



<https://tbj.ui.ac.ir/?lang=en>

Taxonomy and Biosystematics

E-ISSN: 2322-2190

Document Type: Research Paper

Vol. 13, Issue 4, No.49, Winter 2022, P:5

Received: 23/01/2022 Accepted: 07/03/2022

The Evolutionary Trend of Morphological Characters of *Astragalus* sect. *Alopecuroidei* based on Phylogeny of nrDNA ITS and cpDNA *trnH-psbA* Sequences

Farahnaz Javanmardi *

Assistant Professor, Department of Biology, Faculty of Basic Sciences, Kazerun Branch, Islamic Azad University, Kazerun, Iran
f.javanmardi@kau.ac.ir

Abstract

Astragalus L. (Fabaceae) with over 2500 species is the largest genus of flowering plants on Earth. *Astragalus* sect. *Alopecuroidei* DC. with over 50 species is one of the largest sections of the Old World *Astragalus* represented by 27 taxa in Iran. In the present study, 26 taxa of sect. *Alopecuroidei* and *Astragalus caraganae* of sect. *Astragalus*, as well as two species of sect. *Chronopus* as outgroups were selected. Seventeen morphological characters for these 29 taxa were analyzed based on phylogeny of nrDNA ITS and cpDNA *trnH-psbA*. The Maximum Parsimony method was used to construct a phylogenetic tree. The matrix of morphological characters was mapped on the molecular tree using Mesquite version 2.74. The results of the study indicate that, among the previously proposed subsections of *Alopecuroidei*, subsect, *Bibracteolati* was monophyletic, but the subsections of *Microtropi* and *Megalotropi* were not monophyletic. The evolutionary trend of morphological characters based on molecular phylogeny showed that three characters including the existence of bracteole, length of peduncle, and length of keel limb were synapomorphies for some clades of the *Alopecuroidei* sect. The other characters indicated the homoplasy (parallelism and reversal) within this section.

Key words: *Alopecuroidei*, nrDNA ITS, cpDNA *trnH-psbA*, Morphology, *Astragalus*.

*Corresponding author

Javanmardi, F. (2021). The Evolutionary Trend of Morphological Characters of *Astragalus* sect. *Alopecuroidei* based on Phylogeny of nrDNA ITS and cpDNA *trnH-psbA* Sequences. *Taxonomy and Biosystematics*, 13(49), 67-86.



2322-2190 / © 2022

This is an open access article under the BY-NC-ND/4.0/ License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



<http://dx.doi.org/10.22108/TBJ.2022.132454.1192>



<https://dorl.net/dor/20.1001.1.20088906.1400.13.49.5.5>

روند تکامل صفات ریخت‌شناسی بخش *Alopecuroidei* از جنس گون برپایه تبارزایی توالی هسته‌ای ITS و توالی کلروپلاستی *trnH-psbA*

فرحناز جوانمردی*، استادیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، واحد کازرون، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون، ایران
f.javanmardi@kau.ac.ir

چکیده

گون (تیره باقلائیان) با بیش از ۲۵۰۰ گونه، بزرگ‌ترین جنس گیاه گلدار روی کره زمین است. بخش *Alopecuroidei* DC. از جنس گون با بیش از ۵۰ گونه یکی از بزرگ‌ترین بخش‌های گون‌های دنیای قدیم و دارای ۲۷ تاکسون در ایران است. در این مطالعه، ۲۶ تاکسون از بخش *Alopecuroidei* و گونه *Astragalus caraganae* از بخش *Astragalus* همراه با دو گونه از بخش *Chronopus* در جایگاه برون‌گروه انتخاب شد. ۱۷ صفت ریخت‌شناسی برای این ۲۹ تاکسون برپایه تبارزایی توالی هسته‌ای ITS و توالی کلروپلاستی *trnH-psbA* آنالیز شد. روش Maximum Parsimony برای بازسازی درخت فیلوژنی استفاده شد. با استفاده از نرم‌افزار Mesquite version 2.74 ماتریس داده‌های ریخت‌شناسی بر درخت مولکولی نقشه‌بندی شد. نتایج بیانگر این است که از میان زیربخش‌های پیشنهادشده قبلی بخش *Alopecuroidei*، زیربخش *Bibracteolati* تک‌تبار است؛ ولی زیربخش *Microtropi* و زیربخش *Megalotropi* تک‌تبار نیست. روند تکامل صفات ریخت‌شناسی در چارچوب فیلوژنی مولکولی نشان می‌دهد که سه صفت وجود براکتول، طول دمگل آذین و طول پهنک ناو، سین آپومورفی برای بعضی کلادهای تشکیل شده در بخش *Alopecuroidei* است. سایر صفات، جورگرایی (تکامل موازی و برگشت به حالت نیایی) درون این بخش نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: *Alopecuroidei*، توالی هسته‌ای ITS، توالی کلروپلاستی *trnH-psbA*، ریخت‌شناسی، گون.

مقدمه

نقاط جهان پراکنش دارد (Barneby, 1964; Wojciechowski et al., 1999; Scherson et al., 2008). این جنس بیشترین تنوع را در آسیای جنوب شرقی و آسیای مرکزی دارد و ایران به‌تنهایی با بیش از ۸۵۰ گونه یکی از مهم‌ترین مراکز تنوع این جنس است (Lock and Simpson, 1991; Maassoumi, 1998;)

جنس گون، پرگونه‌ترین جنس گیاهان آوندی با حدود ۳۰۰۰ گونه یک‌ساله و چندساله است. این جنس در ۲۵۰ بخش رده‌بندی شده است (Lock and Simpson, 1991; Maassoumi, 1998; Mabberley, 2008). گون به‌جز قطب جنوب و استرالیا، در سایر

* مسئول مکاتبات



Alopecuroidei DC. (= بخش (۱۸۶۹) Bunge
Alopecias Bge.) را به سه زیربخش تقسیم‌بندی کرد؛
 به طوری که زیربخش *Microtropi* Bge. شامل
 گونه‌هایی بدون براکتول و با پهنک ناو کوچک (۹-۶
 میلی‌متر طول و ۲/۵ تا ۳/۵ میلی‌متر عرض)، زیربخش
Megalotropi Bge. شامل گونه‌هایی بدون براکتول و
 با پهنک ناو بزرگ (۱۱-۱۰ میلی‌متر طول و ۶-۳
 میلی‌متر عرض) و زیربخش *Bibracteolati* Bge. شامل
 گونه‌هایی دارای دو براکتول نخی - خطی است؛ سپس
 Goncharov و همکاران (۱۹۶۵) در فلور روسیه، این
 زیربخش‌ها را پذیرفتند و دو زیربخش *Microtropi* و
Megalotropi را به تعدادی سری تقسیم‌بندی کردند؛
 به طوری که زیربخش *Microtropi* را به سری
Pontici Gorschk. با گل آذین تخم‌مرغی - استوانه‌ای
 و سری *Eximii* Gorschk. با گل آذین کروی تقسیم
 کردند؛ همچنین زیربخش *Megalotropi* را به
 سری *Vulpini* Gorschk. با گل آذین تخم‌مرغی یا
 استوانه‌ای، سری *Sphaeranthi* Gorschk. با گل آذین
 کروی و نیام بیضوی - سرنیزه‌ای، مستطیلی -
 تخم‌مرغی یا واژتخم‌مرغی و سری *Gorschk.*
Turbinati با گل آذین کروی یا تخم‌مرغی - کروی
 به صورت واژمخروطی و کج، تقسیم‌بندی کردند.
 Becht (۱۹۷۸) بخش *Alopecuroidei* را به دقت
 بازنگری کرد. Podlech (۱۹۹۹) این بخش را در فلور
 ایرانیکا شرح داد. Maassoumi (۱۹۹۵) گونه‌های این
 بخش را براساس تعدادی ویژگی‌های رویشی و زایشی
 با ارزش مشترک به شش گروه گونه‌ای غیر رسمی
 تقسیم‌بندی کرد. نام هر گروه براساس قدیمی‌ترین نام
 در گروه تعیین شده است. گروه *Obtusifolius*،
 براکتول دارد و این گروه گونه‌ای معادل زیربخش

Podlech, 1999; Maassoumi, 2003; Lock and
 Schrie, 2005; Chaudhary *et al.*, 2008).

این جنس در ایران ۷۰ بخش دارد و پنج بخش آن
 انحصاری ایران است (Maassoumi, 1986, 2005; Akhavan *et al.*, 2019).
 بخش *Alopecuroidei* با دارابودن بیش از ۵۰ گونه یکی از بزرگ‌ترین
 بخش‌های گون‌های دنیای قدیم است. این بخش
 پراکنش وسیعی در ایران، ترکیه و روسیه دارد
 (Goncharov *et al.*, 1965; Chamberlain and
 Matthews, 1970; Becht, 1978; Maassoumi,
 1995, 1998, 2005). از این بخش، ۲۷ گونه در ایران
 وجود دارد و ۱۶ گونه از آن انحصاری است
 (Maassoumi and Ranjbar 1996; Maassoumi
 1998; Podlech 1999; Ranjbar and Karamian,
 2003).

بخش *Alopecuroidei* با دارابودن ساقه زیگزاگ
 که تعادل بهتری برای حمل گل آذین‌های سنگین
 کروی ایجاد می‌کند و همچنین با زیادبودن تعداد
 گل‌ها، فشرده‌بودن گل آذین و پیشرفتگی بیشتر جدار
 میانی میوه مشخص می‌شود. اعضای این بخش دارای
 برگ‌های شانه‌ای فرد، گوشوارک‌های آزاد، جام
 عموماً زردرنگ، کاسه کرک‌دار که در زمان میوه‌دهی
 متورم می‌شود و گل آذین‌های فشرده و متراکم
 به صورت کروی یا دم‌روباهی است. پرچم‌ها ۱۰ عدد و
 تخمدان کرک‌دار، تخم‌مرغی یا دوکی شکل است.
 میوه نیام، شبه تخم‌مرغی دوحجره‌ای است و کاسه را
 می‌شکافد. دانه‌ها کلیوی و اغلب قهوه‌ای‌رنگ است
 (De Candolle, 1825; Becht, 1978; Podlech,)
 (1999; Maassoumi, 2003). اعضای این بخش، دانه
 گرده از نوع سه شیار منفذی دارند (Akan *et al.*,
 2005).

Bibracteolati در فلور روسیه است. گروه *Macrocephalus* بدون کرکپوش و تعداد برگچه آن کمتر از ۱۷ جفت است. گروه *Maaboudii* دارای کرک‌های خوابیده است. گروه *Megalotropis* کرک‌های ایستاده و بلند دارد. سه گروه *Macrocephalus*، *Maaboudii* و *Megalotropis* در فلور روسیه معادل با سری *Sphaeranthi* از زیربخش *Megalotropi* است. گروه *Alopecias*، گل آذین‌های استوانه‌ای و دم‌روبه‌ای دارد و تعداد برگچه آن بیش از ۱۷ جفت است. گروه *Turbinatus*، درفش کرک دار دارد و این گروه گونه‌ای در فلور روسیه با سری *Turbinati* از زیربخش *Megalotropi* معادل است.

گروه‌های غیر رسمی بخش *Alopecuroidei* در مطالعات Ranjbar و همکاران (۲۰۰۲) در چهار گروه قرار گرفت. آنها گروه *Kirrindicus* را معادل با گروه *Obtusifolius* در نظر گرفتند؛ همچنین سه گروه *Macrocephalus*، *Maaboudi* و *Turbinatus* در رده‌بندی Maassoumi (۱۹۹۵) را در یک گروه به نام گروه گونه‌ای *Macrocephalus* قرار دادند که همگی اعضای آن دارای دمگل آذین به طول ۷-۱ سانتی‌متر است؛ همین‌طور آنها گونه *A. hamadanus* Boiss. را که در رده‌بندی Maassoumi (۱۹۹۵) در گروه گونه‌ای *Alopecias* بود، در گروه گونه‌ای *Megalotropis* قرار دادند و گروه گونه‌ای *Megalotropis* را با پهنک ناو به طول ۱۰-۱۲ میلی‌متر و عرض ۳-۶ میلی‌متر معرفی کردند. گروه گونه‌ای *Alopecurus* شامل گونه‌هایی با پهنک ناو به طول ۸-۶ میلی‌متر و به عرض ۳/۵-۲/۵ میلی‌متر و معادل با گروه گونه‌ای *Alopecias* در رده‌بندی Maassoumi (۱۹۹۵) است؛ ولی گونه *A. hamadanus* در آن قرار ندارد.

مطالعات Javanmardi و همکاران (۲۰۱۲a) روی بخش *Alopecuroidei* و خویشاوندانش، تک‌تبارنبودن بخش *Alopecuroidei* را نشان داد. مطالعات Javanmardi و همکاران (۲۰۱۲b) و Javanmardi (۲۰۱۵) روی بخش *Alopecuroidei* و خویشاوندانش براساس توالی هسته‌ای ITS و سه توالی کلروپلاستی *trnH-psbA*، *matK* و *trnT-trnY* تک‌تبارنبودن بخش *Alopecuroidei* را تأیید کرد و نشان داد بخش *Laxiflori* با دو گونه *A. dictyolobus* و *A. tawilicus* و همچنین بخش *Christianophysa* با تک‌گونه *A. victoriae* باید درون بخش *Alopecuroidei* ادغام شود.

در مطالعه حاضر، برخی صفات رویشی و زایشی بخش *Alopecuroidei* انتخاب شد که در رده‌بندی‌های گذشته بیشتر به آن توجه شده بود. این صفات ریخت‌شناسی در قالب تبارزایی توالی هسته‌ای ITS و توالی کلروپلاستی *trnH-psbA* بررسی می‌شود. توالی‌های DNA هسته‌ای و کلروپلاستی استفاده‌شده در این پژوهش از مطالعات Javanmardi و همکاران (۲۰۱۲b) گرفته شده است. هدف از این پژوهش، بررسی روند تکامل صفات ریخت‌شناسی بخش *Alopecuroidei* در چارچوب فیلوژنی مولکولی با توجه به رده‌بندی‌های قبلی انجام‌شده روی این بخش است. تک‌تباری زیربخش‌های پیشنهادشده توسط پژوهشگران قبلی نیز بررسی می‌شود.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه، فیلوژنی ۲۹ تاکسون براساس داده‌های حاصل از صفات ریخت‌شناسی بررسی شد. ۲۶ تاکسون از بخش *Alopecuroidei* و گونه *A.*

جمع آوری کننده و کد ثبت توالی های DNA هسته ای ITS و توالی های کلروپلاستی *trnH/psbA* در بانک ژن در جدول ۳ ارائه شده است. بازسازی روابط فیلوژنی داده های ترکیبی توالی هسته ای ITS و توالی کلروپلاستی *trnH-psbA* براساس روش Maximum Parsimony با استفاده از نرم افزار PAUP*4.b10 صورت گرفت (Swofford 2002; Kress *et al.*, 2005; Soltis *et al.*, 2008; Whitlock *et al.*, 2010). برای بررسی داده های ITS و *nrDNA* و *trnH-psbA* cpDNA، از جستجوی ابتکاری (Heuristic search) و روش تبادل شاخه ای (Swapping)، دونیمه سازی درخت و اتصال مجدد شاخه ها (Tree Bisection Reconnection (TBR) و گزینه چندین درخت (MulTrees) با ۵۰۰۰ تکرار از Random addition sequences و MaxTree=20000 (بیشینه درختان ذخیره شده) استفاده شد. برای تعیین حدود اطمینان کلادها در درخت توافقی حاصل از بررسی های یادشده، آنالیز Bootstrap (1985) Felsenstein، با روش جستجوی ابتکاری و انتخاب گزینه های Simple addition sequences و TBR و با انتخاب گزینه off برای MulTrees انجام شد. تعداد تکرارها در تمام آنالیزهای Bootstrapping، ۲۰۰۰۰ تکرار در نظر گرفته شد. بیشینه درختان ذخیره شده به ازای هر تکرار، ۱۰۰ درخت انتخاب شد؛ سپس با استفاده از نرم افزار Mesquite version 2.74 ماتریس داده های ریخت شناسی بر درخت مولکولی نقشه بندی شد (Maddison and Maddison, 2010).

caraganae از بخش *Astragalus* بررسی شد. دو گونه *A. dactylocarpus* و *A. jesdianus* متعلق به بخش *Chronopus* در جایگاه برون گروه استفاده شد. انتخاب برون گروه براساس مطالعات Kazempour Osaloo و همکاران (۲۰۰۳ و ۲۰۰۵) انجام شده است. پس از انجام مطالعات ریخت شناسی، ۱۷ صفت انتخاب شد و حالات مختلف این صفات براساس مطالعات انجام شده روی نمونه های هرباریومی (مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور) و با استفاده از فلور روسیه، فلور ترکیه، جلد سوم گون های ایران، فلور ایرانیکا، فلور ایران و مقالات مرتبط به دست آمد (Goncharov *et al.*, 1965; Chamberlain and Matthews, 1970; Agere-Kirchhoff and Podlech, 1974; Maassoumi, 1995; Podlech, 1999; Ranjbar *et al.*, 2002; Ranjbar and Karamian, 2003; Maassoumi, 2003). حالات صفات با ارزش گذاری عددی به صورت نامرتب (unordered): تغییر از حالتی به حالت دیگر یک گام است) کدگذاری شد. ارزش های داده شده به حالات مختلف صفات، هیچ گونه برتری نسبت به یکدیگر ندارد و نیایی یا پیشرفته بودن آنها تنها پس از نقشه بندی در چارچوب فیلوژنی مشخص می شود. قطییت صفات با استفاده از روش برون گروه تعیین شد (Maddison *et al.*, 1984). لیست این صفات به همراه حالات و کدهای آنها در جدول ۱ و ماتریس داده های مورفولوژی در جدول ۲ آورده شده است. توالی های هسته ای ITS و توالی های کلروپلاستی *trnH-psbA* که در این پژوهش استفاده شده، براساس مطالعات قبلی نویسنده و همکاران بوده است (Javanmardi *et al.*, 2012b). لیست گونه های بررسی شده در این پژوهش، محل جمع آوری، نام

جدول ۱- لیست صفات و حالات صفات استفاده‌شده در بررسی روند تکامل صفات

صفات	حالات صفات
۱- جنس گوشواره	غشایی (۰) علفی (۱)
۲- وضعیت کرک گوشواره	بدون کرک (۰) کرک‌دار (۱) فقط در حاشیه مژه‌دار (۲)
۳- تعداد برگچه	بیش از ۱۷ جفت (۰) کوچک‌تر و مساوی ۱۷ جفت (۱)
۴- تراکم کرک روی سطح فوقانی برگچه	بدون کرک (۰) کرک پراکنده (۱) کرک متراکم (۲)
۵- تراکم کرک روی سطح تحتانی برگچه	کرک متراکم (۰) کرک پراکنده (۱) بدون کرک (۲)
۶- شکل گل آذین	استوانه‌ای (۰) کروی / تخم‌مرغی (۱)
۷- تراکم گل آذین	تنک (۰) متراکم (۱)
۸- طول دمگل آذین (سانتی‌متر)	بدون دمگل آذین (۰) کوچک‌تر از ۱ (۱) بزرگ‌تر و مساوی ۱ (۲)
۹- طول براکته (سانتی‌متر)	کوچک‌تر و مساوی ۱ (۰) بزرگ‌تر از ۱ (۱)
۱۰- وجود براکتول	وجود ندارد (۰) وجود دارد (۱)
۱۱- طول درفش (میلی‌متر)	بزرگ‌تر از ۱۸ (۰) کوچک‌تر و مساوی ۱۸ (۱)
۱۲- طول پهنک ناو (سانتی‌متر)	بزرگ‌تر و مساوی ۱ (۰) کوچک‌تر از ۱ (۱)
۱۳- شکل گوشک ناو	مثلثی (۰) دایره‌ای (۱)
۱۴- طول پرچم (سانتی‌متر)	بزرگ‌تر از ۲ (۰) کوچک‌تر و مساوی ۲ (۱)
۱۵- شکل تخمدان	تخم‌مرغی (۰) دوکی (۱)
۱۶- طول تخمدان (سانتی‌متر)	کوچک‌تر و مساوی ۲ (۰) بزرگ‌تر از ۲ (۱)
۱۷- نیام در زمان میوه‌دهی	از کاسه خارج یا آن را می‌شکافد (۰) در کاسه باقی می‌ماند (۱)

جدول ۲- ماتریس داده‌های مورفولوژی برای صفات استفاده شده در بررسی روند تکامل صفات

a={01} b={02} c={12} missing data="?"	
<i>A. dactylocarpus</i>	000010000000?00?0
<i>A. jesdianus</i>	000000000010?10?0
<i>A. caraganae</i>	110000020001??1?0
<i>A. turbinatus</i>	01010112101000000
<i>A. neoassadianus</i>	111221121000?0010
<i>A. obtusifolius</i>	021ca112110001100
<i>A. meridionalis</i>	02110112010001000
<i>A. echinops</i>	02122112111001010
<i>A. kirrindicus</i>	02120112011001010
<i>A. maaboudii</i>	11100102100010010
<i>A. macrocephalus ssp. macrocephalus</i>	12101112100010010
<i>A. macrocephalus ssp. finitimus</i>	12101112100010010
<i>A. jessenii</i>	12101112100010010
<i>A. phlomoides</i>	121021a2100010010
<i>A. zarjabadensis</i>	12101112100000010
<i>A. ajubensis</i>	12102112100010000
<i>A. megalotropis</i>	02100112100010000
<i>A. schahrudensis</i>	12102112100000010
<i>A. speciosus</i>	12100111001111000
<i>A. hymenocalyx</i>	120a0111001111110
<i>A. hamadanus</i>	12000111001101100
<i>A. saetiger</i>	12000111001101000
<i>A. foliosus</i>	120a0111001101100
<i>A. dictyolobus</i>	12000001000100101
<i>A. tawilicus</i>	11000001000110101
<i>A. alopecurus</i>	0200101110 0101100
<i>A. ponticus</i>	02001a1110 1101100
<i>A. alopecias</i>	0201001000 1101010
<i>A. victoriae</i>	1001100000 ????011

جدول ۳- لیست گونه‌های بررسی شده، محل جمع‌آوری گونه‌ها، نام جمع‌آوری‌کننده گونه‌ها و کد ثبت توالی‌های DNA هسته‌ای ITS و توالی‌های کلروپلاستی *trnH/psbA* در بانک ژن

گونه	منبع DNA (محل جمع‌آوری و نام جمع‌آوری‌کننده)	کد دسترسی در بانک ژن	
		nrDNA ITS	cpDNA <i>trnH/psbA</i>
<i>Astragalus echinops</i> Boiss.	ایران، آذربایجان، کاظم پور اوصالو، ۲۰۰۹ (TMUH)	AB741278	AB741410
<i>A. hamadanus</i> Boiss.	ایران، همدان، صفی خانی و همراهان، ۲۹۹۱ (TARI)	AB741280	AB741413
<i>A. hymenocalyx</i> Boiss.	ایران، همدان، اسدی و مظفریان، ۳۶۸۸۰ (TARI)	AB741623	AB741414
<i>A. saetiger</i> Becht	ایران، همدان، معصومی و شاهسواری، ۸۰۶۹۰ (TARI)	AB741297	AB741433
<i>A. foliosus</i> Podlech, Maassoumi&Ranjbar	ایران، زنجان، مظفریان و معصومی، ۷۸۵۲۸ (TARI)	AB741279	AB741411
<i>A. phlomoides</i> Boiss.	ایران، اصفهان، مظفریان، ۷۴۴۱۶ (TARI)	AB741294	AB741430
<i>A. alopecias</i> Pallas	ایران، خراسان، اسدی و معصومی ۵۰۸۶۰ (TARI)	AB741272	AB741400
<i>A. alopecurus</i> Pallas	ایران، آذربایجان، اسدی و سردابی، ۲۴۰۱۳ (TARI)	AB741273	AB741401
<i>A. ponticus</i> Pallas	ایران، آذربایجان، امینی، ۱۷۲۱ (TARI)	AB741296	AB741431
<i>A. turbinatus</i> Bunge	ایران، خراسان، مظفریان، ۶۷۵۷۰ (TARI)	AB741302	AB741439
<i>A. zabadensis</i> Ranjbar	ایران، آذربایجان، معصومی، ۸۰۱۲۵ (TARI)	AB741304	AB741442
<i>A. speciosus</i> Boiss.&Hohen.	ایران، تهران، اسدی و معصومی، ۵۱۷۲۰ (TARI)	AB741301	AB741436
<i>A. meridionalis</i> Bunge	ایران، بوشهر، معصومی و ابوحمزه، ۲۵۰۱۵ (TARI)	AB741291	AB741427
<i>A. obtusifolius</i> DC.	ایران، کرمانشاه، کشکولی و سلطانی، ۱۲۳۹۲ (TARI)	AB741293	AB741429
<i>A. kirrindicus</i> Boiss.	ایران، یزد، مظفریان، ۷۷۴۸۴ (TARI)	AB741282	AB741418
<i>A. schahrudensis</i> Bunge	ایران، گرگان، ولدنبو و فروغی، ۱۲۷۰۲ (TARI)	AB741298	AB741434
<i>A. maaboudii</i> Ranjbar	ایران، کردستان، وندلبو و همراهان، ۱۱۹۲۷ (TARI)	AB741283	AB741419
<i>A. megalotropis</i> Bunge	ایران، آذربایجان، مظفریان و نوروزی، ۳۴۵۱۹ (TARI)	AB741288	AB741424

<i>A. macrocephalus ssp. macrocephalus</i> Willd	ایران، آذربایجان، مرند، اسدی و شاهسواری، ۶۵۴۴۲ (TARI)	AB741287	AB741423
<i>A. macrocephalus ssp. finitimus</i> (Bunge) Chamberlain	ایران، فارس، شیراز، مظفریان، ۷۱۴۹۰ (TARI)	AB741285	AB741421
<i>A. neo-assadianus</i> Ranjbar	ایران، خراسان، روح چمنی، ۶۰۲۵ (TARI)	AB741292	AB741428
<i>A. ajubensis</i> Bunge	ایران، کرمان، بدون نام (TARI)	AB741271	AB741399
<i>A. jessenii</i> Bunge	ایران، خراسان، معصومی، ۵۰۸۶۰ (TARI)	AB741281	AB741416
<i>A. tawilicus</i> Townsend	ایران، همدان، معصومی، ۵۹۳۵۱ (TARI)	AB051948	AB741438
<i>A. dictyolobus</i> Bunge	ایران، آذربایجان، مرند، اسدی و شاهسواری، ۶۵۵۷۰ (TARI)	AB741277	AB741408
<i>A. caraganae</i> Fischer&Meyer	ایران، آذربایجان، ارومیه، کاظم پور اوصالو، ۲۰۱۰ (TMUH)	AB741275	AB741404
<i>A. dactylocarpus</i> Boiss.	ایران، سمنان، فریتاگ و مظفریان، ۲۸۵۰۶ (TARI)	AB051945	AB741407
<i>A. jesdianus</i> Boiss.&Buhse	ایران، کرمان، اسدی، ۲۳۲۳۶ (TARI)	AB051946	AB741415
<i>A. victoriae</i> Podl.&Agere-Kirch.	ترکیه، کونیا، نیدیگر، ۴۷۳۴۰ (MSB)	AB741303	AB741441

MSB: هرباريوم دانشگاه مونیخ، TMUH: هرباريوم دانشگاه تربیت مدرس و TARI: هرباريوم مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور.

نتایج

تجزیه و تحلیل ۱۷ صفت بررسی شده برای بخش *Alopecuroidei* و خویشاوندانش، شاخص پایداری (CI) و شاخص سازگاری (RI) کمی را نشان می دهد. در جدول ۴ مقادیر شاخص های آماری (CI و RI)، نوع، حالت و تعداد تغییرات برای هر صفت آورده شده است (شماره هر صفت مربوط به جدول ۱ است). در بین صفات مطالعه شده، تنها صفت وجود براکتول

(صفت ۱۰) هیچ گونه جورگرایی نشان نمی دهد؛ پس از آن بیشترین میزان CI ($CI=0/5$) مربوط به صفت وضعیت نیام در زمان میوه دهی (صفت ۱۷) است. کمترین میزان CI ($CI=0/11$) مربوط به صفت طول درفش (صفت ۱۱) است. از بین ۱۷ صفت ریخت شناسی، پنج صفت انتخاب و روند تکامل صفات در آنها بررسی شده است.

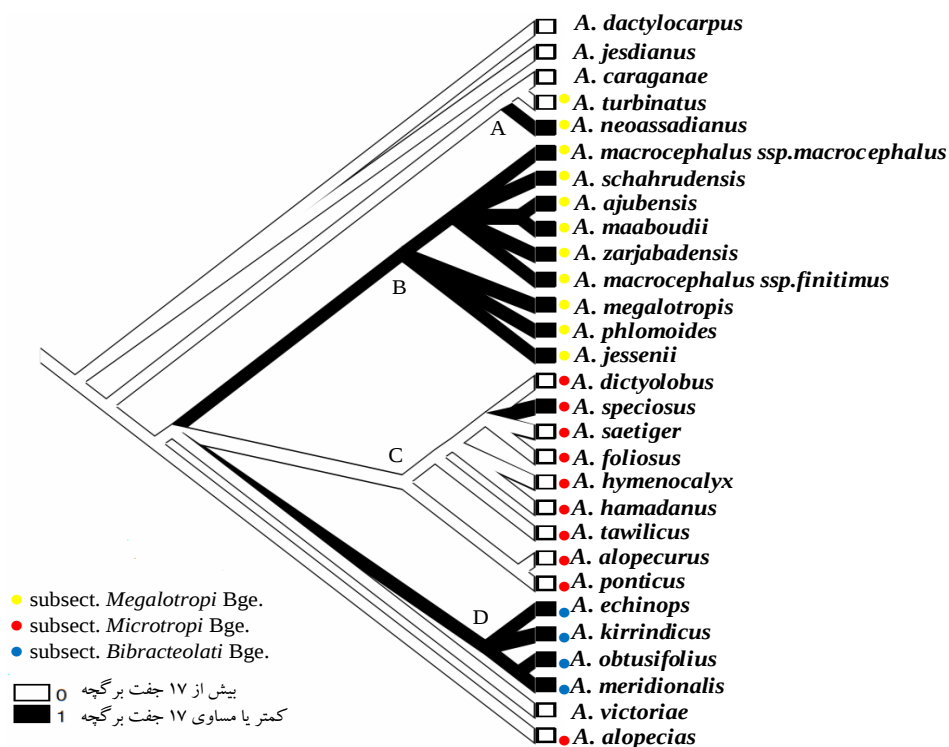
جدول ۴- شاخص‌های آماری، نوع، حالت و تعداد تغییرات برای هر صفت

Character	Type	States	Steps	CI	RI
1.	unordered	2	6	0.17	0.50
2.	unordered	3	6	0.14	0.41
3.	unordered	2	4	0.25	0.25
4.	unordered	3	6	0.14	0.40
5.	unordered	3	11	0.17	0.09
6.	unordered	2	6	0.17	0.38
7.	unordered	2	6	0.17	0.38
8.	unordered	3	5	0.40	0.40
9.	unordered	2	6	0.17	0.38
10.	unordered	2	1	1.00	1.00
11.	unordered	2	8	0.11	0.27
12.	unordered	2	3	0.33	0.60
13.	unordered	2	5	0.20	0.41
14.	unordered	2	5	0.20	0.46
15.	unordered	2	5	0.20	0.41
16.	unordered	2	5	0.20	0.41
17.	unordered	2	2	0.50	0.00

صفت تعداد برگچه (صفت ۳: بیش از ۱۷ جفت / کمتر یا مساوی ۱۷ جفت)

روند تکامل صفت تعداد برگچه در شکل ۱ مشاهده می‌شود. در بین گونه‌های مطالعه‌شده، تعداد برگچه بیش از ۱۷ جفت، صفتی نیایی محسوب می‌شود. تبدیل آن به تعداد برگچه کمتر یا مساوی ۱۷ جفت، چندین بار به‌صورت پاراللسیم (تکامل موازی) در گونه‌های

مطالعه‌شده اتفاق افتاده است. وضعیت پیشرفته این صفت، سین آپومورفی برای کلادهای *B* و *D* است؛ همچنین به‌صورت مستقل از هم، درباره گونه‌های *A. neo-assadianus* و *A. speciosus* در طی تکامل به وجود آمده است.

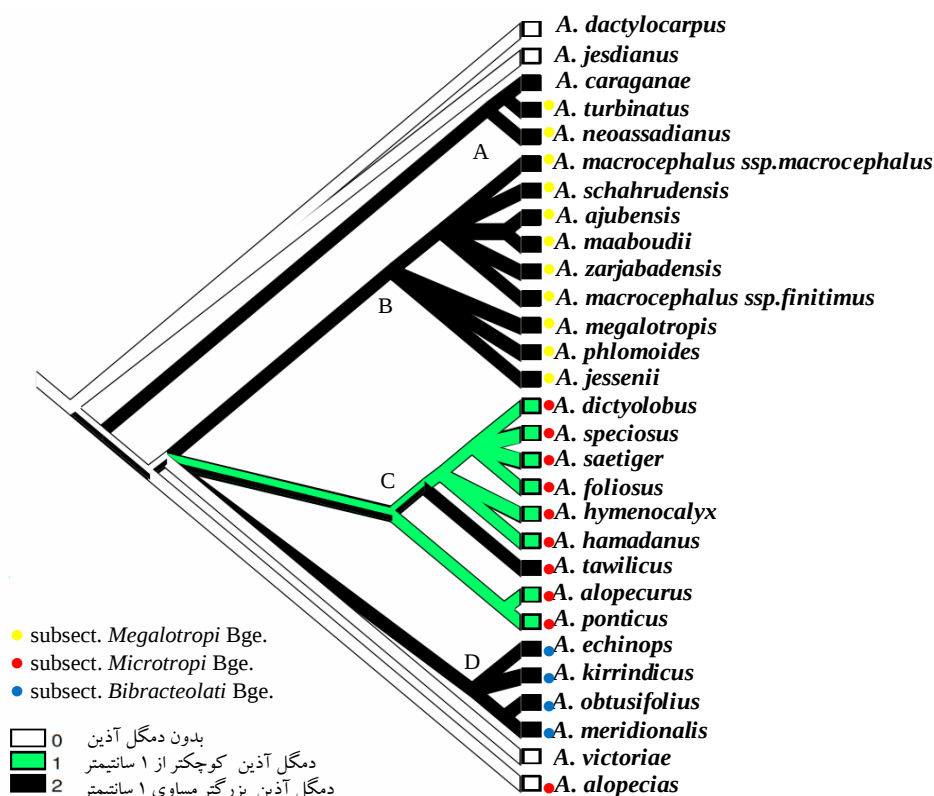


شکل ۱- روند تکامل صفت تعداد برگچه در انطباق با درخت مولکولی

در دیگر گونه‌ها، به وضعیت دارای دمگل آذین تکامل می‌یابد. در بین چهار کلاد تشکیل‌دهنده بخش *Alopecuroidei*، در سه کلاد A، B و D طول دمگل آذین بزرگ‌تر یا مساوی یک سانتی‌متر است و تنها کلاد C (به جز گونه *A. tawilicus*) با طول دمگل آذین کوچک‌تر از یک سانتی‌متر مشخص می‌شود.

صفت طول دمگل آذین (صفت ۸: بدون دمگل آذین / کوچک‌تر از ۱ سانتی‌متر / بزرگ‌تر و مساوی ۱ سانتی‌متر)

در شکل ۲ روند تکامل صفت طول دمگل آذین دیده می‌شود. نبود دمگل آذین در بین گونه‌های مطالعه‌شده، حالتی نیایی است که در گونه‌های *A. victoriae* و *alopecias* مشاهده می‌شود. این صفت

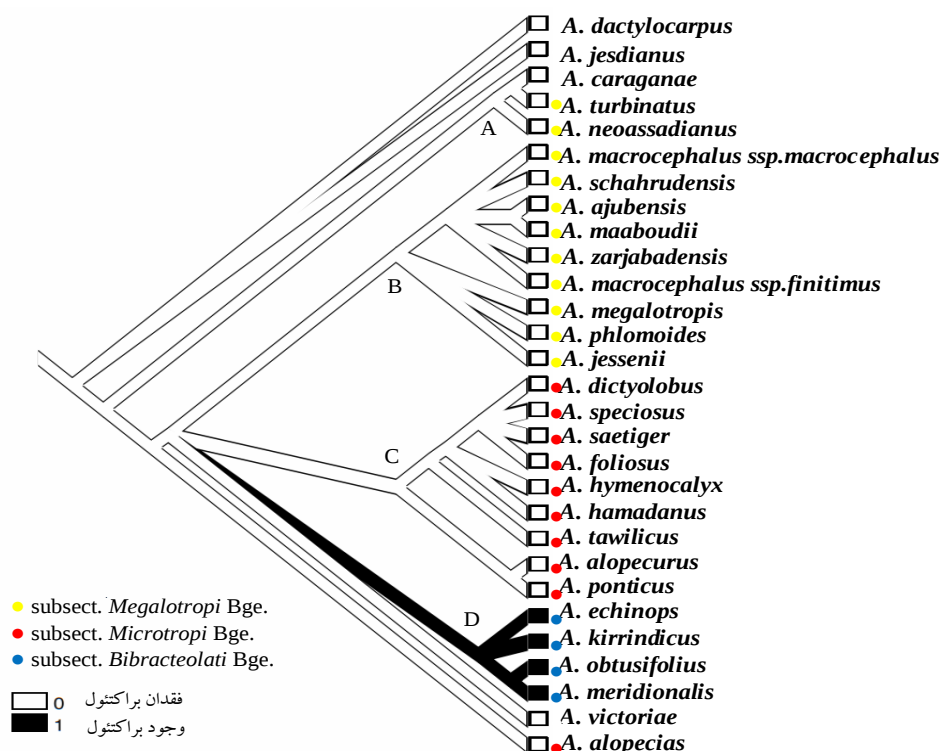


شکل ۲- روند تکامل صفت طول دمگل آذین در انطباق با درخت مولکولی

A. meridionalis و *obtusifolius* به فرم دارای براکتول تکامل یافته است (کلاد D). وجود براکتول، سین آپومورفی برای چهار گونه یاد شده است. در بین صفات بررسی شده، این تنها صفتی است که هیچ گونه جورگرایی نشان نمی‌دهد.

صفت وجود براکتول (صفت ۱۰: فقدان براکتول / وجود براکتول)

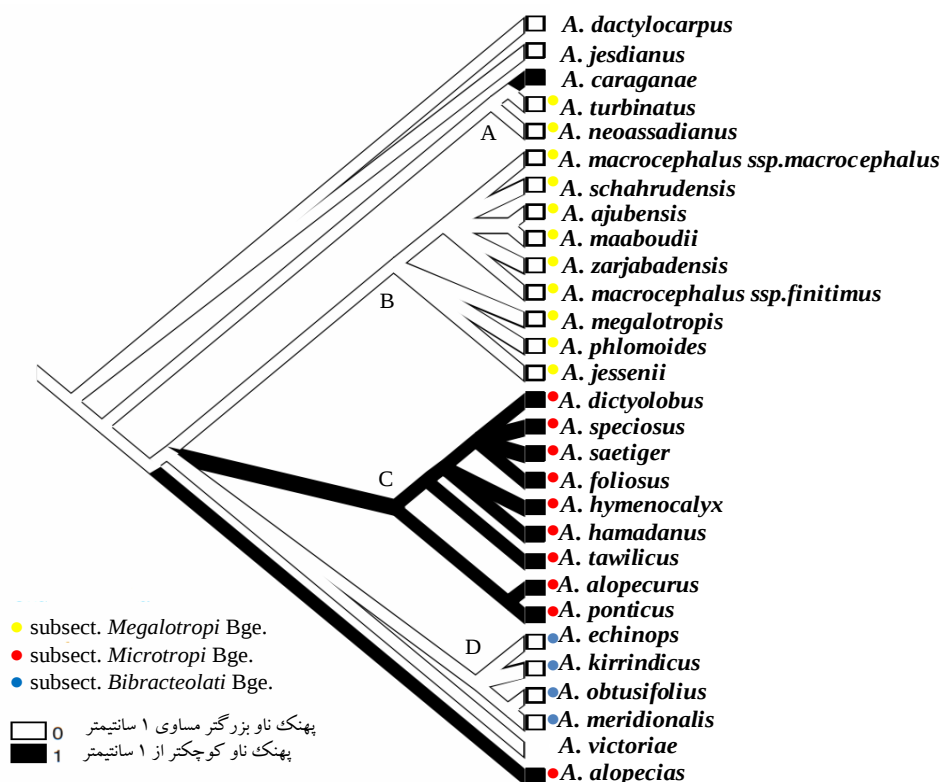
روند تکامل صفت وجود براکتول در شکل ۳ نشان داده شده است. در بین گونه‌های مطالعه شده، فقدان براکتول صفتی نیایی است. این وضعیت در نیای مشترک گونه‌های *A. kirrindicus*، *A. echinops*، *A.*



شکل ۳- روند تکامل صفت وجود براکتول در انطباق با درخت مولکولی

با *caraganae* این وضعیت را نشان می دهند. کلاد C با دارا بودن وضعیت طول پهنک ناو کوچک تر از یک سانتی متر، حالت تکامل یافته صفت را نشان می دهد. تغییر از وضعیت ابتدایی به طول پهنک ناو کوچک تر از یک سانتی متر، در گونه *A. alopecias* رخ داده است.

صفت طول پهنک ناو (صفت ۱۲: بزرگ تر و مساوی ۱ سانتی متر / کوچک تر از ۱ سانتی متر)
روند تکامل صفت طول پهنک ناو در شکل ۴ نشان داده شده است. طول پهنک ناو بزرگ تر یا مساوی یک سانتی متر در گونه های مطالعه شده، وضعیتی نیایی است و کلادهای B و D و کلاد A (به جز گونه *A.*

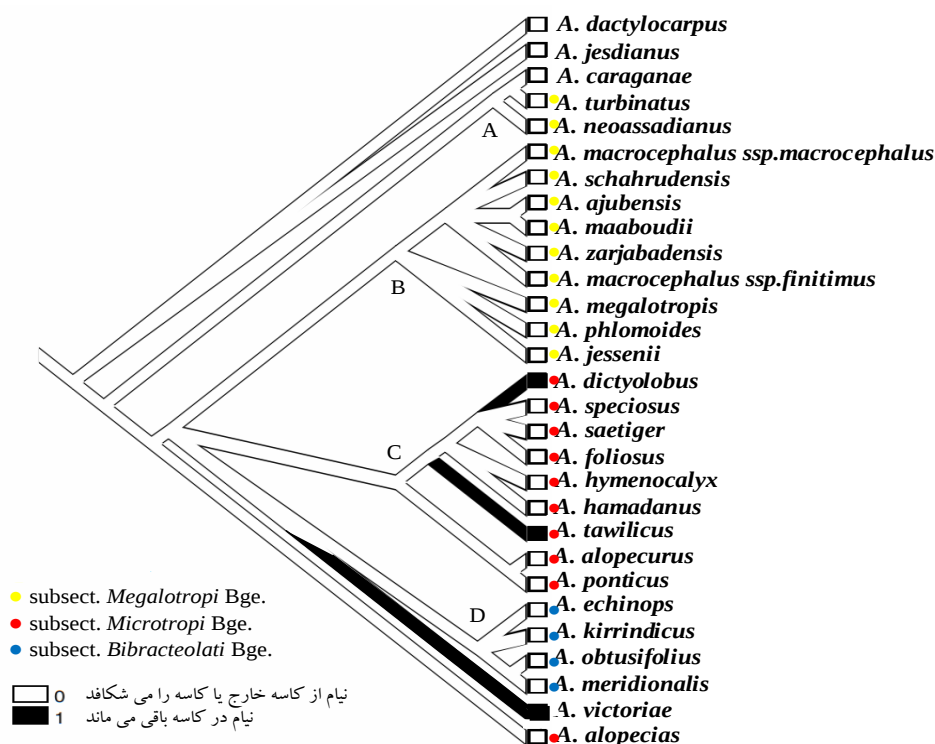


شکل ۴- روند تکامل صفت طول پهنک ناو در انطباق با درخت مولکولی

در نیای مشترک تمام تاکسون‌های مطالعه‌شده حفظ شده است. تنها در گونه‌های *A. tawilicus* و *A. dictyolobus* (در کلاد C) و گونه *A. victoria* این وضعیت به فرم باقی‌ماندن نیام در کاسه در زمان میوه‌دهی تکامل می‌یابد.

صفت وضعیت نیام در زمان میوه‌دهی (صفت ۱۷: نیام از کاسه خارج می‌شود یا کاسه را می‌شکافد / نیام در کاسه باقی می‌ماند)

روند تکامل صفت وضعیت نیام در زمان میوه‌دهی در شکل ۵ نشان داده شده است. خروج نیام از کاسه یا شکافتن کاسه در زمان میوه‌دهی، صفتی نیایی است که



شکل ۵- روند تکامل صفت وضعیت نیام در زمان میوه دهی در انطباق با درخت مولکولی

بحث

تأکید شده است (Goncharov et al., 1965; Ranjbar)

(et al., 2002; Maassoumi, 1995).

صفت تعداد برگچه (شکل ۱)، یکی از ویژگی های رویشی به کاررفته در تقسیم بندی (Maassoumi, ۱۹۹۵) بوده است؛ بر این اساس گروه گونه ای *Alopecias* با زیادبودن تعداد جفت برگچه ها و گروه گونه ای *Macrocephalus* با تعداد برگچه های کمتر از ۱۷ جفت در این تقسیم بندی مشخص شده است. حالت نیایی صفت، تعداد برگچه بیش از ۱۷ جفت، در کلاد A (به جز *A. neoassadianus*) و کلاد C (به استثنای *A. speciosus*) دیده می شود. کلاد C (شکل ۱) همراه با گونه *A. alopecias* منطبق با گروه گونه ای *Alopecias* در تقسیم بندی (Maassoumi, ۱۹۹۵) در نظر گرفته می شود و همان طور که مشاهده می شود، گروه گونه ای *Alopecias*، کلادی تک تبار تشکیل

مقادیر اندک اندازه گیری شده شاخص های آماری برای صفات ریخت شناسی حاکی از میزان جورگرایی فراوان در صفات ریخت شناسی این بخش و خویشاوندانش است (جدول ۴). تعداد تغییرات اغلب صفات زیاد نیست؛ اما از آنجا که تعداد حالات صفات به ازای هر صفت محدود است، شاخص CI و RI بعضی از این صفات کاهش و درمقابل میزان جورگرایی افزایش می یابد (Sanderson and Donoghue, 1989; Sanderson and Hofford, 1996). اغلب صفات بررسی شده در مطالعه حاضر، به دلیل جورگرایی زیاد، ارزش تاکسونومیک کمی در بخش *Alopecuroidei* دارد. روند تکامل صفات درباره پنج صفت در ادامه بحث می شود. این پنج صفت، صفاتی هستند که در رده بندی های گذشته بیشتر بر آنها

نداده است. تکامل به تعداد برگچه کمتر یا مساوی ۱۷ جفت، سین آپومورفی برای کلادهای B و D است. کلاد B (شکل ۱) براساس رده‌بندی Maassoumi (۱۹۹۵) ترکیبی از سه گروه گونه‌ای *Macrocephalus*، *Megalotropis* و *Maaboudii* است؛ بنابراین تک‌تباری گروه *Macrocephalus* با برگچه‌های کمتر از ۱۷ جفت تأیید نمی‌شود.

درباره صفت طول دمگل آذین (شکل ۲)، گونه‌های *A. alopecias* و *A. victoriae* حالت نیایی، یعنی فقدان دمگل آذین، را نشان می‌دهند. کلاد B شامل ۸ گونه (*A. macrocephalus* با دو زیرگونه) و ویژگی مشترک همگی آنها داشتن دمگل آذین بلند (بزرگ‌تر از یک سانتی‌متر) است. این کلاد براساس رده‌بندی Maassoumi (۱۹۹۵)، ترکیبی از سه گروه گونه‌های *Macrocephalus*، *Megalotropis* و *Maaboudii* است؛ بنابراین براساس یافته‌های حاضر هیچ‌یک از این سه گروه گونه‌ای، تک‌تبار نیست؛ همچنین گونه *A. hamadanus* توسط Ranjbar و همکاران (۲۰۰۲) عضوی از گروه گونه‌ای *Megalotropis* در نظر گرفته شده است؛ در حالی که موقعیت این گونه درون کلاد C همراه با *A. hymenocalyx* هر دو گونه از غرب ایران، به‌خوبی با تقسیم‌بندی Maassoumi (۱۹۹۵) مطابقت دارد. به‌طور کلی، کلاد C (شکل ۲) با گروه گونه‌ای *Alopecias* در تقسیم‌بندی Maassoumi (۱۹۹۵) به استثنای گونه *A. alopecias* منطبق است. در کلاد C تنها *A. talwilicus* دمگل آذین بزرگ‌تر از یک سانتی‌متر دارد و این صفت، «خود جدا ریختی» برای این گونه محسوب می‌شود.

صفت وجود براکتول (شکل ۳)، در تمام رده‌بندی‌های گذشته بخش استفاده شده است. این صفت هیچ گونه جورگرایی نشان نمی‌دهد که ارزش زیاد آن را در رده‌بندی بخش *Alopecuroidei* مشخص می‌کند. دارابودن صفت منحصر به فرد کاسه براکتول‌دار، سین آپومورفی برای کلاد D (شکل ۳) است. این کلاد در مطالعات Goncharov و همکاران (۱۹۹۵) زیربخش *Bibracteolati*، در مطالعات Maassoumi (۱۹۹۵) گروه گونه‌ای *Obtusifolius* و در مطالعات Ranjbar و همکاران (۲۰۰۲) گروه گونه‌ای *Kirindicus* شناخته شده است. آنالیزهای مولکولی Javanmardi و همکاران (۲۰۱۲a) تک‌تباری این زیربخش و گروه‌های گونه‌ای را تأیید کرده است. درباره صفت طول پهنک ناو، کلاد C (شکل ۴)، با وضعیت تکامل یافته صفت، پهنک ناو کوچک‌تر از ۱ سانتی‌متر، مشخص می‌شود. این کلاد، با زیربخش *Microtropi* در رده‌بندی Goncharov و همکاران (۱۹۹۵) و گروه گونه‌ای *Alopecias* در تقسیم‌بندی Maassoumi (۱۹۹۵) به استثنای گونه *A. alopecias* منطبق است. گونه *A. alopecias* با دارابودن طول پهنک ناو کوچک‌تر از یک سانتی‌متر در فلور روسیه، در زیربخش *Microtropi* قرار دارد؛ در حالی که در پژوهش حاضر، روند تکاملی صفت طول پهنک ناو در انطباق با درخت مولکولی نشان می‌دهد این گونه در شاخه جداگانه‌ای قرار می‌گیرد؛ بنابراین زیربخش *Microtropi* و گروه گونه‌ای *Alopecias* تک‌تبار نیست. کلاد B (شکل ۴) شامل تمام اعضای سری *Sphaeranthi* (با گل آذین کروی) از زیربخش *Megalotropi* (با ناو بزرگ‌تر و مساوی یک سانتی‌متر) در رده‌بندی Goncharov و همکاران (۱۹۹۵) همراه با

Alopecuroidei ادغام شود.

جمع‌بندی

در این مطالعه، روند تکامل صفات ریخت‌شناسی بخش *Alopecuroidei* از جنس گون و خویشاوندانش در چارچوب فیلوژنی مولکولی براساس توالی هسته‌ای ITS و توالی کلروپلاستی *trnH-psbA* بررسی شد. یافته‌های حاضر بیانگر این است که از بین زیرتقسیمات پیشنهادشده Goncharov و همکاران (۱۹۶۵) در فلور روسیه، زیربخش *Microtropi* (با دارابودن ناو کوچک‌تر از یک سانتی‌متر) به دلیل موقعیت قرار گرفتن *A. alopecias* در شاخه جداگانه، تک‌تبار نیست. تک‌تباری زیربخش *Megalotropi* (با دارابودن ناو بزرگ‌تر و مساوی یک سانتی‌متر) و تک‌تباری سری *Sphaeranthi* (با گل آذین کروی) در این رده‌بندی، به دلیل موقعیت قرار گرفتن گونه *A. phlomoides* تأیید نمی‌شود. زیربخش *Bibracteolati* (با دارابودن دو براکتول در کاسه) تک‌تبار است. از میان شش گروه گونه‌ای پیشنهادشده Maassoumi (۱۹۹۵)، تنها گروه گونه‌ای *Obtusifolius* (با داشتن صفت کاسه براکتول‌دار) تک‌تبار است. از چهار گروه گونه‌ای پیشنهادشده Ranjbar و همکاران (۲۰۰۲)، تنها گروه *Kirrindicus* (با داشتن صفت کاسه براکتول‌دار) تک‌تبار و در تأیید با نتایج مطالعات Javanmardi و همکاران (۲۰۱۲b و ۲۰۱۲a) است.

نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد سه صفت وجود براکتول، طول دمگل آذین و طول پهنک ناو، سین آپومورفی برای بعضی کلادهای تشکیل‌شده در بخش *Alopecuroidei* است. سایر صفات، جورگرایی (تکامل موازی و برگشت به حالت نیایی) درون بخش

گونه *A. phlomoides* در نظر گرفته شد. این کلاد براساس رده‌بندی Maassoumi (۱۹۹۵)، ترکیبی از سه گروه گونه‌ای *Macrocephalus*، *Megalotropis* و *Maaboudii* است. Goncharov و همکاران (۱۹۶۵) در فلور روسیه، گونه *A. phlomoides* را به دلیل داشتن گل آذین کشیده در سری *Sphaeranthi* قرار ندادند؛ در حالی که در شکل ۴، این گونه در کلاد B قرار دارد؛ بنابراین تک‌تباری زیربخش *Megalotropi* و تک‌تباری سری *Sphaeranthi* در رده‌بندی Goncharov و همکاران (۱۹۶۵) تأیید نمی‌شود.

صفت وضعیت نیام در زمان میوه‌دهی (شکل ۵) نشان می‌دهد در گونه‌های *A. tawilicus* و *A. dictyolobus* (در کلاد C) و گونه *A. victoriae* نیام در کاسه باقی می‌ماند که وضعیت تکامل یافته این صفت است. Podlech (۱۹۹۹) و Maassoumi (۲۰۰۳) بخش *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 در گونه‌های *A. tawilicus* و *A. dictyolobus* اختلاف بین بخش *Laxiflori* و *Alopecuroidei* بیان کرد. Agerer-Kirchhoff و Podlech (۱۹۷۴) معتقد بودند که این ویژگی مورفولوژیکی، گونه *A. victoriae* را به دو گونه *A. tawilicus* و *A. dictyolobus* نزدیک می‌کند. مطالعات Javanmardi و همکاران (۲۰۱۵ و ۲۰۱۲b) روی بخش *Alopecuroidei* و خویشاوندانش نشان داد بخش *Laxiflori* با دو گونه *A. tawilicus* و *A. dictyolobus* و همچنین بخش *Christianophysa* با تک‌گونه *A. victoriae* باید درون بخش

را نشان می‌دهد.

و فراهم کردن امکان استفاده از هرباریوم مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور و همچنین آزمایشگاه سیستماتیک مولکولی دانشگاه تربیت مدرس تهران صمیمانه سپاسگزاری و قدردانی می‌کند.

سپاسگزاری

نویسنده از اساتید گرانقدر آقای دکتر علی اصغر معصومی و آقای دکتر شاهرخ کاظم پور اوصالو به دلیل ارائه راهنمایی‌هایی ارزشمند برای انجام پژوهش حاضر

منابع

- Agerer-Kirchhoff, C. (1976). Revision von *Astragalus* L. sect. *Astragalus* (Leguminosae). *Boissiera*, 25, 1-197.
- Agerer-Kirchhoff, C., & Podlech, D. (1974). Eine neue und interessante *Astragalus* art aus der Turkei. *Mitteilungen (aus) der Botanischen*, 11, 431-436.
- Akan, H., Tatlidil, S., & Bicakci, A. (2005). Pollen morphology of *Astragalus* L. section *Alopecuroidei* DC. (Fabaceae) in Turkey. *International Journal of Botany*, 1(1), 50-58.
- Akhavan, A., Bagheri, A., & Maassoumi, A. A. (2019). Taxonomy of the Genus *Astragalus* L. (Fabaceae) in Isfahan Province. *Taxonomy and Biosystematics Journal*, 11(39), 97- 114 (in Persian).
- Barneby, R. (1964). Atlas of North American *Astragalus*. *Journal of Memoirs of the New York Botanical Garden*, 13, 1-1188.
- Becht, R. (1978). *Revision der sektion Alopecuroidei DC. der Gattung Astragalus*. Vaduz: Phanerogamarum Monographiae X. Cramer.
- Bunge, A. (1869). Generic *Astragali* species gerontogaeae. *Mémoires de Academie Imperiale des Sciences de Saint Petersburg*, 15, 1-254.
- Chamberlain, D. F., & Matthews, V. A. (1970). Genus *Astragalus*. In: Davis, P. H. (Ed.). *Flora of Turkey and the east Aegean Islands*. Vol. 3. Edinburgh: Edinburgh University Press. 49-254.
- Chaudhary, L. B., Rana, T. S., & 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.
- De Candolle, A. P. (1825). Notice sur quelques genres et espèces nouvelles de légumineuses, extraite de divers Mémoires présentés à la société d' Histoire naturelle de Genève, pendant le cours des années 1823 et 1824. *Annales des Sciences Naturelles*, 4, 90-103.
- Goncharov, N. F., Borisova, A. G., Gorshkova, S. G., Popov, M. G., & Vasilchenko, I. T. (1965). *Astragalus*. In: Komarov V. L., and Shishkin B. K. (Eds.). *Flora of the USSR*. Israel Program for Scientific Translations/Smithsonian Institution and the National Science Foundation, Jerusalem/Washington. Pp. 1-918.
- Javanmardi, F. (2015). Evolutionary trend of morphological characters of *Astragalus tawilicus*, *Astragalus dictyolobus* and *Astragalus victoriae* based on phylogeny of cpDNA *matK* sequences. *Iranian Journal of Plant Biology*, 7(26), 13-26.
- Javanmardi, F., Kazempour Osaloo, S., Maassoumi, A. A., & Nejdassattari, T. (2012a). Phylogeny of *Astragalus* sect. *Alopecuroidei* based on the combined nrDNA ITS and morphology. *Rostaniha*, 13(2), 115- 125.

- Javanmardi, F., Kazempour Osaloo, S., Maassoumi, A. A., & Nejdassattari T. (2012b). Molecular phylogeny of *Astragalus* section *Alopecuroidei* (Fabaceae) and its allies based on nrDNA ITS and three cpDNAs, *matK*, *trnT-trnY* and *trnH-psbA* sequences. *Journal of Biochemical Systematics and Ecology*, 45, 171- 178.
- Kazempour Osaloo, S., Maassoumi, A. A., & 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. *Journal of Plant Systematics and Evolution*, 242(1), 1-32.
- Kazempour Osaloo, S., Maassoumi, A. A., & Murakami, N. (2005). Molecular systematics of the Old World *Astragalus* (Fabaceae) as inferred from nrDNA ITS sequence data. *Brittonia*, 57(4), 367-381.
- Kress, W. J., Wurdack, K. J., Zimmer, E. A., Weigt, L. A., & Janzen, D. H. (2005). The use of DNA barcodes to identify flowering plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(23), 8369-8374.
- Lock, J. M., & Schrier, B. D. (2005). The tribe Galegeae. In: Lewis, G., Schrier, B. D., Mackinder, B. and Lock, J. M. (Eds.). *Legumes of the World*. Royal Botanical Gardens, Kew. Pp. 475-487.
- Lock, J. M., & Simpson, K. (1991). *Legumes of West Asia, a checklist*. Kew: Royal Botanical Gardens.
- Maassoumi, A. A. (1986). *Astragalus* L. Tehran: Research Institute of Forests and Rangeland (in Persian).
- Maassoumi, A. A. (1989). *The genus Astragalus in Iran*. Tehran: Research Institute of Forests and Rangeland (in Persian).
- Maassoumi, A. A. (1995). *The genus Astragalus in Iran*. Tehran: Research Institute of Forests and Rangeland (in Persian).
- Maassoumi A. A. (1998). *Astragalus in the old world, checklist*. Tehran: Research Institute of Forests and Rangeland.
- Maassoumi, A. A. (2003). *Flora of Iran, Papilionaceae (Astragalus I)*. Tehran: Research Institute of Forests and Rangeland (in Persian).
- Maassoumi, A. A. (2005). *The Genus Astragalus in Iran*. Tehran: Research Institute of Forests and Rangeland (in Persian).
- Maassoumi, A. A., & Ranjbar, M. M. (1996). Notes on the genus *Astragalus* sect. *Alopecuroidei* DC. In Iran. *The Iranian Journal of Botany*, 7(1), 39-43.
- Mabberley, D. J. (2008). *Mabberly's Plant-book. A portable dictionary of plants, their classification and uses*. Third Edition. Cambridge: Cambridge University Press.
- Maddison, W. P., Donoghue, M. J., & Maddison, D. R. (1984). Outgroup analysis and parsimony. *Journal of Systematic Biology*, 33(1), 83-103.
- Maddison, D. R., & Maddison, W. P. (2010). *MacClade 4: Analysis of phylogeny and character evolution*. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates.
- Podlech, D. (1999). Papilionaceae III: *Astragalus*. In: Rechinger K. H. (Ed.). *Flora Iranica*. Akademische Druck-u. Verlagsanstalt, Graz. pp. 1-350.
- Ranjbar, M., & Karamian, R. (2003). *Astragalus neo-assadianus* (Fabaceae), a new species in sect. *Alopecuroidei* from Iran. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 143(2), 197-200.
- Ranjbar, M., Maassoumi, A. A., & Podlech, D. (2002). *Astragalus* sect. *Alopecuroidei* (Fabaceae) in Iran, complementary notes with a key to the species. *Willdenowia*, 32(1), 85-91.

- Sanderson, M. J., & Donoghue, M. J. (1989). Patterns of variation in levels of Homoplasy. *Evolution*, 43(8), 1781-1795.
- Sanderson, M. J., & Hufford, L. (1996). *Homoplasy, the recurrence of similarity in evolution*. USA: Academic Press.
- Scherson, R. A., Vidal, R., & Sanderson, M. (2008). Phylogeny, biogeography, and rates of diversification of new world *Astragalus* (Leguminosae) with an emphasis on South American radiations. *American Journal of Botany*, 95(8), 1030-1039.
- Soltis, D. E., Mavrodiev, E. V., Doyle, J. J., Rauscher, J., & Soltis, P. S. (2008). ITS and ETS sequence data and phylogeny reconstruction in allopolyploids and hybrids. *Systematic Botany*, 33(1), 7-20.
- Swofford, D. L. (2002). *PAUP: Phylogenetic analysis using parsimony (and other methods)*. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates.
- Whitlock, B. A., Hale, A. M., & Groff, P. A. (2010). Interspecific inversions pose a challenge for the *trnH-psbA* plant DNA barcode. *Journal of Public Library of Science One*, 5(7), e11533
- Wojciechowski, M. F., Sanderson, M. J., & Hu, J. M. (1999). Evidence on the monophyly of *Astragalus* (Fabaceae) and its major subgroups based on nuclear ribosomal DNA ITS and chloroplast DNA *trnL* intron data. *Journal of Systematic Botany*, 24, 409-437.

