

## روند تکامل صفات ریخت‌شناسی گونه‌های *Astragalus dictyolobus*، *A. tawilicus* و *A. victoriae* بر اساس تبارزایی داده‌های حاصل از توالی کلروپلاستی *matK*

فرحناز جوانمردی \*

گروه زیست‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کازرون، کازرون، ایران

### چکیده

در مطالعه حاضر، روند تکامل صفات ریخت‌شناسی گونه‌های *Astragalus dictyolobus* و *A. tawilicus* (که پیش از این در بخشه *Laxiflori* طبقه‌بندی می‌شدند) و گونه *A. victoriae* (که پیش از این در بخشه *Christianophysa* قرار داشته است)، با سایر گونه‌های بخشه *Alopecuroidei* بر اساس داده‌های حاصل از تبارزایی توالی کلروپلاستی *matK* ارایه شده است. ۲۵ گونه از بخشه *Alopecuroidei* همراه با دو گونه *A. basineri* و *A. sieversianus* متعلق به بخشه *Astragalus* به عنوان برون‌گروه بررسی شد. ۱۲ صفت ریخت‌شناسی رویشی و زایشی انتخاب و حالت‌های مختلف آنها در قالب تبارزایی داده‌های حاصل از توالی کلروپلاستی *matK* بررسی شد. پژوهش حاضر بیانگر این است که وضعیت نیام داخل کاسه، تراکم گل آذین و شکل گل آذین با نتایج حاصل از داده‌های مولکولی انطباق ندارد و مصنوعی بودن این صفات را در رده‌بندی‌های قبلی بخشه *Alopecuroidei* نشان می‌دهد. وجود براکتول و شکل تخمدان صفاتی هستند که با تبارزایی حاصل از *matK* cpDNA مطابقت دارد. وجود دم‌گل آذین در دو گونه *A. dictyolobus* و *A. tawilicus* نشان می‌دهد که آنها خویشاوندی نزدیکی با سایر گونه‌های *Alopecuroidei* دارند. صفت تَنک بودن گل آذین، گونه *A. victoriae* را به دو گونه *A. dictyolobus* و *A. tawilicus* نزدیک می‌کند. سایر صفات ذکر شده به استثنای تَنک بودن گل آذین آن را به بخشه *Alopecuroidei* نزدیک می‌کند.

**واژه‌های کلیدی:** *Astragalus dictyolobus*، *A. tawilicus*، *A. victoriae*، توالی کلروپلاستی *matK* ریخت‌شناسی

### مقدمه

توالی تکراری معکوس (IRLC, Inverted Repeat)

(Lacking Clade) بزرگترین جنس گیاه آوندی روی

کره زمین شناخته شده و دارای حدود ۳۰۰۰ گونه و

جنس گون *L. Astragalus* متعلق به تیره

*Fabaceae* و زیرتیره *Papilionoideae* و کلاد فاقد

\* نگارنده مسؤول: نشانی پست الکترونیک: f.javanmardi@kau.ac.ir، شماره تماس: ۰۷۱۴۲۲۴۳۹۳۰

می‌شکافد (Podlech, 1999؛ Maassoumi, 2003).  
 سه گونه *Astragalus dictyolobus*، *A. tawilicus* و *A. phlomoides* که قبلاً جزو بخشه *Alopecuroidei* به شمار می‌رفتند، در سال ۱۹۷۷ توسط Agerer- Kirchhoff و Agerer به بخشه جدید *Laxiflori* (لکتوتیپ: *A. dictyolobus*) منتقل شدند که اختلاف آنها با بخشه *Alopecuroidei* در کشیده و تنک بودن گل آذین است. به دنبال آن، در سال ۱۹۹۹ بخشه *Laxiflori* توسط Podlech در فلورا ایرانیکا پذیرفته شد. Ranjbar و همکاران (۲۰۰۲) به دلیل عدم کفایت ویژگی‌های ریخت‌شناسی، *A. phlomoides* را از بخشه *Laxiflori* به بخشه *Alopecuroidei* منتقل کردند. آنها معتقد بودند که وجود گل آذین متراکم در *A. phlomoides* این گونه را به بخشه *Alopecuroidei* نزدیک می‌کند. Maassoumi (۲۰۰۳) انتقال این گونه را به *Alopecuroidei* پذیرفت. از نظر پراکنندگی جغرافیایی بخشه *Laxiflori* متعلق به ناحیه ایرانی- تورانی است. گونه *A. dictyolobus* انحصاری ایران است و *A. tawilicus* در ایران و عراق رویش دارد (Maassoumi, 2003).

بخشه *Christianophysa* Podl. and Kirch. با گونه *A. victoriae* (مترادف با *A. matthewsiae* Agerer-Kirchhoff and Podlech) معرفی شد. این گونه بوم‌زاد ترکیه است. دارای گوشوارک‌های غشایی که آزاد است اما در قسمت قاعده به یکدیگر پیوستگی دارند. کاسه در زمان میوه‌دهی متورم، جام گل بدون کُرک، گل آذین سر سان، خوشه‌ای و نامتراکم، بدون دم‌گل آذین و نیام دو حجره‌ای است (Agerer- Kirchhoff and Podlech, 1974).

۲۴۵ بخشه است. بیشترین تنوع این جنس در آسیای جنوب شرقی و آسیای مرکزی بوده و ایران به تنهایی با بیش از ۸۵۰ گونه یکی از مهم‌ترین مراکز تنوع این جنس است (Lock and Simpson, 1991؛ Podlech, 1999؛ Maassoumi, 1998, 2003؛ Lock and Maassoumi, 1998, 2003؛ Schrier, 2005؛ Chaudhary et al., 2008؛ Asgari, 2010؛ Nematian et al., 2010؛ Ranjbar et al., 2010).

جنس *Astragalus* عموماً در نواحی کوهستانی خشک و نیمه‌خشک نیمکره شمالی و آمریکای جنوبی رویش دارد (Polhill, 1981). این جنس در ایران دارای ۷۰ بخشه است که پنج بخشه آن انحصاری ایران است (Maassoumi, 1986, 2005). یکی از بخشه‌های این جنس *Alopecuroidei* DC. است. این بخشه با دارا بودن ۵۰ گونه، پراکنش وسیعی در ایران، ترکیه و روسیه دارد (Chamberlain and Goncharov et al., 1965؛ Maassoumi, 1970؛ Becht, 1978؛ Matthews, 1970؛ Podlech, 1999؛ 1995, 1998, 2005). از این بخشه ۲۷ گونه در ایران وجود دارد که ۱۶ گونه بوم‌زاد است (Maassoumi, 1996؛ Maassoumi and Ranjbar, 1996؛ Ranjbar and Podlech, 1999؛ 1998, 2003, 2005؛ Karamian, 2003).

این بخشه شامل گیاهانی چند ساله، علفی با قاعده چوبی، دارای گوشوارک سرنیزه‌ای گاهی پهن، غشایی یا علفی، در قاعده اندکی چسبیده به دم‌برگ، جدا از یکدیگر، بدون کُرک، کُرک‌دار یا در حاشیه مژک‌دار است. گل آذین سر سان، کروی، بیضوی کشیده یا دم‌روباهی، کاسه لوله‌ای یا استکانی پوشیده از کُرک‌های بلند، در ابتدا با تورم کم، پس از میوه کاملاً متورم، است. جام زرد، میوه شبه تخم‌مرغی و دو حجره‌ای که کاسه را

طول دارد (Neuhaus and Link, 1987). این ژن، در مقایسه با سایر ژن‌های پلاستییدی دارای روند تکاملی سریعتری در بین گیاهان خشکی است. از ژن *matK* به دلیل سرعت جایگزینی بالا می‌توان برای رده‌بندی در سطوح پایین از جمله روابط بین گونه‌ها استفاده کرد. ژن پلاستییدی *matK* در پژوهش‌های متعدد در مورد زیرگروه‌های Papilionoideae برای حل روابط بین گونه‌های خویشاوند نزدیک، نتایج بسیار خوبی داده است (Steele and Wojciechowski, Hu et al., 2000؛ Wojciechowski et al., 2004؛ 2003).

در پژوهش حاضر، ۱۲ صفت رویشی و زایشی که میزان جورگرایی کمتری نشان داده و در رده‌بندی‌های پیشین بخشه *Alopecuroidei* و خویشاوندانش مورد تأکید بودند (Goncharov et al., 1965؛ Ranjbar et al., 2002؛ Maassoumi, 1995) انتخاب شدند. حالت‌های مختلف این صفات ریخت‌شناسی در قالب تبارزایی داده‌های حاصل از توالی کلروپلاستی *matK* بررسی شد. با توجه به این که گونه‌های *A. dictyolobus* و *A. tawilicus* و *A. victoriae* قبلاً بر اساس چند ویژگی ریخت‌شناسی در بخشه‌های دیگر (*Laxiflori* و *Christianophysa*) قرار گرفته بودند و سپس بر اساس داده‌های مولکولی به بخشه *Alopecuroidei* منتقل شدند، ضرورت بررسی روند تکاملی صفات مذکور در چارچوب فیلوژنی مولکولی مشخص می‌شود. هدف از پژوهش حاضر، بررسی روند تکامل صفات ریخت‌شناسی گونه‌های *A. dictyolobus* و *A. tawilicus* و *A. victoriae* با سایر گونه‌های بخشه *Alopecuroidei* در چارچوب فیلوژنی مولکولی است که تا به امروز بررسی نشده است.

روابط فیلوژنتیک بین گونه‌های دنیای قدیم بر اساس توالی هسته‌ای ITS و ژن کلروپلاستی *ndhF* توسط Kazempour Osaloo و همکاران (۲۰۰۳ و ۲۰۰۵) بررسی شده است. در بین گونه‌های مطالعه شده، تنها ۴ گونه از بخشه *Alopecuroidei* بررسی شده و بیانگر این است که این بخشه پارافلیتیک بوده و ارتباطش با بخشه‌های خویشاوند مشخص نشده است. مطالعه Javanmardi و همکاران (۲۰۱۲a) در مورد بخشه *Alopecuroidei* بر اساس ترکیبی از صفات ریخت‌شناسی و داده‌های حاصل از توالی هسته‌ای ITS نشان داد که گروه‌های گونه‌ای که قبلاً توسط Maassoumi (۱۹۹۵) ارایه شده بود، فقط گروه گونه‌ای *Kirindicus* و *Turbinatus* تک‌تبار هستند. مطالعات Javanmardi و همکاران (۲۰۱۲b) پیرامون بخشه *Alopecuroidei* و خویشاوندانش بر اساس توالی هسته‌ای ITS و سه توالی کلروپلاستی *matK*، *trnH-psbA* و *trnT-trnY* تأیید کرد که این بخشه تک‌تبار نیست و بخشه *Laxiflori* با دو گونه *A. dictyolobus* و *A. tawilicus* و همچنین بخشه *Christianophysa* با تک‌گونه *A. victoriae* بایستی در بخشه *Alopecuroidei* ادغام شود. با توجه به این که داده‌های مولکولی بیانگر این است که گونه‌های *A. dictyolobus* و *A. tawilicus* و *A. victoriae* در بخشه *Alopecuroidei* قرار می‌گیرند، اما انطباق آن با داده‌های ریخت‌شناسی هنوز بررسی نشده است.

در پژوهش حاضر، به منظور بررسی انطباق صفات ریخت‌شناسی گونه‌های *A. dictyolobus*، *A. tawilicus* و *A. victoriae* با سایر گونه‌های بخشه *Alopecuroidei* داده‌های حاصل از تبارزایی توالی کلروپلاستی *matK* استفاده شده است. *matK* یک ژن کلروپلاستی است که بخشی از ایترون *trnK* است و حدود ۱۵۰۰ جفت باز

## مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر، فیلوژنی ۲۵ گونه از بخشه *Alopecuroidei* بر اساس داده‌های حاصل از صفات ریخت‌شناسی بررسی و تحلیل شد. بر اساس مطالعات Kazempour Osaloo و همکاران (۲۰۰۳ و ۲۰۰۵)، دو گونه *A. basineri* و *A. sieversianus* متعلق به بخشه *Astragalus* به عنوان برون‌گروه انتخاب و استفاده شدند. پس از انجام مطالعات ریخت‌شناسی، ۱۲ صفت انتخاب شد و حالت‌های مختلف این صفات به دست آمد (جدول ۱). حالت‌های مختلف صفات رویشی و زایشی در مورد گونه *A. victoriae* با بررسی نمونه هرباریومی دانشگاه

مونیک و با استفاده از فلور ترکیه (Chamberlain and Matthews, 1970) و مقالات مرتبط (Agerer- Kirchoff and Podlech, 1974) انجام شد و در مورد گونه‌های *A. dictyolobus*، *A. tawilicus* و سایر گونه‌های بخشه *Alopecuroidei* بر اساس مطالعات انجام شده روی نمونه‌های هرباریومی (مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور)، فلور روسیه (Goncharov et al., 1965)، گون‌های ایران (Maassoumi, 1995)، فلورا ایرانیکا (Podlech, 1999)، فلور ایران (Maassoumi, 2003) و مقالات مرتبط (Ranjbar et al., 2002)؛ Ranjbar and Karamian, 2003) به دست آمد.

جدول ۱- صفات و حالت‌های صفات بررسی شده در بررسی روند تکامل صفات

حالت‌های صفات	صفات
میوه از کاسه خارج یا آن را می‌شکافد (۰) میوه در کاسه محبوس می‌ماند (۱)	۱- وضعیت میوه داخل کاسه
بدون گُرک (۰) گُرک دار (۱)	۲- وجود گُرک روی جام گل
استوانه‌ای (۰) کروی/تخم‌مرغی (۱)	۳- شکل گل آذین
تُنک (۰) متراکم (۱)	۴- تراکم گل آذین
بدون دمگل آذین (۰) دارای دمگل آذین (۱)	۵- وجود دمگل آذین
علفی (۰) غشایی (۱)	۶- جنس گوشواره
گُرک دار (۰) بدون گُرک (۱)	۷- وجود گُرک روی گوشواره
گُرک دار (۰) بدون گُرک (۱)	۸- وجود گُرک روی ساقه گیاه
لوله‌ای (۰) استکانی (۱)	۹- شکل کاسه در زمان گل‌دهی
بیش از ۱۷ جفت (۰) کمتر یا مساوی ۱۷ جفت (۱)	۱۰- تعداد برگچه
بدون براکتول (۰) دارای براکتول (۱)	۱۱- وجود براکتول
تخم‌مرغی (۰) دوکی (۱)	۱۲- شکل تخمدان

مکان نگاری در قالب تبارزایی مشخص می‌شود. قطیبت صفات با استفاده از روش برون‌گروه تعیین شد (Maddison et al., 1984). حالت‌های صفات استفاده شده و کدهای مربوط در جدول ۱ و ماتریس داده‌های ریخت‌شناسی در جدول ۲ آورده شده است. بازسازی

حالت‌های صفات با ارزش‌گذاری عددی به صورت نامرتب (تغییر از حالتی به حالت دیگر یک گام است unordered: کدگذاری شد. ارزش‌های داده شده به حالت‌های مختلف صفات، هیچ‌گونه برتری نسبت به یکدیگر نداشته و نیایی یا پیشرفته بودن آنها تنها پس از

اطلاعاتی Akaike (AIC) (Posada and Buckley, 2004) انتخاب شد. بر اساس این تحلیل، داده‌های حاصل از ژن کلروپلاستی *matK* با استفاده از مدل GTR+G بررسی شدند. سپس با استفاده از نرم افزار Mesquite نسخه ۲/۷۴ ماتریس داده‌های ریخت‌شناسی بر درخت حاصل از داده‌های مولکولی مکان‌نگاری گردید (Maddison and Maddison, 2010).

روابط فیلوژنی داده‌های توالی کلروپلاستی *matK* بر اساس روش Maximum Parsimony در نرم‌افزار Bayesian PAUP\* 4.b10 (Swofford, 2002) و روش MrBayes نسخه ۳/۱/۲ (Ronquist and Huelsenbeck, 2003) انجام شد. مدل تکاملی با استفاده از برنامه MrModeltest نسخه ۲/۳ (Nylander, 2004)، اجرا شده در MrMTgui (Nuin, 2005) بر اساس معیار

جدول ۲- ماتریس صفات مورد استفاده در بررسی روند تکامل صفات {01}a

نام تاکسون	کد صفات	نام تاکسون	کد صفات
<i>A. ajubensis</i>	001110011100	<i>A. neoassadianus</i>	001110100100
<i>A. alopecias</i>	000101000000	<i>A. obtusifolius</i>	00111100a111
<i>A. alopecurus</i>	000111001001	<i>A. phlomoides</i>	001a10110100
<i>A. dictyolobus</i>	110010000001	<i>A. ponticus</i>	011111010100
<i>A. echinops</i>	00111100a110	<i>A. saetiger</i>	001110001000
<i>A. foliosus</i>	00111000a001	<i>A. schahrudensis</i>	001110010100
<i>A. hamadanus</i>	001110001001	<i>A. speciosus</i>	001110000100
<i>A. hymenocalyx</i>	001110010001	<i>A. tawillicus</i>	11001100a001
<i>A. jessenii</i>	00111000a100	<i>A. turbinatus</i>	01111100a000
<i>A. kirrindicus</i>	001111000110	<i>A. victoriae</i>	100001101100
<i>A. maaboudii</i>	001010000100	<i>A. zarjabadensis</i>	001110000100
<i>A. macrocephalus</i>	00111011a100	<i>A. sieversianus</i>	000000000000
<i>A. megalotropis</i>	001111001100	<i>A. basineri</i>	000000000000
<i>A. meridionalis</i>	001111001110		

براکتسول (صفت ۱۱) هیچگونه یکنواختی نشان نمی‌دهد. پس از آن، بالاترین میزان CI مربوط به صفات وضعیت میوه داخل کاسه (صفت ۱)، وجود دمگل آذین (صفت ۵) و شکل تخمدان (صفت ۱۲) است، که در آنها CI برابر با ۰/۵ است. سپس، صفت تراکم گل آذین (صفت ۴) جورگرایی کمتری را نسبت به سایر صفات نشان می‌دهد که در آن CI برابر با ۰/۳۳ است. کمترین میزان CI برابر با ۰/۱۱ و مربوط به صفت شکل کاسه در زمان گل‌دهی (صفت ۹) است. روند تکامل صفات در مورد شش صفت که جورگرایی کمتری نشان می‌دهند، مورد بحث قرار می‌گیرد.

## نتایج

تحلیل ۱۲ صفت مورد بررسی برای بخشه *Alopecuroidei* انجام شد. در جدول ۳ مقادیر شاخص‌های آماری CI (شاخص سازگاری یا consistency index) و RI (شاخص پایداری یا retention index)، نوع، حالت و تعداد تغییرات برای هر صفت آورده شده است (شماره هر صفت مربوط به جدول ۱ است). از میان ۱۲ صفت ریخت‌شناسی، شش صفت که جورگرایی کمتری را نشان می‌دهد، انتخاب و روند تکامل صفات در آنها بررسی شد. از میان صفات مطالعه شده، تنها صفت وجود

شکل ۳ روند تکامل صفت تراکم گل آذین (صفت ۴) را نشان می‌دهد. تنک بودن گل آذین صفتی نیایی است که در اغلب گونه‌های بخشه Alopecuroidei به شکل پیشرفته گل آذین متراکم تکامل یافته است. بازگشت به حالت ابتدایی در سه گونه *A. dictyolobus*، *A. tawilicus* و *A. victoriae* دیده می‌شود.

صفت وجود دمگل آذین (صفت ۵) در شکل ۴ نشان داده شده است. فقدان دمگل آذین در بین گونه‌های مطالعه شده، حالتی نیایی است که به وضعیت دارای دمگل آذین تکامل می‌یابد. گونه‌های *A. alopecias* و *A. victoriae* حالت نیایی یعنی فقدان دمگل آذین را نشان می‌دهند.

شکل ۵ روند تکامل صفت وجود براکتول (صفت ۱۱) را نشان می‌دهد. در بین گونه‌های مطالعه شده، فقدان براکتول، صفتی نیایی است. این وضعیت در گونه‌های *A. meridionalis*، *A. kirrindicus*، *A. echinops* و *A. obtusifolius* به صورت دارای براکتول تکامل یافته است.

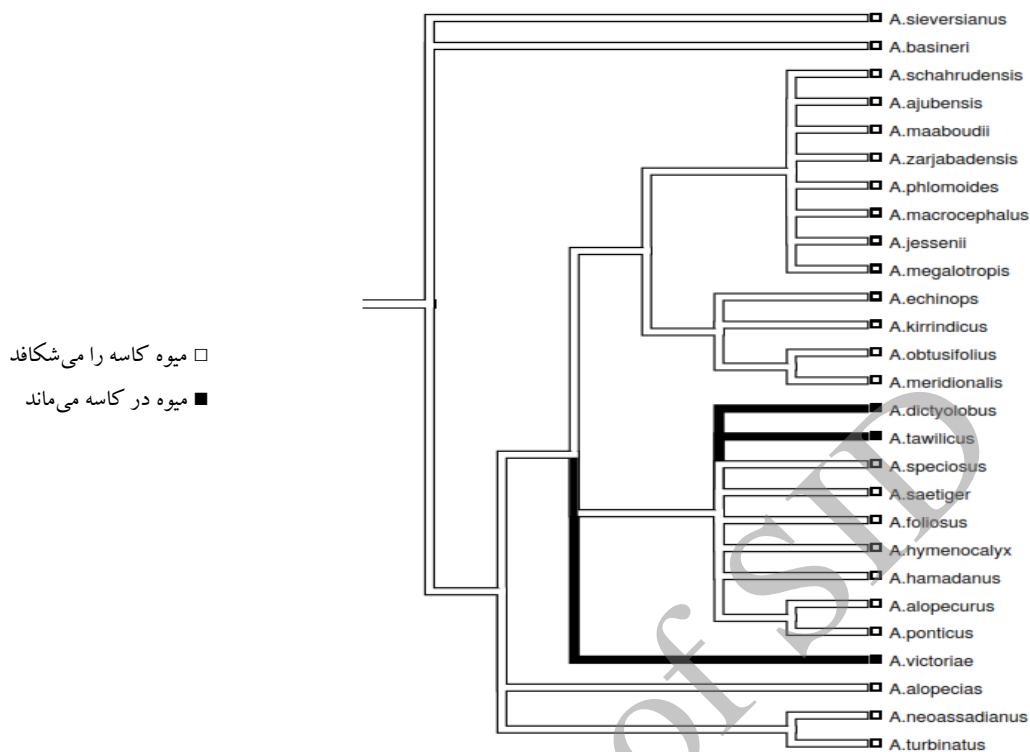
روند تکامل صفت شکل تخمدان (صفت ۱۲) در شکل ۶ نشان داده شده است. تخمدان تخم‌مرغی در گونه‌های مطالعه شده، وضعیت نیایی را نشان می‌دهد. تغییر از وضعیت تخمدان تخم‌مرغی به تخمدان دوکی، در گونه *A. victoriae* و تبار نزدیک به آن که متشکل از ۹ گونه (*A. foliosus*، *A. dictyolobus*، *A. alopecurus*، *A. ponticus*، *A. hymenocalyx*، *A. hamadanus*، *A. tawilicus*، *A. speciosus*، *A. saetiger*) است، مشاهده می‌شود.

جدول ۳- شاخص‌های آماری، نوع، حالت و تعداد تغییرات برای هر صفت ریخت‌شناسی مکان‌نگاری شده در باصرفه‌ترین درخت حاصل از تحلیل داده‌های cpDNA *matK*

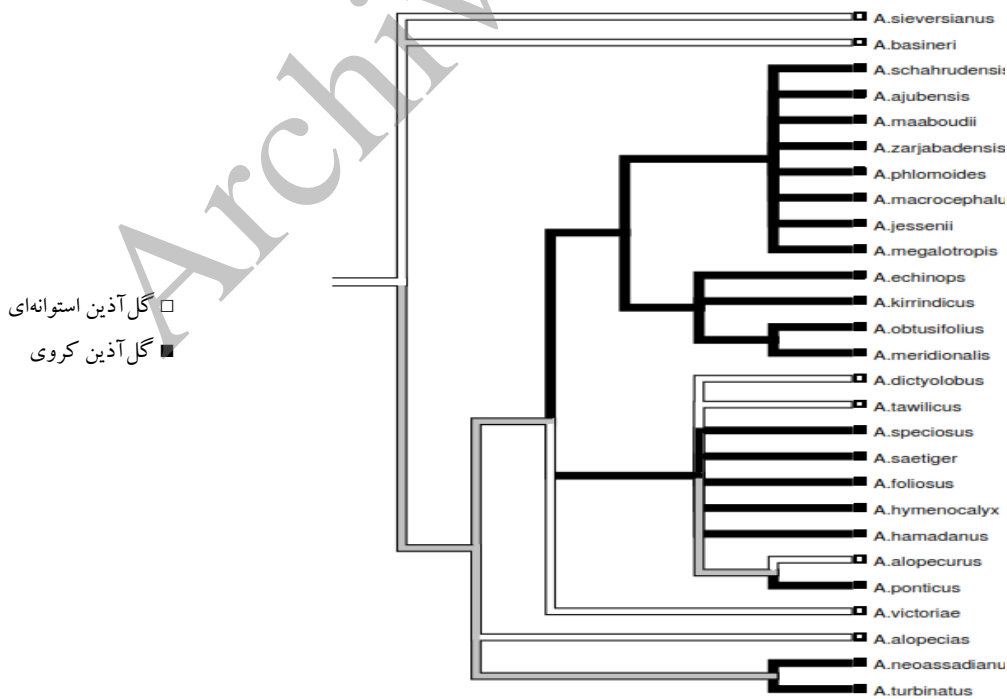
شماره صفت	نوع صفت	حالات صفت	تعداد گام	شاخص سازگاری	شاخص پایداری
۱	نامرتب	۲	۲	۰/۵۰	۰
۲	نامرتب	۲	۲	۰/۲۵	۰/۲۵
۳	نامرتب	۲	۴	۰/۲۵	۰/۲۵
۴	نامرتب	۲	۳	۰/۳	۰/۶
۵	نامرتب	۲	۲	۰/۵۰	۰
۶	نامرتب	۲	۷	۰/۱۵	۰/۳۸
۷	نامرتب	۲	۴	۰/۲۵	۰/۲۵
۸	نامرتب	۲	۶	۰/۱۷	۰/۳۸
۹	نامرتب	۲	۹	۰/۱۱	۰/۲۷
۱۰	نامرتب	۲	۴	۰/۲۵	۰/۲۵
۱۱	نامرتب	۲	۱	۱	۱
۱۲	نامرتب	۲	۲	۰/۵۰	۰

شکل ۱ صفت وضعیت میوه داخل کاسه (صفت ۱) را نشان می‌دهد. خروج نیام از کاسه یا شکافتن کاسه در زمان میوه‌دهی، صفتی نیایی است که در اغلب تاکسون‌های مورد مطالعه دیده می‌شود. تنها در گونه‌های *A. dictyolobus*، *A. tawilicus* و *A. victoriae* این وضعیت به شکل باقی ماندن نیام در کاسه در زمان میوه‌دهی تکامل می‌یابد.

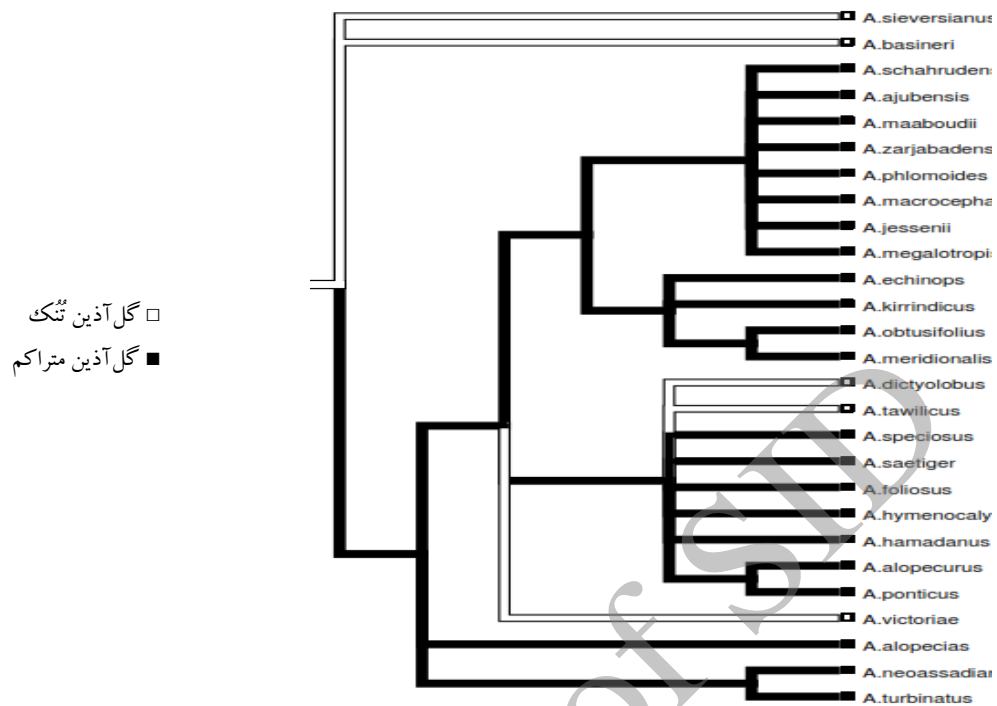
شکل ۲ روند تکامل صفت شکل گل آذین (صفت ۳) را نشان می‌دهد. استوانه‌ای بودن گل آذین، وضعیت ابتدایی در گونه‌های مورد مطالعه است. کروی یا تخم‌مرغی بودن گل آذین حالت پیشرفته صفت است. در گونه‌های *A. alopecurus*، *A. alopecias*، *A. dictyolobus*، *A. tawilicus* و *A. victoriae* گل آذین استوانه‌ای است.



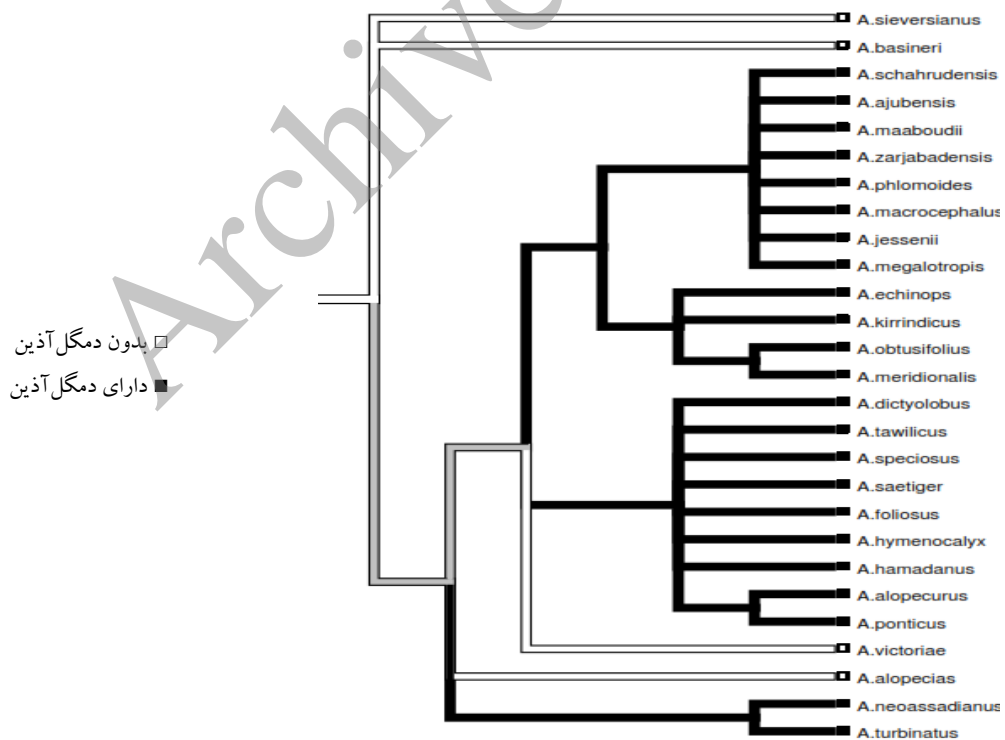
شکل ۱- روند تکامل صفت وضعیت نیام داخل کاسه در انطباق با تبارزایی حاصل از cpDNA matK



شکل ۲- روند تکامل صفت شکل گل آذین در انطباق با تبارزایی حاصل از cpDNA matK

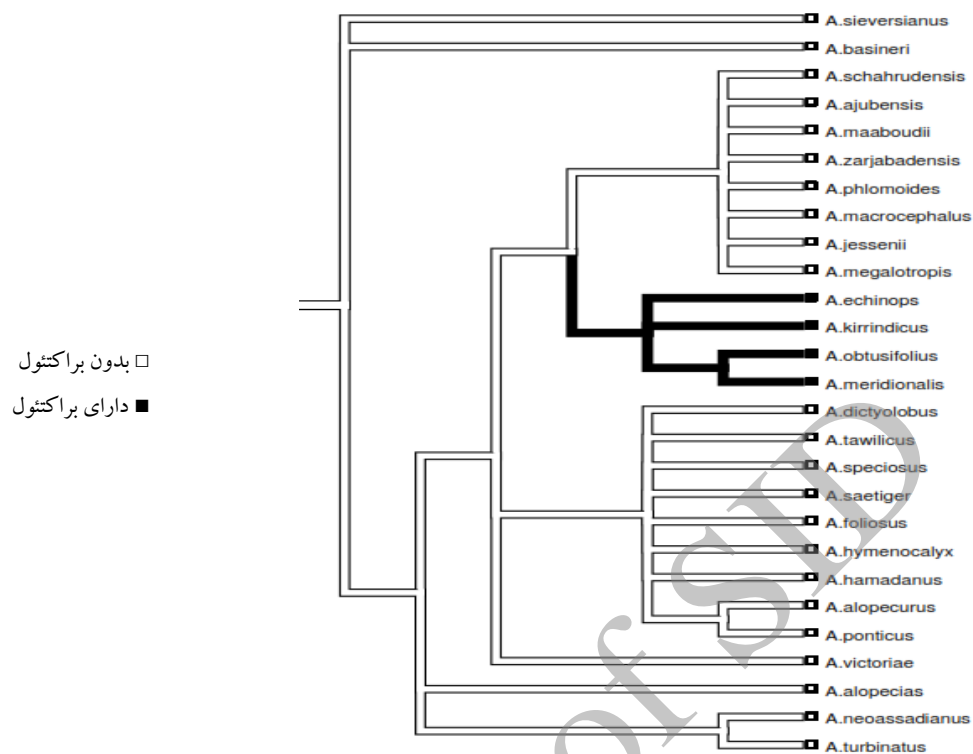


شکل ۳- روند تکامل صفت تراکم گل آذین در انطباق با تبارزایی حاصل از cpDNA *matK*

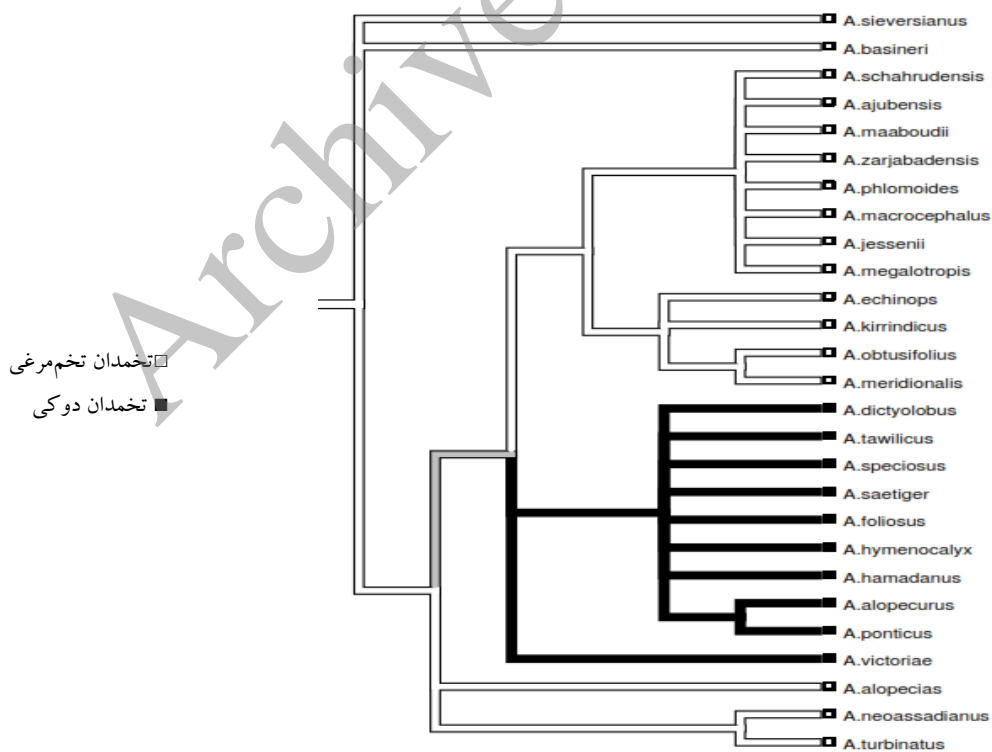


شکل ۴- روند تکامل صفت وجود دمگل آذین در انطباق با تبارزایی حاصل از cpDNA *matK*





شکل ۵- روند تکامل صفت وجود براکتول در انطباق با تبارزایی حاصل از cpDNA matK



شکل ۶- روند تکامل صفت شکل تخمدان در انطباق با تبارزایی حاصل از cpDNA matK

## بحث

مقادیر اندک اندازه‌گیری شده شاخص‌های آماری برای صفات ریخت‌شناسی نشان‌دهنده میزان یکنواختی فراوان در صفات ریخت‌شناسی این بخشه و خویشاوندانش است (جدول ۳). تعداد تغییرات اغلب صفات زیاد نیست، اما از آنجا که تعداد حالت‌های صفات به ازای هر صفت محدود است، شاخص CI و RI برخی از این صفات کاهش و در مقابل، میزان یکنواختی افزایش می‌یابد (Sanderson, 1989; Sanderson and Hufford, 1996).

از میان شش صفت مطالعه شده، صفت‌های: وضعیت میوه داخل کاسه، تراکم گل آذین، وجود دمگل آذین، وجود پراکتول و شکل تخمدان (صفات ۱، ۴، ۵، ۱۱ و ۱۲) دارای ضریب CI بین ۱ تا ۰/۳۳ هستند که بالاترین ضرایب در بین صفات مورد بررسی است و در نتیجه پایین‌ترین میزان جورگرایی را نشان می‌دهند. این پنج صفت در رده‌بندی‌های گذشته این بخشه نیز کاربرد داشته است (Maassoumi, Goncharov et al., 1965; Ranjbar et al., 2002; 1995). میزان ضریب CI در صفت شماره ۳ یعنی شکل گل آذین ۰/۲۵ است. سه صفت: وجود گُرک روی جام گل، وجود گُرک روی گوشواره و تعداد برگچه (صفات ۲، ۷ و ۱۰) نیز این ضریب سازگاری را نشان می‌دهند. علت انتخاب صفت شکل گل آذین در پژوهش حاضر، اهمیت آن در رده‌بندی‌های گذشته بوده است. در رده‌بندی Goncharov و همکاران (۱۹۶۵) در فلور روسیه سه زیربخشه معرفی شده که بر اساس شکل گل آذین به چند سری تقسیم‌بندی شده است. در رده‌بندی Maassoumi (۱۹۹۵) و رده‌بندی Ranjbar و همکاران (۲۰۰۲) نیز از

این صفت در تقسیم‌بندی گروه‌های گونه‌ای غیر رسمی استفاده شده است. برای سایر صفات با میزان شاخص سازگاری ۰/۲۵ و کمتر از آن نیز با استفاده از نرم‌افزار Mesquite درخت ترسیم شده است اما هیچکدام تأثیری در رده‌بندی‌ها و اصلاح آن ندارد و به همین دلیل شش صفت مذکور انتخاب شدند.

خروج نیام از کاسه یا شکافتن کاسه در زمان میوه‌دهی، صفتی نیایی است که در نیای مشترک تمامی تاکسون‌های مورد مطالعه حفظ شده است. تبدیل آن به میوه‌ای که در کاسه محبوس می‌ماند، چندین بار به صورت تکامل موازی در گونه‌های *A. victoriae* همچنین دو گونه *A. dictyolobus* و *A. tawilicus* اتفاق افتاده است (شکل ۱). در این سه گونه که قبلاً در بخشه‌های *Christianophysa* و *Laxiflora* طبقه‌بندی می‌شدند، میوه نیام درون کاسه محبوس می‌ماند. Podlech (۱۹۹۹) و Maassoumi (۲۰۰۳) بخشه *Alopecuroidei* را با میوه شبه تخم‌مرغی و دو حجره‌ای که کاسه را می‌شکافد مشخص کردند. Agerer-Kirchhoff (۱۹۷۶) محبوس بودن میوه رسیده درون کاسبرگ‌ها را به عنوان اختلاف بین بخشه *Laxiflora* و *Alopecuroidei* عنوان کرد. Agerer-Kirchhoff و Podlech (۱۹۷۴) معتقد بودند که این ویژگی ریخت‌شناسی، گونه *A. victoriae* را به دو گونه *A. dictyolobus* و *A. tawilicus* نزدیک می‌کند. با وجود این که داده‌های حاصل از توالی کلروپلاستی *matk* نشان می‌دهد که گونه‌های *A. dictyolobus*، *A. tawilicus* و *A. victoriae* به خوبی در میان گونه‌های بخشه *Alopecuroidei* قرار می‌گیرند، اما در پژوهش حاضر مشخص می‌شود که صفت وضعیت نیام

*A. dictyolobus* و *A. tawilicus* را به عنوان خویشاوندان نزدیک بخشه *Alopecuroidei* در نظر گرفتند.

دو گونه *A. alopecias* و *A. victoriae* صفت نیایی فقدان دمگل آذین را نشان می‌دهند. گونه‌های *A. dictyolobus* و *A. tawilicus* همراه با سایر اعضای بخشه *Alopecuroidei* دارای دمگل آذین هستند (شکل ۴). *A. alopecias* با گل آذین دم روباهی بلند، فقدان دمگل آذین و میوه‌های کوچک مشخص می‌شود (Maassoumi, 2003, 2005). در رده‌بندی‌های گذشته دو گونه *A. alopecias* و *A. alopecurus* به دلیل دارا بودن گل آذین استوانه‌ای به عنوان خویشاوند نزدیک در نظر گرفته شده‌اند (Goncharov et al., 1965؛ Maassoumi, 1995؛ Ranjbar et al., 2002). در حالی که یافته‌های حاضر به وضوح نشان می‌دهد که *A. alopecias* در شاخه‌ای جداگانه و با فاصله نسبت به *A. alopecurus* قرار می‌گیرد. وجود دمگل آذین صفتی است که یکنواختی پایینی را نشان می‌دهد (CI=0.50).

وجود براکتول صفتی است که هیچ گونه یکنواختی نشان نمی‌دهد (CI=1.00). تباری متشکل از چهار گونه: *A. meridionalis*، *A. kirrindicus*، *A. echinops* و *A. obtusifolius* در داشتن صفت منحصر به فرد کاسه براکتول دار، به عنوان سین آپومورفی، مشخص می‌شود (شکل ۵). از میان صفات بررسی شده، این تنها صفتی است که هیچ گونه یکنواختی نشان نمی‌دهد و ارزش بالای این صفت را در رده‌بندی بخشه *Alopecuroidei* مشخص می‌کند. در مطالعات Goncharov و همکاران (۱۹۶۵) این چهار گونه به عنوان زیربخش *Bibracteolati* و در بررسی‌های Maassoumi (۱۹۹۵)

داخل کاسه، با نتایج حاصل از داده‌های مولکولی انطباق ندارد و مصنوعی بودن این صفت را در رده بندی بخشه *Alopecuroidei* نشان می‌دهد.

در اغلب گونه‌های بخشه *Alopecuroidei* گل آذین کروی یا تخم‌مرغی است. در پنج گونه: *A. alopecias*، *A. tawilicus*، *A. dictyolobus*، *A. alopecurus* و *A. victoriae* بازگشت به حالت نیایی با استوانه‌ای شدن گل آذین دیده می‌شود (شکل ۲). صفت شکل گل آذین شاخص سازگاری نسبتاً پایینی را نشان می‌دهد (CI=0.25) که نشان‌دهنده یکنواختی بالای این صفت است. گل آذین متراکم صفتی نیایی است که در اغلب اعضای بخشه *Alopecuroidei* و نیای مشترک آنها دیده می‌شود. گونه‌های *A. dictyolobus*، *A. tawilicus* و *A. victoriae* گل آذین تَنک را نشان می‌دهند (شکل ۳). مطالعه حاضر بیانگر مصنوعی بودن رده‌بندی Agerer و Agerer-Kirchhoff (۱۹۷۷) است که گونه‌های *A. dictyolobus*، *A. phlomoides* و *A. tawilicus* را به دلیل کشیده و تَنک بودن گل آذین به بخشه *Laxiflori* (لکتوتیپ: *A. dictyolobus*) منتقل کرده بودند. Ranjbar و همکاران (۲۰۰۲) به دلیل وجود گل آذین متراکم در *A. phlomoides*، این گونه را به بخشه *Alopecuroidei* منتقل نمودند که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. ویژگی‌های ریخت‌شناسی که گونه‌های *A. dictyolobus* و *A. tawilicus* را از *Alopecuroidei* جدا می‌کند، علاوه بر تَنک بودن گل آذین، محبوس بودن میوه رسیده درون کاسبرگ‌ها است. Agerer-Kirchhoff (۱۹۷۶) به دلیل شباهت‌هایی از جمله: وجود جام زردرنگ، میوه دوحجره‌ای و کاسه متورم در زمان میوه‌دهی گونه‌های

رده‌بندی‌های قبلی بخشه *Alopecuroidei* نشان می‌دهد. فقدان براکتول و شکل تخمدان صفاتی هستند که با تبارزایی حاصل از cpDNA *matK* مطابقت دارد. وجود دمگل آذین، صفتی است که دو گونه *A. dictyolobus* و *A. tawilicus* را به سایر اعضای *Alopecuroidei* نزدیک می‌کند. صفت تنک بودن گل آذین، گونه *A. victoriae* را به دو گونه *A. dictyolobus* و *A. tawilicus* شبیه می‌کند. سایر صفات ذکر شده به غیر از تنک بودن گل آذین، آن را به بخشه *Alopecuroidei* نزدیک می‌کند.

#### سپاسگزاری

نگارنده از اساتید گرانقدر آقای دکتر علی اصغر معصومی و آقای دکتر شاهرخ کاظم‌پور اوصالو به خاطر راهنمایی‌های ارزنده در انجام پژوهش حاضر و همچنین فراهم نمودن زمینه برای استفاده از هرباریوم مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع و آزمایشگاه سیستماتیک مولکولی دانشگاه تربیت مدرس تهران صمیمانه قدردانی و سپاسگزاری می‌نماید.

به عنوان گروه گونه‌ای *Obtusifolius* و در تحقیقات Ranjbar و همکاران (۲۰۰۲) تحت عنوان گروه گونه‌ای *Kirrindicus* شناخته شده است و بررسی‌های مولکولی Javanmardi و همکاران (۲۰۱۲a) تک‌تباری این زیربخش و گروه‌های گونه‌ای را تأیید نموده است.

صفت شکل تخمدان شاخص سازگاری برابر با ۰/۵ را نشان می‌دهد که نشان‌دهنده جورگرایی پایین این صفت است (شکل ۶). گونه‌های *A. dictyolobus*، *A. tawilicus* و *A. victoriae* همراه با هفت گونه دیگر از بخشه *Alopecuroidei* تخمدان دوکی را نشان می‌دهند. این ویژگی ریخت‌شناسی می‌تواند تأییدکننده و منطبق با داده‌های حاصل از توالی کلروپلاستی *matK* باشد که این سه گونه را در میان بخشه *Alopecuroidei* نشان می‌دهد.

#### جمع‌بندی

صفت وضعیت نیام داخل کاسه و صفات تراکم گل آذین و شکل گل آذین با نتایج حاصل از داده‌های مولکولی انطباق ندارد و مصنوعی بودن این صفات را در

#### منابع

- Agerer-Kirchhoff, C. (1976) Revision von *Astragalus* L. sect. *Astragalus* (Leguminosae). Boissiera 25: 1-197.
- Agerer-Kirchhoff, C. and Agerer, R. (1977) Eine neue sektion der Gattung *Astragalus* L.: *Laxiflori* Agerer-Kirchhoff. Mitteilungen (aus) der Botanischen. Staatssamml. Munchen B: 203-234.
- Agerer-Kirchhoff, C. and Podlech, D. (1974) Eine neue und interessante *Astragalus* art aus der Turkei. Mitteilungen (aus) der Botanischen. Staatssamml. Munchen 11: 431-436.
- Asgari Nematian, M., Atri, M. and Chehregani Rad, A. (2010) Chemical variation of *Astragalus verus* Olivier (Fabaceae) according to flavonoid pattern in the West of Iran. Iranian Journal of Plant Biology 2(2): 67-80 (in Persian).
- Becht, R. (1978) Revision der sektion *Alopecuroidei* DC. der Gattung *Astragalus*. Phanerogamarum Monographiae X. Cramer, Vaduz.
- Chamberlain, D. F. and Matthews, V. A. (1970) Genus *Astragalus*. In: Flora of Turkey and the east

- Aegean Islands (Ed. Davis, P. H.) 3: 49-254. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Chaudhary, L. B., Rana, T. S. and Anand, K. K. (2008) Current status of the systematics of *Astragalus* L. (Fabaceae) with special reference to the Himalayan species in India. *Taiwania* 53(4): 338-355.
- Goncharov, N. F., Borisova, A. G., Gorshkova, S. G., Popov, M. G. and Vasilchenko, I. T. (1965) *Astragalus*. In: Flora of the USSR (Eds. Komarov, V. L. and Shishkin, B. K.) 12: 1-918. Israel Program for Scientific Translations/Smithsonian Institution and the National Science Foundation, Jerusalem/Washington.
- Hu, J. M., Lavin, M., Wojciechowski M. F. and Sanderson, M. J. (2000) Phylogenetic systematics of the tribe Millettieae (Leguminosae) based on *matK* sequences, and implications for evolutionary patterns in Papilionoideae. *American Journal of Botany* 87: 418-430.
- Javanmardi, F., Kazempour Osaloo, S., Maassoumi, A. A. and Nejadstattari, T. (2012a) Phylogeny of *Astragalus* sect. *Alopeuroidei* based on the combined nrDNA ITS and morphology. *Rostaniha* 13 (2): 115-125.
- Javanmardi, F., Kazempour Osaloo, S., Maassoumi, A. A. and Nejadstattari, T. (2012b) Molecular phylogeny of *Astragalus* section *Alopeuroidei* (Fabaceae) and its allies based on nrDNA ITS and three cpDNAs, *matK*, *trnT-trnY* and *trnH-psbA* sequences. *Biochemical Systematics and Ecology* 45: 171-178.
- Kazempour Osaloo, S., Maassoumi, A. A. and Murakami, N. (2003) Molecular systematics of the genus *Astragalus* L. (Fabaceae): Phylogenetic analyses of nuclear ribosomal DNA internal transcribed spacers and chloroplast gene *ndhF* sequences. *Plant Systematics and Evolution* 242: 1-32.
- Kazempour Osaloo, S., Maassoumi, A. A. and Murakami, N. (2005) Molecular systematics of the Old World *Astragalus* (Fabaceae) as inferred from nrDNA ITS sequence data. *Brittonia* 57: 367-381.
- Lock, J. M. and Schrier, B. D. (2005) The tribe Galegeae. In: Legumes of the world (Eds. Lewis, G., Schrier, B. D., Mackinder, B. and Lock, J. M.) 475-487. Royal Botanical Gardens, Kew.
- Lock, J. M. and Simpson, K. (1991) Legumes of West Asia, a check list. Royal Botanical Gardens, Kew.
- Maassoumi, A. A. (1986) *Astragalus* L.. vol. 1., Annuals. Research Institute of Forests and Rangeland, Tehran (in Persian).
- Maassoumi, A. A. (1995) The Genus *Astragalus* in Iran. vol. 3., Research Institute of Forests and Rangeland, Tehran (in Persian).
- Maassoumi, A. A. (1998) *Astragalus* in the Old World, Check-list. Research Institute of Forests and Rangeland, Tehran.
- Maassoumi, A. A. (2003) Flora of Iran, Papilionaceae (*Astragalus* I). vol. 3. Research Institute of Forests and Rangeland, Tehran (in Persian).
- Maassoumi, A. A. (2005) The genus *Astragalus* in Iran. vol. 3., Research Institute of Forests and Rangeland, Tehran (in Persian).
- Maassoumi, A. A. and Ranjbar, M. M. (1996) Notes on the genus *Astragalus* sect. *Alopeuroidei* DC. in Iran. *Iranian Journal of Botany* 7(1): 39-43.
- Maddison, D. R. and Maddison, W. P. (2010) MacClade4: Analysis of phylogeny and character evolution. version 4.03, Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Maddison, W. P., Donoghue, M. J. and Maddison, D. R. (1984) Outgroup analysis and parsimony. *Systematic Zoology* 33: 83-103.
- Neuhaus, H. and Link, G. (1987) The chloroplast tRNA Lys (UUU) gene from mustard (*Sinapis alba*)

- contains a class II intron potentially coding for a maturase-related polypeptide. *Current Genetics* 11: 251-257.
- Nuin, P. (2005) MrMTgui 1.0 (version 1.6). Retrieved from <http://www.genedrift.org/mtgui.php>. On: 21 October 2012.
- Nylander, J. A. A. (2004) MrModeltest v2. Evolutionary Biology Center, Uppsala University. Retrieved from <http://www.abc.se/~nylander/mrmodeltest2>. On: 4 September 2013.
- Podlech, D. (1999) Papilionaceae III: *Astragalus*. In: *Flora Iranica* (Ed. Rechinger, K. H.) 174: 1-350. Akademische Druck-u. Verlagsanstalt, Graz.
- Polhill, R. M. (1981) Galegeae. In: *Advances in legume systematic* (Eds. Polhill, R. M. and Raven, P. H.) 1: 371-374. Royal Botanical Gardens, Kew.
- Posada, D. and Buckley, T. (2004) Model selection and Model averaging in phylogenetics: Advantages of akaike information criterion and bayesian approaches over likelihood ratio rates. *Systematic Biology* 53: 793-808.
- Ranjbar, M. and Karamian, R. (2002) *Astragalus* sect. *Astragalus* (Fabaceae) in Iran, complementary notes with a key to the species. *Nordic Journal of Botany* 22: 177-181.
- Ranjbar, M. and Karamian, R. (2003) *Astragalus neo-assadianus* (Fabaceae), a new species in sect. *Alopecuroidei* from Iran. *Botanical Journal of the Linnean Society* 143: 197-200.
- Ranjbar, M. and Karamian, R. and Enayat Akmal, A. (2010) Biosystematic study of 4 populations of *Astragalus macrostachys* DC. of *Astragalus* sect. *Malacothrix* Bunge in Iran. *Iranian Journal of Plant Biology* 2(6): 39-54 (in Persian).
- Ranjbar, M., Maassoumi, A. A. and Podlech, D. (2002) *Astragalus* sect. *Alopecuroidei* (Fabaceae) in Iran, complementary notes with a key to the species. *Willdenowia* 32: 85-91.
- Ronquist, F. and Huelsenbeck, J. P. (2003) MrBayes 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models. *Bioinformatics* 19: 1-210.
- Sanderson, M. J. (1989) Confidence limits on phylogenies: The bootstrap revisited. *Cladistics* 5:113-130.
- Sanderson, M. J. and Hufford, L. (1996) Homoplasy, the recurrence of similarity in evolution. Academic Press, San Diego.
- Steele, K. P. and Wojciechowski, M. F. (2003) Phylogenetic analyses of tribes Trifolieae and Viciae, based on sequences of the plastid gene *matK* (Papilionoideae: Leguminosae). In: *Advances in legume systematics* (Eds. Klitgaard, B. B. and Bruneau, A.) 10: 355-370. Higher Level Systematics, Royal Botanic Gardens, Kew.
- Swofford, D. L. (2002) PAUP\*: Phylogenetic analysis using parsimony (\* and other methods). version 4.0b10. Sinauer Associates. Sunderland, Massachusetts.
- Wojciechowski, M. F., Lavin, M. and Sanderson, M. J. (2004) A phylogeny of legumes (Leguminosae) based on analysis of the plastid *matK* gene resolves many well-supported subclades within the family. *American Journal of Botany* 9(11): 1846-1862.

## Evolutionary trend of morphological characters of *Astragalus tawilicus*, *Astragalus dictyolobus* and *Astragalus victoriae* based on phylogeny of cpDNA *matK* sequences

Farahnaz Javanmardi \*

Department of Biology, Islamic Azad University, Kazerun Branch, Kazerun, Iran

### Abstract

Evolutionary trend of morphological characters of *Astragalus dictyolobus*, *A. tawilicus* (previously classified in section *Laxiflori*) and *A. victoriae* (previously classified in section *Christianophysa*) with other species of section *Alopecuroidei* based on phylogeny of cpDNA *matK* sequences is presented. 25 taxa belonging to section *Alopecuroidei* as well as *A. bassineri* and *A. sieversianus* belonging to section *Astragalus* as outgroups were analysed. 12 vegetative and generative characters were selected and different states of them based on phylogeny of cpDNA *matK* sequences were analyzed. The present analysis revealed that state of pod in calyx, density and shape of inflorescence were not in agreement with results of molecular data and indicated the artificial nature of these characters in previous classification of section *Alopecuroidei*. Presence of bracteole and shape of ovary were consistent with phylogeny of cpDNA *matK* sequences. Presence of peduncle in *A. dictyolobus* and *A. tawilicus* demonstrated that they are well allied with other species of section *Alopecuroidei*. Lax inflorescence makes *A. victoriae* relative to *A. dictyolobus* and *A. tawilicus*. Other mentioned characters except lax inflorescence make it relative to section *Alopecuroidei*.

**Key words:** *Astragalus dictyolobus*, *A. tawilicus*, *A. victoriae*, cpDNA *matK*, Morphology

\* Corresponding Author: f.javanmardi@kau.ac.ir