

معرفی گونه‌های جدید از تیره‌های *Chaetomiaceae* و *Didymosphaeriaceae* برای فونگای ایران

دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۱۲ / پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۱۰

عباس آتشی خلیل‌آباد: دانشجوی دکتری رشته بیماری‌شناسی گیاهی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ۳۱۵۸۷-۷۷۸۷۱، ایران
 خلیل‌بردی فتوحی فر☒: دانشیار گرایش قارچ‌شناسی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۳۱۵۸۷-۷۷۸۷۱، ایران (fotowhi@ut.ac.ir)

چکیده

در تابستان و پاییز سال ۱۳۹۹، برای شناسایی برخی آرایه‌های قارچی مرتبط با گیاهان، از باغ‌ها و جنگل‌های استان‌های البرز، گلستان، گیلان و مازندران بازدید به عمل آمد و از گیاهان مو (*Vitis vinifera*)، سرو زربین (*Cupressus sempervirens*)، آلو بخارا (*Prunus spinosa*) و علف قناری (*Phalaris minor*) دارای علائم بیماری، نمونه‌برداری انجام شد. پس از جداسازی و خالص‌سازی، شناسایی ریخت‌شناختی و مولکولی آرایه‌ها با استفاده از توالی‌یابی نواحی ژنومی ITS rDNA صورت گرفت. براساس تلفیق داده‌های حاصل از ریخت‌شناسی و مولکولی، در تحقیق حاضر، چهار گونه متعلق به چهار جنس مختلف از تیره *Chaetomiaceae* (رده *Sordariomycetes*، راسته *Sordariales*) شامل گونه‌های *Ovatospora brasiliensis* از مو، *Dichotomopilus erectus* از سرو زربین و *Staphylotrichum longicolle* از علف قناری و همچنین تیره *Didymosphaeriaceae* (رده *Dothideomycetes*، راسته *Pleosporales*) شامل گونه *Pseudopithomyces chartarum* از آلو بخارا، شناسایی و معرفی می‌شوند که تمام جنس‌ها و گونه‌های به دست آمده برای فونگای ایران جدید هستند. همچنین درختان مو، سرو زربین، آلو بخارا و علف قناری به عنوان میزبان‌های جدید برای این آرایه‌ها در دنیا گزارش می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: آرایه، تبارزایی، تنوع زیستی، رده‌بندی، میکرومیست

New species of *Chaetomiaceae* and *Didymosphaeriaceae* families for funga of Iran

Received: 03.07.2022 / Accepted: 01.08.2022

Abbas Atashi Khalilabad: PhD Student in Plant Pathology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, 31587-77871, Iran

Khalil-Berdi Fotouhifar☒: Associate Prof. in Mycology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, 31587-77871, Iran (fotowhi@ut.ac.ir)

Summary

During the summer and autumn of 2020, in order to identification of some fungal taxa associated with plants, gardens, weeds and forests of Alborz, Gorgan, Guilan and Mazandaran provinces (north of Iran) were surveyed and infected plant samples were collected from grapevine (*Vitis vinifera*), Mediterranean cypress (*Cupressus sempervirens*), blackthorn (*Prunus spinosa*), and little seed canary grass (*Phalaris minor*) plants. After isolation and purification of fungal strains, morphological and molecular investigations were performed using the sequences of the ITS rDNA genomic regions. Based on combined morphology and molecular data, four fungal species belonging to four different genera of *Chaetomiaceae* (*Sordariales*, *Sordariomycetes*) including *Ovatospora brasiliensis* from grapevine tree, *Dichotomopilus erectus* from Mediterranean cypress and *Staphylotrichum longicolle* from little seed canary grass, and *Didymosphaeriaceae* (*Pleosporales*, *Dothideomycetes*) including *Pseudopithomyces chartarum* from blackthorn are identified and introduced here for the first time. In the present study, all identified genera and species are new for the funga of Iran. In addition, little seed canary grass, grapevine tree, blackthorn, and Mediterranean cypress are reported as new hosts (matrix nova) for these recovered fungal taxa in the world.

Keywords: Biodiversity, micromycetes, phylogeny, taxon, taxonomy

مقدمه

(Wunderlich *et al.* 2011) مورد بررسی قرار گرفت که طی آن ۱۸۸ جدایه قارچی از قسمت‌های بارده و ۱۴۲ جدایه قارچی از تنه درختان مو متعلق به گونه‌هایی نظیر *Botryosphaeria dothidea* (Moug.) Ces. & De Not *Dothiorella viticola* A.J.L. *Diplodia seriata* De Not *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Phillips & J. Luque *Neofusicoccum australe* Griffon & Maubl. (Slippers, Crous & M.J. Wingf.) Crous, Slippers & A.J.L. Phillips شناسایی و گزارش شدند. راجپوت و همکاران (Rajput *et al.* 2020) قارچ *Curvularia verruculosa* Tandon & Bilgrami را به عنوان عامل لکه‌برگی درختان مو در کشور افغانستان گزارش کردند. کروس و همکاران (Kraus *et al.* 2020) نیز گونه‌هایی نظیر *Neophaeomoniella zymoides* (Hyang B. Lee, J.Y. Aequabiliella Park, Summerb. & H.S. Jung) Crous *palatina* C. Kraus, Damm, S. Bien, Vögele & M. *Minutiella simplex* C. Kraus, Damm, S. Bien, Fisch. *Moristroma germanicum* C. Vögele & M. Fisch. Kraus, Damm, S. Bien, Vögele & M. Fisch. *Neophaeomoniella ossiformis* C. Kraus, Damm, S. Bien, Vögele & M. Fisch. را از درختان مو گزارش کردند. گونه *Stigmatodiscus pruni* Voglmayr, J. Fourn. & Jaklitsch برای نخستین بار توسط وُگلمایر و همکاران (Voglmayr *et al.* 2017) از بافت مرده پوست شاخه درخت *Prunus spinosa* L. در کشور اتریش و فرانسه توصیف و گزارش گردید. دام و همکاران (Damm *et al.* 2010) در تحقیقی به مطالعه گونه‌های قارچی متعلق به سه جنس *Collophora* Damm & *Coniochaeta* (Sacc.) Cooke و Crous *Phaeomoniella* Crous & W. Gams جدا شده از گونه‌های مختلف درختان هسته‌دار پرداختند که در پژوهش خود، گونه‌هایی نظیر *Coniochaeta africana* Damm & Crous، *Coniochaeta prunicola* Damm & Crous، *Collophora capensis* Damm & Crous *Phaeomoniella dura* Damm *pallida* Damm & Crous و *Phaeomoniella effusa* Damm & Crous، *Phaeomoniella tardicola* Damm & Crous را براساس تبارزایی مبتنی بر توالی چند ناحیه ژنی شناسایی و توصیف کردند. اسپونر و ترايگاوکس (Spooner & Trigaux 1985) برای نخستین بار گونه *Encoelia fimbriata* Spooner &

کشور ایران به دلیل داشتن تنوع اقلیمی، دارای غنای گیاهی و تنوع زیستی زیاد است و در هر نقطه از کشور، گیاهان مختص آن منطقه رشد می‌کنند. از مهم‌ترین عوامل پایداری و ثبات هر زیست‌بوم، تنوع زیستی و گوناگونی طبیعی موجودات در آن زیست‌بوم است. لذا، شناخت دقیق تنوع گونه‌ها به حفظ و نگهداری آن‌ها در محیط زیست کمک زیادی می‌کند (Ghahremaninejad & Nejad Falatoury 2016). قارچ‌ها به عنوان یک گروه بزرگ از موجودات یوکاریوت، نقش‌های کلیدی و اساسی را در محیط پیرامون خود ایفا می‌کنند (Cosgrove *et al.* 2007) و با حمله و تخریب بافت‌های مختلف گیاهی هر ساله خسارات جبران‌ناپذیری را به محصولات کشاورزی وارد می‌نمایند (Mäkelä *et al.* 2014).

تاکنون در دنیا و ایران تحقیقات فراوانی در ارتباط با شناسایی آرایه‌های قارچی از گیاهان صورت گرفته است. در تحقیقی، پینتوس و همکاران (Pintos *et al.* 2018) به مطالعه قارچ‌های همراه با علائم بیماری تنه درختان مو در چند نهالستان از قاره اروپا پرداختند که طی آن، ۴۹۹ گونه از جنس‌های *Dactylonectria*، *Cylindrocarpon* Wollenw *Ilyonectria* P. Chaverri & L. Lombard & Crous *Diplodia*، *Botryosphaeria* Ces. & De Not. *Salgado*، *Neofusicoccum* Crous, Slippers & A.J.L. Phillips *Fr*، *Colletotrichum* Corda *Diaporthe* Fuckel 1867 *Fusarium* Link و *Rhizoctonia* DC شناسایی و گزارش شدند. کاراکسونی و همکاران (Karácsony *et al.* 2021) قارچ *Kalmusia longispora* (Verkley, Göker & Stielow) Ariyaw. & K.D. Hyde را به عنوان عامل ایجادکننده نکروز آوندی در درخت مو گزارش کردند. اولیویرا و همکاران (Oliveira *et al.* 2017) در کشور پرتغال، قارچ‌های اپیفیت درختان مو را مورد بررسی قرار دادند و جنس‌های *Penicillium*، *Cladosporium* Link، *Alternaria* Nees *Epicoccum* Link و *Aspergillus* P. Micheli *Link* را از محیط فیلوسفر گیاه جداسازی و گزارش کردند. در تحقیق دیگری، جنس‌های قارچی متعلق به تیره *Botryosphaeriaceae* از قسمت‌های مختلف بارده (جوانه خواب، گل‌ها، حبه‌های به اندازه نخود و حبه‌های رسیده) و تنه درختان مو در کشور استرالیا توسط واندرلیچ و همکاران

Ph. iranianum L. Crous, M.J. Wingf. & Mugnai و Mostert, Gräfenhan, W. Gams & Crous را از *Ph. rubrigenum* W. Gams, Crous & M.J. Wingf. درختان مذکور (*C. sempervirens*) در ایران معرفی نمودند. ارزنلو و تربتی (Arzanlou & Torbati 2017) گونه *Podosphaera tridactyla* (Wallr.) de Bary *Prunus domestica* subsp. *italica* var. (*claudiana*) در باغ‌های مشکین شهر و خوی گزارش کردند. سلطانی‌نژاد و همکاران (Soltaninejad et al. 2014) در تحقیقی به جداسازی و شناسایی گونه‌های قارچی مرتبط با درختان میوه هسته‌دار در ایران پرداختند. در این تحقیق، گونه‌هایی نظیر *Ph. viticola* J. Dupont، *Ph. krajdinii* L.، *Diplodia mutila* (Fr.)، Mostert, Summerb. & Crous، *Spencermartinsia viticola* (A.J.L. Phillips & J. Mont. و A.J.L. Phillips, A. Alves & Crous) Luque و *Lasiodiplodia theobromae* گزارش شدند.

با توجه به تنوع اقلیم و آب و هوا و غنای گونه‌های گیاهی منحصر به فرد به ویژه در استان‌های شمالی ایران، بسیاری از گونه‌های مختلف قارچی می‌توانند میزبان‌های مختلف گیاهی را اشغال نمایند که تا به حال گزارشی از آن‌ها روی این گیاهان منتشر نشده است. از طرفی، ممکن است این گروه از قارچ‌ها سلامت گیاه را نیز تحت تاثیر قرار دهند و باعث نابودی آن‌ها شوند. به این منظور، پژوهش حاضر در مورد شناسایی و گزارش برخی گونه‌های قارچی جدید همراه با علایم شانکر و لکه‌برگی از برخی گیاهان در چهار استان البرز، گلستان، گیلان و مازندران انجام گرفت.

روش بررسی

- نمونه‌برداری و جداسازی قارچ‌ها

در تابستان و پاییز سال ۱۳۹۹، برخی از باغ‌ها، مراتع و فضای سبز در استان‌های البرز، گلستان، گیلان و مازندران به صورت تصادفی مورد بازدید قرار گرفت و از بافت‌های گیاهی مختلف که دارای علایم لکه‌برگی، شانکر سرشاخه و نکروز ساقه بودند، نمونه‌برداری‌ها توسط نگارنده نخست به عمل آمد. نمونه‌های گیاهی جمع‌آوری شده با ثبت مشخصات مربوط به مکان، میزبان، تاریخ جمع‌آوری و موقعیت جغرافیایی (GPS)، درون پاکت‌های کاغذی جداگانه به آزمایشگاه منتقل شدند. جهت به دست آوردن جدایه‌های

Trigaux را از شاخه‌های خشک شده درخت *Prunus spinosa* در کشور فرانسه جداسازی و گزارش کردند. اخیراً، فرناندس و همکاران (Fernandes et al. 2021) قارچ *Neofusicoccum luteum* (Pennycook & Samuels) Crous, Slippers & A.J.L. Phillips را به عنوان عامل شانکر و سرخشکیدگی درخت *Cupressus sempervirens* L. گزارش نمودند. میلنکوویچ و همکاران (Milenković et al. 2021) نیز اخیراً قارچ *Seiridium cardinale* (W.W. Wagener) B. Sutton & I.A.S. Gibson را برای نخستین بار از درخت *Cupressus sempervirens* با علایم شانکر در کشور صربستان گزارش کردند.

در ایران، تا به امروز، چند جنس قارچی از علف‌قناری (*Phalaris minor* Retz.) گزارش شده که شامل گونه *Blumeria graminis* (DC.) Speer توسط خبیری در سال ۱۹۵۶ از اهواز، هیراتا در سال ۱۹۶۶ از کرج و ارشاد در سال ۱۹۷۱ از سوسنگرد، گونه *Curvularia spicifera* (Bainier) Boedijn توسط صانعی و همکاران در سال ۲۰۰۰ از استان گلستان، گونه *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx توسط Olivier & D.L. Olivier و فصیحیانی در سال ۲۰۰۱ از استان فارس و همچنین گونه *Septoria triseti* Speg. توسط فاتحی و همکاران در سال ۱۹۹۳ از استان کهگیلویه و بویراحمد می‌باشد (Ershad 2009). گونه *Truncatella angustata* (Pers.) S. Hughes نیز از تنه درختان مو توسط ارزنلو همکاران (Arzanlou et al. 2013) در شمال ایران گزارش شده است. محمدی و همکاران (Mohammadi et al. 2013) در تحقیقی به مطالعه قارچ‌های همراه با تنه درختان مو در ایران پرداختند که طی این پژوهش، گونه‌هایی نظیر *Phaeoacremonium inflatipes* W. Gams, Crous & M.J. Wingf.، *Cylindrocarpon liriodendri* J.D. MacDon. & *Diplodia seriata* E.E. Butler و *Neofusicoccum parvum* (Pennycook & Samuels) Crous, Slippers & A.J.L. Phillips، براساس صفات ریخت‌شناختی و مولکولی شناسایی و گزارش شدند. گونه *Phaeobotryon cupressi* Abdollahz., Zare & A.J.L. Phillips توسط عبدالله‌زاده و همکاران (Abdollahzadeh et al. 2009) از سرو زربین (*Cupressus sempervirens*) در ایران جدا-سازی و گزارش شد. محمدی و همکاران (Mohammadi et al. 2014) نیز چهار گونه شامل *Phaeoacremonium parasiticum* (Ajello, Georg & C.J.K. Wang) W. Gams, *Ph. aleophilum* W. Gams, Crous & M.J. Wingf.

به فرابنفش و به مدت هفت روز انجام شد (Wang et al. 2016, Wang et al. 2019). به منظور تعیین گونه جدایه‌های مربوط به جنس‌های *Ovatospora* و *Pseudopithomyces* از محیط کشت PDA در شرایط دمایی ۲۵ درجه سلسیوس و تحت شرایط تناوب نوری، ۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت نور نزدیک به فرابنفش به مدت هفت روز استفاده شد (Ariyawansa et al. 2015; Ara et al. 2020).

برای بررسی ریخت‌شناختی جدایه‌ها، صفات ماکروسکوپی و میکروسکوپی از جمله رنگ و شکل پرگنه، ابعاد و تزیینات آسکوکارپ، آسک، آسکوسپور، کنیدیوم‌بر و کنیدیوم‌ها روی محیط‌های کشت PDA و OA مورد بررسی قرار گرفتند. به منظور بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناختی هر جدایه، اسلایدهای میکروسکوپی هر یک در محلول لاکتوفنل، اسید لاکتیک ۹۰ درصد و کاتن‌بلو-لاکتوفنل تهیه شدند. سپس، اسلایدها زیر میکروسکوپ نوری الیمپوس (Olympus, Japan) مدل BH2 مورد بررسی قرار گرفتند. حداقل ۳۰ مورد از هر یک از اندام‌های قارچی اندازه‌گیری شدند. عکس اندام‌های مربوط به جدایه‌های قارچی با استفاده از میکروسکوپ مجهز به دوربین مدل DSC-H9 تهیه شد.

- شناسایی مولکولی

در بررسی‌های مولکولی، به منظور تهیه توده میسلیمی مورد نیاز برای استخراج DNA، جدایه‌های قارچی درون تشتک‌های پتری حاوی محیط کشت PDA کشت شدند و درون انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سلسیوس و به مدت هفت روز نگهداری گردیدند و بعد از رشد کافی جهت استخراج DNA مورد استفاده قرار گرفتند. جهت استخراج DNA ژنومی، از روش ژانگ و استفنسون (Zhong & Steffenson 2001) با اندکی تغییرات استفاده شد. برای تکثیر ناحیه ITS1-5.8S-ITS2 از rDNA هسته‌ای، از آغازگرهای ITS1 و ITS4 استفاده شد (White et al. 1990). مخلوط هر واکنش PCR با حجم ۲۵ میکرولیتر شامل ۱۱ میکرولیتر آب دیونیزه سترون، ۱۰ میکرولیتر بافر آماده واکنش، ۰/۲ پیکومول از هر آغازگر و حدود ۲۰ نانوگرم/میکرولیتر DNA تهیه شد. واکنش PCR در دستگاه ترموسایکلر (Eppendorf, Germany) و با ۳۵ چرخه تحت شرایط واسرشت‌سازی اولیه در دمای ۹۴ درجه سلسیوس به مدت ۵ دقیقه، واسرشت‌سازی در دمای ۹۴ درجه سلسیوس به مدت ۳۰

قارچی از بافت آلوده گیاهی، از روش جداسازی ارایه شده توسط رفایی و همکاران (Refaei et al. 2011)، با اندکی تغییرات استفاده شد. برای این منظور، جهت ضدعفونی سطحی، ابتدا نمونه‌ها به صورت جداگانه زیر جریان ملایم آب شیر به مدت ۱۵ دقیقه شسته شدند. سپس قطعاتی به ابعاد ۳ × ۳ سانتی‌متر از حدفاصل بخش‌های سالم و آلوده بریده شد و بعد به مدت دو دقیقه در اتانول ۷۰ درصد و پس از آن به مدت دو دقیقه در هیپوکلریت سدیم دو درصد و در نهایت به مدت سه دقیقه درون آب مقطر سترون با دو تکرار قرار داده شدند. برای ضدعفونی بافت برگ، مدت زمان این مراحل به ۳۰ ثانیه کاهش پیدا کرد. در نهایت، قطعات گیاهی ضدعفونی شده بین دو لایه کاغذ صافی سترون خشک شدند و درون تشتک‌های پتری حاوی محیط کشت آب-آگار (WA) دو درصد منتقل گردیدند. در این مرحله، دو تکرار از هر نمونه آلوده گیاهی کشت شد و هر تشتک پتری حاوی چهار قطعه چوب و یا برگ بود. تشتک‌های پتری تلقیح شده به درون انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سلسیوس و تحت شرایط تناوب نوری ۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت نور نزدیک به فرابنفش منتقل شدند و روزانه مورد بررسی قرار گرفتند. جهت خالص‌سازی جدایه‌های قارچی، ریشه‌های رشد کرده از حاشیه بافت‌های گیاهی به طور جداگانه و توسط سوزن‌های کشت ظریف و سترون برداشته شد و داخل تشتک‌های پتری جدید حاوی محیط کشت سیب زمینی-دکستروز-آگار (PDA) حاوی آنتی‌بیوتیک پنی‌سیلین منتقل و درون انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سلسیوس و با تناوب نوری ۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت نور نزدیک به فرابنفش نگهداری شدند.

- بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناختی

پس از شناسایی جدایه‌های قارچی در سطح جنس، از حاشیه پرگنه‌های خالص و در حال رشد قارچ، قرص‌های میسلیمی به قطر پنج میلی‌متر توسط چوب‌پنبه سوراخ کن (cork borer) برداشته و به تشتک‌های پتری حاوی محیط کشت متناسب با نوع جنس قارچی مورد مطالعه، منتقل گردیدند. تعیین گونه جدایه‌های مربوط به دو جنس *Dichotomopilus* و *Staphylotrichum* روی محیط کشت آرد یولاف-آگار (OA) در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و تحت شرایط تناوب نوری ۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت نور نزدیک

1- *Ovatospora brasiliensis* (Bat. & Pontual) X. Wei Wang & Samson (2016)

نمونه بررسی شده: جدایه UTF20 (ABRIICC 10355)، به دست آمده از لکه‌برگی درخت مو، کرج، البرز، 35°48'16.1"N 50°59'48.8"E، تابستان ۱۳۹۹.

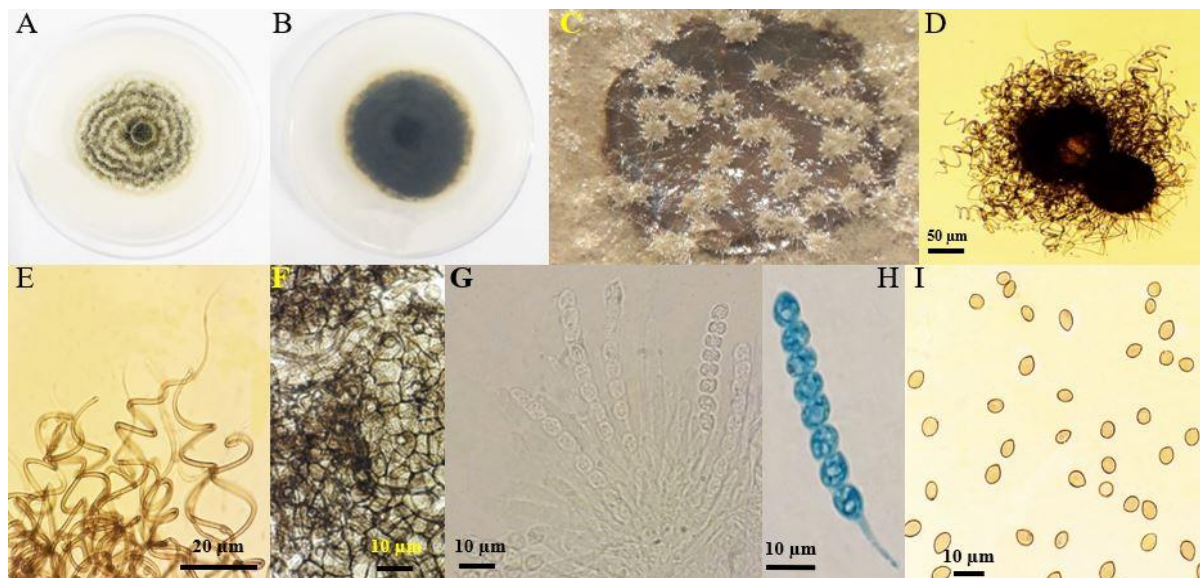
پرگنه در این گونه نسبتاً کند رشد و قطر آن روی محیط کشت PDA در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و تحت شرایط تناوب نوری ۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت نور نزدیک به فرابنفش پس از هفت روز، ۴۵ میلی‌متر بود. پرگنه قارچ روی محیط کشت PDA دارای میسلیم‌های هوایی یک شکل، به رنگ زرد نخودی تا زیتونی کم‌رنگ، با حاشیه موج‌دار و با حالت گل‌سرخ بود. سطح پشتی پرگنه به رنگ سبز خاکستری تا سیاه بود. ریشه‌های رویشی به رنگ قهوه‌ای کم‌رنگ و دارای سطح صاف بودند. آسکوکارپ از نوع پریتسیوم، به رنگ خاکستری، پراکنده و در بین حلقه‌های توده‌ای میسلیم‌ها (*floccose*) در سطح محیط کشت تشکیل شدند. پریتسیوم کروی و دارای دهانه و اندازه آن‌ها (۱۱۰) ۱۳۵-۸۵ × (۱۱۵) ۱۴۰-۹۰ میکرومتر بود. بافت پیراپوش (*peridium*) پریتسیوم‌ها صاف، به رنگ خاکستری کم‌رنگ، دارای سلول‌های کم و بیش زاویه‌دار (*textura angularis*) تا به هم پیچیده (*textura intricata*) بود. زواید انتهایی آسکوکارپ دارای دیواره عرضی، به رنگ قهوه‌ای کم‌رنگ، موج‌دار، گاهی پیچ‌خورده و قطر آن‌ها ۳ تا ۸ میکرومتر اندازه‌گیری شد. زواید کناری آسکوکارپ به شکل موج‌دار، دارای دیواره عرضی که در انتها باریک شدند. آسک‌ها ناپایدار و شکننده به صورت دسته‌ای، استوانه‌ای شکل، بی‌رنگ، تک‌جداره، در انتها گرد و به ابعاد (۶/۵) ۵/۷-۵/۵ × (۴۰/۵) ۴۸-۳۳ میکرومتر بودند. پایه آسک باریک و به طول ۵ تا ۱۶ میکرومتر اندازه‌گیری شد. آسکوسپورها به تعداد هشت عدد در یک ردیف در داخل آسک قرار داشتند. آسکوسپورها تک‌سلولی، دارای منفذ تندشی، بیشتر تخم‌مرغی تا بیضوی و دارای سطح صاف بودند. رنگ آسکوسپورها در مراحل اولیه تشکیل بی‌رنگ و سپس در مرحله بلوغ به رنگ قهوه‌ای در آمدند. ابعاد آسکوسپورها (۶/۵) ۷-۵ × (۷) ۸-۶ میکرومتر اندازه‌گیری شد. در این جدایه، مرحله تولیدمثل غیرجنسی مشاهده نشد (شکل ۱).

ثانیه، اتصال در دمای ۵۶ درجه سلسیوس به مدت ۴۵ ثانیه، بسط در دمای ۷۲ درجه سلسیوس به مدت ۳۰ ثانیه و بسط نهایی در دمای ۷۲ درجه سلسیوس و به مدت ۱۰ دقیقه انجام گردید. پس از اتمام واکنش، به منظور ارزیابی محصولات تکثیر شده در PCR، از ژل آگاروز یک درصد به همراه نشانگر اندازه DNA ۱۰۰ جفت بازی (*ladder mix*) ساخت شرکت SMOBIO و رنگ آمیزی با اتیدیوم بروماید یک درصد استفاده گردید. محصولات تکثیر شده برای خالص‌سازی و تعیین توالی به شرکت کدون (آزمایشگاه ژنتیک کدون، ایران) ارسال گردید. توالی‌ها با استفاده از نرم‌افزار Chromas (Ver. 2.6.6) مشاهده و ویرایش شدند. توالی‌های به دست آمده با استفاده از ابزار جستجوی BLAST (Altschul et al. 1990)، در بانک ژن (NCBI) مورد بررسی قرار گرفتند. در نهایت، توالی‌های به دست آمده به همراه ۵۲ توالی اخذ شده از بانک ژن (*Saccharomyces cerevisiae*) (جدول ۱) و با استفاده از نرم‌افزار ClustalW (Tamura et al. 2013) (Ver. 6.0) مرتب و هم‌ردیف‌سازی شدند.

ارزیابی و مقایسه توالی‌ها و ترسیم تبارنمای فیلوژنتیکی به روش maximum-likelihood (ML) و با استفاده از الگوریتم Close-Neighbor-Interchange (CNI) (Nei & Kumar 2000) انجام شد. ارزیابی پایداری تبارنماها با استفاده از شاخص اعتبارسنجی (*bootstrap*) و با ۱۰۰۰ تکرار انجام گردید (Felsenstein 1985). تمام توالی‌های به دست آمده در این تحقیق، در پایگاه بانک ژن (NCBI) ثبت و رس‌شمار برای آن‌ها اخذ گردید. نتایج به دست آمده با بررسی ریخت‌شناختی جدایه‌ها ترکیب و در نهایت نام گونه‌ها تعیین شد. تمام جدایه‌های به دست آمده در کلکسیون بیماری‌شناسی گیاهی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران و همچنین بانک میکروبی پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی (ABRII)، کرج، نگهداری می‌شوند.

نتیجه

در این تحقیق، چهار گونه قارچی براساس ویژگی‌های ریخت‌شناختی و مولکولی (شکل ۵) مورد شناسایی قرار گرفتند که ویژگی‌های هر یک از آن‌ها به شرح زیر است:



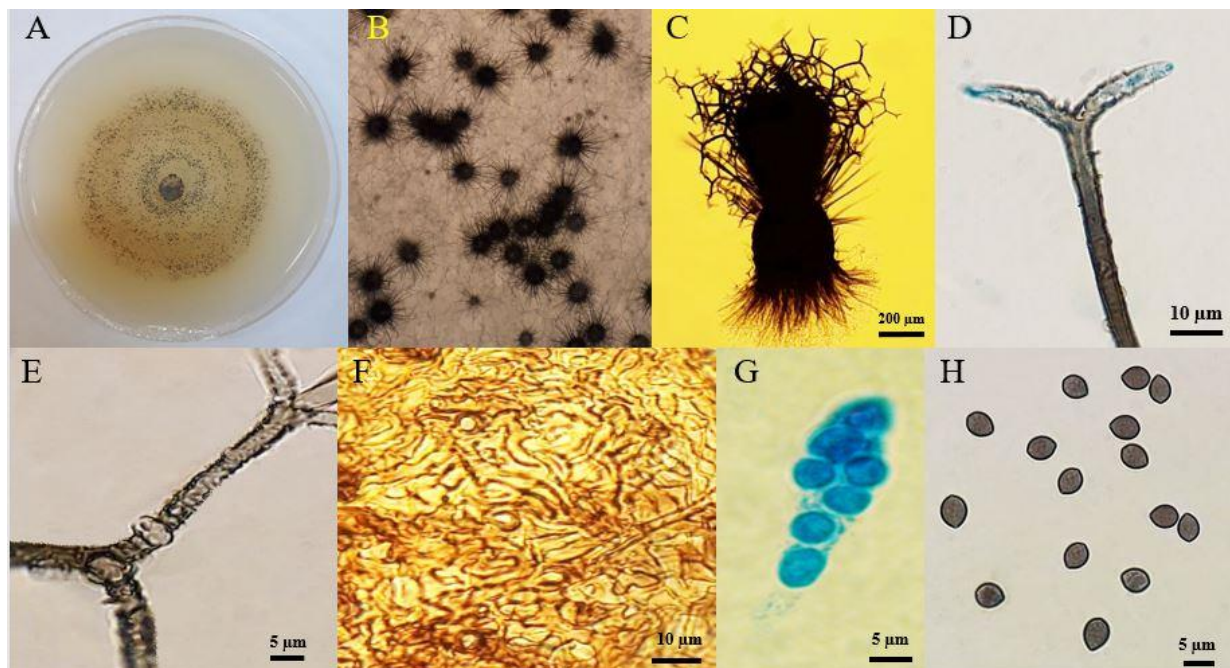
شکل ۱- گونه *Ovatospora brasiliensis*, جدایه UTF20: A-B. سطح رویی (بالا) و پشتی (پایین) پرگنه قارچ روی محیط کشت PDA پس از گذشت هفت روز، C-D. پریتسیوم‌ها، E. زواید انتهایی پیچ‌خورده، F. بافت پیراپوش، G-H. آسک‌های بالغ و نابالغ، I. آسکوسپورها.

Fig. 1. *Ovatospora brasiliensis*, isolate UTF20: A-B. Upper (top) and reverse (bottom) sides of the colony on PDA after seven days, C-D. Perithecia, E. Coiled terminal hairs, F. Peridium, G-H. Mature and immature Asci, I. Ascospores.

در این گونه، قطر پرگنه قارچ روی محیط کشت OA در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و تحت شرایط تناوب نوری ۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت نور نزدیک به فرابنفش پس از هفت روز، ۶۵ میلی‌متر بود. در محیط کشت OA، ریشه‌ها بیشتر در محیط کشت فرورفته بودند و میسلیم‌های هوایی معدود و کم‌تراکم تشکیل شدند. حاشیه پرگنه به رنگ سفید تا زرد کم‌رنگ بود. میسلیم‌ها به رنگ زرد متمایل به قهوه‌ای بودند. میسلیم‌ها دارای دیواره عرضی و به قطر ۳ الی ۵ میکرومتر اندازه‌گیری شد. این گونه هموتال است و بعد از گذشت پنج روز، پریتسیوم‌ها به صورت سیاه رنگ در مرکز پرگنه تشکیل شدند. پریتسیوم‌ها به صورت منفرد و یا در دسته‌هایی در سطح محیط کشت تشکیل گردیدند و بعد از گذشت ۷-۵ روز بالغ شدند. با مسن شدن پریتسیوم‌ها آسکوسپورها به تدریج به صورت فتیله‌های سیاه رنگ از دهانه پریتسیوم‌ها به بیرون تراوش کردند. در ابتدا، پریتسیوم‌های جوان کروی و دارای موهای ساده بودند که به تدریج به هنگام بلوغ موهای نیمه بالایی پریتسیوم در انتها به صورت دوشاخه‌ای منشعب شدند. پریتسیوم، دارای استیول، به رنگ سبز تیره تا سیاه، کروی تا تخم‌مرغی شکل و به ابعاد (۱۳۰-۱۴۵) × (۱۱۵-۱۳۵) میکرومتر بود. بافت پیراپوش صاف، به رنگ قهوه‌ای کم‌رنگ، دارای سلول‌های کم و بیش زاویه‌دار تا به هم پیچیده بود.

ویژگی‌های ریخت‌شناختی این جدایه با توصیف گونه *Ovatospora brasiliensis* ارائه شده توسط وانگ و همکاران (Wang et al. 2016) مطابقت داشت. این گونه سابقاً از زیستگاه‌های مختلف شامل پارچه کنفی مرطوب (moist jute cloth) توسط وانگ و همکاران (Wang et al. 2016)، میگوی خشک شده (dried water shrimp) توسط آرا و همکاران (Ara et al. 2020) و همچنین از خاک کشاورزی توسط آل-دوساری و همکاران (Al-Dossary et al. 2021) گزارش شده است. در این پژوهش، درخت مو به عنوان میزبان جدیدی برای این گونه در دنیا و گونه *O. brasiliensis* آرایه جدیدی برای فونگای ایران گزارش می‌شوند. جدایه UTF20 در کلکسیون بخش بیماری‌شناسی گیاهی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج نگهداری می‌شود.

۲- *Dichotomopilus erectus* (Skolko & J.W. Groves) X. Wei Wang & Samson (2016)
 نمونه بررسی شده: جدایه UPD1 (ABRIICC 10354)، به دست آمده از لکه‌برگی درخت سرو زربین، علی‌آباد کتول، گلستان، 36°54'35.6"N 54°51'58.8"E. پاییز ۱۳۹۹.



شکل ۲- گونه *Dichotomopilus erectus*, جدایه UPD1: A. پرگنه قارچ روی محیط کشت OA پس از گذشت هفت روز، B. پریتسیوم‌های تشکیل شده در سطح محیط کشت OA، C. پریتسیوم به همراه زواید مو مانند و ریزویدها، D. انشعابات دوشاخه‌ای شکل در انتهای زایده، E. تزئینات سطح زواید انتهایی، F. بافت پیراپوش، G-H. آسک و آسکوسپورها.

Fig. 2. *Dichotomopilus erectus*, isolate UPD1: A. Colony on OA after seven days, B. Perithecia formed on the surface of the OA culture medium. C. Perithecia with hairs and rhizoids, D. Dichotomous branching at the end of the hair, E. Surface decorations of the terminal hairs, F. Peridium, G-H. Ascus and ascospores.

ویژگی‌های ریخت‌شناختی این جدایه با توصیف گونه *Chaetomium erectum* ارایه شده توسط اسکالکو و گرووس (Skolko & Groves 1948) مطابقت داشت. وانگ و همکاران (Wang et al. 2016) گونه *C. erectum* را به جنس *Dichotomopilus* منتقل و تحت نام *D. erectus* معرفی کردند. جنس *Dichotomopilus* براساس ویژگی‌های موهای انتهایی آسکوکارپ، که معمولا دوشاخه‌ای و منشعب هستند، از جنس *Chaetomium* متمایز می‌گردد (Wang et al. 2016). این گونه نخستین بار از بذر گیاه جعفری جداسازی و توصیف گردید (Skolko & Groves 1948). همچنین، از بذر جوی دوسر به عنوان قارچ بذربرد (Hansing & Hartley 1966) و از برگ‌های مرده گیاه بوهینیا (*Bauhinia* sp.) توسط کِرانز (Kranz 1965) نیز گزارش شده است. در این پژوهش، سرو زربین به عنوان میزبان جدیدی برای این قارچ در دنیا و گونه *D. erectus* آرایه جدیدی برای فونگای ایران گزارش می‌شوند. جدایه UPD1 در کلکسیون بخش بیماری‌شناسی گیاهی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج نگهداری می‌شود.

قسمت قاعده‌ای آسکوکارپ دارای ریزویدهای فراوان، واجد دیواره عرضی و به رنگ قهوه‌ای تیره بود که محکم به محیط کشت چسبیده بودند. موهای نیمه بالایی پریتسیوم به رنگ تیره، دارای رنگ روشن‌تر در قسمت نوک و دارای دیواره عرضی بودند. این موها به طور مشخص چندین بار منشعب شده و در انتها اغلب دوشاخه‌ای به ابعاد $5-6(5/5) \times 30-40(350)$ میکرومتر اندازه‌گیری شد. این موها همچنین، دارای دیواره ضخیم و دارای تزئینات تاول مانند، فنجان‌ی شکل، حلقوی و گاهی اوقات پاره شده در سطح خود بودند. آسک‌ها، گریزی شکل، بی‌رنگ، دسته‌ای، واجد پایه و به ابعاد $9-12(10/5) \times 18-28(23)$ میکرومتر بودند. هر آسک حاوی هشت آسکوسپور که در یک یا دو ردیف و در داخل آسک قرار گرفته بودند. آسکوسپورهای بالغ، تک‌سلولی، به رنگ قهوه‌ای تیره، بیضوی تا تخم‌مرغی شکل با دیواره ضخیم، دارای سطح صاف و در دو انتها نوک تیز و به ابعاد $5-6(5/5) \times 5-7(6/5)$ میکرومتر بودند. در این جدایه، مرحله تولیدمثل غیرجنسی مشاهده نشد (شکل ۲).

روز از تشکیل پریتسیوم، متلاشی و ناپدید شدند. با افزایش سن پریتسیوم‌ها، آسکوسپورها به تدریج به صورت فتیله‌های سیاه رنگ با تراکم زیاد از دهانه پریتسیوم‌ها به بیرون تراوش کردند. آسک‌های ناپایدار، دارای هشت آسکوسپور که به طور نامنظم داخل آن قرار گرفتند. طول پایه آسک ۱۲-۴ میکرومتر بود. آسکوسپورها چماقی تا دوکی شکل، بی‌رنگ، به ابعاد (۱۸)۲۵-۱۱ × (۲۷)۳۲-۲۲ میکرومتر اندازه‌گیری شدند. آسکوسپورها تک‌سلولی، در ابتدا بی‌رنگ و در مرحله بلوغ به رنگ قهوه‌ای تا قهوه‌ای زیتونی، به شکل‌های لیمویی تا کروی، مسطح و در هر دو انتها دارای دمک (biapiculate) بودند. در مرحله تولیدمثل غیرجنسی، سلول کنیدیوم‌زا بی‌رنگ، افراشته و به صورت انتهایی و یا جانبی از ریشه منشاء گرفته بود. کنیدیوم‌ها کروی، تخم‌مرغی تا گلابی شکل، بی‌رنگ تا زیتونی بوده و در انتهای سلول‌های کنیدیوم‌زا تشکیل می‌شدند. ابعاد آن‌ها (۹)۱۲-۶ × (۱۰) ۱۳-۷ میکرومتر اندازه‌گیری شد (شکل ۳).

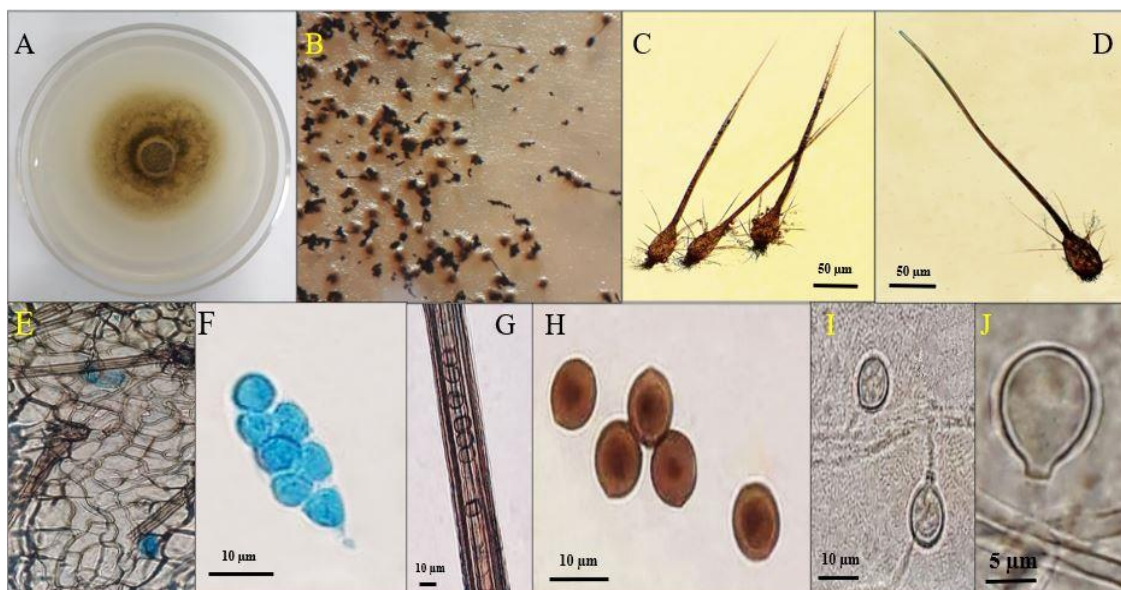
ویژگی‌های ریخت‌شناختی این جدایه با توصیف گونه *Staphylotrichum longicolle* ارایه شده توسط وانگ و همکاران (Wang et al. 2019) مطابقت داشت. این گونه بیشتر در خاک یافت می‌شود (Agnihotrudu 1958). در تحقیقی، عبدالله و آزو (Abdullah & Azzo 2015) این گونه را از خاک باغ‌های مو در کشور عراق جداسازی کردند. همچنین، این گونه از ریشه‌های مرده گیاه جوکارا (*Euterpe edulis*) و کاتالیای گورخری (*Calathea zebrina*) و از آب شیرین در برزیل نیز جداسازی شده است (Barbosa et al. 2012). در این پژوهش، علف قناری به عنوان میزبان جدیدی برای این قارچ در دنیا و گونه *S. longicolle* آرایه جدیدی برای فونگای ایران گزارش می‌شوند. جدایه NMM 150 در کلکسیون بخش بیماری‌شناسی گیاهی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج نگهداری می‌شود.

۳- *Staphylotrichum longicolle* (Krzemien. & Badura) X. –

Wei Wang & Houbraken (2018)

نمونه بررسی شده: جدایه NMM 150 (ABRIICC 10340)، به دست آمده از علائم نکرور ساقه علف قناری، روستای پایین کلا، ساری، مازندران، 36°29'25.4"N 53°07'36.2"E، تابستان ۱۳۹۹.

این گونه به خوبی روی محیط کشت OA رشد کرد و میزان رشد پرگنه قارچ در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و تحت شرایط تناوب نوری ۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت نور نزدیک به فرابنفش پس از هفت روز، ۵۵ میلی‌متر بود. در محیط کشت OA، میسلیم‌های هوایی در ابتدا کم‌تراکم و به رنگ سفید بود ولی به مرور به رنگ زرد تا زرد کهربایی درآمدند. حاشیه پرگنه صاف و به رنگ سفید بود. این گونه هموتال است و بعد از گذشت سه روز، پریتسیوم‌ها به صورت نقاط قهوه‌ای رنگ و با گردن طویل در مرکز پرگنه تشکیل شدند. پریتسیوم‌ها به صورت منفرد و یا در دسته‌های دو تا سه تایی در سطح محیط کشت تشکیل شدند. در این گونه پریتسیوم‌ها در سطح محیط کشت و در بین میسلیم‌های هوایی تشکیل شدند. پریتسیوم‌ها غشایی، به شکل گلدانی (vase-shaped) با گردن طویل، به رنگ قهوه‌ای روشن تا قهوه‌ای تیره و به ابعاد (۵۷/۵)۷۰-۴۵ × (۷۵۰)۱۱۰۰-۴۰۰ میکرومتر بودند. موهای انتهایی پریتسیوم دارای دیواره عرضی و دهانه پریتسیوم را احاطه کرده و کانالی را تشکیل داده که آسکوسپورها به صورت ستونی از میان آن خارج شدند. طول گردن پریتسیوم تا ۴۵۰ میکرومتر و عرض آن تا ۲۰ میکرومتر اندازه‌گیری شد. موهای انتهایی در انتهای کانال گاهی به هم چسبیده و یا از یکدیگر جدا و به شکل شلاق درآمدند. موهای جانبی پریتسیوم دارای دیواره عرضی، در انتها باریک و تیز، به رنگ قهوه‌ای و تا ۱۲۰ میکرومتر اندازه‌گیری شدند. بافت پیراپوش صاف، به رنگ قهوه‌ای کم‌رنگ، دارای سلول‌های کم و بیش زاویه‌دار و استوانه‌ای شکل بود. آسک‌ها ناپایدار و بعد از گذشت شش

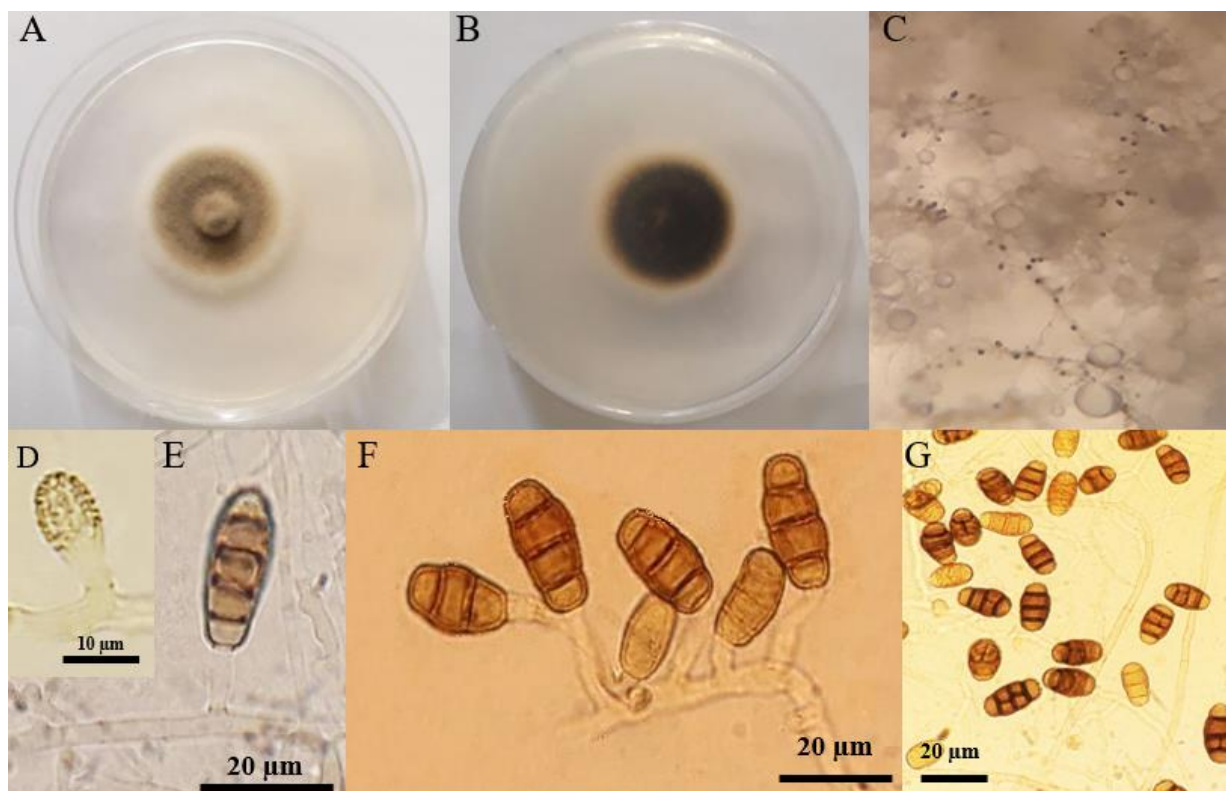


شکل ۳- گونه *Staphylotrichum longicolle* جدایه NMM 150: A. پرگنه قارچ روی محیط کشت OA پس از گذشت هفت روز، B-D. پریتسیوم‌ها، E. بافت پیراپوش، F. آسک، G. کانال ایجاد شده توسط موهای انتهایی، H. آسکوسپورها، I-J. سلول کنیدیوم‌ها و کنیدیوم‌ها.
Fig. 3. *Staphylotrichum longicolle*, isolate NMM 150: A. Colony on OA after seven days, B-D. Perithecia, E. Peridium, F. Asci, G. Terminal hairs forming a channel, H. Ascospores, I-J. Conidiogenous cell and conidia.

استوانه‌ای شکل، به رنگ قهوه‌ای تیره، در ابتدا دارای خارهای ظریف (spinulose) و در نهایت سطح کنیدیوم زگیل‌دار شد. کنیدیوم‌ها دارای ۳ تا ۴ دیواره عرضی و ۱ تا ۲ دیواره طولی، در محل دیواره‌ها دارای فرورفتگی و اندازه آن‌ها $(1.0/5) \times 9-12$ (۱۸) - ۲۱ - ۱۵ میکرومتر بود. در این جدایه، مرحله تولیدمثل جنسی مشاهده نشد (شکل ۴).

ویژگی‌های ریخت‌شناختی این جدایه با توصیف گونه *Pseudopithomyces chartarum* ازایه شده توسط جایاسیری و همکاران (Jayasiri et al. 2018) مطابقت داشت. پرلو و همکاران (Perelló et al. 2017) این گونه را از بذر گیاه گندم جداسازی کردند و بیماری‌زایی و قابلیت تولید چند توکسین توسط این گونه را به اثبات رساندند. میزبان‌های زیادی برای این قارچ در دنیا گزارش شده است که می‌توان به درخت زمرد (*Radermachera sinica*)، بوهینیا (*Bauhinia* sp.)، سوبابل (*Leucaena* sp.) و مگنولیای سفید (*Magnolia grandiflora*) اشاره کرد (Jayasiri et al. 2018). این گونه، برای نخستین بار از درخت آلو بخارا در دنیا و گونه *P. chartarum* ازایه جدیدی برای فونگای ایران گزارش می‌شوند. جدایه UTP65 در کلکسیون بخش بیماری‌شناسی گیاهی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج نگهداری می‌شود.

۴- *Pseudopithomyces chartarum* (Berk. & M.A. Curtis)
 Jin F. Li, Ariyaw. & K.D. Hyde, Fungal Diversity 75: 66 (2015)
 نمونه بررسی شده: جدایه UTP65 (ABRIICC 10356)، به دست آمده از شاخه‌های چندساله و دارای علایم شانکر درخت آلو بخارا، بندر انزلی، گیلان، $37^{\circ}27'51.2''N 49^{\circ}28'02.3''E$ ، پاییز ۱۳۹۹.
 جدایه این قارچ روی محیط کشت PDA رشد کندی داشت، به طوری که قطر پرگنه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و تحت شرایط تناوب نوری ۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت نور نزدیک به فرابنفش پس از هفت روز، ۳۵ میلی‌متر بود. پرگنه قارچ، پنبه‌ای و ابتدا به رنگ سفید بود ولی بعد از مدتی به رنگ خاکستری روشن تغییر کرد. سطح پشتی پرگنه به رنگ سبز زیتونی متمایل به سیاه قابل مشاهده بود. حاشیه پرگنه منظم و به رنگ سفید بود. در این گونه، هاگ‌زایی روی محیط کشت PDA بعد از دو هفته اتفاق افتاد. کنیدیوم‌ها از نوع کم‌تمایز (micronematous) و یا نیمه‌تمایز (semi-macronematous)، دارای دیواره‌های عرضی و سطح صاف، بیشتر به صورت منفرد، گاهی منشعب و به ابعاد $(2/5) \times 3-2$ (۸) - ۱۱ - ۵ میکرومتر است. سلول کنیدیوم‌ها از نوع مونوبلاستیک و یا پلی‌بلاستیک، به رنگ قهوه‌ای روشن بود. کنیدیوم‌ها منفرد، چندسلولی، تخم‌مرغی تا



شکل ۴- گونه *Pseudopithomyces chartarum* جدایه UTP65: A-B. سطح رویی (بالا) و پشتی (پایین) پرگنه قارچ روی محیط کشت PDA پس از گذشت هفت روز، C. الگوی کنیدیومزایی روی محیط کشت PDA، D. سلول کنیدیومزا به همراه کنیدیوم نابالغ با سطح دارای خارهای ظریف، E-G. کنیدیوم‌بر به همراه کنیدیوم‌ها.

Fig. 4. *Pseudopithomyces chartarum*, isolate UTP65: A-B. Upper (top) and reverse (bottom) sides of the colony on PDA after seven days, C. Sporulation pattern on PDA, D. Conidiogenous cell and immature conidium with spinulose ornamentation, E-G. Conidiophores and conidia.

جدول ۱- توالی‌های نواحی ITS استفاده شده در این مطالعه برای ترسیم تبارنمای فیلوژنتیکی

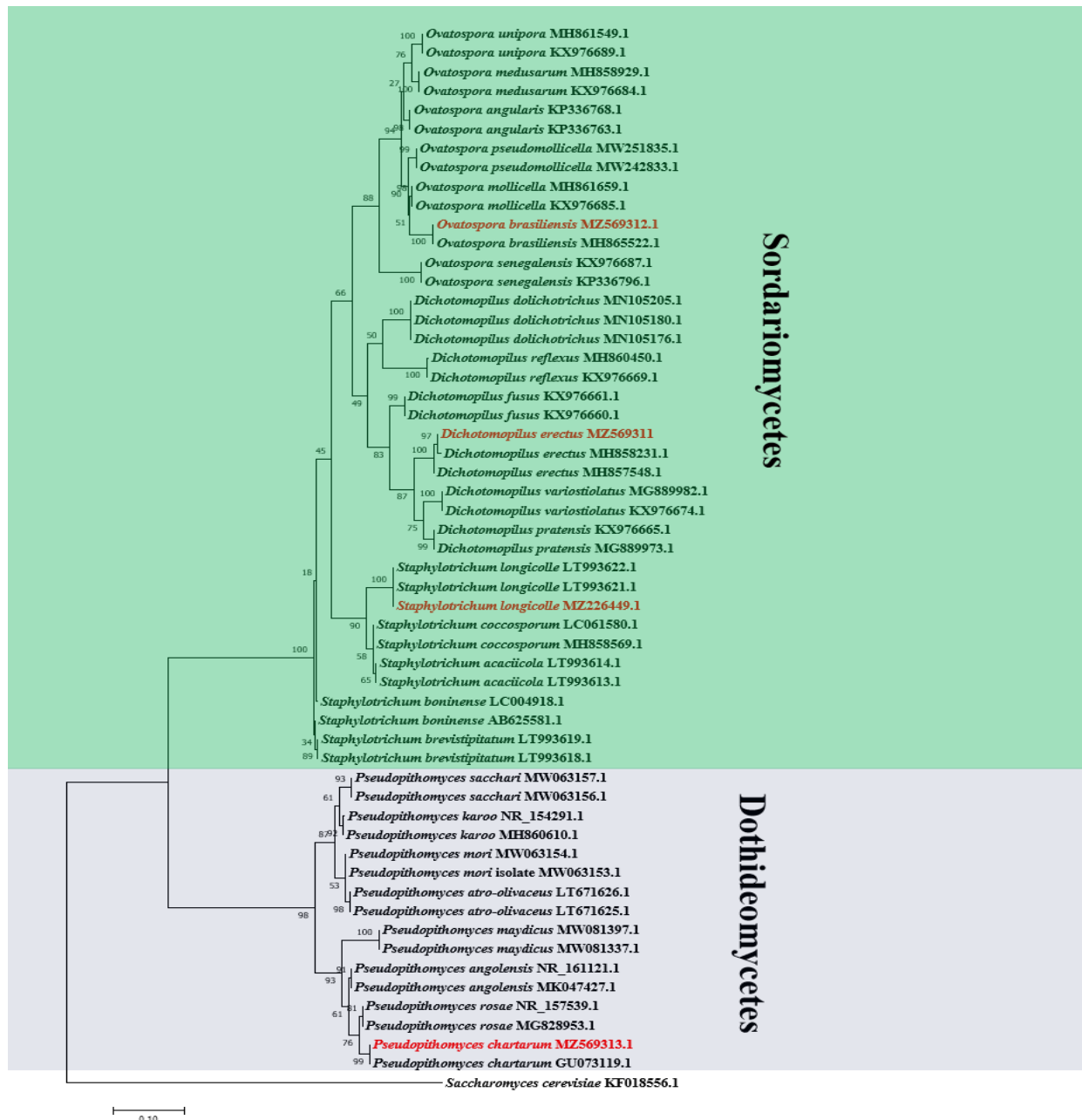
Table 1. ITS regions sequences used in this study for the construction of the phylogenetic tree

آرایه (Taxon)	جدایه (Isolate)	رسم‌شمار در بانک ژن (GenBank accession No. of ITS sequence)	منبع (Reference)
<i>Ovatospora unipora</i>	CBS 109.83	MH861549.1	Vu <i>et al.</i> (2018)
<i>O. unipora</i>	CBS 109.83	KX976689.1	Wang <i>et al.</i> (2016)
<i>O. medusarum</i>	CBS 148.67	MH858929.1	Vu <i>et al.</i> (2018)
<i>O. medusarum</i>	CBS 148.67	KX976684.1	Wang <i>et al.</i> (2016)
<i>O. angularis</i>	LC3973	KP336768.1	Zhang <i>et al.</i> (2017)
<i>O. angularis</i>	LC3908	KP336763.1	Zhang <i>et al.</i> (2017)
<i>O. pseudomollicella</i>	Unknown	MW251835.1	Shaikh <i>et al.</i> (2020)
<i>O. pseudomollicella</i>	AN22	MW242833.1	Shaikh <i>et al.</i> (2020)
<i>O. mollicella</i>	CBS 583.83	MH861659.1	Vu <i>et al.</i> (2018)
<i>O. mollicella</i>	CBS 583.83	KX976685.1	Vu <i>et al.</i> (2018)
<i>O. brasiliensis</i>	UTF20	MZ569312.1	This study
<i>O. brasiliensis</i>	CBS 130174	MH865522.1	Vu <i>et al.</i> (2018)

Table 1 (contd)

جدول ۱ (ادامه)

<i>O. senegalensis</i>	CBS 728.84	KX976687.1	Wang <i>et al.</i> (2016)
<i>O. senegalensis</i>	CBS 728.84	KP336796.1	Zhang <i>et al.</i> (2017)
<i>Dichotomopilus dolichotrichus</i>	SL8_1_Single	MN105205.1	Franic <i>et al.</i> (2019)
<i>D. dolichotrichus</i>	SL5_31_C	MN105180.1	Franic <i>et al.</i> (2019)
<i>D. dolichotrichus</i>	SL5_11a_F1	MN105176.1	Franic <i>et al.</i> (2019)
<i>D. reflexus</i>	CBS 216.72	MH860450.1	Vu <i>et al.</i> (2018)
<i>D. reflexus</i>	CBS 141.56	KX976669.1	Wang <i>et al.</i> (2016)
<i>D. fusus</i>	CBS 114.83	KX976661.1	Wang <i>et al.</i> (2016)
<i>D. fusus</i>	CBS 372.66	KX976660.1	Wang <i>et al.</i> (2016)
<i>D. erectus</i>	UPD1	MZ569311.1	This study
<i>D. erectus</i>	CBS 111.63	MH858231.1	Vu <i>et al.</i> (2018)
<i>D. erectus</i>	CBS 140.56	MH857548.1	Vu <i>et al.</i> (2018)
<i>D. variostiolatus</i>	ChL-A42	MG889982.1	Xue (2018)
<i>D. variostiolatus</i>	DTO 319-B9	KX976674.1	Wang <i>et al.</i> (2016)
<i>D. pratensis</i>	CBS 804.83	KX976665.1	Wang <i>et al.</i> (2016)
<i>D. pratensis</i>	ChL-A44	MG889973.1	Xue (2018)
<i>Staphylotrichum longicolle</i>	Unknown	LT993622.1	Wang (2018)
<i>S. longicolle</i>	Unknown	LT993621.1	Wang (2018)
<i>S. longicolle</i>	NMM 150	MZ226449.1	This study
<i>S. coccosporum</i>	PF1460	LC061580.1	Igarashi & Hatano (2015)
<i>S. coccosporum</i>	CBS 281.65	MH858569.1	Vu <i>et al.</i> (2018)
<i>S. acaciicola</i>	Unknown	LT993614.1	Wang (2018)
<i>S. acaciicola</i>	Unknown	LT993613.1	Wang (2018)
<i>S. boninense</i>	PF1444	LC004918.1	Igarashi <i>et al.</i> (2014)
<i>S. boninense</i>	JCM 17909	AB625581.1	Nonaka <i>et al.</i> (2012)
<i>S. brevistipitatum</i>	Unknown	LT993619.1	Wang (2018)
<i>S. brevistipitatum</i>	Unknown	LT993618.1	Wang (2018)
<i>Pseudopithomyces sacchari</i>	NCYUCC 19-0299	MW063157.1	Tennakoon <i>et al.</i> (2021)
<i>P. sacchari</i>	MFLU 19-2791	MW063156.1	Tennakoon <i>et al.</i> (2021)
<i>P. karoo</i>	CBS 804.72	NR_154291	Da Cunha <i>et al.</i> (2014)
<i>P. karoo</i>	CBS 804.72	MH860610.1	Vu <i>et al.</i> (2018)
<i>P. mori</i>	NCYU 19-0183	MW063154.1	Tennakoon <i>et al.</i> (2021)
<i>P. mori</i>	MFLUCC 18-1630	MW063153.1	Tennakoon <i>et al.</i> (2021)
<i>P. atro-olivaceus</i>	MUCL 50391	LT671626.1	Guevara-Suarez <i>et al.</i> (2016)
<i>P. atro-olivaceus</i>	CBS 244.96	LT671625.1	Guevara-Suarez <i>et al.</i> (2017)
<i>P. maydicus</i>	5-F3	MW081397.1	Liu <i>et al.</i> (2020)
<i>P. maydicus</i>	4-F2	MW081337.1	Liu <i>et al.</i> (2020)
<i>P. angolensis</i>	Unknown	NR_161121.1	Groenewald & Crous (2018)
<i>P. angolensis</i>	CBS 145056	MK047427.1	Groenewald & Crous (2018)
<i>P. rosae</i>	MFLU 18-0109	NR_157539.1	Wanasinghe <i>et al.</i> (2018)
<i>P. rosae</i>	MFLUCC 15-0035	MG828953.1	Wanasinghe <i>et al.</i> (2018)
<i>P. chartarum</i>	UTP20	MZ569313.1	This study
<i>P. chartarum</i>	DH08111quan1	GU073119.1	Deng & Niu (2009)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	SA79	KF018556.1	Nadiah & Rosma (2013)



شکل ۵- تبارنمای فیلوژنتیکی ترسیم شده با استفاده از توالی نوکلئوتیدی ناحیه ITS1-5.8S-ITS2 در ۵۶ آرایه براساس روش maximum likelihood در نرم‌افزار MEGA 6.0. اعداد بالای هر شاخه درصد اعتبارسنجی از ۱۰۰۰ تکرار را نشان می‌دهند. گونه *Saccharomyces cerevisiae* (KF018556.1) به عنوان گروه خارجی استفاده شده است. جدایه‌های به دست آمده در این تحقیق با رنگ متفاوت (قرمز) مشخص شده‌اند.

Fig. 5. A maximum likelihood tree inferred from nucleotide sequence of ITS1-5.8S-ITS2 region in 56 taxa, generated by MEGA 6.0 software. The numbers on the branches are the bootstrap values of 1000 replications. *Saccharomyces cerevisiae* (KF018556.1) was used as out-group. The strains indicated in different color (red) are the strains that were obtained in this study.

بحث

جدایه‌های دیگر این گونه قرار گرفت. در کلاد دوم، جدایه‌های متعلق به گونه‌های *P. karoo*, *Pseudopithomyces sacchari*, *P. angolensis*, *P. maydicus*, *P. atro-olivaceus*, *P. mori* و *P. rosae* (*Didymosphaeriaceae*) قرار گرفتند. این کلاد، دارای حمایت اعتبارسنجی ۹۸ درصد بود و تمام اعضای این گروه به راسته *Pleosporales* از رده *Dothideomycetes* تعلق داشتند. جدایه به دست آمده از گونه *Pseudopithomyces chartarum* در این پژوهش، به خوبی و با حمایت اعتبارسنجی ۹۹ درصد در کنار جدایه‌های دیگر این گونه قرار گرفت.

در این تحقیق، علاوه بر صفات ریخت‌شناختی، توالی نواحی ITS، قادر به تفکیک گونه‌های قارچی شناسایی شده در سطح گونه بود و جدایه‌های مورد بررسی در کنار جدایه‌های تایید شده و مرتبط قرار گرفتند که تاییدکننده شناسایی ریخت‌شناختی گونه‌ها و همچنین نشان‌دهنده ارتباط آن‌ها با یکدیگر است.

براساس جدیدترین یافته‌های علمی مبتنی بر مطالعات تاکسونومیکی و فیلوژنتیکی تیره *Chaetomiaceae* که توسط وانگ و همکاران (Wang et al. 2022) انجام گرفت، نشان داده شد که با استفاده از تلفیق داده‌های مولکولی حاصل از نواحی ژنومی ITS، LSU، *rpb2* و *tub2* و همچنین ویژگی‌های ریخت‌شناختی جدایه‌های مورد مطالعه، در حال حاضر، ۵۰ جنس و ۲۷۵ گونه برای تیره مذکور پذیرفته شده است. همچنین در این پژوهش، شش جنس جدید، شش گونه جدید، ۴۵ ترکیب جدید (new combination) و سه نام جدید برای اعضای این تیره پیشنهاد شده است. گونه‌های گرمادوست مورد بررسی در این تحقیق در هفت جنس (*Remersonia*, *Mycothermus*, *Melanocarpus*) و *Thermothelomyces*, *Thermochaetoides*, *Thermocarpiscus* و *Thermothielavioides* قرار گرفتند.

در نهایت، براساس مجموعه صفات مورد بررسی در جدایه‌های قارچی به دست آمده، چهار جنس جدید برای فونگای ایران معرفی می‌شوند. همچنین، همه میزبان‌های گیاهی مورد بررسی، میزبان‌های گیاهی جدیدی (matrix nova) برای آرایه‌های قارچی شناسایی شده در این تحقیق، در دنیا می‌باشند. بنابراین، نتایج حاصل از این تحقیق، اطلاعات جدیدی را در مورد آرایه‌های قارچی ایران آرایه می‌نماید.

سپاسگزاری

نگارندگان از پرسنل محترم دانشگاه تهران به خاطر فراهم کردن محیطی مناسب برای انجام این پژوهش سپاسگزاری می‌نمایند.

در این تحقیق، بررسی تعدادی از قارچ‌های همراه با علایم شانکر، لکه‌برگی و نکروز ساقه برخی درختان و علف‌های هرز مدنظر قرار گرفت. پس از بررسی ریخت‌شناختی جدایه‌ها، ارزیابی فیلوژنتیکی آن‌ها براساس تعیین توالی ناحیه ژنومی ITS1-5.8S-ITS2 و ترسیم تبارنمای فیلوژنتیکی با استفاده از روش maximum likelihood انجام شد. در این تحقیق، توالی چهار جدایه به دست آمد، توالی ۵۲ جدایه تایید شد و یک جدایه به عنوان گروه خارجی اخذ شده از بانک ژن (NCBI) مورد بررسی قرار گرفت. طول نواحی ITS در جدایه‌های مختلف از ۵۰۰ تا ۶۰۰ جفت باز متغیر بود. در تبارنمای فیلوژنتیکی ترسیم شده با استفاده از توالی نواحی ITS (شکل ۵)، براساس نحوه انشعاب، جدایه‌ها در دو کلاد مجزا قرار گرفتند. تمام اعضای تبارنما به شاخه *Ascomycota* و اعضای کلادهای حاصل به دو رده *Sordariomycetes* و *Dothideomycetes* تعلق داشتند. گونه (*Saccharomyces cerevisiae* (KF018556.1) از رده *Saccharomycetes* به عنوان گروه خارجی استفاده شد.

اعضای کلاد یک در سه گروه مجزا قرار گرفتند. در گروه یک، جدایه‌های متعلق به گونه‌های *Ovatospora unipora*، *O. pseudomollicella*، *O. angularis*، *O. medusarum*، *O. senegalensis* و *O. brasiliensis*، *O. mollicella* (*Chaetomiaceae*) قرار گرفتند. این گروه، دارای حمایت اعتبارسنجی ۸۸ درصد بود و اعضای آن به راسته *Sordariales* از رده *Sordariomycetes* تعلق دارند. در این گروه، گونه *Ovatospora brasiliensis* به خوبی و با حمایت ۱۰۰ درصد در کنار جدایه‌های دیگر این گونه قرار گرفت. در گروه دوم جدایه‌های متعلق به گونه‌های *D. fusus*، *D. reflexus*، *Dichotomopilus dolichotrichus* (*Chaetomiaceae*)، *D. pratensis* و *D. variostiolatus*، *D. erectus* قرار گرفتند. این گروه، دارای حمایت اعتبارسنجی ۴۹ درصد بود و اعضای آن نیز به راسته *Sordariales* از رده *Sordariomycetes* تعلق دارند. جدایه به دست آمده از گونه *Dichotomopilus erectus* در این پژوهش، به خوبی و با حمایت اعتبارسنجی ۹۷ درصد در کنار جدایه‌های معتبر دیگر این گونه قرار گرفت. در گروه سوم، جدایه‌های متعلق به *S. coccosporum*، *Staphylotrichum longicolle* و *S. acaciicola* (*Chaetomiaceae*) قرار گرفتند. دو گونه *S. boninense* و *S. brevistipitatum* به خوبی از سایر گونه‌های جنس *Staphylotrichum* تفکیک نشدند. این گروه با حمایت اعتبارسنجی ۴۵ درصد از دو گروه دیگر تفکیک شد و تمام اعضای این گروه به راسته *Sordariales* از رده *Sordariomycetes* تعلق داشت. گونه *Staphylotrichum longicolle* مورد بررسی در این پژوهش، به خوبی و با حمایت اعتبارسنجی ۱۰۰ درصد در کنار

References

- Abdullah, S.K. & Azzo, N.M. 2015. Two new records of *Chaetomium* species isolated from soil under Grapevine plantations and a checklist of the genus in Iraq. *Journal of Agricultural Technology* 11(7): 1515–1522.
- Abdollahzadeh, J., Goltapeh, E.M., Javadi, A., Shams-Bakhsh, M., Zare, R. & Phillips, A.J.L. 2009. *Barriopsis iraniana* and *Phaeobotryon cupressi*: two new species of the Botryosphaeriaceae from trees in Iran. *Persoonia-Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi* 23(1): 1–8.
- Agnihotrudu, V. 1958. *Chaetoceratostoma* from the rhizosphere of some plants in south India. *Science and Culture* 23: 555–556.
- Al-Dossary, M., Raheem, S.S. & Almyah, M.K. 2021. Molecular identification of five species of family Chaetomiaceae (Sordariomycetes, Ascomycota) from Iraqi soil. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 22(3): 1277–1284.
- Altschul, S.F., Gish, W., Miller, W., Myers, E.W. & Lipman, D.J. 1990. Basic local alignment search tool. *Journal of Molecular Biology* 215: 403–410.
- Ara, I., Sultana, R., Chanda, I.F. & Alam, N. 2020. First report on *Ovatospora brasiliensis* from freshwater dried shrimp and prawn in Bangladesh. *International Journal of Fauna and Biological Studies* 7: 43–47.
- Ariyawansa, H.A., Hyde, K.D., Jayasiri, S.C., Buyck, B., Chethana, K.W., Dai, D.Q., ... & Spirin, V. 2015. Fungal Diversity Notes 111–252. Taxonomic and phylogenetic contributions to fungal taxa. *Fungal Diversity* 75(1): 27–274.
- Arzanlou, M. & Torbati, M. 2017. Powdery mildew on greengage (*Prunus domestica* subsp. *italica* var. *claudiana*) detected in Iran. *Australasian Plant Disease Notes* 12(1): 1–3.
- Arzanlou, M., Narmani, A., Moshari, S., Khodaei, S. & Babai-Ahari, A. 2013. *Truncatella angustata* associated with grapevine trunk disease in northern Iran. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 46(10): 1168–1181.
- Barbosa, F.R., Raja, H.A., Shearer, C.A. & Gusmão, L.F. 2012. Three *Chaetomium* species (Chaetomiaceae, Ascomycota) from the semi-arid region of Brazil. *SITIENTIBUS Série Ciências Biológicas* 12(1): 115–118.
- Cosgrove, L., McGeechan, P.L., Robson, G.D. & Handley, P.S. 2007. Fungal communities associated with degradation of polyester polyurethane in soil. *Applied and Environmental Microbiology* 73: 5817–5824.
- Crous, P.W., Luangsa-ard, J.J., Wingfield, M.J., Carnegie, A.J., Hernández-Restrepo, M., Lombard, L., Roux, J., ... & Groenewald, J.Z. 2018. Fungal Planet description sheets: 785–867. *Persoonia-Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi* 41(1): 238–417.
- Da Cunha, K.C., Sutton, D.A., Gene, J., Cano, J., Capilla, J., Madrid, H., Decock, C., Wiederhold N.P. & Guarro, J. 2014. *Pithomyces* species (Montagnulaceae) from clinical specimens: identification and antifungal susceptibility profiles. *Medical Mycology* 52(7): 748–757.
- Damm, U., Fourie, P.H., & Crous, P.W. 2010. *Coniochaeta (Lecythophora)*, *Collophora* gen. nov. and *Phaeomoniella* species associated with wood necroses of *Prunus* trees. *Persoonia-Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi* 24(1): 60–80.
- Deng, H. & Niu, Y.C. 2009. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucore/GU073119>.
- Ershad, D. 2009. *Fungi of Iran*. Agricultural Research Education and Extension Organization Press, Tehran, Iran.

- Felsenstein, J. 1973. Maximum likelihood and minimum-steps methods for estimating evolutionary trees from data on discrete characters. *Systematic Biology* 22(3): 240–249.
- Felsenstein, J. 1985. Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. *Evolution* 39(4): 783–791.
- Fernandes, L., Paiva, D., Roxo, I., Trovão, J., Bragança, H. & Portugal, A. 2021. First report of *Neousicocum luteum* as the causal agent of canker and die-back of *Cupressus sempervirens*. *Silva Lusitana* 29(2): 101–114.
- Franic, I., Prospero, S., Hartmann, M., Allan, E., Auger-Rozenberg, M.-A., Grunwald, N., Kenis, M., Roques, A., Schenider, S., Sniezko, R., Williams, W. & Eschen, R. 2019. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/MN105176.1>.
- Ghahremaninejad, F. & Nejad Falatoury, A. 2016. An update on the flora of Iran: Iranian angiosperm orders and families in accordance with APG IV. *Nova Biologica Reperta* 3(1): 80–107.
- Groenewald, J.Z. & Crous, P.W. 2018. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/NR_161121.1.
- Guevara-Suarez, M., Da Cunha, K. & Gene, J. 2016. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/LT671626.1>.
- Guevara-Suarez, M., Da Cunha, K. & Gene, J. 2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/LT671625.1>.
- Hansing, E.D. & Hartley, A. 1966. Oat seed fungi and their control. *Proceedings of the Association of Official Seed Analysts* 56: 143–147.
- Igarashi, M. & Hatano, M. 2015. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/LC061580.1>.
- Igarashi, M., Hatano, M. & Momose, I. 2014. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/LC004918.1>.
- Jayasiri, S.C., Hyde, K.D., Jones, E.B.G., McKenzie, E.H.C., Jeewon, R., Phillips, A.J.L., Bhat, D.J., Wanasinghe, D.N., Liu, J.K., Lu, Y.Z., Kang, J.C., Xu, J. & Karunarathna, S.C. 2019. Diversity, morphology and molecular phylogeny of Dothideomycetes on decaying wild seed pods and fruits. *Mycosphere* 10: 1–186.
- Karácsony, Z., Knapp, D.G., Lengyel, S., Kovács, G.M. & Váczy, K.Z. 2021. The fungus *Kalmusia longispora* is able to cause vascular necrosis on *Vitis vinifera*. *PloS One* 16(10): e0258043.
- Kranz, J. 1965. Fungi collected in the Republic of Guinea, III. Collections from the Kindia area in 1963/64, and host index. *Sydowia* 19: 92–107.
- Kraus, C., Damm, U., Bien, S., Voegelé, R.T. & Fischer, M. 2020. New species of *Phaeomoniellales* from a German vineyard and their potential threat to grapevine (*Vitis vinifera*) health. *Fungal Systematics and Evolution* 6(1): 139–155.
- Mäkelä, M.R., Hildén, K.S. & Vries, R.P.D. 2014. Degradation and modification of plant biomass by fungi. Pp. 175–208. *In*: Esser, K. & Nowrousian, M. (eds), *The Mycota. Fungal Genomics*. Springer-Verlag.
- Marcot, B.G. 2017. A review of the role of fungi in wood decay of forest ecosystems. US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, pp. 1–31.
- Milenković, I., Radulović, Z. & Karadžić, D. 2022. First report of *Seiridium cardinale* on *Cupressus sempervirens* in Serbia. *Plant Protection Science* (<https://doi.org/10.17221/54/2021-PPS>).
- Mohammadi, H., Banihashemi, Z., Gramaje, D. & Armengol, J. 2013. Fungal pathogens associated with grapevine trunk diseases in Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology* 15: 137–150.
- Mohammadi, H., Kazemi, S. & Farahmand, H. 2014. *Phaeoacremonium* and Botryosphaeriaceae species associated with cypress (*Cupressus sempervirens* L.) decline in Kerman province (Iran). *Phytopathologia Mediterranea* 53(1): 27–39.
- Nadiah, H. & Rosma, A. 2013. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/KF018556.1>.

- Nei, M. & Kumar, S. 2000. Molecular Evolution and Phylogenetics. Oxford University Press, UK, 333 pp.
- Nonaka, K., Iwatsuki, M., Shiomi, K., Omura, S., Masuma, R., Miyazaki, H. & Tomoda, H. 2012. *Staphylotrichum boninense*, a new hyphomycete (Chaetomiaceae) from soils in the Bonin Islands, Japan. Mycoscience 53(4): 312–318.
- Perelló, A., Aulicino, M., Stenglein, S.A., Labuda, R. & Moreno, M.V. 2017. *Pseudopithomyces chartarum* associated with wheat seeds in Argentina, pathogenicity and evaluation of toxigenic ability. European Journal of Plant Pathology 148(2): 491–496.
- Pintos, C., Redondo, V., Costas, D., Aguin, O. & Mansilla, P. 2018. Fungi associated with grapevine trunk diseases in nursery-produced *Vitis vinifera* plants. Phytopathologia Mediterranea 57(3): 407–424.
- Rajput, N.A., Huo, C., Cao, J., Atiq, M., Atif, R.M., Lodhi, A.M., Rehana, N.Z., Sohaib, S., Akhtar, H. & Zhao, Z. 2020. First report of *Curvularia verruculosa* causing leaf spot disease of grape (*Vitis vinifera*) in Afghanistan. Journal of Plant Pathology 102(4): 1337–1337.
- Refaei, J., Jones, E.B.G., Sakayaroj, J. & Santhanam, J. 2011. Endophytic fungi from *Rafflesia cantleyi*: species diversity and antimicrobial activity. Mycosphere 2(4): 429–447.
- Skolko, A.J. & Groves, J.W. 1948. Notes on seed-borne fungi V. *Chaetomium* species with dichotomously branched hairs. Canadian Journal of Research 26: 269–280.
- Soltaninejad, N., Mohammadi, H. & Massumi, H. 2017. Isolation, identification and pathogenicity of Botryosphaeriaceae and *Phaeoacremonium* species associated with decline of *Prunus* species in Iran. Journal of Plant Pathology 99(3): 571–581.
- Spooner, B.M. & Trigaux, G. 1985. A new *Encoelia* (Helotiales) from *Prunus spinosa* in France. Transactions of the British Mycological Society 85(3): 547–552.
- Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipski, A. & Kumar, S. 2013. MEGA 6: Molecular evolutionary genetics analysis version 6.0. Molecular Biology and Evolution 30: 2725–2729.
- Tennakoon, D.S., Kuo, C.H., Maharachchikumbura, S.S., Thambugala, K.M., Gentekaki, E., Phillips, A.J., Jayarama Bhat, D., Wanasinghe, D.N., de Silva, N., Promputtha, I. & Hyde, K.D. 2021. Taxonomic and phylogenetic contributions to *Celtis formosana*, *Ficus ampelas*, *F. septica*, *Macaranga tanarius* and *Morus australis* leaf litter inhabiting microfungi. Fungal Diversity 108(1): 1–215.
- Thompson, J.D., Higgins, D.G. & Gibson, T.J. 1994. CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties & weight matrix choice. Nucleic Acids Research 22(22): 4673–4680.
- Voglmayr, H., Fournier, J. & Jaklitsch, W.M. 2017. *Stigmatodiscus pruni*, a new dothideomycete with hysteriform ascomata. Sydowia 69: 29–35.
- Vu, D., Groenewald, M., De Vries, M., Gehrman, T., Stielow, B., Eberhardt, U., Al-Hatmi, A., Groenewald, J.Z., Cardinali, G., Houbraken, J., Boekhout, T., Crous P.W., Robert, V. & Verkley, G.J.M. 2018. Large-scale generation and analysis of filamentous fungal DNA barcodes boosts coverage for kingdom fungi and reveals thresholds for fungal species and higher taxon delimitation. Studies in Mycology 91(1): 23–36.
- Wanasinghe, D.N., Phukhamsakda, C., Hyde, K.D., Jeewon, R., Lee, H.B., Gareth Jones, E.B., Tibpromma, S., Tennakoon, D.S., Dissanayake, A.J., Jayasiri, S.C., Gafforov, Y., Camporesi, E., Bulgakov, T.S., Ekanayake, A. H., Perera, R.H.,

- Samarakoon, M.C., Goonasekara, I.D., Mapook, A., Wen-Jing, L., Senanayake, I.C., Li, J., Norphanphoun, C., Doilom, M., Bahkali, A.H., Xu, J., Mortimer, P.E., Tibell, L., Tibell, S. & Karunarathna, S.C. 2018. Fungal diversity notes 709–839. Taxonomic and phylogenetic contributions to fungal taxa with an emphasis on fungi on Rosaceae. *Fungal Diversity* 89(1): 1–236.
- Wang, X.-W. 2018. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/LT993622.1>.
- Wang, X.W., Houbraken, J., Groenewald, J.Z., Meijer, M., Andersen, B., Nielsen, K.F., Crous, P.W. & Samson, R.A. 2016. Diversity and taxonomy of *Chaetomium* and *chaetomium*-like fungi from indoor environments. *Studies in Mycology* 84: 145–224.
- Wang, X.W., Yang, F.Y., Meijer, M., Kraak, B., Sun, B.D., Jiang, Y.L., Wu, Y.M., Bai, F.Y., Seifert, K.A., Crous, P.W., Samson, R.A. & Houbraken, J. 2019. Redefining *Humicola sensu stricto* and related genera in the Chaetomiaceae. *Studies in Mycology* 93: 65–153.
- Wang, X.W., Han, P.J., Bai, F.Y., Luo, A., Bensch, K., Meijer, M., Kraak, B., Han, D.Y., Sun, B.D., Crous, P.W. & Houbraken, J. 2022. Taxonomy, phylogeny and identification of Chaetomiaceae with emphasis on thermophilic species. *Studies in Mycology* 101: 121–243.
- White, T.J., Bruns, T., Lee, S.J.W.T. & Taylor, J. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. Pp. 315–322. *In*: Inis, M.A., Gelfand, D.H., Sninsky, J.J. & White, T.J. (eds), *PCR protocols: a guide to methods and applications*. Academic Press, San Diego, USA.
- Wunderlich, N., Ash, G.J., Steel, C.C., Raman, H. & Savocchia, S. 2011. Association of Botryosphaeriaceae grapevine trunk disease fungi with the reproductive structures of *Vitis vinifera*. *Vitis* 50(2): 89–96.
- Xue, L. 2018. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/MG889982.1>.
- Zhang, Y., Wu, W. & Cai, L. 2017. Polyphasic characterisation of *Chaetomium* species from soil and compost revealed high number of undescribed species. *Fungal Biology* 121(1): 21–43.
- Zhong, S. & Steffenson, B.J. 2001. Virulence and molecular diversity in *Cochliobolus sativus*. *Phytopathology* 91: 469–476.