

الگوهای هموپلازی صفات ریخت شناسی در سرده گون (باقلائیان) بر پایه تبارزایی حاصل از داده‌های nrDNA ITS

مرضیه کاظمی^۱، شاهرخ کاظم پور اوصالو^۱، علی اصغر معصومی^۲

^۱ گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

^۲ بخش گیاه‌شناسی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران، ایران

*مسئول مکاتبات - آدرس الکترونیکی: ccskosaloo@modares.ac.ir

(دریافت: ۸۸/۱۰/۲۲؛ پذیرش: ۸۹/۲/۱۲)

چکیده

در این مطالعه الگوهای هموپلازی ۸ صفت رویشی و ۱۴ صفت زایشی بر پایه تبارزایی حاصل از داده‌های nrDNA ITS برای ۱۱۵ گونه شامل ۱۰۹ گونه از اعضای کلاد *Astragalus senso stricto* و ۶ گونه از جنس‌های خویشاوند به‌عنوان برون‌گروه مورد بررسی قرار گرفت. حالات مختلف صفات انتخاب شده از منابع موجود گردآوری و براساس ارزش‌گذاری‌های عددی و به صورت نامرتب کدهی شد. تبارزایی مولکولی نیز براساس داده‌های nrDNA ITS و به روش Neighbour Joining با استفاده از نرم‌افزار PAUP* ver. 4.0 b10 بازسازی شد. سپس ماتریس حاصل از این داده‌ها در قالب تبارزایی بدست آمده از داده‌های مولکولی مکان‌نگاری گردید. براساس نتایج حاصل از این مطالعه، بیشترین میزان ضریب سازگاری (ci= consistency index) و ضریب اتکاء (ri=retention index) به ترتیب ۰/۳ و ۰/۳۵ و مربوط به صفت "متراکم/تنک" بود. تمامی صفات مطالعه شده، همچنین کمترین میزان ci و ri به ترتیب ۰/۰۳ و ۰/۳۵ و مربوط به صفت وضعیت گل‌آذین (متراکم/تنک) بود. تمامی صفات مطالعه شده، چندین بار بین گروه‌های مختلف کلاد *Astragalus s. str.* تکامل یافته‌اند و سطوح بالایی از هموپلازی نشان می‌دهند. به همین دلیل هیچیک از آنها برای سرده *Astragalus* صفت پیشرفته مشترک (سین‌اپومورف) نیستند و بنابراین ارزش آرایه‌شناختی پایینی در این سرده برخوردارند، گرچه برخی از آنها تک‌تباری برخی کلادهای تشخیص داده شده در مطالعات گذشته را حمایت می‌کنند.

واژه های کلیدی: الگوی هموپلازی، باقلائیان، ریخت شناسی، گون

مقدمه

۱۵۰۰ گونه، (Maassoumi 1998)، فلات چین-همالیای جنوب آسیای مرکزی (حدود ۵۰۰ گونه) و شمال غرب آمریکا (حدود ۴۰۰-۴۵۰ گونه، Wojciechowski et al. 1999 and references there in e. g. Johnatan 1974, Gomez-Sosa 1979, Wojciechowski می‌شوند. همچنین حدود ۱۵۰ گونه در مناطق معتدل آمریکای جنوبی وجود دارد و یک گونه نیز در امتداد کوهستان‌های آفریقای شرقی به Transval در آفریقای جنوبی گریخته است. علاوه بر این تعداد زیادی از گونه‌های گون در نواحی با آب و هوای مدیترانه‌ای در امتداد سواحل آرام آمریکای شمالی و آمریکای جنوبی، جنوب اروپا و شمال آفریقا پراکنده‌اند (Tutin et al. 1972, Podlech 1994, Maassoumi 1998, Wojciechowski et al. 1999). ایران با داشتن بیش از ۸۰۰ گونه در ۷۰ بخش، یکی از مهمترین مراکز تنوع زیستی گون است، بطوریکه ۱۰٪ گونه‌های گیاهی ایران را به خود اختصاص می‌دهد. از سوی دیگر با وجود ۵۲۷ گونه (۶۵٪) انحصاری و با در نظر گرفتن مساحت کل کشور، ایران بیشترین درصد بومزادی گونه‌های گون را دارد که این

Astragalus -گون- بزرگترین سرده گیاهان آوندی با حدود ۳۰۰۰ گونه یکساله و چندساله در ۲۵۰ بخش رده‌بندی شده است (Lock & Simpson 1991, Maassoumi 1998, Podlech 1998). این سرده از اعضای قبیله Galegeae (Polhill 1981 a) در تیره Fabaceae می‌باشد و به شاخه Inverted Repeat Lacking Clade (IRLC) تعلق دارد. این شاخه از ۴۵ سرده Papilionoid تشکیل شده که همگی آنها فاقد یکی از توالی‌های تکرار معکوس ۲۵ kbp در DNA کلروپلاستی خود می‌باشند (Lavin et al. 1990, Liston 1995, Wojciechowski et al. 1999, 2000, 2004). گون به جز قطب جنوب و استرالیا در سایر نقاط جهان پراکنش دارد. مرکز اولیه پیدایش این سرده در کوهستان‌های خشک و نیمه‌خشک نیمکره شمالی بوده است و در مناطق معتدله نیمکره شمالی پراکنش گسترده‌ای دارد، بطوریکه بیشترین تعداد گونه‌های آن به ترتیب در منطقه ایران-تورانی جنوب غرب آسیا (حدود

نشان می‌دهند، بررسی می‌شود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی الگوی جورگرایی تعدادی از صفات رویشی و زایشی در قالب تبارزایی حاصل از داده‌های مولکولی nrDNA ITS (Kazempour Osaloo *et al.* 2005). تعداد ۸ صفت رویشی و ۱۴ صفت زایشی انتخاب و برای ۱۱۵ آرایه شامل ۱۰۹ گونه از سرده گون و ۶ گونه از سرده‌های خویشاوند، از منابع موجود (معصومی ۱۳۶۵، ۱۳۶۸، ۱۳۷۴، ۱۳۷۹، ۱۳۸۲، ۱۳۸۴، مظفریان ۱۳۷۹، نیکنام ۱۳۷۸، زرین کمر ۱۳۷۵ و

Barneby 1964, Chamberlin & Mathews 1970, Ebrahimzadeh *et al.* 1999, 2000, Eicki & Ekim 2004, Ghahreman *et al.* 1996, Ghahremani-Nejad 2004, Gontscharov *et al.* 1946, Maassoumi 1990, 1993, 1994, 2000, Maassoumi & Ranjbar 1996, 1998, Pakravan *et al.* 1194, Podlech 1975, 1988, 1991, 1994, 1998, 1999, 2001, Polhill 1981a, 1994, Ranjbar & Maassoumi 1998, Sanderson 1991, Townsend 1974, Williams گردآوری 1981, Wojciechowski *et al.* 1999, Zarre 2000, 2003 شد. سپس حالات مختلف این صفات براساس ارزش‌گذاری‌های عددی و به‌صورت نامرتب (unordered)، که در آن تغییر از حالتی به حالت دیگر صفت، یک گام محسوب می‌شود) کددهی شد. ارزش‌های داده شده به حالات مختلف صفات، هیچگونه برتری نسبت به هم نداشته و ابتدایی یا پیشرفته بودن آنها، تنها پس از مکان‌نگاری در قالب تبارزایی، مشخص گردید. تبارزایی مولکولی نیز براساس داده‌های nrDNA ITS و به روش Neighbour Joining با استفاده از نرم‌افزار PAUP* ver. 4.0 b10 (Swofford 2002) بازسازی شد. سپس ماتریس حاصل از داده‌های ریخت‌شناسی با استفاده از نرم‌افزار MacClade 4.0 (Maddison & Maddison 2005) در قالب تبارزایی بدست آمده از داده‌های مولکولی nrDNA ITS مکان‌نگاری گردید. صفات و حالات صفات استفاده شده در این بخش و کدهای مربوط در جدول ۱ و ماتریس داده‌های ریخت‌شناسی در جدول ۲ آورده شده است.

نتایج

ضرایب، شاخص‌ها و تعداد تغییرات صفات ریخت‌شناسی آنالیز شده با نرم‌افزار MacClade 4.0 در جدول ۳ ارائه شده است. همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود، کمترین شاخص‌های ci و ri به ترتیب ۰/۳ و ۰/۳۵ هستند که مربوط به صفت ۱۰ (گل‌آذین متراکم/تنک) می‌باشند. این صفت بالاترین میزان جورگرایی را نشان می‌دهد. بیشترین شاخص‌های ci و ri نیز به ترتیب ۰/۵ و ۰/۹۶ و مربوط به صفت ۲۱ (کانال‌های مولد کتیرا) می‌باشد.

خود به دلیل ساختار زمین‌شناسی، غنای بومی، توپوگرافی، شرایط آب و هوایی و عواملی نظیر آنهاست (معصومی ۱۳۸۴). در مطالعه Sanderson (1991)، روابط تبارزایی ۱۱۳ گونه *Astragalus* آمریکای شمالی براساس ۵۷ صفت و حالت صفت مختلف ریخت‌شناسی، بازسازی گردید. مطالعه مذکور، تک‌تباری بسیاری از بخش‌های تشخیص داده شده توسط Barneby (1964) را حمایت می‌کند. همچنین در مطالعه Wojciechowski *et al.* (1999) روند تکامل برخی صفات در قالب تبارزایی nrDNA ITS برای ۱۱۵ آرایه شامل نمایندگان از گون‌های دنیای جدید و ۱۲ سرده خویشاوند نشان داده شده است. این صفات شامل عدد کروموزومی (یوپلوئیدی/آنوپلوئیدی)، پراکندگی جغرافیایی (دنیای قدیم/دنیای جدید)، وضعیت کرکپوش (کرک ساده/ کرک دوشاخه) و نیز جدار طولی میوه (تک‌حجره‌ای/دو حجره‌ای) بودند. در مطالعه مذکور، نشان داده شد که وضعیت کرکپوش، که از صفات مهم در رده‌بندی‌های گذشته این سرده بود، تک‌تباری هیچ گروهی را تأیید نمی‌کند. گونه‌های یوپلوئید دنیای جدید نیز در بین کلیه گروه‌های دنیای قدیم پراکنده‌اند و تمام گونه‌های آنوپلوئید دنیای جدید با عدد پایه کروموزومی ۱۱-۱۵ به‌همراه گونه آنوپلوئید مدیترانه‌ای (*A. echinatus*) گروه تک‌تباری تحت عنوان "Neo-Astragalus" تشکیل می‌دهند که گونه‌های آنوپلوئید دنیای قدیم رابطه خویشاوندی نزدیکی با آن نشان نمی‌دهند بلکه بین گروه‌های یوپلوئید دنیای قدیم با عدد پایه کروموزومی $x=8$ یافت می‌شوند.

در مطالعات متعددی از جمله (Zarre *et al.* 2000, 2001 a, b; Pirani *et al.* 2006) نشان داده شد که ریزریخت‌شناسی کرک، صفت مهمی در رده‌بندی گونه‌های خاردار گون است، براین اساس، Taeb و همکاران (2007) نیز روابط تبارزایی گونه‌های عمدتاً یکساله به‌همراه چند گونه چندساله گون را بر اساس صفاتی از جمله ریزریخت‌شناسی کرک، ریخت‌شناسی گل و تعداد دیگری از صفات ریخت‌شناسی بازسازی کردند که نشان داد کرک دوشاخه‌ای حداقل ۳ بار در گون تکامل یافته است؛ ۲ بار بطور مستقل در گونه‌های یکساله و یک بار نیز در گونه‌های چند ساله و اینکه در تأیید مطالعات مولکولی Kazempour Osaloo *et al.* (2003) و نیز تک‌نگاره ارائه شده توسط Podlech (1994) نحوه اتصال کرک تا حدی در گروه‌بندی طبیعی گونه‌های یکساله گون قابل استفاده است.

در مطالعه حاضر، الگوی جورگرایی تعدادی از صفات رویشی و زایشی گون‌های دنیای قدیم بویژه صفاتی که در رده‌بندی‌های گذشته گونه‌های مختلف جنس گون، بیشتر مورد توجه و تأکید بوده‌اند و نیز به منظور ارزیابی ارزش رده‌بندی آنها با توجه به الگوی هموپلازی که در قالب تبارزایی nrDNA ITS (Kazempour Osaloo *et al.* 2005)

<i>A. zerdanus</i>	<i>Hemiphaca</i>	2111121001	0201001000	01
<i>A. guttatus</i>	<i>Heterodontus</i>	3111001000	0701001010	00
<i>A. schmalhauseni</i>	<i>Oxyglottis</i>	3110011200	0000000010	01
<i>A. thlaspi</i>	<i>Thlaspidium</i>	3110011000	000?000011	01
<i>A. oxyglottis</i>	<i>Oxyglottis</i>	3110011201	0200010010	01
<i>A. persepolitani</i>	<i>Sesamei</i>	3110011001	0200000110	00
<i>A. coronilla</i>	<i>Sesamei</i>	3110031701	0101000111	01
<i>A. australis</i>	<i>Hemiphragmium</i>	21110?1001	0001001001	01
<i>A. kerkukiensis</i>	<i>Sesamei</i>	3111010101	0000000111	01
<i>A. glycyphyllos</i>	<i>Glycyphyllus</i>	2110001000	0101011110	01
<i>A. hamosus</i>	<i>Bucerates</i>	3120131001	0101010110	01
<i>A. boeticus</i>	<i>Cyamodes</i>	3110121000	0000000111	0-
<i>A. odoratus</i>	<i>Ulignosi</i>	2121111001	0101000110	01
<i>A. fragrans</i>	<i>Synochreati</i>	2120131001	0101000101	01

1 111111112 22

Taxa	Section	1234567890	1234567890	12
<i>A. sinicus</i>	<i>Lotidium</i>	2110021200	0201011110	01
<i>A. polycladus</i>	<i>Polycladus</i>	2110111001	0201021111	01
<i>A. depressus</i>	<i>Tapinodes</i>	2111021001	0001010111	01
<i>A. subsecundus</i>	<i>Laguropsis</i>	2121011200	0101000110	00
<i>A. latifolius</i>	<i>Incani</i>	2221011200	0201010110	00
<i>A. askius</i>	<i>Incani</i>	2121011201	0101011011	00
<i>A. supervisus</i>	<i>Incani</i>	2221011200	0201010111	00
<i>A. horridus</i>	<i>Acanthopace</i>	0011121000	0201001111	1-
<i>A. schistocalyx</i>	<i>Acanthopace</i>	0011111020	0201001111	1-
<i>A. hemsleyi</i>	<i>Acanthopace</i>	0011011000	0201001111	1-
<i>A. piptocephalus</i>	<i>Polystegis</i>	0010031011	1101100100	1-
<i>A. verus</i>	<i>Platonychium</i>	0012010011	1b01100100	10
<i>A. glaucacanthos</i>	<i>Poterion</i>	0011011000	0211001100	10
<i>A. cephalanthus</i>	<i>Microphysa</i>	0011111001	0011100100	10
<i>A. campylanthus</i>	<i>Campylanthus</i>	0011121201	0211000110	10
<i>A. submissus</i>	<i>Anthylloidei</i>	1011011200	0101001100	11
<i>A. paradoxus</i>	<i>Macrosemium</i>	2101020120	0211000001	-0
<i>A. straussii</i>	<i>Hymenostegis</i>	0011120201	1100000100	10
<i>A. lagopoides</i>	<i>Hymenostegis</i>	0011121201	0111001101	10
<i>A. leiophyllus</i>	<i>Acidodes</i>	0011000010	0201000100	1-
<i>A. khoshjailensis</i>	<i>Anthylloidei</i>	1111121210	0101000101	10
<i>A. eriostomus</i>	<i>Anthylloidei</i>	1011131200	0001000100	10
<i>A. murinus</i>	<i>Anthylloidei</i>	1011111200	0101001101	11
<i>A. mucronifolius</i>	<i>Leucocercis</i>	0021041000	0001000101	10
<i>A. talimansurensis</i>	<i>Leucocercis</i>	0021011000	0001000101	10
<i>A. magistratus</i>	<i>Tricholobus</i>	0011121201	0200111101	11
<i>A. tricholobus</i>	<i>Tricholobus</i>	0011001200	0200000101	10
<i>A. cerasocrenus</i>	<i>Adiaspastus</i>	0011000211	1110100101	1-
<i>A. brachycalyx</i>	<i>Brachycalyx</i>	0011010011	1001000101	12
<i>A. caspicus</i>	<i>Brachycalyx</i>	0011010010	1101100101	1-
<i>A. oleaefolius</i>	<i>Macrophyllum</i>	0011000011	1111100101	1-
<i>A. paraliopomenus</i>	<i>Rhacophorus</i>	0011010011	11?2?10001	12
<i>A. compactus</i>	<i>Rhacophorus</i>	0012010011	1110100100	10
<i>A. hystrix</i>	<i>Hystrix</i>	0011010011	1111100101	1-
<i>A. lamprocarpus</i>	<i>Lamprocarpa</i>	0011011010	0201000101	10
<i>A. fasciculifolius</i>	<i>Poterion</i>	0011011000	0201001101	10
<i>A. gummifer</i>	<i>Platonychium</i>	0012010011	1101100101	1-
<i>A. daenensis</i>	<i>Hemiphaca</i>	2110011001	0201000101	01
<i>A. deickianus</i>	<i>Malacothrix</i>	2110011211	0201001111	02

1 111111112 22

Taxa	Section	1234567890	1234567890	12
<i>A. pauperiflorus</i>	<i>Malacothrix</i>	2111121010	0101000111	0-
<i>A. podocarpus</i>	<i>Hypoglottidei</i>	2111021011	0101001111	00
<i>A. pishchakensis</i>	<i>Hypoglottidei</i>	21101?1010	0200001111	00
<i>A. perpexus</i>	<i>Hypoglottidei</i>	2110011000	0200001111	00
<i>A. cicer</i>	<i>Hypoglottidei</i>	2111111001	0101000111	00
<i>A. ledinghamii</i>	<i>Stereothrix</i>	2110011011	0100001111	00
<i>A. plagiophacos</i>	<i>Plagiophaca</i>	2110111211	0001000101	00
<i>A. capito</i>	<i>Stereothrix</i>	2110111011	0201001110	00
<i>A. grammocalyx</i>	<i>Grammocalyx</i>	2110131001	0201001111	00
<i>A. migpo</i>	<i>Mirae</i>	3110011000	0101101101	0-
<i>A. ophiocarpus</i>	<i>Ophiocarpus</i>	3111011000	0201010101	00
<i>A. dipelta</i>	<i>Dipelta</i>	3111011000	0201001111	0-
<i>A. tribuloides</i>	<i>Sesamei</i>	3111011001	0201000101	00
<i>A. commixtus</i>	<i>Ankylotus</i>	3111021001	0200010111	01

جدول ۱: صفات و حالات صفات ریخت شناسی مکان نگاری شده در قالب تبارشناسی

Habit

#1. shrublet (0), cushion (1), prennial herbaceous (2), biennial/annual herbaceous (3)

Leaf

#2. paripinnate (0), imparipinnate (1), unifoliolate (2)

#3. Hair: absent (0), simple (1), bifurcate (2)

Stipule

#4. texture: foliaceous (0), chartaceous/scariosus (1), coriaceous (2), squamose (3)

#5. distinct (0), connate (1)

#6. indumentum: glabrous (0) hairy (1), glabrous surface & ciliate margin (2), hairy surface & ciliate margin (3), glaber surface & hairy margin (4)

Inflorescence

#7. peduncle: absent (0), present (1)

#8. axillary (0), basal (1), terminal (2)

#9. raceme (0), spike (1), solitary (2)

#10. laxe (0), dense (1)

#11. simple (0), compound (1)

Corolla

#12. colour: white/pink (0), yellow (1), purple (to)-violet (2)

#13. claw adnation to filament tube: distinct (0), adnate (1)

Calyx

#14. tooth shape: linear (0), subulate/lanceolate (1)

#15. calyx shape: campanulate/tubular (0), infundibular (1)

Pod

#16. pod shape: elliptic/oval/spherical: (0), linear (1), oblong (2)

#17. pod stipe: sessile (0), stipitate (1)

#18. pod hair: absent (0), present (1)

#19. pod septum: absent (unilocular) (0), present (bilocular) (1),

#20. pod inflation: uninflated (0), inflated (1)

Gum duct

#21. absent (0), present (1)

Nitro compounds

#22. absent (0), present (1), absent & present (2)

جدول ۲- ماتریس داده‌های ریخت‌شناسی. شماره صفات بر اساس جدول ۱ منظور شده است.

- نام مشخص، ۰ و ۱ = A، ۰ و ۲ = B، ۱ و ۲ = C

1 111111112 22

Taxa	Section	1234567890	1234567890	12
<i>Caragana grandiflora</i>		0000-1020	0101010100	0-
<i>Chesneya astragalina</i>		2110011000	0100010100	0-
<i>Podlechiella vogelii</i>		3121011000	0001000101	00
<i>Colutea persica</i>		0110011000	01011-0101	00
<i>Oxytropis aucheri</i>		01100-1000	0200000110	0-
<i>Bisserula pelecinus</i>		3111011000	0201020?1-	0-
<i>A. annularis</i>	<i>Annulares</i>	3111011000	0201010110	00
<i>A. epiglottis</i>	<i>Epiglottis</i>	3120111001	0101100111	0-
<i>A. hendersonii</i>	<i>Phyllobium</i>	2111121-01	0201000101	0-
<i>A. atopilosulus</i>	<i>Chlorostachys</i>	21100-1000	010-0-101-	0-
<i>A. stocksii</i>	<i>Caraganella</i>	0020011000	0101001011	00
<i>A. caraganae</i>	<i>Astragalus</i>	2111010000	0101010110	00
<i>A. dactylocarpus</i>	<i>Chronopus</i>	2111011000	0101000113	10
<i>A. dictyolobus</i>	<i>Laxiflori</i>	2110031000	0100000111	00
<i>A. jessenii</i>	<i>Alopecuroidei</i>	2110021001	0101001110	00
<i>A. alopecias</i>	<i>Alopecuroidei</i>	2111020001	010?001100	00
<i>A. curvipes</i>	<i>Caprini</i>	211?021100	0101001100	00
<i>A. urmiensis</i>	<i>Caprini</i>	211?021100	0201001110	00
<i>A. Dieterlei</i>	<i>Pendulina</i>	2111021100	0101010101	0-
<i>A. basineri</i>	<i>Astragalus</i>	2110010001	0101000110	00
<i>A. kahircicus</i>	<i>Eremophysa</i>	2110010001	0101001011	00
<i>A. chiwensis</i>	<i>Eremophysa</i>	2110011000	0101001011	00
<i>A. campylorrhynchus</i>	<i>Annulares</i>	3110021000	0201010010	00
<i>A. siliquosus</i>	<i>Theiochrus</i>	3100001000	0101011010	01

همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، اغلب اعضای شاخه *Astragalus s. str.*، چندساله و علفی هستند که حالت صفت ابتدایی (primitive) است. در مقابل، یک تا دوساله بودن و نیز نیمه چوبی یا چوبی بودن حالات پیشرفته فرم رویشی می‌باشند. همچنین یک تا دو ساله بودن، حداقل سه بار و در شاخه‌های B، C و F تکامل یافته است، در حالیکه تغییر از فرم رویشی علفی به نیمه چوبی، در اعضای از شاخه G (*A. murinus*, *A. submitis*, *A. khoshjailensis*, *A. eriostomus*) و F (برای مثال *A. bakaliensis*, *A. tarumensis*) چوبی در شاخه A (*A. stocksii*)، بخش عمده‌ای از اعضای شاخه G و شاخه F (*A. acantherioceras*) به صورت مستقل از هم صورت گرفته است.

صفت ۳: کرکپوش برگ‌ها (فاقد کرک / کرک ساده / کرک دوشاخه) روند تکامل این صفت در شکل ۲ نشان داده شده است. شرایط ابتدایی در شاخه *Astragalus s. str.* داشتن کرک ساده است. کرک دوشاخه (در مطابقت با مطالعه Taeb و همکاران، ۲۰۰۷) و از دست دادن کرک، صفات پیشرفته‌ای هستند که هر دو نیز از کرک ساده و به صورت مستقل از هم تکامل یافته‌اند. همچنین در هیچ نقطه‌ای از درخت، تغییر از کرک دوشاخه به بدون کرک دیده نمی‌شود. این صفت نیز، برخی از شاخه‌ها از جمله شاخه H (شامل تمامی اعضای بخش *Caprini*، بخشی از شاخه‌های C و F را حمایت می‌کند.

صفت ۵: اتصال گوشوارک‌ها (آزاد از یکدیگر / متصل به یکدیگر) شکل ۳ روند تکامل این صفت را نشان می‌دهد. جدا بودن گوشوارک‌ها از یکدیگر در شاخه *Astragalus s. str.* صفتی ابتدایی است و در مقابل اتصال آنها به یکدیگر، حالت پیشرفته این صفت می‌باشد که چندین بار در شاخه‌های مختلف، به طور مستقل تکامل یافته است.

صفت ۹: نوع گل‌آذین (خوشه / سنبله / منفرد) در شکل ۴ روند تکامل این صفت نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود اغلب اعضای شاخه *Astragalus s. str.* گل‌آذین خوشه دارند که وضعیتی ابتدایی است. گل‌آذین‌های سنبله و منفرد صفات پیشرفته‌ای هستند که مستقل از هم از حالت ابتدایی خوشه تکامل یافته‌اند. به عنوان مثال تبدیل گل‌آذین خوشه به سنبله در *A. lamprocarpus* و *A. ptiptocephalus* از شاخه G و نیز *A. plagiophacus* و *A. capito* از شاخه F دیده می‌شود. تبدیل گل‌آذین خوشه به منفرد نیز دو بار و با تکامل مستقل در *A. schistocalyx* و *A. paradoxus* از شاخه G مشاهده می‌شود.

<i>A. eremophilus</i>	<i>Annulares</i>	3110031000	020?010111	00
<i>A. camptoceras</i>	<i>Platyglottis</i>	3111011000	0201000111	00
<i>A. bakaliensis</i>	<i>Hispiduli</i>	1110031000	0201010111	00
<i>A. echinatus</i>	<i>Pentaglottis</i>	3110021001	0101000110	0-
<i>A. oophorus</i>	<i>Megacarpis</i>	2110021000	0201000011	0-
<i>A. arizonicus</i>	<i>Leptocarpis</i>	21110111-00	0201010100	0-
<i>A. tarumensis</i>	<i>Ammodendron</i>	1121111000	0201000111	00
<i>A. shelkovnikovii</i>	<i>Ornithopodium</i>	2121011001	0201010111	0-
<i>A. lilacinus</i>	<i>Onobrychoidei</i>	2121111001	0201000111	00
<i>A. teheranicus</i>	<i>Onobrychoidei</i>	2121?11001	0201000111	00
<i>A. golchideus</i>	<i>Ornithopodium</i>	2121121000	0201010111	00
<i>A. ornithopodioides</i>	<i>Ornithopodium</i>	2123131001	0201010111	00
<i>A. brevidens</i>	<i>Onobrychoidei</i>	2121111000	0201000111	00
<i>A. alyssoides</i>	<i>Hololeuce</i>	2121141201	0211000111	00
<i>A. ascicalyx</i>	<i>Asciocalyx</i>	2123031201	0201000101	00
<i>A. catacampus</i>	<i>Erioceras</i>	2120011200	0101010111	00
<i>A. ochreatus</i>	<i>Cremoceras</i>	1121111011	0201010111	00
<i>A. acantherioceras</i>	<i>Acantherioceras</i>	0021011001	0101000111	0-
<i>A. campylotrichus</i>	<i>Heterodont</i>	3110001001	020?010111	01
<i>A. saxifactor</i>	<i>Saxifactor</i>	2120011000	0001011001	01
<i>A. macrobotrys</i>	<i>Ammodendron</i>	1121101000	0201000111	00
<i>A. gigantirostratus</i>	<i>Cystisodes</i>	2121111000	0101010111	0-
<i>A. ruscifolius</i>	<i>Dissitiflori</i>	2121011200	0101010111	0-
<i>A. masanderanus</i>	<i>Cystium</i>	2121121200	0201000111	01

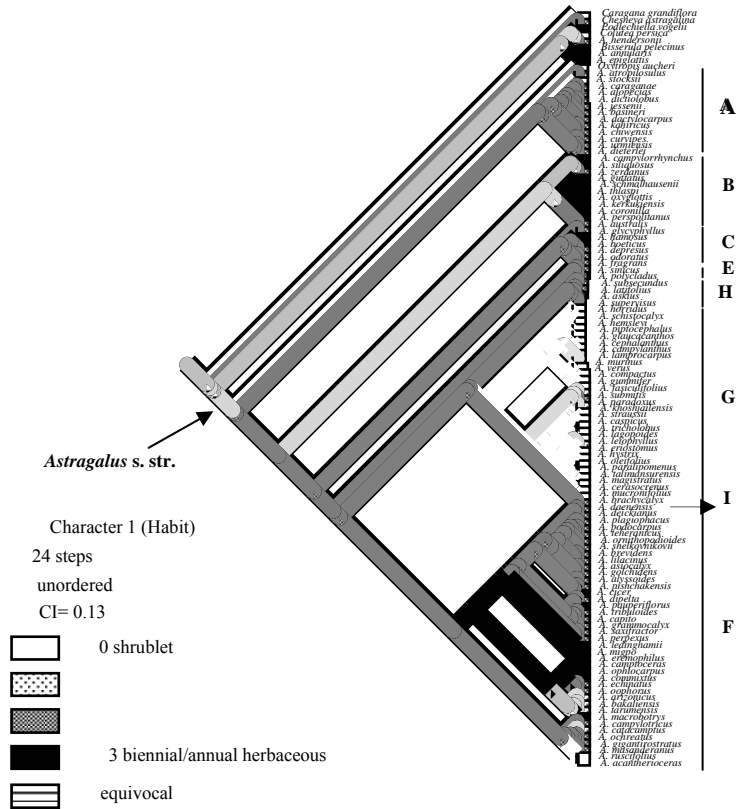
جدول ۳: ضرایب و شاخص‌های صفات ریخت‌شناسی مکان‌نگاری شده در با صرفه‌ترین درخت حاصل از آنالیز داده‌های nrDNA ITS

Character	States	Steps	Max	CI	RI	RC
1	4	24	62	0.13	0.64	0.08
2	3	8	33	0.25	0.81	0.20
3	3	16	32	0.13	0.53	0.07
4	4	26	47	0.12	0.48	0.06
5	2	25	34	0.04	0.27	0.01
6	5	43	47	0.09	0.09	0.0081
7	2	12	17	0.08	0.31	0.03
8	3	21	29	0.10	0.30	0.03
9	3	20	24	0.10	0.18	0.02
10	2	34	52	0.03	0.35	0.01
11	2	8	11	0.13	0.30	0.04
12	3	38	61	0.053	0.39	0.021
13	2	8	10	0.13	0.22	0.03
14	3	14	18	0.14	0.25	0.04
15	2	10	13	0.10	0.25	0.03
16	3	27	33	0.07	0.19	0.01
17	2	22	36	0.05	0.40	0.02
18	2	12	18	0.08	0.35	0.03
19	2	16	45	0.06	0.66	0.04
20	3	29	36	0.07	0.21	0.01
21	7	7	30	0.50	0.966	0.483
22	3	16	26	0.13	0.42	0.05

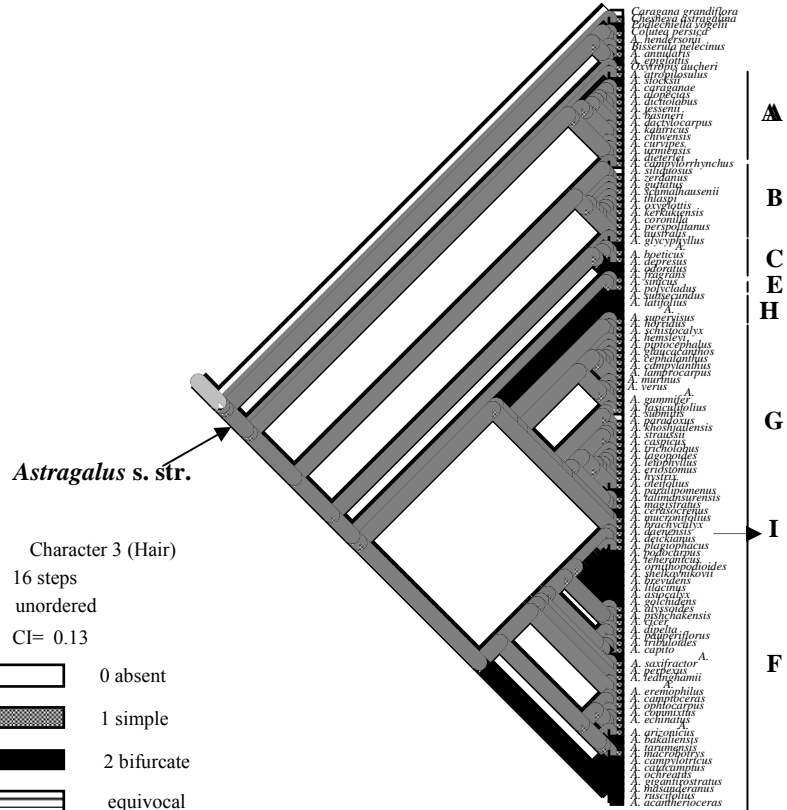
از بین این صفات، ۵ صفت رویشی و ۵ زایشی را انتخاب و روند تکامل آنها را در گروه *Astragalus s. str.* مورد بررسی قرار می‌دهیم که از بین آنها صفات ۱ و ۳ صفاتی هستند که در رده‌بندی‌های گذشته سرده‌گون به ویژه در سطح زیرسرده (Podlech 1982, 1991, 1994) بر آنها تأکید شده است.

در تمام شکل‌ها، نامگذاری شاخه‌ها غیر رسمی و مطابق مطالعات Kazempour Osaloo و همکاران (2003, 2005) می‌باشد.

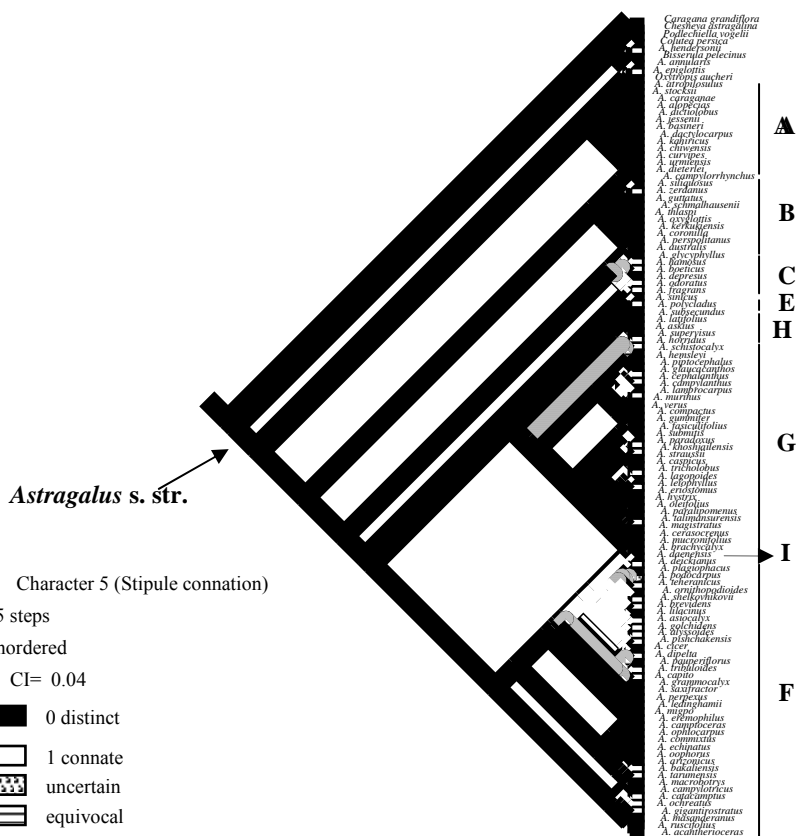
صفت ۱: فرم رویشی (چندساله چوبی / چندساله نیمه چوبی / چندساله علفی / یک تا دوساله علفی)



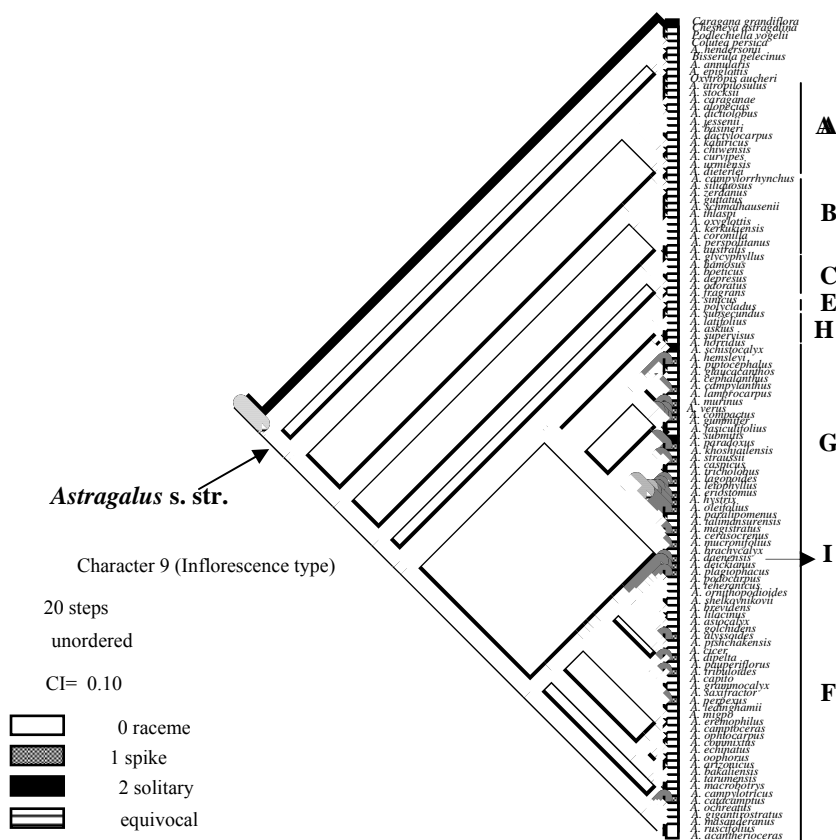
شکل ۱: روند تکامل صفت ۱ (فرم رویشی) بر پایه تبارزایی حاصل از داده‌های nrDNA ITS



شکل ۲: روند تکامل صفت ۳ (کرکیوش برگ‌ها) بر پایه تبارزایی حاصل از داده‌های nrDNA ITS



شکل ۳- روند تکامل صفت ۵ (اتصال گوشوارکها) بر پایه تبارزایی حاصل از داده‌های nrDNA ITS



شکل ۴- روند تکامل صفت ۹ (نوع گل آذین) بر پایه تبارزایی حاصل از داده‌های nrDNA ITS

عنوان مثال *A. dactylocarpus* و عمدتاً گیاهان بالشتکی خاردار شاخه G به طور مستقل، تکامل یافته است (شکل ۹).
صفت ۲۲: ترکیبات ازت دار (Nitro compounds)
شکل ۱۰: روند تکامل این صفت را نشان می‌دهد. شرایط ابتدایی در شاخه *Astragalus s. str.* نداشتن ترکیبات ازت دار است که در شاخه A نیز دیده می‌شود ولی وجود این ترکیبات بلافاصله در بخش عمده‌ای از سه شاخه پشت سر هم B، C و D تکامل یافته است. در برخی از گونه‌ها نیز هر دو حالت وجود و عدم وجود این ترکیبات جمعیت‌های مختلف یک گونه، دیده می‌شود که صفتی پیشرفته است. هر دو حالت پیشرفته این صفت، مستقل از هم، از نداشتن ترکیبات ازت دار تکامل یافته‌اند. در بخش عمده‌ای از اعضای شاخه‌های G و F بازگشت به حالت ابتدایی با از دست دادن این ترکیبات دیده می‌شود.

بحث

همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، هیچیک از صفات مطالعه شده، از شاخص ci و ti بالایی برخوردار نیستند. تعداد تغییرات اغلب این صفات بسیار زیاد است اما از آنجا که تعداد حالات صفات به ازای هر صفت، محدود است، با توجه به زیاد بودن تعداد آرایه‌های مورد مطالعه، شاخص ci و ti هر یک از این صفات کاهش و در مقابل میزان جوگرایی افزایش می‌یابد، مشکلی که اغلب هنگام مطالعه گروه‌های بزرگ وجود دارد (Sanderson 1989; Sanderson & Hofford 1996).
روند تکامل فرم رویشی (شکل ۱) در سازگاری با مطالعات مولکولی (Wojciechowski et al. 1999; Kazempour Osaloo et al. 2003, 2005) و ریخت‌شناسی (Taeb et al. 2007) انجام شده پیشرفته بودن فرم رویشی یکساله و پراکنده بودن گونه‌های یکساله در داخل گونه‌های چندساله را نشان می‌دهد و رده‌بندی‌های گذشته *Astragalus* را براساس این صفت (Bunge 1868, 1869, Podlech 1998, 1991, 1994, Maassoumi 1982) رد می‌کند.

شکل ۲: ضمن نشان دادن روند تکامل کرکپوش برگ‌ها، مصنوعی بودن رده‌بندی گونه‌ها را براساس کرک‌های ساده و دوشاخه توسط Podlech (1982, 1991, 1994)، نشان می‌دهد. بررسی روند تکامل این صفت در مطالعه (Wojciechowski et al. 1999)، نیز نتیجه مشابهی را نشان داده است. هیچیک از ویژگی‌های بررسی شده مربوط به میوه و گل (کاسه گل) در این مطالعه نیز ارزش رده‌بندی بالایی در درون سرده ندارند، بررسی روند تکامل این صفات در مطالعه Taeb و همکاران (2007) در مورد گونه‌های یکساله نیز نتیجه مشابهی را نشان می‌دهد.
روند تکامل ترکیبات ازت دار (Nitro compounds) در شکل ۱۰ به روشنی نشان می‌دهد که این صفت، سازشی و حاصل شرایط

صفت ۱۲: رنگ جام (سفید-صورتی / زرد / ارغوانی-بنفش)
روند تکامل این صفت در شکل ۵ نشان داده شده است. رنگ جام در نیای مشترک *Astragalus s. str.* رنگ ارغوانی تا بنفش است. و رنگ‌های سفید تا صورتی و نیز زرد، صفات پیشرفته‌اند. رنگ سفید تا صورتی می‌تواند به صورت مستقل، از هریک از رنگ‌های ارغوانی تا بنفش و یا زرد طی تکامل، به وجود آید. ضمن آنکه بازگشت به حالت ابتدایی نیز در شاخه‌های مختلف A، B، G و F دیده می‌شود.

صفت ۱۵: شکل کاسه (استکانی-لوله‌ای / قیفی)
شکل ۶: روند تکامل این صفت را نشان می‌دهد. شکل استکانی تا لوله‌ای کاسه در شاخه *Astragalus s. str.* وضعیت ابتدایی می‌باشد و قیفی بودن کاسه به عنوان وضعیت صفت پیشرفته، چندین بار مستقل از هم، در شاخه‌های F و G، طی تکامل به وجود آمده است.

صفت ۱۶: شکل میوه (بیضی-تخم‌مرغی-کروی / خطی / مستطیلی)
همانطور که در شکل ۷ دیده می‌شود وضعیت ابتدایی در شاخه *Astragalus s. str.* میوه بیضی تا کروی است. خطی و مستطیلی بودن میوه وضعیت‌های پیشرفته‌ای هستند که مستقل از هم تکامل یافته‌اند. میوه مستطیلی تنها در *A. polycladus* از شاخه E دیده می‌شود.

صفت ۱۹: جدار طولی میوه (بدون جدار (تک‌حجره‌ای) / دارای جدار (دوحجره‌ای))

در شکل ۸ روند تکامل این صفت نشان داده شده است. شرایط ابتدایی این صفت حالت دوحجره‌ای (داشتن جدار طولی میوه) است که در اغلب اعضای شاخه *Astragalus s. str.* دیده می‌شود. در مقابل، تک‌حجره بودن حالت صفتی پیشرفته است که در شاخه‌های مختلف، تکامل مستقل نشان می‌دهد. این حالت صفت در بخش عمده‌ای از اعضای شاخه G دیده می‌شود. مسیر تغییر این صفت، همواره از دوحجره به تک‌حجره است. در شاخه A به جز *A. alopecias* از بخش *Alopecuroidei* و *A. curvipes* از بخش *Caprini*، آرایه‌های دیگری از جمله *A. membranaceus*، *A. umbellatus* و *A. americanus* (از بخش *Cenanthrum* که در مطالعه حاضر آنالیز نشده‌اند) نیز هستند که میوه‌های تک‌حجره‌ای دارند (Wojciechowski et al. 1999). همچنین میوه‌های دوحجره‌ای ناقص نیز که در این مطالعه آنالیز نشده‌اند، به نظر می‌رسد که از میوه‌های دوحجره‌ای کامل، تکامل یافته باشند.

صفت ۲۱: کانال‌های مولد کتیرا (Gum ducts)
وضعیت ابتدایی این صفت، در شاخه *Astragalus s. str.* نداشتن کانال‌های مولد کتیراست. وضعیت پیشرفته این صفت نیز در داشتن این کانال‌ها می‌باشد که در اعضای بخش *Chronopus* در شاخه A (به

بوم‌شناختی بوده و از ارزش رده‌بندی پایینی در سرده *Astragalus* برخوردار می‌باشد. ارزش پایین این صفت در رده‌بندی، در مطالعات Williams (1981) و Ebrahimzadeh *et al.* (1999, 2000)، نیز با توجه به پراکنده بودن این صفت در بخش‌های مختلف سرده، نشان داده شده است.

اغلب صفات بررسی شده در مطالعه حاضر، به دلیل جورگرایی بالا از ارزش رده‌بندی پایینی در سرده *Astragalus* برخوردارند. تعدادی از این صفات، برخی شاخه‌های تبارزایی حاصل از داده‌های nrDNA ITS را حمایت می‌کنند، اما در کل گروه، صفت پیشرفته مشترک (سین‌اپومورف) نیستند.

منابع:

- زرین کمر. ف. ۱۳۷۵: بررسی آناتومی-اکولوژی ۱۴ گونه از گون‌های مولد کتیرا در ایران، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع معصومی. ع. ا. ۱۳۶۵: گون‌های ایران، جلد اول، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع معصومی. ع. ا. ۱۳۶۸: گون‌های ایران، جلد دوم، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع معصومی. ع. ا. ۱۳۷۴: گون‌های ایران، جلد سوم، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع معصومی. ع. ا. ۱۳۷۹: گون‌های ایران، جلد چهارم، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع معصومی. ع. ا. ۱۳۷۲: فلور ایران شماره ۴۳: تیره پروانه‌آسا (Papilionaceae): جنس گون (*Astragalus* I)، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع معصومی. ع. ا. ۱۳۸۴: گون‌های ایران، جلد پنجم، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع مظفریان. و. ا. ۱۳۷۹: فلور استان یزد، مؤسسه انتشارات یزد نیکنام. و. ۱۳۷۸: بررسی برخی از متابولیت‌های ثانوی (ترکیبات ازت‌دار آلیفاتیک، پلی‌ساکاریدهای موسیلاژی، ساپونین‌ها، استرول‌ها و ترکیبات فنلی) در گیاه کامل و کشت بافت گون‌های ایران
- Barneby R. 1964: Atlas of North American *Astragalus*. Mem. New York Botanical Garden **13**: 1-1188.
- Bunge A. 1868: Generis Astragali species Gerontogae. Pars prior. Claves diagnosticae. Mem. Acad. Imp. Sci. – St. Petersburg **11** (16): 1-140.
- Bunge A. 1869 : Generis Astragali species Gerontogae. Pars altera. Specierum enumeration. Diagnosticae. Mem. Acad. Imp. Sci. St. Petersburg **15** (1): 1-245.
- Chamberlin D. F., Matthews V. A. 1970: *Astragalus*. In: Davis P. H. (ed.) Flora of Turkey and the East Aegean Island, vol. 3. Edinburgh University Press, Edinburgh, pp. 49-254.
- Ebrahimzadeh H., Maassoumi A.A., Niknam V. 1999: Analysis of simple haired *Astragalus* species from Iran for toxic nitro compounds., Iran. J. Bot. **8**(1):63-80
- Ebrahimzadeh H., Niknam V. & Maassoumi A.A., 1999 – Nitro Compounds in *Astragalus* Species from Iran., Biochemical Systematics and Ecology **27**:743-751
- Ebrahimzadeh H., Maassoumi A.A., Niknam V., 2000 – Analysis of bifurcat haired *Astragalus* species from Iran for toxic nitro compounds., Iran. J. Bot. **8**(2):213-222
- Ekici M. and Ekim T., 2004 – Revision of the Section *Hololeuce* Bunge of the genus *Astragalus* L. (Leguminosae) in Turkey., Turk J. Bot. **28**:307-347
- Ghahreman A., Maassoumi A. A. & Pakravan M., 1996 – Notes on the genus *Astragalus* L. (Sect. *Xiphidium* Bge.) in Iran., Iran. J. Bot. **7**(1):45-50
- Ghahremani-Nejad F. 2004: The sections of *Astragalus* L. with bifurcating hairs in Iran., Turk Bot. **28**:101-117
- Gontcharov N. F., Borissova A. G., Gorschikova S. G., Popov M. G. & Vassilzenko I. T., 1946 - *Astragalus*. In: Komarov V. L., Shishkin B. K. (eds.) Flora URSS, vol. 12. Editio Academiae Scientiarum USSR, Moskow, Leningrad, pp: 1-918.
- 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. Plant Syst. Evol. **242**: 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**:367-381.
- Lavin M., Doyle J. J., Palmer J. D. 1990: Evolutionary significance of the loss of the chloroplast-DNA inverted repeat in the Leguminosae subfamily Papilionoideae. Evolution **44**: 390-402.
- Liston A. 1995: Use of the polymerase chain reaction to survey for the loss of the inverted repeat in the legume chloroplast genome. In: Crisp M. d. Doyle J. J. (eds.) Advances in legume systematic, part 7, Phylogeny. Royal Botanical Gardens, Kew, pp. 31-40.
- Lock J. M., Simpson K. 1991: Legumes of West Asia, a CHECK LIST. Royal Botanical Gardens, Kew.
- Maassoumi A. A., Ranjbar M. M. 1996: Notes on the genus *Astragalus* sect. *Alopecuroidei* DC. in Iran., Iran. J. Bot. **7**: 39-43

- Maassoumi A. A., Ranjbar M. 1998: Revision of the genus *Astragalus* L. sect. *Leucocersis* Bunge (Leguminosae) from Iran., Iran. J. Bot. **7**: 239-248
- Maassoumi A. A. 1990: Illustrated guide to the genus *Astragalus* in Iran. Vol.1., Research Institute of Forests and Rangeland, Thran
- Maassoumi A. A. 1993: Illustrated guide to the genus *Astragalus* in Iran. Vol.2., Research Institute of Forests and Rangeland, Tehran
- Maassoumi A. A. 1994: Additions to the genus *Astragalus* (Papilionaceae) in Iran., Iran. J. Bot. **6**(2): 197–214
- Maassoumi A. A., 1998: *Astragalus* in the Old World, check-list. Research Institute of Forests and Rangeland, Tehran.
- Maassoumi A. A. 2000: Important Notes on *Astragalus* subgenus *Tragacantha* Bunge in Iran., Iran. J. Bot. **8**(2): 309–326.
- Maddison D.R., Maddison W.P. 2005: MacClade4: Analysis of Phylogeny and Character evolution ., version 4.03., Sinauer Associates., Sunderland., Massachusetts
- Pakravan M., Nasseh Y., Maassoumi A. A. 1994: A new Species of *Astragalus* L. sect. *Caraganella* (Papilionaceae) from Iran., Iranian J. Bot. **6**(2):257-259
- Pirani A., Zarre Sh., Tillich H.-J., Podlech D., Niknam V. 2006: Spine anatomy and its systematic application in *Astragalus* sect. *Rhacophorus* s. L. (Fabaceae) in Iran. Flora **201** (3): 240-247.
- Podlech D., 1982 - Neue Aspekte zur Evolution und Gliederung der Gattung *Astragalus* L. Mitt. Bot Staatssamml. Munchen **18**: 359–378.
- Podlech D., 1991 – The systematics of the annual species of the genus *Astragalus* L. (Leguminosae)., Flora et Vegetatio Mundi **9**:1-18.
- Podlech D. 1994: Revision der altweltlichen anuellen Arten der Gattung *Astragalus* L. (Leguminosae). Sendtnera **2**: 39–170.
- Podlech D. 1998: Phylogeny and progression of characters in Old World Astragali (Leguminosae)., in: Zhang A., Wu S. (eds.) Floristic characteristic and Diversity of east Asian Plants., China higher Education Press., Beijing., pp. 405-407.
- Polhill R. M. 1981a: Galegeae. In: Polhill R. M., Raven P. H. (eds.) Advances in legume systematic, part 1. Royal Botanical Gardens, Kew, pp. 371-374.
- Ranjbar M., Maassoumi A. A. 1998: New Species and new records of the genus *Astragalus* (Leguminosae) from Iran., Iran. J. Bot. **7**(2):235-238
- Sanderson M. J., Donoghue M.J. 1989: Patterns of variation in levels of Homoplasy., Evolution **43**(8):1781-1795.
- Sanderson M. J., 1991 - Phylogenetic relationships within North American *Astragalus* L. (Fabaceae). Systematic Botany **16**:414–430.
- Sanderson M. J., Hufford L., 1996: Homoplasy, the recurrence of similarity in evolution., Academic Press, Inc., USA
- Swofford D. L. 2002: PAUP*: Phylogenetic Analysis Using Parsimony (*and other methods). Version. 4.0b10 Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Taeb F., Zarre S., Podlech D., Tillich H.-J., Kazempour Osaloo S., Maassoumi A. A. 2007: A Contribution to the phylogeny of annual species of *Astragalus* (Fabaceae) in the Old World using hair micromorphology and other morphological characters, Feddes Reportorium **118**, 5-6, 206-227.
- Townsend C.C., Guest E., 1974: *Astragalus* In Flora of Iraq., Baghdad Ministry of Agriculture and Agrarian Reform Republic of Iraq., **3**:231-442
- Williams M. C., 1981: Nitro Compounds in Foreign Species of *Astragalus*., Weed Science **29**(3):261-269.
- Wojciechowski M.F., Sanderson M.J., Baldwin, B.G., Donoghue, M.J. 1993: Monophyly of aneuploid *Astragalus* (Fabaceae): evidence from nuclear ribosomal DNA internal transcribed spacer sequences., American Journal of Botany **80**(6): 711–722.
- 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. Syst. Bot. **24**: 409–437.
- Wojciechowski M. F., Sanderson M. J., Steele K. P., Liston A. 2000: Molecular phylogeny of the “temperate herbaceous tribes” of papilionoid legumes: a supertree approach. In P. S. Herendeen and A. Bruneau [eds.], Advances in legume systematics, part 9, 277–298. Royal Botanical Garden, Kew, UK.
- Wojciechowski M. F., Lavin M., Sanderson M. J. 2004: A Phylogeny of Lgumes (Leguminosae) based on analysis of the plastid *matK* gene resolves many well-supported subclades within the family. American Journal of Botany **9**:1846-1862.
- Zarre-Mobarakeh S., 2000: Systematic revision of *Astragalus* sect. *Adiaspastus*, sect. *Macrophyllum* and sect. *Pterophorus* (Fabaceae). Englera **18**: 1–219
- Zarre S., Podlech D. 2001 a: A short contribution to genus *Astragalus* L. (Fabaceae) in Turkey. Pakistan J. Bot. **33**: 153-155.
- Zarre S., Podlech D. 2001 b: Taxonomic revision of *Astragalus* sect. *Acanthophaea* (Fabaceae). Sendtnera **7**:233-255.
- Zarre S., Podlech D. 2001 c: *Astragalus* sect. *Semnanenses* (Fabaceae): a new monotypic section from Iran. Nordic J. Bot. **21**: 485-491.
- Zarre S. 2003: Hair Micromorphology and its phylogenetic application in thorny species of *Astragalus* (Fabaceae)., Botanical J. of the Linnean Society **143**:323-330.