

تاکسونومی عددی سرده شب‌بوی معطر وحشی (*Matthiola*, Brassicaceae) در شمال شرق ایران با استفاده از صفات ریخت‌شناسی

مزگان رشید ترانلو^۱، جمیل واعظی^{۲*}، حمید اجتهادی^۱، فرشید معمار یانی^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 گروه گیاه‌شناسی، پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده

Matthiola یکی از سرده‌های تیره شب‌بو (Brassicaceae) است که پراکنش وسیعی در ایران به ویژه شمال شرق کشور دارد. از میان ۴۸ گونه این سرده در دنیا، تنها ۷ گونه در شمال شرق ایران انتشار دارد. شش گونه *M. farinosa*، *M. dumulosa*، *M. chorassanica*، *M. chenopodiifolia*، *M. alyssifolia* و *M. afghanica* از این منطقه جمع‌آوری شد. دو گونه *M. revoluta* و *M. flavida* برای نخستین بار از منطقه شمال شرق ایران گزارش می‌شود. یک آرایه ناشناخته (*Matthiola* sp.) نیز طی جمع‌آوری‌ها به مطالعه حاضر افزوده شد. در این بررسی سعی شده است، با استفاده از ویژگی‌های بیشتر و تعیین حد و مرزی برای دامنه صفات، کلید مناسبی برای شناسایی گونه‌های موجود در شمال شرق ایران ارائه گردد. بدین منظور، شناسایی و اندازه‌گیری ۷۱ صفت (کمی و کیفی) مربوط به ۶۸ نمونه و سپس تحلیل آماری روی داده‌ها انجام شد. نتایج حاصل از تحلیل تک متغیره نشان داد که صفاتی نظیر وجود کرک روی ساقه و برگ و همچنین وجود کرک غده‌ای روی کاسبرگ و پایک خورجین اختلاف معنی‌داری را نشان نداد، از ماتریکس صفات حذف شدند. همچنین، این نتایج نشان داد که گونه‌های مطالعه شده در سه گروه قرار می‌گیرند. گروه اول شامل نمونه‌های گونه *M. alyssifolia*، گروه دوم شامل گونه‌های *Matthiola* sp.، *M. afghanica*، *M. chenopodiifolia*، *M. dumulosa*، *M. farinosa* و *M. flavida* و آرایه ناشناخته *Matthiola* sp. و گروه سوم شامل نمونه‌های دو گونه *M. revoluta* و *M. chorassanica* می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تیره شب‌بو (Brassicaceae)، ریخت‌شناسی، شمال شرق ایران، *Matthiola*

مقدمه

(tetradynamous) و میوه خورجین یا خورجینک، از

سایر تیره‌ها متمایز می‌شوند (Rechinger, 1982). این

تیره در بیشتر نقاط جهان به ویژه در مناطق معتدل

گیاهان تیره شب‌بو (Brassicaceae) همواره از

طریق نافه گلی با دو پرچم کوتاه و چهار پرچم بلند

(2006). در این سرده، گونه‌ها علفی یک‌ساله و یا چند ساله، گُرک‌ها به صورت غیر غده‌ای پایه‌دار و یا چسبیده، ستاره‌ای و یا دندان‌های، گل آذین خوشه بدون برگه، گلبرگ‌ها به رنگ‌های زرد، سفید، سبز، صورتی، بنفش یا قهوه‌ای و دارای ناخنک هستند. پرچم‌ها ۶ عدد و تترادینام، تخمک‌ها (۵-) ۱۵ تا ۶۰ عدد در هر تخمدان و میوه شکوفای خطی است (Ghahreman, 1994). این سرده دارای ۴۸ گونه در دنیا است و پراکنش وسیعی دارد، به طوری که در ماکرونزی و مناطق مدیترانه، صحرا-سندی و آسیا-افریقا گسترش داشته و دو مرکز تنوع تاکسونومیکی را در منطقه ترکیه و ایرانی-تورانی نشان می‌دهد (Warwick et al., 2006; Al-Shehbaz et al., 2006). بر اساس فلورا ایرانیکا (Rechinger, 1982)، ۱۷ گونه از این سرده در محدوده فلورا ایرانیکا قرار دارد که فقط ۱۰ گونه از آن در ایران انتشار دارند. این سرده پراکنش وسیعی در ایران به ویژه در استانهای آذربایجان، اصفهان، فارس، همدان و شمال شرق ایران دارد. از میان این ۱۰ گونه، تعداد ۷ گونه شامل: *M. alyssifolia*, *M. afghanica* Rech. f. & Koeie, *M. chenopodiifolia* Fisch. & C. (DC.) Bornm., *M. chorassanica* Bge. ex Boiss., A. Mey., *M. farinosa*, *M. dumulosa* Boiss. & Buhse, *M. ovatifolia* (Boiss.) Boiss. و Bge. ex Boiss. در شمال شرق ایران پراکنش دارند. در این مطالعه، نمونه‌های متعلق به شمال شرق ایران بررسی شده است. در کلیدی که در فلورا ایرانیکا برای این سرده ارائه شده است (Rechinger, 1982) چندین صفت از جمله، برآمدگی رأس خورجین، طول و عرض خورجین، چوبی بودن بخش قاعده‌ای گیاه، طول

نیمکره شمالی به فراوانی یافت می‌شود (Al-Shehbaz, 1984). مرکز عمده پراکنش این تیره مناطق مدیترانه‌ای، ایرانی-تورانی و صحرا-سندی است (Hedge, 1976). Schulz و همکاران (۱۹۳۶) در بررسی این تیره، ۳۶ سرده را در سطح جهان معرفی کردند و بر اساس تعدادی از صفات از جمله غدد شهدی، موقعیت لپه‌ها نسبت به ریشه‌چه و طول میوه، آنها را در ۱۹ قبیله طبقه‌بندی نمودند. Janchen (۱۹۴۲) قبیله‌های طبقه‌بندی Schulz و همکاران (۱۹۳۶) را از ۱۹ به ۱۵ کاهش داد. وی دو قبیله *Hesperideae* و *Matthioleae* را در هم ادغام و در قبیله *Hesperideae* قرار داد، زیرا صفت جنین انکومبنت (incumbent) در قبیله *Hesperideae* در مقابل اکومبنت (accumbent) قبیله *Matthioleae* برای جدا کردن دو قبیله، تعیین کننده نبود. این تیره در جهان از ۳۳۸ سرده و تقریباً ۳۷۰۹ گونه تشکیل شده است (Al-Shehbaz et al., 2006). Al-Shehbaz و همکاران (۲۰۰۶) ۲۴ قبیله را در این تیره معرفی کردند. در ایران این تیره با ۱۲۰ سرده و ۳۵۸ گونه از بزرگترین تیره‌ها محسوب می‌شود (Akhani, 2003).

Matthiola R. BR. یکی از سرده‌های متعلق به تیره Brassicaceae است که در فلورا ایرانیکا (Rechinger, 1982) در قبیله *Matthioleae* قرار داده شده است، اما Al-Shehbaz و همکاران (۲۰۰۶)، این سرده را بر اساس داده‌های مولکولی، در قبیله *Anchonieae* قرار دادند. قبیله *Anchonieae* دارای گُرک‌های منشعب، کلالة دو لوبی، کاسبرگ‌های راست و عدد پایه کروموزومی $x=7$ هستند که *Matthiola* سری‌های آنیوپلوئیدی کاهشی تا $x=5$ و افزایشی تا $x=8$ را نیز نشان می‌دهد (Beilstein et al.,

به نظر می‌رسد که در کلیدها به جای استفاده از برخی ویژگی‌های کیفی مبهم مانند میزان گسترده‌گی روی سطح زمین و یا میزان چوبی بودن ساقه گیاه، بهتر است صفات کمی مطرح شود که دارای تباين کافی نیز باشند. به هر حال، در شرح گونه‌های ارایه شده، دامنه‌هایی که برای صفات کمی بیان شده، بین گونه‌ها همپوشانی بالایی دارند. برای مثال، طول خورجین در تمامی گونه‌های شمال شرق ایران یعنی در *M. afghanica* (۸-۱۰ سانتی‌متر)، *M. alyssifolia* (۱۰-۱۲)، *M. chenopodiifolia* (۶-۹)، *M. dumulosa* (۵-۷)، *M. chorassanica* (۶-۱۰) و *M. farinosa* (۶-۱۴) همپوشانی نشان می‌دهد. از دیگر صفات ریخت‌شناسی که در کلیدها به فراوانی به کار رفته، اما در شناسایی‌ها نمی‌تواند راه‌گشا باشد، تراکم گره‌ها و انواع غده‌ای و غیر غده‌ای آن است. از آنجا که این صفات تحت تأثیر محیط (ارتفاع، میزان رطوبت و ...) است (Pigliucci, 1997؛ Gianoli and González-Teuber, 2005)، تراکم آن می‌تواند گمراه‌کننده باشد. از سوی دیگر، مقادیر کمی این صفات بین افراد یک گونه نیز از ثبات کافی برخوردار نیست، به ویژه گره‌ها که تنوع بسیار بالایی را نشان می‌دهد. برای نمونه در کلید شناسایی فلورا ایرانیکا (Rechinger, 1982) اشاره شده است که گونه *M. alyssifolia* گیاهی با ساقه صاف و بدون گره است، اما نمونه‌های پوشیده از گره آن نیز دیده شده است (همین مطالعه). در بررسی حاضر سعی شده است تا با استفاده از صفات ریخت‌شناسی کمی و کیفی (روش ریخت‌سنجی (morphometric))، گونه‌های این سرده را در شمال شرق ایران از یکدیگر متمایز و کلید شناسایی مناسبی برای شناسایی و تفکیک گونه‌های این سرده در منطقه مورد مطالعه ارایه گردد. Otieno و همکاران

دمگل و منقسم بودن برگ تعیین‌کننده و متمایزکننده گونه‌ها هستند. این صفات در تمام موارد به راحتی قابل استفاده نبوده، در مواقعی، ابهاماتی را در کاربرد کلید شناسایی ایجاد می‌نماید. برای نمونه در گونه *M. farinosa*، در یک فرد، انواع برگ از برگ کامل تا برگ‌هایی با حاشیه دندانه‌ای درشت یا لوب‌دار را می‌توان دید، و یا در گونه *M. revolute* Bge. ex Boiss. طبق کلید، طول برگ‌ها باید حداکثر ۲۰ میلی‌متر باشد، اما در برخی از افراد برگ‌هایی با طول بیش از ۲۰ میلی‌متر نیز دیده می‌شود. در بخشی از کلید که دو گونه *M. chorassanica* و *M. flavida* Boiss. را از سه گونه *M. afghanica*، *M. dumulosa* و *M. farinosa* تنها با صفت عرض خورجین از یکدیگر جدا می‌کند، دامنه عرضی که برای خورجین ارایه شده است، بسیار نزدیک است و گاهی افراد متعلق به یک گونه از این دامنه تبعیت نمی‌کنند. در برخی از قسمت‌های کلید، صفاتی بیان شده است که بر اساس اینکه یک پژوهشگر چه برداشتی از آن صفت داشته باشد، ممکن است مسیر شناسایی را به اشتباه دنبال کند. برای مثال، در جایی که دو گونه *M. afghanica* و *M. dumulosa* از یکدیگر جدا می‌شوند، از صفات قاعده گیاه "کاملاً چوبی" و "کمی چوبی" و یا "ساقه با گل‌های متعدد" و "ساقه با تعداد کمی گل"، استفاده شده، که تفکیک بین این دو گونه را با مشکل مواجه می‌سازد. همچنین، در برخی از قسمت‌های کلید شناسایی، به "رنگ پوشش گره‌کی" اشاره شده است، اما از آنجا که عمده شناسایی‌ها بر روی گیاهانی انجام می‌شود که پرس شده و احتمال تغییر رنگ اجزای آنها وجود دارد، در مجموع، شناسایی را با شبهه همراه می‌سازد.

فلور پاکستان (Jafri, 1973)، فلور ترکیه (Davis, 1965)، فلور چین (Taiyan et al., 2001) و فلور شرق (Boissier, 1975) شناسایی گردید. علیرغم تلاش فراوان برای جمع آوری گونه *M. ovatifolia* از محل گزارش شده در فلورا ایرانیکا (بین شاهرود و نیشابور) (Rechinger, 1982)، هیچ نمونه‌ای از این گونه یافت نشد. علاوه بر یافتن سایر گونه‌های گزارش شده در فلور مذکور، دو گونه *M. flavida* و *M. revoluta* نیز برای نخستین بار از منطقه مورد مطالعه جمع آوری و گزارش می‌شود. از سوی دیگر، طی جمع آوری از منطقه کاشمر، نمونه‌هایی یافت شد که شناسایی آنها با کلیدهای شناسایی موجود امکان‌پذیر نبود. این نمونه‌ها در این مطالعه با عنوان *Matthiola* sp. معرفی و موقعیت آنها در میان سایر گونه‌ها بررسی شد.

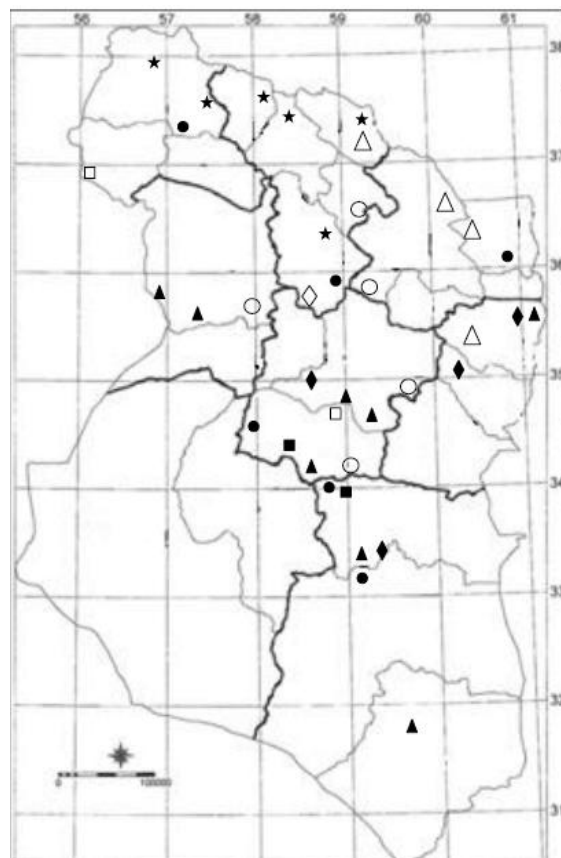
(۲۰۰۶) نشان دادند که روش ریخت‌سنجی ابزاری قوی را برای ارزیابی روابط فنتیکی بین آرایه‌هایی که به لحاظ ریخت‌شناسی قرابت دارند، فراهم می‌کند.

مواد و روش‌ها جمع آوری نمونه

بررسی و اندازه‌گیری صفات بر روی دو دسته از نمونه‌ها انجام شد: ۱- نمونه‌های هرباریومی موجود در هرباریوم پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد (FUMH) و ۲- نمونه‌هایی که طی فصل رویشی سال ۱۳۸۹ از مناطق مختلف شمال شرق ایران جمع آوری شده بود (شکل ۱ و جدول ۱). نمونه‌های جمع آوری شده با استفاده از کلیدهای شناسایی: فلورا ایرانیکا (Rechinger, 1982)، فلور شوروی (Chernyakhovskaya, 1965)،

شکل ۱- نقشه پراکنش نمونه‌های جمع آوری شده گونه‌های جنس *Matthiola* در سه استان خراسان رضوی، شمالی و جنوبی.

- Matthiola* sp. :◇
- M. afghanica* :○
- M. alyssifolia* :●
- M. chenopodiifolia* :▲
- M. chorassanica* :□
- M. dumulosa* :◆
- M. farinosa* :★
- M. flavida* :△
- M. revoluta* :■



جدول ۱- نمونه‌های جمع‌آوری شده و هرباریومی استفاده شده در مطالعه ریخت‌سنجی به همراه شماره هرباریومی، محل جمع‌آوری و جمع‌آوری کننده (گان). افراد مورد مطالعه متعلق به هرباریوم پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد (FUMH) با ستاره مشخص شده‌اند.

کد هرباریومی	نام علمی گونه	محل جمع‌آوری	جمع‌آوری کننده
19991	<i>M. afghanica</i>	جاده قائن به بیرجند	بصیری
19992	<i>M. afghanica</i>	جاده قائن به بیرجند	بصیری
19994	<i>M. afghanica</i>	جاده قائن به بیرجند	بصیری
*20658	<i>M. afghanica</i>	کوه‌های رباط سفید	جوهرچی-زنگویی
*19946	<i>M. afghanica</i>	ترت حیدریه-اسکندر آباد	جوهرچی-زنگویی
*22870	<i>M. afghanica</i>	کاشمر-تاغستان نوذر	فقیه نیا-زنگویی
*23347	<i>M. afghanica</i>	چناران-بین آبدق و فریزی	جوهرچی-زنگویی
*21656	<i>M. alyssifolia</i>	بجنورد-قلعه شیخ-سرخ زو	حجت-زنگویی
*18360	<i>M. alyssifolia</i>	کاخک-کوه‌های بین کلاته نو و پاگوار	جوهرچی-زنگویی
*31910	<i>M. alyssifolia</i>	غرب سرخس-کوه‌های غار بزنگان	رافعی-زنگویی
*10867	<i>M. alyssifolia</i>	جنوب شرقی بیرجند-کوه‌های باقران	رافعی-زنگویی
*25098	<i>M. alyssifolia</i>	غرب گناباد-فردوس به بقچیر	رافعی-زنگویی
*12345	<i>M. alyssifolia</i>	نیشابور-پیوژن	رافعی-زنگویی
*25037	<i>M. alyssifolia</i>	جاده گناباد-فردوس-کیلومتر ۲۱	رافعی-زنگویی
*25212	<i>M. alyssifolia</i>	بیرجند-بین مرک و دوراهی سرچاه	رافعی-زنگویی
*27242	<i>M. alyssifolia</i>	بجنورد-غرب گیفان	رافعی-زنگویی
*26232	<i>M. chenopodiifolia</i>	طبس-بین دو راهی دیهوک	رافعی-زنگویی
*18290	<i>M. chenopodiifolia</i>	ترت حیدریه-عمرانی-۲۵ کیلومتری گناباد	فقیه نیا-زنگویی
*19825	<i>M. chenopodiifolia</i>	نهندان-جاده طبسین	جوهرچی-زنگویی
*19708	<i>M. chenopodiifolia</i>	شرق تربت جام-کوه‌های ملو	جوهرچی-زنگویی
*20190	<i>M. chenopodiifolia</i>	صفی‌آباد-قارضی	جوهرچی-زنگویی
*22997	<i>M. chenopodiifolia</i>	گناباد-جاده سیمرخ به آهنگران	فقیه نیا-زنگویی
*32219	<i>M. chenopodiifolia</i>	بین تربت حیدریه و گناباد	فقیه نیا-زنگویی
*32436	<i>M. chenopodiifolia</i>	جنوب سبزوار-دولت آباد	فقیه نیا-زنگویی
*32090	<i>M. chenopodiifolia</i>	شرق قائن-بین پترگان و یزدان	جوهرچی-زنگویی
*12053	<i>M. chenopodiifolia</i>	۷ کیلومتری جنوب قائن	جوهرچی-زنگویی
17181	<i>M. chorassanica</i>	گناباد-۲ کیلومتری خضری	بصیری
17182	<i>M. chorassanica</i>	گناباد-۲ کیلومتری خضری	بصیری
*907	<i>M. chorassanica</i>	غرب جاجرم-درق-تپه‌های شنی	جوهرچی-زنگویی
1570	<i>M. dumulosa</i>	جاده قائن به بیرجند	بصیری
1571	<i>M. dumulosa</i>	جاده قائن به بیرجند	بصیری
1572	<i>M. dumulosa</i>	جاده قائن به بیرجند	بصیری
1573	<i>M. dumulosa</i>	جاده قائن به بیرجند	بصیری
*21906	<i>M. dumulosa</i>	تایباد-کوه سفید	جوهرچی-زنگویی
*19946	<i>M. dumulosa</i>	جنوب غربی تربت حیدریه	جوهرچی-زنگویی
*19709	<i>M. dumulosa</i>	شرق تربت جام-کوه‌های ملو	جوهرچی-زنگویی

کد هرباریومی	نام علمی گونه	محل جمع آوری	جمع آوری کننده
9811	<i>M. farinosa</i>	بجنورد-جاده بابامان به اسپیدان	کریمی-بصیری
7346	<i>M. farinosa</i>	درگز-علی بولاغ	طیسی
892360	<i>M. farinosa</i>	درگز-پارک ملی تندوره	واعظی-طیسی
893	<i>M. farinosa</i>	منطقه حفاظت شده حیدری	بهرامی-مختاری
1515	<i>M. farinosa</i>	درگز-علی بولاغ	واعظی-طیسی
1511	<i>M. farinosa</i>	آشخانه-درکش	رفیعی-شریعتمداری
1512	<i>M. farinosa</i>	بجنورد-نرسیده به پتروشیمی	بطیاری-کریمی
1510	<i>M. farinosa</i>	بجنورد-جاده بابامان به اسپیدان	بطیاری-کریمی
1513	<i>M. farinosa</i>	شیروان-گدگانلو	رشید
1526	<i>M. farinosa</i>	قوچان-دربادام	رشید-بصیری
8923	<i>M. flavida</i>	سرخس-بزنگان	رشید
89231	<i>M. flavida</i>	سرخس-بزنگان	بصیری
89232	<i>M. flavida</i>	درگز-پارک ملی تندوره	واعظی-طیسی
89233	<i>M. flavida</i>	سرخس-بزنگان	رشید
89234	<i>M. flavida</i>	سرخس-بزنگان	رشید
89235	<i>M. flavida</i>	سرخس-بزنگان	بصیری
89236	<i>M. flavida</i>	سرخس-بزنگان	رشید
89237	<i>M. flavida</i>	پارک ملی تندوره	واعظی-طیسی
8922	<i>M. flavida</i>	سرخس-بزنگان	رشید
*19709	<i>M. flavida</i>	شرق تربت جام-کوه‌های ملو	جوهرچی-زنگویی
15221	<i>M. revoluta</i>	گناباد-سرآسیاب دامنه کوه	بصیری
15222	<i>M. revoluta</i>	گناباد-سرآسیاب دامنه کوه	بصیری
15223	<i>M. revoluta</i>	گناباد-سرآسیاب دامنه کوه	بصیری
15224	<i>M. revoluta</i>	گناباد-سرآسیاب دامنه کوه	بصیری
*8021	<i>M. revoluta</i>	گناباد-کوه‌های سمت چپ آب سنو	جوهرچی-زنگویی
*12832	<i>M. revoluta</i>	گناباد-کوه‌های سرآسیاب	جوهرچی-زنگویی
15662	<i>Matthiola</i> sp.	۶۵ کیلومتری کاشمر-کوه سرخ	رشید-بصیری
15663	<i>Matthiola</i> sp.	۶۵ کیلومتری کاشمر-کوه سرخ	رشید-بصیری
15664	<i>Matthiola</i> sp.	۶۵ کیلومتری کاشمر-کوه سرخ	رشید-بصیری
15665	<i>Matthiola</i> sp.	۶۵ کیلومتری کاشمر-کوه سرخ	رشید-بصیری
15666	<i>Matthiola</i> sp.	۶۵ کیلومتری کاشمر-کوه سرخ	رشید-بصیری
15667	<i>Matthiola</i> sp.	۶۵ کیلومتری کاشمر-کوه سرخ	رشید-بصیری

جمع آوری داده‌ها

صفات مناسب برای مطالعه ریخت‌سنجی با مطالعه شرح گونه‌های مختلف که در فلورهای ذکر شده در بخش "جمع آوری نمونه" آمده است و نیز مشاهده

نمونه‌های متعدد، فهرست‌نویسی شد (جدول ۲). صفات کمی و کیفی برای هر یک از نمونه‌های مورد مطالعه، اندازه‌گیری و مقادیر آنها در ماتریس صفات وارد گردید. پس از بررسی ۳۰۰ نمونه، تعداد ۶۸

سه برگ قاعده‌ای (از ناحیه یقه به بالا) گیاه بود. همچنین، میانگین صفات مربوط به بالغ‌ترین سه گل، سه میوه و سه دانه (معمولاً مستقر در پایین‌ترین بخش گیاه) به عنوان معیار اندازه‌گیری انتخاب شد و در مواردی (مانند فقدان بذر بالغ)، به دلیل ناقص بودن نمونه بررسی شده، برای برخی از صفات کمی، میانگین (سایر نمونه‌های همان گونه) اندازه‌گیری‌های مربوط به آن صفت جایگزین شد (Legendre and Legendre, 1998).

نمونه انتخاب و ۴۲ صفت کمی و ۳۰ صفت کیفی برای مطالعه آنها اندازه‌گیری شد (جدول ۲). در مطالعه حاضر سعی شده است تا حد امکان از نمونه‌هایی استفاده شود که تنوع ریخت‌شناسی بیشتری داشته، متعلق به جمعیت‌هایی از نواحی مختلف جغرافیایی منطقه مورد مطالعه باشند. صفات کیفی به صورت دو تایی (۰ و ۱) و یا چند تایی (۰، ۱، ۲، ۳، ...) کدگذاری شدند. صفات اندازه‌گیری و یا کدگذاری شده مربوط به برگ‌ها، شامل میانگینی از

جدول ۲- فهرست صفات کمی و کیفی بررسی شده. دامنه حالت‌های صفات کیفی استفاده شده در داخل پرانتز آمده است. اندازه‌های کمی بر حسب میلی‌متر و درجه است. صفاتی که با حرف "a" نشان داده شده‌اند، صفاتی هستند که در آزمون تک متغیره اختلاف معنی‌داری بین گونه‌ها نشان نداده و از تجزیه و تحلیل PCA حذف شده‌اند.

شماره	صفت کیفی	اختصار
۱	نوع گیاه (یک ساله: ۰ یا چند ساله: ۱)	LISP
۲	انشعابات گیاه (ساده: ۰ یا منشعب: ۱)	PLBR
۳	افراشنگی گیاه (پخش و خوابیده: ۰، نیمه افراشته: ۲ و راست: ۳)	GRFO
۴	نوع ساقه (ساده: ۱ یا منشعب: ۲)	STBD
۵	تراکم ساقه‌ها (کم: ۱، متوسط: ۲ و زیاد: ۳)	STBR
۶	تراکم گُرک روی ساقه (صاف: ۰، تنک: ۱، متوسط: ۲، متراکم: ۳ و خیلی متراکم: ۴)	TDST
۷	وجود گُرک غده‌ای روی ساقه (حضور: ۱، عدم حضور: ۲)	GLST a
۸	شکل نوک برگ (تیز و باریک: ۱، تیز و پهن: ۲، کند: ۳)	SLTI
۹	شکل برگ (واژ تخم‌مرغی: ۱، واژ سرنیزه‌ای: ۲، تخم‌مرغی: ۳)	LESH
۱۰	داشتن دم‌برگ (ندارد: ۰، دارد: ۱)	PETI
۱۱	وجود گُرک غده‌ای روی برگ (ندارد: ۰، دارد: ۱)	GLLEa
۱۲	میزان برجستگی رگبرگ (برجسته: ۰، تخت: ۱)	MIRI
۱۳	شکل حاشیه برگ (ساده: ۰، سینوسی: ۱، موج: ۲، دندانه‌ای: ۳)	LEMA
۱۴	تراکم دندانه‌های حاشیه برگ (فاقد دندانه: ۰، ۱ تا ۲ دندانه: ۱، ۳ تا ۴ دندانه: ۲، بیش از ۶ دندانه)	LOLM
۱۵	تراکم برگ‌ها روی ساقه (قاعده گیاه: ۱، سرتاسر گیاه: ۲)	LEST
۱۶	رنگ گلبرگ (زرد: ۱، بنفش: ۲)	PECO
۱۷	رنگ کاسبرگ (سبز: ۱، بنفش: ۲)	CACO
۱۸	گُرک غده‌ای روی کاسبرگ (ندارد: ۰، دارد: ۱)	GLSEa
۱۹	تراکم گل در گل‌آذین (۵ تا ۱۰ گل: ۱، ۱۱ تا ۱۵ گل: ۲، بیش از ۱۵ گل: ۳)	FDRA
۲۰	شکل زایده کنار پرچم بلند (به تدریج پهن می‌شود: ۱، بال‌دار: ۲، لوب‌دار: ۳، زایده‌ای: ۴)	SLLS
۲۱	شکل کلاله (سرساز: ۱، مثلثی: ۲، مخروطی کشیده: ۳)	STSH
۲۲	وجود گُرک غده‌ای روی خامه (ندارد: ۰، دارد: ۱)	GLSY
۲۳	شکل خورجین (مستطیلی: ۱، خطی: ۲، خطی و دانه‌تسبیحی: ۳)	SISH
۲۴	شکل برجستگی بالای خورجین (گرد: ۱، کشیده: ۲)	SSTI
۲۵	برآمده بودن خورجین (تخت و فشرده: ۱، برآمده: ۲)	SILI

شماره	صفت کیفی	اختصار
۲۶	وجود رگه میانی روی خورجین (ندارد: ۰، دارد: ۱)	MISI
۲۷	تغییرات عرض خورجین در رأس (بدون تغییر: ۰، باریک شونده: ۱)	VSWT
۲۸	وجود کُرک غده‌ای روی خورجین (ندارد: ۰، دارد: ۱)	GLSI
۲۹	وجود کُرک غده‌ای روی پایک (ندارد: ۰، دارد: ۱)	GLSPa
۳۰	شکل بذر (کروی: ۱، بیضوی-کروی: ۲، بیضوی کشیده: ۳، تخم‌مرغی: ۴ و مستطیلی: ۵)	SHSD

شماره	صفت کمی	اختصار	شماره	صفت کمی	اختصار
۱	ضخامت یقه (میلی متر)	BSDI	۲۲	عرض دمگل (میلی متر)	PDWI
۲	ارتفاع گیاه (میلی متر)	PLHE	۲۳	طول میله پرچم بلند (میلی متر)	FLTS
۳	افراشتگی ساقه ها (زاویه)	STUP	۲۴	طول بساک پرچم بلند (میلی متر)	ALTS
۴	طول برگ (میلی متر)	LELE	۲۵	طول میله پرچم کوتاه (میلی متر)	FLSS
۵	عرض برگ (میلی متر)	LEWI	۲۶	طول بساک پرچم کوتاه (میلی متر)	ALSS
۶	نسبت طول به عرض برگ	LLWI	۲۷	فاصله زائده از رأس میله (میلی متر)	LOTI
۷	طول دمبرگ (میلی متر)	PELE	۲۸	طول خامه (میلی متر)	SYLE
۸	بیشترین عمق بریدگی های برگ (میلی متر)	LELO	۲۹	عرض خامه (میلی متر)	SYWI
۹	تراکم کُرک سطح فوقانی برگ (در یک میلی متر مربع)	TDAL	۳۰	تراکم کُرک روی خامه (در یک میلی متر مربع)	TDSY
۱۰	تراکم کُرک سطح تحتانی برگ (در یک میلی متر مربع)	TDPL	۳۱	طول خورجین (میلی متر)	SILE
۱۱	طول گلبرگ (میلی متر)	PTLE	۳۲	عرض خورجین (میلی متر)	SIWI
۱۲	عرض گلبرگ (میلی متر)	PEWI	۳۳	تراکم کُرک روی خورجین (در یک میلی متر مربع)	TDSI
۱۳	طول پهنک (میلی متر)	LILE	۳۴	زاویه خورجین با ساقه (درجه)	ASST
۱۴	طول ناخنک (میلی متر)	CLLE	۳۵	طول پایک خورجین (میلی متر)	STLE
۱۵	عرض ناخنک (میلی متر)	CLWI	۳۶	عرض پایک خورجین (میلی متر)	STWI
۱۶	طول پهنک نسبت به ناخنک	CLLI	۳۷	تراکم کُرک روی پایک (در یک میلی متر مربع)	TDST
۱۷	طول کاسبرگ (میلی متر)	SELE	۳۸	نسبت ضخامت پایک به دمگل	SWPW
۱۸	عرض کاسبرگ (میلی متر)	SEWI	۳۹	نسبت ضخامت پایک به خورجین	SISP
۱۹	نسبت طول گلبرگ به کاسبرگ	SPLE	۴۰	طول بذر (میلی متر)	SDLE
۲۰	تراکم کُرک کاسبرگ (در یک میلی متر مربع)	TRDS	۴۱	بیشترین عرض بذر (میلی متر)	SDWI
۲۱	طول دمگل (میلی متر)	PDLE	۴۲	بیشترین عرض باله (میلی متر)	WISD

تحلیل داده‌ها

توزیع داده‌های کمی با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smirnov بررسی شد. برخی از صفات با توزیع غیر نرمال، با روش‌های مختلف تبدیل (نظیر square root, logarithmic transformation, inverse square transformation و transformation) نرمال شدند. به دلیل داشتن ترکیبی از صفات کمی و کیفی در ماتریکس داده‌ها، از آزمون Kruskal-Wallis (روش آماری غیر پارامتری) برای

بررسی وجود اختلاف معنی‌دار میان داده‌های به کار رفته در تمایز گونه‌ها استفاده شد (Spurrier, 2003). دو آزمون فوق با نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ و در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد. پس از تحلیل، آن دسته از صفاتی که در جدایی گونه‌ها تاثیری نداشتند، برای تحلیل‌های بعدی از ماتریکس صفات حذف شدند. به منظور آزمون روابط بین گونه‌ها بر اساس صفات بررسی شده، تجزیه و تحلیل به مؤلفه اصلی (Principal Component Analysis=PCA) با نرم‌افزار

نشان می‌دهد که بیشترین واریانس، مربوط به محور X است، این محور در تفکیک گونه‌ها تأثیر بیشتری خواهد داشت. در شکل ۲ از تحلیل PCA، صفات: PLHE (ارتفاع گیاه)، SILE (طول خورجین)، LELE (طول برگ)، LEST (تراکم برگ‌ها روی ساقه)، TDSY (تراکم کُرک روی خامه)، LEMA (شکل حاشیه برگ)، SSTI (شکل برجستگی‌های بالای خورجین)، STBR (تراکم ساقه‌ها)، STBD (نوع ساقه‌ها)، PELE (طول دم‌برگ) و SIWI (عرض خورجین) که هم صفات کمی و هم کیفی را شامل می‌شوند، بیشترین بارگذاری را نشان دادند. از این مجموعه، صفات PLHE (ارتفاع گیاه)، SILE (طول خورجین)، LELE (طول برگ)، SSTI (شکل برجستگی بالای خورجین)، STBR (تراکم ساقه‌ها) و SIWI (عرض خورجین) همان صفاتی هستند که در اغلب کلیدهای شناسایی گونه‌های این سرده مورد استفاده قرار می‌گرفتند، اما با توجه به نتایج این تحلیل، صفات LEST (تراکم برگ‌ها روی ساقه)، TSDY (تراکم کُرک روی خامه)، LEMA (شکل حاشیه برگ)، STBD (نوع ساقه‌ها) و PELE (طول دم‌برگ) با توجه به بارگذاری بالای آنها (اهمیت زیاد در جداسازی افراد) می‌توانند در شناسایی کارآمد باشند. نتایج نشان دادند که نمونه‌های مورد مطالعه بر اساس صفات استفاده شده، به سه گروه تقسیم می‌شوند (شکل ۲): گروه اول شامل افراد گونه *M. alyssifolia* است و تمامی صفاتی که در قسمت یک چهارم پایینی سمت راست شکل ۲ آمده است، برای افراد این گونه بیشترین مقدار را دارا هستند. از میان این صفات برخی مانند LESH (شکل برگ‌ها)، PDLE (طول دم‌گل)، SDWI (بیشترین عرض باله)، SDLE (طول بذر)،

CANOCO نسخه ۴/۵ (Ter Braak and Smilauer, 2002) صورت گرفت. این روش، افراد را در یک فضای چند بعدی قرار می‌دهد، به طوری که بیشترین واریانس‌هایی که با هم همبستگی ندارند در امتداد محورهای متفاوت استخراج می‌شوند (Otieno *et al.*, 2006). با این تحلیل بدون این که ارزش صفات تغییر کند، داده‌های خام تبدیل به متغیرهای همبسته می‌شود (Everitt and Dunn, 2001).

به منظور یافتن صفات متمایزکننده بین جفت آرایه‌هایی که در تحلیل PCA تباین کافی را نشان ندادند، آزمون Mann-Whitney U (برای آزمون‌های غیر پارامتری دو نمونه مستقل کاربرد دارد) با نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد.

نتایج

آزمون Kruskal-Wallis

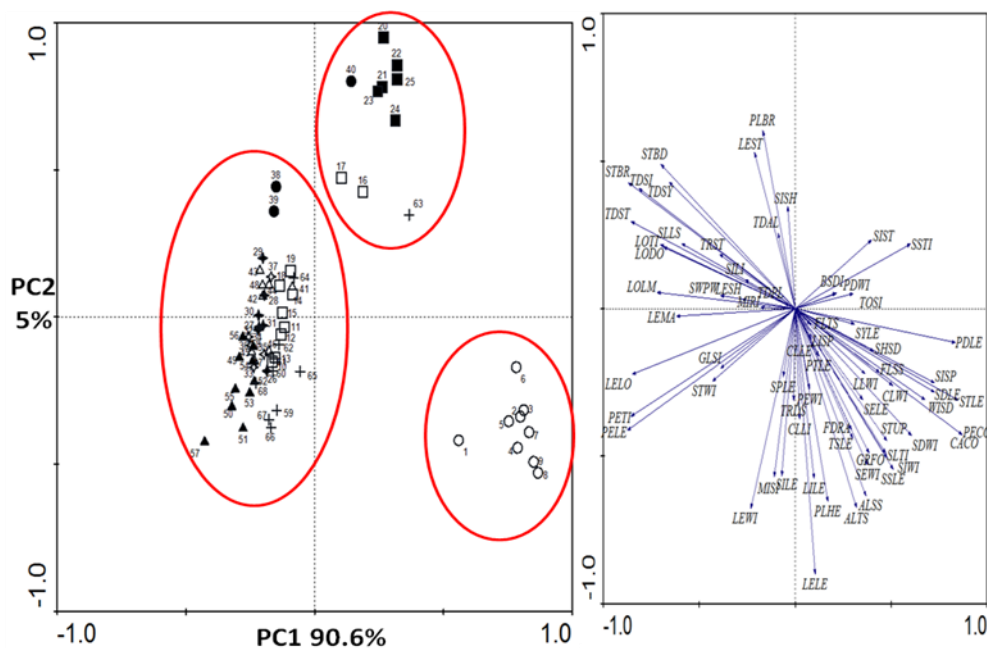
در آزمون Kruskal-Wallis با سطح اطمینان ۹۵ درصد که برای تمامی صفات انجام شد، تفاوت معنی‌داری برای چهار صفت GLSP (وجود کُرک غده‌ای روی پایک خورجین، $P=0.17$)، GLLE (وجود کُرک غده‌ای روی برگ، $P=0.34$)، GLSE (وجود کُرک غده‌ای روی کاسبرگ، $P=0.12$) و GLST (وجود کُرک غده‌ای روی ساقه، $P=0.42$) (جدول ۲) در بین گونه‌ها وجود نداشت. این صفات از ماتریکس صفات حذف شدند و در تحلیل چند متغیره استفاده نشدند.

تحلیل (Principal Component Analysis) PCA

در تحلیل PCA، درصد واریانس محاسبه شده در محور اول، ۹۰/۶ درصد، محور دوم، ۵ درصد و محور سوم ۲/۲ درصد از تغییرات را نشان داده است. این اعداد

دندانه‌های حاشیه برگ (PETI) (داشتن دم‌برگ) در عدم جدایی این گونه‌ها مؤثر بوده‌اند. تحلیل تک متغیره Mann-Whitney U بر روی گونه‌های موجود در این گروه انجام شد. نتایج این آزمون (جدول‌های ۳ و ۴) نشان می‌دهد که علیرغم تفکیک‌ناپذیری اعضای این گروه در تحلیل چند متغیره (شکل ۲)، صفات متعددی در جدایی جفت گونه‌های این گروه وجود دارند که قابلیت استفاده در کلید شناسایی را خواهند داشت. گروه سوم نیز به واسطه صفاتی مانند SIST (زاویه قرارگیری خورجین نسبت به ساقه)، LEST (تراکم برگ‌ها روی ساقه) و PDWI (عرض دم‌گل) در کنار یکدیگر قرار گرفته که شامل افراد گونه *M. revoluta* و برخی از افراد گونه *M. chorassanica* می‌شوند.

PECO (رنگ گلبرگ)، CACO (رنگ کاسبرگ)، LELE (طول برگ) و SIWI (عرض خورجین) می‌توانند در شناسایی افراد این گونه کارآمد باشند. گروه دوم افراد گونه‌های: *M. afghanica*، *M. farinosa*، *M. dumulosa*، *M. chenopodiifolia* و *M. flavida* و آرایه ناشناخته *Matthiola* sp. که با کلیدهای موجود، شناسایی آن مشکل بود با قرابت زیادی در امتداد محور X پراکنده شده‌اند. به نظر می‌رسد که صفاتی مانند LEWI (عرض برگ)، MISI (وجود رگه میانی روی خورجین)، SILE (طول خورجین)، PELE (طول دم‌برگ)، LELO (بیشترین عمق بریدگی برگ)، LEMA (شکل حاشیه برگ)، TDST (تراکم کرک روی پایک خورجین)، LOLM (تراکم



شکل ۲- دیاگرام حاصل از تجزیه و تحلیل PCA مربوط به ۶۸ نمونه مطالعه شده بر اساس محور اول و دوم. دیاگرام سمت راست بارگذاری صفات و دیاگرام سمت چپ موقعیت افراد گونه‌های مختلف بر اساس صفات مورد بررسی را نشان می‌دهد.

\blacktriangle : *M. farinosa*، \blacktriangle : *M. revolute* (درصد واریانس محاسبه شده در هر محور در کنار محور مربوط آورده شده است).
 \blacklozenge : *Matthiola* sp.، \blackstar : *M. afghanica*، \circ : *M. alyssifolia*، \square : *M. chenopodiifolia*، \bullet : *M. chorassanica*، \triangle : *M. dumulosa*.

جدول ۳- صفات متمایز کننده معنی دار بین جفت گونه‌های مطالعه شده با استفاده از تحلیل Mann-Whitney U

<i>M. afghanica/ M. dumulosa</i>	<i>M. afghanica/ M. flavida</i>	<i>Matthiola sp./ M. afghanica</i>
TDPL	TDST	PLBR
SELE	SLTI	CLWI
SYLE	LESH	CLLI
TDSY	CLLE	SELE
STWI	CLWI	SPLE
SWPW	SELE	TRDS
SILI	TRDS	FLTS
MISI	ALTS	ALTS
SDLE	SLLS	SLLS
SDWI	TDSY	SYLE
SHSD	SILE	TOSI
SHSD	TDSI	STWI
WISD	SSTI	MISI
-	TOSI	LOLM
-	STLE	SDWI
-	MISI	-
-	SDWI	-

جدول ۴- صفات متمایز کننده معنی دار بین آرایه ناشناخته *Matthiola sp.* و گونه‌هایی که در گراف حاصل از تحلیل چند متغیره (PCA) قرابت بالایی داشتند (با استفاده از تحلیل Mann-Whitney U).

<i>Matthiola sp./ M. dumulosa</i>	<i>Matthiola sp./ M. alyssifolia</i>	<i>Matthiola sp./ M. chenopodiifolia</i>
TDPL	PLBR	GRFO
LEMA	GRFO	SLTI
GRFO	PLHE	LESH
PLBR	BSDI	LELO
TDSY	STBD	PETI
SLLS	STUP	CLWI
TRDS	LELE	TRDS
CLWI	LELO	SLLS
SWPW	PELE	TDSI
TRST	LEMA	LOLM
STWI	CLLE	SHSD
SSTI	CLWI	WISD
SDLE	LOTI	-
LOLM	LODO	-
SIST	SYLE	-
SILI	GLSI	-
WISD	STLE	-
-	SIST	-
-	LOLM	-
-	SHSD	-

بحث

گونه‌های مطالعه شده ایجاد نکردند بنابراین، از تحلیل چند متغیره حذف شدند. همان طور که در مقدمه اشاره شد، صفت انواع کرک غده‌ای به فراوانی در کلیدهای شناسایی به کار رفته است. Metcalfe و Chalk (۱۹۵۰) در تحقیقات خود نشان دادند که تیره شب‌بو دارای

از میان تمام صفات کمی و کیفی به کار گرفته شده در این مطالعه، صفات مربوط به وجود کرک غده‌ای بر روی پایک خورجین، برگ، کاسبرگ و ساقه (GISP)، (GLSE، GLLE و GLST) اختلاف معنی‌داری را بین

2009). دو گونه *M. revoluta* و *M. alyssifolia* با برخی صفات محدود مانند PDWI (عرض دمگل)، SISH (شکل میوه) و LISP (دوره زندگی گیاه)، از افراد سایر گونه‌ها جدا می‌شوند، اما در مورد افراد گونه‌های *M. chorassanica*، *M. afghanica*، *M. dumulosa*، *M. farinosa* و *M. flavida* نزدیکی صفات، امکان تباین افراد این گونه‌ها را از بین می‌برد و احتمالاً افراد این گونه‌ها خویشاوندی بسیار نزدیکی با یکدیگر دارند (شکل ۲). در این بررسی دیده شد که صفات زایشی (ابعاد و اشکال اجزای گل) به استثنای صفات میوه و بذر (مانند SILE (طول خورجین)، MISI (رگه میانی روی سطح خورجین) و SHSD (شکل بذر))، بین گونه‌های این سرده به طور قابل ملاحظه‌ای ثابت بوده، تغییراتی را نشان نمی‌دهند. بنابراین، این صفات در شناسایی کارآمد نیستند. جدایی‌ها و تمایز گونه‌ها عمدتاً به سبب صفات رویشی مانند PLHE (ارتفاع گیاه)، LELE (طول برگ)، LEST (تراکم برگ‌ها روی ساقه)، STBD (نوع ساقه‌ها)، PELE (طول دم‌برگ) (شکل ۲) و LEWI (عرض برگ)، PLBR (انشعابات گیاه)، LELO (عرض عمیق‌ترین لوب برگ)، MIRI (وضعیت رگبرگ)، LOLM (تراکم دندان‌های حاشیه برگ)، STBD (تراکم ساقه‌ها) و LEST (تجمع برگ‌ها) (شکل ۲) بوده است.

به نظر می‌رسد، افرادی که طی شناسایی به عنوان گونه *M. flavida* شناخته و تحلیل شدند، هیچ خویشاوندی با گونه *M. chorassanica* ندارند (شکل ۲). در فلور چین (Taiyan et al., 2001) و فلورا ایرانیکا (Rechinger, 1982) اشاره شده است که افراد این دو گونه به اشتباه به جای یکدیگر شناسایی

اشکال متنوعی از گُرک‌های غیر غده‌ای تک‌سلولی تا چندشاخه‌ای و ستاره‌ای و همچنین گُرک‌های غده‌ای هستند. Abdel Khalik (۲۰۰۵) اشاره کرده است که گُرک‌های غده‌ای (چند سلولی) برای تشخیص برخی گونه‌های *Matthiola* استفاده می‌شود، اما در این مطالعه به نظر می‌رسد که بین گونه‌های مختلف این سرده، تنوعی در گُرک‌های غده‌ای و غیرغده‌ای دیده نمی‌شود و همگی دارای گُرک‌های غیر غده‌ای چندشاخه‌ای و درختی‌اند. بنابراین، احتمالاً نوع گُرک نمی‌تواند ویژگی مناسبی برای جداسازی گونه‌های این سرده باشد. از سوی دیگر، چون تراکم گُرک نیز تا حدودی وابسته به شرایط محیطی است، نمی‌تواند به‌عنوان یک صفت قابل اطمینان برای شناسایی استفاده شود (Pigliucci, 1997؛ Gianoli and González-Teuber, 2005). برای مثال در *M. alyssifolia* تمامی افراد دارای ساقه صاف و بدون گُرک بودند و تنها یک فرد در آنها تراکم تنکی از گُرک‌ها داشت و در بیشتر افراد *M. flavida* گُرک‌های غده‌ای روی خورجین، پایک خورجین، ساقه و دمگل دیده شد، اما در سایر گونه‌ها فقط برخی افراد دارای گُرک‌های غده‌ای روی اجزای خود بودند.

در بررسی حاضر، نتایج تحلیل چند متغیره PCA (شکل ۲) نشان داد که گونه‌های سرده *Matthiola* در شمال شرق ایران فاقد مرز مشخص و دقیق تاکسونومیک است و نمی‌توان صفات ریخت‌شناسی ایده‌آلی یافت که تمایز کافی بین گونه‌های آن ایجاد کنند. به طور مشابه در مطالعه‌ای که بر روی گونه‌های *Matthiola* در جزایر قناری انجام شده است، تنوع بالایی در صفات ریخت‌شناسی مشاهده شده است که کارایی چندانی در تشخیص گونه‌ها نداشتند (Jaén-Molina et al.,

زندگی (LISP) می‌تواند صفتی متمایزکننده برای افراد این گونه باشد (سایر گونه‌ها چند ساله هستند). این گونه، تنها گونه یک‌ساله از این سرده در ایران است. صفات رویشی و زایشی دیگری نیز در جدا کردن افراد این گونه از افراد سایر گونه‌ها نقش داشته‌اند از جمله: LESH (شکل برگ)، SPLE (نسبت طول گلبرگ به کاسبرگ)، SISH (شکل کلی خورجین)، PDWI (عرض دمگل) و LILE (طول پهنک) (شکل ۲) که البته تا حدودی در کلیدهای شناسایی نیز از آنها استفاده می‌شود.

آنچه در مورد گونه *M. revoluta* شایان توجه است این است که نام این گونه از پیچش رو به بیرون گلبرگ‌ها در حالت خشک گرفته شده است (Rechinger, 1982). این صفت در اکثر افراد این گونه مشاهده شد، اما از آن جا که نحوه پرس نمودن گیاه روی کیفیت این صفت مؤثر است، در صفات اندازه‌گیری شده وارد نشد. این صفت را می‌توان به همراه سایر صفات، در شناسایی به کار برد. همان طور که در شکل ۲ آمده، افراد این گونه به واسطه صفات زایشی مانند PEWI (عرض گلبرگ)، FDRA (تراکم گل در گل آذین)، CLWI (عرض ناخنک)، SDWI (بیشترین عرض بذر)، WISD (بیشترین عرض باله)، SDLE (طول بذر) و SISP (نسبت ضخامت پایک خورجین به ضخامت خورجین) از سایر گونه‌ها جدا شده‌اند.

همان طور که اشاره شد در فلورا ایرانیکا (Rechinger, 1982)، تشخیص دو گونه *M. afghanica* و *M. dumulosa* بر اساس "ساقه کاملاً چوبی" و "فقط در قاعده چوبی" است. از سوی دیگر، در شرح بیان شده برای این دو آرایه، همپوشانی دامنه

می‌شوند، در حالی که *M. chorassanica* یک گونه نیمه‌پشته‌ای (ascendant) و *M. flavida* یک گونه افراشته (erect) است. در این بررسی دیده شد که صفاتی مانند LEMA (شکل حاشیه برگ)، LELO (عرض عمیق‌ترین فرورفتگی برگ)، PETI (داشتن دمبرگ) و STWI (عرض پایک خورجین)، افراد گونه *M. flavida* را کاملاً از گونه *M. chorassanica* متمایز می‌سازند (شکل ۲).

در بررسی حاضر، از صفات مربوط به بذر استفاده شد که در کلیدهای شناسایی نیز به صورت جزئی به آنها اشاره شده است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که صفات شکل بذر (SHSD) و بیشینه عرض باله (SDWI) می‌تواند قابل استفاده باشد. به ویژه در گونه *M. alyssifolia*، شکل و اندازه بذر کاملاً از بذر سایر گونه‌های این سرده متمایز هستند (شکل ۲ و جدول ۴). در گونه *M. farinosa* (شکل ۲)، صفات مربوط به خورجین شامل SILE (طول خورجین)، SIWI (عرض خورجین)، SILI (برآمده بودن خورجین)، MISI (وجود رگه میانی روی خورجین) و SISP (نسبت ضخامت پایک به خورجین) صفات مناسبی در متمایز ساختن این گونه از سایر گونه‌ها بوده، در کلیدهای شناسایی نیز به خوبی از آنها استفاده شده است. صفات مربوط به برگ مانند LELE (طول برگ)، LEWI (عرض برگ)، MIRI (وضعیت رگبرگ)، SLTI (شکل نوک برگ) و LLWI (نسبت طول به عرض برگ) به علت تغییرات زیاد، نمی‌تواند صفات مناسبی برای جدایی این گونه باشند (شکل ۲).

همان طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، در گونه یک‌ساله *M. chenopodiifolia* بردار صفت دوره

صفات مشاهده می‌شود و تحلیل PCA نیز نتوانست تباین کافی را بین این دو آرایه فراهم کند. نتایج تحلیل Mann-Whitney U (جدول ۳) نشان داد که تنها صفات مربوط به بذر SDWI (بیشترین عرض بذر)، SHSD (شکل بذر) و WISD (طول باله) می‌توانند در تشخیص این دو آرایه ارزشمند باشند. البته صفات دیگری نیز اختلاف معنی‌داری را نشان دادند، اما با در نظر گرفتن ایجاد خطا در هنگام شناسایی (در صفاتی مانند فشردگی میوه و یا تراکم گُرک) به نظر می‌رسد که به کارگیری این صفات قابل استناد نیست.

صفات ابعاد ناخنک (CLWI و CLLE)، میوه خورجین (SILE و STLE)، صفت بذر (SDWI) و شکل زایده کنار میله پرچم بلند (SLLS)، صفات تمایزدهنده بین دو آرایه *M. afghanica* و *M. flavida* هستند (جدول ۳). این صفات از جمله صفاتی هستند که در کلیدهای شناسایی به کار گرفته نشده، می‌توانند در شناسایی کارآمد باشند.

همان‌طور که گفته شد نمونه‌های آرایه ناشناخته *Matthiola sp.* با نمونه‌های دیگر گونه‌های نزدیک *M. afghanica*، *M. alyssifolia*، *M. chenopodiifolia* و *M. dumulosa* با آزمون Mann-Whitney U تحلیل شده بودند (جدول‌های ۳ و ۴). در مقایسه‌ای که بین این آرایه و *M. afghanica* که نزدیکی زیادی با هم نشان می‌دادند (جدول ۳)، صفات مربوط به ناخنک (CLWI و CLLI)، بذر (SDWI)، دندانه‌های حاشیه برگ (LOLM) و شکل زایده کنار میله پرچم بلند (SLLS) بین این دو آرایه تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهند. از بین گونه‌هایی که با این آرایه نزدیکی بیشتری نشان دادند (*M. alyssifolia*، *M. chenopodiifolia* و *M. dumulosa*) افرادی مد نظر قرار گرفتند که از نظر

جغرافیایی نیز نزدیک محل جمع‌آوری افراد آرایه ناشناخته (کوه سرخ کاشمر) بودند. از آنجا که صفات رویشی بسیار تحت تأثیر محیط هستند (Pigliucci, 1997) و این گونه‌ها نزدیکی جغرافیایی با هم دارند، به نظر می‌رسد که نمی‌توان به شباهت‌های صفات رویشی استناد کرد. مقایسه آرایه *Matthiola sp.* و گونه *M. dumulosa* نشان داد که صفاتی نظیر: LISP (نوع گیاه)، CLWI (عرض ناخنک)، SILI (فشردگی خورجین)، SIST (زاویه قرارگیری خورجین با ساقه)، SDLE (طول بذر) و WISD (طول باله) و یا در مقایسه این آرایه با *M. alyssifolia*، صفاتی چون: LISP (نوع گیاه)، SIST (زاویه قرارگیری خورجین نسبت به ساقه)، GLSI (گُرک غده‌ای روی خورجین)، CLLE (طول ناخنک)، CLWI (عرض ناخنک)، LOTI (محل زایده کنار پرچم)، STLE (طول پایک خورجین) و SHSD (شکل بذر) متمایزکننده هستند (جدول ۴). آنچه از مقایسه این نمونه‌ها با افراد گونه *M. chenopodiifolia* دیده می‌شود، این است که صفاتی مانند: SLLS (شکل زایده پرچم)، SHSD (شکل بذر) و WISD (طول باله) از محدود صفاتی هستند که می‌توانند افراد متعلق به آرایه *Matthiola sp.* را از هر یک از گونه‌هایی که با آن مقایسه شده‌اند، متمایز سازند. از آنجا که این نمونه‌ها (*Matthiola sp.*) با دوره زندگی دو ساله در منطقه‌ای یافت شده‌اند (کوه سرخ کاشمر) که نزدیک به محل جمع‌آوری افرادی از گونه یک‌ساله *M. chenopodiifolia* (شماره هرباریومی 32219، جدول ۱) و از گونه‌های چند ساله *M. alyssifolia* (شماره هرباریومی 12345، جدول ۱) و *M. dumulosa* (شماره هرباریومی 19946، جدول ۱)، هستند و به جز صفت نوع گیاه (LISP)، سایر صفات بسیار شبیه هم هستند، این احتمال وجود دارد که این نمونه‌های ناشناخته، حاصل

صفات مشاهده می‌شود و تحلیل PCA نیز نتوانست تباین کافی را بین این دو آرایه فراهم کند. نتایج تحلیل Mann-Whitney U (جدول ۳) نشان داد که تنها صفات مربوط به بذر SDWI (بیشترین عرض بذر)، SHSD (شکل بذر) و WISD (طول باله) می‌توانند در تشخیص این دو آرایه ارزشمند باشند. البته صفات دیگری نیز اختلاف معنی‌داری را نشان دادند، اما با در نظر گرفتن ایجاد خطا در هنگام شناسایی (در صفاتی مانند فشردگی میوه و یا تراکم گُرک) به نظر می‌رسد که به کارگیری این صفات قابل استناد نیست.

صفات ابعاد ناخنک (CLWI و CLLE)، میوه خورجین (SILE و STLE)، صفت بذر (SDWI) و شکل زایده کنار میله پرچم بلند (SLLS)، صفات تمایزدهنده بین دو آرایه *M. afghanica* و *M. flavida* هستند (جدول ۳). این صفات از جمله صفاتی هستند که در کلیدهای شناسایی به کار گرفته نشده، می‌توانند در شناسایی کارآمد باشند.

همان‌طور که گفته شد نمونه‌های آرایه ناشناخته *Matthiola sp.* با نمونه‌های دیگر گونه‌های نزدیک *M. afghanica*، *M. alyssifolia*، *M. chenopodiifolia* و *M. dumulosa* با آزمون Mann-Whitney U تحلیل شده بودند (جدول‌های ۳ و ۴). در مقایسه‌ای که بین این آرایه و *M. afghanica* که نزدیکی زیادی با هم نشان می‌دادند (جدول ۳)، صفات مربوط به ناخنک (CLWI و CLLI)، بذر (SDWI)، دندانه‌های حاشیه برگ (LOLM) و شکل زایده کنار میله پرچم بلند (SLLS) بین این دو آرایه تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهند. از بین گونه‌هایی که با این آرایه نزدیکی بیشتری نشان دادند (*M. alyssifolia*، *M. chenopodiifolia* و *M. dumulosa*) افرادی مد نظر قرار گرفتند که از نظر

شناسایی این آرایه (*Matthiola* sp.) نیازمند بررسی‌های بیشتر در زمینه مطالعات تشریحی، گرده‌شناسی و به ویژه مطالعات مولکولی باشد. از آن چه تاکنون پیرامون صفات آرایه *Matthiola* sp. صحبت شد شاید بتوان این آرایه را به صورت دو رگه *M. afghanica* × *dumulosa* نشان داد.

دورگ گیری بین افراد گونه‌های اشاره شده باشند. همان طور که Marhold و Lihova (۲۰۰۶) بیان کردند، تیره شب‌بو دارای تغییرات زیادی در تعداد کروموزوم است و رویداد پلی‌پلوئیدی و جریان ژنی بین گونه‌ای به وفور در سرده‌های این تیره گزارش شده است. به نظر می‌رسد که

کلید شناسایی گونه‌های سرده *Matthiola* در شمال‌شرق ایران

- (a1) گیاهانی یک‌ساله *M. chenopodiifolia*
- (b) گیاهانی چندساله ۲
- (a2) گلبرگ و کاسبرگ به رنگ بنفش تا ارغوانی، دمگل به طول بیشتر از ۵ میلی‌متر، برگ‌ها ساده و واژ تخم‌مرغی با طول بیش از ۱۰ سانتی‌متر، عرض خورجین بیش از ۴ میلی‌متر، طول بذر بیش از ۶ میلی‌متر، عرض باله بیش از ۴ میلی‌متر *M. alyssifolia*
- (b) گلبرگ به رنگ زرد تیره، کاسبرگ سبز رنگ، طول دمگل کمتر از ۵ میلی‌متر، برگ‌ها ساده تا سینوسی طول کم‌تر از ۱۰ سانتی‌متر، عرض خورجین کم‌تر از ۴ میلی‌متر، طول بذر کمتر از ۶ میلی‌متر، عرض باله کم‌تر از ۴ میلی‌متر ۳
- (a3) گیاه منشعب (با حداقل ۳ انشعاب)، برگ‌ها با حاشیه موج، کمتر از ۱۰ گل در هر گل‌آذین *M. revoluta*
- (b) گیاه عمدتاً با انشعابات اندک (حداکثر ۳ انشعاب اصلی)، برگ‌ها سینوسی ۴
- (a4) گیاه خوابیده بر روی زمین و بوته‌ای، کوتاه و با ارتفاع کمتر از ۲۰ سانتی‌متر *M. chorassanica*
- (b) گیاه افراشته با ارتفاع بیش از ۲۰ سانتی‌متر ۵
- (a5) عرض خورجین بیش از ۳ میلی‌متر، طول خورجین بیش از ۱۰ سانتی‌متر، برگ‌ها کامل با حاشیه موج *M. farinosa*
- (b) عرض خورجین کمتر از ۳ میلی‌متر، طول خورجین کمتر از ۸ سانتی‌متر، برگ‌ها دارای بریدگی ۶
- (a6) گیاه بوته‌ای و نیمه‌افراشته، ساقه اصلی به رنگ سبز روشن تا زرد، بذر بیضوی کشیده با عرض کمتر از ۲ میلی‌متر *M. dumulosa*
- (b) گیاه افراشته، ساقه اصلی سبز رنگ، بذر مستطیلی یا گرد ۷
- (a7) طول برگ‌ها کمتر از ۷ سانتی‌متر، برگ‌ها کامل تا اندکی سینوسی، بذر کاملاً گرد و عرض بیش از ۲ میلی‌متر *M. dumulosa* × *afghanica*
- (b) طول برگ‌ها بیش از ۷ سانتی‌متر، برگ‌ها سینوسی با بریدگی‌های عمیق ۸
- (a8) طول خورجین بین ۵-۶ میلی‌متر، شکل بذر مستطیلی و عرض بذر کم‌تر از ۲ میلی‌متر، طول ناخنک ۷-۸ میلی‌متر *M. afghanica*
- (b) طول خورجین بین ۷-۸ میلی‌متر، شکل بذر بیضی شکل، بیشترین عرض بذر ۱/۵ میلی‌متر، طول ناخنک ۹-۱۰ میلی‌متر *M. flavida*

سپاسگزاری

مشهد و همچنین، خانم‌ها سمیه قائم‌پناه، آسیه اسماعیلی، سمیه مختاری و خدیجه کریمی که در جمع آوری نمونه‌ها همکاری نمودند کمال تشکر را دارند.

نگارندگان از زحمات جناب آقای علی اصغر بصیری کارشناس آزمایشگاه سیستماتیک گیاهی دانشکده علوم پایه و خانم محبوبه زنگویی کارشناس هرباریوم پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی

منابع

- Abdel Khalik, K. (2005) Morphological studies on trichomes of Brassicaceae in Egypt and taxonomic significance. *Wilhelm Engelmann* 64: 57-73.
- Akhani, H. (2003) Note on the flora of Iran: 4. Two new records and synopsis of the new data on Iranian Cruciferae since *Flora Iranica*. *Candollea* 58(2): 369-385.
- Al-Shehbaz, I. A. (1984) The tribes of Cruciferae (Brassicaceae) in southeastern united state. *Journal of the Arnold Arboretum* 65: 343-373.
- Al-Shehbaz, I. A., Beilstein, M. A. and Kellogg, E. A. (2006) An overview: Systematics and phylogeny of the Brassicaceae (Cruciferae). *Plant Systematic and Evolution* 259: 89-120.
- Beilstein, M. A., Al-Shehbaz, I. A. and Kellogg, I. A. (2006) Brassicaceae phylogeny and trichome evolution. *American Journal of Botany* 93: 607-619.
- Boissier, E. (1975) *Flora orientalis*. vols. 1-5. Genevae et Basileae. H. Georg, Geneva.
- Chernyakhovskaya, E. G. (1965) *Flora of the U.S.S.R.* 8: 28-806. Academy of Sciences of the USSR, Moskova-leningrad.
- Davis, P. H. (1965) *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. vols. 6 and 8, Edinburgh University Press, Scotland.
- Everitt, B. S. and Dunn, G. (2001) *Applied multivariate data analysis*. 2nd edition, John Wiley and Sons Inc., London.
- Ghahreman, A. (1994) *Plant systematics: cormophytes of Iran*. Center for Academic Publication, Tehran (in Persian).
- Gianoli, E. and González-Teuber, M. (2005) Environmental heterogeneity and population differentiation in plasticity to drought in *Convolvulus chilensis* (Convolvulaceae). *Evolutionary Ecology* 19: 603-613.
- Hedge, I. C. (1976) A systematic and geographical survey of old world Cruciferae. In: *The biology and chemistry of the Cruciferae* (Eds. Vaughan, J. G., Macleod, A. J. and Jones, B. M. G.) 1-46. Academic Press, London.
- Jaén-Molina, R., Caujapé-Castells, J., Reyes-Betancort, J. A., Akhiani, H., Fernández-Palacios, O., de Paz, J. P., Febles-Hernández, R. and Marrero-Rodríguez, A. (2009) The molecular phylogeny of *Matthiola* R. Br. (Brassicaceae) inferred from ITS sequences, with special emphasis on the Macaronesian endemics. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 53: 972-981.
- Jafri, S. M. H. (1973) *Flora of west Pakistan*. vol. 55. Ferozsons, Karachi.
- Janchen, E. (1942) Das system der Cruciferen. *Österreichische Botanische Zeitschrift* 91: 1-21.
- Legandre, P. and Legandre, L. (1998) *Numerical ecology*. Elsevier, Amsterdam.

- Marhold, K. and Lihova, J. (2006) Polyploidy, hybridization and reticulate evolution: lessons from the Brassicaceae. *Plant Systematics and Evolution* 259: 143-174.
- Metcalf, C. R. and Chalk, L. (1950) *Anatomy of dicotyledons*. vol. 1. Clarendon Press, Oxford.
- 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.
- Pigliucci, M. (1997) Ontogenetic phenotypic plasticity during the reproductive phase in *Arabidopsis thaliana* (Brassicaceae). *American Journal of Botany* 84: 887-895.
- Rechinger, K. (1982) *Matthiola* (Cruciferae). *Flora Iranica*. vol. 57. Akademische Druck-u , Verlang's Graz.
- Schulz, O. E., Engler, A. and Prantl, K. (1936) *Die Natürlichen Pflanzenfamilien*. Cruciferae. Engelmann, Leipzig.
- Spurrier, J. D. (2003) On the null distribution of the Kruskal-Wallis statistic. *Nonparametric Statistics* 15(6): 685-691.
- Taiyan, Z., Lianl, L., Guang, Y. and Al-Shehbaz, I. A. (2001) *Flora of China*. vol. 8: 1-193. Missouri Botanical Garden, Missouri
- 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.
- Warwick, S. I., Sauder, C. A. and Al-Shehbaz, I. A. (2007) Phylogenetic relationship in the tribes Anthonieae, Chorisporeae, Euclidieae and Hesperideae (Brassicaceae) based on nuclear ribosomal ITS DNA sequences. *Missouri Botanical Garden* 94: 56-78.

Numerical taxonomy of the genus *Matthiola* (Brassicaceae) in Northeast of Iran based on morphological traits

Mozhgan Rashid Taranloo¹, Jamil Vaezi^{2*}, Hamid Ejtehadi¹, Farshid Memariani³
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 Ahvaz, Ahvaz, Iran

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

Abstract

The genus *Matthiola* R. BR. (Brassicaceae) consists of 48 species in the Iranian plateau, of which only seven species are distributed in northeast of Iran. Six species were collected from the region under study including *M. afghanica*, *M. alyssifolia*, *M. chenopodiifolia*, *M. chorassanica*, *M. dumulosa* and *M. farinosa*. Two species, *M. flavida* and *M. revoluta* were recorded for the first time in this study. Some specimens of an unknown taxon entitled *Matthiola* sp. are also collected in the region and included in the present study. In this study, we tried to use a set of morphologically informative characters which could determine species boundaries and also provide appropriate identification key to the genus in the northeast of Iran. 71 morphological features including quantitative and qualitative were examined on 68 herbarium and field-collected accessions followed by statistical analyses. The results of the univariate analysis indicated that "presence/absence of trichome on the stem and leaf" and "presence/absence of glandular trichomes on the sepal and pedicel" did not significantly differentiate the species and they were excluded from the subsequent analysis. The results of multivariate analysis showed that the species under study were grouped within three groups. First group included specimens of the species *M. alyssifolia*, the species *M. afghanica*, *M. chenopodiifolia*, *M. dumulosa*, *M. farinosa*, *M. flavida* and *Matthiola* sp. were placed in second group and third group included specimens of the two species *M. chorassanica* and *M. revoluta*.

Key words: Principal Component Analysis (PCA), Brassicaceae, Morphology, *Matthiola*, Northeast of Iran