

Identification of fungal agents causing dieback of *Astragalus* in the protected area of Tang Sayad and assessment of the extent of dieback damage in these habitats

Karam Sepahvand^{1*} , Seyedeh Masoomeh Zamani² , Majid Tavakoli³ , Narges Sepasi⁴  and Ali Mohammadian³ 

1*-Corresponding Author, Researcher, Forests and Rangelands Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Khorramabad, Iran, E-mail: karamsepahvand@gmail.com

2- Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

3- Assistant Prof., Forests and Rangelands Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Khorramabad, Iran

4- Researcher, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: 05.10.2024

Revised: 04.05.2025

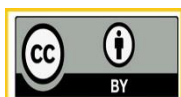
Accepted: 31.05.2025

Abstract

Background and Objective: The *Astragalus* genus is one of the largest plant genera and has a wide distribution worldwide. These plants cover approximately 25% of the pastures in Iran. In recent years, a number of these species have begun to decline, leading to gradual drying and death. Deterioration typically starts due to a combination of various factors that alter the conditions and environment of the plants ultimately resulting in infection by pathogenic agents, the most important of which are fungi. The purpose of this research was to identify the fungal factors responsible for drying and deterioration in the *Astragalus* grasslands in the Tang Sayad area of Chaharmahal and Bakhtiari province as well as to investigate the extent of drying and dieback at different altitudes and slopes.

Methodology: Samples were collected from the roots, stems, and crowns of infected or decaying plants at various stations and subsequently transferred to the laboratory. Parts of the crown, stem and roots of the infected plants were separated and cultivated. After isolating and purifying the pathogenic agents, the isolates were identified based on their morphological and microscopic characteristics using identification keys. Moreover, the virulence of the isolated fungi on detached host branches was evaluated based on recommended methods by inoculating the pathogenic fungi onto healthy branches of uniform diameter from the same species and assessing the resulting lesion size. Additionally, to assess the percentage of damage at three different heights and in two directions (north and south slopes), a factorial design based on a completely randomized block design was employed. The percentage of dieback damage on these plants was recorded, and the data were analyzed using Excel and SPSS statistical software.

Results: In total, six fungal species and genera were isolated and identified from the tissues of *Astragalus* plants: *Fusarium* sp., *Trichothecium roseum*, *Nattrassia mangiferae*, *Verticillium dahliae*, *Phoma* sp., and *Penicillium* sp.. These fungi were classified into three groups based on the severity of their pathogenicity. The results also indicated that the differences observed in the



Copyright: © 2024 by the authors. This is an open access, peer-reviewed article published by Research Institute of Forests and Rangelands (<https://ijfrpr.areeo.ac.ir/>) and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

damage suffered by the plants due to wilt on the northern and southern slopes at each elevation level were highly significant ($P < 0.01$). Additionally, the effect of elevation on the percentage of dieback damage noted on the northern slope was statistically significant across three elevation ranges ($P \leq 0.01$). However, the effect of elevation on the percentage of wilt damage observed on the southern slope across the three elevation ranges was not statistically significant ($P > 0.05$). The lowest percentage of damage was recorded on the northern slope at elevations above 2500 meters (19.83 ± 2.60), while the highest percentage of damage occurred on the southern slope at elevations between 2300 and 2400 meters (61.00 ± 4.39).

Conclusion: Among the identified fungi, some serve as significant pathogenic agents that affect a wide range of plants, while others act as secondary pathogens, becoming harmful only when plants are under stress. This latter group has gained importance in recent years, as it impacts many plants experiencing decline. Additionally, some fungi are very weak pathogens that primarily function as saprophytes, targeting dead and decaying tissues and contributing to the decomposition of deteriorating plant tissues. Furthermore, the percentage of wilt damage at different elevations was statistically significant among the declining plants on the northern slope, whereas it was not statistically significant on the southern slope.

Keywords: Decline, dieback, plant disease fungi, *Astragalus*, Tange Sayyad, Chaharmahal and Bakhtiari.

شناسایی عوامل قارچی زوال گون در منطقه حفاظت شده تنگ‌سیاد و برآورد میزان خسارت زوال در این گون‌زارها

کرم سپه‌وند^{۱*}، سیده‌معصومه زمانی^۲، مجید توکلی^۳، نرگس سپاسی^۴ و علی محمدیان^۳

*- نویسنده مسئول، محقق، بخش تحقیقات جنگلها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، خرم‌آباد، ایران karamsepehvand@gmail.com پست الکترونیک:

۲- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات حفاظت و حمایت، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگلها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،

خرم‌آباد، ایران

۴- محقق، بخش تحقیقات حفاظت و حمایت، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۰

تاریخ اصلاح نهایی: ۱۴۰۴/۰۲/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۱۴

چکیده

سابقه و هدف: جنس گون یکی از بزرگ‌ترین جنس‌های گیاهی است که پراکندگی گسترده‌ای در جهان دارد. گون‌زارها حدود ۲۵ درصد از سطح مراتع ایران را پوشش می‌دهند. در سال‌های اخیر، برخی از این گون‌ها دچار زوال شده‌اند که به خشکیدگی و مرگ تدریجی آنها منجر شده است. با این حال، عوامل ایجادکننده این زوال و میزان خسارت آن در مناطق مختلف به‌طور کامل بررسی نشده است. زوال‌ها معمولاً با ترکیبی از عوامل مختلف آغاز می‌شوند که شرایط محیطی گیاه را تغییر می‌دهند و در نهایت، گیاهان توسط عوامل بیماری‌زا (به‌ویژه قارچ‌ها) آلوده شده و از بین می‌روند. هدف این پژوهش، شناسایی عوامل قارچی مؤثر در خشکیدگی و زوال گون‌زارها در منطقه تنگ‌سیاد استان چهارمحال و بختیاری و بررسی میزان خشکیدگی و زوال در ارتفاعات و شیب‌های مختلف بود.

مواد و روش‌ها: به‌منظور شناسایی عوامل قارچی مؤثر در خشکیدگی و زوال گونه‌های گون در منطقه تنگ‌سیاد استان چهارمحال و بختیاری، از ریشه و ساقه بوته‌های زوال یافته و یا در حال زوال در چند ایستگاه نمونه‌برداری انجام شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و قطعاتی از طوقه، ساقه و ریشه گیاهان آلوده جداسازی و کشت داده شدند. پس از جداسازی و خالص‌سازی عوامل بیماری‌زا، شناسایی جدایه‌ها براساس ویژگی‌های ریخت‌شناسی پرگنه‌ها و ویژگی‌های میکروسکوپی با استفاده از کلیدهای شناسایی انجام شد. همچنین، شدت بیمارگری قارچ‌های جداسازی شده روی شاخه‌های بریده میزبان براساس روش‌های توصیه‌شده و با تلقیح قارچ‌های بیمارگر به شاخه‌های سالم و دارای قطر یکسان گون و براساس قطر لکه‌های ایجاد شده ارزیابی شد. به‌منظور بررسی درصد خسارت ناشی از زوال، در سه ارتفاع مختلف و در دو جهت شیب شمالی و جنوبی، آزمایشی در قالب طرح فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. درصد خسارت زوال روی بوته‌ها بررسی شد و داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری Excel و SPSS تحلیل شدند.

نتایج و یافته‌ها: درمجموع سه گونه و سه جنس قارچ با اسامی علمی *Nattrasia*, *Trichothecium roseum*, *Fusarium* sp.، *Penicillium* sp. و *Phoma* sp.، *Verticillium dahlia mangiferae* از این گیاهان جداسازی و شناسایی شد و از نظر شدت بیماری‌زایی در سه گروه قرار گرفتند. همچنین نتایج نشان داد که اختلاف بین پایه‌های خسارت دیده از زوال در شیب‌های شمالی و جنوبی در هر موقعیت ارتفاعی کاملاً معنی‌دار بود ($P < 0.01$). همچنین اثر ارتفاع روی درصد خسارت زوال مشاهده‌شده در شیب شمالی در سه محدوده ارتفاعی از نظر آماری کاملاً معنی‌دار بود ($P \leq 0.01$). اما اثر ارتفاع روی درصد خسارت زوال مشاهده‌شده در شیب جنوبی در سه محدوده ارتفاعی از نظر آماری معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). کمترین درصد خسارت در شیب شمالی ارتفاعات بالاتر از ۲۵۰۰ متر (۱۹/۸۳ ± ۲/۶۰) و بیشترین درصد خسارت در شیب جنوبی ارتفاعات بین ۲۳۰۰-۲۴۰۰ متر (۶۱/۰۰ ± ۴/۳۹) بود.

نتیجه‌گیری: از بین قارچ‌های شناسایی‌شده گروهی از عوامل بیماری‌زای مهم در بیشتر گیاهان هستند. گروهی نیز از عوامل

بیماری‌زای ثانویه هستند و زمانی که گیاهان تحت تنش قرار می‌گیرند حالت بیماری‌زا پیدا می‌کنند که این گروه در چند سال اخیر در بیشتر گیاهان در حال زوال اهمیت پیدا کرده‌اند و گروهی نیز از عوامل بیماری‌زای بسیار ضعیف بودند. همچنین درصد خسارت زوال در ارتفاعات مختلف بین بوته‌های زوال یافته در شیب شمالی از نظر آماری معنی‌دار و در شیب جنوبی از نظر آماری غیر معنی‌دار بود.

واژه‌های کلیدی: زوال، خشکیدگی، قارچ‌های بیماری‌زا، گون، تنگ‌سیاد، چهارمحال و بختیاری.

مقدمه

جنس آسترگالوس (*Astragalus*) که به خانواده لگوم (Fabaceae) تعلق دارد، دارای بیش از ۳۰۰۰ گونه در سراسر جهان است که آن را به یکی از بزرگ‌ترین جنس‌های گیاهان گل‌دار تبدیل می‌کند. این گیاهان عمدتاً در مناطق معتدل و نیمه گرمسیری، به‌ویژه در آسیا و آمریکای شمالی، یافت می‌شوند (Huang et al., 2009). گون‌زارها با وسعت ۹۴/۲۰ میلیون هکتار حدود ۲۵ درصد از سطح مراتع کشور ایران را پوشش می‌دهند که شامل ۵۳۷ گونه انحصاری و ۲۷۷ گونه مشترک با کشورهای همسایه، اروپا، آفریقا و حتی آسیای میانه است و در مقایسه با کشورهای پهناوری مانند شوروی سابق و آمریکا گونه‌های بیشتری دارد (Masoumi, 2016). گونه‌های آسترگالوس طیف وسیعی از ویژگی‌های ریخت‌شناسی را نشان می‌دهند، از گیاهان چندساله علفی تا گونه‌های درختچه‌ای کوچک را شامل می‌شوند و از نظر بوم‌شناختی، نقش‌های حیاتی در اکوسیستم‌های مختلف دارند. بسیاری از گونه‌ها تثبیت‌کننده نیتروژن هستند و با کمک باکتری‌های ریزوبیا باعث بهبود باروری خاک و افزایش رشد گیاهان می‌شوند (Graham, 2008). این ویژگی به‌ویژه در خاک‌های تخریب‌شده باعث بهبود محتوای مواد مغذی می‌شود و به استقرار سایر گونه‌های گیاهی کمک می‌کند. علاوه‌براین، گونه‌های آسترگالوس معمولاً محل و منابع غذایی برای حیات‌وحش، از جمله گرده‌افشانانی مانند زنبورها و پروانه‌ها فراهم می‌کنند و بدین ترتیب به تنوع زیستی کل محیط‌های خود کمک می‌نمایند. ریشه‌های گونه‌های خاصی از آنها اثرهای تعدیل‌کننده ایمنی دارند و به‌طور متداول برای تقویت سیستم ایمنی و بهبود سلامت کلی استفاده می‌شود (Yuan et al., 2016). در تحقیقات جدید چندین ترکیب

بیواکتیو، مانند آسترگالوسید IV و فلاونوئیدها را از آنها جدا کرده‌اند که خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و محافظت‌کنندگی قلب را نشان می‌دهند (Zhang et al., 2023). براساس پژوهش‌های انجام‌شده، در جنس گون بیش از ۱۴۰ نوع ترکیب شیمیایی مختلف شناسایی شده است (Li et al., 2014). همچنین گونه‌هایی از گون‌ها، گیاه دارویی سنتی در بعضی کشورها بوده‌اند که تولیدکننده مولکول‌های ساختاری متنوع با فعالیت‌های بیولوژیکی جالب و پرکاربرد بوده‌اند (Ibrahim et al., 2013). علاوه‌براین، برخی از گونه‌ها، به‌ویژه آنهایی که در برابر خشکی مقاوم هستند، به‌دلیل ارزش خوراکی‌شان در سیستم‌های جنگل‌داری و چراگاه‌های پایدار استفاده می‌شوند. باوجود اهمیت بوم‌شناختی و اقتصادی، بسیاری از گونه‌های آسترگالوس با چالش‌های حفاظتی قابل‌توجهی مواجه هستند. از بین بردن زیستگاه‌های این گیاهان به دلایل مسائل کشاورزی، شهرسازی و تغییرات اقلیمی، بقای بسیاری از گونه‌های بومی را تهدید می‌کند. با توجه به اهمیتی که این گیاهان از لحاظ اقتصادی دارند و نقش آنها در حفاظت از خاک و جلوگیری از روان شدن سیلاب‌ها، بررسی عوامل آسیب‌رسان به آنها اهمیت زیادی دارد. به نظر می‌رسد که علاوه‌بر خشک‌سالی‌های اخیر، افزایش دما در زمستان، گردوغبار، آفاتی مانند حشرات چوب‌خوار و عوامل بیماری‌زا در خشکیدگی درختچه‌های جنس گون مؤثر بوده‌اند و باعث زوال در آنها شده است. زوال‌ها باعث ایجاد مشکلاتی، مانند کاهش انعطاف‌پذیری اکوسیستم و از بین رفتن روابط مهم همزیستی می‌شوند (Sangüesa-Barreda et al., 2015) که کلید کنترل این عارضه، تشخیص زودهنگام و پیشگیری است (Lenton et al., 2008). براساس منابع چندین پاتوژن قارچی در ایجاد زوال در گونه‌های گون نقش

باشد (Li & Nan, 2007b).

در مجموع، بررسی اثر بیماری‌های گون بر تخریب مرتع نسبت به عوامل دیگر به میزان کمتری انجام شده است و هنوز نگرانی‌های قابل توجهی در مورد نقش نسبی قارچ‌های مرتبط با زوال در گون‌ها وجود دارد. پیشنهاد شده است که قارچ *Diachorella onobrychdis* عامل کلیدی در زوال گون‌هایی از گون‌های درختچه‌ای بوده است (Hou & Wang, 1988). در مقابل، علت اصلی پوسیدگی ریشه در گون‌ها، گونه‌های قارچی *Fusarium sp.* و *F. solani* گزارش شده است (Zhou et al., 2004). تقریباً در همان زمان، بیمارگری جدید که می‌توانست به‌طور قابل توجهی در زوال مؤثر باشد، شناسایی گردید (Hou, 2003). این بیماری ناشی از یک گونه *Embellisia sp.* بود و این بیمارگر در ریشه‌ها و تمام قسمت‌های هوایی گیاهان آلوده توسعه می‌یافت (Li & Nan, 2007a, 2007b). همچنین به نظر می‌رسد این قارچ برای گون‌هایی از گون‌های درختچه‌ای مضر است (Li & Nan, 2007a). البته اطلاعات بیشتری در مورد برخی از قارچ‌های بذری و برگی موجود است (Liu & Hou, 1984; Hou & Bai, 1986). در گیاهان جنس گون بیشترین مطالعات عوامل بیمارگر روی زنگ‌ها (*Pucciniales*)، سفیدک‌های پودری (*Erysiphales*) و جنس‌های خاک‌زاد مانند *Fusarium* و *Rhizoctonia* متمرکز است. از بین زنگ‌ها گونه‌هایی مانند *Puccinia astragali* و *Puccinia punctata* باعث ایجاد اوردیومی (تاول‌های زرد-قهوه‌ای) روی برگ‌ها و ساقه می‌شوند و در آلودگی‌های شدید باعث ریزش برگ و کاهش فتوسنتز می‌گردند (Farr & Rossman, 2020). از سفیدک‌های سطحی دو عامل *Erysiphe trifolii* و *Leveillula taurica* روی گون‌های مختلف گون در مناطق خشک و نیمه‌خشک گزارش شده‌اند و علائم شامل لکه‌های سفید پودری روی سطح برگ، زردی و نکروز است (Braun & Cook, 2012). از قارچ‌های خاک‌زاد گونه‌های *Fusarium oxysporum* و *Fusarium solani* از مهمترین عوامل پوسیدگی ریشه و طوقه در مزارع کشت گون (به‌ویژه گونه‌های علوفه‌ای مانند *Astragalus*

دارند، مثلاً گونه *Embellisia astragali* که در چین توصیف شده است منجر به علائمی مانند کوتاهی رشد، نکروز و مرگ گون می‌شود (Li & Nan, 2007a). این پاتوژن همراه با گونه‌هایی از جنس *Fusarium* نقش مهمی در کاهش گون‌زارهای مرتعی در شمال چین داشته است (Li et al., 2007). حتی بعضی قارچ‌ها مانند سفیدک سطحی ناشی از *Erysiphe astragali* در چین گزارش شده است که منجر به رشد ضعیف و پیری زودرس در گونه *Astragalus scaberrimus* می‌شود (Sun et al., 2023). علاوه بر این، برخی از گونه‌های گون در آمریکای جنوبی دارای قارچ‌های اندوفیت متعلق به جنس *Alternaria* هستند که سواپسونین (swainsonine)، یک ترکیب سمی را تولید می‌کنند (Martinez et al., 2019). این پاتوژن‌های قارچی و اندوفیت‌ها مجموعاً به بیماری‌ها و مسمومیت‌های مختلف در گونه‌های گون کمک می‌کنند و به‌طور بالقوه بر حضور آنها در مراتع به‌منظور علوفه، حفاظت از خاک و اهداف دارویی تأثیر می‌گذارند. در یک پژوهش نقش بیماری‌های قارچی در کاهش گون‌های مرتعی در آزمایش‌های مزرعه‌ای و گلخانه‌ای در مناطقی از چین مورد بررسی قرار گرفت. از بین ۲۷ گونه قارچی از ۲۱ جنس جدا شده از گیاهان کشت شده در مزرعه، بیشترین جداسازی قارچ از ریشه *Fusarium* *chlamydosporum* و *F. solani* بود، هرچند که سایر گونه‌های *Fusarium* نیز جداسازی شدند، درحالی‌که *Embellisia sp.* و *Alternaria sp.* بیشتر از بافت‌های هوایی گیاهان بیمار جداسازی شد. تعداد ۱۱ گونه آزمایش شده برای بیماری‌زایی به چهار گروه از نظر بیماری‌زایی تقسیم شدند: شدیداً بیماری‌زا (*Embellisia sp.*)، نسبتاً بیماری‌زا (*F. chlamydosporum*, *Fusarium sp.*)، بیماری‌زای ضعیف (*F. verticilloides*, *F. semitectum*, *F. solani*) و غیر بیماری‌زا (*Alternaria alternata* و *Alternaria sp.*). پوسیدگی ریشه ناشی از *Embellisia sp.* همراه با *Fusarium spp.* و *C. rosea*، به نظر می‌رسد عامل اصلی بیماری قارچی در کاهش گون‌های درختچه‌ای در شمال چین

پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، قطعاتی از اندام‌های گیاهانی که علائم بیماری و یا مشکوک به بیماری را داشتند، جدا شده و به مدت ۲ ساعت در زیر جریان ملایم آب قرار گرفتند تا خاک‌های روی اندام شسته شده و هیچ‌گونه اثری از خاک و آلودگی‌های بیرونی روی آنها باقی نماند. پس از تمیز شدن نمونه‌ها، اقدام به کشت نمونه‌های آلوده شد.

تهیه محیط‌های کشت مورد نیاز

محیط کشت‌هایی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفتند، عبارت بودند از: آرد ذرت آگار (Corn Meal Agar-CMA)، سیب‌زمینی دکستروز آگار (Potato Dextrose Agar-PDA)، آب آگار (Water Agar-WA) و قطعات برگ میخک روی آب آگار (Carnation Leaf Agar-CLA). تمام محیط‌های کشت مذکور در شرایط ۱۲۱ درجه سلسیوس برای مدت ۲۰-۱۵ دقیقه در اتوکلاو سترون شدند.

کشت نمونه‌های آلوده

قطعات نیم تا یک سانتی‌متری بافت‌های آلوده، در ناحیه طوقه و ساقه و یا ریشه به مدت ۴۵ ثانیه تا یک دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد غوطه‌ور شدند، سپس تمام قطعات جدا شده در سه مرحله به ترتیب طی مدت زمان ۱، ۲ و ۳ دقیقه با آب مقطر سترون شستشو شدند و پس از آن روی کاغذهای صافی سترون خشک گردیدند. پس از خشک شدن نمونه‌ها، در شرایط استریل به محیط کشت PDA منتقل شدند و در انکوباتور با دمای ۲۶ درجه سلسیوس تا پیدایش کلنی‌های احتمالی قارچ (حداقل به مدت ۳-۱۰ روز)، نگهداری گردیدند.

خالص‌سازی جدایه‌ها

برای خالص‌سازی جدایه‌های قارچی به‌دست‌آمده، از روش انتقال تک اسپور جوانه‌زده، ارائه‌شده در منابع معتبر (Hansen & Smith, 1932) استفاده شد. در نهایت تشتک‌های پتری حاوی قارچ‌های خالص‌سازی شده به انکوباتور منتقل و در دمای ۲۵-۳۰ درجه سلسیوس نگهداری

cicer) هستند که علائم آنها زردی، پژمردگی، نکروز آوندی و در نهایت مرگ گیاه است (Alizadeh, 2015). همچنین پوسیدگی ذغالی (*Macrophomina phaseolina*) در شرایط تنش خشکی و گرما، باعث پوسیدگی ریشه و طوقه گون‌ها می‌شود. میکروسکلروت‌های سیاه رنگ روی بافت آلوده مشخصه این بیماری است (Gupta et al., 2015).

در ایران قارچ‌های بیمارگر نیز به عنوان عوامل تهدیدکننده گون‌ها مطرح هستند. در این زمینه، در استان لرستان، قارچ‌های سفیدک سطحی *Leveillula papilionacearum* روی گونه *Astragalus brachicalix* و *Erysiphe polygoni* روی *Astragalus iranicus* و *astragali* روی *Astragalus ovinus* به عنوان گزارش‌های جدید جهانی معرفی شده‌اند (Sepahvand et al., 2020). پیش از آن نیز وجود قارچ *Leveillula taurica* روی گونه‌ای از گون (*Astragalus kirrindicu* Boiss) برای اولین بار از ایران گزارش شده بود (Sepahvand, 2007).

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی عوامل خشکیدگی و زوال گونه‌های گون در منطقه تنگ‌صیاد از استان چهارمحال و بختیاری (شکل ۱) در چند ایستگاه نمونه‌برداری از ریشه و ساقه بوته‌های آلوده و یا در حال زوال گیاهان گون، انجام شد (شکل ۲)؛ بوته‌های در حال زوال دارای درصدی خشکیدگی در شاخه‌های فرعی و شاخه‌های اصلی بودند و علائمی مانند لکه‌های نکروزه و توده‌های تا حدودی برآمده شبیه به اسکاب روی بافت گیاه مشاهده می‌شد و در برش شاخه‌ها در حفاصل بافت زوال یافته و سالم حلقه‌های نکروزه (شکل ۳) و یا نکروزه شدن یک قسمت از بافت شاخه مشاهده می‌شد و در ریشه‌های بوته‌های زوال یافته نیز علائمی از پوسیدگی مشاهده می‌شد (شکل ۳) که از بافت‌های دارای علائم ذکرشده نمونه‌برداری شد و نمونه‌ها درون کیسه‌های نایلونی به آزمایشگاه منتقل و به‌منظور بررسی‌های بعدی در یخچال نگهداری شدند.

جداسازی قارچ‌های عامل بیماری

شدند.

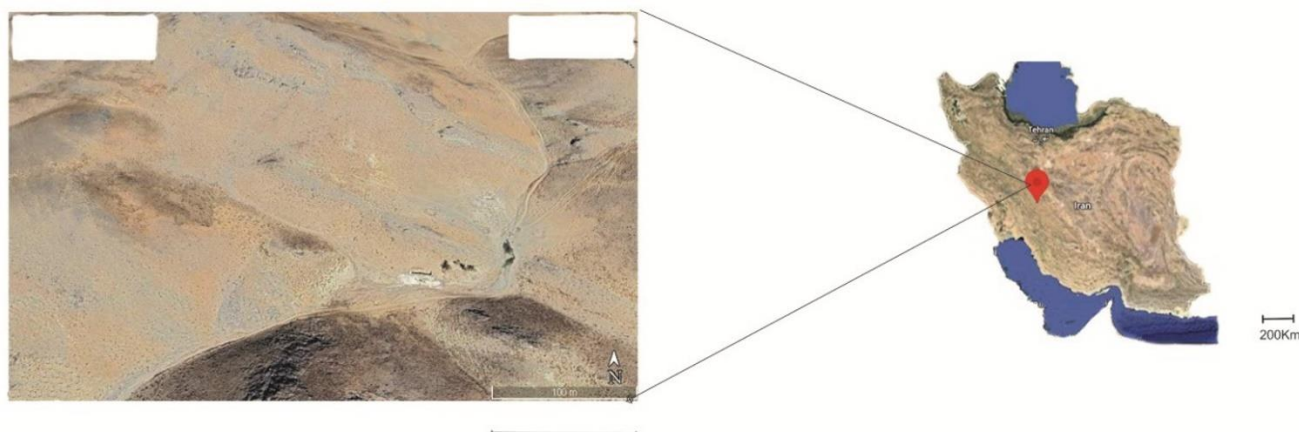
ریخت‌شناسی پرگنه‌ها (ویژگی‌های ماکروسکوپی) و ویژگی‌های میکروسکوپی (Nelson et al., 1994) مانند رنگ و نحوه رشد پرگنه، وجود یا عدم وجود میسلیم‌های هوایی روی محیط کشت، رنگ میسلیم‌های هوایی، رنگ پرگنه از بخش زیرین پتری، رنگ توده‌های اسپوری (اسپورودوکيوم) و ویژگی‌های میکروسکوپی مانند فیالید (مونو یا پلی فیالید)، وجود یا عدم وجود زنجیرهای میکروکنیدی و سرهای دروغین (false heads)، تولید کلامیدیوسپور، شکل ماکرو و میکروکنیدی‌ها براساس کلیدهای شناسایی انجام شد (Windels, 1991; Gerlach & Nirenberg, 1982).

برآورد خسارت زوال مقیاس نسبت درصدی به‌منظور برآورد خسارت زوال در منطقه بررسی‌شده (شکل ۱) سه محدوده ارتفاعی ۲۳۰۰-۲۴۰۰ و ۲۴۰۰-۲۵۰۰ و بالاتر از ۲۵۰۰ متر در دو شیب شمالی و جنوبی که دارای گون‌های زوال یافته بودند در قالب طرح فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی انتخاب شد و با اقتباس از روش‌های توصیه شده (James, 1971; Anon, 1948; Large, 1955) انجام گردید، در هر شیب و ارتفاع مختلف تعداد ۳ پلات ۱۰۰ متر در ۱۰۰ متر انتخاب شد و از هر پلات تعداد ۱۰ عدد بوته گون انتخاب گردید؛ و به‌صورت تقریبی درصد خشکیدگی و زوال بوته به‌صورت عددی بین ۰ تا ۱۰۰ یادداشت شد و این اعداد در نرم‌افزار Excel وارد شدند و با انجام آزمون دانکن با نرم‌افزار SPSS آنالیز گردیدند و اختلاف بین پلات‌ها از نظر آماری بررسی شد.

تلقیح قارچ‌های بیمارگر به گون طبق روش شاخه بریده از شاخه‌های سالم و دارای قطر یکسان گون، قلمه‌هایی با اندازه حدود ۱۵ سانتی‌متر جداسازی شد. تمامی قلمه‌ها به‌خوبی توسط فرچه خیس شده با وایتکس و تحت فشار آب به‌خوبی شسته شدند. دوسوم انتهایی هر قلمه ابتدا با الکل ۹۶٪ به‌خوبی ضدعفونی شد. از حاشیه کشت هفت‌روزه جدایه‌های قارچی خالص روی محیط سیب‌زمینی-آگار، پلاگ کوچکی به ابعاد زخم ایجادشده برداشته و روی محل زخم قرار داده شد. در تیمار شاهد، پس از ایجاد زخم، از پلاگ PDA استریل فاقد قارچ بیمارگر روی محل زخم قرار داده شد. بلافاصله محل زخم به‌خوبی و با پارافیلیم پوشانده شد. درون ظرف‌های شفاف و درب‌دار استریل حدود ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر دو بار استریل ریخته و هر قلمه درون یک ظرف قرار گرفت. ظروف حاوی قلمه‌ها به انکوباتور با دمای ۲۳ درجه منتقل شد و روزانه مورد بازدید قرار گرفت. پس از گذشت ۲ هفته، به‌منظور بررسی گسترده‌گی و قطر زخم ایجادشده یا اطمینان از عدم ایجاد زخم، پوست محل تلقیح را تا یک سانتی‌متر بالاتر و پایین‌تر از محل زخم به‌آرامی برداشته و بررسی گردید.

شناسایی عامل بیماری

شناسایی ابتدایی جدایه‌ها با توجه به ویژگی‌های



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعه شده

Figure 1. Location of the studied area



شکل ۲- گونه‌های دچار زوال با درصد‌های متفاوت به همراه نمونه‌های بدون زوال تنگ‌صیاد از استان چهارمحال و بختیاری

Figure 2. Die backed species with different percentages along with non-deteriorated samples of Tang Sayad from Chaharmahal and Bakhtiari province

نتایج

از گیاهان در حال زوال و زوال یافته در مجموع تعداد سه گونه و سه جنس قارچ با اسامی علمی *Fusarium* sp.، *Nattrasia* L.، *Trichothecium roseum* (Persoon) Link، *Penicillium*، *Verticillium dahliae* Kleb.، *mangiferae* sp. و *Phoma* sp. شناسایی شد (شکل ۳).

Fusarium sp.: رنگ پرگنه در محیط کشت PDA از سفید تا بنفش کم‌رنگ متغیر بود و اسپوردوخیوم‌ها به رنگ

نارنجی کم‌رنگ در محیط کشت CLA به فراوانی تشکیل شدند. میکروکنیدی تک‌سلولی، بیضوی، تخم‌مرغی یا هلالی شفاف و کوچک‌تر از ماکروکنیدی‌ها بوده و در بعضی موارد به‌صورت زنجیری یا منفرد در روی فیالیدها تشکیل شدند. ماکروکنیدی‌ها چند سلولی و هلالی شکل، شفاف، دارای طول کوتاه تا متوسط و باریک با دیواره‌های نازک و معمولاً با سه دیواره عرضی بوده است (شکل ۳ F,L,G,Q-). همچنین دارای اسپورهایی با دیواره ضخیم بودند که در انتها و یا در

طول رشته‌های میسلیم تشکیل شدند.

T. roseum: رشد این گونه در محیط کشت به صورت تقریباً صاف بود که در ابتدا به رنگ سفید و بعد به رنگ صورتی روشن مشاهده شد. کلنی‌های این قارچ مسطح، دانه‌ای و پودری مانند بود. کنیدی‌برها طویل، ظریف، ساده و دارای دیواره عرضی و حامل کنیدی‌های انتهایی بودند. کنیدی‌ها به صورت انفرادی، شفاف، دوسلولی و تخم‌مرغی شکل تا بیضوی بودند. کنیدیوفورهای این قارچ معمولاً عمودی و ۲۰۰-۳۰۰ میکرومتر طول داشتند؛ و به صورت منفرد یا در گروه‌های به هم فشرده تشکیل شدند. کنیدیوفورها در نیمه پایینی دیواره و کنیدی‌های در حال تولید را در نوک خود داشتند. کنیدی‌ها ۲۰-۱۵×۱۰-۷٫۵ میکرومتر اندازه‌گیری شدند. کنیدیوم دوسلولی و سلول آپیکال بزرگ‌تر از سلول پایه بود. کنیدی‌ها تا حدودی صورتی روشن و در زیر میکروسکوپ نیمه شفاف بودند. رنگ کلونی این قارچ در محیط کشت تقریباً مایل به صورتی بود (شکل ۳-T,U).

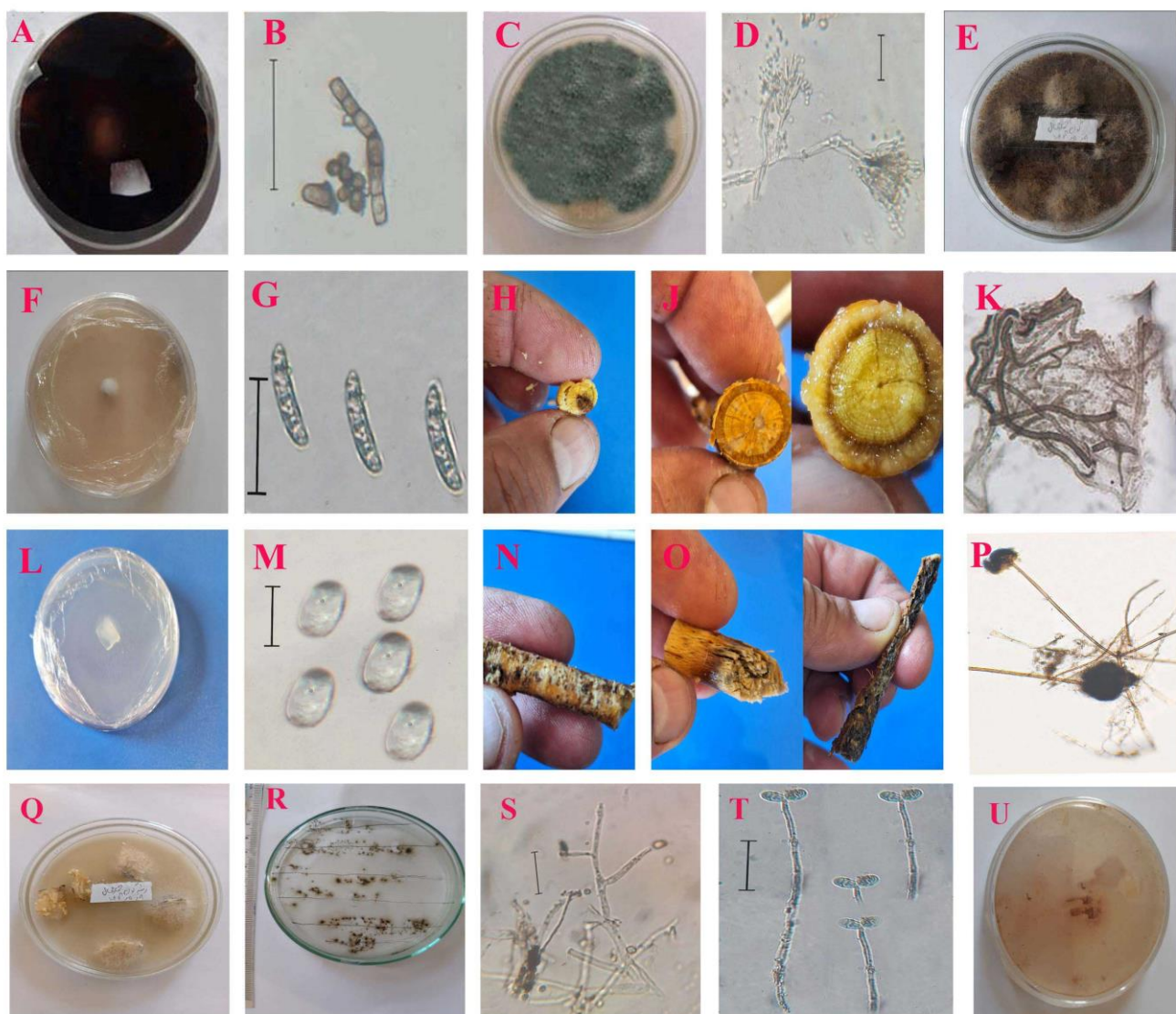
N. mangifera: این قارچ به شکل رشته‌ای، دارای هیف‌های نامنظم و سرعت رشد بالا بود. دارای کلنی و میسلیم هوایی متراکم و تیره مشخص بود. میسلیم با گسترش سریع که به راحتی به یک یا دو بخش سلولی به نام آرتروکنیدی تکه‌تکه می‌شد، این اندام‌های قارچی در ابتدا به رنگ‌های تیره مایل به روشن و بعد به رنگ قهوه‌ای تیره و نهایتاً با افزایش سن به رنگ سیاه دیده می‌شدند (شکل ۳-A,k,B). هر دو آرتروکونیدی و پیکنیدی در محیط کشت تولید شدند. در بعضی جدایه‌ها پیکنیدیا عمدتاً وجود نداشت.

V. dahlia: کلنی قارچ در محیط کشت ابتدا به رنگ سفید، دارای هیف‌های خوابیده، بعد از یک هفته رنگ کلنی در قسمت مرکز تغییر یافته و تیره شد که نشانه تشکیل میکرواسکلروت است. کنیدیوفورها فراوان، کم‌ویش ایستاده، بی‌رنگ، هریک از کنیدیوفورها دارای ۳-۱ بند و از هر بند ۳-۴ فیالید خارج شد. اندازه فیالیدها متفاوت بود و ۲-۱×۳۵-۱۶ میکرومتر اندازه‌گیری شد. کنیدیها به‌طور

منفرد در نوک فیالیدها تشکیل شدند و بیضوی تا نیمه استوانه‌ای نامنظم، بی‌رنگ، تک‌سلولی، گاهی دارای یک دیواره عرضی و ابعاد آنها ۲/۲-۳/۴×۱/۴-۸/۵ میکرومتر بود. کنیدیها پس از تشکیل در انتهای فیالید به صورت مجتمع و کروی شکل بودند. میکرواسکلروت‌ها مرکب از سلول‌های متورم کروی شکل به رنگ قهوه‌ای تیره تا سیاه مشاهده شدند (شکل ۳-S).

Phoma sp.: کلنی‌ها دارای رشد سریع، مسطح، پخش‌شده، پودری تا مخملی، رنگ کلنی در ابتدا سفید تا کرمی رنگ بود و بعداً به خاکستری زیتونی مایل به صورتی تبدیل شد و از پشت به رنگ قهوه‌ای تیره مشاهده شد، دارای اسپورهای تقریباً بی‌رنگ و تک‌سلولی و اسپورها کمتر از ۱۵ میکرومتر اندازه‌گیری شدند. هیف‌های دیواره‌دار، پیکنیدیا، کنیدی‌ها و کلامیدوسپورها در این قارچ مشاهده شد. هیف‌ها به رنگ روشن تا قهوه‌ای، پیکنیدیا گرد تا بیضی‌شکل و با قطر ۷۰ تا ۱۰۰ میکرومتر و به رنگ تیره و دارای فیالید بودند، پیکنیدها دارای یک تا چند روزنه (استیول) و حاوی کنیدی‌ها، کنیدی‌ها تک‌سلولی، روشن و بیضی‌شکل بودند (شکل H). هر کنیدیوم معمولاً دارای یک تا دو قطره روغن، دارای کلامیدوسپورهای قهوه‌ای به صورت منفرد یا زنجیره‌ای بودند.

Penicillium sp.: کلنی دارای رشد سریع و پودری مانند، صاف و سبز مایل به آبی بود که تدریجاً به رنگ خاکستری مایل به قهوه‌ای تبدیل می‌شد. کنیدی‌بر اغلب دوشاخه‌ای، فیالیدها استوانه‌ای، کنیدیوم‌ها کروی تا تقریباً کروی تا تخم‌مرغی شکل با سطحی صاف و به ابعاد ۲-۴×۳٫۵-۲ میکرومتر اندازه‌گیری شدند. کنیدی‌برها در نزدیک به انتها منشعب افراشته بلند، در نزدیکی نوک به زنجیره‌های کوتاهی از کنیدی‌ها تقسیم می‌شدند. کنیدیوفورها ساده، فیالوسپورها به رنگ روشن و فیالیدها جارو مانند، کنیدی‌ها عموماً کروی یا تخم‌مرغی شکل، بی‌رنگ یا کمی مایل به سبز رنگ مشاهده شدند (شکل ۳-F,G).

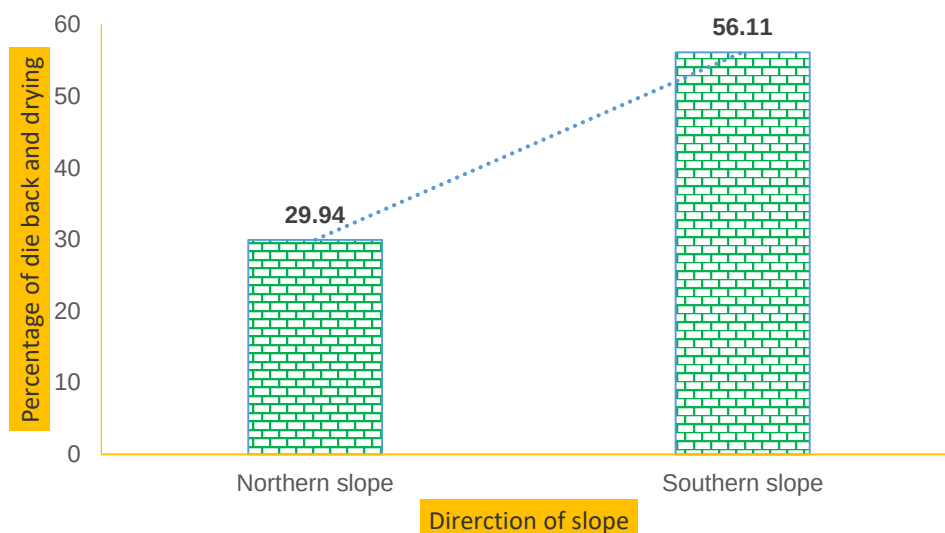


شکل ۳- کلنی خالص سازی شده قارچ *N. mangifera*، کنیدی ها و میسلیم های آن (A, k, B) - ماکروکنیدی های *Fusarium* sp. کلنی خالص سازی شده، نمونه دوباره کشت شده و کشت اولیه قطعاتی از بافت گیاه (F, L, G, Q) - (شاخص ۱۰ میکرومتر) - رشد کلنی خالص سازی شده قارچ *Penicillium* sp. و تصاویر میکروسکوپی آن (F, G) (شاخص ۲۰ میکرومتر) - کلنی قارچ های آلوده کننده محیط های کشت و تصاویر میکروسکوپی اسپورانژیوسپور، اسپورانژیوفور و میسلیم های آنها (E, P) (شاخص ۶۰ میکرومتر) - تک اسپور کردن قارچ ها (R) - تصویر میکروسکوپی، *V. dahliae* (S) (شاخص ۳۰ میکرومتر) - کلنی خالص سازی شده قارچ *T. roseum*، کنیدی ها و میسلیم های آن (T, U) (شاخص ۲۰ میکرومتر) - کنیدی های قارچ *Phoma* sp. (شاخص ۲۰ میکرومتر)، علائم نکروز قسمتی از بافت (H)، نکروز حلقوی آوندها (J)، علائم شبیه اسکاب روی شاخه ها (N)، پوسیدگی اندام های گیاهی (O)

Figure 3. Isolated colony of the *N. mangifera* fungus, its conidia and mycelia (A, k, B) - Macroconidia of *Fusarium* sp., the isolated colony, subcultured sample, and initial culture pieces of plant tissue (F, L, G, Q) (scale bar 10 micrometers) - Growth of the isolated colony of *Penicillium* sp. and its microscopic images (F, G) (scale bar 20 micrometers) - Saprophytic fungal colony with microscopic images of sporangiospores, sporangiophores, and associated mycelia (E, P) (scale bar: 60 μ m) - Single-spore isolation of fungi (R) - Microscopic image of *V. dahliae* (S) (scale bar 30 micrometers) - Isolated colony of *T. roseum*, its conidia and mycelia (T, U) (scale bar 20 micrometers) - Conidia of *Phoma* sp. (scale bar 20 micrometers), signs of necrosis in part of the tissue (H), ring necrosis in the vessels (J), signs resembling scab on branches (N), and rotting of plant organs (O).

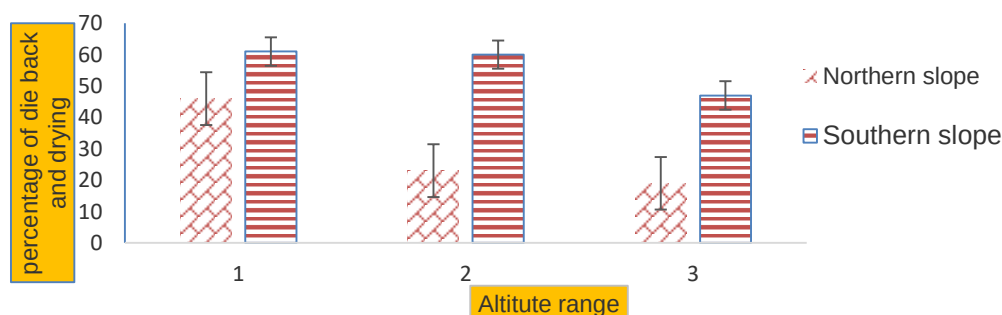
لکه‌هایی به قطر در حدود ۳ سانتی‌متر و قارچ‌های *Phoma* sp. و *Trichothecium roseum* به قطر در حدود ۲ سانتی‌متر و قارچ *Penicillium* sp. لکه‌هایی به قطر کمتر از ۱ سانتی‌متر ایجاد کردند و نمودار رشد این علائم به صورت خطی بود (شکل ۶).

جدایه‌های قارچی از نظر شدت بیماری‌زایی در چند گروه قرار گرفتند: گروه یک (*Fusarium* sp.، *Verticillium*، *Nattrasia mangiferae.dahliae*)، گروه دو (*Phoma* sp. و *Trichothecium roseum*) و گروه سه (*Penicillium* sp.) به صورتی که قارچ‌های *Fusarium*، *Nattrasia mangiferae* و *Verticillium dahliae* sp.



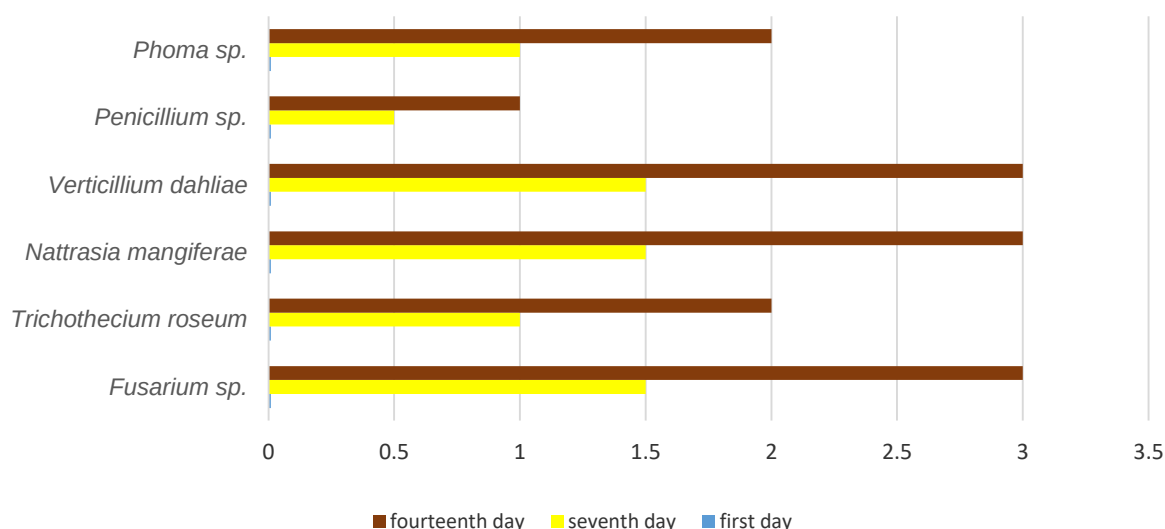
شکل ۴- مقایسه میانگین کل درصد خسارت زوال و خشکیدگی در پلات‌های شیب شمالی و جنوبی در منطقه حفاظت‌شده تنگ‌سیاد

Figure 4. Comparison of the overall mean percentages of dieback and drying damage in plots on the northern and southern slopes in the Tang-e Sayad protected area



شکل ۵- مقایسه درصد خسارت زوال و خشکیدگی در پلات‌های شیب شمالی و جنوبی در سه محدوده ارتفاعی در منطقه حفاظت‌شده تنگ‌سیاد

Figure 5. Comparison of the percentage of die back and drying damage in the north and south slope plots at three altitude ranges in the Tang Sayad protected area.



شکل ۶- نمودار شدت علائم ایجادشده توسط جدایه‌های قارچی در آزمایش بیماری‌زایی در طول دو هفته

Figure 6. The severity of symptoms caused by fungal isolates in the pathogenicity test over a two-week period

معنی‌دار دارند و شیب‌های جنوبی درصد خسارت بیشتری را دارا هستند که می‌تواند به علت گرمای بیشتر نور خورشید در این شیب‌ها باشد که باعث ایجاد تنش در گیاه شده و نسبت به شیب شمالی، گیاه را بیشتر مستعد حمله قارچ‌ها می‌کند. همچنین در شیب‌های جنوبی چون افزایش دمای بیشتر وجود دارد باعث تبخیر بیشتر شده که گیاهان علفی همراه بوته‌های گون را در زمان زودتری خشک کرده و اطراف بوته‌های گون عاری از گیاه شده که این پدیده باعث وارد شدن تنش بیشتری به بوته‌های گون شده و درصد خشکیدگی را در آنها بالا می‌برد.

محدوده ارتفاعی ۲۳۰۰ تا ۲۴۰۰ متر از سطح دریا نتایج نشان داد که درصد خسارت زوال در شیب شمالی و در شیب جنوبی در ارتفاعات پایین (محدوده ارتفاعی ۲۳۰۰ تا ۲۴۰۰ متر از سطح دریا) منطقه تنگ‌صیاد استان چهارمحال و بختیاری از نظر آماری کاملاً معنی‌دار شد ($p < 0.01$)؛ که مشخص می‌کند با اطمینان ۹۹ درصد بین درصد خسارت زوال در پایه‌های گون بررسی‌شده در شیب شمالی و در شیب جنوبی در ارتفاعات پایین در این منطقه تفاوت معنی‌دار وجود دارد ($p < 0.01$) (جدول ۱)؛ همچنین با احتمال ۹۹ درصد در تمام مناطق با این محدوده ارتفاعی درصد خسارت در شیب‌های جنوبی و شمالی از نظر آماری باهم اختلاف کاملاً

جدول ۱- آنالیز آماری درصد خسارت زوال مشاهده‌شده روی گون در محدوده ارتفاعی ۲۳۰۰ تا ۲۴۰۰ متر از سطح دریا در منطقه تنگ‌صیاد استان چهارمحال و بختیاری

Table 1. Statistical analysis of the percentage of dieback damage observed on *Astragalus* species at an altitude range of 2300–2400 m above sea level in the Tang-e Sayad area, Chaharmahal and Bakhtiari province

Sig.	df	t	Slope type
.001	29	5.653	north slope
.001	29	7.598	south slope

محدوده ارتفاعی ۲۴۰۰ تا ۲۵۰۰ متر از سطح دریا

در منطقه بررسی شده درصد خسارت زوال در شیب شمالی و در شیب جنوبی در ارتفاعات میانه (محدوده ارتفاعی ۲۴۰۰ تا ۲۵۰۰ متر از سطح دریا) کاملاً معنی دار شد ($p < 0.01$)؛ بدین معنی که با اطمینان ۹۹ درصد بین درصد خسارت زوال در پایه های گون بررسی شده در شیب شمالی و بین درصد خسارت زوال در پایه های گون بررسی شده در شیب جنوبی در ارتفاعات میانه تفاوت معنی دار وجود دارد ($p < 0.01$). (جدول ۲)؛ و مشخص می کند که با احتمال ۹۹ درصد در تمام مناطق با این محدوده ارتفاعی درصد خسارت

در شیب های جنوبی و شمالی از نظر آماری باهم اختلاف کاملاً معنی دار دارند و شیب های جنوبی درصد خسارت بیشتری را دارند که همان دلایلی که برای محدوده شیب پایین تر ذکر شد در مورد این محدوده نیز برقرار است و از سویی اختلاف دمایی در این محدوده ارتفاعی نسبت به محدوده پایین تر برای جلوگیری از وارد شدن تنش کمتر به بوته های گون کافی نبوده و همچنان در شیب های جنوبی نسبت به شیب شمالی بوته ها بیشتر دچار تنش شده و خسارت عوامل بیمارگر نیز در شیب جنوبی نسبت به شمالی بالاتر است.

جدول ۲- آنالیز آماری درصد خسارت زوال مشاهده شده روی گون ها در ارتفاعات میانه در منطقه تنگ صیاد استان چهارمحال و بختیاری

Table 2- Statistical analysis of the percentage of dieback damage observed on *Astragalus* species at middle altitudes in the Tang-e Sayad area, Chaharmahal and Bakhtiari province

Sig	df	t	Treatment
.001	29	3.74	north slope (%)
.001	29	8.30	south slope (%)

محدوده ارتفاعی بالاتر از ۲۵۰۰ متر از سطح دریا

آنالیز آماری مذکور مشخص کرد که در منطقه تنگ صیاد استان چهارمحال و بختیاری درصد خسارت زوال در شیب شمالی و در شیب جنوبی در ارتفاعات بالا (محدوده ارتفاعی بالای ۲۵۰۰ متر از سطح دریا) کاملاً معنی دار شد ($p < 0.01$)؛ بدین معنی است که با اطمینان ۹۹ درصد بین درصد خسارت زوال در پایه های گون بررسی شده در شیب شمالی و بین درصد خسارت زوال در پایه های گون بررسی شده در شیب جنوبی در ارتفاعات بالا در منطقه تفاوت معنی دار وجود دارد ($p < 0.01$) (جدول ۳)؛ و مشخص می کند که با احتمال ۹۹ درصد در تمام مناطق با محدوده ارتفاعی بالای ۲۵۰۰ متر از

سطح دریا درصد خسارت در شیب های جنوبی و شمالی از نظر آماری باهم اختلاف کاملاً معنی دار دارند و شیب های جنوبی درصد خسارت بیشتری را دارند که همان دلایلی که برای محدوده شیب پایین تر ذکر شد در مورد این محدوده نیز برقرار است و از سویی اختلاف دمایی در این محدوده ارتفاعی نسبت به محدوده پایین تر برای جلوگیری از وارد شدن تنش کمتر به بوته های گون کافی نبوده و همچنان در شیب های جنوبی نسبت به شیب شمالی بیشتر دچار تنش شده و خسارت عوامل بیمارگر نیز در شیب جنوبی نسبت به شمالی بالاتر است.

جدول ۳- آنالیز آماری درصد خسارت زوال مشاهده شده روی گون ها در ارتفاعات بالا در منطقه تنگ صیاد استان چهارمحال و بختیاری

Table 3- Statistical analysis of the percentage of dieback damage observed on *Astragalus* species at high altitudes in the Tang-e Sayad area, Chaharmahal and Bakhtiari province

Sig	df	t	Treatment
.001	29	4.17	north slope
.001	29	6.34	south slope

آماره‌های درصد‌های خسارت زوال در ارتفاعات و شیب‌های مختلف

نتایج حاصل از آماره‌های درصد‌های خسارت زوال در ارتفاعات و شیب‌های مختلف منطقه حفاظت‌شده تنگ‌صیاد نشان داد که درصد خسارت زوال در پایه‌های گون بررسی‌شده در شیب شمالی در هر سه ارتفاع بررسی‌شده کمتر از درصد خسارت زوال در شیب جنوبی در همان ارتفاع مربوط بود (جدول ۴). با توجه به اینکه در شیب‌های جنوبی و آفتاب‌گیر دمای بالاتری در بیشتر اوقات روز نسبت به شیب‌های جنوبی دارد. در این جهت‌ها تنش خشکی بیشتری به بوته‌های گون وارد شده و گیاهان را مستعد آلودگی بیشتر می‌کند. همچنین کمترین درصد خسارت در شیب شمالی در ارتفاعات بالاتر از ۲۵۰۰ متر ($19/83 \pm 2/60$) و بیشترین

درصد خسارت در شیب جنوبی در ارتفاعات بین ۲۳۰۰-۲۴۰۰ متر ($61/00 \pm 4/39$) بود (جدول ۴ و شکل ۴ و ۵)؛ که می‌تواند به دلایلی مانند تنش دمایی و تخریب گیاهان همراه و پوششی در ارتفاعات پایین باشد. در شیب شمالی در ارتفاع ۲۳۰۰-۲۴۰۰ متر: میانگین خسارت از دو محدوده ارتفاعی دیگر میزان بالاتری دارد که می‌تواند در اثر عواملی مانند تخریب بیشتر در این محدوده و از بین رفتن گیاهان پوششی که توسط دام‌ها ایجاد می‌شود باشد. در ارتفاع ۲۴۰۰-۲۵۰۰ متر: میانگین خسارت کمتر از ارتفاع قبلی است، اما همچنان نشان‌دهنده آسیب در این ارتفاع است. ارتفاع بالاتر از ۲۵۰۰ متر: به‌طور خاص، میانگین خسارت کمتری نسبت به دیگر ارتفاعات دارد که می‌تواند به دلایلی مانند دما و رطوبت مناسب‌تر و یا خسارت کمتر دام‌ها باشد.

جدول ۴- آماره‌های درصد‌های خسارت زوال در ارتفاعات و شیب‌های مختلف منطقه حفاظت‌شده تنگ‌صیاد

Table 4- Statistics of the percentage of dieback damage at different altitudes and slopes in the Tang-e Sayad protected area

Mean±Std. Error	Slope typ(%)	Altitude range (m)	Number
46.16±4.47	north	2300-2400	1
61.00±4.39	south	2300-2400	2
23.83±3.49	north	2400-2500	3
60.33±3.98	south	2400-2500	4
19.83±2.60	north	<2500	5
47.00±4.06	south	<2500	6
29.94±3.74	north	Total mean	7
56.11±4.15	south	Total mean	8

نتایج آنالیز آماری درصد خسارت زوال مشاهده‌شده روی گون‌ها در دو شیب شمالی و جنوبی در ارتفاعات مختلف نشان داد که اثر ارتفاع روی درصد خسارت زوال مشاهده‌شده در بوته‌های گون در شیب شمالی در سه محدوده ارتفاعی در منطقه تنگ‌صیاد استان چهارمحال و بختیاری از نظر آماری کاملاً معنی‌دار بوده است ($P \leq 0.01$)؛ یعنی در ارتفاعات مختلف در شیب‌های شمالی درصد خسارت زوال از نظر آماری یکسان نبوده است (جدول ۵). با توجه به اینکه در شیب شمالی نسبت به شیب جنوبی تنش کمتری به گیاهان

وارد می‌شود و این تنش می‌تواند برای گیاه تا حدودی قابل تحمل باشد اما در ارتفاعات مختلف عواملی مانند از بین رفتن گیاهان پوششی توسط دام‌ها و یا سایر عوامل خسارت‌زا ممکن است متفاوت باشند و اثر تشدیدکنندگی متفاوتی را روی زوال داشته باشند به همین دلیل درصد خسارت زوال در آنها از نظر آماری معنی‌دار شده است؛ اما اثر ارتفاع روی درصد خسارت زوال مشاهده‌شده در بوته‌های گون در شیب جنوبی در سه محدوده ارتفاعی از نظر آماری معنی‌دار نبوده است ($P > 0.05$)؛ که ممکن است به دلایلی مانند تنش گرمایی

بیش از تحمل گیاه باشد و باعث ایجاد زوال و خسارت بالا پوششی را بی تأثیر می‌کند.
در گیاه شده و تنش‌های دیگر مانند تخریب و چرای گیاهان

جدول ۵- آنالیز آماری درصد خسارت زوال مشاهده شده روی گونه‌ها در دو شیب شمالی و جنوبی در ارتفاعات مختلف در منطقه

تنگ صیاد استان چهارمحال و بختیاری

Table 3 - Statistical analysis of the percentage of dieback damage observed on *Astragalus* species on the northern and southern slopes at different altitudes in the Tang-e Sayad area, Chaharmahal and Bakhtiari province

Sig	f	mean square	df	sum of squares	dependent variable	sources
0.01	4.649	6041.11	2	12082.22	north slope	altitude
0.34	1.086	1871.11	2	3742.22	south slope	
		1299.33	87	113042.50	north slope	error
		1722.37	87	149846.66	south slope	
			90	205825.00	north slope	total
			90	436950.00	south slope	
			89	125124.72	north slope	Corrected total
			89	153588.88	south slope	

بحث

زوال گیاهان: علل، علائم و پیامدهای اکولوژیک و اقتصادی
زوال گیاهان پدیده‌ای پیچیده است که تحت تأثیر عوامل
زنده و غیرزنده رخ می‌دهد و با علائمی مانند خشکیدگی
سرشاخه‌ها، نکروز ریشه، خزان زودرس، سبز شدن دوباره
جوانه‌ها و افزایش فعالیت قارچ‌های تجزیه‌کننده ریشه همراه
است (Manion, 1981). این علائم می‌توانند ناشی از عوامل
زنده مانند قارچ‌ها، باکتری‌ها، ویروس‌ها و حشرات، یا عوامل
غیرزنده مانند خشک‌سالی و تغییرات آب‌وهوایی باشند
(Sturrock et al., 2011). بیماری‌های گیاهی و زوال‌ها
تأثیرات قابل توجهی بر عملکرد و کیفیت گیاهان در
اکوسیستم‌های طبیعی و کشاورزی دارند و سالانه میلیاردها
دلار خسارت اقتصادی به محصولات کشاورزی، مناظر
طبیعی و جنگلها در سراسر جهان وارد می‌کنند (FAO, 2020).
تغییرات آب‌وهوایی نیز با افزایش فراوانی و شدت
شیوع بیماری‌های گیاهی، این مشکل را تشدید کرده و
تهدیدات جدی برای امنیت غذایی جهانی و تنوع زیستی در
مناطق آسیب‌پذیر ایجاد می‌کنند (Allen et al., 2010; IPCC, 2022).

کاهش جمعیت گونه‌های گیاهی

تحقیقات نشان می‌دهد که برخی گونه‌های گیاهی، به‌ویژه
گونه‌های جنس گون (*Astragalus*)، با کاهش جمعیت مواجه
شده‌اند. برای نمونه، کاهش قابل توجهی در جمعیت گونه‌های
نادر مانند *A. microcymbus* در کلرادو (DePrenger et al., 2013)
و *A. tennesseensis* در تنسی (Baskin et al., 1972)
گزارش شده است. تخریب و اختلال در زیستگاه‌ها
به‌عنوان عوامل اصلی این کاهش‌ها شناسایی شده‌اند که
می‌توانند به انقراض برخی گونه‌ها منجر شوند (Baskin et al., 1972).
زوال درختان و درختچه‌ها به از دست دادن
تدریجی بنیه و سلامت گیاهان اشاره دارد که می‌تواند ناشی
از عوامل مختلفی باشد (Sinclair & Hudler, 1988).
تحقیقات چهار علت اصلی برای زوال گیاهان شناسایی
کرده‌اند: تحریک مزمن توسط یک عامل استرس‌زا (Mittler, 2006)،
آسیب ناشی از عوامل ثانویه پس از یک رویداد مضر
(McDowell et al., 2008)، کاهش تحمل گیاه به دلیل
تحریک مزمن (Chapin et al., 1987) و پیری طبیعی گیاه
(Lim et al., 2007) که این عوامل در مناطق مختلف، از جمله
منطقه تنگ صیاد در ایران، قابل مشاهده هستند.

فراگیر هستند که طیف وسیعی از گیاهان را آلوده می‌کنند (Stewart, et al., 2006) و فراوانی و فعالیت بالایی در خاک و موجودات زنده دارند (Gordon & Martyn, 1997). در دهه‌های اخیر گونه‌های جنس فوزاریوم به دلیل شرایط اقلیمی موجود در گونه‌های گیاهی عرصه‌های منابع طبیعی، شدت بیماری‌زایی خود را افزایش داده‌اند. کنیدی‌های این قارچ در شیره گیاهی از طریق جریان تعرق گیاه پخش می‌شوند، زمانی که حرکت آنها متوقف می‌شود جوانه می‌زنند و این موضوع تأثیر منفی قابل‌توجهی بر اقتصاد آبی گیاهان میزبان وارد می‌کند، به دلیل اثر روی مسدود شدن آوندها، منجر به پژمردگی شدید و در نهایت مرگ گیاه می‌شود (Aboul-Soud et al., 2004). سپس قارچ به بافت‌های پارانشیمی حمله می‌کند و اسپورهای فراوانی تولید کرده که این اسپورها متعاقباً از طریق باد و باران منتشر می‌شوند (Booth, 1971).

T. roseum: این قارچ در مناطق مختلف در سراسر جهان یافت می‌شود (Wright et al., 2007) و می‌تواند در زیستگاه‌ها و محصولات مختلف رشد کند (Summerbell et al., 2011). همچنین این قارچ طیف گسترده‌ای از متابولیت‌های ثانویه از جمله مایکوتوکسین‌ها را که می‌توانند انواع محصولات را آلوده و فاسد کنند (Batt & Tortorello, 2014) تولید می‌کنند. این گونه می‌تواند به‌عنوان یک پاتوژن ثانویه و فرصت‌طلب با ایجاد پوسیدگی در گیاهان مختلف عمل کند (Batt & Tortorello, 2014) و البته با توجه به نتایج این پژوهش مشخص شد که عوارض ناگوار در گیاهان عرصه‌های منابع طبیعی نیز دارد که باید بررسی‌های بیشتری روی آن انجام شود. این قارچ گونه‌ای نسبتاً سریع‌الرشد است (Wright et al., 2007) و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس با حداقل و حداکثر دمای رشد به ترتیب ۱۵ درجه سلسیوس و ۳۵ درجه سلسیوس رشد بهینه دارد (Wright et al., 2007) که این میزان دما در منطقه تنگ‌صیاد برای این گونه قارچی فراهم می‌شود. همچنین گونه *T. roseum* می‌تواند طیف وسیعی از pH را تحمل کند اما در pH= 6.0 به‌طور مطلوب رشد می‌کند که این خصوصیات مناسب رشد این گونه در منطقه مطالعه شده است. قارچ *T. roseum* در اصل یک

تأثیر تغییرات آب‌وهوایی و بیماری‌های قارچی تغییرات آب‌وهوایی نقش مهمی در کاهش جمعیت گونه‌های گیاهی ایفا می‌کند. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهند که افزایش دما تا سال ۲۰۵۰ ممکن است رویشگاه‌های مناسب برای گونه‌هایی مانند *A. verus* در ایران مرکزی را تا ۳/۴ درصد کاهش دهد و این گونه را مجبور به مهاجرت به ارتفاعات بالاتر کند (Sheikhzadeh et al., 2023). بیماری‌های قارچی نیز، به‌ویژه زردی و پوسیدگی ریشه ناشی از قارچ‌های *Embellisia* sp. و *Fusarium* spp. در کاهش مراتع گون در شمال چین نقش داشته‌اند (Li et al., 2007). جنس *Astragalus* از دوره میوسن میانی دستخوش تنوع سریع شده است و گونه‌های چندساله آن در پاسخ به افزایش خشکی از اواخر میوسن به بعد ظهور کرده‌اند (Azani et al., 2019).

نقش قارچ‌ها در زوال گیاهان

قارچ‌ها از مهمترین عوامل زوال گیاهان محسوب می‌شوند و مسئول بسیاری از بیماری‌های جدی گیاهی هستند (Blackwell, 2011). جنس‌هایی مانند *Aspergillus* و *Fusarium* نقش‌های متنوعی در گیاهان دارند (Navale et al., 2021). برخی از این قارچ‌ها به‌عنوان عوامل بیماری‌زای اولیه عمل می‌کنند، درحالی‌که برخی دیگر تنها زمانی که گیاه تحت تنش قرار می‌گیرد، به‌عنوان عوامل بیماری‌زای ثانویه فعال می‌شوند. گروهی نیز ساپروفیت هستند و به بافت‌های مرده و پوسیده حمله می‌کنند و در تجزیه این بافت‌ها نقش دارند که این گونه‌ها به‌ترتیب بحث می‌شوند. *Fusarium* sp. گونه‌های فوزاریوم از مهمترین قارچ‌های بیمارگر هستند. بعضی از گونه‌های این قارچ به‌شدت زهرابه (Toxin) تولید کرده و از این طریق به حیات‌وحش، دام‌ها و انسان خسارت وارد می‌کنند، به همین سبب در مقایسه با سایر گروه‌های قارچی مورد توجه بیشتری قرار گرفته‌اند (Fourie et al., 2011). گروهی از این قارچ‌ها به‌عنوان مهم‌ترین عامل پژمردگی آوندی، زردی و گاهی پوسیدگی ریشه و بوته‌میری گزارش شده‌اند (Zaker et al., 2022) و قارچ‌های بسیار

سویه‌های باکتریایی آنتاگونیست است که در یک مطالعه روی سیب‌زمینی در کانادا کاملاً تأثیر آن ثابت شده است (El Hadrami et al., 2011) که می‌تواند موضوعی قابل بررسی در این زمینه باشد، درحالی‌که معمولاً اجرای آن در جنگلها دشوارتر است. بالاین حال، چالش موجود با *V. dahliae* این است که حتی در صورتی که پس از آلودگی گیاهان آلوده حذف شوند، قارچ می‌تواند در خاک و یا در بافت گیاهان آلوده در حال مرگ به صورت میکرواسکلروت باقی بماند. در این قارچ هیف‌ها به ریشه‌ها حمله می‌کنند و قارچ در آوند چوبی رشد می‌کند (Harris, 1998). زمانی که قارچ وارد آوندها می‌شود، شروع به تولید کنیدیوم‌هایی می‌کند که در سراسر درخت با جریان سیال آوند چوبی توزیع می‌شوند و با کلنیزاسیون قسمت‌های بالایی گیاهان آلوده مانع از جریان آب از طریق آوند چوبی شده و منجر به ایجاد علائم تنش آب می‌شود (Keykhasaber et al., 2018).

N. mangiferae: این قارچ یکی از بیمارگرهای هوازاد و غیراختصاصی است که قادر است علائم پوسیدگی و سوختگی تنه و شاخه را در درختان و درختچه‌ها ایجاد کند و به‌طور معمول در شرایط گرما و در شدت آفتاب در بعضی نمونه‌ها مشاهده می‌شود. برای کاهش خسارت این بیماری تغذیه مناسب گیاهان میزبان، آبرسانی به‌موقع و کاهش تنش آبی، خودداری از ایجاد هرگونه زخم مکانیکی و هرس یا زخم نکردن گیاه در طول تابستان، کاهش آفتاب‌سوختگی و ضدعفونی محل زخم یا هرس، هرس سرشاخه‌های خشک و بلافاصله محلول‌پاشی محل هرس، جمع‌آوری و سوزاندن شاخه‌های آلوده و جوان‌گزینی در میزبان‌های مسن پیشنهاد شده است که بسیاری از این اقدامات قابل اجرا در گیاهان عرصه‌های منابع طبیعی نیستند. با توجه به جداسازی و مشاهده این قارچ روی ریشه و تنه و شاخه بعضی میزبانها و قدرت بالای این قارچ در خشکاندن سریع میزبان نشان‌دهنده خطرناک بودن این قارچ در مناطق خشک و گرمسیری است؛ و با توجه به اینکه در بعضی سال‌ها در گونزارها مشکل خشک‌سالی وجود دارد حضور این قارچ در گونزارها می‌تواند خطرناک باشد. این‌گونه یک قارچ

سaprofیت است (Pitt & Hocking, 2009) و به دلیل پراکندگی بالا در دنیا (Wright et al., 2007) می‌تواند تهدیدی برای گیاهان عرصه‌های منابع طبیعی و ازجمله گیاهان جنس گون باشد. براساس گزارش‌ها، این قارچ می‌تواند ظرفیت خطر بالایی در گیاهان در حال زوال داشته باشد و تمایل دارد از طریق زخم‌ها و ضایعاتی که توسط یک پاتوژن اولیه ایجاد شده است، وارد میزبان شود (Batt & Tortorello, 2014). مطالعات دقیقی روی این‌گونه قارچی انجام نشده است (Batt & Tortorello, 2014) و تاکنون گزارشی از جداسازی آن از میزبان گون موجود نیست.

V. dahlia: گونه‌های ورتیسیلیوم دامنه میزبانی وسیعی در گیاهان مختلف دارند و در نبود میزبان حساس، این پاتوژن‌ها می‌توانند سال‌ها در خاک باقی بمانند؛ بنابراین مدیریت بیماری دشوار می‌شود. تغییر رنگ بافت آوندی به رنگ تقریباً قهوه‌ای در میزبان‌های آلوده مشاهده می‌شود. در بعضی گیاهان هنگامی که دما از ۲۰ درجه سلسیوس بالاتر می‌رود، تنش گیاه افزایش می‌یابد و علائم پژمردگی ورتیسیلیومی شدیدتر می‌شود. این عامل بیمارگر دارای دامنه میزبان گسترده‌ای است. بیش از ۲۰۰ گونه دولپه‌ای به این بیمارگر قارچی حساس هستند و بیش از ۴۰۰ گونه گیاهی تحت تأثیر کمپلکس *Verticillium* قرار دارند (Pegg & Brady, 2002). از نظر دمایی، این قارچ در آب‌وهوای معتدل رشد و تکثیر دارد (Inderbitzin & Subbarao, 2014)، بنابراین می‌تواند خطر بالقوه‌ای برای گونزارهای عرصه‌های زاگرس باشد. میکرواسکلروت‌های گونه *V. dahliae* برای سال‌ها در خاک باقی می‌ماند (Bradley et al., 2013). این میکرواسکلروت‌ها می‌توانند در خاک تا ۱۴ سال، در انتظار شرایط مطلوب زنده بمانند (Wilhelm, 1955). پژمردگی ورتیسیلیومی با ترکیبی از اقدامات مختلف کنترل می‌شود؛ مانند استفاده از ارقام مقاوم، کاهش ماده تلقیح خاک‌زاد از طریق تناوب زراعی و انتخاب محل کاشت عاری از قارچ (Neubauer et al., 2009) که این اقدامات در گیاهان عرصه‌های منابع طبیعی و ازجمله گون‌ها نمی‌تواند کاربرد داشته باشد. روش‌های جدیدتر شامل کنترل زیستی با

(1996). تنوع زیاد، اهمیت این جنس را در طبیعت بیشتر کرده است. این قارچ‌ها توانایی آزاد کردن برخی آنزیم‌های خارج سلولی به‌منظور تجزیه پکتین دیواره سلولی اغلب گیاهان را دارند. در پژوهشی، جداسازی یک پکتین لیاز از گونه *P. italicum* انجام و مشخص شده که این آنزیم در جریان حمله این‌گونه به گیاهان نقش بسیار مهمی دارد (Alkorta et al., 1996) و با ترشح این آنزیم‌ها باعث تجزیه و پوسیدگی بافت‌های گیاهی می‌شود.

آنالیزهای آماری: مزایای مقیاس نسبت درصدی برای برآورد بیماری‌هایی که به چنین برآوردهایی پاسخ می‌دهند در مقالات مختلفی ذکر شده (Anon, 1948) و به‌عنوان یک روش جهانی به آن اشاره شده است. جیمز (James, 1971) بیان کردند که این یک روش یکپارچه و واحد برای برآورد شدت بیماری‌ها است و برآورد مساحت بافت آلوده به‌عنوان معیاری مناسب برای شدت بیماری به کار می‌رود. همچنین لارج (Large, 1955) بیان کرده که هر جا ممکن باشد، می‌توان از درصدها برای ارزیابی بیماری استفاده کرد، زیرا این کار درصدی از مساحت کل ناحیه سبز گیاه را که به‌دلیل بیماری در زمان مشاهده از بین رفته را نمایش می‌دهد. در این پژوهش مشخص شد که بین درصد خسارت زوال در پایه‌های گون بررسی‌شده در هر شیب و ارتفاع مجزا در منطقه حفاظت‌شده تنگ صیاد استان چهارمحال و بختیاری تفاوت معنی‌دار وجود دارد.

تغییرات اقلیمی: تغییرات آب و هوایی توانایی بسیاری از گونه‌های گیاهی را برای انطباق با محیط اطرافشان محدود می‌کند و تغییر توزیع گونه‌ها در سراسر جهان را به وجود می‌آورد. درواقع پیش‌بینی‌شده که بخش بزرگی از تنوع زیستی جهانی تا پایان قرن از بین خواهد رفت (Bellard et al., 2012). تغییر اقلیم می‌تواند با تأثیر بر برخی از شرایط غیرزنده یا زنده خاک و تغییر ترکیب جوامع گیاهی در گسترش گیاهان تأثیرگذار باشد (Baguskas et al., 2014). تغییرات گرمایش جهانی و پدیده‌های آب و هوایی (مانند خشک‌سالی‌های طولانی‌مدت) منجر به زوال در جنگل و گونه‌های مرتعی می‌شود؛ و این گیاهان را از بین می‌برد

خطرناک، با قدرت تهاجم بالا و دامنه میزبانی وسیع، به‌ویژه در مناطقی از ایران معرفی شده است (Alizadeh, et al., 2000). این قارچ تاکنون در ایران از روی میزبان‌های متنوعی جداسازی و شناسایی شده است اما براساس منابع تاکنون از گونه‌های گون گزارش نشده است. در بعضی مناطق ایران قارچ عامل این بیماری در زمستان فعالیت نداشته و فعالیت آن در اواخر بهار، در طول تابستان و اوایل پاییز شدت می‌یابد که به‌دلیل مواجه شدن گون‌ها با تنش آبی، بیشترین حساسیت به قارچ ایجاد می‌شود. درختان و درختچه‌های جوان اغلب تحمل بیشتری نسبت به انواع مسن از خود نشان می‌دهند اما به‌دلیل اینکه درختچه‌های گون عمر بیش از چندین ده سال دارند حساسیت زیادی به این قارچ پیدا می‌کنند. برای این قارچ پراکندگی جغرافیایی وسیعی از جمله در آفریقا، آسیا، آمریکای شمالی، مرکزی و جنوبی، استرالیا و اروپا گزارش شده است (Punithalingam & Waterston, 1970) و این موضوع هم اهمیت آن را دوچندان می‌کند.

Phoma sp.: به‌طورکلی قارچ‌های جنس *Phoma* ساپروفیت یا انگل ضعیف در گیاهان هستند، عمدتاً از مناطق معتدل در اوراسیا، اما گاهی در سایر نقاط جهان نیز یافت می‌شود و در مناطقی با آب‌وهوای خنک یا گرم وجود دارند؛ و بعضی پاتوژن‌های خاص گیاهان کشت‌شده هستند (Van der et al., 1990). این جنس شامل چندین گونه معروف است که پاتوژن‌های گیاهی بااهمیت قرنطینه‌ای هستند. اکثریت آنها در مواد گیاهی رشد می‌کنند (Aveskamp et al., 2008). تأثیر این جنس بر گیاهان قابل‌توجه است و در برخی موارد کاهش عملکرد تا ۲۵ درصد برای بعضی گونه‌های آن ثبت شده است (Fitt et al., 2006). بیماری‌های ناشی از این گروه از قارچ‌ها اثرهای بسیار شدیدی بر سلامت گیاه دارند، در طول زمان باعث از دست دادن غذا و عامل قحطی و رنج انسان‌ها بوده است (Strange & Scott, 2005) و به‌تازگی دامنه میزبانی خود را گسترش داده و در گیاهان عرصه‌های منابع طبیعی هم در این تحقیق جداسازی شده است.

Penicillium sp. جنس پنی‌سیلیوم دارای ۱۵۰ گونه شناخته‌شده با گسترش جهانی است (Alexopoulos, et al.,

(Duke & Holt, 2022). زوال گیاهان، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، می تواند ساختار و عملکرد این اکوسیستم ها را تغییر دهد. مطالعات اخیر تغییرات قابل توجهی در توزیع گونه های گیاهی به دلیل تغییرات اقلیمی را مستند کرده اند. یک فراتحلیل نشان داد که ۸۶٪ از گونه های مورد بررسی، تغییراتی در دامنه های جغرافیایی خود تجربه کرده اند و اغلب به سوی قطب ها یا به ارتفاعات بالاتر به منظور سازگاری با شرایط اقلیمی در حال تغییر کوچ کرده اند (Lavergne et al., 2010). برای نمونه، در آمریکای شمالی، انتظار می رود که بسیاری از گونه های درختی به سمت شمال مهاجرت کنند، زیرا دما در حال افزایش است. این موضوع می تواند به جوامعی با ترکیب های جدید و اختلالات احتمالی در اکوسیستم ها منجر شود (Iverson & Prasad, 2002). تغییر توزیع گونه های گیاهی می تواند به کاهش تنوع زیستی منجر شود. گونه های بومی ممکن است توسط گونه های غیربومی که به شرایط در حال تغییر مقاوم تر هستند، تحت فشار رقابتی قرار گیرند و این موضوع منجر به کاهش غنای گونه ای خواهد شد (Walther et al., 2009). علاوه بر این، هنگامی که گیاهان مهاجرت می کنند، ممکن است با موانعی مانند توسعه های شهری یا زیستگاه های نامناسب مواجه شوند که این نیز خطر انقراض را برای گونه های آسیب پذیر تشدید می کند (Fitzpatrick & Hargrove, 2011).

نتیجه گیری کلی و پیشنهادها

درمجموع گروهی از قارچ ها از گونه های آلوده و در حال زوال جداسازی شد که بعضی از آنها مانند *Fusarium* sp. و *Verticillium dahlia* جزو عوامل بیماری زای اصلی و اولیه هستند و تعداد زیادی از گیاهان میزبان آنها می باشند. گروهی دیگر از عوامل بیماری زای ثانویه هستند و تنها زمانی که گیاه تحت شرایط تنش قرار می گیرد حالت بیماری را پیدا می کنند، مانند *Trichothecium*، *Natrassia mangifera*، *roseum* و *Phoma* sp. که این گروه به تازگی اهمیت زیادی در بیماری های گیاهان دارند که برخی علت آن را تغییرات

اقلیمی و بروز تنش در گیاهان می دانند. گروهی دیگر مانند *Penicillium* sp. از عوامل بیماری زای بسیار ضعیف بودند. درمجموع مهم ترین عامل تسهیل گر در خسارت دیدن گیاهان گون توسط قارچ های جداسازی شده در این پژوهش، تنش های محیطی به ویژه کاهش رطوبت است که سیستم ایمنی گیاه را ضعیف کرده و این قارچ ها را به حالت پاتوژن مهاجم درمی آورد. با توجه به اینکه برای مبارزه با این عوامل در عرصه های منابع طبیعی کاربرد سموم مجاز نیست و از سویی امکانات موجود جوابگوی استفاده از روش های بی خطر و یا کم خطر مانند مبارزه بیولوژیک نیست. پیشنهاد می شود به منظور حفظ رطوبت در اطراف گون های مذکور، از چرای دام در این مناطق جلوگیری شود. تغذیه دام ها از گیاهان اطراف ریشه گون ها باعث می شود گیاه گون و خاک اطراف آن مستقیماً در معرض نور خورشید و گرمای آفتاب قرار گرفته و دچار تنش شود، در نتیجه میزان خسارت عوامل بیماری زا بیشتر گردد. در این منطقه در صورت امکان گیاهان با نیاز آبی کمتر و با رشد رویشی بالا و مقاوم به تنش های محیطی در اطراف گون ها کشت شود تا میزان خسارت و تنش گرمایی کاهش یابد. با انجام عملیات آبخیزداری نسبت به حفظ رطوبت خاک و هدایت آب های حاصل از باران در محل رشد این گیاهان اقدام شود. بعضی بوته های گون با وجود اینکه از نظر میزان تنش وارده با بوته های زوال یافته یکسان هستند ولی سلامت خود را حفظ کرده و زوال در آنها یا اتفاق نیفتاده و یا به میزان جزئی بوده است. زوال گیاهان پدیده ای چندعاملی است که تحت تأثیر عوامل زنده و غیرزنده رخ می دهد و پیامدهای اکولوژیک و اقتصادی قابل توجهی دارد. تغییرات آب و هوایی، بیماری های قارچی و تخریب زیستگاه ها از مهمترین عوامل کاهش جمعیت گونه های گیاهی هستند. برای مدیریت این چالش ها، انجام تحقیقات بیشتر، توسعه روش های تشخیص زودهنگام و اجرای راهبردهای حفاظتی مؤثر ضروریست. بنابراین، پیشنهاد می شود نسبت به احیا و تکثیر این بوته های مقاوم در منطقه اقدام شود. با توجه به اینکه انتقال بعضی از این بیماری های قارچی با ایجاد زخم و خراش در بوته ها انجام

ارزیابی‌های حساسی از سلامت جنگلها و مراتع ارائه دهند (Pontius & Hallett, 2014). البته تحقیقاتی که در سایر کشورها مانند آلمان انجام شده نشان داده که بیماری‌ها و عوامل استرس‌زای متعدد در کاهش جنگلها و مراتع نقش دارند (Rehfuess, 1991).

می‌شود، باید از ایجاد زخم و خراش در بوته‌ها جلوگیری شود.

راهبردهای مدیریت و پیشگیری

برای مقابله با زوال گیاهان، راهبردهایی مانند درک بهتر اکوسیستم‌های آسیب‌دیده، افزایش منابع ورودی و کاهش اختلالات پیشنهاد شده‌اند (Jiang et al., 2006). روش‌های تشخیص زودهنگام، مانند اندازه‌گیری علائم زوال، می‌تواند

References

- Aboul-Soud, M.A., Yun, B.W., Harrier, L.A., and Loake, G.J., 2004. Transformation of *Fusarium oxysporum* by particle bombardment and characterisation of the resulting transformants expressing a GFP transgene. *Mycopathologia*, 158: 475-82. <https://doi.org/10.1007/s11046-005-5370-7>
- Alexopoulos, C.J., Mims, C.W. and Blackwell, M., 1996. *Introductory mycology*. 4th edn. New York: John Wiley & Sons, 868p. ISBN: 978-0-471-52229-4 (0471522295)
- Alizadeh, A., Heidarian, A., and Farrokhi-Nejad, R., 2000. Citrus branch wilt, decline and death caused by *Natrassia mangiferae* and its other hosts in Khuzestan province (In Persian).
- Alizadeh, H., Sharifi-Tehrani, A. and Hedjaroude, G., 2015. *Fusarium* root rot of *Astragalus* species in Iran. *Mycologia Iranica*, 2(1): 45-52. <https://doi.org/10.22043/MI.2015.16348>
- Alkorta, I., Garbisu, C., Llama, M. J., and Sera, J. L., 1996. Immobilization of pectin lyase from *Penicillium italicum* by covalent binding to nylon. *Enzyme and Microbial Technology*, 18: 141-146.
- Allen, C.D., Macalady, A.K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., Kitzberger, T., Rigling, A., Breshears, D.D., Hogg, E.H., and Gonzalez, P., 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*, 259(4): 660-684. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.001>
- Anon, A., 1948. Disease measurement in plant pathology. *Transactions of the British Mycological Society*, 31: 343-345. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(48\)80018-5](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(48)80018-5)
- Aveskamp, M., De Gruyter, J., and Crous, P., 2008. Biology and recent developments in the systematics of *Phoma*, a complex genus of major quarantine significance. *Fungal Diversity*, 31: 1-18. https://doi.org/10.1007/978-94-007-1797-8_40
- Azani, N., Bruneau, A., Wojciechowski, M.F. and Zarre, S., 2019. Miocene climate change as a driving force for multiple origins of annual species in *Astragalus* (Fabaceae, Papilionoideae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 137: 210-221. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2019.05.008>
- Baguskas, S.A., Peterson, S.H., Bookhagen, B., and Still, C.J., 2014. Evaluating spatial patterns of drought-induced tree mortality in a coastal California pine forest. *Forest Ecology and Management*, 315: 43-53. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.12.020>
- Baskin, J. M., Baskin, C. C., and Hightshoe, G. L., 1972. Population analysis of *Astragalus microcymbus* in Tennessee. *American Journal of Botany*, 59(3): 303-310.
- Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W., and Courchamp, F., 2012. Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters*, 15(4): 365-377. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01736.x>
- Blackwell, M., 2011. The Fungi: 1, 2, 3... 5.1 million species?. *American journal of botany*, 98(3): 426-438. <https://doi.org/10.3732/ajb.1000298>
- Booth, C., 1971. *The Genus Fusarium*. Kew, Surrey: Commonwealth Mycological Institute. 237 pp., 20 plates. ISBN: 0-85198-046-5 (SBN 85198 046 5)
- Bradley, C.A., Allen, T.W., Sisson, A.J., Bergstrom, G.C., Bissonnette, K.M., Bond, J., Byamukama, E., Chilvers, DePrenger M.I., Levin, E. C., and Pack, D. M., 2013. Observations of *Astragalus microcymbus* decline in Colorado. *Colorado Flora Journal*, 22(1): 5-12.
- Braun, U., and Cook, R.T.A., 2012. *Taxonomic Manual of the Erysiphales (Powdery Mildews)*. CBS Biodiversity Series No. 11. Utrecht: CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre. 707p. ISBN: 978-90-70351-89-2
- Chapin, F.S., Bloom, A.J., Field, C.B., and Waring, R.H., 1987. Plant responses to multiple environmental factors. *BioScience*, 37(1): 49-57. <http://www.jstor.org/stable/1310177>
- DePrenger-Levin, M.E., Neale, J.M.R., Grant, T.A., Dawson, C. and Baytok, Y.E., 2013. Life history and demography of *Astragalus microcymbus* Barneby

- (Fabaceae). *Natural Areas Journal*, 33(3): 264-275. <https://doi.org/10.3375/043.033.0304>
- Duke, J.R., and Holt, E.A., 2022. Seeing climate change: psychological distance and connection to nature. *Environmental Education Research*, 28(7): 949-969. <https://doi.org/10.1080/13504622.2022.2042205>
- El Hadrami, A., Adam, L.R., and Daayf, F., 2011. Biocontrol treatments confer protection against *Verticillium dahliae* infection of potato by inducing antimicrobial metabolites. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 24(3): 328-335.
- FAO, 2020. Global Forest Resources Assessment., 2020. Main report. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/ca9825en>
- Farr, D. F. and Rossman, A.Y., 2026. Fungal Databases, U.S. National Fungus Collections, ARS, USDA. Available at: <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/> (Accessed: 19 May 2026).
- Fitt, B.D., Brun, H., Barbetti, M., and Rimmer, S., 2006. World-wide importance of phoma stem canker (*Leptosphaeria maculans* and *L. biglobosa*) on oilseed rape (*Brassica napus*). In: Fitt, B.D.L., Evans, N., Howlett, B.J., and Cooke, B.M. (Eds.). *Sustainable Strategies for Managing Brassica napus* (Oilseed Rape) Resistance to *Leptosphaeria maculans* (Phoma Stem Canker). Dordrecht, Netherlands: Springer, pp. 3-15. https://doi.org/10.1007/1-4020-4525-5_1
- Fitzpatrick, M. C., and Hargrove, W. W., 2011. Planning for climate change: the importance of modeling species distribution and population dynamics. *Environment Management*, 47(3): 469-480.
- Fourie, G., Steenkamp, E.T., Ploetz, R.C., Gordon, T.R., and Viljoen, A., 2011. Current status of the taxonomic position of *Fusarium oxysporum* formae specialis cubense within the *Fusarium oxysporum* complex. *Infection, Genetics and Evolution*, 11(3): 533-542. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2011.01.012>
- Gerlach, W., and Nirenberg, H., 1982. The genus *Fusarium*: a pictorial atlas, 209: 1-406. Berlin: Kommissionsverlag P. Parey. ISBN: 3489209001 / 9783489209003
- Gordon, TR., and Martyn, RD., 1997. The evolutionary biology of *Fusarium oxysporum*. *Annual Review of Phytopathology*, 35:111-28. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.35.1.111>
- Graham, P.H., 2008. Ecology of the root-nodule bacteria of legumes. In *Nitrogen-fixing leguminous symbioses* (pp. 23-58). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-3548-7_2
- Hansen, H.N., and Smith, R.E., 1932. The mechanism of variation in imperfect fungi: *Botrytis cinerea*. *Phytopathology*, 22(12): 953-964.
- Gupta, P., Chakraborty, D. and Mittal, R.K., 2015. Antifungal activity of medicinal plants leaf extracts on growth of *Macrophomina phaseolina*. *Agricultural Science Digest*, 35(3): 211-214. <https://doi.org/10.5958/0976-0547.2015.00048.8>
- Harris, DC., 1998. An introduction to *Verticillium* wilts. In: Hiemstra, J.A., Harris, D.C., (Eds.). *A compendium of Verticillium wilts in tree species*. Ponsen and Looijen, Wageningen, pp. 8-11
- Hou, TJ., 2003. Forage diseases and their control in Inner Mongolia. In: *Forage and turfgrass pathological research in China*. (Eds ZB Nan, CJ Li) pp. 11-17. (Ocean Press: Beijing) Chen XR (2003) Relationship between degraded grassland and microorganisms of steppes in Gansu East as well as phylogenetic.
- Hou, TJ., and Bai, R., 1986. *Astragalus adsurgens* diseases in Inner Mongolia and western Liaoning Province. *Grassland of China*, 2: 40-43.
- Hou, TJ., and Wang, JF., 1988. Black spot of *Astragalus adsurgens* and effects on forage. *Grassland of China*, 6: 58-60.
- Huang, L.K., Chen, Z.H., Zhang, X.Q., Wang, Z.G., and Liu, C.S., 2009. A comparative analysis of molecular diversity of erect milkvetch (*Astragalus adsurgens*) germplasm from north China using RAPD and ISSR markers. *Biochemical Genetics*, 47(1-2): 92-99. <https://doi.org/10.1007/s10528-008-9209-z>
- Ibrahim, LF., Marzouk, MM., Hussein, SR., Kawashty, SA., Mahmoud, K., and Saleh, NAM., 2013. Flavonoid constituents and biological screen-ing of *Astragalus bombycinus*. *Natural Product Research | Journal*, 27: 386-393. <https://doi.org/10.1080/14786419.2012.701213>
- Inderbitzin, P., and Subbarao, K.V., 2014. *Verticillium* systematics and evolution: how confusion impedes *Verticillium* wilt management and how to resolve it. *Phytopathology*, 104(6): 564-574. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-11-13-0315-1A>
- IPCC, 2022. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Iverson, L.R., and Prasad, A.M., 2002. Potential redistribution of tree species habitat under five climate change scenarios in the eastern US. *Forest Ecology and Management*, 155(1-3): 205-222. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00559-X](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00559-X)
- James, WC., 1971. An illustrated series of assessment keys for plant dis- eases, their preparation and usage. *Canadian Plant Disease Survey*, 51(2): 39-65. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(71\)80003-3](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(71)80003-3)
- Jiang, F., Zeng, D., and Yu, Z., 2006. Decline of protective forest and its prevention strategies from viewpoint of restoration ecology: taking *Pinus sylvestris* var. *mongolica* plantation in Zhanggutai as an example. *Ying Yong Sheng tai xue bao. Journal of Applied Ecology*, 17(12): 2229-2235. <https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.2006.0332>

- Keykhasaber, M., Thomma, BPHJ., and Hiemstra, JA., 2018. Distribution and persistence of *Verticillium Dahliae* in the xylem of Norway maple and European ash trees. *European Journal of Plant Pathology*, 150: 323-339. <https://doi.org/10.1007/s10658-017-1280-z>
- Large, EC., 1955. Methods of plant disease measurement and forecasting in Great Britain. *Annals of Applied Biology*, 42: 344-354. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1955.tb01268.x>
- Lavergne, S., Mouquet, N., Thuiller, W., and Ronce, O., 2010. Biodiversity and climate change: integrating evolutionary and ecological responses of species and communities. *Annual review of ecology, Evolution, and Systematics*, 41(1): 321-350. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102209-144628>
- Lenton, T.M., Held, H., Kriegler, E., Hall, J.W., Lucht, W., Rahmstorf, S., and Schellnhuber, H.J., 2008. Tipping elements in the Earth's climate system. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(6): 1786-1793. <https://doi.org/10.1073/pnas.0705414105>
- Li, X., Qu, L., Dong, Y., Han, L., Liu, E., Fang, S., Zhang, Y., and Wang, T., 2014. A review of recent research progress on the *Astragalus* genus. *Molecules* 19(11): 18850-18880. <https://doi.org/10.3390/molecules191118850>
- Li, Y.Z., and Nan, Z.B., 2007a. Symptomology and etiology of a new disease, yellow stunt and root rot of standing milk-vetch caused by *Embellisia* sp. In *Northern China. Mycopathologia*, in press. <https://doi.org/10.1007/s11046-007-9002-2>
- Li, Y.Z., and Nan, Z.B., 2007b. First report of yellow stunt and root rot of standing milk-vetch caused by *Embellisia* sp. from China. *New Disease*. <https://doi.org/10.1071/AP07040>
- Li, Y.Z., Nan, Z.B., and Hou, F.J., 2007. The roles of an *Embellisia* sp. causing yellow stunt and root rot of *Astragalus adsurgens* and other fungi in the decline of legume pastures in northern China. *Australasian Plant Pathology*, 36(4): 397-402. <https://doi.org/10.1071/AP07037>
- Lim, P.O., Kim, H.J., and Nam, H.G., 2007. Leaf senescence. *Annual Review of Plant Biology*, 58: 115-136. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.57.032905.105316>
- Liu, A.P., Sun, Q.Z., Hu, J., Nie, S.M., Yan, Z.J., and Wang, H., 2003. Study on etiology of root rot of *Astragalus adsurgens*. *Acta Agrestia Sinica*, 11: 72-74.
- Liu, R., and Hou, T.J., 1984. A preliminary list of fungal diseases on forage legumes in Northern China. *Grassland of China*, 1(19): 56-60.
- Manion, P.D., 1981. *Tree Disease Concepts*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall. ISBN:0-13-930701-X (also 9780135503768)
- Martinez, A., Robles, C.A., Roper, J.M., Gardner, D.R., Neyaz, M.S., Joelson, N.Z., and Cook, D., 2019. Detection of swainsonine-producing endophytes in Patagonian *Astragalus* species. *Toxicon*, 171: 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2019.09.020>
- Masoumi, A.A., 2016. The role of *Astragalus* in ecosystem equilibrium. *Iran Nature*, 1(1): 47-41 (In Persian). <https://doi.org/10.22092/irannature.2016.111736>
- McDowell, N., Pockman, W.T., Allen, C.D., Breshears, D.D., Cobb, N., Kolb, T., Plaut, J., Sperry, J., West, A., Williams, D.G., and Yezpez, E.A., 2008. Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought. *New Phytologist*, 178(4): 719-739. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02436.x>
- Mittler, R., 2006. Abiotic stress, the field environment and stress combination. *Trends in Plant Science*, 11(1): 15-19. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2005.11.002>
- Navale, V., Vamkudoth, K.R., Ajmera, S., and Dhuri, V., 2021. *Aspergillus* derived mycotoxins in food and the environment: Prevalence, detection, and toxicity. *Toxicology Reports*, 8: 1008-1030. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2021.04.013>
- Nelson, P.E., Dignani, M.C., and Anaissie, E.J., 1994. Taxonomy, biology, and clinical aspects of *Fusarium* species. *Clinical Microbiology Reviews*, 7(4): 479-504. <https://doi.org/10.1128/CMR.7.4.479>
- Neubauer, C., Heitmann, B., and Vogel, C., 2009. Morphology, vegetative compatibility and pathogenicity of *Verticillium dahliae* isolates from woody ornamentals in Germany. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 116(3): 109-114. <https://doi.org/10.1007/BF03356295>
- Pegg, G., and Brady, B., 2002. *Verticillium wilts*. Wallingford, UK: CABI Publishing. <https://doi.org/10.1079/9780851995298.0000>
- Pitt, J.I., and Hocking, A.D., 2009. *Fungi and food spoilage*. 3rd edn. New York: Springer, 519p. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-92207-2>
- Pontius, J., and Hallett, R., 2014. Comprehensive methods for earlier detection and monitoring of forest decline. *Forest Science*, 60(6): 1156-1163. <https://doi.org/10.5849/forsci.13-121>
- Punithalingam, E., and Waterston, J. M., 1970. 'Hendersonula toruloidea', CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, (28), Set 28, No. 274. <https://doi.org/10.1079/DFB/20056400274>
- Rehfuess, K.E., 1991. Review of forest decline research activities and results in the Federal Republic of Germany. *Journal of Environmental Science and Health Part A*, 26(3): 415-445. <https://doi.org/10.1080/10934529109375643>
- Sangüesa-Barreda, G., Camarero, J.J., Oliva, J., Montes, F., and Gazol, A., 2015. Past logging, drought and pathogens interact and contribute to forest dieback. *Agricultural and Forest Meteorology*, 208: 85-94. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.04.011>

- Sepahvand, K., 2007. First report of powdery mildew *Leveillula taurica* on three rangeland plants from Iran. Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 5(2): 187-192 (In Persian). <https://doi.org/10.22092/ijfrpr.2007.106316>
- Sepahvand, K., Darvishnia, M., Khodaparast, S.A. and Bazgir, E., 2020. Hosts range of Erysiphales reported from Lorestan province and new findings on hosts of these fungi. Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 18(2): 117-140 (In Persian). <https://doi.org/10.22092/ijfrpr.2020.341316.1410> (In Persian).
- Sharma, A., Gautam, S. and Mishra, B.B., 2014. 'Trichothecium', in Batt, C.A. and Tortorello, M.L. (eds.) Encyclopedia of Food Microbiology. 2nd edn. Vol. 3. Amsterdam: Elsevier/Academic Press, pp. 647-653. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00338-4>
- Sheikhzadeh, A., Tarkesh Esfahani, M., and Bashari, H., 2023. Predicting the occurrence and decline of *Astragalus verus* Olivier under climate change scenarios in Central Iran. Arid Land Research and Management, 37(4): 577-601. <https://doi.org/10.1080/15324982.2023.2177905>
- Sinclair, W.A., and Hudler, G.W., 1988. Tree declines: Four concepts of causality. Arboriculture and Urban Forestry (AUF), 14(2): 29-35. <https://doi.org/10.48044/jauf.1988.009>
- Stewart, J.E., Kim, M.S., James, R.L., Dumroese, R.K., and Klopfenstein, N.B., 2006. Molecular characterization of *Fusarium oxysporum* and *Fusarium commune* isolates from a conifer nursery. Phytopathology, 96(10): 1124-1133. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-1124>
- Strange, R.N., and Scott, P.R., 2005. Plant disease: a threat to global food security. Annual Review of Phytopathology, 43: 83-116. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.43.113004.13383.9>
- Sturrock, R.N., Frankel, S.J., Brown, A.V., Hennon, P.E., Kliejunas, J.T., Lewis, K.J., Worrall, J.J., and Woods, A.J., 2011. Climate change and forest diseases. Plant Pathology, 60(1): 133-149. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2010.02406.x>
- Summerbell, R.C., Gueidan, C., Schroers, H.J., De Hoog, G.S., Starink, M., Rosete, Y.A., Guarro, J., and Scott, J.A., 2011. Acremonium phylogenetic overview and revision of Gliomastix, Sarocladium, and Trichothecium. Studies in Mycology, 68(1): 139-162. <https://doi.org/10.3114/sim.2011.68.06>
- Sun, S., Bian, C., Zhou, N., Shen, Z., and Yu, M., 2023. Dietary *Astragalus* polysaccharides improve the growth and innate immune response of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*: Insights from the brain-gut axis. International Journal of Biological Macromolecules, 243: 125158. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125158>
- Van der Aa, H.A., Noordeloos, M.E., and de Gruyter, J., 1990. Species concepts in some larger genera of the Coelomycetes. Studies in Mycology, 32: 3-19. ISSN:0166-0616 (print); 1872-9797 (online)
- Walther, G.R., Roques, A., Hulme, P.E., Sykes, M.T., Pyšek, P., Kühn, I., Zobel, M., Bacher, S., Botta-Dukát, Z., Bugmann, H., and Czucz, B., 2009. Alien species in a warmer world: risks and opportunities. Trends in Ecology and Evolution, 24(12): 686-693. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.06.008>
- Wilhelm, S., 1955. Longevity of *Verticillium* wilt fungus in the laboratory and field. Phytopathology 45:180-181. ISSN:0031-949X
- Windels, C.E., 1991. Current status of *Fusarium* taxonomy. Phytopathology, 81(9): 1048-1051. ISSN:0031-949X; 1943-7684
- Wright, E.R., Pizzingrilli, P., Caligaris, M.V., and Cabral, D., 2007. Rose dieback caused by *Trichothecium roseum* in Argentina. Plant Disease, 91(5): 631-631. <https://doi.org/10.1094/PDIS-91-5-0631C>
- Yuan, H., Ma, Q., Ye, L., and Piao, G., 2016. The traditional medicine and modern medicine from natural products. Molecules, 21(5): 559. <https://doi.org/10.3390/molecules21050559>
- Zaker Tavallaie, F., Shahbazi, S., and Daroodi, Z., 2022. Effective Biological Control of Carnation *Fusarium* Wilt Using a New Combination of Trichoderma Mutant Isolates. Journal of Agricultural Science and Technology, 24(6): 1501-1517.
- Zhang, X., Qu, X., and Zou, Y., 2023. The Effect of *Astragalus* on Humoral and Cellular Immune Response: A Systematic Review and Meta-Analysis of Human Studies. Complementary Medicine Research, 30(6): 535-543. <https://doi.org/10.1159/000534826>
- Zhou, H.Y., Yang, H.T., and Tang, W.H., 2004. Occurrence of *Fusarium* root rot in *Astragalus adsurgens* and identification of pathogens. Acta Agrestia Sinica, 12(4): 285-289.