

DOI: 10.22092/BOTANY.2021.353400.1235

گزارش چند گونه جدید از جنس *Acaulospora* در ایران

دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۰۹ / پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۲

سیمما زنگنه: مربی پژوهش مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
(simazangeneh@yahoo.com)

چکیده

قارچ‌های آربوسکولار میکوریزی، همزیست‌های اجباری خاک‌زادی هستند که با ریشه گیاهان، به ویژه با گیاهان مهم زراعی رابطه مفید و نزدیک دوطرفه‌ای را ایجاد می‌کنند. در بین ۴۳ جنس و ۳۴۵ گونه از قارچ‌های شاخه *Glomeromycota*، جنس *Acaulospora* یکی از مهم‌ترین و پرجمعیت‌ترین گروه‌های موجود محسوب می‌شود که گسترش جهانی دارد. از این جنس تا کنون، ۵۹ گونه در جهان شناسایی شده که ۱۴ گونه آن از ایران گزارش شده است. در این مقاله، پنج گونه دیگر از جنس مذکور برای نخستین بار از ایران گزارش می‌شوند که عبارتند از: *Acaulospora alpina*، جدا شده از ریزوسفر بابونه گاوی (*Tanacetum parthenium*)، از استان اصفهان؛ *A. gedanensis*، *A. herrerae*، *A. scrobiculata*، جدا شده از ریزوسفر نیشکر (*Saccharum officinarum*) و *A. punctata*، جدا شده از ریزوسفر گندم (*Triticum aestivum*)، از استان سیستان و بلوچستان. گونه‌های معرفی شده، دارای هاگ‌هایی بودند که به طور تصادفی در بین گونه‌های دیگر جدا شده از خاک مناطق مختلف، مشاهده شده‌اند. مهم‌ترین صفات برای تشخیص ریخت‌شناختی گونه‌های این جنس عبارت بودند از: نبود ریشه حامل هاگ، تشکیل دیواره‌های درونی و وجود تزینات احتمالی در دیواره آن‌ها.

واژه‌های کلیدی: بابونه گاوی، تاکسونومی، ریخت‌شناسی، گندم، نیشکر، همزیستی

Some new species of the genus *Acaulospora* from Iran

Received: 27.02.2021 / Accepted: 13.07.2021

Sima Zangeneh: Research Instructor, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran (simazangeneh@yahoo.com)

Summary

Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) are a group of soil-borne obligate symbionts which develop a close mutualistic association with plant roots specially with important plant crops. The genus *Acaulospora* is one of the largest worldwide taxa in the phylum *Glomeromycota*. Fifty-nine species of this genus have been identified in the world so far of which 14 of them have been reported from Iran. In this research, five other species of this genus are reported for the first time from Iran viz. *Acaulospora alpina*, from the feverfew (*Tanacetum parthenium*) in Isfahan; *A. gedanensis*, *A. herrerae*, and *A. scrobiculata* from sugarcane (*Saccharum officinarum*) in Khuzestan, and *A. punctata* from wheat (*Triticum aestivum*) in Sistan and Baluchestan provinces, respectively. These species had spores that randomly observed among other species that were recovered from soils of different regions. The most important morphological features of the spores of this genus are lack of subtending hyphae, formation of inner walls, and possible ornamentation on their walls.

Keywords: Feverfew, morphology, sugarcane, symbiosis, taxonomy, wheat

مقدمه

محتویات خود را از دست می‌دهد و می‌افتد. هاگ‌هایی که معمولاً از خاک منطقه جدا می‌شوند، به شکل تکی و در حالی دیده می‌شوند که کیسه رویشی متصل به آن‌ها وجود ندارد. دیواره هاگ قارچ‌های این جنس، از شفاف تا قهوه‌ای تیره یا حتی سیاه رنگ دیده می‌شوند و سطح آن‌ها می‌تواند صاف یا دارای تزینات باشد. نخستین دیواره درونی، پس از اتمام سنتز دیواره سلولی به وجود می‌آید و ارتباط فیزیکی با دیواره هاگ ندارد. لایه‌های دیواره درونی، نزدیک به دیواره هاگ‌ها هستند و

واژه *Acaulospora* به معنی هاگ بی‌ساقه است. هاگ قارچ‌های متعلق به جنس *Acaulospora*، به صورت جانبی بر گردن کیسه رویشی ایجاد می‌شوند. ابتدا کیسه هاگ‌ها به شکل جوانه در نزدیکی رأس یک ریشه ایجاد می‌شوند و پس از آن که کیسه هاگ‌ها کاملاً حجیم شد، هاگ از کناره ریشه متصل می‌روید (گردن کیسه). همان‌طور که هاگ بالغ می‌شود، کیسه

روش بررسی

در این تحقیق، نمونه برداری‌ها از ریزوسفر گیاهان نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) در استان خوزستان، گندم (*Triticum aestivum* L.) در استان اصفهان و بابونه گاوی [*Tanacetum parthenium* (L.) Sch.Bip. (1844)] در استان سیستان و بلوچستان، در سال‌های ۹۳-۱۳۹۲ در مطالعات جداگانه انجام شد. در هر منطقه به شکل تصادفی، از خاک ریزوسفر حداقل پنج گیاه نمونه برداری شد. نمونه‌های خاک هر منطقه پس از جمع‌آوری مخلوط شدند و از این مخلوط یک نمونه به همراه اطلاعات لازم به آزمایشگاه منتقل گردید. سپس نمونه‌ها به روش گردمان و نیکولسون (Gerdemann & Nicolson 1963) شستشو و هاگ‌های حاصل با روش فورلان و همکاران (Furlan et al. 1980) از خاک جدا شدند. هاگ‌های جدا شده در دو قطره کوچک از PVLG و معرف Melzer (۱۰۰ گرم کلرال هیدرات + ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر + ۱/۵ گرم یدین + ۰/۵ گرم یدین پتاسیم)، روی لام قرار داده شدند و سپس لامل تمیزی روی هر قطره با زاویه ۴۵ درجه گذاشته شد. در نهایت، با بررسی و ثبت مشخصات ریخت‌شناختی هر هاگ، جنس و گونه قارچ‌های میکوریزی تشخیص داده شد. شایان ذکر است، اسلایدهای میکروسکوپی از قبل تهیه شده همراه با دیگر گونه‌ها، بدون انجام کشت گلدانی و تک هاگ بودند که به همین لحاظ، امکان بررسی مولکولی آن‌ها وجود نداشت.

در صورت وجود، نازک و ضخامت آن‌ها حداکثر به دو میلی‌متر می‌رسد (Berch 1985, Wu & Hung 1995, Stürmer & Morton 1999). جنس *Acaulospora* نخستین بار در سال ۱۹۷۴ معرفی شد (Gerdemann & Trappe 1974). مورتون و بنی (Morton & Benny 1990)، ۵۷ گونه قارچ آربوسکولار میکوریزی را با استفاده از ۲۷ ویژگی فنوتیپی هاگ‌ها و نوع میکوریزی که تشکیل می‌دهند، مورد تحلیل قرار داد و پیشنهاد نمود که دو شاخه اصلی در یکی از آن شاخه‌ها، گونه‌های متعلق به *Entrophospora*، *Acaulospora*، *Sclerocystis*، *Glomus* قرار داده شوند. جنس *Acaulospora* که همچنان معتبر است، برخی اعضای قبلی آن به نام‌های *Acaulospora trappei* و *A. gerdemannii* با بررسی توالی DNA، پروفایل اسیدهای چرب، واکنش‌های ایمونولوژیک در برابر آنتی‌بادی‌های مونوکلونال ویژه و ساختار ریخت‌شناسی، متعاقباً به جنس‌های دیگر منتقل شدند (Morton & Redecker 2001, Walker et al. 2007). از ۵۹ گونه شناخته شده جنس مذکور در جهان، تاکنون ۱۴ گونه از ایران گزارش شده که از آن جمله می‌توان به *A. capsicula*، *A. colombiana* و *A. delicata* اشاره کرد (Mirzaei & Kariman et al. 2005, Balali et al. 2001, Noorbakhsh 2014, Sadravi 2012, Rezaee Danesh et al. 2006). هدف از این تحقیق، معرفی گونه‌های جدیدی از این جنس برای ایران است که در مطالعات مختلف، به طور پراکنده در میان قارچ‌های دیگر مشاهده و شناسایی شده‌اند.



شکل ۱- یک هاگ شکسته شده.

Fig. 1. A broken spore.

نتیجه و بحث

صفات ریخت‌شناختی هاگ‌های شناسایی شده مربوط به گونه‌های تحت بررسی به شرح زیر است:

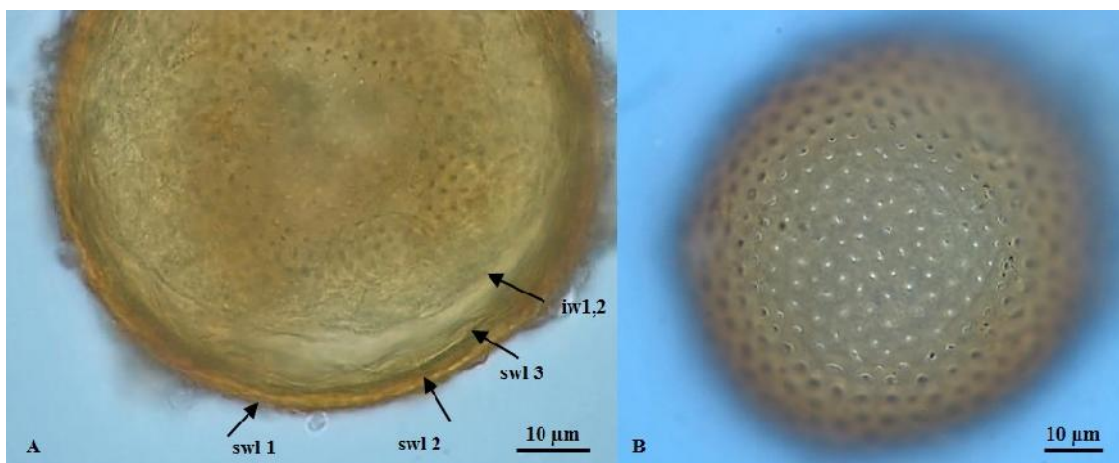
Acaulospora alpina Oehl, Sýkorová & Sieverd., in Oehl, Sýkorová, Redecker, Wiemken & Sieverding, *Mycologia* 98(2): 289 (2006)

نمونه بررسی شده: خاک ریزوسفر گیاه *Tanacetum parthenium* استان اصفهان، قمصر، بهار ۱۳۹۲، جمع‌آوری زکیه مدرسی.

هاگ‌ها به رنگ زرد تیره، نارنجی تا قهوه‌ای، کروی یا به ندرت بیضوی و با قطر ۹۷-۶۵ × ۵۳-۱۵ میکرومتر دیده شدند. دیواره هاگ‌ها متشکل از سه لایه بود که مجموعاً ۲-۴ میکرومتر ضخامت داشت. لایه اول شفاف با یک میکرومتر ضخامت و ناپایدار که در هاگ‌های بالغ دیده نمی‌شود. لایه دوم زرد تیره تا نارنجی یا نارنجی قهوه‌ای و ضخامت ۲-۳ میکرومتر و تزیینات منظم کروی و حفره‌های مخروطی کوتاه که قطر دهانه و نیز

عمق آن‌ها به بیش از دو میکرومتر می‌رسید. لایه سوم هم‌رنگ با لایه دوم با ۳-۵ میکرومتر ضخامت که معمولاً به لایه دوم چسبیده و در دیواره‌های نابالغ تشخیص این دو از هم دشوار بود. همچنین، در هاگ‌های بالغ یک دیواره درونی دیده شد که تفکیک و مشاهده لایه‌های آن با میکروسکوپ معمولی امکان‌پذیر نبود.

این گونه با هاگ‌های کوچک تیره مزین به حفره‌های گرد با پراکنش منظم، به راحتی قابل تشخیص است (شکل ۲). گونه‌های *A. paulinae*، *A. taiwania* و *A. undulata* نیز دارای هاگ‌های کوچک و حفره‌دار هستند، ولی رنگ آن‌ها شفاف یا زرد کم‌رنگ است. این قارچ قبلاً از ریزوسفر علف‌زارهای منطقه آلب سوئیس گزارش شده است (Oehl et al. 2006). نمونه تشخیص داده شده در مجموعه قارچ‌های مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور با شماره IRAN 17634 F نگهداری می‌شود.



شکل ۲- *Acaulospora alpina*. A. swl 1، swl 2، swl 3، لایه‌های اول، دوم و سوم دیواره هاگ، iw1، 2، دیواره درونی، B. منظره خارجی هاگ بالغ.

Fig. 2. *Acaulospora alpina*: A. swl 1, swl 2, swl 3, spore wall layers; iw1, 2, inner wall, B. Outer view of mature spore.

لایه اول ناپایدار و شفاف تا کمتر از یک میکرومتر ضخامت داشت و در امتداد با دیواره کیسه هاگ‌زا بود. لایه دوم ورقه‌ای، صاف، زرد کم‌رنگ تا زرد لیمویی بود و قطری در حدود ۲-۴ میکرومتر داشت، دیواره درونی اول (iw1) انعطاف‌ناپذیر، شکننده و شفاف بود و کمتر از یک میکرومتر ضخامت داشت. دیواره درونی دوم شامل دولایه به هم چسبیده قابل انعطاف بود که در

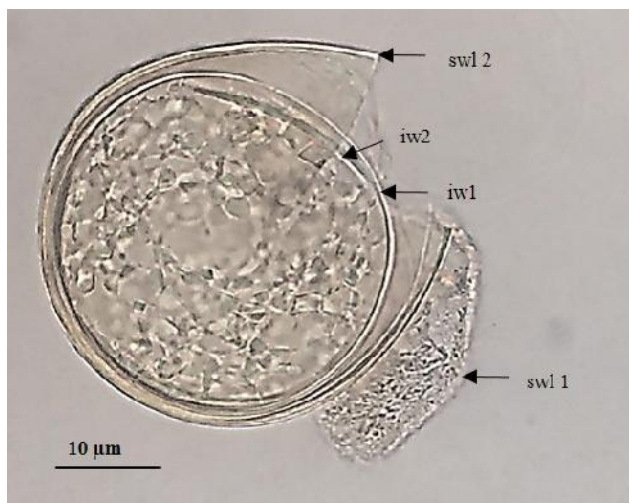
Acaulospora gedanensis Blaszk., *Karstenia* 27: 38 (1988)

نمونه بررسی شده: خاک ریزوسفر گیاه *Saccharum officinarum*، استان خوزستان، کشت و صنعت دعبیل خزاعی، جمع‌آوری حسین مؤذن، ۱۳۹۳/۱/۱۹.

هاگ‌ها به شکل تکی در خاک، به رنگ زرد تا زرد لیمویی، کروی تا نیمه‌کروی و با قطر حدود ۸۰ میکرومتر دیده شدند. دیواره هاگ‌ها متشکل از دو لایه (swl 1 و swl 2) بود.

از لهستان، سلال و همکاران (Sellal *et al.* 2021) از مراکش و وانگ و جیانگ (Wang & Jiang 2015) از چین. نمونه تشخیص داده شده در مجموعه قارچ‌های مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور با شماره IRAN 17635 F نگهداری می‌شود.

مجموع ۲-۳ میکرومتر ضخامت داشت. لایه‌های دیواره هاگ و دیواره‌های درونی در معرف ملزر رنگ‌پذیر نبودند (شکل ۳). این گونه با داشتن هاگ‌های کوچک و زرد، از دیگر گونه مشابه خود یعنی *A. morrowiae* قابل تشخیص است. این قارچ در دنیا در مناطق مختلف و در ریزوسفر گیاهان متفاوت دیده شده است [برای مثال باشکوفسکی (Błaszowski 1994)



شکل ۳- *Acaulospora gedanensis*: لایه‌های اول (swl 1) و دوم (swl 2) دیواره هاگ (swl)، دیواره درونی ۱ (iw1)، دیواره درونی ۲ (iw2).

Fig. 3. *Acaulospora gedanensis*: Layers one (swl 1) and two (swl 2) of spore wall (sw1), inner wall 1 (iw1), inner wall 2 (iw2).

چسبیده و غیرقابل تشخیص بودند. در نمونه‌های مورد بررسی، این دیواره، شفاف تا زرد کم‌رنگ و با قطری کمتر از دو میکرومتر دیده شد. دیواره داخلی سه لایه (۱-۳ iw1) و با لایه‌های به شدت به هم چسبیده بود که در هاگ‌های جوان iw1 2 و iw1 3 در واکنش به معرف ملزر، به قرمز تا ارغوانی تیره تغییر رنگ داد. با این وجود، در نمونه‌های مورد بررسی، به دلیل بالغ بودن هاگ‌ها، تغییر رنگ مشاهده نشد (شکل ۴). مشاهدات به عمل آمده با تشخیص فورازولا و همکاران (Furrázola *et al.* 2013) مطابقت داشت.

این قارچ نخستین بار در شرق کوبا و سپس در زمین‌های نیمه‌مرطوب شمال شرق برزیل نیز مشاهده گردید (Furrázola *et al.* 2013). شرایط آب و هوایی در استان خوزستان که نمونه‌ها از آنجا جمع‌آوری گردید، به آب و هوای گرم و مرطوب مناطق مذکور تشابه زیادی داشت. نمونه تشخیص داده شده در مجموعه قارچ‌های مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور با شماره IRAN 17636 نگهداری می‌شود.

Acaulospora herrerae Furrázola, B.T. Goto, G.A. Silva, Sieverd. & Oehl, Nova Hedwigia 97: 405 (2012)

نمونه بررسی شده: خاک ریزوسفر گیاه *Saccharum officinarum*. استان خوزستان، کشت و صنعت امام خمینی، جمع‌آوری حسین مؤذن. ۱۳۹۲/۱۲/۳

هاگ‌ها به شکل تکی در خاک، نیمه‌کروی، به رنگ زرد مایل به قهوه‌ای-خاکستری، به قطر تا ۱۱۰ میکرومتر و دارای سه دیواره خارجی، میانی و داخلی (ow، mw و Iw) دیده شدند. دیواره خارجی هاگ‌ها متشکل از سه لایه بود. لایه اول (owl 1) شفاف و صاف، تا یک میکرومتر ضخامت و ناپایدار که معمولاً در هاگ‌های بالغ دیده نمی‌شود. لایه دوم (owl 2)، قهوه‌ای مایل به زرد با قطر حدود ۲ میکرومتر، همراه با حفره‌های گرد تا بیضوی و نامنظم، با قطر ۱-۴ میکرومتر و عمق تا حدود ۲ میکرومتر، تراکم حفره‌ها زیاد و به شکل شبکه‌ای برجسته بود. لایه سوم (owl 3)، شفاف، دارای کمتر از یک میکرومتر ضخامت که بیشتر به owl 2 چسبیده بود. این لایه‌ها در هاگ‌های شکسته با اندکی جداشدگی از هم قابل تشخیص بودند. دیواره میانی براساس منابع، دو لایه (mwl 1-2) و صاف و لایه‌های آن به شدت به هم



شکل ۴- *Acaulospora herrerae*: دیواره خارجی هاگ بالغ با تزیینات حفره‌ای، لایه اول دیواره بیرونی هاگ، (owl 1) لایه دوم دیواره بیرونی هاگ، (owl 2) لایه سوم دیواره بیرونی هاگ، (owl 3) لایه سوم دیواره بیرونی هاگ، (mw) دیواره میانی هاگ، (iw) دیواره درونی هاگ.

Fig. 4. *Acaulospora herrerae*: Pitted ornamentation on the outer surface of the structural wall layer, (owl 1) first layer of outer wall, (owl 2) second layer of outer wall, (owl 3) third layer of outer wall, (mw) middle wall, (iw) internal wall.

برآمده به نظر می‌رسید. لایه سوم (owl 3) هم‌رنگ با لایه دوم (owl 2)، با حدود یک میکرومتر ضخامت و به سختی چسبیده به لایه دوم. در نمونه‌های بررسی شده، دیواره‌های میانی و درونی هاگ مشاهده نشد. با این وجود، رنگ و اندازه هاگ و همچنین ویژگی‌های دیواره اول آن، امکان تشخیص این گونه را از دیگر گونه‌های جنس *Acaulospora* فراهم نمود (شکل ۵). هاگ‌های *A. punctata* در نگاه نخست شبیه *A. scrobiculata* و *A. cavernata* هستند، ولی از نظر اندازه، شکل سوراخ‌ها، نظم قرارگیری و عمق تفاوت‌هایی در بین این گونه‌ها وجود دارد (Błaszkowski et al. 2006, Oehl et al. 1989). این قارچ برای نخستین بار از مناطق مختلفی از سوئیس و شیلی گزارش شده است (Oehl et al. 2011). نمونه تشخیص داده شده در مجموعه قارچ‌های مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور با شماره IRAN 17644 نگهداری می‌شود

Acaulospora punctata Oehl, Palenz., Sánchez-Castro, G.A.Silva, C.Castillo & Sieverd., Nova Hedwigia 93(3-4): 355 (2011)

نمونه بررسی شده: خاک ریزوسفر *Triticum aestivum*، استان سیستان و بلوچستان، بهار ۱۳۹۲، جمع‌آوری هادی شیرزاد.

کیسه هاگ‌زا در نمونه‌های مورد بررسی دیده نشد. هاگ‌ها سفید مایل به زرد تا کرمی، کروی تا نیمه‌کروی و با قطر تا ۱۱۹-۱۰۵ میکرومتر مشاهده شدند. دیواره خارجی هاگ‌ها متشکل از سه لایه (owl 1، owl 2 و owl 3) بود که در مجموع، تا ۵ میکرومتر ضخامت داشت. لایه خارجی (owl 1)، شفاف، دارای حدود یک میکرومتر ضخامت، قابل جداسدن، ناپایدار و غیرقابل مشاهده بود. لایه دوم (owl 2) روشن تا سفید مایل به کرمی، ورقه‌ای و با ۲-۴ میکرومتر ضخامت، شامل تزییناتی از سوراخ‌های منظم گرد با ۳-۴ میکرومتر قطر و کمتر از چهار میکرومتر عمق که ظاهر شبکه‌ای را ایجاد می‌کردند و گاهی لبه‌های اطراف سوراخ‌ها



شکل ۵- *Acaulospora punctata*: A. دیواره سه لایه خارجی هاگ (owl 1 و owl 2 و owl 3)، لایه ورقه‌ای دوم (owl 2) دارای تزئینات منظم گرد و با ظاهری شبکه مانند، B. هاگ بالغ.

Fig. 5. *Acaulospora punctata*: A. A three-layered outer spore wall (owl 1, owl 2 and owl 3), laminated owl 2 includes ornamentation with regular and round pits resembles a reticulum, B. Mature spore.

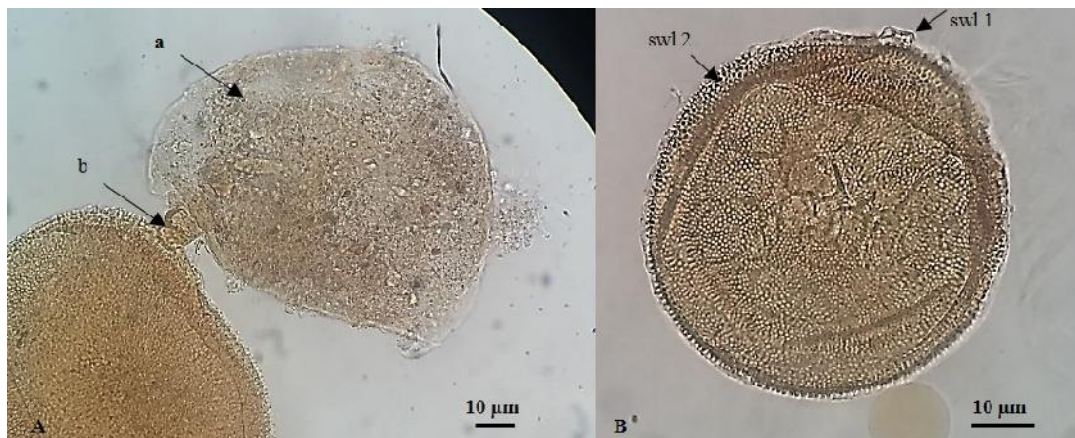
در نظر گرفتن اندازه و رنگ هاگ و کیسه اسپوری، آن‌ها را از هم تشخیص داد. همچنین، ارتفاع تزئینات روی دیواره *E. infrequens* که معمولا به چهار میکرومتر می‌رسد، در گونه مورد بررسی یک میکرومتر بود. شباهت هاگ‌های این قارچ با گونه *A. punctata* نیز بسیار زیاد بود، ولی رنگ و اندازه هاگ این دو قارچ با هم متفاوت است. به علاوه، سوراخ‌های سطح *A. scrobiculata* نامنظم‌تر و با فاصله بیشتری از هم قرار دارند (Trappe 1977, Oehl et al. 2006). نمونه‌های تشخیص داده شده با شماره‌های IRAN 17650، IRAN 17649 و IRAN 17651 در مجموعه قارچ‌های مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور نگهداری می‌شوند.

در بین ۴۳ جنس و ۳۴۵ گونه از قارچ‌های شاخه *Glomeromycota*، جنس *Acaulospora* یکی از پرجمعیت‌ترین گروه‌های موجود محسوب می‌شود که پراکنش جهانی دارد. از این جنس تا کنون، ۵۹ گونه در جهان شناسایی شده که ۱۴ گونه آن یعنی در حدود یک سوم از این تعداد، از ایران گزارش شده است. با توجه به ویژگی‌های متنوع این قارچ‌های مفید در حفظ و احیاء محیط زیست، در آینده می‌توان به همراه روش‌های مدرن، در شناسایی، تکثیر و به کارگیری آن‌ها اقدام کرد.

Acaulospora scrobiculata Trappe, Mycotaxon 6(2): 363 (1977)

نمونه‌های بررسی شده: خاک ریزوسفر گیاه *Saccharum officinarum*، استان خوزستان، کشت و صنعت امام خمینی، ۱۳۹۲/۱۲/۳؛ کشت و صنعت میرزا کوچک خان ۱۳۹۳/۲/۱؛ کشت و صنعت امیرکبیر، ۱۳۹۳/۱/۲۵، جمع‌آوری حسین مؤذن.

تشکیل هاگ در گردن کیسه هاگ‌زا دیده شد. هاگ‌ها به شکل تکی در خاک، به رنگ سفید مایل به زرد تا زرد کم‌رنگ، کروی تا نیمه‌کروی، با قطر ۵۵-۹۰ میکرومتر و با یک دیواره سلولی دیده شدند. دیواره درونی هاگ در نمونه‌های مورد مطالعه مشاهده نشد. دیواره هاگ متشکل از سه لایه (swl 1-3) بود. لایه اول ناپایدار و شفاف با حدود ۲ میکرومتر ضخامت، به سختی چسبیده به لایه دوم، در امتداد دیواره گردن کیسه هاگ‌زا. لایه دوم ورقه‌ای، سفید مایل به زرد تا زرد کم‌رنگ با کمتر از ۹ میکرومتر ضخامت، مزین به حفره‌های به طور منظم پراکنده، حفره‌های گرد، بیضوی، تخم‌مرغی، مثلثی، Y شکل یا نامنظم، با ابعاد مختلف و با عمق تا یک میکرومتر در مقطع عرضی. لایه سوم قابل انعطاف و شفاف به ضخامت کمتر از یک میکرومتر، گاهی از لایه دوم جدا؛ هیچ کدام از لایه‌ها به معرف ملزر واکنش نشان ندادند (شکل ۶). گونه *A. scrobiculata* به *Entrophospora infrequens* بی‌شباهت نیست، ولی می‌توان با



شکل ۶- *Acaulospora scrobiculata*: A. شکل چپ کیسه هاگ‌زا (a)، تشکیل هاگ به شکل جانبی در گردن (b)، B. هاگ بالغ، لایه‌های اول (swl 1) و دوم (swl 2) دیواره سلولی.

Fig. 6. *Acaulospora scrobiculata*: A. Left sporiferous sacculus (a), producing spore laterally on the neck (b), B. Matured spore, layers one (swl 1) and two (swl 2) of spore wall.

References

- Balali Ali Abadi, M., Kianmehr, H., Mehr Avaran, H. & Hajian Shahri, M. 2001. Six new species of vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi from Khorasan (Mashhad). *Journal of Science* 1(2): 68–80 (In Persian with English abstract).
- Berch, S.M. 1985. *Acaulospora sporocarpia*, a new sporocarpic species, and emendation of the genus *Acaulospora* (Endogonaceae, Zygomycotina). *Mycotaxon* 23: 409–418.
- Błaszowski, J. 1989. *Acaulospora cavernata* (Endogonales) - a new species from Poland with pitted spores. *Cryptogamic Botany* 1: 204–207.
- Błaszowski, J. 1994. Arbuscular fungi and mycorrhizae (Glomales) of the Hel Peninsula, Poland. *Mycorrhiza* 5(1): 71–88.
- Błaszowski, J. 2012. *Glomeromycota*. W. Szafer. Institute of Botany, Polish Academy of Sciences.
- Furlan, V., Bartschi, H. & Fortin, J.A. 1980. Media for density gradient extraction of endomycorrhizal spores. *Transactions of the British Mycological Society* 75(2): 336–338.
- Furrazola, E., Goto, B.T., Silva, G.A., Torres-Arias, Y., Morais, T., Lima, C.E.P., Ferreira, A.C.A., Maia, L.C., Sieverding, E. & Oehl, F. 2013. *Acaulospora herrerae*, a new pitted species in the Glomeromycetes from Cuba and Brazil. *Nova Hedwigia* 97(3–4): 401–413.
- Gerdemann, J.W. & Nicolson, T.H. 1963. Spores of mycorrhizal fungi isolated from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society* 46: 235–244.
- Gerdemann, J.W. & Trappe, J.M. 1974. The Endogonaceae in the Pacific North West. *Mycologia Memoirs* 5: 1–76.
- Kariman, K.H., Goltapeh, E.M. & Minassian, V. 2005. Arbuscular mycorrhizal fungi from Iran. *Journal of Agricultural Technology* 1(2): 301–313 (In Persian with English abstract).
- Kianmehr, H., Gholamy-Moghadam, F., Hajian-Shahry, M. & Falahaty Rastgar, M. 2000. New species of vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi from Khorasan (North eastern of Iran). *Biaban* 4(2): 25–44 (In Persian).
- Mirzaei, J. & Noorbakhsh, N. 2014. Identification of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Associated with *Crataegus pontica* C. Koch from Ilam Province, Iran. *Ecopersia* 2(4): 767–777.

- Morton, J.B. & Redecker, D. 2001. Two new families of Glomales, Archaeosporaceae and Paraglomaceae, with two new genera *Archaeospora* and *Paraglomus*, based on concordant molecular and morphological characters. *Mycologia* 93: 181–195.
- Morton, J.B. & Benny, G.L. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families Acaulosporaceae and Gigasporaceae with an emendation of Glomaceae. *Mycotaxon* 37: 471–491.
- Oehl, F., Sýkorová, Z.D., Redecker, A., Wiemken & Sieverding, E. 2006. *Acaulospora alpina*, a new arbuscular mycorrhizal fungal species characteristic for high mountainous and alpine regions of the Swiss Alps. *Mycologia* 98: 286–294.
- Oehl, F., Silva, G.A.D., Palenzuela, J., Sánchez-Castro, I., Castillo, C. & Sieverding, E. 2011. *Acaulospora punctata*, a new fungal species in the Glomeromycetes from mountainous altitudes of the Swiss Alps and Chilean Andes. *Nova Hedwig* 93(3–4): 353–362.
- Rezaee Danesh, Y., Mohammadi Goltapeh, E., Alizadeh, A., Varma, A. & Mukerjii, K.G. 2006. Distribution and abundance of arbuscular mycorrhiza fungi from soybean rhizosphere in Iran. *Journal of Agricultural Technology* 2(2): 251–257 (In Persian with English abstract).
- Sadravi, M. 2012. Arbuscular mycorrhizal fungi of alfalfa root in the Kohgiluyeh & Boierahmad province (SW Iran). *Rostaniha* 13(1): 101–104 (In Persian with English summary).
- Sellal, Z., Touhami, A.O., Dahmani, J., Maazouzi, S., Mouden, N., Chliyeh, M., Selmaoui, K., Benkirane, R., el Modafar, C. & Douira, A. 2021. Distribution and abundance of arbuscular mycorrhizal fungi of *Argania spinosa* tree and mycorrhizal infectious potential of rhizospheric soil of 15 *Argania* groves in southwestern Morocco. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology* 22(3–4): 1–29.
- Stürmer, S.L. & Morton, J.B. 1999. Taxonomic reinterpretation of morphological characters in Acaulosporaceae based on developmental patterns. *Mycologia* 91: 849–857.
- Trappe, J.M. 1977. Three new Endogonaceae: *Glomus constrictus*, *Sclerocystis clavispora* and *Acaulospora scrobiculata*. *Mycotaxon* 6: 359–366.
- Walker, C. & Schüßler, A. 2004. Nomenclatural clarifications and new taxa in the Glomeromycota. *Mycological Research* 108(9): 981–982.
- Wang, M. & Jiang, P. 2015. Colonization and Diversity of AM Fungi by Morphological Analysis on Medicinal Plants in Southeast China. *The Scientific World Journal* 2015(753842): 1–7.
- Wu, C.G. & Hung, L.L. 1995. Spore development of *Entrophospora kentinensis* in an aeroponic system. *Mycologia* 87: 582–587.