



## مقاله پژوهشی

شیوع بلایت با عامل *Diplodia cupressi* تهدیدی برای گونه بومی سرو زربین (*Cupressus sempervirens*)

سیده معصومه زمانی<sup>۱</sup>✉، منصوره میرابوالفتحی<sup>۲</sup>، نرگس سپاسی<sup>۳</sup>، یزدانفر آهنگران<sup>۴</sup>، ریحانه غلامی<sup>۵</sup>، محمدابراهیم فراشیانی<sup>۶</sup>  
 ۱، ۳، ۵، ۶- استادیار، محقق، محقق، استادیار، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران؛ ۲- استاد پژوهش، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران؛ ۴- کارشناس ارشد، دفتر حفاظت و حمایت سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور، تهران، ایران  
 (تاریخ دریافت: مرداد ۱۴۰۳؛ تاریخ پذیرش: آبان ۱۴۰۳)

## چکیده

درخت زربین (*Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis*)، از گونه‌های بازدانه بومی ایران و رویشگاه طبیعی آن ذخیره‌گاه مهم جنگلی شمال کشور است. این تحقیق به منظور بررسی عوامل قارچی تأثیرگذار بر خشکیدگی درختان زربین در ذخیره‌گاه حسن‌آباد (استان مازندران) در تابستان ۱۴۰۲ انجام شد. علائم خشکیدگی در شاخه‌های انتهایی درختان، به صورت سوختگی و نکروز سرشاخه و ایجاد شانکر روی تنه درختان سرو زربین مشاهده شد. با کشت قطعات بافت آلوده، جدایه‌هایی از قارچ *Diplodia cupressi* حاصل و شناسایی گردید. داده‌های توالی ITS1-5.8S-ITS2 از rDNA با استفاده از آغازگرهای ITS1 و ITS4 و جستجوی nBLAST نشان داد که این توالی با توالی ناحیه مربوطه ITS به دست آمده از گونه *D. cupressi* مطابقت داشت. بیماری‌زایی این قارچ روی نهال‌های گلدانی سرو بررسی و بیماری‌زایی آن به اثبات رسید. به نظر می‌رسد، تغییرات آب و هوایی به ویژه تنش خشکی در تابستان سبب شیوع وسیع و شدید بیماری در شمال کشور شده است.

واژه‌های کلیدی: بلایت، جنگل‌های هیرکانی، زربین، *Diplodia cupressi*

***Diplodia cupressi* Blight; a threat to native species Cypress (*Cupressus sempervirens*) in Iran**

S. M. ZAMANI<sup>1</sup> ✉, M. MIRABOLFATHY<sup>2</sup>, N. SEPASI<sup>3</sup>, Y. AHANGARAN<sup>4</sup>, R. GHOLAMI GHAVAM ABAD<sup>5</sup>,

M.E. FARASHIANI<sup>6</sup>

1, 3, 5, 6. Assistant Professor, Researcher, Researcher, Assistant Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran; 2. Professor, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran; 4. MSc, Natural Resources and Watershed Management Organization

**Abstract**

*Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis* is one of the indigenous species of Iran, the natural habitats of which are regarded as significant forest reserves within Iran. In the northern of Iran, cypress trees have commonly been observed in both natural and artificially planted forests. The purpose of this study was to investigate the fungal factors affecting the common cypress tree die back in Hassanabad (Mazandaran province) during the summer of 2023. Study of the affected trees indicated drying in the terminal branches of the trees, blight and necrosis of the upper branches, as well as canker formation on the trunks of common cypress trees. The infected tissues of common cypress trees were cultured on potato dextrose agar medium. Fungal isolates were obtained. Based on the macroscopic and microscopic characters of the isolates they were identified as *Diplodia cupressi* in the laboratory. To confirm the morphological identification the rDNA sequence data (ITS1-5.8S-ITS2) were obtained using primers ITS1 and ITS4, and nBLAST. The pathogenicity of the fungus was approved on potted cypress seedlings. This study represents the major role of *D. cupressi* as the causal agent of Common cypress canker in North of Iran. It seems that the climate change and drought conditions provided the favorable environment to outbreak of the disease

**Keywords:** Blight, *Cupressus sempervirens*, *Diplodia cupressi*, Hyrcanian forest

✉ mzamani@rifr-ac.ir

© 2024, The Author(s). Published by Iranian Research Institute of Plant Protection (IRIPP). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)

## مقدمه

سوارت و گرنت (Swart and Grant, 1993) نزدیکی بین دو گونه *D. pinea* f. sp. *cupressi* و *D. pinea* را به چالش کشیده و گزارش نمودند که این دو قارچ از نظر برخی ویژه‌گی‌های مورفولوژیکی مانند اندازه و شکل کنیدیوم، سرعت رشد در محیط‌های کشت مختلف و پروفایل ایزوآنزیمی، به‌طور قابل توجهی از یکدیگر متفاوت هستند. آن‌ها پیشنهاد نمودند که قارچ جدا شده از سرو باید به سادگی با نام *Sphaeropsis* sp. شناخته شود تا زمانی که طبقه‌بندی آن به‌طور دقیق و از طریق مطالعات فیلوژنتیکی مشخص گردد. در نهایت Alvez و همکاران (۲۰۰۶) نام *D. cupressi* را به عنوان قارچ بیمارگر سرو معرفی نمودند. این گونه از نظر مورفولوژیکی به گونه *D. mutila* شباهت دارد اما عرض کنیدیوم‌ها در گونه *D. cupressi* بیشتر بوده و بر اساس این ویژگی از یکدیگر متمایز می‌شوند (Alvez et al. 2006).

در طول سال‌های گذشته، تعداد قابل توجهی از قارچ‌های بیماری‌زا از روی گونه‌های سرو از ایران گزارش شده‌است که از میان آن‌ها می‌توان به *Pestolotiopsis funereal* به‌عنوان عامل بلایت خاکستری نهال‌های سرو، اشاره نمود (Borhani et al., 2004). در مطالعه‌ای در استان گیلان، علل مرگ نهال‌های سوزنی برگ و از جمله سرو زربین در نهالستان‌های لاکان بررسی شد (Herfehdoost et al., 2009) و بر اساس نتایج آزمایش‌های بیماری‌زایی، قارچ *Rhizoctonia solani* از میان قارچ‌های جداسازی شده، به‌عنوان عامل بیماری‌زا از زربین گزارش شد.

همچنین قارچ *Rosellinia necatrix* به‌عنوان عامل پوسیدگی تار عنکبوتی ریشه در درختان سرو، قارچ *Trametes radiciperda* به‌عنوان عامل پوسیدگی سفید چوب‌های سرو، *Collybia xylophila* به‌عنوان عامل خسارت روی چوب‌های سرو، شبه قارچ *Phytophthora cryptogea* به‌عنوان عامل بوته‌میری نهال‌های سرو معرفی شده‌اند (Niloufari, 1984).

در سال‌های اخیر نیز گزارش‌های متعددی از خشکیدگی درختان زربین در سطح جنگل‌کاری‌ها و رویشگاه‌های طبیعی این عرصه وجود دارد. در سال ۱۳۷۵ هجری شمسی

زربین با نام علمی *Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis* از تیره سروها (*Cupressaceae*) گیاه شاخص اقلیم مدیترانه‌ای است که به سرو مدیترانه نیز معروف است. این درخت همیشه سبز در مناطق مدیترانه‌ای اروپا و شرایط اقلیمی مشابه آن در آسیای غربی از جمله ترکیه، ایران، سوریه، اردن و لبنان و نیز در شمال آفریقا می‌روید (Zare, 2001). در ایران مناطق جنگلی شمال تا ارتفاع ۱۳۰۰ متر رویشگاه اصلی زربین است؛ اما در نواحی ارسباران و برخی مناطق جنوبی کشور از جمله بهبهان و باغملک (در استان خوزستان)، فیروزآباد (در استان فارس) و دامنه کوه تفتان در استان سیستان و بلوچستان نیز به صورت طبیعی رویش دارد (Frey & Probst 1986). زربین به‌عنوان تنها سرو بومی ایران که ایستگاه‌های محدودی در کشور دارد؛ یک عنصر مدیترانه‌ای با ارزش و متأسفانه در حال انقراض محسوب می‌شود، از این رو جنگل‌های ذکر شده که از آخرین بقایای گونه زربین محسوب می‌شوند، ارزش فراوانی دارند.

شاخص‌ترین ذخیره‌گاه جنگلی زربین در شمال کشور در استان مازندران در منطقه حسن‌آباد در شهرستان نوشهر با توده‌هایی به نسبت پیوسته و خالص می‌باشد (Amini et al., 2023). ذخیره‌گاه زربین حسن‌آباد در یال‌های طرفین رودخانه حسن‌آباد و جاده دوآب - گلندرود با مساحت ۷۳۹۷ هکتار پراکنده است. این جنگل دارای حدود ۲۳۷۵ هکتار جنگل پهن برگ، ۲۲۶۶ هکتار زربین طبیعی، ۷۰۰ هکتار فضای باز، ۶۳۱ هکتار جنگل‌کاری کاج سیاه و کاج‌الدار و کاج بروسیا، ۸۷۷ هکتار جنگل‌کاری مصنوعی زربین، ۴۱۸ هکتار زمین‌های کشاورزی و باغی، ۷۰ هکتار جنگل‌کاری آمیخته سرو نقره‌ای و زربین و ۶۰ هکتار حریم رودخانه چالوس می‌باشد.

نخستین بار سولل و همکاران (Solel et al., ۱۹۸۷) قارچ *Diplodia pinea* f. sp. *cupressi* (Syn. *Sphaeropsis sapinea* f. sp. *cupressi*) را به عنوان عامل بیماری شانکر دیپلودیایی در تنه و شاخه‌های *C. sempervirens* در اسرائیل گزارش نموده‌اند.

به منظور شناسایی مولکولی جدایه قارچی، تهیه توده ریشه‌ای از طریق انتقال چند قرص از کشت جوان جدایه به ارلن حاوی ۷۵ میلی‌لیتر محیط کشت مایع PDB انجام شد. ارلن به مدت ۱۰ روز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس روی دستگاه شیکر (۱۲۵ دور در دقیقه) قرار داده شد، سپس محتوی آن به کمک پمپ خلاء و روی قیف بوخنر از کاغذ صافی واتمن عبور داده شد تا ریشه قارچی از محیط مایع جدا شود و پس از شستشو با آب مقطر و آبگیری به درون ویال منتقل شد. برای استخراج DNA ژنومی جدایه مطابق روش صفایی و همکاران (۱۳۸۴) حدود ۴۰ تا ۵۰ میلی گرم از توده میسلیمیوی فریز شده جدایه درون هاون چینی قرار داده شد و پس از افزودن ازت مایع، کاملاً ساییده شده تا به شکل پودر شود، مقداری از ریشه پودر شده قارچ به یک ویال ۱/۵ میلی لیتری انتقال داده شد و ۵۰۰ میکرولیتر بافر استخراج (۱۰۰ میلی مولار تریس، پنج میلی مولار EDTA و ۱/۴ مولار کلرید سدیم با  $\text{pH} = 8.5$ ) به ویال اضافه شد. سپس ویال به حمام آب گرم در دمای ۶۵ درجه سلسیوس منتقل شد. بعد از سانتریفیوژ، محلول رویی به کمک میکروپایپت به ویال تمیز و سترون دیگری منتقل شد و به اندازه ۰/۷ حجم آن، ایزوپروپانول اضافه شد و بعد از مخلوط کردن محتویات با ایزوپروپانول در دستگاه سانتریفیوژ شد و رسوب حاصل پس از حذف ایزوپروپانول در دمای اتاق قرار گرفت. برای بررسی کیفیت از نظر کمی و کیفی پنج میکرولیتر از محلول در ژل آگاروز ۰/۸ درصد الکتوفورز شد. همچنین غلظت DNA توسط دستگاه بیوفتومتر مورد سنجش قرار گرفت و مقداری از آن برای تهیه ۵۰ میکرولیتر نمونه دارای غلظت ۲۰ نانوگرم در میکرولیتر DNA استفاده و رقیق‌سازی شد. پس از استخراج DNA از پرگنه جدایه قارچی، تکثیر بانده اختصاصی ۵۰۰ جفت بازی با آغازگرهای ITS1 (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') و ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') (Gardes and Bruns, 1993) بهینه‌سازی شد. برنامه تکثیری برای آغازگرهای ITS4 و ITS1 شامل واسرشت اولیه در دمای ۹۵ درجه به مدت

درختان مبتلا به سوختگی و شانکر زربین منطقه حسن آباد، توسط میرابوالفتحی بازدید شد و عامل سوختگی سر شاخه‌ها و شانکر تنه زربین درختان زربین منطقه مذکور طی نامه اداری به سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور قارچ *Diplodia pinea* گزارش گردید (نامه اداری). رضوانی نیز در نشریه زیتون نوشتار ترویجی در این مورد به چاپ رسانید. در این تحقیق بازدیدهای میدانی و مطالعات آزمایشگاهی برای شناسایی عامل بیماریگر ذخیره‌گاه جنگلی زربین حسن آباد چالوس، که از بزرگترین ذخیره‌گاه‌های جنگلی کشور است به عمل آمد. پس از شناسایی عامل بیماری، بر اساس مطالعات تطبیقی با سایر کشورها تحلیلی بر عوامل محیطی تاثیرگذار بر شیوع بیماری شانکر درختان زربین و نیز دستورالعمل مناسب برای مدیریت بیماری ارائه شد.

#### مواد و روش‌ها

##### عرصه مورد بازدید

از منطقه‌ی ذخیره‌گاه طبیعی زربین حسن آباد با دو سایت واقع در ابتدای جاده ساروس (UTM: 535 150 4037 344) با ارتفاع ۶۳۰ متر از سطح دریا) و جنب نهالستان کانی (UTM: 530 263 4041 597) با ارتفاع ۴۰۰ متر از سطح دریا) بازدید شد.

##### نمونه‌برداری، جداسازی و شناسایی عامل بیماری

طی جنگل‌گردشی در مناطق ذکر شده، از پایه‌های دارای علائم بیماری نمونه‌برداری و نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شد. قطعاتی از چوب زیر پوست شامل ناحیه حدفاصل بافت خشکیده و سالم پس از ضدعفونی سطحی در محیط کشت سیب زمینی دکستروز آگار (PDA) کشت و در انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سلسیوس تا ایجاد کلنی قارچی نگهداری گردید. مورفولوژی اندام‌های رویشی و زایشی قارچ و خصوصیات رشدی کلنی بررسی شد (Palmer et al., 1987; Milijašević, 2006) و تایید گونه‌ی شناسایی شده با استفاده از آنالیزهای مولکولی، صورت پذیرفت.

پائین ادامه یافته تا در نهایت خشکیدگی کامل درخت رخ می‌دهد (شکل ۱). روی تنه درختان آلوده، ایجاد شکاف‌هایی طولی در پوست که با ترشح صمغ همراه بود، مشاهده شد (شکل ۲). بخش چوبی تنه در ناحیه آلوده به رنگ قهوه‌ای و در بخش‌های غیر آلوده، به رنگ کاملاً سفید دیده شد (شکل ۳).

#### شناسایی قارچ عامل بیماری

نتایج کشت نمونه‌ها در آزمایشگاه، بررسی خصوصیات مورفولوژیکی و میکروسکوپی کلنی‌های جداسازی شده و بررسی مولکولی، نشان داد که قارچ عامل بیماری، گونه *Diplodia cupressi* A.J.L. Phillips & A. Alves (نام سابق: *Sphaeropsis sapinea* f. sp. *cupressi* شناسائی شد.

پس از گذشت چهار روز، جدایه‌های قارچ *D. cupressi* روی محیط کشت PDA رشد شعاعی داشت، میزان رشد ۳/۶ سانتی‌متر بود و پس از گذشت هفت روز میزان رشد به ۷/۵ سانتی‌متر رسید. دمای بهینه رشد ۲۵ درجه سلسیوس اندازه‌گیری شد. پرگنه قارچ در ابتدا روشن و سپس به رنگ تیره در آمد و با گذشت زمان برخی قسمت‌های آن به رنگ خاکستری تیره مشاهده شد. سلول‌های کنیدی‌زا شفاف، صاف و هلوبلاستیک و در نوک آن‌ها کنیدیوم تشکیل شد. کنیدیوم‌ها (۲۱/۵-) ۲۳/۵ - ۲۸/۵ (-۳۰/۵) \* (۱۲/۰-) ۱۳/۵ - ۱۵/۰ (-۱۶/۰) میکرومتر، دارای دیواره ضخیم، تخم‌مرغی شکل با دو سر گرد، فاقد جداره عرضی، در ابتدا شفاف و پس از خروج از پیکنیدیوم به رنگ قهوه‌ای تیره دیده شد. ویژگی‌های مورفولوژی قارچ با ویژگی‌های توصیف شده توسط (Phillips et al. 2013) کاملاً مطابقت داشت.

توالی نوکلئوتیدی ناحیه ITS از DNA ریبوزومی جدایه ای از قارچ در پایگاه داده NCBI با کد PQ098454 ثبت شد. پس از هم‌ردیف‌سازی این توالی با نرم افزارهای Clustal X و تجزیه و تحلیل به روش بیزی، جدایه قارچی مورد بررسی رابطه نزدیکی با گونه *D. cupressi* دارد و نتیجتاً تشخیص گونه *D. cupressi* تأیید شد (شکل ۴).

هفت دقیقه، سپس ۳۰ تا ۳۵ سیکل به صورت ۹۴ درجه سلسیوس به مدت یک دقیقه، ۵۸ درجه سلسیوس به مدت یک دقیقه، ۷۲ درجه سلسیوس به مدت دو دقیقه و بسط نهایی در ۶۸ درجه به مدت هفت دقیقه انجام شد. بعد از تعیین توالی، قطعه مورد نظر به طول ۵۰۸ جفت باز، ابتدا توالی با استفاده از برنامه Chromas بررسی شد و اصلاح توالی صورت گرفت. سپس توالی به دست آمده با انجام آزمون جستجوی بلست (BLAST search) با توالی‌های نوکلئوتیدی سایر گونه‌های موجود در پایگاه (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/blast) NCBI مورد مقایسه قرار گرفت. به منظور یافتن جایگاه تاکسونومیکی توالی به دست آمده، درخت تشابه ترسیم شد. توالی نوکلئوتیدی نمونه به همراه مشابه‌ترین توالی‌های پایگاه داده با برنامه ClustalX هم‌ردیف و تنظیم شد. مدل تکاملی مربوط با استفاده از نرم‌افزارهای PAUP و MrModeltest2 انتخاب شد. آنالیز فیلوژنی و ترسیم درخت تبارشناسی مربوط با روش بیزی (Bayes) توسط نرم‌افزار MrBayes v. 3.12 انجام گرفت.

#### آزمون بیماری‌زایی

به این منظور جدایه‌ای از قارچ مورد نظر انتخاب و روی نهال‌های دو ساله سرو زربین (پنج تکرار برای هر تیمار) مورد آزمون قرار گرفت، ابتدا زخمی به ابعاد پنج میلی‌متر در زیر پوست ساقه ایجاد و قطعه ای به قطر سه میلی‌متر از حاشیه کلنی هفت روزه قارچ روی محیط PDA برداشته و در محل زخم قرار داده شد و در محل زخم با پارافیلیم پوشانده شد. در تیمارهای کنترل مشابه سایر تیمارها زخم ایجاد شد و پلاگ PDA سترون فاقد قارچ روی محل زخم قرار داده شد. پس از گذشت سه هفته، علائم بیماری در تیمارهای مختلف ارزیابی شد (Intini et al. 2005, Kaya et al. 2014).

#### نتایج و بحث

مشاهدات میدانی نشان داد که علائم بیماری به صورت خشکیدگی از نوک درختان ظاهر شده و به تدریج به سمت



شکل ۱- علائم سوختگی دیپلودیایی (*Diplodia cupressi*) روی شاخ و برگ سرو زرین (*Cupressus sempervirens*)

Fig. 1. Symptoms of *Diplodia* shoot blight on *Cupressus sempervirens*



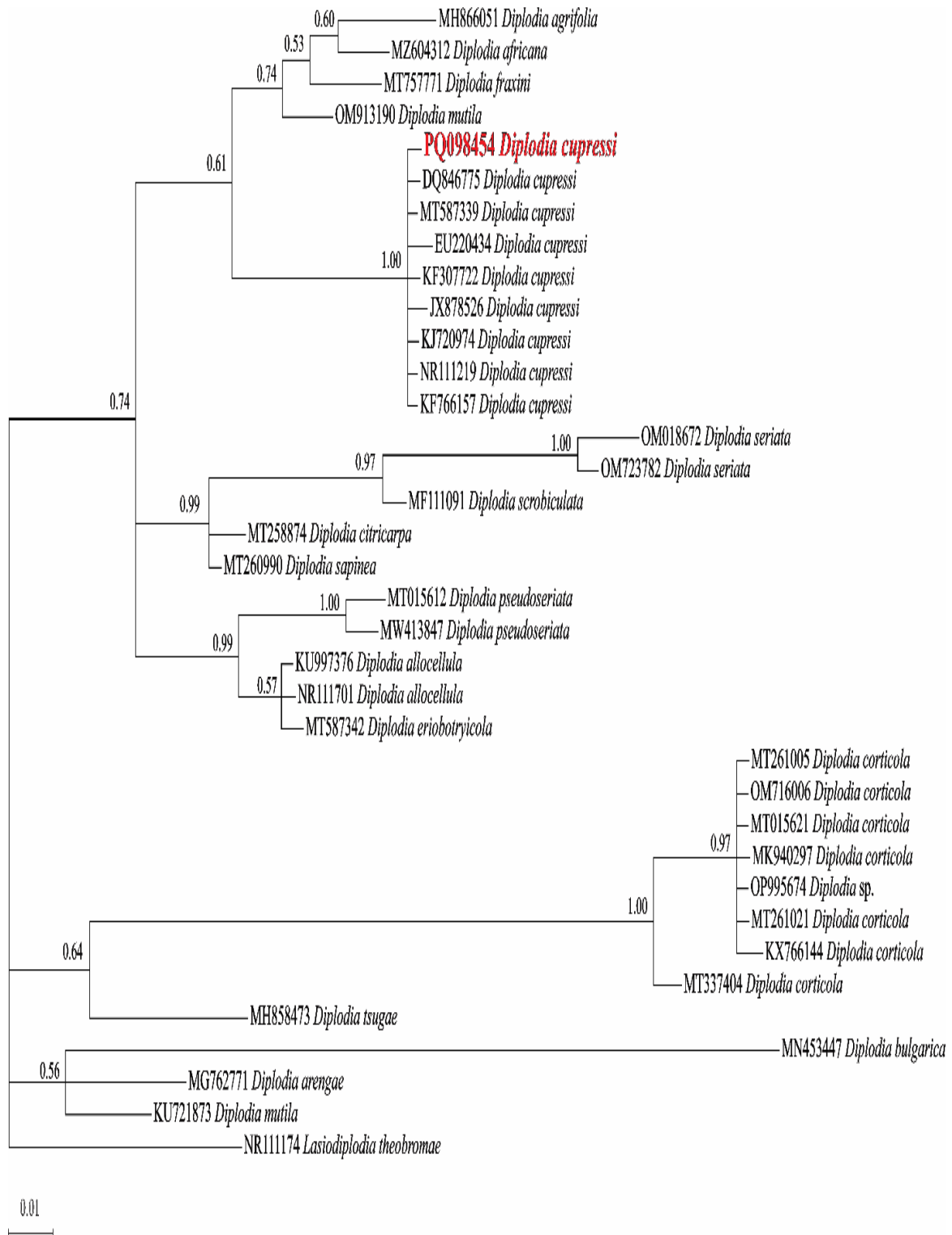
شکل ۲- شانکرهای ایجاد شده توسط *Diplodia cupressi* روی تنه *Cupressus sempervirens*

Fig. 2. Cypress cankers on trunk of *Cupressus sempervirens* caused by *Diplodia cupressi*



شکل ۳- تغییر رنگ تیره نسوج زیر پوست در ناحیه شانکر به سبب *Diplodia cupressi* روی سرو زرین (*Cupressus sempervirens*)

Fig. 3. Discoloration of the tissues under the bark of canker caused by *Diplodia cupressi* on *Cupressus sempervirens*



شکل ۴- درخت فیلوژنی بییزی (Bayesian) بازسازی شده با استفاده از توالی ITS. جدایه ایرانی، PQ098454، *Diplodia cupressi* تحت مدل GTR + G + I (مقادیر احتمال پسین بییزی بیش از ۰.۵۰ برای کلادهای مناسب ارائه شده است).

**Fig. 4.** Bayesian 50% majority rule consensus tree inferred using ITS sequence of Iranian isolate of *Diplodia cupressi* PQ098454, under the GTR + G + I model. (Bayesian posterior probability values more than 0.50 given for appropriate clades).

## بیماری‌زایی

پس از سه هفته تمام نهال‌های زربین مایه‌زنی شده شده با قارچ *Diplodia cupressi* علائم بیماری را نشان دادند. قهوه‌ای شدن شاخه‌ها، مرگ سوزن‌ها، تغییر رنگ و نکروز در محل ایجاد زخم در تیمارهای دارای قارچ بیماری‌زا مشاهده شد و در تیمار شاهد، نهال‌های زربین سالم و بدون علامت باقی ماندند (شکل ۵).



شکل ۵- سمت راست، نهال زربین (*Cupressus sempervirens*) مایه زنی

شده شده با قارچ *Diplodia cupressi* سمت چپ، شاهد

Fig. 5. Right, *Cupressus sempervirens* seedlings inoculated with *Diplodia cupressi*, left control

قارچ عامل بیماری از تیمارهای مایه زنی شده با قارچ، مجدداً جداسازی شد و از تیمار شاهد هیچ‌گونه عامل قارچی روی جداسازی نشد.

گونه‌های *Diplodia* متعلق به خانواده *Botryosphaeriaceae* که به‌عنوان بیمارگرهای همه‌جا‌زی، ساپروفیت و اندوفیت شناخته می‌شوند، در طیف وسیعی از میزبان‌ها وجود دارند (Slippers and Wingfield, 2007). گونه‌های *Diplodia* در بسیاری از کشورهای دنیا از گونه‌های سرو (*Cupressus* spp.) و سایر گونه‌های مخروطی به‌عنوان عامل بیماری بلایت دیپلودیایی (*Diplodia* Tip Blight) گزارش شده‌اند. مطالعات بسیاری بیماری‌زایی گونه‌های دیپلودیا را به‌صورت ایجاد

شانکر و زوال در درختان زربین اثبات کرده‌است (Hlaiem and Jamaa, 2023).

بیماری بلایت یا سوختگی دیپلودیایی به‌دلیل ماهیت اندوفیتی نهفته عامل بیماری آن، به‌عنوان یک تهدید نوظهور برای مخروطیان در سراسر دنیا محسوب می‌شود که با توجه به ایجاد شرایط تنش در میزبان، بویژه خشکسالی، بیولوژی آن‌ها تغییر می‌یابد (Bußkamp 2018, Blumenstein et al. 2021, Terhonen et al. 2021). با توجه به اینکه قارچ عامل بیماری به هوای گرم تمایل بیشتری داشته، در نتیجه با تغییرات آب و هوایی که به سمت گرم شدن کره زمین ادامه می‌یابد، به مناطق جدید گسترش پیدا می‌کند و علائم بیماری در درختانی که تحت تغییرات آب و هوایی (به‌ویژه خشکسالی) ضعیف شده باشند با شدت مضاعف نمایان می‌شود (Brodde et al. 2019, Adamson et al. 2021, Terhonen et al. 2021). بر اساس مرور منابع، بنظر می‌رسد تغییرات شدید آب و هوایی اخیر در کشور (بویژه خشکسالی‌ها) سبب ضعف و پیش آمده شدن درخت برای شیوع و افزایش شدت بیماری شده است.

امروزه به‌خوبی مشخص شده است که با افزایش دما و خشکسالی، رویدادهای ضعف، زوال و مرگ و میر گیاهی در مقیاس منطقه‌ای در انواع مختلفی از گیاهان در سراسر دنیا در حال افزایش است که اغلب (نه همیشه) با شیوع عوامل زنده مانند حشرات و پاتوژن‌ها همراه است (Madmony et al., 2018). در مناطق معتدل، خشکسالی اغلب با افزایش توسعه بیماری ناشی از پاتوژن‌ها در چندین گونه درختی همراه بوده که روی تاج درخت و یا سیستم ریشه آن تأثیرگذار بوده‌اند (Madar et al., 1989). موج گرما و خشکسالی شدیدی که اروپای غربی در سال ۲۰۰۳ تجربه کرد، پیامدهای جدی بر شیوع بیماری‌های شانکر و خشکیدگی ناشی از پاتوژن‌هایی مانند *Cytospora Biscognauxia* و *Diplodia* داشت و موجب به مخاطره افتادن سلامت جنگل گردید (Desprez-Loustau et al., 2006).

بین سویه‌های مختلف، می‌تواند سویه‌های غیربیماری‌زا را به بیماری‌زا تبدیل کند. همچنین مطالعات ژنتیکی در روشن شدن طبقه‌بندی تاکسون‌های کمپلکس نقش به‌سزایی دارند. تجدید نظر در طبقه‌بندی *Botryosphaeria* (آنامورف‌های *Diplodia*، *Fusicoccum*، *Lasiodiplodia*، *Sphaeropsis*) در سال‌های اخیر با استفاده از ابزارهای مولکولی پیشرفت قابل توجهی داشته است (Phillips *et al.*, 2013; Liang *et al.*, 2024). حل پیچیدگی‌های طبقه‌بندی گونه‌ای می‌تواند به حل سؤالات مربوط به اپیدمیولوژی این گونه‌ها، از جمله دامنه میزبانی و تعامل با خشکسالی کمک شایان نماید. جدایی گونه جدید *D. cupressi* به‌عنوان عامل بلایت دیپلودیایی درختان سرو از *D. sapinea*، عامل همراه خشکی و شانکر درختان کاج مثال گویایی در این مورد است. تغییرات آب و هوایی در مناطق معتدل ممکن است به‌ویژه به نفع قارچ‌های گرمادوستی باشد که می‌توانند در درختان تا زمانی که با خشکسالی و کمبود آب مواجه نشده‌اند باقی بمانند، *Cryptostroma corticale*، *Biscognauxia mediterranea* و نمونه‌ای از آن‌ها هستند. بنابراین ظهور گونه‌های جدید و ناشناخته به‌دلیل تغییرات آب و هوایی به تنهایی تهدیدی برای سلامت جنگل‌ها نبوده (Prospero *et al.*, 2021)، بلکه قارچ‌های اندوفیت با منشاء مدیترانه‌ای یا گرم‌سیری که به‌دلیل نامساعد شدن آب و هوا (بویژه با بروز خشکسالی‌ها) تبدیل به بیمارگرهای فرصت طلب می‌شوند و دامنه جغرافیایی خود را در پاسخ به تغییرات آب و هوایی گسترش می‌دهند، تهدیدی جدی دیگر در جنگل‌ها هستند (Szczeplaniec & Finke 2019).

برای جلوگیری از شیوع وسیع بیماری در جنگل‌های دست کاشت لازم است، پایش عرصه‌های آلوده به‌طور منظم صورت گیرد و شاخه‌هایی که علائم خشکیدگی نشان می‌دهند مرتباً هرس و حذف شوند. حذف و از بین بردن شاخه‌های خشکیده می‌تواند از توسعه بیشتر عامل جلوگیری کرده و نیز موجب کاهش مایه آلوده کننده در توده‌های آلوده

در مورد شدت بیماری‌زایی متفاوت جدایه‌های مختلف قارچ *D. sapinea*، علی‌رغم اینکه شدت نکرور ایجاد شده در تیمارهای مختلف تحت تأثیر بیماری‌زایی سویه‌های مختلف قارچ عامل بیماری متفاوت بوده است، اما کاهش دسترسی به آب، باعث توسعه نسوج بافت مرده در نهال‌های مایه‌زنی شده با قارچ شده است (Blumenstein *et al.*, 2021)، این مساله با توجه به تغییرات اقلیمی پیش رو بسیار نگران کننده است.

همچنین در مطالعه‌ای دیگر هنگامی که نهال‌های سرو (*C. sempervirens*) در گلخانه در معرض کمبود شدید آب قبل یا بعد از مایه زنی بودند، گسترش شانکرهای دیپلودیایی روی ساقه‌های آن‌ها افزایش یافت و در تابستان در شرایط عرصه، توسعه شانکر روی شاخه‌ها در گیاهان بدون آبیاری در مقایسه با گیاهان آبیاری شده افزایش یافت و این نتایج خشکسالی را به‌عنوان عاملی مهم در شیوع شانکر دیپلودیایی در طول سال‌های خشک ۱۹۸۴-۱۹۸۶ در اسرائیل توجیه نمود (Madar *et al.*, 1989). ترپونئیدهای ضدقارچی با نام کوپرسوتروپولون (*cupressotropolone*) که در هنگام آلوده شدن توسط *D. cupressi* در گیاهان سرو تولید و رشد قارچ را مهار می‌کنند، در گیاهان تحت تنش آبی در مقایسه با شاهد، آهسته‌تر و در غلظت‌های پایین‌تری تجمع می‌یابند (Madar *et al.*, 1995). البته مکانیسم‌های دیگری نیز برای افزایش حساسیت گیاهان در برابر پاتوژن‌ها در شرایط خشکسالی مطرح شده است (Vose *et al.*, 2016).

طبق مدل بک (Beck's model)، وقوع گونه‌ها یا جدایه‌هایی با شدت بیماری‌زایی زیاد را که تحت شرایط تنش از میان جمعیت کلی عوامل بیماری‌زا انتخاب می‌شوند را نمی‌توان نادیده گرفت.

نتایج تحقیقات نشان داده است سویه‌های بیماری‌زای *D. sapinea* از میزبان‌های غیر کاج، به وضوح فعالیت تهاجمی‌تر نسبت به سویه‌های جداسازی شده از روی کاج، روی مخروطیان داشته‌اند (Blumenstein *et al.*, 2021). مطالعات Ma و همکاران (۲۰۱۰) نشان داده است که انتقال افقی ژن



شانکر سرو قرار می‌گیرد؛ بطوریکه در آزمایش Self and Chou (۱۹۹۴) حدود ۸۰ درصد درختان فقط شانکرهای خفیف داشتند یا اصلاً شانکری نداشتند. بنابراین ممکن است هرس نادرست در جنگل‌کاری‌های به شدت بیمار و روی گونه‌های حساس سرو فراوانی و همچنین شدت شانکر را افزایش دهد. هرس اصولی که برای مهار عامل بیمارگر توصیه شده است شامل هرس در زمستان است، زیرا بر اساس گزارش‌ها، دماهای پایین زمستانه پراکندگی مایه آلوده‌کننده و نفوذ دیپلودیا را به حداقل می‌رساند (Swart and Wingfield, 1991). همچنین هرس باید به گونه‌ای انجام شود که فقط مقدار کمی (۲۵ درصد) از شاخ و برگ برداشته شود. هرس متوسط (۳۹ درصد) یا سنگین (۴۹ درصد) می‌تواند تنش فیزیولوژیکی ایجاد کند و منجر به بروز بیماری توسط دیپلودیا شود (Chou and MacKenzie, 1988). زخم‌های هرس راهی مضاعف برای ایجاد آلودگی توسط این قارچ را فراهم می‌کند، بنابراین پوشش زخم‌ها با پانسما دارای قارچ‌کش می‌تواند این راه را سد نماید (Epstein et al., 2008). در عرصه‌های طبیعی استراتژی‌های هرس، هم از نظر اقتصادی و هم از نظر نیروی کار غیرعملی هستند.

در ذخیرگاه‌های طبیعی استراتژی کنترل بیماری باید محتاطانه‌تر و بر اساس ادغام روش‌های مختلف اتخاذ شوند؛ این راهکارها شامل حذف درختان کاملاً خشکیده، اتخاذ رویکردهایی برای بهداشت گسترده در سراسر عرصه؛ درمان‌های شیمیایی پیشگیرانه در نهالستان‌های هم جوار و استفاده از لاین‌های منتخب سرو با اجرای برنامه اصلاحی برای مقاومت به شانکر می‌باشند.

حذف منبع آلودگی اصلی‌ترین روش مستقیم برای کنترل شانکر سرو است (Danti et al., 2013). در توده‌های آلوده پایه‌هایی که شدت آلودگی بالایی دارند (به‌نحوی که میزان خشکیدگی آن‌ها بیش از ۷۰ درصد توده سوزنی است) برای جلوگیری از تکثیر انبوه مایه آلوده‌کننده قارچی حذف شوند.

رعایت بهداشت در نهالستان‌های زیرین ضروری است زیرا می‌تواند به‌عنوان یک مخزن قارچ عمل کند و بر فشار

مشروط بر این‌که تمام مواد آلوده سوزانده شوند، انجام هرس و برش در هوای خشک و پرهیز از هرس شدید مانع از انتشار مایه آلوده‌کننده می‌شود.

بررسی اثر هرس بر توسعه شانکرهای سرو توسط (Hood et al., 2009) مطالعه شده است. در مطالعه Madar و همکاران (۱۹۹۱) گزارش شده است که هرس شاخه‌های جانبی درختان سرو ممکن است به دلیل ایجاد زخم راه نفوذ قارچ را هموار کرده و بروز و شدت شانکرهای ناشی از قارچ سیریدیوم (*Seiridium cardinale*) و دیپلودیا (*D. cupressi*) را به طور قابل‌توجهی افزایش دهد. این یافته‌ها با گزارش‌های قبلی که زخم‌ها به‌عنوان محل‌های تهاجم پاتوژن‌ها عمل می‌کنند را تأیید کرده است (Solel et al., 1987). در همین تحقیق مشخص شد استفاده از خمیر پانسما زخم روی زخم‌ها در هرس زمستانه و بهاره در برابر شانکرهای ناشی از *D. cupressi* موثر بوده است، اما در هرس تابستانی یا پاییزی خیر. احتمالاً، به این دلیل که درختان سرو در ماه‌های سرد و مرطوب فعال هستند و در ماه‌های گرم و خشک غیر فعال هستند، و در این فصول ترمیم زخم رخ نمی‌دهد. از این‌رو با گذشت زمان، خمیر از بین می‌رود و عامل بیماری‌زا ممکن است از طریق زخم التیام نیافته نفوذ کند (Madar et al. 1991). با این توضیح که در تحقیق ایشان، خمیر پانسما زخم فاقد هر نوع قارچ‌کش بود. اما در تحقیقی در نیوزیلند هرس شدت آسیب را افزایش داده است، لیکن شانکر جدید بروز نکرده است، به این معنی که قارچ ممکن است به آسانی از طریق زخم‌های هرس قادر به آلوده‌سازی گیاه نباشند (Self, 2000). سلف و کوهن (Self and Chou, 1994) بین پلات‌های هرس شده و هرس نشده سرو *C. lusitanica* تفاوت معنی‌داری در بروز شانکر مشاهده نمودند و در نهایت استدلال نمودند که تعداد بیشتر درختان با علائم ناهنجار و شانکر شدید، ناشی از استرس هرس است. نتیجه مشابهی با همان گونه میزبان توسط Millner and Murti (2006) یافت شد. اما باید توجه داشت که گونه *C. lusitanica* کمتر از دیگر گونه‌های سرو تحت تأثیر

چشم‌اندازها علیه دیپلودیا برچسب‌گذاری شده‌اند عبارتند از: آزوکسی استروبین، پروپیکونازول و تیوفانات متیل. قارچ‌کش‌ها اگر در بازه زمانی قبل از جوانه زدن و نهایتاً ۷ تا ۱۰ روز پس از آن استفاده شوند بیشترین تأثیر را دارند (Danti et al., 2013).

در برنامه‌های بلند مدت، لحاظ نمودن پایه‌های با حساسیت پایین‌تر (از طریق انتخاب کلونال در توده‌های طبیعی که در آن بیماری وجود داشته یا با اصلاح نژادی بین درختان منتخب در پلات‌های آزمایشی) به‌عنوان جایگزین و یا استفاده از گیاهان غیرمیزبان به‌عنوان جایگزین درختان حذف شده در سایت‌هایی با سابقه بیماری راه‌کاری برای مقابله با اپیدمی بیماری است. سیاست عدم کاشت گونه‌های سرو مستعد ابتلا به شانکر در سطوح وسیع، تجمع مایه آلوده کننده را به حداقل می‌رساند. در بلندمدت، عدم تداوم پایه‌های میزبان حساس گسترش بیماری را در سال‌های بعد محدود می‌نماید (Danti et al., 2013; Danti and Della Rocca, 2017).

### سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور برای پشتیبانی مالی و از سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور برای پشتیبانی تدارکاتی انجام شده در اجرای تحقیق سپاسگزاری می‌شود.

تکثیر و فراوانی مایه آلوده کننده در رویشگاه‌های طبیعی تأثیر بگذارند. جابجایی نهال‌ها در نهالستان‌ها از عوامل جابجایی بیمارگر گیاهی است. به اضافه این‌که نهالستان‌ها می‌توانند مکانی ایده‌آل برای ایجاد جدایه‌های جدیدی از پاتوژن‌ها باشند؛ بطوریکه جدایه‌های جدیدی از پاتوژن‌ها می‌توانند در نتیجه هیبریداسیون بین گونه‌ای در نهالستان‌ها ایجاد و به رویشگاه‌های طبیعی منتقل شوند (Danti et al., 2013; Danti and Della Rocca, 2017).

از آن‌جا که در حال حاضر سرو زربین در نهالستان‌های متعددی در استان‌های شمالی کشور وجود دارد باید این موضوع نیز مد نظر برنامه‌های مدیریت بیماری قرار گیرد. به‌همین لحاظ تمام نهالستان‌ها ملزم به حذف پایه‌های آلوده به‌عنوان یک اقدام پیشگیرانه جهت به حداقل رساندن ایجاد مایه آلوده کننده شوند. اثرات مفید این استراتژی منجر به نتایج پایداری به‌ویژه در آمریکا شده است و هنوز قابل مشاهده است؛ بدین‌ترتیب که شانکر سرو در حال حاضر به‌عنوان یک بیماری اندمیک در آنجا وجود دارد و عدم وجود تراکم کافی از مایه آلوده کننده و نیز عدم تداوم داد و ستد و کاشت میزبان‌های حساس مانع از بروز همه‌گیری‌های جدید در این مناطق شده است (Danti et al., 2013; Danti and Della Rocca, 2017).

مهم‌ترین قارچ‌کش‌هایی که تاکنون در دنیا برای استفاده در نهالستان‌ها، درختان با ارزش بالا و نیز مواردی برای

### References

- ADAMSON, K., M. LAAS, K. BLUMENSTEIN, J. BUSSKAMP, G.J. LANGER, D. Klavina, et al., 2021. Highly clonal structure and abundance of one haplotype characterise the *Diplodia sapinea* populations in Europe and Western Asia. *Journal of Fungi* 7(8): 634. doi: 10.3390/jof7080634.
- ALVES, A., A. CORREIA, A.J.L. PHILLIPS, 2006. Multi-gene genealogies and morphological data support *Diplodia cupressi* sp. nov., previously recognized as *D. pinea* f. sp. *cupressi*, as a distinct species. *Fungal Diversity* 23: 1-15. doi.org/10.3390/jof9070742.
- AMINI, T., H. EJTEHADI, M. JAMALI, F. GUIBAL, H. ZARE, 2023. Floristic studies and ecology of cypress communities (*Cupressus sempervirens* L.) in Hyrcanian chorion, north of Iran. *The Iranian Journal of Botany* 29(1): 29-39. (in Persian with English summary). doi: 10.22092/ijb.2023.129427.

- BLUMENSTEIN K., J. BUßKAMP, G.J. LANGER, R. SCHLÖBER, N.M. PARRA ROJAS, E. TERHONEN, 2021. *Sphaeropsis sapinea* and associated endophytes in scots pine: interactions and effect on the host under variable water content. *Frontiers in Forests and Global Change* volume 4. doi: 10.3389/ffgc.2021.655769.
- BORHANI, A., H. BARIMANI, S. Mohammadnejad Kiasari, 2004. Assimilation on cypress (*Cupressus sempervirens* var. *horizontalis*) death in the forestation of Behshar area. *Pajouhesh & Sazandegi Journal* 63: 16-22. (in Persian with English summary).
- BRODDE, L., K. ADAMSON, J. JULIO CAMARERO, C. CASTAÑO, R. DRENKHAN, A. LEHTIJARVI, N. LUCHI, D. MIGLIORINI, Á. SANCHEZ-MIRANDA, J. STENLID, Ş. ÖZDAG, J. OLIVA, 2019. *Diplodia* Tip Blight on Its Way to the North: Drivers of Disease Emergence in Northern Europe. *Frontiers in Plant Science* 9:1818. doi: 10.3389/fpls.2018.01818.
- BUßKAMP, J., 2018. Schadenserhebung, Kartierung und Charakterisierung des” *Diplodia-Triebsterbens*” der Kiefer, insbesondere des endophytischen Vorkommens inden klimasensiblen Räumen und Identifikation von den in Kiefer (*Pinus sylvestris*)vorkommenden Endophyten (Kassel: Universität Kassel).
- CHOU, C.K.S., M. MACKENZIE, 1988. Effect of pruning intensity and season on *Diplodia pinea* infection of *Pinus radiata* stem through pruning wounds. *European Journal of Forest Pathology* 18: 437-444. doi.org/10.1111/j.1439-0329.1988.tb00233.x.
- DANTI, R., G. DELLA ROCCA, 2017. Epidemiological History of Cypress Canker Disease in Source and Invasion Sites. *Forests* 8(4): 121. doi.org/10.3390/f8040121.
- DANTI, R., G. DELLA ROCCA, A. PANCONESI, 2013. Cypress Canker. In *Infectious Forest Diseases*; GONTHIER, P., G. NICOLOTTI, Eds.; CABI: Wallingford, CT, USA; Oxfordshire, UK; Boston, MA, USA, pp. 359-375.
- EPSTEIN, L., K. SUKHWINDER, J.S. VANDER GHEYNST, 2008. *Botryosphaeria*-related dieback and control investigated in noncoastal California grapevines. *California Agriculture* 62: 161-166. doi:10.3733/ca.v062n04p161.
- FREY, W., W. PROBST, 1986. A synopsis of the vegetation of Iran. In: *Contribution to the vegetation of Southwest Asia* (Ed. KURSCHNER, H.) 1-43. Dr. Ludwig, Reichert. Verlag, Wiesbaden.
- GARDES, M., T.D. BRUNS, 1993. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes—application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Molecular Ecology* 2: 113-118. doi.org/10.1111/j.1365-294X.1993.tb00005.x.
- HERFEHDOUST, F., T. ROSTAMI SHAHRAJI, M. QHODSKHAH, A. KHODAPARAST., 2009. Investigation on agent conifer damping off in the forest nursery of Lakan. *Iranian Quarterly of Forest and Spruce Research* 17 (2): 263-271.
- HLAIEM, S., M.L. BEN JAMAA, 2023. Biological characteristics of *Diplodia sapinea* f. sp. *cupressi* infecting *Cupressus sempervirens* L. in Tunisia. *Plant Pathology and Quarantine* 13: 55-62. 10.5943/ppq/13/1/5. doi:10.5943/ppq/13/1/5.
- HOOD, I.A., J.F. GARDNER, R.J. HOOD, B. SMITH, G. PHILLIPS, 2009. Pruning and cypress canker in New Zealand. *Australasian Plant Pathology*, 38: 472-477. doi:10.1071/AP09029.
- INTINI, M., A. PANCONESI, M.L. BEN JAMAA, G. STANOSZ, D. Smith, 2005. First Report of *Diplodia* Canker of Cypress Caused by *Diplodia pinea* f. sp. *cupressi* on Mediterranean Cypress in Tunisia. *Plant Disease* 89 (11): 1246. doi: 10.1094/PD-89-1246A.
- KAYA, A.G.A., A. LEHTIJARVI, O. KAYA, T. DOGMUS-LEHTIJARVI, 2014. First Report of *Diplodia pinea* on *Pseudotsuga menziesii* in Turkey. *Plant Disease* 98(5): 689. doi: 10.1094/PDIS-07-13-0765-PDN.
- LIANG, D., J. YIRU, ZH. YU, M. CHENGXING, M. TIANLIN, ZH. CHUANQING, 2024. The Comparative Genomics of *Botryosphaeriaceae*

- Suggests Gene Families of *Botryosphaeria dothidea* Related to Pathogenicity on Chinese Hickory Tree. *Journal of Fungi* 10(4): 299. doi: 10.3390/jof10040299.
- MA, L.J., H.C. VAN DER DOES, K.A. BORKOVICH, J.J. COLEMAN, M.J. DABOUSSI, A. DI PIETRO, et al. 2010. Comparative genomics reveals mobile pathogenicity chromosomes in *Fusarium*. *Nature* 464: 367–373. doi: 10.1038/nature08850.
- MADAR, Z., Z. SOLEL, A. SZTEJNBERG, M. KIMCHI, 1991. Effect of pruning of trunk side-branches of cypress on infection by *Seiridium cardinal* and *Diplodia pinea* f. sp. *cupressi*. *Forest Ecology and Management* 44: 255–260. doi: 10.1016/0378-1127(91)90012-K.
- MADAR, Z., Z. SOLEL, J. RIOV, A. SZTEJNBERG, 1995. Phytoalexin production by cypress in response to infection by *Diplodia pinea* f. sp. *cupressi* and its relation to water stress. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 47: 29–38. doi.org/10.1006/pmpp.1995.1040.
- MADAR, Z., Z. SOLEL, M. KIMCHI, 1989. Effect of water stress in cypress on the development of cankers caused by *Diplodia pinea* f.sp. *cupressi* and *Seiridium cardinale*. *Plant Disease* 73: 484–486.
- MADMONY, A., R. TOGNETTI, L. ZAMPONI, P. CAPRETTI, M. MICHELOZZI, 2018. Monoterpene responses to interacting effects of drought stress and infection by the fungus *Heterobasidion parviporum* in two clones of Norway spruce (*Picea abies*). *Environmental and Experimental Botany*, 152: 137-148. doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.03.007.
- MILJAJŠEVIĆ, T., 2006. Effect of temperature on the mycelial growth of the fungus *Sphaeropsis sapinea*. *Glasnik Šumarskog Fakulteta* 94: 211-222. doi:10.2298/GSF0694211M.
- MILLNER, J., Y. MURTI, 2006. Pruning of *Cupressus lusitanica*. *New Zealand Tree Grower* 27(1): 34.
- NILOUFARI, P. 1984. *Fungi flora of Iranian forests*. Jahad Daneshgahi Publication, (in Persian). 142 p.
- PALMER, M.A., E.L. STEWART, M.J. WINGFIELD, 1987. Variation among isolates of *Sphaeropsis sapinea* in the north central United States. *Phytopathology* 77: 944–948. doi: 10.1094/Phyto-77-944.
- PHILLIPS, A.J.L., A. ALVES, J. ABDOLLAHZADEH, B. SLIPPERS, M.J. WINGFIELD, J.Z. GROENWALD, P.W. CROUS, 2013. The *Botryosphaeriaceae*: genera and species known from culture. *Studies in Mycology* 76: 51–167. doi.org/10.3114/sim0021.
- PROSPERO, S., L. BOTELLA, A. Santini, C. Robin, 2021. Biological control of emerging forest diseases: How can we move from dreams to reality? *Forest Ecology and Management* 119377. doi: 10.1016/j.foreco.2021.119377.
- SELF, N.M. 2000. Cypress canker. *New Zealand Tree Grower* 21(2): 31–32.
- SELF, N.M., C.K.S. CHOU, 1994. Pruning effect on incidence and severity of *Seiridium* cypress canker in a stand of *Cupressus lusitanica*. *New Zealand Journal of Forestry Science* 24: 75–77.
- SLIPPERS, B., M.J. WINGFIELD, 2007. *Botryosphaeriaceae* as endophytes and latent pathogens of woody plants. *Diversity, ecology and impact*. *Fungal Biology Reviews* 21: 90-106. doi:10.1016/j.fbr.2007.06.002.
- SOLEL, Z., Z. MADAR, M. KIMCHI, Y. GOLAN, 1987. *Diplodia* canker of cypress. *Canadian Journal of Plant Pathology* 9(2): 115–118. doi.org/10.1080/07060668709501890
- SWART, W.J., M.J. WINGFIELD, 1991. Biology and control of *Sphaeropsis sapinea* on *Pinus* species in South Africa. *Plant Disease* 75: 761-766. doi: 10.1094/PD-75-0761.
- SWART, W.J., M.J. WINGFIELD, P.S. KNOX-DAVIES, 1987. Conidial dispersal of *Sphaeropsis sapinea* in three climatic regions of South Africa. *Plant Disease* 71: 1038–1040. doi: 10.1094/PD-71-1038.
- SWART, W.J.; W.S. GRANT, 1993. Comparison of *Sphaeropsis sapinea* and *Sphaeropsis sapinea* f. sp. *cupressi*. *Mycological Research* 97(10): 1253–1260. doi.org/10.1016/S0953-7562(09)81294-X.
- SZCZEPANIEC, A. D. FINKE, 2019. Plant-vector-pathogen interactions in the context of drought stress. *Frontiers in Ecology and Evolution* 7. doi: 10.3389/fevo.2019.00262.

- TERHONEN, E., J. BABALOLA, R. KASANEN, R. JALKANEN, K. BLUMENSTEIN, 2021. *Sphaeropsis sapinea* found as symptomless endophyte in Finland. *Silva Fennica* 55: 13. doi: 10.14214/sf.10420.
- VOSE, J.M., C.F. MINIAT, C.H. LUCE, et al., 2016. Ecohydrological implications of drought for forests in the United States. *Forest Ecology and Management* 380: 335–345. doi.org/10.1016/j.foreco.2016.03.025.
- ZARE, H., 2001. *Introduced and Native Conifers in Iran*. Research Institute of Forest and Rangelands Press, Tehran. 498 P.