

بررسی بیوسیستماتیکی سرده حشره‌خوار اوتریکولاریا^۱ در ایران

شهریار سعیدی مهرورز: دانشگاه گیلان، گروه زیست‌شناسی

رضا حسن ساجدی: دانشگاه تربیت مدرس، گروه بیوشیمی

زینب شمسیان: دانشگاه گیلان، گروه زیست‌شناسی

چکیده

در تحقیق حاضر ویژگی‌های ریخت‌شناسی، تشریحی، گرده‌شناسی و مولکولی سرده اوتریکولاریا از تیره اوتریکولاریاسه^۲ بررسی شد. این سرده در ایران دو گونه به‌نام‌های: اوتریکولاریا استرالیس^۳ و اوتریکولاریا مینور^۴ دارد. در بررسی ریخت‌شناسی دو گونه از نظر طول استولون، وجود و عدم وجود ریزوئید و شکل کیسه چه تله‌ای^۵ با یکدیگر تفاوت دارند. در بررسی تشریحی، شکل سلول‌های اپیدرمی ساقه، ضخامت و شکل سلول‌های آنراشیمی و پارانشیم پوستی از صفات متمایز کننده دو گونه است. در بررسی گرده‌شناسی، دانه‌های گرده این دو گونه چند شیاره و بدون منفذ است و همچنین تزیینات سطح آگزین از نوع شکافدار است. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل توالی کلروپلاستی trnL-F نشان می‌دهد که اوتریکولاریا استرالیس با اوتریکولاریا ماکروریزا^۶ و اوتریکولاریا مینور با اوتریکولاریا اینترمیدیا^۷ خویشاوند هستند.

مقدمه

سرده اوتریکولاریا از تیره اوتریکولاریاسه^۲ ۲۲۰ گونه دارد [۱] و ۳۵٪ از کل گیاهان حشره‌خوار را تشکیل می‌دهد. از این سرده در منطقه فلور ایرانیکا چهار گونه به نام‌های اوتریکولاریا نگلکتا^۸، اوتریکولاریا مینور، اوتریکولاریا ولگاریس^۹ و اوتریکولاریا اکرولولوکا^{۱۰} گزارش شده است که صرفاً به پراکنندگی گونه اوتریکولاریا ولگاریس از شمال و غرب ایران (لرستان) اشاره گردید [۲]. بر اساس آخرین گزارش‌ها اوتریکولاریا نگلکتا با گونه اوتریکولاریا استرالیس^{۱۱} مترادف شده است [۲]، [۳]. اخیراً گونه اوتریکولاریا مینور به‌عنوان گزارش جدید از جاده هراز در استان مازندران و جاده لاسم در فیروزکوه معرفی شد [۵]. دو گونه اوتریکولاریا استرالیس و مینور به بخش اوتریکولاریا تعلق دارد. این سرده گیاهانی علفی، چندساله و حشره‌خوار. خاکزی، آبی‌زی و یا داریزی؛ فاقد ریشه‌های حقیقی، دارای ریزوئید منتهی به انشعاب‌های کوتاه دو بخشی بسیار منقسم و با

واژه‌های کلیدی: *Utricularia*، تشریحی، گرده‌شناسی، trnL-F.

دریافت ۹۰/۳/۳ پذیرش ۹۰/۱۰/۷

saeidimz@guilan.ac.ir

*نویسنده مسئول

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| ۱. <i>Utricularia</i> L. | ۲. <i>Lentibulariaceae</i> | ۳. <i>U. australis</i> R. Br. | ۴. <i>U. minor</i> L. |
| ۵. <i>Bladder</i> | ۶. <i>U. macrorhiza</i> | ۷. <i>U. intermedia</i> | ۸. <i>U. neglecta</i> Lehm |
| ۹. <i>U. vulgaris</i> L. | ۱۰. <i>U. ochroleuca</i> R. Hartman. | ۱۱. R. Br <i>U. australis</i> | |

داشتن برگ‌های ساده در انتها و یا حاشیه دارای موهای سیخکی یا فاقد آن گل‌آذین خوشه، گل‌ها کامل و نامنظم. کاسه ۲ لوبه که روی هم قرار گرفته و تقریباً برابر، جام دارای ۵ گلبرگ بهم پیوسته، ۲ لبه، لب پایینی بزرگتر از لب بالایی؛ اغلب زرد. مهمیز کیسه‌ای یا مخروطی، بندرت خمیده، پرچم‌ها ۲ عدد، میوه کیسول شکوفا به‌صورت عرضی یا ناشکوفا و بذرها فراوان، بسیار کوچک و قهوه‌ای مشخص می‌شود.

متکالف^۱ و شالک^۲ [۶]، چند گونه از این سرده را از دیدگاه تشریحی بررسی کردند و به‌وجود مزوفیل با سلول‌های یک‌شکل و قطر یکسان در اوتریکولاریا ولگاریسو کریستال‌های کوچک و دوکی شکل در اوتریکولاریا مونتانا^۳ اشاره کردند.

لوبرو-کالن^۴ و همکارانش [۷]، پژوهش‌های گرده‌شناسی ۳۹ گونه این سرده به‌ویژه اوتریکولاریا استرالیس را بررسی کرد و نتیجه‌گیری کرد که دانه‌های گرده از سه شیاره- منفذ^۵ تا چند شیاره- منفذ^۶ متغیر است.

بررسی‌های مولکولی از این سرده بر اساس توالی‌های (rps16 intron و trnL-F DNA [۸]، *trnK* (nitron) [۹]، نشان‌گرهای RAPD [۱۰]، انگشت‌نگاری مولکولی^۷ [۱۱] گزارش شده است. در این مقاله کلید شناسایی دو گونه از سرده اوتریکولاریا موجود در ایران بر اساس صفات ریخت-شناسی تهیه گردید و همچنین ویژگی‌های تشریحی، گرده‌شناسی آن‌ها و تعیین موقعیت فیلوژنی اوتریکولاریا مینوربا استفاده از توالی کلروپلاستی *trnL-F* بررسی و مقایسه شد.

مواد و روش‌ها

در فصل تابستان سال ۱۳۸۸، اوتریکولاریا استرالیس (شکل ۱) از تالاب امیرکلیه و مرداب کیشهر در استان گیلان و اوتریکولاریا مینور از نواحی فیروزکوه جمع‌آوری شد. برای بررسی تشریحی، اندام‌های آن‌ها در محلول تثبیت کننده FAA قرار داده شد سپس نمونه‌های با محلول‌های الکلی آبگیری شده و پس از پارافینه کردن و قالب‌گیری، برش‌گیری به‌صورت عرضی و طولی به ضخامت ۱۰-۵ میکرومتر با دستگاه میکروتوم^۸ صورت گرفت. برش‌ها با محلول‌های آبی متیل و کارمن رنگ‌آمیزی و بررسی شد.

برای بررسی تزئینات سطح دانه گرده از روش [۱۲] و [۱۳] استفاده شد. دانه‌های گرده را از بساک جدا می‌کنیم و با اسید استیک گلاسیال آبگیری کرده و داخل سانتریفوژ قرار می‌دهیم، سپس با روش استولیز در ایندیریک استیک و اسید سولفوریک (۹:۱) به مدت ۳ تا ۴ دقیقه در بن ماری ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد حرارت می‌دهیم تا پلی‌ساکاریدها حذف شوند. پس از شستشو با آب مقطر و چند بار سانتریفوژ به‌کمک میکروسکوپ الکترونی^۹ مدل LEO 1430 VP سطح دانه گرده بررسی شد. برای تفسیر نوع و آرایش سطح دانه گرده از [۱۴] و [۱۵] استفاده شد.

۱. Metcalf ۲. Chalk ۳. *U. montana* ۴. Lobreau-Callen ۵. Tricolporate
۶. zonocolporate ۷. DNA fingerprinting ۸. Reichert-Jung Model Biocut 2030
۹. SEM Model LEO 1430

استخراج DNA ژنومی، تکثیر و تعیین توالی قطعه *trnL-F* کلروپلاستی

استخراج DNA تام از برگ تازه نمونه‌های جمع‌آوری شده اوتریکولاریا مینور با استفاده از روش استخراج CTAB انجام شد [۱۶] و با استفاده از تعیین جذب در طول موج ۲۶۰ نانومتر و نسبت جذب ۲۶۰ به ۲۸۰ نانومتر کیفیت و کمیت DNA ژنومی استخراج شده از گیاه ارزیابی شد. آغازگر یونیورسال^۱ (*trnL-F*: 5'-TTTGAAGCTGGTACCGAG-) و (*trnL-F*: 5'-CGAAATCGGTAGACGCTACG-3', $T_m=65/5$ ، 3', $T_m=59$ °C) استفاده شدند [۱۷]. اجزای یک واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز برای حجم نهایی ۲۵ μ l عبارت بود از: DNA آلو^۲ (۵ میکرولیتر)، پرایمرهای پیش‌رونده^۳ و پس‌رونده^۴ با غلظت ۱۰ pmol هر کدام ۱ میکرولیتر PCR^۵ از شرکت سیناژن (ایران، تهران) (۱۲/۵ میکرولیتر) و آب دیونیزه استریل (۵/۵ میکرولیتر). برای تقویت ناحیه ژنی موردنظر از دستگاه ترموسیکلر^۶، ژن Amp^۷ استفاده گردید. مراحل انجام PCR به ترتیب زیر بود: واسرشتگی اولیه^۸ (۵ دقیقه، ۹۳°C)، واسرشتگی (۳۵ ثانیه، ۹۳°C)، جفت شدگی^۹ (۴۵ ثانیه، ۵۲/۵°C)، پیشرفت^{۱۰} (ثانیه، ۹۰°C ۷۲) و گسترش نهایی (۵ دقیقه، ۷۲°C). تخلیص محصول PCR با استفاده از کیت، تخلیص PCR^{۱۱} انجام شد. به منظور تعیین ترادف‌های نوکلئوتیدی، قطعات تکثیر شده و خالص‌شده با استفاده از یک توالی‌گر مولکولی و به روش‌های اتوماتیک MWG آلمان و اتمام زنجیره^{۱۲} [۱۸] و به سفارش شرکت فرآیند دانش تعیین توالی شدند.

روش‌های مربوط به آنالیز توالی

به منظور به دست آوردن توالی‌های نوکلئوتیدی قطعه *trnL-F* مربوط به گونه‌های مختلف اوتریکولاریا، کاوش‌هایی در بانک‌های اطلاعاتی ژنی^{۱۳} [۱۹] و EBI^{۱۴} انجام شده و با استفاده از بلاستین^{۱۵} [۲۰] جستجوهای همولوژی به عمل آمد. توالی‌ها به کمک برنامه ویژه^{۱۶} [۲۱] مقایسه و تطبیق گردیدند.

آنالیز فیلوژنتیکی

آنالیز فیلوژنتیکی با استفاده از قطعه *trnL-F* از ۸ گونه اوتریکولاریا انجام شد. در این پژوهش برای اولین بار این قطعه از اوتریکولاریا مینور تعیین توالی گردید (شکل ۲). توالی قطعه مذکور از سایر گونه‌های استفاده شده در این تحقیق (از جمله اوتریکولاریا استرالیس) از بانک‌های اطلاعاتی استخراج شد. سپس با استفاده از فرمت dnd فایل خروجی ویژه، درخت فیلوژنتیکی به روش نیبور-جویینگ^{۱۷} و به کمک نرم افزار مگا^{۱۸} [۲۲] ترسیم گردید.

۱. Universal Primer	۲. Template DNA	۳. Forward Primer	۴. Reverse Primer
۵. PCR Master Mix	۶. Thermocycler	۷. Gene Amp Model 9700 (Applied Biosystems, USA)	
۸. Initial Denaturation	۹. Annealing	۱۰. Extension	۱۱. PCR purification (BIONEER, UK)
۱۲. Chain termination method	۱۳. www.ncbi.nlm.nih.gov	w.w.w.srs.ebi.ac.uk	
۱۵. BLASTN	۱۶. CLUSTALW	۱۷. Neighbour-Joining	۱۸. Mega

نتایج و بحث

از بررسی ریخت‌شناسی تفاوت‌های محسوس در طول استولون، وجود و عدم وجود ریزوئید، طول پهنک برگ و شکل کیسه چه تله‌ای (شکل ۳) در دو گونه اوتریکولاریا مشاهده شد و کلید شناسایی برای آن‌ها تهیه شد:

- استولون به طول ۱۱۰ سانتی‌متر و هم‌شکل، ریزوئید رشته‌ای. برگ‌ها به طول ۱/۵ تا ۳ سانتی‌متر. گل به

طول ۱۲ تا ۱۵ میلی‌متر. کیسه چه تله‌ای تخم مرغی پهن (*U. australis*)

- استولون به طول ۲۰-۱۰ سانتی‌متر و غیرهم‌شکل، فاقد ریزوئید. برگ‌ها به طول ۱/۵ تا ۵ میلی‌متر. گل

به طول ۸ تا ۸ میلی‌متر. کیسه چه تله‌ای تقریباً مدور (*U. minor*)

از بررسی تشریحی اندام‌های این دو گونه صرفاً تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای در برش‌های ساقه به شرح زیر

به دست آمد:

ساقه: در دو گونه بررسی شده شکل مقطع عرضی ساقه کروی، یا حاشیه صاف است. در خارجی‌ترین لایه،

یک ردیف اپیدرم قرار دارد که در اوتریکولاریا استرالیس این سلول‌ها یا قطر یکسان ولی در اوتریکولاریا

مینور سلول‌های اپیدرمی طول‌تر و یا قطر نابرابر است و در بین سلول‌های اپیدرمی، سلول‌های روزنه از نوع

هم سطح مشاهده می‌شود. سلول‌های آنراشیم در اوتریکولاریا استرالیس بیضوی تا تقریباً مدور (شکل ۳) و در

اوتریکولاریا مینور تخم مرغی تا تخم باریک است. یک ردیف لایه اندودرم در گونه اوتریکولاریا

استرالیس دیده می‌شود (شکل ۴). در قسمت داخلی ساقه آوند چوب و آبکش قرار دارد که در اوتریکولاریا

مینور تقلیل یافته است (شکل ۵).

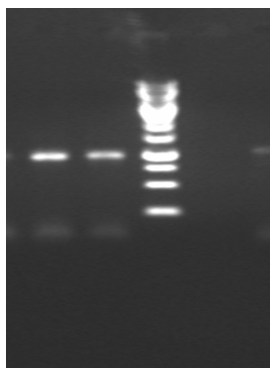
در گونه اوتریکولاریا استرالیس ضخامت مقطع عرضی μ ۸۵۰-۹۸۰، پارانشیم پوستی ۴ تا ۵ لایه،

ضخامت سلول‌های آنراشیمی μ ۱۹۵-۱۱۱/۸؛ در گونه اوتریکولاریا مینور ضخامت مقطع عرضی μ ۵۹۲/۵-

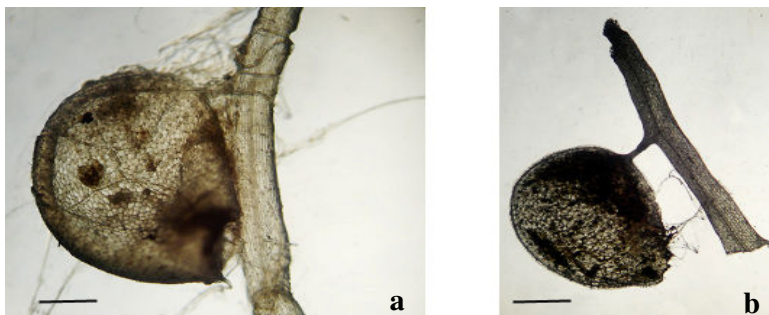
۴۵۲/۵، پارانشیم پوستی ۲ تا ۳ لایه، سلول‌های آنراشیمی μ ۲۴۷-۱۳۷/۸ مشاهده گردید (جدول ۱). در برش

طولی ساقه در گونه اوتریکولاریا استرالیس سلول‌های اپیدرمی مستطیلی باریک و کشیده، اما در گونه

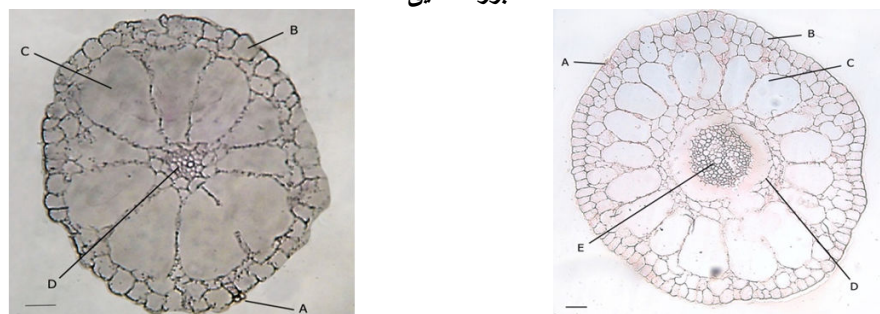
اوتریکولاریا مینور سلول‌های مستطیلی قطور است (شکل ۶).



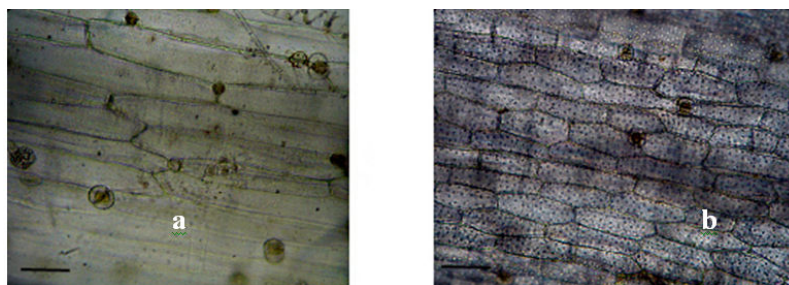
شکل ۱. نمایی از گونه اوتریکولاریا استرالیس
شکل ۲. آنالیز PCR با استفاده از الکتروفورز ژل آگارز گونه اوتریکولاریا مینور مارکر وزن ملکولی DNA استفاده شده SM0311 است



شکل ۳. کیسه چه تله‌ای در (a) اوتریکولاریا استرالیس و (b) اوتریکولاریا مینور به کمک میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۱۰



شکل ۴. برش عرضی از بافت ساقه در اوتریکولاریا استرالیس
 شکل ۵. برش عرضی از بافت ساقه در و اوتریکولاریا مینور با بزرگنمایی ۱۰:
 (A) روزنه، (B) لایه اپیدرم، (C) آنراشیم، (D) دستجات آوندی.
 (A) روزنه، (B) اپیدرم، (C) آنراشیم، (D) دستجات آوندی.



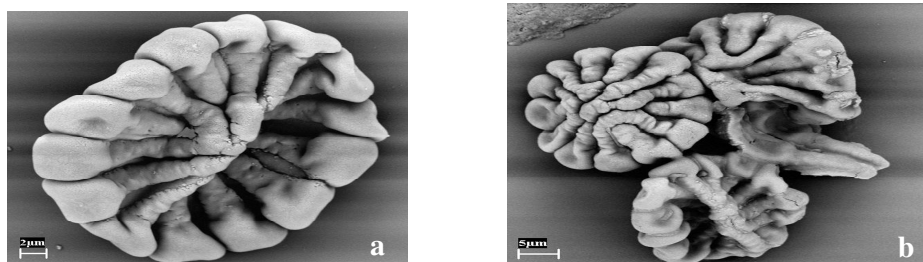
شکل ۶. سلول‌های اپیدرمی ساقه در (a) اوتریکولاریا استرالیس و (b) اوتریکولاریا مینور به کمک میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۴۰

تصاویر میکروسکوپ الکترونی نگاره با بزرگنمایی ۲ و ۵ میکرومتر از دانه‌گرد دو گونه اوتریکولاریا استرالیس و مینور (شکل ۷) نشان می‌دهد که دانه‌های گرده آن‌ها ساده، چند درجه‌ای (بیش از ۱۰ درجه)، بدون منفذ و در انتهای آپوکولپوم^۱، پاراسینکولپیت^۲ هستند. همچنین با بررسی سطح آگزین با بزرگنمایی ۲۰۰ و ۳۰۰ میکرومتر مشخص شد که تزئینات سطح آگزین شان شکافدار است (شکل ۸). با توجه به بررسی گرده‌شناسی، تفاوت آشکاری در دانه‌های گرده این دو گونه دیده نمی‌شود. این نتایج با نتایج حاصل از لوبرئو-کالن^۳ و همکارانش [۷] که بر روی دانه‌گرد گونه اوتریکولاریا استرالیس بررسی شده مطابقت دارد. اما در نوع تزئینات سطح آگزین دانه‌گرد که از نوع شکافدار است (شکل ۸) مغایرت دارد، به طوری که وی تزئینات سطح آگزین در گونه اوتریکولاریا استرالیس را صاف گزارش کرده بود.

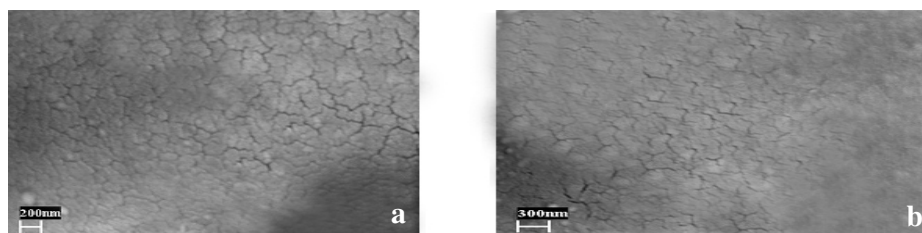
۱. Apocolpium

۲. Parasyncolpat

۳. Lobreau-Callen



شکل ۷. تصاویر میکروسکوپ الکترونی از دانه‌های گرده با بزرگنمایی ۲ و ۵ ماکرومتر (a) اوتریکولاریا استرالیس و (b) اوتریکولاریا مینور.



شکل ۷. تصاویر میکروسکوپ الکترونی از تزئینات سطح آگزین دانه‌های گرده با بزرگنمایی ۲ و ۵ ماکرومتر (a) اوتریکولاریا استرالیس و (b) اوتریکولاریا مینور

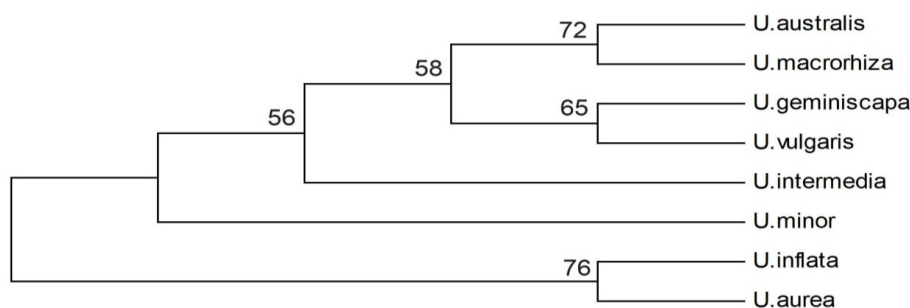
جدول ۱. خلاصه اطلاعات صفات تشریحی برش عرضی ساقه در دو گونه بررسی شده

تاکسون	شکل سلولهای آنراشیم	ضخامت سلول های آنراشیمی (µ)	ضخامت مقطع عرضی ساقه (µ)	تعداد لایه سلولی
<i>U. australis</i>	بیضوی تا تقریباً مدور	۱۱۱/۸-۱۹۵ µ	۸۵۰-۹۸۰ µ	۴-۵
<i>U. minor</i>	تخم مرغی تا تخم مرغی باریک	۱۳۷/۸-۲۴۷ µ	۴۵۲.۵-۵۹۲.۵ µ	۲-۳

درخت نیبور- جوینگ حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های توالی کلروپلاستی *trnL-F* برای گونه‌های بخشه اوتریکولاریا (شکل ۹) از پایین به بالا شامل کلادی با دوگونه اوتریکولاریا اینفلاته^۱ و اوتریکولاریا اورنا^۲ با ارزش حمایتی^۳ ۷۶٪ و دو گونه اوتریکولاریا اینترمدیا و مینور^۴ با ارزش حمایتی ۵۶٪؛ به‌صورت پله‌ای^۴ قرار گرفته‌اند. بعد از آن کلادی از دوگونه اوتریکولاریا ولگاریس و اوتریکولاریا جمینیسکاپا^۵ با ارزش حمایتی ۶۵٪ و بالاتر از آن‌ها کلادی با دو گونه اوتریکولاریا استرالیس و اوتریکولاریا ماکروریزا^۶ با ارزش حمایتی ۷۲٪ که دو کلاد بالایی گروه خواهری را تشکیل می‌دهند دارای ارزش حمایتی برابر ۵۸٪ است.

یافته‌های حاضر با نتایج فیلوژنی‌های مولکولی بر اساس نشان‌گرهای RAPD [۱۰] و ژن *rps16* [۸] سازگار است. همچنین خویشاوندی اوتریکولاریا استرالیس با اوتریکولاریا ولگاریس و ماکروریزا که در تحقیق حاضر حاصل شد رده‌بندی درون جنس این سرده را بر اساس ویژگی‌های ریخت‌شناسی تأیید می‌کند [۳]. ارتباط نزدیک دو گونه اوتریکولاریا ماکروریزا و اوتریکولاریا استرالیس را می‌توان به عدد کروموزومی مشترک آن‌ها [۲۲] و شباهت کیسه چه تله‌ای تخم مرغی‌شان [۳] نسبت داد. در نتیجه روش تعیین توالی قطعه *trnL-F* کلروپلاستی برای تعیین تنوع ژنتیکی و قرابت گونه‌های جنس آتری اوتریکولاریا مفید ارزیابی می‌شود.

۱. *U. inflata* ۲. *U. aurea* ۳. Bootstrap ۴. grade ۵. *U. geminiscapa*



شکل ۹. درخت نیپور- جوینگ برای گونه‌های بخشه اوتریکولاریا بر اساس اطلاعات حاصل از توالی کلروپلاستی trnL-F، اعداد روی شاخه‌ها ارزش حمایتی هستند

منابع

1. W. Barthlott, S. Porembski., R. Seine, I. Theisen, "Karnivoren, Biologie und Kultur Fleischfressender Pflanzen, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (2004).
2. S. J. Casper, "Lentibulariaceae. In K. H. Rechinger (ed.)", Flora Iranica vol.58 (1969)1-3. Graz.
3. P. Taylor, "The genus *Utricularia*: a taxonomic monograph. Kew Bulletin Additional Series XIV", Her Majesty's Stationery Office, London (1989).
4. N. Mette, N. Wilbert, W. Barthlott, "Food Composition of Aquatic Bladderworts (*Utricularia*, Lentibulariaceae) in Various Habitats", Beitr. Biol. Pflanzen 72 (2000)1-13.
5. A. Naqinezhad, B. A. Rice, F. Attar, A. Jalili, "*Utricularia* (Lentibulariaceae) of Iran", Carniv. Pl. Newslett., 37 (2007) 4-10.
6. C. R. Metcalf, L. Chalk, "Anatomy of the Dicotyledons", 1(1957) 991-885., Oxford. Clarendon press.
7. D. Lobreau-Callen, J. Jérémie, M. Suarez-Cervera, "Morphologie et ultrastructure du pollen dans le genre *Utricularia* L. (Lentibulariaceae)", Can. J. Bot. 77 (1999) 744-767.
8. R. W. Jobson, J. Playford, K. M. Cameron, V. A. Albert, "Molecular phylogenetics of Lentibulariaceae inferred from plastid rps16 intron and trnL-F DNA sequences: implications for character evolution and biogeography", Syst. Bot. 28 (2003) 157-171.
9. K. Muller, T. Borsch, "Phylogenetics of *Utricularia* (Lentibulariaceae) and molecular evolution of the trnK intron in a lineage with high substitutional rates", Plant Syst. Evol, 250: (2005) 39-67.
10. M. O. Rahman, "Evaluation of RAPD markers for taxonomic relationships in some aquatic species of *Utricularia* L. (Lentibulariaceae)", Bangladesh J. Plant Taxon 13 (2)(2006) 73-82.

11. M. O. Rahman, M. O. "DNA fingerprinting in Utricularia L. Section Utricularia as revealed by PCR based assay", *Inter. J. Bot.* 3 (1) (2007) 56-63.
12. G. Erdtman, "Pollen morphology and plant taxonomy" *Angiosperms, (An Introduction to Palynology I)*, Hafner Pub. Co. New York (1966).
13. M. Hesse, H. Halbritter, R. Zetter, M. Weber, R. Buchner, A. Frosch-Radivo, S. Ulrich, "Pollen Terminology. An illustrated handbook", Springer, Wien. (2009) 264.
14. W. Punt, P. P. Hoen, S. Blackmore, S. Nilsson, A. L. Thomas, "Glossary of Pollen and Spore Terminology", 143 (2007) 1-81.
15. J. W. Walker, J. A. Doyle, "The bases of angiosperm phylogeny, palinology", *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 1975;62 (2006) 664-723.
16. A. Untergasser, "DNA Miniprep using CTAB" Untergasser's Lab. (include here the date when you accessed these page). <http://www.untergasser.de/lab/protocols/miniprep_dna_ctab_v1_0.htm> (2008).
17. P. Taberlet, L. Gielly, G. Pautou, J. Bouvet, "Universal primers for amplification of three non-coding regions of chloroplast DNA", *Plant Molecular Biology* 17 (1991)1105-1109.
18. F. Sanger., S. Nicklen, A. R. Coulson, "DNA sequencing with chain-terminating inhibitors", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 74 (1977) 5463-5467.
19. D. A. Benson, I. Karsch-Mizrachi, D. J. Lipman, J. Ostell, B. A. Rapp, D. L. Wheeler, "GenBank, *Nucleic Acids Research*", 32 (2004) 23-26.
20. S. F. Altschul, T. L. Madden, A. A. Schäffer, J. Zhang., Z. Zhang., W. Miller, D. J. Lipman, "Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein", *Nucleic Acids Res.* 25 (17) (1997) 3389-402.
21. J. D. Thompson, D. G. Higgins, T. J. Gibson, "CLUSTALW: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting", position specific gap penalties and weight matrix choice, *Nucleic Acids Research.* 22 (1994) 4673-4680.
22. K. Tamura K, J. Dudley, M. Nei, S. Kumar, "MEGA4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA)", Software Version 4.0. *Mol Biol Evol.* 24 (2007) 1596-1599.
23. S. J. Casper, H. Manitz, "Beiträge zur Taxonomie und Chorologie der mitteleuropäischen *Utricularia*-Arten", II. Androsporogenese, chromosomenzahlen und pollenmorphologie. *Feddes Reportorium* 86 (1975) 211-23.