Applied Biology, Volume 10, Issue 39, 2020

Research Article

Morphometric and phylogenetic relationship of *Arum* L. in Iran[1]

Leila joudi | Assistant Professor,Department of Agriculture, shabestar branch, Islamic Azad University, Shabestar, Iran.
Joudi.leila@yahoo.com

Abstract

Objectives: In this research *Arum* species investigated based on molecular and morphological traits in order to new classification from Iran.

Material and Methods: Plant materials were collected from nature or were prepared from herbarium. Statistical analysis was performed on morphological characters of *Arum* L. species. 29 qualitative and quantitative morphological characters were evaluated. trnL-F as plastid marker is widely used to infer phylogenetic relationships. Phylogenetic analyses were conducted by the Bayesian inference and maximum Parsimony methods.

Results: Cluster analyses by ward method were classified the studied species based on morphological traits in three clusters. ClusterI included A. giganteum. ClusterII had *A. conophaloides* and *A. viresence*. ClusterIII divided in two groups: *A. maculatum*, *A. kotschyi* and *A. korolkowii*. Dendrogram of relationships was constructed by UPGMA, demonstrated four main clusters. *A. maculatum* and *A. giganteum* placed in separated clades. ClusterIII include two subclades: SubcladeI: *A. conophaloides* and subcladeII: *A. virescence*, *A. korolkowii* and *A. kotschyi*. Cladistics analysis of phylogenetic relationships indicated that all species constituted monophyletic group within Arae clade. *A. maculatum* was separated in different place. *A. kotschyi* and *A. korolkowii* with *A. rupicola* from gene bank were introduced as sister groups. *Arum virescens*, *A. conophaloides* and *A. giganteum* were separated from *A. ruoicola*. In general, the morphological and molecular results are consistent.

Keywords: Cluster Analysis, Molecular marker, Phylogenetic relationship, Maximum parsimony, Bayesian.

1. **Received:** 2020/07/13 ; **Accepted:** 2020/10/07

**Copyright © the authors

بیولوژی کاربردی، دوره ۱۰، شماره ۳۹، پاییز ۱۳۹۹

مقاله پژوهشی

بررسی ریخت‌شناختی و مولکولی روابط گونه‌های گل شیپوری در ایران[1]

لیلا جودی | استادیار، دانشکده کشاورزی و علوم دامی، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران. joudi.leila@yahoo.com

چکیده

هدف: در این تحقیق حدود گونه‌های Arum در ایران با استفاده از مارکرهای مولکولی و ریخت‌شناختی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: نمونه‌های گیاهی از مناطق مختلف ایران جمع‌آوری گردید و یا از نمونه‌های هرباریومی استفاده شد. در روش مورفومتری بررسی‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ انجام شد. ۲۹ صفت کیفی و کمّی با روش Ward و UPGMA تحلیل شد. روش مولکولی با مارکر کلروپلاستی trnL-F انجام گرفت.

یافته‌ها: تحلیل کلاستر بر پایهٔ اطلاعات ریخت‌شناسی با روش Ward سه کلاد از Arum را نشان می‌دهد. کلاستر I شامل A. giganteum است. کلاستر II شامل A. conophaloides و A. viresence و کلاستر III شامل دوگروه می‌باشد. کلاستر III A. maculatum، A. kotschyi وA. korolkowii را در خود جای داده است. براساس نتایج حاصل از دندروگرام UPGMA، A. maculatum و A. giganteum در گروه‌های مجزا قرار می‌گیرند. گروه سوم به دو زیرگروه: زیرگروه اول A. conophaloides و زیرگروه دوم A. kotschyi، A. korolkowii و A. virescence تقسیم می‌شود. نتایج آنالیزهای مولکولی براساس تحلیل ماکزیمم پارسیمونی و بایسین روابط فیلوژنتیکی گونه‌ها نشان داد که تمام گونه‌ها در کلاد Arae یک گروه مونوفیلتیک را تشکیل می‌دهند. A. maculatum در یک کلاد مجزا، A. kotschyi و A. korolkowii به همراه A. rupicola (ژن بانک) کلاد مونوفیلتیک تشکیل دادند. A. giganteum گونه انحصاری ایران براساس مطالعات مولکولی و ریخت‌شناسی در یک کلاد کاملاً مجزا قرار می‌گیرد. به‌طور کلی نتایج ریخت‌شناسی و مولکولی، با هم هم‌سویی دارد و حدود گونه‌های تحت مطالعه مشخص شده است.

کلیدواژه‌ها: بایسین، روابط فیلوژنی، کلاستر، مارکر مولکولی، ماکزیمم پارسیمونی، گل شیپوری.

---

۱. **تاریخ دریافت:** ۱۳۹۹/۰۴/۲۳ ؛ **تاریخ پذیرش:** ۱۳۹۹/۰۷/۱۶

۱. مقدمه

تیره شیپوریان دارای گیاهانی علفی با اشکال متفاوت است. چمچه در این گیاهان نرم، گوشتی و چوبی نشده، غالباً ساده، سبز و یا رنگین و کم و بیش رشد یافته است. گل‌ها نرماده، دارای پوشش یا فاقد آن، یا تک جنس و بی‌پوشش و یا نازا هستند. میوه به صورت سته و گیاه دارای دستگاه ترشح کننده اسانس و یا لوله‌های شیرابه‌دار (لاتکس) است (۱). تیره Araceae با ۳۷۹۰ گونه در ۱۱۷ سرده (۲) گسترش جغرافیایی بسیار وسیعی دارد و در طیف گسترده‌ای از محیط‌های کوهستانی تا مناطق خشکی و بیشتر در مناطق معتدله یافت می‌شود (۳). بیشتر گیاهان این تیره از نظر گرده‌افشانی بسیار مورد توجه بوده‌اند (۴). تیره گل شیپوری در ایران دارای چهار سرده شامل .Arum L، Biarum Schott، Eminium Schott و.Acorus L است که سرده Acorus اخیراً به عنوان سرده‌ای جداگانه در تیره Acoraceae طبقه‌بندی می‌شود (۵).

سرده .Arum L یکی از گونه‌های مهم *تیره* Araceae است و براساس مطالعات انجام شده توسط (۶) ۲۸ گونه از آن در نواحی مختلف جهان پراکنده بوده و براساس فلور ایران شش گونه از این سرده در ایران معرفی شده است. گیاهانی دارای غده تقریباً کروی و یا دراز که به صورت افقی در خاک رشد می‌کند. برگها دارای دمبرگ و پهنک مشخص. چمچه متشکل از لوله در پایین و پهنک در بالا. میله چمچه از پایین به بالا به ترتیب شامل حلقه گل‌های ماده، منطقه عقیم حد فاصل بین حلقه گل‌های ماده و نر، حلقه گل‌های نر و زائده بی‌گل. گل‌های عقیم و رشته‌ای در فاصله بین حلقه گل‌های ماده و نر و همچنین در بالای حلقه گل‌های نر موجود است. گل‌ها تک سرده‌ی و گیاه یک پایه، بدون گلپوش، پرچم‌ها به تعداد ۳ تا ۴، میوه سته، گونه‌های متعلق به سرده Arum در فصل بهار گل‌دهی دارند و از نظر پراکنش جغرافیایی در شمال، شمال غرب، مرکز و شمال شرق و غرب گسترده شده‌اند (۷).

تاکنون مطالعات مولکولی جامعی روی گونه‌های ایرانی این سرده انجام نشده و برخی از مسائل آرایه‌شناختی و نیز فیلوژنی آن حل نشده باقی مانده است. عمده‌ترین کار آرایه‌شناختی انجام شده روی گونه‌های Arum مربوط به مطالعات منتشر شده در فلورا ایرانیکا است (۸). تقسیمات انجام شده در فلورا ایرانیکا با اندکی تغییر در فلور فارسی ایران، شماره ۲ پذیرفته شده است (۷). مطالعات عمدتاً بر مبنای بررسی‌های ریخت‌شناختی و تعداد محدودی نمونه‌های هرباریومی بوده است (۷،۸). مطالعاتی بر روی سرده‌های تیره Araceae انجام شده و خصوصیات ریخت‌شناختی

و روابط فیلوژنی گونه‌های مختلف را مورد مطالعه قرار دادند و ۴۴ کلاد بزرگ را معرفی کردند که ۱۶ کلاد آن جدید بودند، ژن‌های کار شده بیشتر مربوط به ژن‌های کلروپلاستی بودند (۹). همچنین در مطالعات دیگری بر روی ۸۶ گونه از طایفه Areae مطالعات مولکولی انجام شد که شامل ۲۹ گونه Arum و Biarum و سایر گونه‌ها بودند و مطالعات بر روی ژن‌های هسته‌ای مانند Phy C و ژن‌های کلروپلاستی مانند trnK انجام شد و اکثر کلادها تک‌نیا بودند (۱۰). همچنین در مطالعه دیگری محققان با استفاده از ماتریکس ۱۰۲ سرده از آروئیدها و با استفاده از DNA کلروپلاستی توانستند بسیاری از سوالات مربوط به تیره Araceae را پاسخ دهند (۱۱). برای درک بهتری از روابط بین گونه‌ها و یک طبقه‌بندی اصولی‌تر بهتر است که مطالعات ریخت‌شناختی و مولکولی انجام گیرد و نهایتاً نتایج بدست آمده با هم مقایسه شود. برای مثال کیتینگ توانست اطلاعات ریخت‌شناختی خود را با مطالعات مولکولی فرنچ ادغام کند و یک طبقه‌بندی کلاسیک جدید ابداع نماید(۱۲). همچنین بوگنر یک طبقه‌بندی جدید از رده‌بندی قدیمی مایو ارائه داد (۱۳). از آنجا که در طی سالیان متمادی تغییرات زیادی در روش‌های مطالعه صورت گرفته و جمع‌آوری بیشتری از مناطق مختلف ایران انجام شده، هدف تحقیق حاضر این است که با کمک روش‌های پیشرفته از جمله تحلیل‌های ریخت‌شناختی و مولکولی گونه‌های ایرانی این سرده را مورد مطالعه قرار داده و با اطلاعات ریخت‌شناختی گذشته، مطالعات مولکولی و مقایسه با مونوگراف Arum وضعیت آرایه‌شناسی و نیز فیلوژنی آن را روشن سازد.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. نمونه‌برداری و انتخاب گونه‌ها

نمونه‌های مورد بررسی، از رویشگاهای طبیعی جمع‌آوری و با استفاده از سیلیکاژل خشک شدند. تعدادی از نمونه‌ها نیز از هرباریوم مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور (TARI) تهیه شد. در جدول ۱ نام گونه‌ها، محل جمع‌آوری، کد هرباریومی و نام جمع‌آوری کننده (برای اولین بار) ذکر شده است. گونه‌هایA. giganteum و A. maculatum و B. starusii از طبیعت جمع‌آوری گردید و بقیه گونه‌ها از هرباریوم موسسه جنگل‌ها و مراتع کشور تهیه گردید. گونه B. starussi براساس مطالعات مشابه انجام گرفته توسط اسپیندولا و همکارانش به عنوان برون گروه معرفی گردید. جهت شناسایی نمونه‌های جمع‌آوری شده از گونه‌های هرباریومی شناسایی

شده و فلورها استفاده شد. همچنین با استفاده از کلید، شرح‌ها و تصاویر موجود در منابع مختلف از جمله فلورا ایرانیکا (۸) و منوگراف Arum (۱۴) و نیز سایر فلورهای موجود از کشورهای همسایه از جمله فلور شوروی و فلور ترکیه گونه‌های گیاهی مورد شناسایی قرار گرفتند.

جدول۱- مشخصات گونه‌ها به همراه کد هرباریومی گونه‌های Arum

	Species	Origin, voucher
1	Arum maculatum	Iran, Prov. N. Mazandaran, ca 40 km on the road from Amol to Polur, 300m. Assadi & Shahsavari 69216 (TARI). 1991
2	A.maculatum	Iran, Prov. N. Gilan, Ardabil to Astara, east side Gardaneh Heyran, 200-300m. Wendelbo & Maasoumi19123 (TARI). 2015
3	A.kotschyi	Iran, Prov. N. Gorgan, Golestan forest, between Tangerah and Tangegol, 400m. Assadi & Shahsavari69151 (TARI). 1991
4	A.virescens	Iran, Prov. N.Gilan, Manjil, Amarloo area, near Baresar, 1100m. Assadi & Shah Mohammadi 60066 (TARI). 1987
5	A.virescens	Iran, Prov. Hamadan, Kabodar- Ahang, Ghonairejeh, Y*arum*jeh bagh, kuh-e-Boughati, 2200-2800m. Mozaffarian 64555 (TARI). 1988
6	A.conophalloides	Iran, pro.Hamadan, ca 20 km Nahavand,kuh-e- garo, 2600m. Assadi & Joudi 22222 IAUH.
7	A.giganteum	Iran, Prov. Isfahan, Pishkoh, 120km from Isfahan to Makkedin, 2500m. Assadi & Joudi 68100 IAUH. 1990
8	A.korolkowi	Iran, Prov. Khorasan, between Ghoochan and Darreh-Gaz, Tandooreh National park, shekarab, 2300m. Assadi & Maasoumi 50656 (TARI). 1984
9	Biarum platyspatum	Iran, Prov. Lordgan, Javanmardi, Bag-e- Behzad, 1900-2000m. Assadi & Joudi 33333 IAUH.1991
10	B.straussi	Iran, Prov. Lorestan, Khalitabad, ca 40km S.E. or Aligodarz, 2300-2450m. Wendelbo & Assadi 16447 (TARI). 1978

جدول۲- گونه‌های غیر ایرانی استفاده شده در تحلیل‌های مولکولی براساس توالی ژن بانک

species	Gene bank accession number
Arum italicum voucher Barabe	AY555183
A. maculatum	GU067633
rupicola	GU067562.1

۲-۲. روش‌های ریخت‌شناختی

صفات کمّی مورد بررسی بیشتر مربوط به ساقه، برگ و گل آذین بوده و صفات کیفی مربوط به ریزوم، شکل پهنک برگ، طرز قرار گرفتن برگ‌ها و گل‌ها نسبت به هم و رنگ بخش‌های مختلف در گل آذین بوده‌اند. صفات کمّی براساس حداقل اندازه (Min) و حداکثر اندازه (Max) برای کاراکترهای تحت مطالعه براساس سانتی‌متر و میلی‌متر بسته به نوع صفات انتخاب شدند. در مورد صفات توصیفی و کیفی اقدام به کدگذاری صفات شد. صفات کیفی مربوط به شکل غده: ۱. کروی و ۲. افقی، طرز قرار گرفتن گل نسبت به برگ: ۱. چمچه پایین‌تر از سطح برگ و ۲. چمچه بالاتر از سطح برگ، شکل پهنک برگ: ۱. تخم مرغی- مثلثی، ۲. مثلثی- تخم مرغی تا مستطیلی- تخم مرغی و ۳. تیرکمانی- نیزه‌ای تا مستطیلی- تیرکمانی، نوک پهنک برگ: ۱. نوک‌کند یا نوک‌تیز و ۲. نوک‌تیز، رنگ میله چمچه: ۱. ارغوانی، ۲. زرد ۳. زرد مایل به قهوه‌ای، رنگ بخش درونی چمچه: ۱. سبز- سفید، ۲. سبز و ۳. سبز مخلوط با ارغوانی، رنگ بخش بیرونی چمچه: ۱. سبز- سفید و ۲. سفید بودند.

در نهایت داده‌ها به صورت ماتریکسی که هر ردیف آن مربوط به یک نمونه و هر ستون آن مربوط به یک صفت بود، مرتب گردید. برای تجزیه و تحلیل‌های آماری و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SPSS نسخه ۱۸ و Excel استفاده شد. به منظور تشریح گروه‌بندی گونه‌های تحت مطالعه و تجزیه خوشه‌ای گونه‌ها از روش Ward و UPGMA بر روی صفات تحت مطالعه استفاده شد.

جدول ۳- صفات کمّی مورد مطالعه در گونه‌های Arum

	Arum maculatum	A. kotschyi	A. korolkowi	A. virescens	A. conophalloides	A. giganteum
Staminode Zone (mm)	6-10	7-15	12-15	13-20	13-40	20-30
Staminate Zone (mm)	3-6.5	4-10	5-6	8.5-18	11.5-25	35-60
Pistillode Zone (mm)	6-9	6-13	11-17	12-21	15-30	40-65
Spathe Tube Limb (cm)	4.5-7.5	1.5-3	1.5-2	3.5-6	3-7	8-15
Spathe Tube Length (cm)	11-19	7.5-17	14-20	13-27	15-39	43-70
Spathe Wide (cm)	4-18	13-51	16-64	35-55	20-40	35-40
Spathe Length (cm)	2-10	3-13	5-13	5-8	6-11	10-15
Peduncle Length (cm)	7-22	8-17	8-16	9-17	9-18	10-30
Leaf Blade Wide (cm)	10-74	9 -37	12-35	21-55	20-35	15-35
Leaf Blade Length (cm)	3-4	3-7	5-7	5-8	5-15	6-16
Petiole length (cm)	2-3	3-5	6-8	5-10	6-10	10-15

جدول ٤- صفات کیفی مورد مطالعه در گونه‌های Arum

Spicies	Tuber Shape	Leaf &Flower	Leaf Blade Shape	Leaf Blade Apex	Spathe Tube Color	Inner Section of Spathe	Outer Section of Spathe
Arum maculatum	2	1	1	1	3	1	1
A. kotschyi	1	2	2	1	1	2	2
A. korolkowi	1	2	3	1	1	2	2
A. virescens	1	2	1	1	2	2	2
A. conophaloides	1	2	1	2	1	3	2
A. giganteum	1	2	1	1	1	3	2

جدول ٥- صفات مورد مطالعه و حالات مختلف صفات در گونه‌های Arum

صفت character	۱	۲	۳
Tuber Shape شکل غده	کروی	افقی	
Leaf &Flower طرز قرار گرفتن گل نسبت به برگ	چمچه پایین تر از سطح برگ	چمچه بالاتر از سطح برگ	
Leaf Blade Shape شکل پهنک برگ	تخم مرغی- مثلثی	مثلثی- تخم مرغی تا مستطیلی- تخم مرغی	تیرکمانی- نیزه‌ای تا مستطیلی- تیرکمانی
Leaf Blade Apex نوک پهنک برگ	نوک کند یا نوک تیز	نوک تیز	
Spathe Tube Color رنگ میله چمچه	ارغوانی	زرد	زرد مایل به قهوه‌ای
Inner Section of Spathe رنگ بخش درونی چمچه	سبز- سفید	سبز	سبز مخلوط با ارغوانی
Outer Section of Spathe رنگ بخش بیرونی چمچه	سبز- سفید	سفید	

۲-۳. روش‌های مولکولی

ابتدا استخراج DNA از گونه‌های Arum از ایران انجام گرفت. در این مطالعه از توالی trnL-F گونه‌های Arum از ژن بانک نیز استفاده شد. لیست گونه‌های غیر ایرانی در جدول ۲ ارائه شده است. جهت استخراج DNA از نمونه‌های هرباریومی (۷ نمونه) یا نمونه‌های جمع‌آوری شده (۳ نمونه) از محیط از کیت آماده استخراج (Nuclex spin mini prep Machery Nagel, Duren, Germany) استفاده شد. پس از مرحله استخراج، تکثیر قطعات DNA مورد نظر برای ژن‌های کلروپلاستی trnL-F انجام شد. توالی پرایمر کلروپلاستی به صورت:

trnL -FM 5′- TAC GAC GAT CTY TCT AAA CAA GC-3′
و trnF -RM 5′- GGA AAG ATT GCT CAA ATA CCA G -3 بوده است.

۲-٤. تحلیل فیلوژنی

پس از تعیین توالی DNA و ویرایش کروماتوگرام‌ها با استفاده از نرم‌افزار Sequencher، توالی‌ها بایستی هم‌ردیف شوند، این مرحله‌ای حساس است که در آن مشخص خواهد شد که کدام بازها کنار هم قرار می‌گیرند. مرحله‌ای که محقق یک ارزیابی مقدماتی از تشابه جایگاه‌های نوکلئوتیدی انجام می‌دهد.

چندین برنامه رایانه‌ای که می‌تواند دسته‌بندی صفات را انجام دهد، وجود دارد، ولی در عمل اغلب متخصصان سیستماتیک، شدیداً به دسته‌بندی صفات به کمک چشمان خود تکیه دارند (۱۶). برای هم ردیف‌سازی[1] توالی‌های مورد نظر، از نرم‌افزار Mac Clade و یا Mesquite نسخه ۲/۷۴ استفاده شد (۱۷).

با توجه به اینکه جنس Biarum از نظر خصوصیات مورفولوژیکی بسیار نزدیک به گونه Arum می‌باشد، لذا Biarum به عنوان برون گروه جهت مقایسه با گونه Arum انتخاب گردید.

در نهایت فایل خروجی این نرم‌افزار، ماتریکسی از داده‌های هم‌ردیف‌سازی شده با فرمت NEXUS است که توسط سایر نرم‌افزارهای فیلوژنتیکی قابل آنالیز کردن است. باید توجه داشت که بدلیل اهمیت هم‌ردیف‌سازی در مطالعات فیلوژنتیکی، محققان علاوه بر بکارگیری نرم‌افزارهای مختلف برای هم‌ردیف‌سازی، مرحله نهایی را با کنترل چشمی تکمیل می‌کنند و در نهایت ماتریس داده‌های هم‌ردیف‌سازی شده با استفاده از روش ماکزیمم پارسیمونی، به وسیله نرم‌افزار PAUP ۴/۰ (۱۸) و نیز روش Bayesian، به وسیله نرم‌افزار فیلوژنی MrBayes Version 3.12 آنالیز گردید (۱۹).

۳. نتایج

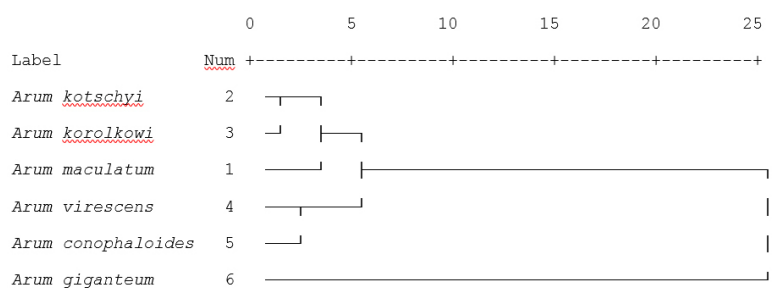
۳-۱. نتایج آرایه‌شناختی حاصل از تجزیه خوشه‌ای Ward و UPGM در طبقه‌بندی گونه‌های Arum

صفات کیفی و کمّی مربوط به بخش‌های مختلف گونه‌های Arum با استفاده از روش Ward

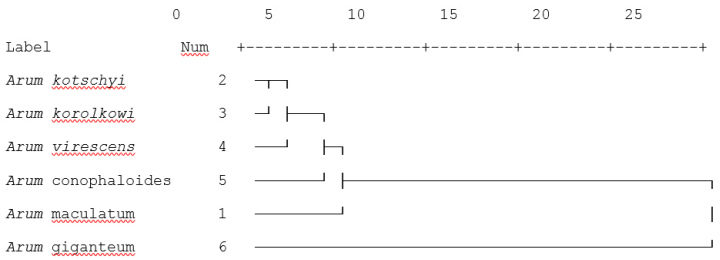
1. Alignment

و UPGMA مورد مطالعه قرار گرفت. دندروگرام خوشه‌ای به دست آمده به روش Ward براساس ۲۹ صفت کمّی و کیفی برای تمام گونه‌های سرده Arum در نمودار ۱ نشان داده شده است. با توجه به نمودار، تحلیل کلاستر ارائه شده بر پایه اطلاعات ریخت‌شناسی از هر ژنوتیپ سه گروه اصلی از گونه‌های Arum را نشان می‌دهد. کلاستر I فقط یک ژنوتیپ را به خود اختصاص داده است که گونه A. giganteum را شامل می‌شود که گونه بومی ایران بوده و دارای اختصاصات ریخت‌شناختی مربوط به خود است. کلاستر II دارای دو ژنوتیپ و کلاستر III نیز دارای ۲ گروه اصلی است. کلاستر II شامل دو گونه A. conophaloides و A. viresence می‌باشد. کلاستر سه به دو زیرگروه کوچک‌تر تقسیم می‌شود که در زیرگروه اول A. maculatum قرار دارد و در زیرگروه دوم دو گونه A. kotschyi و A. korolkowii قرار دارد که از نظر ریخت‌شناسی، گونه‌های نزدیک هستند و در بعضی از رفرنس‌ها به عنوان یک گونه معرفی می‌گردند که برای تأیید این موضوع مطالعات مولکولی انجام می‌گیرد. دندروگرام روابط ژنتیکی بین گونه‌های سرده Arum براساس روش UPGMA نشان داد که چهار گروه اصلی در طبقه‌بندی گونه‌های این سرده دیده می‌شود. مطابق نتایج حاصل از این دندروگرام، گونه‌های A. maculatum و A.giganteum در گروه‌های کاملاً مجزا قرار می‌گیرند. گروه سوم به دو زیرگروه تقسیم می‌شود که زیرگروه اول A. conophaloides و زیرگروه دوم گونه‌های A. kotschyi، A. korolkowii و A. virescence را به خود اختصاص می‌دهد.

شکل ۱- تحلیل خوشه‌ای صفات ریخت‌شناسی کمّی و کیفی به روش Ward



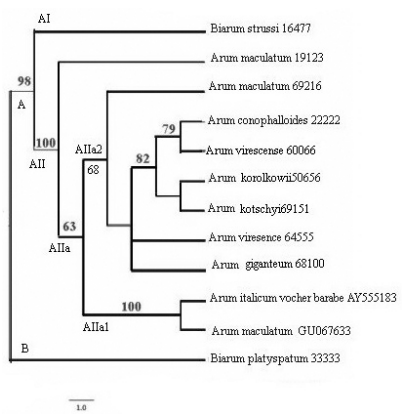
شکل ۲- تحلیل خوشه‌ای صفات ریخت‌شناسی کمّی و کیفی به *روش* UPGMA



۳-۲. نتایج تحلیل ماکزیمم پارسیمونی مربوط trnL –F

تحلیل به روش ماکزیمم پارسیمونی بر مبنای داده‌های حاصل از تعیین ترادف مربوط به ترادف‌های ۸ گونه موجود در بانک ژن و ترادف‌های ۸ گونه مربوط به سرده‌های Biarum و Arum مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در مجموع از ترکیب نتایج حاصل از کوتاه‌ترین درخت‌ها، درخت جامع قاطع با مشخصات زیر حاصل شد (شکل ۳).

Region	Total (bp)	Constant (C) sites	Variable (V) sites	Parsimony-informative (PI) ites	CI	RI	length
trnL-F	۶۶۱	۱۲۸	۲۰	۴۶۳	۰/۸۷۲	۰/۹۶۰	۶۴۸



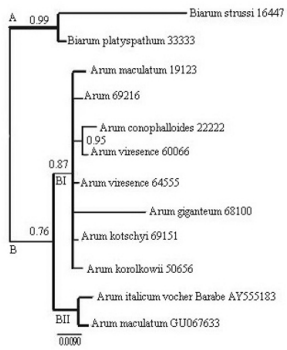
شکل ۳- درخت اجماع قاطع براساس داده‌های توالی trnL-F به روش ماکزیمم پارسیمونی (در صد حمایت بوت استرپ بر روی کلادها نشان داده شده است).

۳-۳. نتایج تحلیل بایسین مربوط به توالی trnL-F

تحلیل به روش بایسین بر مبنای داده‌های حاصل از تعیین ترادف قطعه trnL-F مربوط به ۸ گونهٔ موجود در بانک ژن و ترادف‌های ۸ گونه از سرده مورد بررسی (شکل ۴) انجام شد. مدل‌های

بررسی تکامل با استفاده از برنامه Mr Model Test نسخه ۳/۷ انجام شد و پارامترهای بیشینه احتمال به‌صورت زیر به‌دست آمد:

Model	A	C	G	T	A–C	A–G	A–T	C–T	C–G	G–T	invariable sites	Gama distribution
TIM + G	۰/۳۹۰۷	۰/۱۵۲۳	۰/۱۰۱۵	۰/۳۵۵۵	۱/۰۰۰۰	۱/۳۸۸۲	۱/۸۲۴۵	۱/۷۳۷	۰/۴۳۷۲	۱/۰۰۰۰	۰	۰/۶۵۶۷



شکل٤- درخت اجماع قاطع براساس داده‌های توالی trnL-F به روش بایسین (احتمال پسین روی کلادها نشان داده شده است).

۳-٤. بررسی صفات ریخت‌شناسی کمّی و کیفی گونه‌های سرده Arum

۶ گونه از Arum در ایران وجود دارد که از نظر شرایط بوم‌شناختی و فرم زیستی، بیش‌تر این گونه‌ها با مناطق شمالی و غربی ایران سازگاری دارد. در تحقیق انجام شده، گونه‌های Arum از مناطق مختلف ایران براساس صفات ریخت‌شناسی با استفاده از روش‌های Ward و UPGMA تحلیل شدند. طبقه‌بندی گونه‌های Arum که توسط Boyce در سال‌های ۱۹۹۶ و ۲۰۰۳ انجام گرفته است، تا حدودی با تحلیل‌های انجام گرفته با گونه‌های ایران هم‌سویی دارد. براساس تحقیقات انجام شده توسط Boyce در سال ۱۹۹۳ در مونوگراف Arum دو گونه A. rupicola و A. conophalloides به عنوان گونه‌های مترادف معرفی شده‌اند. در ترکیه این دو گونه براساس خصوصیات ریخت‌شناسی خاص اسپات و اسپادیکس به عنوان دو گونه جداگانه معرفی شده‌اند. در طبقه‌بندی دیگری که از Boyce، A. rupicola در زیربخش Tenufila با گونه‌های A. jaccumonti و A.korolkowii در یک کلاد قرار گرفته است و براساس تحلیل انجام گرفته به روش Ward و UPGMA براساس صفات ریخت‌شناسیA. korolkowii به‌طور کامل از گونه‌های A. conophalloides و A.giganteum جدا می‌شود.

براساس طبقه‌بندی انجام شده توسط انگلربر روی ۸ گونه Arum ،گونه‌های A. italicum و A. maculatum به علت داشتن ریزوم افقی به طور مشخص از سایر گونه‌ها جدا شده‌اند. در تحلیل انجام شده نیز A. maculatum در کلاد کاملاً جداگانه‌ای قرار می‌گیرد. در مطالعه دیگری (۲۰) رنگ دیوارۀ گل آذین (Floral chamber wall) به عنوان ابزاری برای طبقه‌بندی معرفی شده است. رنگ دیواره گل‌آذین می‌تواند در دو رنگ دیده شود: بنفش تیره در قسمت بالایی و سبز روشن در قسمت پایینی که اینچنین رنگ‌بندی در گونه‌های A. orientale، A.rupicola، A. purpureospathum و A. elongtum دیده می‌شود و در گونه‌های A. maculatum، A. italicum، A. concinatum و A. cylindraceum قابل مشاهده نیست. این ویژگی نیز باعث جدایی و استقلال کلاد A. maculatum شده و همچنین گونه‌های A. korolkowii، A. kotschyi و A. rupicola را در یک کلاد مشترک قرار می‌دهد. از طرف دیگر تفاوت‌های اکولوژیکی بین دو نوع گل آذین flag و cryptic می‌تواند گونه A. maculatum و A. korolkowii را از هم جدا کند، به‌طوری‌که A. maculatum در مناطق پر درخت و جنگلی رشد می‌کند، ولی رویشگاه گونه‌هایی مانند A. korolkowii و A. rupicola در مناطق باز و یا سنگی است (۱۴).

۳-۵. بررسی صفات مولکولی

۳-۵-۱. تحلیل مارکر کلروپلاستی (trnL-F) به روش Maximum Parsimony

در تحلیل ماکزیمم پارسیمونی گونه‌های Arum و Biarum مورد بررسی قرار گرفتند. گونه Biarum platyspathum 33333 در کلاد B به عنوان برون گروه در نظر گرفته شد. کلاد A به ۲ ساب کلاد (BP=98) تقسیم می‌شود که شامل subclade AI با یک گونه B. straussi 16447 و ساب کلاد AII با گونه‌های مربوط به سرده Arum است. در ساب کلاد AII با بوت استرپ ۱۰۰ گونۀ A. maculatum 19123 به طور کاملاً جداگانه قرار می‌گیرد. در مورد بقیه گونه یک گروه به نام AIIa بوجود می‌آید که که بوت استرپ آن ۶۳ است. AIIa دو کلاستر به نام‌های AIIa1 شامل گونه‌های ژن بانک و AIIa2 شامل گونه‌های مورد بررسی در این پروژه را تشکیل می‌دهد. در AIIa2 گونه‌های A. conophalloides 22222 وA. virescence 60066 با هم یک گروه خواهری تشکیل می‌دهند و گونه‌های A. korolkowii و A.kotschyi تشکیل گروه خواهری داده و در نهایت این چهار گونه با بوت استرپ ۸۲ یک گروه تک‌نیا را تشکیل خواهند داد. گونۀ

A. giganteum در کلاستر AIIa2 به صورت مستقل مستقر می‌شود.

در بخش نتایج مولکولی، تحلیل فیلوژنی گونه‌های سرده Arum از ایران با استفاده از مارکر کلروپلاستی trnL-F برای اولین بار انجام گرفت. در این تحلیل گونه‌های سرده Arum تک‌نیا بوده و با گونه‌های سرده Biarum گروه خواهری را تشکیل می‌دهند. مطابق مطالعات انجام شده توسط مانیسون در سال ۲۰۰۸ به روش تحلیل فیلوژنی بایسین، سرده‌های Dracunculus، Biarum، Helicodiceros، Eminium و Arum در کلاد Arae قرار می‌گیرد (۲۱). Arum و Biarum کلاد خواهری تشکیل می‌دهند. تمام گونه‌های تحلیل شده نیز یک کلاد مونوفیلتیک را تشکیل می‌دهند و A. maculatum و A. rupicola در گروه‌های کاملاً مجزا قرار می‌گیرند. نتایج تحقیق انجام گرفته با مطالعات اسپیندولا و همکارانش هم‌سویی دارد که نشان دادند گونه‌های A. jacquemontii و A. korolkowii با گونهٔ A. rupicola در یک گروه قرار می‌گیرد. کوسیمانو و همکاران در سال ۲۰۱۰ روی سرده‌های مختلف تیره Araceae مطالعه کردند. A. korolkowii و A. rupicola گروه‌های متفاوتی را تشکیل می‌دهند. لینز و همکارانش در سال ۲۰۱۰ فیلوژنی مولکولی گونه‌های سرده Arum را با استفاده از مارکر AFLPS و مارکرهای مولکولی شامل ITS و مارکرهای کلروپلاستی مورد مطالعه قرار دادند(۲۲). در تحلیل انجام گرفته نیز گونه‌های A. jacquemontii ، A. rupicola و A. korolkowii یک کلاد مونوفیلتیک را تشکیل دادند و A. maculatum در کلاد کاملاً جداگانه‌ای قرار گرفت. این نتایج با تحلیل‌های فیلوژنی انجام گرفته روی گونه‌های ایرانی هم‌سویی دارد. جودی و همکاران در سال ۲۰۱۶ گونه‌های سرده Arum را با استفاده از ماکر ITS مورد مطالعه قرار دادند و گونه A. giganteum به طور کامل از بقیه گونه‌ها جدا شد. گونه‌های A. kotschyi و A. korolkowii در کلاد کاملاً جداگانه‌ای قرار گرفتند (۲۳).

۳-۵-۲. تحلیل مارکر کلروپلاستی (trnL-F) به روش Bayesian

نتایج حاصل از تحلیل مارکر کلروپلاستی (trnL-F) به روش بایسین درخت فیلوژنی (نمودار۴) با خصوصیات زیر را ترسیم کرده است: در درخت مذکور سرده‌*های* Arum و Biarum از ایران در یک کلاد قرار می‌گیرد و گونه‌های Biarum به عنوان برون گروه و گونه‌های Arum به عنوان درون گروه معرفی شدند (گونه‌های مربوط به ژن بانک در خارج از درون گروه به صورت پلی تومی مستقر شده‌اند). در داخل درون گروه ۲ کلاد اصلی به نام کلاد A و کلاد B وجود

دارد (PP=0/7). کلاد A شامل گونه‌های B. Platyspathum 33333 و B. strussi 16447 با حمایت ۰/۹۹ می‌باشد که ۲ گونهٔ Biarum از ایران با هم گروه خواهری تشکیل می‌دهند. در کلاد B کلیه گونه‌های مربوط به Arum شامل گونه‌های تحلیل شده و گونه‌های ژن بانک است و دارای ۲ ساب کلاد به نام‌های BI و BII بوده و در این ساب کلاد PP=0/76 است. کلاد BI با حمایت ۰/۸۷ گونه‌های ایرانی را در خود جای داده است. ساب کلاد BIa (PP=0/87) گونه‌های A. conophalloides 22222 و A. virescense 60066 را تشکیل داده است که با هم در یک گروه خواهری قرار می‌گیرند. دو گونهٔ A. maculatum 19123 وA. maculatum 69216 در کلاد BI به‌صورت مستقل قرار گرفته است. گونهٔ A. giganteum 68100 در روی درخت فیلوژنی در فاصله دورتری از سایر گونه‌ها قرار دارد که تکامل جداگانه در این گونه را نشان می‌دهد. در کلاد BII دو گونه از ژن بانک شامل A. maculatum وA. italicum با ساپورت ۰/۸۳ قرار گرفته‌اند.

۳-۵-۳. بحث و نتیجه‌گیری بین گونه‌های گزارش شده از فلور ایران و فلورا ایرانیکا و مونوگراف Arum

گونه‌هایی از Arum که در فلور ایران معرفی شده، شامل ۷ گونه است. گونه‌های A. oriental و A. italicum به دلیل عدم جمع‌آوری گونه‌ها مورد تحلیل قرار نگرفت. ۵ گونهٔ دیگر که در فلور ایران گزارش شده شامل A. maculatum، A. virescense، A. korolkowii، A. conophaloides و A. giganteum است. گونهٔ A. korolkowii به عنوان مترادف گونهٔ A. kotschyi معرفی شده است که در مطالعات حاصل به عنوان گونهٔ مجزا مورد تحلیل قرار گرفته است.

در فلورا ایرانیکا ۱۰ گونه از Arum گزارش شده است که ۵ گونه ایرانی شامل A. conophaloides (syn:A. maculatum)، A. albispathum (syn: A. italicum)، A. orientale، A. korolkowii و A. elongatum هستند.

۳-۶. بحث در مورد گونه‌های تحلیل شده

A. maculatum: طبق طبقه‌بندی انجام شده توسط Boyce در مونوگراف Arum دو نوع غده وجود دارد: غده افقی و غده کروی. A. maculatum تنها گونه‌ای است که دارای غده افقی بوده و مشخصه متمایزکنندهٔ دیگری که این گونه را از دیگر گونه‌ها جدا می‌کند، سطح قرارگیری گل‌آذین

نسبت به برگ‌ها است. گونه‌هایی که چمچه (گل آذین) در سطح پایین‌تری نسبت به برگ‌ها قرار می‌گیرد و غدهٔ افقی دارد شامل A. italicum و A.maculatum است. A. maculatum از طریق زایدهٔ میله چمچه که ارغوانی است قابل تشخیص می‌باشد. در مورد نمونه تحلیل شده این خصوصیات در فلور ایران تأیید می‌شود. در فلورا ایرانیکا A. maculatum گزارش نشده است، ولی در فلور ایران، A. maculatum با گونه A. conophalloides گزارش شده از فلورا ایرانیکا، مترادف معرفی شده است. در مطالعات مولکولی واریته، ازA. maculatum تحلیل شده است که یک کلاد کاملاً مجزا را به خود اختصاص داده‌اند. A. maculatum در تحلیل‌های فیلوژنی انجام گرفته جایگاه متفاوتی را نسبت به گونهٔ A. maculatum از ژن بانک به خود اختصاص داده است که با صفات ریخت‌شناسی گونهٔ مذکور کاملاً هم‌سویی دارد. همچنین با توجه به مونوگراف Arum (۲۴)، A. maculatum دارای تنوع بسیار زیادی است و دارای واریته‌های بسیار گوناگونی می‌باشد. براساس نظریه بویس می‌توان با کشت دانه و رشد دانه نهال به تفاوت‌های بین واریته‌های این گونه پی برد. دامنه وسیعی از شکل و رنگ برگ در این گونه دیده می‌شود و همچنین در این گونه تنوع فراوانی در مرحله گلدهی گیاه از نظر شکل، سایز رنگ گل آذین قابل مشاهده است. با توجه به توضیحات ارائه شده شاید بتوان قرارگیری این گونه در جایگاه‌های مختلف در درخت فیلوژنی را توجیه کرد. گونه Arum maculatum از ایران در منابع دیگری قبلا گزارش نشده است.

۳-۶-۱. سایر گونه‌های سرده Arum

بحث‌های زیادی در مورد شباهت بین A. rupicola و سایر گونه‌های گزارش شده از ایران به جز A. maculatum وجود دارد و در مونوگراف Arum اکثر گونه‌های ایرانی مترادف با گونهٔ A. rupicola معرفی شده‌اند. توضیحات زیر، تفاوت‌ها و صفاتی که باعث جدایی این گونه از سایر گونه‌ها می‌شود را مورد بحث قرار می‌دهد: اولین نکته قابل توجه این است که A. rupicola در ایران پراکنش ندارد.

در بررسی صفات ریخت‌شناسی بین این گونه و گونه‌های ایرانی و مقایسه با نتایج مولکولی می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد.

گونه‌های A.kotschyi و A. korolkowii براساس خصوصیات ریخت‌شناسی شباهت بسیار زیادی به هم دارند و در تحلیل ریخت‌شناسی در روش Ward، UPGMA گونه‌های خواهری محسوب می‌شوند. مطالعهٔ انجام گرفته توسط مارکر کلروپلاستی نیز دو گونهٔ A.kotschyi و

A. korolkowii را در دو کلاد قرار داده که جدا بودن این گونه‌ها به عنوان گونه‌های مستقل را تأیید می‌کند.

A.korolkowii و A. rupicola: این دو گونه شباهت‌ها و تفاوت‌هایی با هم دارند:

A.korolkowii: براساس مونوگراف Arum و براساس شواهد ریخت‌شناسی، گونه‌ای است که شباهت زیادی به A. rupicola دارد.

شباهت‌های اصلی این دو گونه شامل:

۱. دارا بودن گل آذین شمشیری

۲. دارا بودن نوک اسپادیکس برابر با زائده اسپات ۳-گل‌های نازای ظریف و لوله اسپات داخلی سفید،

تفاوت‌ها: A.rupicola با داشتن صفات زیر از A. korolkowii جدا می‌شود.

۱. داشتن برگ‌های سبز یک‌رنگ و نه راه‌راه،

۲. نداشتن زائده اسپات سبز روشن،

۳. داشتن پایه مادگی و نرینگی زبرتر،

۴. سازگاری بیشتر.

نتایج مولکولی، دو گونهٔ A. korolkowii و A. rupicola را از هم جدا می‌کنند. نهایتاً با توجه به مطالعات مولکولی و ریخت‌شناسی می‌توان دو گونه را به طور کامل از هم جدا کرد.

A.kotschyi و A. rupicola: شواهد ریخت‌شناسی شباهت‌هایی را بین دو گونه نشان می‌دهد.

در مونوگراف Arum، A. kotschyi به عنوان واریته‌ای از A. rupicola گزارش شده است که این مسئله بسیار مشکوک بوده و در صورت اثبات جدایی این دو گونه، A. kotschyi به عنوان گونهٔ جداگانه‌ای از ایران گزارش می‌شود. طبق مونوگراف، اطلاعات کمتری از این گونه وجود دارد، ولی به نظر می‌رسد گونه تیپ از A. rupicola جدا شده باشد. ویژگی‌های قابل توجهی که از گونه تیپ گزارش شده، این است که زائده اسپادیکس به‌طور کاملاً مشخص نازک‌تر است. به علاوه در A. rupicola لوله اسپات کمی عریض‌تر بوده و فاقد نوک کوچک شده مشخص است.

مطالعات مولکولی انجام شده دو گونه را از هم جدا می‌کند.

A. conophaloides و A. rupicola: براساس نظریات بویس در مونوگراف، شباهت‌های زیادی بین A. rupicola و A. conophaloides وجود دارد که حتماً باید در طبقه‌بندی، مورد بحث و بررسی قرار گیرد. A.rupicola گونه‌ای است که پراکنش بسیار گسترده‌ای در آسیای صغیر دارد. در مرز ترکیه و ایران این گونه پراکنش داشته است، ولی گونه‌هایی که نوک اسپادیکس استوانه‌ای مخروطی روی ساقه تنومند کوتاه و ضخیم دارند، A. conophaloides نامیده می‌شوند. به سمت ترکیه و مرز سوریه نوک اسپادیکس بیشتر نازک‌تر شده و ساقه، خیلی کم مشخص است و این گونه‌ها A. rupicola نامیده می‌شود. گونه‌هایی با صفات حد واسط از نظر ضخامت نوک اسپادیکس، A. detruncatum نامیده می‌شوند. این گونه در فلورا ایرانیکا نیز معرفی شده است. در تحلیل‌های مورفومتری و همچنین تحلیل‌های مولکولی هسته‌ای و کلروپلاستی این گونه به‌صورت جداگانه قرار گرفته و یا با A. virescence گروه خواهری تشکیل می‌دهد و به طور کامل از A.rupicola جدا شده است.

A.virescense: این گونه از فلور ایران گزارش شده است، ولی در فلورا ایرانیکا وجود ندارد. در مونوگراف Arum به عنوان واریته‌ای از A. rupicola معرفی شده است. در تحلیل ریخت‌شناسی به روش Ward و در تحلیل مولکولی بایسین گروه خواهری A. conophaloides معرفی می‌شود. مطالعات مولکولی، A. virescence را در یک کلاد جداگانه قرار می‌دهد.

A. giganteum: گونه‌ای است که دارای خصوصیات ریخت‌شناسی منحصربه‌فرد خود بوده و شاخص‌های ریخت‌شناسی این گونه، صفات کاملاً متمایزکننده‌ای از سایر گونه‌ها دارد. ازجمله صفات جداکننده می‌توان به اندازهٔ خود گیاه و اندازه بخش‌های مختلف گیاه و حتی بخش‌های مختلف گل‌آذین اشاره کرد. این گونه، گونهٔ انحصاری از ایران است که توسط دکتر قهرمان از غرب ایران گزارش شده است. در مونوگراف Arum نیز این گونه براساس توضیحات دکتر قهرمان از ایران معرفی شده که ارتفاع آن به ۱۲۰ سانتی‌متر می‌رسد. در تحلیل‌های ریخت‌شناسی این گونه در یک کلاد کاملاً جداگانه قرار می‌گیرد.

A.elongatum در فلور ایران مترادف A. kotschyi معرفی شده، ولی در فلورا ایرانیکا، این گونه مترادف گونهٔ A. orientale است.

٤. نتیجه‌گیری

براساس مطالعات انجام گرفته می‌توان نتیجه گرفت که گونه‌های A. maculatun،

A.virescence، A. kotschy، A.korolkowii، A. conophalloides و A. giganteum به عنوان آرایه‌های اصلی از سرده Araceae در ایران معرفی می‌شوند.

۵. سپاسگزاری

پژوهشگر پژوهش حاضر از حمایت‌های دانشگاه آزاد اسلامی واحد شبستر در به ثمر رسیدن این تحقیق، تشکر و قدردانی می‌نماید.

References

1. Ghahreman A. Plant systematics, Coromophytes of Iran.Vol.3. Iran university press. 1994. [In Persian]
2. Boyce PC & Croat TB. The Uberlist of Araceae, Totals for Published and Estimated Number of Species in Aroid Genera. 2011. Available at: http://www.aroid.org/genera uberlist.
3. Espindola A, Buerki S, Bedalov M, Kupfer P & Alvarez N. New insights into the phylogenetic and biogeography of arum (araceae): unravelling its evolutionary history. *Bot. J. Linn. Soc*. 2010; 163:14–32.
4. Chouteau M, Gibernau M & Barabe D. Relationships between floral characters, pollination mechanisms, life forms, and habitats in Araceae. *Bot. J. Linn. Soc.* 2008; 156: 29–42.
5. Gholipour A, Sonboli A. Rediscovery of Acorus calamus (Acoraceae) in Iran. *Taxonomy and Biosystematics Journal (TBJ).* 2014; 15: 113-116. [In Persian].
6. Boyce PC. Arum - a decade of change. *Aroideana*. 2006; 29: 132–9.
7. Assadi M. Flora of Iran. Research Institute of Forest and Rangelands, National Botanical Garden of Iran; 1988, N: 2.20 pages.[In Persian]
8. Riedl H. Flora Iranica. 1963; N:2.
9. Cusimano N & et al. Relationships within the araceae: comparison of morphological patterns with molecular phylogenies. *Amer. J. Bot.* 2011; 98: 654-668.
10. Cusimano N, Barrett MD, Hetterscheid WLA & Renner SA. Phylogeny of the Areae (Araceae) implies that Typhonium, Sauromatum, and the Australian species of Typhonium are distinct clades. *Taxon*. 2010; 59: 439-447.
11. Cabrera LI & et al. Phylogenetic relationships of aroids and duckweeds (Araceae) inferred from coding and noncoding plastid DNA. *Amer. J. Bot*. 2008; 95: 1153–1165.
12. Keating RC. Collenchyma in Araceae: Trends and relation to classification. *Bot. J. Linn. Soc.* 2000; 134: 203-214.
13. Bogner J, Johnson KR, Kvacek Z & Upchurch GR. New fossil leaves of Araceae from the Late Cretaceous and Paleogene of western North America. *Zitteliana*. 2007; 47: 133-147.
14. Boyce PC. The genus Arum (A Kew magazine monograph). London: Royal Botanic Gardens; 1993: 235.
15. Keshavarzi M, Babaei Kh, Seifali M & Jaleh Safaeipour J. Evaluation of Morphological Diversity and Determination of Eremopyrum Genetic Identification Key in Iran. *Quarterly Journal of Research and Manufacturing*. 2006; 1(1).
16. Hennig, W.1966. Phylogenetic Systematics. (University of IIIinois Press: rbana,IIIinois).
17. Maddison WP & Maddison DR. *Mesquite (version 2.74): A modular system for evolutionary analysis.* 2010. Available at: http://mesquiteproject.org
18. Swofford DL. Phylogenetic analysis using parsimony (PAUP). Ver.4. Sinauer Associated Sunderlandm Massachusetts; 2002. **DOI:** 10.1111/j.0014-3820.2002.tb00191.x.
19. Ronquist F & Huelsenbeck JP. Bioinformatics. 2003; 19:1572-1574.

20. Gibernau M, Favre Ch, Talou T & Raynaud Ch. Floral odor of Arum italicum. *Aroideana*. 2004; 27:142-147.
21. Mansion G, Rosenbaum G, Schoenenberger N, Bacchetta G, Rosselló JA & Conti E. Phylogenetic analysis informed by geological history supports multiple, sequential invasions of the Mediterranean Basin by the angiosperm family Araceae. *Syst. Biol*. 2008; 57: 269-285.
22. Linz J, Stökl J, Urru I, Krügel T, Stensmyr M. Molecular phylogeny of the genus Arum (Araceae) inferred from multi-locus sequence data and AFLPs. *Taxon*. 2010; 59: 405-415.
23. Joudi L, Mehregan I, Assadi M & Farajzadeh D. Molecular phylogeny of the family Araceae as inferred from the nuclear ribosomal ITS data. *IJGP*. 2017; 5: 32-39.
24. Boyce PC. Plant portrait. *Arum pictum. Bot. Mag. (Kew Mag.)*. 1988; 5: 72–76.
25. Akaike H. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*. 1974; 19: 718-723.
26. Mayo SJ, Bogner J & Boyce PC. The genera of Araceae. U.K: The Trustees, Royal Botanic Gardens57; 1997.

استناد به این مقاله:

جودی، لیلا (۱۳۹۹). بررسی ریخت‌شناختی و مولکولی روابط گونه‌های گل شیپوری در ایران. *بیولوژی کاربردی*، ۱۰(۳۹)، ص ۱۷-۳۶.