



A Revision on the Taxonomy of the Genus *Pseudocercospora*

MOUNES BAKHSHI

Department of Botany, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
(mounesbakhshi@gmail.com)

Received: 21.10.2018

Accepted: 27.01.2019

Bakhshi. M. 2019. A revision on the taxonomy of the genus *Pseudocercospora*. *Plant Pathology Science* 8(1):1-14. DOI: 10.2982/PPS.8.1.1.

Abstract: *Pseudocercospora* species are plant pathogenic fungi occurring on a wide range of herbaceous and woody plants. Since its early description of the genus, its taxonomy has always been challenging. In recent years, Multi-gene DNA sequence data have provided significant information on the accurate taxonomy of the genus *Pseudocercospora*. These data revealed that the species of *Pseudocercospora* are polyphyletic and evolved in more than one approach within family *Mycosphaerellaceae*, order *Capnodiales*, class *Dothideomycetes*, phylum *Ascomycota*. Also those species from different geographic regions but with the same morphology, symptomatology and host range, may reside in different phylogenetic clades. Accurate identification of the plant disease agent is the first step to adopt the appropriate management strategies of the diseases related to these plant pathogens. Key features of morphology and new genetic data for identifying the species of the genus are described in this article.

Key words: Cercosporoid fungi, *Diospyros lotus*, *Phaseolous vulgaris*, Leaf spot

بازنگری بر آرایه‌بندی جنس *Pseudocercospora*

مونس بخشی ✉

بخش تحقیقات رستنی‌ها، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، تهران، ایران

پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۰۷

دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۲۹

بخشی م. ۱۳۹۷. بازنگری بر آرایه‌بندی جنس *Pseudocercospora*. دانش بیماری‌شناسی گیاهی

DOI: 10.2982/PPS.8.1.1. ۱-۱۴: (۱)۸

چکیده: گونه‌های *Pseudocercospora* از قارچ‌های بیمارگر گیاهی با دامنه میزبانی وسیع روی گیاهان علفی و چوبی هستند. از زمان توصیف اولیه این جنس، آرایه‌بندی آن همواره چالش برانگیز بوده است. در سال‌های اخیر داده‌های توالی DNA از نواحی ژنی مختلف اطلاعات مفیدی در مورد

✉مسئول مکاتبه: mounesbakhshi@gmail.com

آرایه‌بندی صحیح جنس *Pseudocercospora* فراهم نموده‌اند. این داده‌ها نشان داده‌اند که گونه‌های *Pseudocercospora* در بیش از یک مسیر درون قارچهای تیره *Mycosphaerellaceae* راسته *Capnodiales*، رده *Dothideomycetes*، شاخه *Ascomycota* تکامل یافته‌اند و چندنیایی هستند. همچنین گونه‌های با ریختشناسی، نشانه‌ها و دامنه میزبانی مشابه، ولی از مناطق جغرافیایی مختلف ممکن است از لحاظ فیلوژنتیکی گونه‌های متمایزی باشند. شناسایی دقیق عامل بیماری، گام اول در مدیریت بیماری‌های این بیمارگرها است. صفات کلیدی ریختشناسی و داده‌های ژنتیکی نوین برای شناسایی گونه‌های این جنس، در این مقاله شرح داده شده‌اند.

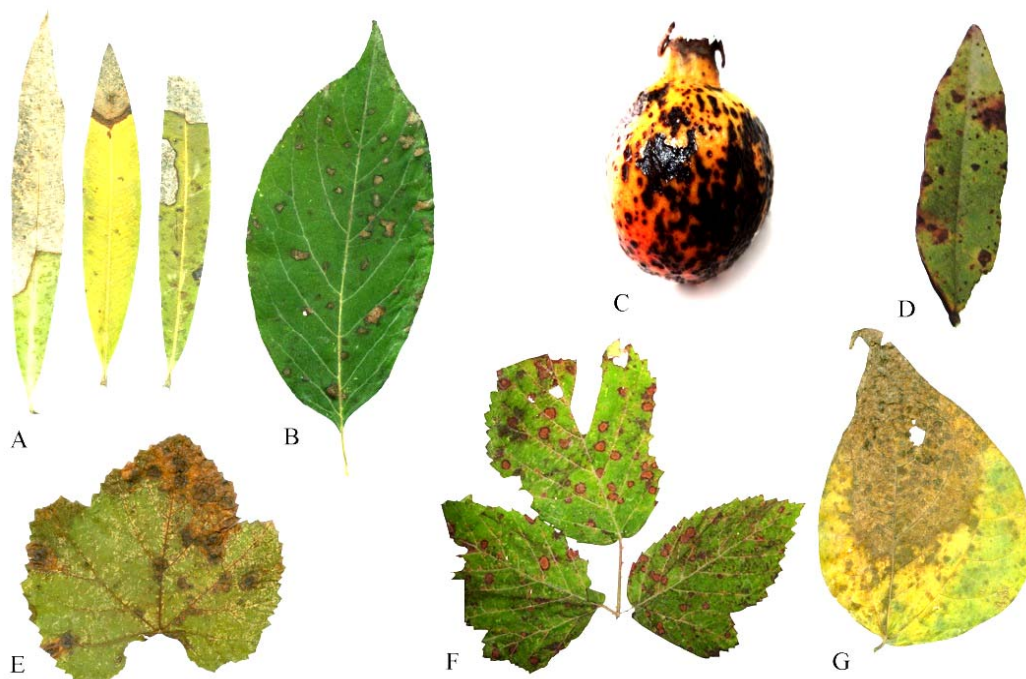
واژه‌های کلیدی: خرما، قارچهای سرکوسپورویید، لکه‌برگی، لوبیا

مقدمه

جنس *Pseudocercospora* Speg. از تیره *Mycosphaerellaceae* در راسته *Capnodiales*، رده *Dothideomycetes*، شاخه *Ascomycota* بعد از جنس *Cercospora* Fresen. (بخشی ۱۳۹۶، Bakhshi et al. 2015)، دومین جنس بزرگ در بین قارچهای سرکوسپورویید می‌باشد (Crous et al. 2013a). گونه‌های *Pseudocercospora* به عنوان عوامل بیمارگر گیاهی، درون‌زی (Endophyte) یا گندرو (Saprophyte) شناخته شده‌اند و برخی از آنها به عنوان عوامل مهار زیستی علف‌های هرز مطرح هستند (Den Breeÿen et al. 2006). گونه‌های این جنس همه‌جازی بوده و روی دامنه وسیعی از گیاهان بازدانه، تک‌لپه‌ای و دولپه‌ای در نواحی گرمسیری و نیمه گرمسیری مرطوب در اقلیم‌های متنوعی ایجاد بیماری می‌کنند (Crous and Braun 2003, Crous et al. Chup 1954, 2013a).

۱- اهمیت گونه‌های *Pseudocercospora* در بیماری‌های گیاهی

گونه‌های *Pseudocercospora* باعث ایجاد لکه برگی، سوختگی، پوسیدگی و ایجاد لکه روی میوه در تعدادی از گیاهان زراعی، جالیزی، زینتی، درختان میوه و جنگلی می‌شوند (Chupp 1954, Deighton 1976, von Arx 1983, Pons and Sutton 1988, Crous and Braun 2003, Ávila et al. 2005) (شکل ۱). از گونه‌های مهم این جنس در کشاورزی می‌توان به گونه *P. angolensis* (T. Crous and U. Braun) (Carvalho and O. Mendes)، عامل لکه روی برگ و میوه مرکبات (Pretorius et al. 2003)، گونه‌های *P. fijiensis* (M. Morelet) Deighton، *P. eumusae* Crous and Mour. و *P. musicola* U. Braun عوامل بیماری مرکب سیگاتوکای موز (Arzanlou et al. 2007, Churchill 2011)، گونه *P. griseola* (Sacc.) Crous and U. Braun



شکل ۱- علائم لکه برگی ناشی از گونه‌های مختلف جنس *Pseudocercospora* روی گیاهان مختلف: A- خرزهره، B- خرمالوی جنگلی (خرمندی)، C- انار، D- تلخ بیان، E- انگور، F- تمشک، G- لوبیا (اصلی).

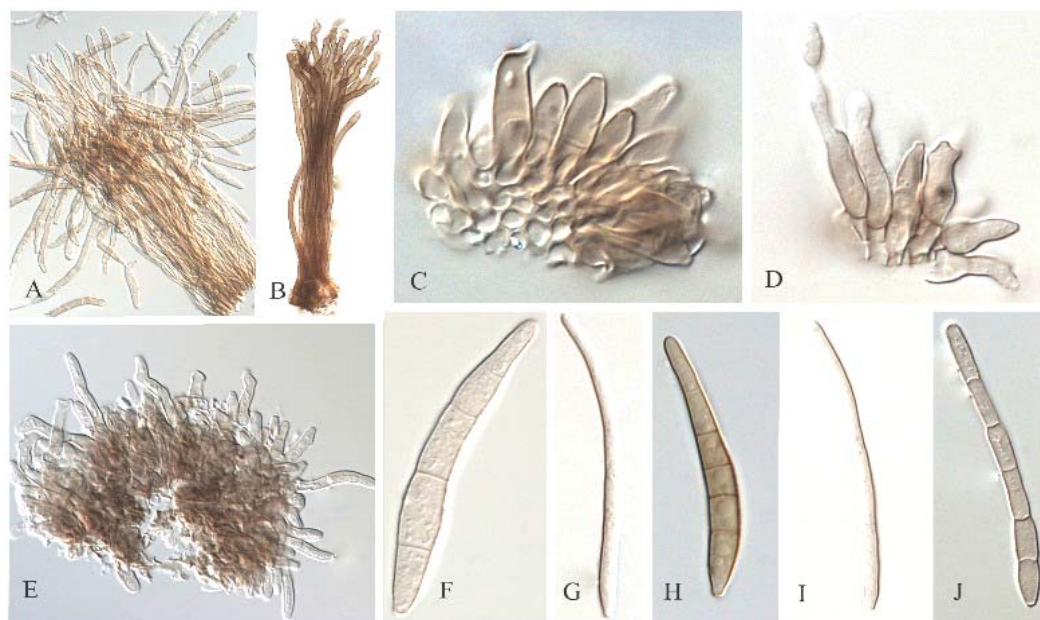
Figure 1. Leaf spot symptoms of *Pseudocercospora* spp. on different host plants: A- *Nerium oleander*, B- *Diospyros lotus*, C- *Punica granatum*, D- *Sophora alopecuroides*, E- *Vitis* sp., F- *Rubus* sp., G- *Phaseolus vulgaris*.

عامل لکه زاویه‌ای لوبیا (Crous et al. 2006)، گونه‌های *Pseudocercospora* spp. همراه با بیماری لکه برگی اوکالیپتوس (Hunter et al. 2006)، و گونه *P. macadamiae* Beilharz, Mayers and Pascoe، عامل لکه پوسته‌ای فندق استرالیایی (Beilharz et al. 2003) اشاره نمود، که سالانه خسارت اقتصادی قابل توجهی به این محصولات در سرتاسر دنیا وارد می‌کنند. در ضمن برخی گونه‌ها از قبیل *P. angolensis* و *P. fijiensis* از اهمیت قرنطینه‌ای برخوردارند (Churchill 2011, Crous et al. 2013a). برخی گونه‌های جنس *Pseudocercospora*، دارای پتانسیل مهار زیستی روی علف‌های هرز مهاجم هستند. به عنوان مثال می‌توان به گونه‌های *P. borrieriae* (Ellis and Everh.) Deighton روی *Mitracarpus hirtus* (SW.) D.C. *P. cryptostegiae-madagascariensis* J.L. Silva, R.W. Barreto O.L. Pereira روی *Cryptostegia madagascariensis* Bojer *P. palicoureae* O.L. *P. pereskiae* O.L. *Palicourea marcgravii* A.St.-Hil. روی *Pereira and R.W. Barreto*

P. subsynnematosa Parreira و گونه *Pereskia aculeate* Mill. روی Pereira and R.W. Barreto and D.J. Soares روی *Tibouchina herbacea* Cogn. اشاره نمود (Silva et al. 2016).

۲- ریخت‌شناسی گونه‌های *Pseudocercospora*

گونه‌های *Pseudocercospora* پرگنه رنگی دارند. میسلیم آنها اغلب فرورفته در بافت میزبان، همراه با بافتی استرومایی است. کنیدیوم‌برها متمایز از ریشه رویشی، قهوه‌ای کم رنگ تا قهوه‌ای-زیتونی، صاف، ساده یا به ندرت منشعب، مستقیم تا خمیده که به صورت تکی یا دسته‌ای (Fascicles) کم تراکم تا متراکم و یا به صورت سینماتا تشکیل می‌شوند، سلول‌های کنیدیوم‌زا انتهایی، بین ریشه‌ای، یا ادغام شده هستند، کنیدیوم‌زایی بلاستیک (مونو یا پلی بلاستیک) یا پرکارنت با رشد سیمپودیال و دندان‌های می‌باشد، محل‌های کنیدیوم‌زایی نامشخص، کنیدیوم‌ها تکی، ساده، اغلب چماغی معکوس و منقاری، قهوه‌ای کم رنگ تا قهوه‌ای، دارای بندهای عرضی متعدد و گاهی با یک تا دو بند طولی یا اوریب، فاقد زخمگاه (هیلوم Hilum) ضخیم و رنگی هستند (Ellis 1971). ویژگی‌های اصلی این جنس برای تمایز از جنس‌های نزدیک شامل نامشخص و غیر ضخیم بودن ساختار محل کنیدیوم‌زایی سلول کنیدیوم‌زا و هیلوم در کنیدیوم‌ها، در مقایسه با جنس *Passalora* و *Cercospora* و صاف بودن سطح ساختارها (در مقابل *Stenella* Syd. می‌باشند) (Crous and Braun 2003) (شکل ۲).



شکل ۲. A-E - انواع کنیدیوم‌بر و F-J - کنیدیوم در گونه‌های *Pseudocercospora* (اصلی).

Figure 2. A-E-Different types of conidiophores, and F-J- Conidia of *Pseudocercospora* spp.

۳- تاریخچه آرایه‌بندی جنس *Pseudocercospora*

جنس *Pseudocercospora* اولین بار در سال ۱۹۱۰ توسط اسپاگیزینی (Spegazzini 1910) با گونه تیپ *P. vitis* معرفی و توصیف شد. این جنس به منظور جای دادن آرایه‌های شبیه به جنس *Cercospora* که دارای کنیدیومای سینماتا و کنیدیومبر و کنیدیوم رنگی و محل‌های کنیدیوم‌زایی و هیلوم نامشخص بودند، ایجاد شد (Deighton 1976, Braun 1995). دیتون (۱۹۷۶) در طی تقسیم بندی *Cercospora* S. lat. به جنس‌های کوچکتر، مفهوم این جنس را گسترش داد و آن را شامل دامنه گسترده‌ای از قارچ‌های سرکوسپورویید با محل‌های کنیدیوم‌زایی نامشخص دانست و پیشنهاد داد که این جنس بایستی بر اساس تفاوت‌های ریخت‌شناسی به چند جنس تفکیک شود که توسط محققین دیگر نیز تایید گردید (Pons and Sutton 1988, Braun 1995, Crous and Braun 1996). با اینحال تعداد صفات ریخت‌شناسی که برای تفکیک آرایه‌ها در سطح جنس در مجموعه *Pseudocercospora* مفید باشند، کم است. دیتون (Deighton 1987) اظهار نمود که تفکیک جنس *Cercoseptoria* Petr. از جنس *Pseudocercospora* بر اساس شکل کنیدیوم (سوزنی شکل در جنس اول و چماغی معکوس تا استوانه‌ای در جنس دوم) مشکل است. فون آرکس (von Arx 1983) جنس *Pseudocercospora* را با جنس‌هایی که دارای ساختار کنیدیوم‌زایی بیرنگ تا نیمه رنگی و محل کنیدیوم‌زایی نامشخص و تخت هستند، مرتبط دانست. سپس براون (Braun 1998) و کراوس و همکاران (Crous et al. 2000) اظهار نمودند که آرایش کنیدیوم‌برها از تکی تا دسته‌ای و سینماتا نمی‌تواند ویژگی مناسبی برای تفکیک جنس‌ها در مجموعه *Pseudocercospora* باشد. براون (Braun 1998) جنس *Pseudocercospora* را بر اساس مشخصات ریخت‌شناسی کنیدیوماتا و کنیدیوم به پنج بخش تقسیم کرد و تاکید کرد که این بخش‌ها بایستی تنها به عنوان گروه‌های ریخت‌شناسی تلقی شوند و فاقد ارزش آرایه‌بندی می‌باشند.

۴- جایگاه جنس *Pseudocercospora* در آرایه‌بندی جدید قارچها

گونه‌های *Pseudocercospora*، تا چند سال قبل، به عنوان شکل غیرجنسی (آنامورف) گونه‌های *Mycosphaerella* Johanson در نظر گرفته می‌شدند (Crous et al. 2013a). تفکیک جنس *Mycosphaerella* به تیره‌ها و جنس‌های متمایز بر اساس داده‌های توالی DNA و ویژگی‌های ریخت‌شناسی، پیامدهای قابل توجهی روی جنس *Pseudocercospora* داشته است. به دنبال تغییرات در کد بین‌المللی نام‌گذاری جلبک‌ها، قارچها و گیاهان (International Code of Nomenclature for algae, fungi and)

plants=ICN) در کنگره بین‌المللی گیاهشناسی در ملبورن (استرالیا) در سال ۲۰۱۱ به‌ویژه اصلاح ماده ۵۹ در مورد قارچ‌های چندشکلی (Wingfield et al. 2012)، در حال حاضر جنس *Pseudocercospora* به‌عنوان یک جنس مستقل در تیره *Mycosphaerellaceae*، راسمه *Capnodiales*، رده *Dothideomycetes*، زیرشاخه *Pezizomycotina*، شاخه *Ascomycota*، قرار گرفته است (Bakhshi et al. 2014).

۵- آرایه‌بندی جدید گونه‌های *Pseudocercospora*

داده‌های به دست آمده از توالی‌یابی نواحی مهم DNA گونه‌های *Pseudocercospora* در سال‌های اخیر اطلاعات مفیدی برای آرایه‌بندی صحیح آنها فراهم نموده است. در این راستا، داده‌های توالی ناحیه ITS-rDNA نشان داده که گونه تیپ جنس *Pseudocercospora* (*P. vitis*)، گونه تیپ جنس *Stigmina* Sacc. و گونه تیپ جنس *Phaeoisariopsis* Ferraris (*P. griseola* (Sacc.) Ferraris) با *S. platani* (Fuckel) Sacc.) هم‌دیگر در یک شاخه تکاملی قرار دارند. این یافته‌ها بر فرضیه‌های قبلی قارچ‌شناسان مبنی بر اینکه معیارهایی از قبیل هیلوم و زخمگاه کنیدیومی تاحدی ضخیم، نوع کنیدیوماتا از تکی تا سینماتا یا اسپرودوکیومی، کنیدیوم‌های با دیواره عرضی یا توتی شکل، کنیدیوم‌های دارای دیواره حقیقی یا کاذب و افزولش پرکانت صاف و افزولش سیمپودیال، در مقابل افزولش پرکانت زبر و نامنظم در یاخته کنیدیوم‌ها از معیارهای مناسبی برای تفکیک جنس‌های شبه *Pseudocercospora* نیستند، تاکید دارند (Crous et al. 2006). سپس کراوس و همکاران (۲۰۱۳a) مطالعه جامعی روی مجموعه *Pseudocercospora* انجام دادند و نتایج آن‌ها بر اساس داده‌های توالی ناحیه ژنی LSU نشان دادند، جنس *Pseudocercospora* در مفهوم خاص (*Pseudocercospora s. str.*) دودمان متمم‌ایزی را به‌صورت گ‌روه خ‌واهری گونه *Passalora eucalypti* (Crous and Alfenas) Crous and Braun (۲۰۱۳a). این شاخه تکاملی علاوه بر گونه تیپ جنس *Pseudocercospora*، گونه تیپ جنس‌های *Stigmina*، *Phaeoisariopsis* و *Pseudophaeoramularia* U. Braun را نیز شامل می‌شود. در نتیجه آنها جنس *Pseudocercospora* در مفهوم خاص را شامل گونه‌های دارای کنیدیوم‌بر تکی، کنیدیوماتای سینماتا یا اسپرودوکیومی دانستند که کنیدیوم‌های رنگی با محل‌های کنیدیوم‌زایی غیرضخیم یا نسبتاً ضخیم و رنگی تولید می‌کنند. علاوه بر این، گونه *Septoria pistacina* Allesch، بیمارگر مهم پسته با کنیدیوماتای پیکنیدیوم‌دار و کنیدیوم رنگی که باعث ایجاد لکه روی میوه و برگ پسته می‌شود، بر اساس داده‌های مولکولی در قسمت پایه دودمان *Pseudocercospora* در مفهوم

خاص طبقه‌بندی می‌شود و بنابراین به جنس *Pseudocercospora* منتقل شد (Crous *et al.* 2013b).

۵-۱- تفکیک گونه‌های *Pseudocercospora* بر اساس نواحی ژنی

پژوهش‌های فیلوژنتیکی انجام گرفته در مورد گونه‌های *Pseudocercospora* مشخص نموده‌اند، که با وجود اینکه ناحیه ITS-rDNA به عنوان ژن بارکدگذاری DNA در قارچها معرفی شده است (Schoch *et al.* 2012)، اما این ناحیه در جنس *Pseudocercospora* از حفاظت‌شدگی بالایی برخوردار بوده و برای تفکیک گونه‌های این جنس به تنهایی کافی نیست (Crous *et al.* 2013a, Bakhshi *et al.* 2014, Silva *et al.* 2016, 2016). تحقیقات کراوس و همکاران (۲۰۱۳a) نشان داد که این ناحیه تنها قادر به تمایز ۲۵ گونه از ۱۴۶ گونه (۱۷٪) می‌باشد. همچنین سیلوا و همکاران (۲۰۱۶) تنها ۱۲ گونه از ۸۲ گونه (۱۴٪) را از طریق این ناحیه تفکیک نمودند. در بین ژن‌های کد کننده پروتئین نیز توالی دو ژن *actA* و *tefl* بصورت گسترده برای تفکیک گونه‌های جنس *Pseudocercospora* به کار رفته است و براساس این تحقیقات نیز مشخص شده است که با وجود اینکه این دو ناحیه ژنی تفکیک گونه بهتری نسبت به ناحیه ژنی ITS-rDNA ارائه می‌دهند (Silva *et al.* 2016)، اما هیچ یک از ژن‌ها به تنهایی نمی‌تواند به عنوان ژن بارکدگذاری در این جنس به کار رود (Crous *et al.* 2013a, Bakhshi *et al.* 2014, Silva *et al.* 2016). توجه به داده‌های مرتبط با جدایه‌های مرجع این جنس در بانک ژن، ترکیب توالی‌های سه ناحیه ژنی ITS-rDNA، *actA* و *tefl* برای تجزیه و تحلیل فیلوژنتیکی و مطالعات مولکولی گونه‌های این جنس ضروری است. با اینحال گاهی ممکن است توالی این نواحی ژنی برای تفکیک گونه‌ها کافی نباشد که نیاز است در تحقیقات آتی نواحی ژنی دیگر نیز برای تفکیک گونه‌های این جنس مورد بررسی قرار گیرد. به عنوان نمونه تفکیک دو گونه *P. atromarginalis* و *P. fuliginea* با استفاده از این سه ناحیه ژنی مقدور نبوده (Crous *et al.* 2013a, Silva *et al.* 2016) و بخشی و همکاران (۲۰۱۴) این دو گونه را با استفاده از توالی نواحی ژنی *tub2*، *rpb2*، *his3* و *tub2* از همدیگر تفکیک نمودند. در ضمن استنتاج فیلوژنتیکی و تعیین روابط خویشاوندی گونه‌های *Pseudocercospora*، نشان داده‌اند که این جنس چندنیایی است و جنس‌های *Paracercospora* Deighton، *Pallidocercospora* Crous، *Phaeocercospora* Crous، *Neopseudocercospora* Crous و *Microcyclospora* J. Frank، Schroers and Crous به عنوان جنس‌های جدید و مستقل از *Pseudocercospora* معرفی شده‌اند (Crous *et al.* 2012, 2013a, Hyde *et al.* 2013, Frank *et al.* 2010). جنس‌های مذکور،

جنس‌های متعلق به مجموعه *Pseudocercospora* در مفهوم گسترده (*Pseudocercospora s. lat.*) هستند و از لحاظ ویژگی‌های ریخت‌شناسی بسیار مشابه با این جنس می‌باشند، اما بر اساس داده‌های فیلوژنتیکی به عنوان جنس‌های متمایز به شرح زیر در نظر گرفته شده‌اند (Crous *et al.* 2013a, Hyde *et al.* 2013).

جنس *Pallidocercospora*: این جنس با گونه تیپ *P. heimii* (Crous) Crous، متعلق به مجموعه جنس *Pseudocercospora* در مفهوم گسترده است و از لحاظ ویژگی‌های ریخت‌شناسی غیرقابل تمایز از سایر گونه‌های *Pseudocercospora* است و تنها بر اساس داده‌های مولکولی و تشکیل کریستال‌های قرمز در محیط کشت شناخته می‌شود (Crous *et al.* 2013a).

جنس *Paracercospora*: جنس *Paracercospora* (با گونه تیپ *P. egenula* (Syd.) Deighton) با توجه به ساختار ویژه محل کنیدیوم‌زایی و با حلقوی بودن و لبه انتهایی نسبتاً رنگی و ضخیم مشخص می‌شود. ارزش این نوع محل کنیدیوم‌زایی ویژه برای سطح جنس بعداً توسط براون و کراوس (Braun and Crous 2005) زیر سوال رفت و این جنس همان‌نام با جنس *Pseudocercospora* قرار گرفت. کراوس و همکاران (۲۰۱۳a) ثابت کردند که گونه تیپ این جنس دور از دودمان جنس *Pseudocercospora* در مفهوم خاص قرار می‌گیرد که از جنس *Paracercospora* در مفهوم خاص به عنوان جنس متمایز حمایت می‌کند، اما سایر گونه‌های این جنس با محل کنیدیوم‌زایی نامشخص در داخل دودمان *Pseudocercospora* در مفهوم خاص قرار می‌گیرند. بنابراین جنس *Paracercospora* هم‌اینک یک جنس فیلوژنتیکی متمایز است که از لحاظ ویژگی‌های ریخت‌شناسی از جنس *Pseudocercospora* غیر قابل تمایز است (Crous *et al.* 2013a, Hyde *et al.* 2013).

جنس *Phaeocercospora*: این جنس با گونه تیپ *Ph. colophospermi* Crous، از لحاظ ویژگی‌های ریخت‌شناسی مشابه و غیر قابل تمایز از گونه‌های *Pseudocercospora* دارای سلول کنیدیوم‌زای با رشد پرکارنتی است، اما از لحاظ فیلوژنتیکی متمایز است (Crous *et al.* 2012).

جنس *Neopseudocercospora*: جنس *Neopseudocercospora* با گونه تیپ *N. terminaliae* Crous نیز از لحاظ فیلوژنتیکی متمایز از جنس *Pseudocercospora* در مفهوم خاص است و از لحاظ ویژگی‌های ریخت‌شناسی با داشتن بند طولی در کنیدیوم‌ها متمایز می‌شود (Crous *et al.* 2013c).

جنس *Microcyclospora*: گونه‌های *Microcyclospora* با توجه به آرایش کنیدیوم‌برها که هرگز به صورت دسته‌ای نیستند و به صورت مکان کنیدیوم‌زایی تکی روی ریشه تشکیل می‌شوند و کنیدیوم‌ها در توده‌های لعابی تجمع یافته و تمایل زیادی به کنیدیوم‌زایی کوتاه چرخه (Microcyclic) دارند از جنس *Pseudocercospora* متمایز می‌شوند (Frank et al. 2010).

۵-۲- تفکیک گونه‌های *Pseudocercospora* بر اساس دامنه میزبانی و نواحی جغرافیایی

تفکیک گونه‌های *Pseudocercospora*، فاقد صفات ریخت‌شناسی متمایز کننده کافی، همراه با سطح بالای تنوع درون گونه‌ای، مشکل است. برطبق یک فرضیه قدیمی (Chupp 1954) بیشتر گونه‌های *Pseudocercospora* دارای تخصص‌یافتگی میزبانی هستند، بنابراین ترجیح میزبانی به عنوان مبنایی برای تفکیک گونه‌های این جنس نیز به کار رفته است، هرچند دیتون (۱۹۷۶) معتقد بود که برخی گونه‌های این جنس دارای دامنه میزبانی وسیع هستند، ولی کراوس و همکاران (۲۰۱۳a) ۱۴۶ گونه *Pseudocercospora* را که از ۱۱۵ جنس گیاهی از ۳۳ کشور مختلف در دنیا بدست آمده بودند، را با استفاده از داده‌های توالی چندژنی ITS-rDNA، *tefl* و *actA* مورد بررسی قرار دادند و بر اساس نتایج آنها اکثریت این گونه‌ها دارای تخصص‌یافتگی میزبانی هستند. نتایج این داده‌ها نشان داد که گونه‌هایی با دامنه میزبانی، علایم و صفات ریخت‌شناسی مشابه که از مناطق جغرافیای مختلف جداسازی شده بودند، از لحاظ فیلوژنتیکی، اغلب در شاخه‌های تکاملی مجزا قرار گرفتند که نشان از این دارد که باید از کاربرد نام‌های گونه‌ای یکسان برای جدایه‌هایی از مناطق جغرافیای مختلف پرهیز نمود. به عنوان مثال بخشی و همکاران (۲۰۱۴)، جدایه‌هایی از جنس *Pseudocercospora* با ریخت‌شناسی مشابه با گونه *P. kaki* Goh and W.H. Hsieh از گیاه خرمندی (*Diospyros lotus* L.) در ایران جداسازی کردند. ترسیم درخت فیلوژنتیکی بر اساس سه ناحیه ژنی ITS-rDNA، *tefl* و *actA* نشان داد که جدایه‌های بدست آمده از ایران (*Pseudocercospora* sp. B) و همچنین جدایه‌های بدست آمده از این میزبان از کشور ژاپن (*P. kaki*) و کره (*P. cf. kaki*) در شاخه‌های تکاملی کاملاً متمایز از هم قرار دارند. بنابراین با توجه به اینکه توالی جدایه تیپ گونه *P. kaki* از کشور تایوان در حال حاضر در دسترس نیست، وضعیت نامگذاری این گونه‌ها تا زمان فراهم آمدن توالی جدایه تیپ نامشخص باقی می‌ماند (Bakhshi et al. 2014). از لحاظ دامنه میزبانی، نیز بنظر می‌رسد اغلب گونه‌های جنس *Pseudocercospora* دامنه میزبانی بسیار محدودی دارند. کراوس و همکاران (۲۰۱۳a) ۱۴۶ گونه از جنس *Pseudocercospora* را با استفاده از راهکار پلی فازی (Polyphasic approach) مطالعه نمودند نتایج آنها نشان داد ۱۴۲

گونه، تخصص‌یافتگی میزبانی داشتند و تنها چهار گونه روی میزبانهای مختلف آلودگی ایجاد می‌کردند. این چهار گونه شامل گونه‌های *P. atromarginalis* (G.F. Atk.) Deighton (روی تیره *Solanaceae*)، *P. fraxinites* (Ellis and Everh.) Y.L. Guo and X.J. Liu (روی تیره *Oleaceae*)، *P. corylopsidis* (Togashi and Katsuki) C. Nakash. and Tak. Kobay (روی تیره *Hamamelidaceae*) و *P. norchiensis* Crous (روی تیره‌های *Myrtaceae* و *Rosaceae*) بودند که دامنه میزبانی سه گونه اول محدود به یک تیره بود. سیلوا و همکاران (Silva et al. 2016) نیز در طی مطالعه گونه‌های *Pseudocercospora* در کشور برزیل با استفاده از راهکار پلی فازی، ۲۷ گونه را شناسایی نمودند که تمامی این گونه‌ها تخصص میزبانی داشتند. در بین هشت گونه جنس *Pseudocercospora* که توسط بخشی و همکاران (۲۰۱۴) که با استفاده از مفهوم گونه ترکیبی مطالعه شد، هفت گونه تخصص‌یافتگی میزبانی داشتند. با اینحال وقوع سه نمونه از گونه *P. norchiensis* (بیمارگر شناخته شده گیاه اوکالیپتوس از تیره *Myrtaceae* در ایتالیا) (Crous et al. 2007) روی تمشک (*Rosaceae*) در این تحقیق و یک نمونه روی تمشک در نیوزیلند (Crous et al. 2013a) نشان می‌دهد که تمشک میزبان واقعی برای گونه *P. norchiensis* است و گونه *P. norchiensis* برخلاف سایر گونه‌های *Pseudocercospora*، دامنه میزبانی وسیعی دارد. به طور کلی گونه‌های *Pseudocercospora* نسبت به جنس *Cercospora* دامنه میزبانی محدودتر و اغلب کاملاً تخصص‌یافتگی میزبانی دارند و توالی ژن‌ها در گونه‌های این جنس نسبت به جنس *Cercospora* تنوع بین گونه‌ای بالاتر و حفاظت‌شدگی کمتری دارد. این داده‌ها حکایت از این امر می‌کند که حدود و ثغور بین گونه‌ها در این جنس به خوبی شکل گرفته است.

نتیجه گیری

گونه‌های *Pseudocercospora* باعث ایجاد لکه برگ، سوختگی، پوسیدگی و ایجاد لکه روی میوه در تعدادی از گیاهان زراعی، جالیزی، زینتی، درختان میوه و جنگلی می‌شوند. آرایه‌بندی جنس *Pseudocercospora* از زمان توصیف گونه تیپ آن چالش برانگیز بوده است. در سال‌های اخیر داده‌های توالی DNA از نواحی ژنی مختلف اطلاعات مفیدی در رابطه با آرایه‌بندی صحیح این جنس فراهم نموده است. در این راستا، داده‌های توالی DNA بر اساس ناحیه ITS نشان داد که گونه تیپ *Pseudocercospora*، گونه تیپ *Phaeoisariopsis* و گونه تیپ *Stigmina* با همدیگر در یک شاخه تکاملی قرار دارند. همچنین استنتاج فیلوژنتیکی گونه‌های *Pseudocercospora*، نشان داده‌اند که گونه‌های این جنس چندنیایی هستند و جنس‌های جدیدی از قبیل *Pallidocercospora*

Paracercospora، *Phaeocercospora* و *Neopseudocercospora* معرفی شده‌اند، که این جنس‌ها از لحاظ ویژگی‌های ریخت‌شناسی بسیار مشابه با جنس *Pseudocercospora* می‌باشند، اما بر اساس داده‌های فیلوژنتیکی متمایز هستند. این داده‌ها، اهمیت استفاده از داده‌های توالی DNA را در آرایه‌بندی جدید قارچ‌های سرکوسپورویید حتی در سطح جنس نشان می‌دهند. در ارتباط با تفکیک گونه‌های جنس *Pseudocercospora* بر اساس نتایج داده‌های توالی چندژنی مشخص شده است، بیشتر گونه‌های این جنس دارای تخصص‌یافتگی میزبانی هستند. با اینحال در برخی موارد، گونه‌هایی با دامنه میزبانی، علایم و صفات ریخت‌شناسی مشابه که از مناطق جغرافیای مختلف جداسازی شده بودند، از لحاظ فیلوژنتیکی، اغلب در شاخه‌های تکاملی مجزا قرار گرفته‌اند، بنابراین بایستی از کاربرد نام‌های گونه‌ای یکسان برای جدایه‌هایی از مناطق جغرافیای مختلف پرهیز نمود. در حال حاضر، با توجه به داده‌های مرتبط با جدایه‌های مرجع این جنس در بانک ژن، ترکیب توالی‌های سه ناحیه ژنی ITS-rDNA، *tefl* و *actA* برای تجزیه و تحلیل فیلوژنتیکی و مطالعات مولکولی گونه‌های آن ضروری است. از آنجا که شناسایی دقیق عامل بیماری، گام اول در مدیریت بیماری‌های این بیمارگرها است، پیشنهاد می‌شود با توجه به اینکه بیشتر گونه‌های مطالعه شده از این جنس در ایران براساس خصوصیات ریخت‌شناسی و رابطه میزبانی تشخیص داده شده‌اند، نمونه‌برداری مجدد در اکثر مناطق ایران انجام شود و سپس با استفاده از مفهوم گونه ترکیبی که ترکیبی از اطلاعات توالی DNA چندژنی، زیست‌شناسی، اکولوژی، رابطه میزبانی و ویژگی‌های ریخت‌شناسی را برای تعیین حدود گونه‌ها به کار می‌گیرد، مورد بازبینی قرار گیرند.

References

منابع

- بخشی م. ۱۳۹۶. معیارهای مهم شناسایی گونه‌های *Cercospora*. دانش بیماری‌شناسی گیاهی ۷(۱): ۱-۱۶.
- Arzanlou M., Abeln E. C., Kema G. H., Waalwijk C., Carlier J., Vries I. D., Guzmán M. and Crous P.W. 2007. Molecular diagnostics for the Sigatoka disease complex of banana. *Phytopathology* 97:1112–1118.
- Ávila A., Groenewald J. Z., Trapero A. and Crous P. W. 2005. Characterisation and epitypification of *Pseudocercospora cladosporioides*, the causal organism of *Cercospora* leaf spot of olives. *Mycological Research* 109:881–888.
- Bakhshi M. and Arzanlou M. 2017. Multigene phylogeny reveals a new species and novel records and hosts in the genus *Ramularia* from Iran. *Mycological Progress* 16:703–712.

5. Bakhshi M., Arzanlou M., Babai-Ahari A., Groenewald J. Z. and Crous P.W. 2014. Multi-gene analysis of *Pseudocercospora* spp. from Iran. *Phytotaxa* 184:245–264.
6. Bakhshi M., Arzanlou M., Babai-Ahari A., Groenewald J. Z., Braun U and Crous P. W. 2015. Application of the consolidated species concept to *Cercospora* spp. from Iran. *Persoonia* 34:65–86.
7. Beilharz V., Mayers P. and Pascoe I. 2003. *Pseudocercospora macadamiae* sp. nov., the cause of husk spot of macadamia. *Australasian Plant Pathology* 32:279–282.
8. Braun U. 1995. A monograph of *Cercospora*, *Ramularia* and allied genera (Phytopathogenic Hyphomycetes), vol 1. IHW-Verlag Eching, Germany.
9. Braun U. 1998. A monograph of *Ramularia*, *Cercospora* and allied genera (phytopathogenic hyphomycetes). IHW-Verlag, Eching, Germany.
10. Braun U. and Crous P. W. 2005. Additions and corrections to names published in *Cercospora* and *Passalora*. *Mycotaxon* 92:395–416.
11. Chupp C. 1954. A monograph of the fungus genus *Cercospora*. Ithaca, New York.
12. Churchill A. C. 2011. *Mycosphaerella fijiensis*, the black leaf streak pathogen of banana: progress towards understanding pathogen biology and detection, disease development, and the challenges of control. *Molecular Plant Pathology* 12:307–328.
13. Crous P. W., Aptroot A., Kang J. C., Braun U. and Wingfield M. J. 2000. The genus *Mycosphaerella* and its anamorphs. *Studies in Mycology* 45:107–121.
14. Crous P. W. and Braun U. 1996. Cercosporoid fungi from South Africa. *Mycotaxon* 57:233–321.
15. Crous P. W. and Braun U. 2003. *Mycosphaerella* and its anamorphs: 1. Names published in *Cercospora* and *Passalora*. *CBS Biodiversity Series* 1:1–571.
16. Crous P.W., Braun U., Hunter G. C., Wingfield M.J., Verkley G. J. M., Shin H. D., Nakashima C. and Groenewald J.Z. 2013a. Phylogenetic lineages in *Pseudocercospora*. *Studies in Mycology* 75:37–114.
17. Crous P. W., Liebenberg M. M., Braun U. and Groenewald J. Z. 2006. Re-evaluating the taxonomic status of *Phaeoisariopsis griseola*, the causal agent of angular leaf spot of bean. *Studies in Mycology* 55:163–173.
18. Crous P. W., Quaedvlieg W., Sarpkaya K., Can C. and Erkiş A. 2013b. Septoria-like pathogens causing leaf and fruit spot of pistachio. *IMA Fungus* 4:187–199.
19. Crous P. W., Shivas R. G., Wingfield M.J., Summerell B. A., Rossman A. Y., Alves J. L., Adams G. C., Barreto R. W., Bell A. and Coutinho M. L. 2012. Fungal Planet description sheets: 128–153. *Persoonia* 29:146–201.
20. Crous P. W., Summerell B. A., Carnegie A. J., Mohammed C., Himaman W. and Groenewald J.Z. 2007. Foliicolous *Mycosphaerella* spp. and their anamorphs on *Corymbia* and *Eucalyptus*. *Fungal Diversity* 26:143–185.

21. Crous P. W., Wingfield M. J., Guarro J., Cheewangkoon R., van der Bank M., Swart W. J., Stchigel A. M., Cano-Lira J. F., Roux J. and Madrid H. 2013c. Fungal Planet description sheets: 154–213. *Persoonia* 31:188–296.
22. Deighton F. C. 1976. Studies on *Cercospora* and allied genera. VI. *Pseudocercospora* Speg., *Pantospora* Cif. and *Cercoseptoria* Petr. *Mycological Papers* 140:1–168.
23. Deighton F. C. 1987. New species of *Pseudocercospora* and *Mycovellosiella*, and new combinations into *Pseudocercospora* and *Phaeoramularia*. *Transactions of the British Mycological Society* 88:365–391.
24. Den Breeÿen A., Groenewald J. Z., Verkley G. J. and Crous P. W. 2006. Morphological and molecular characterisation of *Mycosphaerellaceae* associated with the invasive weed, *Chromolaena odorata*. *Fungal Diversity* 23:89–110.
25. Ellis M.B. 1971. Dematiaceous hyphomycetes. Kew, England: Commonwealth Mycological Institute.
26. Frank J., Crous P. W., Groenewald J. Z., Oertel B., Hyde K. D., Phengsintham P. and Schroers H.-J. 2010. *Microcyclospora* and *Microcyclosporella*: novel genera accommodating epiphytic fungi causing sooty blotch on apple. *Persoonia* 24:93–105.
27. Hunter G. C., Wingfield B. D., Crous P. W. and Wingfield M. J. 2006. A multi-gene phylogeny for species of *Mycosphaerella* occurring on Eucalyptus leaves. *Studies in Mycology* 55:147–161.
28. Hyde K. D., Jones E. G., Liu J. K., Ariyawansa H., Boehm E., Boonmee S., Braun U., Chomnunti P., Crous P. W. and Dai D. Q. 2013. Families of dothideomycetes. *Fungal Diversity* 63:1–313.
29. Kirk P. M., Stalpers J. A., Braun U., Crous P. W., Hansen K., Hawksworth D. L., Hyde K. D., Lücking R., Lumbsch T. H. and Rossman A. Y. 2013. A without-prejudice list of generic names of fungi for protection under the International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants. *IMA Fungus* 4:381–443.
30. Pons N. and Sutton B. C. 1988. *Cercospora* and similar fungi on yams (*Dioscorea* species). *Mycological Papers* 160:1–78.
31. Pretorius M. C., Crous P. W., Groenewald J. Z. and Braun U. 2003. Phylogeny of some cercosporoid fungi from Citrus. *Sydowia* 55:286–305.
32. Schoch C. L., Seifert K. A., Huhndorf S., Robert V., Spouge J. L., Levesque C. A., Chen W., Bolchacova E., Voigt K. and Crous P. W. 2012. Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for Fungi. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109:6241–6246.
33. Silva M., Barreto R. W., Pereira O. L., Freitas N. M., Groenewald J. Z. and Crous P. W. 2016. Exploring fungal mega-diversity: *Pseudocercospora* from Brazil. *Persoonia* 37:142–172.
34. Spegazzini C. 1910. Mycetes Argentinenses (Series V). *Anales del Museo Nacional de Historia Natural, Buenos Aires* 20:329–467.

35. von Arx J. 1983. *Mycosphaerella* and its anamorphs. *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Series C* 86:15–54.
36. Wingfield M. J., De Beer Z. W., Slippers B., Wingfield B. D., Groenewald J. Z., Lombard L. and Crous P. W. 2012. One fungus, one name promotes progressive plant pathology. *Molecular Plant Pathology* 13:604–613.