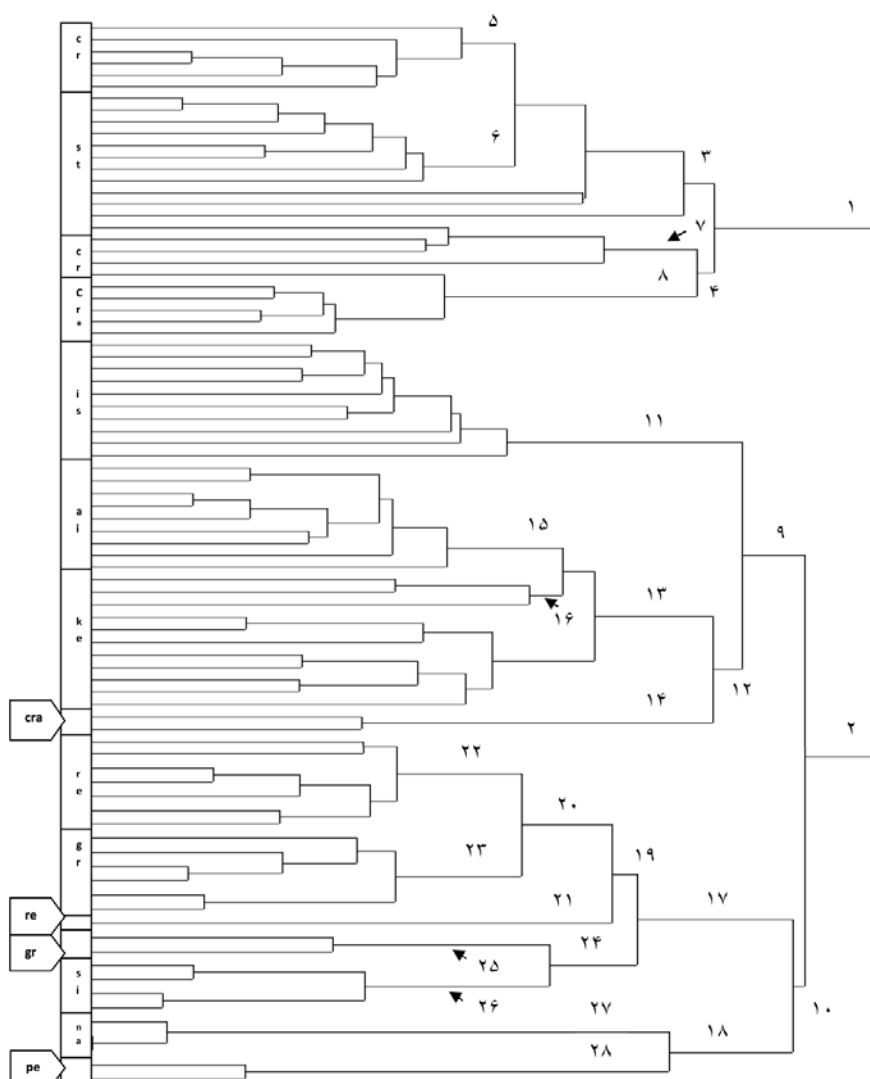
شکل ۱- نمودار حاصل از PCA مربوط به ۸۴ فرد مورد مطالعه. A: موقعیت گونه‌ها بر اساس اولین و دومین مؤلفه اصلی؛ B: موقعیت گونه‌ها بر اساس اولین و سومین مؤلفه اصلی. اعداد داخل پرانتز بیانگر درصد تنوع صفاتی است که در امتداد هر محور نمایش داده شده است. \blacklozenge = *E. stocksianum*, \blacktriangle = *E. aitchisonii*, \bullet = *E. ischnostylum*, \blacksquare = *E. crassicaule*, \square = *E. kerbabaevii*, \bullet = *E. griffithianum*, \circ = *E. repandum*, \star = *E. crassicaule* کرک دار، \star = *E. crassicaule* کرک دار، \blacksquare = *E. crassipes*, \blacklozenge = *E. persepolitenum*, $+$ = *E. nanum*

همان‌طور که در شکل ۱A نیز مشاهده می‌شود، ساختار بین گونه‌ای در گروه شامل *E. crassicaule*، *E. stocksianum* و *E. ischnostylum* کرک دار خیلی مشخص نیست؛ اگر چه افراد مربوط به گونه *E. stocksianum* در طول دومین محور اصلی (PC2) تا حدودی از افراد مربوط به گونه‌های

همان‌طور که در شکل ۱A نیز مشاهده می‌شود، ساختار بین گونه‌ای در گروه شامل *E. crassicaule*، *E. stocksianum* و *E. ischnostylum* کرک دار خیلی مشخص نیست؛ اگر چه افراد مربوط به گونه *E. stocksianum* در طول دومین محور اصلی (PC2) تا حدودی از افراد مربوط به گونه‌های

همان‌طور که در شکل ۱A نیز مشاهده می‌شود، ساختار بین گونه‌ای در گروه شامل *E. crassicaule*، *E. stocksianum* و *E. ischnostylum* کرک دار خیلی مشخص نیست؛ اگر چه افراد مربوط به گونه *E. stocksianum* در طول دومین محور اصلی (PC2) تا حدودی از افراد مربوط به گونه‌های

همان‌طور که در شکل ۱A نیز مشاهده می‌شود، ساختار بین گونه‌ای در گروه شامل *E. crassicaule*، *E. stocksianum* و *E. ischnostylum* کرک دار خیلی مشخص نیست؛ اگر چه افراد مربوط به گونه *E. stocksianum* در طول دومین محور اصلی (PC2) تا حدودی از افراد مربوط به گونه‌های



شکل ۲- تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA برای گونه‌های جنس *Erysimum* در استان‌های خراسان. گونه‌ها با علامت‌های اختصاری زیر نشان داده شده‌اند؛ فلش‌ها برای نشان دادن محل دقیق اعداد استفاده شده‌اند.

cr: *E. crassicaule*, **st:** *E. stocksianum*, **is:** *E. ischnostylum*, **ai:** *E. aitchisonii*, **ke:** *E. kerbabaevii*, **cra:** *E. crassipes*, **re:** *E. repandum*, **gr:** *E. griffithianum*, **si:** *E. sisymbrioides*, **na:** *E. nanum*, **pe:** *E. persepolitanum*, **cr*:** *E. crassicaule* کرک‌دار

۱= مجموعه‌ای از *E. crassicaule*, *E. stocksianum* و *E. crassicaule* کرک‌دار؛ ۲= مابقی گونه‌ها به جز شماره ۱؛ ۳= *E. crassicaule* و *E. stocksianum* کرک‌دار؛ ۴= *E. crassicaule* و *E. crassicaule* کرک‌دار؛ ۵ و ۷= *E. crassicaule* کرک‌دار؛ ۶= *E. stocksianum*؛ ۸= *E. crassicaule* کرک‌دار؛ ۹= مجموعه‌ای از *E. ischnostylum*, *E. aitchisonii*, *E. kerbabaevii*, *E. crassipes* و *E. repandum*؛ ۱۰= مجموعه‌ای از *E. ischnostylum*, *E. aitchisonii*, *E. kerbabaevii*, *E. crassipes* و *E. repandum*؛ ۱۱= *E. ischnostylum*؛ ۱۲= مجموعه‌ای از *E. aitchisonii*, *E. kerbabaevii* و *E. crassipes*؛ ۱۳= مجموعه‌ای از *E. aitchisonii* و *E. kerbabaevii*؛ ۱۴= *E. crassipes*؛ ۱۵= *E. aitchisonii*؛ ۱۶= *E. kerbabaevii*؛ ۱۷= مجموعه‌ای از *E. kerbabaevii* و *E. aitchisonii*؛ ۱۸= مجموعه‌ای از *E. nanum* و *E. persepolitanum*؛ ۱۹ و ۲۰= *E. persepolitanum* و *E. nanum*؛ ۲۱ و ۲۲= *E. griffithianum* و *E. repandum*؛ ۲۳= *E. repandum*؛ ۲۴= مجموعه‌ای از *E. griffithianum* و *E. repandum*؛ ۲۵= *E. griffithianum*؛ ۲۶= *E. sisymbrioides*؛ ۲۷= *E. nanum* و *E. persepolitanum*؛ ۲۸= *E. persepolitanum* و *E. nanum*؛ ۲۹= *E. sisymbrioides*؛ ۳۰= *E. sisymbrioides*

استفاده شد، توانست میان افراد متعلق به گونه‌های *E. stocksianum* و *E. crassicaule* تمایز قائل شود. بر اساس نتیجه حاصل از این تجزیه (شکل ۲) اعضای متعلق به گونه *E. crassicaule* به دو دسته تقسیم می‌شوند که به نظر می‌رسد یک زیرگروه آن ($crassi1=شماره ۵$) از نظر فنتیکی به گونه *E. stocksianum* و زیرگروه دیگر ($crassi2=شماره ۷$) به *E. crassicaule* کرک‌دار نزدیک‌تر باشند. تجزیه تک متغیره (جدول ۳) نشان می‌دهد که هفت صفت مربوط به اجزای گل شامل طول اجزای کاسه گل، طول گلبرگ، طول اجزای پرچم‌ها و ضخامت دم میوه نسبت به عرض میوه، به تقسیم‌بندی اعضای گونه *E. crassicaule* در دو زیرگروه ($crassi1$ و $crassi2$) منجر شده است که طول اندام‌های ذکر شده در زیرگروه $crassi1$ کوتاه‌تر از طول این اجزا در زیرگروه $crassi2$ است، و این توجیه‌کننده قرابت بیشتر زیرگروه اول با اعضای گونه *E. stocksianum* است، زیرا در این گونه اندازه اجزای گل کوچک‌تر از گونه *E. crassicaule* است.

نتایج حاصل از تجزیه تک متغیره Mann-Whitney U نشان می‌دهد (جدول ۳) که ۲۸ صفت از ۷۵ صفت اندازه‌گیری شده، در تفکیک اعضای این دو گونه از یکدیگر نقش دارند که ۲۴ مورد از صفات متمایزکننده این دو آرایه، فقط به صفات زایشی تعلق دارند و تنها چهار صفت متمایزکننده، رویشی هستند. تفاوت در این صفات عمدتاً به اندازه بخش‌های مختلف اندام‌های زایشی در این افراد مربوط است که عموماً مقادیرشان در *E. crassicaule* بیشتر است. در کلیدهای موجود از جمله فلورا ایرانیکا (Polatscheck et al., 1968) و

تجزیه خوشه‌ای (CA): تجزیه CA در ابتدا آرایه‌های مورد مطالعه را در دو گروه بزرگ گروه‌بندی می‌کند (شکل ۲) که این دو گروه در نمودار حاصل از تجزیه PCA نیز قابل مشاهده‌اند (شکل ۱). گروه اول (شماره ۱) شامل گونه‌های دو ساله *E. crassicaule/E. stocksianum/E. crassicaule* کرک‌دار است که خود به دو زیرگروه تقسیم می‌شود، به طوری که یک عده از افراد مربوط به تاکسون *E. crassicaule* به همراه گونه *E. stocksianum* در یک زیرگروه (شماره ۳) و عده‌ای دیگر از افراد همین تاکسون با *E. crassicaule* کرک‌دار در زیرگروه دیگر (شماره ۴) قرار می‌گیرند.

گروه دوم (شماره ۲) در برگیرنده سایر گونه‌های این جنس است که مجدداً خود به دو زیرگروه عمده تقسیم می‌شود. در یک زیرگروه گونه چند ساله *E. ischnostylum* (شماره ۱۱) و گونه‌های *E. aitchisonii*، *E. kerbabaevii* و *E. crassipes* (شماره ۱۲) قرار دارند که از نظر بسیاری از ویژگی‌های مورفولوژیک به یکدیگر شباهت دارند. در زیرگروه دیگر (شماره ۱۰) گونه‌های یک‌ساله این جنس در یک انشعاب (شماره ۱۷) و دو گونه چند ساله *E. nanum* و *E. persepolitenum* در انشعاب دیگر (شماره ۱۸) قرار می‌گیرند. الگوی مشابهی نیز با آنچه در اینجا گفته شد، در نمودار حاصل از PCA نیز مشاهده می‌شود (شکل ۱B).

بحث و نتیجه‌گیری

E. stocksianum و *E. crassicaule*: تجزیه چند متغیره CA که برای گروه‌بندی آرایه‌های مورد مطالعه

شده است. همان‌طور که پیش از این گفته شد، بر اساس این تجزیه (شکل ۲)، اعضای متعلق به زیر‌گروه دوم گونه *E. crassicaule* (=crassi2=شماره ۷) با اعضای متعلق به آرایه *E. crassicaule* کرک‌دار ارتباط نزدیکی نشان می‌دهند که علت آن طول زیاد اجزای زایشی (گل) در این دو آرایه است (برخلاف گونه *E. stocksianum* که اجزای زایشی طول کوتاه‌تری دارند).

با نگاهی به نمودار حاصل از CA (شکل ۲) می‌بینیم که با انشعاب شاخه شماره ۴ به دو زیرشاخه، آرایه‌های *E. crassicaule* و *E. crassicaule* کرک‌دار به خوبی از یکدیگر جدا می‌شوند. ۱۷ صفت در تمایز بین این دو آرایه نقش دارند. از مهم‌ترین صفات متمایزکننده می‌توان به حضور و تراکم کرک‌ها بر روی ساقه و دمگل، شکل کلی برگ‌های قاعده‌ای، طول دم گل و دم میوه، طول و عرض خامه و صفات مربوط به گل‌آذین اشاره کرد. مهم‌ترین تفاوتی که در نگاه اول از نظر مورفولوژیک در بین این دو آرایه مشاهده می‌شود، وجود کرک‌های ستاره‌ای شکل بر روی ساقه و امتداد آن بر روی دمگل آرایه *E. crassicaule* کرک‌دار است. این در حالی است که در فلورهای موجود، از جمله فلورا ایرانیکا (Polatscheck et al., 1968) و فلور پاکستان (Nasir, 1973)، به صفت بی کرک بودن ساقه گیاه در گونه *E. crassicaule* اشاره شده است. همچنین در فلورهای ذکر شده، طول خامه در گونه *E. crassicaule*، ۱ تا ۱/۲ میلی‌متر عنوان شده است، در صورتی که در افراد مربوط به *E. crassicaule* کرک‌دار، طول خامه از ۳ تا ۵ میلی‌متر متغیر است. در مورد صفات مربوط به گل‌آذین نیز، طول و تعداد اجزای

فلور پاکستان (Nasir, 1973) نیز، تنها از صفات مربوط به گل برای جداسازی این دو تاکسون استفاده شده است. البته، فلور پاکستان (Nasir, 1973) در بند ۵ کلید خود، که به جداسازی این دو تاکسون از یکدیگر منجر می‌شود، صفت محل انشعاب شاخه‌های فرعی را مد نظر قرار داده و بیان کرده است که در گونه *E. stocksianum* ساقه از قاعده منشعب می‌گردد، ولی در گونه *E. crassicaule* انشعابات از میانه ساقه منشأ می‌گیرند؛ اما در این مطالعه در کلیه افراد متعلق به گونه *E. stocksianum*، شاخه از میانه ساقه اصلی منشعب شده بود؛ بنابراین به نظر می‌رسد که صفت محل انشعاب، برای تفکیک بین این دو گونه مفید نباشد.

از آنجایی که در نمودار حاصل از PCA (شکل ۱A)، اغلب اعضای متعلق به گونه *E. stocksianum* در امتداد محور PC2، از اعضای گونه *E. crassicaule* جدا می‌شوند و هم‌پوشانی زیادی میان موقعیت قرارگیری اعضای این دو گونه وجود ندارد، به نظر می‌رسد که تقسیم‌بندی اعضای متعلق به گونه *E. crassicaule* به دو زیر‌گروه مجزا در CA قابل اعتماد نباشد. مطالعات گذشته نشان داده است که گاهی اوقات تکنیک‌های CA، از جمله تکنیک UPGMA که در این مطالعه استفاده شده است، یک ساختار سلسله‌مراتبی را حتی بر روی داده‌هایی که با یکدیگر پیوستگی و ارتباط دارند، اعمال می‌کند که این می‌تواند گمراه‌کننده باشد (Thorpe, 1983). بنابراین، به نظر نمی‌رسد که تقسیم‌بندی اعضای گونه *E. crassicaule* در دو زیر‌گروه دارای معنای تاکسونومیک خاصی باشد.

E. crassicaule و *E. crassicaule* کرک‌دار:

تجزیه CA میان افراد متعلق به این دو آرایه تمایز قائل

میان گونه‌هایی که دارای شباهت مورفولوژیک بالا و ارتباط نزدیک هستند، ابزار بسیار مناسبی است (Otieno *et al.*, 2006). در نگاهی سطحی به این سه تاکسون، شباهت مورفولوژیک زیادی میان اعضای این سه گونه مشاهده می‌شود که از جمله این صفات مشابه می‌توان به رنگ ساقه و غالبیت کرک‌های دو شاخه بر روی اندام‌ها اشاره کرد. همان‌طور که نتیجه حاصل از CA (شکل ۲) نیز نشان می‌دهد این سه گونه بنا بر شباهت‌های ظاهری که با یکدیگر دارند، در یک شاخه قرار گرفته‌اند (شماره ۱۲). در نخستین تفرق، *E. crassipes* (شماره ۱۴) به راحتی به کمک ۳۸ صفت (جدول ۳) از دو گونه *E. aitchisonii* و *E. korbabaevii* (شماره ۱۳، شکل ۲) و با ۲۷ صفت (جدول ۳) از *E. korbabaevii* جدا می‌گردد. از جمله مهم‌ترین صفات متمایزکننده گونه‌های *E. korbabaevii* و *E. crassipes* می‌توان به کرک‌دار بودن ساقه *E. crassipes*، در مقایسه با ساقه بدون کرک *E. korbabaevii* اشاره کرد. به علاوه، صفاتی نظیر تعداد انشعابات زیاد، کم عرض بودن برگ‌ها، نوع و تراکم متفاوت کرک‌ها بر روی ساقه و برگ‌ها، تعداد کم اجزای زایشی و طول زیاد خامه در جداسازی *E. crassipes* از *E. korbabaevii* دخالت دارند.

در شاخه دیگر (شکل ۲، شماره ۱۳)، ۲۹ صفت (جدول ۳)، گونه‌های *E. korbabaevii* و *E. aitchisonii* را از یکدیگر متمایز می‌سازد که مشهودترین آنها، صاف و بدون کرک بودن ساقه، طول بسیار بلند میوه‌ها و طول بلندتر خامه در *E. korbabaevii* است که می‌تواند به جداسازی این گونه‌ها از هم کمک نماید. با وجود تفاوت‌های

گل‌آذین در آرایه مذکور، از مقدار کمی این صفات در *E. crassicaule* کمتر است.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، تجزیه چند متغیره PCA نیز توانست اعضای این دو آرایه را تا حدودی در امتداد محور PC1 (شکل ۱A) و PC3 (شکل ۱B) از یکدیگر تفکیک کند. ممکن است با توجه به نتایج حاصل از CA و PCA (شکل‌های ۱ و ۲) این تصور ایجاد شود که شاید *E. crassicaule* هیبرید میان دو والد احتمالی *E. stocksianum* و *E. crassicaule* کرک‌دار باشد. با توجه به مناطق محل پراکنش اعضای آرایه *E. crassicaule* کرک‌دار که عمدتاً از نواحی خشک و بیابانی استان جمع‌آوری شده‌اند، این امکان وجود دارد که کرک‌دار شدن ساقه و تراکم بیشتر کرک‌ها بر روی برگ‌ها، در نتیجه سازش با محیط ایجاد شده باشند و این صفات صرفاً محیطی بوده، هنوز از لحاظ تکاملی به جدایی این دو گروه از یکدیگر منجر نشده باشد که در این صورت لازم است که واژه "glaber" به معنای فاقد کرک بودن ساقه، در منابع آینده از توضیحات مربوط به شرح این گونه حذف گردد. البته، در این مطالعه که اساس آن بر مبنای مورفولوژی گیاه است، تنها می‌توان گفت که این دو آرایه از لحاظ ظاهری قابل تفکیک از یکدیگرند و اظهار نظر در باره اینکه آیا آنها به دو گونه مختلف تعلق دارند یا خیر و یا اینکه آیا *E. crassicaule* کرک‌دار زیرگونه‌ای از *E. crassicaule* است یا خیر، خارج از توان این مطالعه است و برای اظهار نظر قطعی نیاز به مطالعات بیشتر، به ویژه مطالعات مولکولی است.

E. crassipes، *E. korbabaevii* و *E. aitchisonii* تجزیه و تحلیل مورفومتریک برای ارزیابی روابط فنتیکی

گل در رأس گل آذین در برخی از افراد متعلق به گونه *E. repandum* باعث شده است که این افراد در موقعیتی نزدیک به سایر گونه‌های یک‌ساله این جنس قرار گیرند (شکل‌های ۱ و ۲ شماره ۲۱). ۲۴ صفت متمایز کننده معنادار (جدول ۳)، موجب تفکیک *E. repandum* از *E. griffithianum* شده است، که این صفات بیشتر به طول اجزای گل در این گونه‌ها مربوط می‌شود.

در زیرشاخه ۲۴ (شکل ۲) افراد متعلق به گونه *E. sisymbrioides* (شماره ۲۶) به کمک ۲۴ صفت مربوط به طول گیاه و محل انشعابات، برگ‌ها، گل و میوه (جدول ۳)، از افراد متعلق به گونه *E. griffithianum* (شماره ۲۵) متمایز می‌شوند. از جمله مهم‌ترین صفات متمایز کننده این دو گونه عبارتند از: وجود برگه در پای هر گل یا میوه در اعضای گونه *E. griffithianum* و نیز اندازه بزرگتر اجزای گل در همین گونه. با وجود برخی تفاوت‌های مورفولوژیک میان این دو گونه و همچنین، تفکیک آنها در تجزیه خوشه‌ای (شکل ۲)، همچنان در هم آمیختگی میان اعضای این دو گونه در نمودار حاصل از PCA (شکل ۱) مشاهده می‌شود و تنها در فضای بین محورهای PC1 و PC2 (شکل ۱A)، این دو گونه به طور حاشیه‌ای از یکدیگر تفکیک می‌شوند که این بیانگر رابطه و شباهت بسیار زیاد مورفولوژی این دو گونه به یکدیگر است.

مورفولوژیک نسبتاً مشخص میان اعضای این دو گونه، نتایج حاصل از PCA (شکل ۱A)، تداخل و در هم آمیختگی بین اعضای این دو تاکسون را نشان می‌دهد، به طوری که تفکیک و جداسازی آنها مشکل به نظر می‌رسد. علت تداخل و نزدیکی اعضای این دو گونه را می‌توان همان صفات مورفولوژیک مشابهی که چندی پیش گفته شد (از جمله رنگ ساقه، غالبیت کرک‌های دو شاخه بر روی اندام‌ها) بیان کرد.

گونه‌های یک‌ساله *E. sisymbrioides* و *E. griffithianum*
 در نمودار حاصل از CA (شکل ۲)، هر سه گونه یک‌ساله جنس *Erysimum* در یک شاخه (شماره ۱۷) قرار گرفته‌اند. گونه *E. repandum* (شماره ۲۲) به راحتی با ۳۵ صفت (جدول ۳) متمایز کننده از دو گونه یک‌ساله دیگر (*E. griffithianum* و *E. sisymbrioides*) جدا می‌شود که عمده این صفات، به اجزای زایشی گیاه مربوط هستند. از جمله این صفات متمایز کننده می‌توان به طول گیاه، نوع و عمق زوائد حاشیه برگ‌ها و صفات مربوط به اجزای زایشی، مانند طول گل آذین، طول دمگل، طول و عرض کاسبرگ‌ها، گلبرگ‌ها، پرچم‌ها، طول دم میوه و همچنین، زاویه میوه نسبت به سطح افق اشاره کرد. تجزیه PCA نیز این تفکیک گونه‌ای را در امتداد محور PC1 نشان می‌دهد (شکل ۱A). وجود شباهت در صفاتی، مانند شکل کلی میوه، نوع کرک ساقه و تراکم

کلید گونه‌های جنس *Erysimum* در استان‌های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی

- a1: ساقه صاف و بدون کرک ۲
- b: ساقه پوشیده از کرک ۴
- a2: برگ‌ها دارای کرک‌های ۲ تا ۳ شاخه‌ای *E. kerbabaevii* Kurbanov & Gudkova
- b: برگ‌ها دارای کرک‌های ستاره‌ای با انشعابات بیشتر (بیش از ۵ شاخه) ۳
- a3: طول خامه حداکثر تا ۱/۵ میلی‌متر، کاسبرگ ۶ تا ۹/۵ میلی‌متر، گلبرگ ۸ تا ۱۳ میلی‌متر *E. stocksianum* (Boiss.) Boiss.
- b: طول خامه ۱/۲ تا ۳ میلی‌متر، کاسبرگ ۱۰ تا ۲۱ میلی‌متر، گلبرگ ۱۳ تا ۳۲ میلی‌متر *E. crassicaule* (Boiss.) Boiss.
- a4: کرک‌های ساقه ستاره‌ای شکل *E. crassicaule* کرک‌دار
- b: کرک‌های ساقه غیر ستاره‌ای، ۲ تا ۳ و به ندرت ۴ شاخه ۵
- a5: گیاه یک‌ساله، طول گلبرگ حداکثر تا ۱۰ میلی‌متر ۶
- b: گیاه دو یا چند ساله، طول گلبرگ بیش از ۱۰ میلی‌متر ۸
- a6: عرض پهنک گلبرگ بیش از ۲ میلی‌متر، طول میله پرچم بلند بیش از ۵ میلی‌متر، عرض بساک در پرچم کوتاه بیش از ۰/۶ میلی‌متر، دم میوه بلندتر از ۲ میلی‌متر *E. repandum* L.
- b: عرض پهنک گلبرگ کمتر از ۲ میلی‌متر، طول میله پرچم بلند کمتر از ۵ میلی‌متر، عرض بساک در پرچم کوتاه کمتر از ۰/۶ میلی‌متر، دم میوه کوتاه‌تر از ۲ میلی‌متر ۷
- a7: گل‌ها و میوه‌ها برگه‌دار، طول بساک پرچم بلند حداقل ۱ میلی‌متر *E. griffithianum* Boiss.
- b: گل‌ها و میوه‌ها فاقد برگه، طول بساک پرچم بلند کمتر از ۱ میلی‌متر *E. sisymbrioides* C. A. Mey.
- a8: تعداد اجزای زایشی بر روی ساقه اصلی کمتر از ۲۵ عدد، طول کاسبرگ کمتر از ۶/۷ میلی‌متر، عرض کاسبرگ حداکثر ۲/۵ میلی‌متر ۹
- b: تعداد اجزای زایشی بر روی ساقه اصلی بیشتر از ۲۵ عدد، طول کاسبرگ بیشتر از ۶/۷ میلی‌متر، عرض کاسبرگ حداقل ۲/۵ میلی‌متر ۱۰
- a9: طول گیاه بیشتر از ۲۰ سانتی‌متر، طول میله پرچم کوتاه بیش از ۴ میلی‌متر، طول بساک پرچم کوتاه کمتر از ۲/۵ میلی‌متر، طول خامه بیش از ۲ میلی‌متر *E. persepolitanum* Boiss.
- b: طول گیاه کمتر از ۲۰ سانتی‌متر، طول میله پرچم کوتاه کمتر از ۴ میلی‌متر، طول بساک پرچم کوتاه بیشتر از ۲/۵ میلی‌متر، طول خامه کمتر از ۲ میلی‌متر *E. nanum* Boiss. & Hohen.
- a10: کرک برگ طوقه ۲ تا ۴ شاخه (به ندرت ۵ شاخه)، طول خامه غالباً بیش از ۲ میلی‌متر *E. ischnostylum* Freyn & Sint.
- b: کرک برگ طوقه اکثراً ۲ شاخه و به تعداد کمتر ۳ شاخه، طول خامه غالباً کمتر از ۲ میلی‌متر ۱۱
- a11: گیاه چند ساله، کرک‌های سطح میوه ۲ شاخه (به ندرت ۳ شاخه)، طول خامه حداقل ۱ میلی‌متر *E. crassipes* Fisch & C. A. Mey.
- b: گیاه دو ساله، کرک‌های سطح میوه ۲ تا ۴ شاخه (به ندرت ۵ شاخه)، تقریباً فاقد خامه (حداکثر تا ۱ میلی‌متر) *E. aitchisonii* O. E. Schulz.

تشکر و قدردانی

از زحمات فراوان و بی‌شائبه آقای علی اصغر بصیری، تکنسین آزمایشگاه سیستماتیک گیاهی دانشکده علوم پایه دانشگاه فردوسی و خانم‌ها آسیه اسماعیلی، فاطمه بطیاری و سمیه مختاری برای جمع‌آوری برخی از نمونه‌های گیاهی مورد بررسی در

این مطالعه و نیز همکاری سرکار خانم محبوبه زنگوئی، تکنسین هرباریوم پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد و سایر همکارانشان در این مرکز، صمیمانه تقدیر و تشکر می‌نمایم.

منابع

- قهرمان، ا. (۱۳۷۲) کورموفیت‌های ایران. جلد ۲، مرکز نشر دانشگاهی، تهران.
- مبین، ص. (۱۳۶۴) رُستنی‌های ایران. جلد ۳، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- Berry, P. E. (2011) Encyclopædia Britannica Inc. Retrieved from: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/94114/Brassicales>. On: 10 March 2011.
- Dvořák, F. (1973) The importance of the indumentum for the investigation of evolutionary relationship in the family Brassicaceae. *Plant Systematics and Evolution* 121: 155-164.
- Ghahremaninejad, F., Joharchi, M. and Vitek, E. (2005) New plant records for Khorassan province, Iran. *Naturhistorisches Museum Wien* 106 B: 255- 293.
- Gupta, S. K. (2009) *Biology and breeding of Crucifers*. Taylor & Francis Group. CRC Press. New York.
- Khalik, K. A. (2005) Morphological studies on trichomes of Brassicaceae in Egypt and taxonomic significance. *Acta Botany Croatica* 64: 57-73.
- Khosravi, A. R., Mohsenzadeh, S. and Mummenhoff, K. (2009) Phylogenetic relationships of old world Brassicaceae from Iran based on nuclear ribosomal DNA sequences. *Biochemical Systematics and Ecology* 37: 106-115
- Koch, M., and Mummenhoff, K. (2006) Editorial: Evolution and phylogeny of the Brassicaceae. *Plant Systematics and Evolution* 259: 81-83.
- Legendre, P. and Legendre, L. (1998) *Numerical ecology*. Second edition, Elsevier Science BV, Amsterdam.
- Nasir, A. (1973) *Erysimum*. *Flora of Pakistan* 55: 232-242.
- Otieno, D. F., Balkwill, K. and Paton, A. J. (2006) A multivariate analysis of morphological variation in the *Hemizygia bracteosa* complex (Lamiaceae, Ocimeae). *Plant Systematics and Evolution* 261: 19-38.
- Polatschek, A., Rechinger, A. and Rechinger, K. H. (1968) *Erysimum*. *Flora Iranica* 28: 285-306.
- Ter Braak, C. J. F. and Smilauer, P. (2002) *CANOCO Reference manual and user's guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4)*. Microcomputer Power, Ithaca.
- Thorpe, R. S. (1983) A review of the numerical methods for recognizing and analyzing racial differentiation. In: *Numerical taxonomy* (ed. Felsenstein, J.) 404-423. Springer, New York.

Morphometric study of the genus *Erysimum* L. (Brassicaceae) in Shomali, Razavi and Jonoubi Khorasan provinces

Somayeh Ghaempanah¹, Jamil Vaezi^{2*}, Hamid Ejtehadi¹, Mohammad Farsi³
and Mohammad Reza Joharchi³

¹ Department of Biology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

² Department of Biology, Faculty of Sciences, Shahid Chamran University of Ahwaz, Ahwaz, Iran

³ Research Centre for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Abstract

According to the “Flora Iranica”, the genus *Erysimum* has 26 species in Iran among which 11 species are reported in Shomali, Razavi and Jonoubi Khorasan provinces as yet. In this study, two of the species are introduced for the first time. Due to the extreme similarities and the wide variation of the morphological characters, identification of these species is very difficult. In this study, we attempted to separate the species using morphological characters. We scored 75 morphological (vegetative and generative) characters of 84 individuals belonging to 11 species. The results of the multivariate analysis indicated the separation among the studied species and showed three distinct groups among samples. The first group was individuals of *E. repandum*, *E. griffithianum*, *E. sisymbrioides*, *E. nanum* and *E. persepolitanum*. The second group included individuals of *E. aitchisonii*, *E. kerbabaevii* and *E. crassipes*. The third group consisted of *E. crassicaule*, *E. stocksianum*, *E. crassicaule* (with trichome) and *E. ischnostylum*. Finally, an identification key was introduced based on morphological characters for *Erysimum* species in Khorasan.

Key words: Cluster Analysis (CA), Principal Component Analysis (PCA), Brassicaceae, Phenetics, *Erysimum*

*Corresponding Author: j.vaezi@scu.ac.ir