DOI: 10.22092/irn.2024.132339

دیدگاه

آفات نوظهور در گیاهان (تعریف، اهمیت و علل بروز)

علی علیزاده علی‌آبادی[1*]

در این مطالعه، پس از بیان مختصری از سابقه تاریخی آفات نوظهور (نوپدید)، تعریف این آفات توضیح داده شده است. آفات نوظهور (نوپدید)، آفات، بیمارگرها و علف‌های هرزی هستند که در سال‌های اخیر در منطقه‌ای جدید، یا روی میزبانی جدید شناسایی و گزارش شده‌اند، یا پیش‌تر وجود داشته‌اند ولی هم‌اکنون بُروز و وقوع آنها افزایش یافته است. همچنین، سه روش طبیعی، تصادفی (یا سهوی) و تعمّدی ورود یک بیمارگر یا آفت به منطقه‌ای جدید و عاری از آن، با ذکر مثال‌هایی از دنیا و ایران، تشریح و مهم‌ترین علل بروز آفات نوپدید، یعنی ورود یک بیمارگر یا آفت به منطقه‌ای جدید و عاری از آن، تکامل گونه‌های جدید با انتقال بین‌گونه‌ای ژن‌ها، تغییر اقلیم و تغییر رژیم کشت و سهم هر یک در بروز آفات نوپدید ارائه شده است.

مقدمه

انواع آفات و بیمارگرهای گیاهان با بروز علائمی ازجمله بدشکلی و چروکیدگی برگ‌ها، کاهش سطح برگ‌ها، قطع آوندها، کرموشدن میوه‌ها، کاهش کیفیت دانه‌ها، ریزش میوه‌ها و انتقال بیمارگرها به گیاهان میزبان، کوتولگی، کاهش یا افزایش غیرمعمول شاخه‌زایی یا ریشه‌زایی، سوختگی، لکه‌برگی، ایجاد گال و شانکر یا زخم، پژمردگی، پوسیدگی، مرگ و خشکیدگی کامل گیاه و علف‌های هرز نیز با اشغال فضای خاک و خارج از خاک و استفاده از آب، مواد غذایی، اکسیژن و نور، با گیاهان اصلی رقابت و موجب ضعف کلی گیاهان و کاهش چشمگیر کیفی و کمّی محصولات می‌شوند. میانگین خسارت سالانه در اثر این عوامل به محصولات کشاورزی حدود ۳۵درصد است، که از این مقدار، سهم بیمارگرها، حشرات و علف‌های هرز به‌ترتیب حدود ۱۴، ۱۰ و ۱۲ درصد است. به این مقدار باید شش تا ۱۲ درصد خسارت پس از برداشت نیز اضافه شود. در ایالات متحده آمریکا جمع خسارت‌های پیش و پس از برداشت، حدود ۴۰درصد و در کل جهان حدود ۴۰ تا ۴۵ درصد محصول برآورد شده است (علیزاده علی‌آبادی، ۱۳۹۶d؛ Carvajal-Yepes *et al.*, 2019).

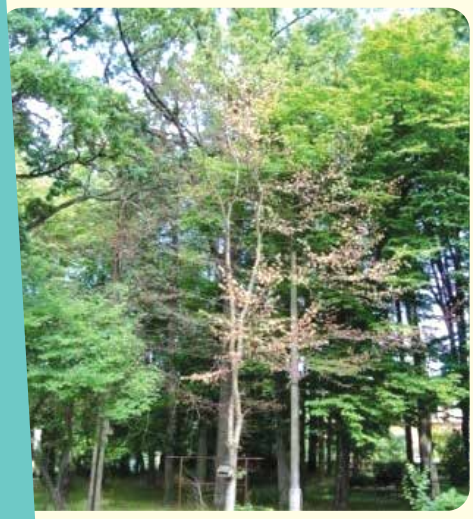
سابقه تاریخی آفات نوظهور (نوپدید)

بعضی از این عوامل، در برخی از مناطق دنیا، خسارت‌های زیادی را به کشاورزان وارد کرده‌اند. از آن جمله می‌توان به بیماری سفیدک دروغی سیب‌زمینی (عامل آن قارچ *Phytophthora infestans* است) اشاره کرد که عامل اصلی قحطی کشور ایرلند در دهه ۱۸۴۰ با یک میلیون نفر کشته و حدود یک و نیم میلیون نفر آواره بود (Bourke, 1993) (شکل ۱).

بیماری لکه‌قهوه‌ای برنج (عامل آن قارچ *Cochliobolus miyabeanus* است) نیز در خلال دهه ۱۹۴۰ موجب مهاجرت کشاورزان بنگلادش به شهرها و مرگ‌ومیر نزدیک به دو میلیون نفر از آنها شد (Padmanabhan, 1973).

شکل ۱– علائم بیماری سفیدک دروغی روی غده و اندام‌های هوایی سیب‌زمینی (Schumann and D'Arcy, 2000)

۱*–نویسنده مسئول، دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. پست الکترونیک: aalizadeh1340@yahoo.com



شکل ۲- علائم بیماری مرگ نارون و محل خسارت سوسک ناقل قارچ عامل بیماری (D'Arcy, 2000)

در سال ۱۹۷۰، بیماری دیگری به نام سوختگی برگ ذرت (عامل آن قارچ *Cochliobolus heterostrophus* است) نزدیک به ۱۵درصد از محصول ذرت آمریکا را از بین برد و یک میلیارد دلار خسارت بر جای گذاشت (Ullstrup, 1972). بیماری مرگ درختان نارون (عامل آن قارچ *Ophiostoma ulmi* و *Ophiostoma novo-ulmi* است) از دهه ۱۹۳۰ تا ۱۹۴۰ موجب نابودی تمامی درختان نارون موجود در عرصه‌های مسکونی و جنگلی شرق آمریکا شد. درختان نارون از سال ۱۹۳۰ به بعد به این بیماری مبتلا شدند، به گونه‌ای که از چند درخت آلوده در شهر کلیولند، در ایالت اوهایو شروع شد و در سال ۱۹۵۶ به رودخانه می‌سی‌سی‌پی و سپس در سال ۱۹۷۳ به ایالت‌های ساحل اقیانوس آرام رسید (Cabi, 2018) (شکل ۲).

شاه‌بلوط که زمانی، به‌صورت نواری گسترده، از کانادا تا آمریکای جنوبی وجود داشت، در سال ۱۹۰۴ به بیماری بلایت (توسط قارچی به نام *Cryphonectria parasitica* تولید می‌شود) آلوده شد و این بیماری بهسرعت همه نواحی شرقی آمریکای شمالی را دربرگرفت، به‌گونه‌ای که تا دهه ۱۹۳۰، در تمامی محدوده طبیعی شاه‌بلوط آمریکایی گسترش یافت. به‌این‌ترتیب تا اواخر ۱۹۲۰، نزدیک به سه و نیم میلیارد شاهبلوط، آلوده شده بودند. شاهبلوط آمریکایی اولین درختی است که در دوران معاصر به‌علت یک بیماری قارچی به مرز انقراض رسید (Cabi, 2018).

تعریف آفات نوظهور (نوپدید)

اصطلاح آفات نوپدید (Emerging pests) و بیماری‌های عفونی نوپدید (Emerging infectious diseases (EID)) اولین‌بار برای آفات و بیمارگرهای انسانی و دامی استفاده شد (Mostafavi *et al.*, 2021) مدتی است آفات و بیمارگرهای نوپدید گیاهان (Emerging pests and diseases of plants) به‌عنوان سرفصلی مهم و جدی، فکر بسیاری از پژوهشگران و کارشناسان این بخش را، در مراکز تحقیقاتی، آموزشی، ترویجی و اجرایی ازجمله سازمان‌های ملّی، منطقه‌ای و بین‌المللی حفظ نباتات، به خود مشغول کرده است (Anderson *et al.*, 2004).

ازآنجایی‌که آفات، بیمارگرها و علف‌های هرز نوپدید گیاهان (آفات نوپدید) می‌توانند به‌سرعت و بدون هرگونه مانع یا کنترل‌کننده زیستی، که معمولاً برای آفات بومی وجود دارد، گسترش یابند و خسارت‌های هنگفتی ازنظر اقتصادی، زیست‌محیطی و تنوع زیستی وارد کنند، بسیار مهم هستند و مقابله با آنها در دستور کار جدی مراکز ذی‌ربط قرار دارد.

به تمامی آفات، بیمارگرها و علف‌های هرزی که در سال‌های اخیر در منطقه‌ای جدید، یا روی میزبانی جدید شناسایی و گزارش شده‌اند، یا پیش‌تر وجود داشته‌اند ولی هم‌اکنون بُروز و وقوع آن‌ها افزایش یافته است، آفات نوپدید گیاهان گویند (Daszak *et al.*, 2000 ؛Lederberg *et al.*, 1992).

واژه‌های دیگری نیز برای گروه‌های مختلف آفات به‌کار می‌رود که هر کدام، باوجود داشتن تمایزاتی با سایر تعاریف، نقاط مشترکی هم دارند، مانند: «آفات جدید» (New pests)، «آفات نوظهور» (Emerging pests)، «آفات با ظهور مجدد» (Re-emerging pests)، «آفات غیربومی» (Non-indigenous pests)، «آفات بیگانه» (Exotic pests) و «آفات تهدیدکننده» ((Threatening pests Damsteegt, 1999)). آفات نوپدید می‌توانند امنیت غذایی کشورها را به‌طور جدی تهدید کنند (Ristaino *et al.*, 2021 ؛Brooks *et al.*, 2021).

علل بروز آفات نوپدید

- ورود یک نوع یا گونه آفت یا بیمارگر جدید در یک منطقه عاری از آن، ممکن است مهم‌ترین علت بُروز آفات نوپدید باشد، مانند نژاد Ug99 از بیمارگر زنگ ساقه گندم

۲- افزایش سطح زیرکشت یک محصول مستعد به یک بیماری، ممکن است منجر به پدیدار شدن آفت یا بیمارگر جدیدی مانند سوختگی برگ ذرت (Southern corn leaf blight) در ایالات متحده آمریکا شود.

۳- ممکن است از طریق هیبریداسیون گونه‌های بیماری‌زای موجود از طریق تماس‌های مستمر با یکدیگر، آفت یا بیمارگرهای جدیدی ایجاد شوند. هیبریداسیون ممکن است به همه‌گیری بیماری نارون هلندی کمک کرده باشد (Brasier 2001).

۴- در برخی موارد، ورود یک ناقل می‌تواند یک بیمارگر را مهم‌تر و خطرناک‌تر کند. برای مثال، بین سال‌های ۱۹۲۷ و ۱۹۳۰، ویروس مرکبات تریستزا (CTV) به آمریکای جنوبی وارد شد، اما تنها در سال ۱۹۵۰ با ورود ناقل شته Toxoptera citricidus این پاتوژن ازنظر اقتصادی مهم و خطرناک شد (Anderson *et al*., 2004). وضعیت مشابهی در کالیفرنیا برای Xylella fastidiosa مشاهده شد. این باکتری به مدت یک قرن در این ایالت باعث بیماری پیرس (Pierce's Disease (PD)) می‌شد، اما با ورود گونه‌های حشره ناقل جدید، بیماری پیرس بسرعت گسترش یافت و خسارت‌های قابل‌توجهی را به همراه داشت (Anderson *et al*., 2004).

به‌طورکلی، عوامل متعددی می‌توانند باعث شیوع آفات نوپدید شوند که چهار مورد مهم از آنها عبارتند از:

۱- ورود یک بیمارگر یا آفت به منطقه‌ای جدید و عاری از آن،

۲- تکامل گونه‌های جدید با انتقال بین گونه‌ای ژن‌ها،

۳- تغییر اقلیم،

۴- تغییر رژیم کشت.

انواع ورود یک بیمارگر یا آفت به منطقه‌ای جدید و عاری از آن

یک آفت ممکن است به یکی از روش‌های طبیعی، تصادفی (یا سهوی) و تعمّدی به یک منطقه جدید وارد شود:

الف) ورود طبیعی

ورود طبیعی آفات می‌تواند توسط یکی از عوامل طبیعی، به‌خصوص جریان ملایم یا تند هوا انجام شود. این انتشار و جابه‌جایی می‌تواند هم در فواصل کم (مانند گیاه به گیاه، سطح خاک به سطح برگ، از داخل خاک به سطح ریشه) و هم در فواصل زیاد (مانند مزرعه به مزرعه، منطقه به منطقه و کشور به کشور) رخ دهد.

عامل زنگ آسیایی سویا *Phakopsora pachyrhizi* (Asian soybean rust) یکی از مثال‌های کلاسیک برای انتشار طبیعی است. هاگ این قارچ می‌تواند از طریق باد به نواحی دوردست منتقل شود. این قارچ در سال ۲۰۰۱ از آفریقای جنوبی گزارش شد، سپس به کمک وزش باد به آمریکای جنوبی وارد و برای اولین‌بار از پاراگوئه گزارش شد. سپس به‌سرعت در سال ۲۰۰۲ به برزیل و آرژانتین و آنگاه در سال ۲۰۰۳ به بولیوی وارد شد و از آنجا به کلمبیا رسید.

عامل بیماری زنگ سیاه گندم (Wheat stem rust)، *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* نژاد Ug99 نیز بیشتر از طریق جریانات آب‌وهوایی منتشر شده و در اثر تکامل توانسته است، مقاومت گندم را در مقابل حمله خود بشکند. این بیماری که ابتدا در سال ۱۹۹۹ از کشور اوگاندا گزارش شد، قادر است گندم‌های دارای ژن Sr31 را (یعنی اکثر گندم‌های متداول و فعلی دنیا) آلوده و ۲۵درصد از محصول گندم دنیا را نابود کند. نژاد جدید Ug99 پس از مدت کوتاهی وارد کنیا و اتیوپی شد و پس از عبور از دریای سرخ با کمک بادهای موسمی غرب به شرق، خود را به یمن رساند (شکل ۴). براساس برخی گزارش‌ها، نژاد جدید Ug99 زنگ سیاه گندم در سال ۱۳۸۶ در برخی گندم‌زارهای استان لرستان و همدان مشاهده شد (Nazari *et al*., 2009).

بیماری زوال و زغالی بلوط *Biscogniauxia mediterranea* (De Not.) Kuntze) ابتدا در درختان بلندمازو در توسکستان و پارک جنگلی قُرُق (هر دو از توابع گرگان) دیده شد. قارچ *B. mediterranea* از تیره Xylariaceae به‌عنوان عامل بیماری زغالی درختان بلوط در جنگل‌های زاگرس در مناطق ایلام، لرستان، فارس و کهگیلویه‌وبویراحمد گزارش شده است. علایم این بیماری شامل ترشح شیره گیاهی در قسمت‌های آلوده، جداشدن پوست درخت، سیاه‌شدن بافت‌های آبکشی و چوبی است (Mirabolfathy *et al*., 2011؛ Mirabolfathy, 2013).

بیماری سوختگی شمشاد، *Cylindrocladium boxicola* (فرم غیرجنسی قارچ) و *Calonectria pseudonaviculata* (فرم جنسی قارچ): نشانه‌های بیماری سوختگی شمشاد در سال ۱۳۸۹ نخستین‌بار در جنگل‌های آستارا و تالش در استان گیلان دیده و در سال ۱۳۹۱ همه‌گیر شد. درحال‌حاضر، سراسر جنگل‌های شمال را دربرگرفته است، به گونه‌ای که براساس آخرین بررسی‌ها، حدود ۵۵ هزار هکتار از رویشگاه‌های شمشاد مورد حمله این بیماری قرار دارد. شمشاد هیرکانی (*Buxus hyrcana* Pojark) یکی از مهم‌ترین گونه‌های درختی همیشه‌سبز جنگل‌های هیرکانی است که از سوی اتحادیه بین‌المللی حفظ طبیعت (IUCN) جزو گونه‌های در حال انقراض محسوب شده است. طبق آمار سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور در سال ۱۳۹۲، سطح کل رویشگاه‌های شمشاد در شمال کشور ۷۲۴۵۰ هکتار، برآورد شده است. هم‌اکنون براساس قانون حفظ و حمایت از منابع طبیعی و ذخایر جنگلی کشور (که در سال ۱۳۷۱ در مجلس شورای اسلامی تصویب شد و به تأیید شورای نگهبان رسید)، شمشاد از گونه‌هایی است که از ذخایر جنگلی محسوب می‌شود و قطع آن ممنوع است. بیماری سوختگی (Boxwood Blight) یا آتشک شمشاد، ازجمله بیماری‌های مخرب و بسیار خطرناکی است که در سال‌های اخیر در ایران و بسیاری از کشورهای اروپایی، آمریکایی و آسیایی مشاهده شده و سبب خزان، یا نابودی تودههای شمشاد، اعم از جنگلی و زینتی شده است (Mirabolfathy *et al*., 2013؛ Rezaee *et al*., 2013؛ Khazaeli *et al*., 2018).

پروانه ابریشم‌باف ناجور (Gypsy moth) با نام علمی (*Lymantria dispar*) برای اولین بار در ایران در سال ۱۳۱۶ توسط افشار گزارش و

خسارت آن در انواع گونه‌های جنگلی، باغی و نهالستان‌ها مشاهده شده است و در سال‌های اخیر به‌عنوان یکی از آفات خطرناک درختان جنگلی محسوب می‌شود. این آفت تاکنون از استان‌های آذربایجان شرقی، گلستان، تهران، خراسان، فارس، کهگیلویه، کردستان، کرمانشاه و گیلان گزارش شده است (Tavakoli *et al.*, 2018) (شکل ۳).

ب) ورود تصادفی و سهوی

با توجه به رفت‌وآمدهای بین مناطق و کشورهای مختلف، امکان انتقال آفات و بیمارگرها به یک منطقه عاری از آلودگی به‌همراه کالاهای مختلف (ازجمله لباس، وسایل حمل‌ونقل، کالاهای صنعتی، کشاورزی، پالت‌های چوبی و غیره) وجود دارد (علیزاده علی‌آبادی، ۱۳۸۹a؛ Bassanezi *et al.*, 2009). یکی از راه‌های اصلی ورود (Introduction) بیمارگرهای گیاهی بیگانه (Alien plant pathogens) از طریق تجارت محصولات کشاورزی گیاهی مانند بذر، قلمه، پیوندک و نهال یا گیاه کامل است. ورود ناقل می‌تواند باعث بروز آفات نوپدید، به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم شود (Anderson *et al.*, 2004).

برای مثال ویروس تریستزای مرکبات (Citrus tristeza virus (CTV)) در سال‌های بین ۱۹۲۷ تا ۱۹۳۰ وارد آمریکای جنوبی شد ولی پس از ورود شته ناقل آن (*Toxoptera citricidus*) از آسیا، این ویروس به یک بیماری جدی و خسارت‌زای نوپدید تبدیل شد. تا سال ۱۹۵۰ بیش از شش میلیون اصله درخت مرکبات فقط در یک نقطه از برزیل (سائوپولو) از بین رفت (Bar-Joseph *et al.*, 1979).

در ۱۹۷۰ با ورود یک ناقل جدید (Blue-green sharpshooter–*Graphocephala atropunctata*) به کالیفرنیا، بیماری پیرس به یک بیماری نوپدید و خسارت‌زای مهم تبدیل شد، به گونه‌ای که فقط در خلال سال ۱۹۹۹ در جنوب کالیفرنیا، بیش از شش میلیون دلار خسارت وارد کرد (Anderson *et al.*, 2004).

سوسک شاخک‌بلند آسیایی (Asian longhorned beetle)، *Anoplophora glabripennis* همراه پالت‌های چوبی در بسته‌بندی‌های تولیدات صنعتی از چین به اروپا و سپس در سال ۱۹۹۶ آمریکا منتقل شد.

این آفت (شکل ۴) توانست در مدت کوتاهی باعث نابودی بیش از یک میلیارد و دویست میلیون اصله درخت یعنی حدود ۳۰درصد از جنگل‌های نواحی آلوده در آمریکا و تحمیل بیش از ۶۶۹ میلیارد دلار هزینه به آن کشور شود.

بیماری شانکر باکتریایی مرکبات که در سال ۱۹۱۵ در ایالت فلوریدا

شکل ۳- لارو پروانه ابریشم‌باف ناجور و تجمّع انبوه لاروهای آن روی درختان جنگلی
(/https://www.forestresearch.gov.uk/tools-and-resources/fthr/pest-and-disease-resources/gypsy-moth-lymantria-dispar)

شکل ۴- حشره کامل، لارو، شفیره و نحوه خسارت سوسک شاخک‌بلند آسیایی (Meng *et al.*, 2015)

شناسایی شد، همراه نهال‌های پرتقال سه‌برگی از ژاپن وارد آمریکا شد. در آمریکا بارها، میلیون‌ها اصله درخت آلوده، ریشه‌کن و میلیون‌ها دلار برای این کار هزینه شد. هنوز هم این عملیات در برخی نقاط آمریکا ادامه دارد (Gottwald *et al.*, 2002).

مثال‌های فراوانی از این نحوه ورود آفات و بیمارگرها به کشور ایران نیز وجود دارد، که می‌توان به بیماری جاروک لیموترش و گرینینگ مرکبات اشاره کرد (علیزاده علی‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۹؛ علیزاده علی‌آبادی،b ۱۳۸۲؛ علیزاده علی‌آبادی، ۱۳۹۳؛ علیزاده علی‌آبادی و رحیمیان ۱۳۶۹؛ علیزاده علی‌آبادی، a۱۳۸۸).

بیماری میوه‌سبز مرکبات (Citrus greening) یا هوانگ‌لونگ‌بینگ، اولین بار در اواخر قرن نوزدهم (۱۸۹۰) از چین و به‌مرور از سایر کشورهای آسیایی و آفریقایی گزارش شد. این بیماری در سال ۱۳۸۸ از ایران نیز گزارش شد. هم‌اکنون، مرکبات استان‌های سیستان–وبلوچستان، هرمزگان، فارس، کرمان (جیرفت و کهنوج) به این بیماری آلوده هستند (شکل ۵).

بیماری شانکر باکتریایی مرکبات (Bacterial citrus canker) در سال ۱۳۶۹ اولین بار از منطقه کهنوج در استان کرمان روی لیموترش شیرازی (Mexican lime) گزارش شد (علیزاده و رحیمیان، ۱۳۶۹) (شکل ۶). درحال‌حاضر، این بیماری در بیشتر مناطق لیموترش‌کاری در جنوب کشور ازجمله سیستان‌وبلوچستان، هرمزگان، فارس، جیرفت و کهنوج و ارزوئیه کرمان روی لیموترش مشاهده و گزارش شده است. این بیماری به‌طور مشخص روی میوه، برگ و ساقه، جوش تولید می‌کند (شکل ۶).

بیماری تریستزای مرکبات (Tristeza, CTV): منشأ اصلی این بیماری از آسیاست که توسط نهال آلوده و شته‌های ناقل ویروس (ازجمله شته جالیز Aphis gossypii) در تمام قاره‌ها پخش شده است. این ویروس یکی از مهم‌ترین عوامل خسارت‌زای مرکبات در دنیاست و اغلب در شرایط آب‌وهوایی معتدل و خنک فعالیت دارد (علیزاده علی‌آبادی، a۱۳۸۲؛ علیزاده علی‌آبادی، d۱۳۹۶) (شکل‌های ۷–۱۰).

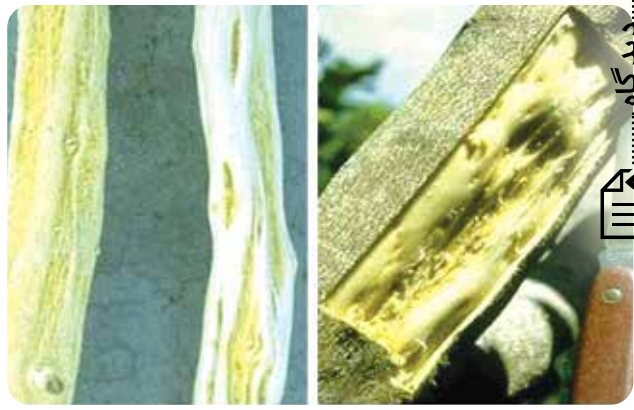
مگس میوه زیتون (Bactrocera olea)، مهم‌ترین آفت زیتون در بیشتر

شکل ۵– علائم بیماری میوه‌سبز مرکبات روی شاخه، برگ و میوه (علیزاده علی‌آبادی، c۱۳۹۶)

شکل ۶– علائم بیماری شانکر باکتریایی مرکبات
روی برگ (A)، شاخه (B) و میوه لیموترش (C) (علیزاده علی‌آبادی، d۱۳۹۶)

شکل ۷– علائم بیماری تریستزای مرکبات (زوال سریع) (Abubaker *et al.*, 2017)

شکل ۸– علائم بیماری تریستزای مرکبات (زوال تدریجی) (Abubaker *et al.*, 2017)



شکل ۹- علائم آبله‌ای شدن ساقه (Azza, 2009)

شکل ۱۰- شته ناقل ویروس تریستزا (Azza, 2009)

شکل ۱۱- مگس میوه زیتون (علائم، شفیره و مرحله کامل آفت) (Malheiro, 2015)

شکل ۱۲- علائم خسارت، لارو و حشره بالغ مگس میوه مدیترانه‌ای (https://entnemdept.ufl.edu/creatures/fruit/mediterranean_fruit_fly.htm)

کشورهای حاشیه دریای مدیترانه است. لاروهای این مگس تنها از میوه زیتون تغذیه می‌کنند (شکل ۱۴). این آفت جزو آفات قرنطینه خارجی کشور بود که در سال ۱۳۸۳ با ورود غیرقانونی میوه خام زیتون از کشورهای اردن، لبنان و سوریه و نیز از طریق کشورهای همسایه غربی به‌ویژه عراق وارد منطقه رودبار شد و در مدت کوتاهی استان‌های زیتون‌خیز زنجان و قزوین را آلوده کرد (علیزاده علی‌آبادی، d۱۳۹۶) (شکل ۱۱).

کرم ساقه‌خوار برنج (*Chilo suppressalis*) در ایران اولین بار در شهریور ماه ۱۳۵۱ از تنکابن گزارش شد (دزفولیان و مستوفی‌پور، ۱۳۵۱). گفته می‌شود، توسط کاه‌وکلش‌های همراه مرکبات از پاکستان به ایران وارد و برای مبارزه با آن در استان مازندران، از زمان ورودش تا سال ۱۳۶۹، حدود ۱۵۰ هزار تُن سموم گرانوله مصرف شده است (علیزاده علی‌آبادی، ۱۳۸۲؛ علیزاده علی‌آبادی، ۱۳۹۶).

مگس میوه مدیترانه‌ای (*Ceratitis capitate*) (شکل ۱۲) یکی از آفات بسیار مهم و خطرناک درختان میوه است. اولین بار در پاییز سال ۱۳۵۴ خسارت لارو این مگس در باغ‌های هلوی مشهد گزارش شد. در سال ۱۳۶۲ نیز روی میوه‌های مرکبات، خرمالو و هلو در مازندران دیده شد. این آفت، با ورود بی‌رویه میوه از کشورهای مختلف، بارها وارد کشور شده است (سبزواری و جعفری، ۱۳۷۰).

شپشک سپردار کاج نوئل (*Nuculaspis abietis*) در سال ۱۳۷۴

شکل ۱۳- شپشک سپردار کاج نوئل (Rasekh *et al.*, 2011)

شکل ۱۴- سوسک حنایی خرما (El-Shafie and Faleiro, 2020)

از درختان کاج نوئل سبز و آبی (*Picea abies* and *Picae pungens*) در یک نهالستان واقع در شهرستان کلاردشت، گزارش شد (شکل ۱۳) (بهداد، ۱۳۷۵).

شپشک سفید توت (*Pseudolaucaspis pentagona*) در سال ۱۳۴۵ همراه با نهال‌های توت کاکوزای ژاپنی توسط شرکت سهامی نوغان شمال از ایتالیا به ایران وارد و در گیلان و مازندران پخش شد. از آن سال به بعد، این آفت یکی از عوامل خسارت‌زا و محدودکننده کشت توت و به‌تازگی کیوی و زیتون در کشور شده است (Moghaddam, 2013).

شپشک سیاه زیتون (*Saissetia oleae*) با شاخه‌های آلوده خرزهره از شوروی وقت وارد کشور و در سال ۱۳۲۵ در رامسر، لاهیجان و بندرانزلی روی خرزهره دیده شد. این شپشک زیان‌آورترین آفت درختان زیتون در رودبار گیلان است (بهداد، ۱۳۷۵).

سوسک حنایی خرما *Rhynchophorus ferrugineus* (Red palm weevil) (شکل ۱۴) در سال ۱۳۶۹ از بخش مرکزی سراوان، روستای بخشان استان سیستان‌وبلوچستان از تنه شمار اندکی از درختان نخل جدا شد (آوندفقیه، ۱۳۷۴).

در بین سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۰ در مساحتی حدود ۱۸۰۰ هکتار از نخلستان‌های حومهٔ سراوان (سال ۷۳ در بخش جالق، سال ۷۵ در سیب و سوران، سال ۷۷ در بخش زابلی) گسترشَ یافت. در سال ۱۳۸۱ با آلوده کردن باغ‌های اطراف شهرستان میرجاوه که

منطقه‌ای است کاملاً جدا از مناطق قبلی، گسترش آفت وارد مرحلهٔ تازه‌ای شد و سپس در بخش محدودی از استان‌های هرمزگان، کرمان و فارس نیز دیده شد (علیزاده علی‌آبادی، a۱۳۸۲؛ علیزاده علی‌آبادی، d۱۳۹۶).

ج) ورود تعمّدی

ورود آفات و بیمارگرهای گیاهان به‌صورت تعمدی به کشور یا منطقه‌ای خاص، که پیش‌تر، آن عامل بالقوه خطرناک در آن منطقه وجود نداشته است، به قصد ایجاد خسارت به محصولات کشاورزی توسط افراد، گروه‌ها و کشورهای متخاصم، یکی دیگر از روش‌های بُروز آفات نوپدید است (علیزاده علی‌آبادی، ۱۳۹۹). این نحوه ورود می‌تواند به سه روش جنگ بیولوژیک، تروریسم بیولوژیک و جنایت بیولوژیک صورت گیرد. اتفاق نادری است که در صورت وقوع، به عنوان جنایت جنگی قابل پیگیری است.

بیوتروریسم انجام شود که عبارت است از کاربرد غیرقانونی و معمولاً مخفیانه از مواد بیولوژیک به‌وسیله یک کشور، فرد یا گروه، علیه کشورها، افراد یا شخصیت‌های دیگر، برای ترساندن یا وادارکردن آنها به تسلیم، تغییر رفتار یا انجام کاری خاص. با توجه به ممنوعیت تولید و استفاده از مواد بیولوژیک از سوی کشورها، روآوردن آنها به بیوتروریسم به جای جنگ بیولوژیک، امری قابل پیش‌بینی است.

جنایت بیولوژیک نیز به فعالیت‌ها و کارهای خلافی گفته می‌شود که مجرمان برای انجام آن از عوامل بیولوژیک یا محموله‌های رقبا به عوامل بیولوژیک، کسب درآمدهای کثیف که با فروش دارو، واکسن، آفت‌کش، بذر مقاوم به بیماری خاصی که عامل آن مخفیانه و عامدانه پخش شده است، انتقام‌گیری‌های قبیله‌ای و غیره، مصادیقی از جنایت بیولوژیک است (علیزاده علی‌آبادی، a۱۳۸۷).

تکامل گونه‌های جدید با انتقال بین‌گونه‌ای ژن‌ها

ورود یک بیمارگر به منطقه‌ای جدید ممکن است دریچه‌ای را برای فرصت‌های تکاملی بیمارگر باز کند. ممکن است بیمارگر جدید همواره در محیط جدید دستخوش تأثیرات گوناگون عوامل زنده و غیرزنده محیط اطراف خود، ازجمله جمعیت میزبانی جدید، ناقلین جدید، رقبای جدید و یک اقلیم متفاوت شود (Feurtey *et al.*, 2019). این تأثیرات ممکن است منجر به تکامل سریع و پایدار بیمارگر، برای سازگاری بهتر با محیط جدید شود (Brasier, 2001).

گاهی تماس تصادفی دو عامل زنده، که ازلحاظ زیستی، تاکسونومیکی و ژنتیکی بسیار با هم مرتبط هستند، ولی ازلحاظ جغرافیایی متفاوتند، باعث بروز پدیده انتخاب تدریجی (Episodic selection) و ایجاد یک عامل زنده دیگر می‌شود، که بیشترین شباهت با آن دو را دارد. این فرایند فرصتی را برای ایجاد یک بیمارگر تغییریافته ژنتیکی یا بیمارگر جدید فراهم می‌کند (Brasier, 1995؛ Feurtey *et al.*, 2019).

یکی از بارزترین مثال‌های آکادمیک برای این پدیده، روند تکامل سریع عامل بیماری هلندی مرگ نارون، در خارج از محیط اندمیک است. بیماری هلندی مرگ نارون، که با پژمردگی آوندی باعث مرگ درختان نارون می‌شود، به‌عنوان مهم‌ترین بیماری درختان نارون، عاملی قارچی از گروه آسکومیست‌ها (Ascomycetes) و جنس افیوستوما (*Ophiostoma*) دارد که در داخل سیستم آوندی میزبان منتشر می‌شود. این قارچ به‌وسیله یک سوسک چوب‌خوار از جنس اسکولیتوس (*Scolytus*) از درختان آلوده به درختان سالم منتقل می‌شود. این بیماری به‌خاطر دو همه‌گیری بسیار مخرب که توسط دو گونه مختلف آن یعنی Ophiostoma ulmi (OU) و *O. novo-ulmi* (ONU) در نیمکره شمالی کره زمین اتفاق افتاد و خسارت فراوانی را وارد کرد، در اروپا و آمریکای شمالی شناخته شده است. همه‌گیری اول، حوالی سال‌های ۱۹۱۰ توسط گونه OU از شمال غرب اروپا شروع و به‌سرعت به سمت شرق اروپا و جنوب غربی آسیا گسترش یافت. سپس در سال ۱۹۲۷ به انگلستان و آمریکای شمالی و در دهه ۱۹۳۰ با واردات چوب تنه نارون‌های آلوده به آسیای مرکزی وارد شد (Brasier, 1990). این همه‌گیری، در دهه ۱۹۴۰، پس از تحمیل خسارتی برابر با نابودی ۱۰ تا ۴۰ درصد از نارون‌های کشورهای اروپایی رو به اُفول رفت (Peace, 1960).

دومین همه‌گیری در دهه ۱۹۷۰ با شیوع گونه ONU (که پیش‌ازاین ناشناخته بود)، در انگلستان و کشورهای همسایه‌اش اتفاق افتاد. این همه‌گیری از دهه ۱۹۴۰ در دو محل کاملاً متفاوت در شرق اروپا (اوکراین و مولداوی) با شیوع نژاد Eurasian (EAN) (Eur-asian (EAN) race) و در آمریکای شمالی با بروز نژاد North American (NAN) (North American (NAN) race) شروع شد و تا دهه ۱۹۷۰ در اروپا پخش شد، نژاد NAN سواحل شرقی و غربی آمریکا را اشغال کرد. سپس NAN از آمریکا به کشورهای اروپایی منتقل شد. هر دوی EAN و NAN در اروپا پراکنده‌اند و در برخی از محل‌ها نیز با یکدیگر هم‌پوشانی دارند. نتیجه این همه‌گیری مرگ بیش از ۳۰ میلیون اصله درخت نارون، تنها در انگلستان، و بیش از صدها اصله درخت در آمریکای شمالی بود (Brasier, 1990).

نکته قابل‌توجه این است که با ورود گونه ONU به آمریکا، این گونه، به‌مرور گونه OU را کنار زد و خود جایگزین آن شد. در خلال این جایگزینی، دو قارچ در جوار هم در داخل تنه درختان و زیر پوست در شیارها و گالری‌های حشره ناقل به رشد خود ادامه داده و با یکدیگر در تماس بوده‌اند. تحقیقات اخیر نشان داده است، این هم‌جواری جزو موارد نادری از هیبریداسیون و تبادل ژنتیکی بین آنهاست که از طریق ایجاد پل ژنتیکی (Genetic bridge) و جریان یک‌طرفه ژنی (Unilateral gene flow) از یک گونه به گونه دیگر اتفاق افتاده است (Steensels *et al.*, 2021).

فرم‌های NAN و ENA در اروپا در کنار هم مشاهده می‌شوند و با هم در برخی از نقاط هم‌پوشانی دارند. طبیعت، امکان هیبریداسیون

آزاد و راحت بین این دو فرم را برای ایجاد فرم‌ها و نژادهای جدید با ویژگی‌های ژنتیکی و بیماری‌زایی متفاوت، فراهم کرده است. موقعیت این دو نژاد از گونه ONU در کنار هم، فرصت مناسبی را برای مطالعات مربوط به جریان ژنی بین دو گونه و ایجاد گونه یا نژادی متفاوت و جدید در اروپا به وجود آورده است.

به‌تازگی، مطالعات وسیعی درمورد هیبریداسیون بین گونه‌ها و چند مثال دیگر از هیبریدهای بیمارگرهای مختلف گزارش شده است که ایده تکامل بین‌گونه‌ای را در بین بیمارگرها از طریق انتقال ژن از یک گونه به گونه دیگر توضیح داده و تقویت کرده است (Stukenbrock, 2016؛ Stauber *et al*., 2021؛ Steensels *et al*., 2021; Brasier *et al*., 2021؛ Moran *et al*., 2021).

علاوه‌بر تغییراتی که در میزان شدت بیماری‌زایی هیبریدهای تولیدی مشاهده شده، گزارش‌هایی از ایجاد هیبریدهایی با دامنه میزبانی جدید نیز ارائه شده است. به‌عنوان‌مثال، هیبریدهای جدید فایتوفتورای توسکا در اروپا به یک گونه از توسکا، که پیش‌ازاین مورد حمله والدین این هیبرید واقع نمی‌شد، حمله می‌کنند. این مثال، نشان‌دهنده تکامل بالقوهٔ یک بیمارگر نو با دامنه میزبانی جدید است. این خطر که بیمارگرهای با میزبان‌های اختصاصی جدید ممکن است به‌صورت «ابربیمارگر» (Superpathogens) بروز و ظهور کنند، مورد بحث قرار گرفته است (Brasier, 1995).

نقش تغییر اقلیم در بروز آفات نوپدید

به هر تغییر مشخص در الگوهای (Patterns) موردانتظار برای میانگین وضعیت آب‌وهوایی (Average weather) که در طولانی‌مدت در یک منطقه خاص یا برای کل اقلیم جهانی رخ دهد، تغییر اقلیم گفته می‌شود. موضوع تغییر اقلیم بیش از سه دهه است که جدی‌تر از پیش، به‌عنوان یک بحران جهانی مطرح شده است. تغییر اقلیم، موجب تغییراتی در میزان، شدت، پراکندگی جغرافیایی و پراکندگی زمانی بارش‌ها، سرعت باد، تابش خورشید و دمای هوا می‌شود. این تغییرات می‌توانند بر منابع آب، کشاورزی و امنیت غذایی، افزایش سطح آب دریاها و اقیانوس‌ها، تهدید تنوع زیستی زیست‌بوم‌ها و سلامت بشر، شدت حوادث طبیعی و بلایا اثرات معمولاً منفی بگذارد.

بدیهی است این تغییرات که در دما، رطوبت و پدیده‌های طبیعی اقلیم رخ می‌دهد، می‌توانند روی موجودات زنده ازجمله گیاهان و آفات گیاهی نیز تأثیراتی داشته باشند (Skendzi *et al*., 2021). حرکت گونه‌های گیاهی و به‌خصوص آفات گیاهی به سمت قطب و بلندی‌ها، از مهم‌ترین پدیده‌هایی است که با تغییر اقلیم به وقوع پیوسته است و در آینده نیز بیشتر واقع خواهد شد. براساس نظر Coakley و همکارانش (۱۹۹۹) آفات، سمت‌وسوی حرکت و گسترش جغرافیایی خود را با میزبانان گیاهی خود، تنظیم و آنها را دنبال می‌کنند. اما میزان استقرار آنان در محیط‌های جدید به مکانیسم گسترش، آب‌وهوای مناسب برای توسعه، میزان توانایی بقا در فصول مختلف و نوع و میزان تغییرات اکولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه میزبان بستگی دارد. تحقیقات نشان می‌دهند، از سال ۱۹۶۰، با افزایش دما، آفات و بیماری‌های محصولات کشاورزی، به‌طور متوسط سه کیلومتر در سال در جهت قطب شمال و جنوب زمین حرکت می‌کنند (Bebber *et al*., 2013).

افزایش گازکربنیک روی فرایندهای فیزیولوژیکی، رشد و متابولیسم گیاهان اثر دارد. افزایش قابل‌توجه میزان فتوسنتز و کاهش میزان تنفس در واحد سطح برگ، افزایش کارایی جذب آب و نیتروژن توسط گیاه، افزایش تولید بیوماس، افزایش تراکم و اندازه ریشه و اندام‌های هوایی گیاه، افزایش مواد کربوهیدراتی در گیاهان، ازجمله اثرات افزایش گازکربنیک در گیاهان هستند.

افزایش تولید بیوماس مانند شاخه، برگ، گل و میوه بافت‌های بیشتری را برای آلوده‌سازی در اختیار آفات قرار می‌دهد.

افزایش بقایای گیاهی باعث بقای بهتر قارچ‌های نکروتروف می‌شود.

افزایش گازکربنیک روی برهم‌کُنش بیمارگر و میزبان مانند تغییر در القای پاسخ‌های دفاعی گیاه، کاهش تعداد روزنه‌های باز در سطح گیاه و کاهش ورود لوله تندش به داخل بافت گیاه، تأثیر روی سیکل زندگی قارچ‌ها، تأثیر روی (یا تأخیر در) جوانه‌زنی اسپورها، رشد لوله تندش و تولید اَپرسوریُم، که درمجموع باعث کاهش بیماری‌زایی می‌شود، افزایش شدت بیماری‌زایی روی ارقام مقاوم یا متحمل و افزایش میزان آلودگی ریشه به بیمارگرهای خاک‌زی، نیز اثرگذار است.

گرم‌شدن کره زمین نیز اثرات متفاوتی روی حشرات و سایر آفات می‌گذارد، ازجمله:

افزایش حرکت به سمت قطب و ارتفاعات بالاتر، افزایش رشدونمو، تعداد نسل در سال و میزان تخم‌گذاری حشرات، وقوع و بُروز آفات نوپدید، ورود و استقرار آفات جدید در مناطق عاری از آفت، حذف، خروج یا انقراض یک آفت در منطقه اصلی و بومی‌اش، به‌هم‌ریختگی و غیرقابل اعتماد شدن آستانه‌های زیان اقتصادی، افزایش خسارت آفات، کاهش تنوع حشرات در زیست‌بوم‌ها و کاهش پارازیتیسم.

پس به‌طورکلی، ازآنجایی‌که تغییر اقلیم می‌تواند آفات یا بیمارگرهای جدیدی را به منطقه جدید و عاری از آلودگی وارد کند و شدت بیماری‌زایی و میزان خسارت و فراوانی وقوع یک آفت یا بیمارگر را در گُنج اکولوژیکی خود افزایش دهد، می‌تواند یکی از عوامل مهم بروز آفات یا بیمارگرهای نوپدید باشد (Skendzi *et al*., 2021).

نقش تغییر رژیم کشت در بروز آفات نوپدید

برقراری رژیم‌های کشت متراکم (Intensification) یا وسیع (Ex-tensification)، تک‌کشتی (Monoculturing) یا چندکشتی (Di-versification)، نحوه آبیاری، کشت‌های کنترل‌شده گلخانه‌ای یا زیر پلاستیک، روش‌های خاک‌ورزی، کشت بدون خاک و هر گونه تغییری در نحوه استفاده از زمین‌های زراعی و مدیریت مزارع و باغ‌ها و سایر زیست‌بوم‌ها می‌تواند در کاهش یا افزایش آفات، عوامل بیماری‌زا و علف‌های هرز و نیز ورود یا جابه‌جایی آنها نقش داشته باشد. در منابع از سه واژه کشت متراکم، چندکشتی (Diversification) و

جهانی‌سازی (Globalization) به‌عنوان سه موضوع مؤثر در تغییر فعالیت‌های کشاورزی و به‌دنبال آن بروز آفات نوپدید، نام برده می‌شود. کشت متراکم به‌تنهایی یا به همراه آبیاری باعث گسترش و انتشار آفات، علف‌های هرز، بیمارگرها و ناقلین آنها می‌شود. چندکشتی، به‌خصوص زمانی که برای اولین بار محصول جدیدی وارد کشت‌وکار کشاورزان یک منطقه مشخص می‌شود، باعث ورود آفات و بیمارگرهای نو نیز به آن منطقه می‌شود. جهانی‌سازی که ورود و خروج مواد و محصولات گیاهی را از کشوری به کشور دیگر تسهیل می‌کند نیز، می‌تواند به ورود آفات و بیمارگرهای خارجی منجر شود (Anderson *et al*., 2004).

جمع‌بندی

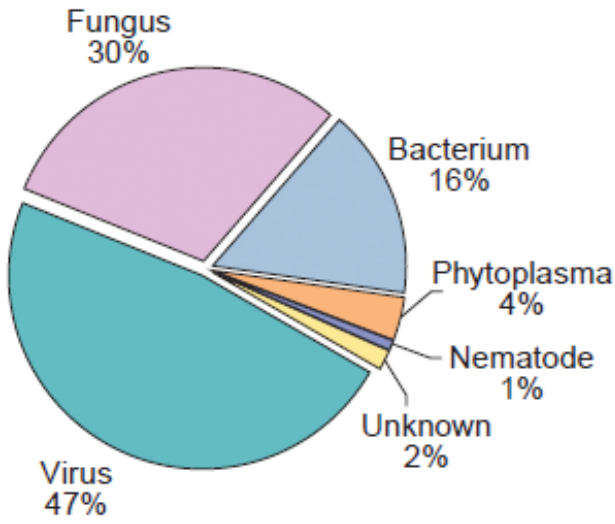
پس به‌طورکلی، عواملی ازجمله:

۱) ورود یک آفت به یک منطقه جدید، ممکن است به یکی از سه روش طبیعی، تصادفی یا سهوی، یا تعمّدی انجام می‌شود،

۲) تکامل گونه‌های جدید با انتقال بین‌گونه‌ای ژن‌ها،

۳) تغییر اقلیم که بیشتر به‌خاطر افزایش گازهای گلخانه‌ای و گرم‌شدن کره زمین اتفاق می‌افتد

و ۴) تغییر رژیم کشت، مانند رژیم‌های کشت متراکم، تک‌کشتی، نحوه آبیاری، کشت‌های کنترل‌شده، روش‌های خاک‌ورزی و موارد از این قبیل، از عمده‌ترین عوامل مؤثر در بروز آفات نوپدید هستند. سهم هر یک از این عوامل در بروز آفات نوپدید متفاوت است. براساس نتایج یک تجزیه‌وتحلیل، ویروس‌ها، قارچ‌ها و باکتری‌ها اصلی‌ترین بیمارگرهایی هستند که به‌عنوان بیمارگرهای نوپدید گیاهان گزارش شده‌اند. ویروس‌ها حدود ۴۷درصد بیمارگرهای نوپدید گیاهان را به خود اختصاص داده‌اند. درصورتی‌که سهم قارچ‌ها از بیمارگرهای نوپدید گیاهان ۳۰درصد و سهم باکتری‌های بیمارگر گیاهی نوپدید حدود ۱۶درصد است. سهم فایتوپلاسماها، نماتدها و عوامل ناشناخته، درصدهای ناچیزی را به خود اختصاص می‌دهد (شکل ۱۵) (Anderson *et al*., 2004).



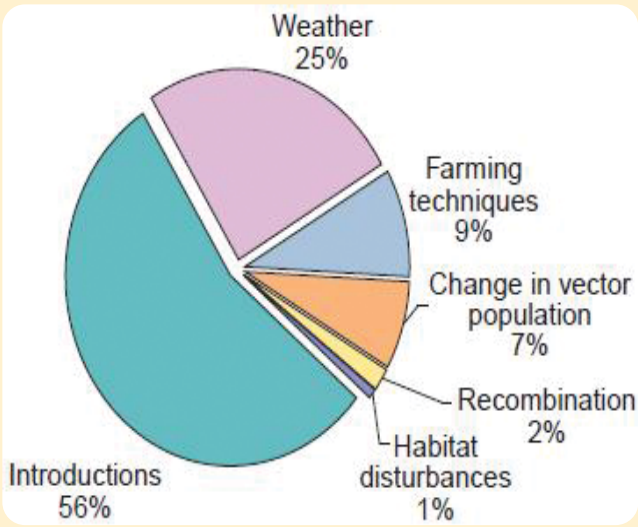
شکل ۱۵– درصد هریک از بیمارگرهای نوپدید گیاهان (Anderson *et al*., 2004)

مشخص شده است که پدیده «ورود» (Introduction) عوامل بیمارگر به مناطق جدید از مهم‌ترین عوامل بروز بیمارگرهای نوپدید است (۵۶درصد). آب‌وهوا به‌عنوان دومین فاکتور (۲۵درصد) مهم قلمداد شده است. سهم سایر فاکتورها در بروز بیمارگرهای نوپدید در شکل ۱۶ آمده است (Anderson *et al*., 2004).

درمجموع، با نگاهی کلی و گذرا به وضعیت آفات نوپدید در کشور، شاید یکی از مهم‌ترین عوامل بروز این آفات در گذشته، ورود آنها به کشور، آن هم بیشتر به‌صورت تصادفی به‌همراه بذر، نهال، قلمه و سایر اندام‌های تکثیری، محموله‌های وارداتی اعم از کشاورزی و صنعتی و ... بوده است. بدیهی است هر چه واردات محصولات کشاورزی و محموله‌های صنعتی (پالت‌های چوبی) قانونمندتر باشد و ضوابط و مقررات بهداشت نباتی و قرنطینه گیاهی هرچه بیشتر رعایت شود، ورود و بروز این آفات از این طریق به حداقل خواهد رسید. البته توانمندسازی، تقویت قانونی و تجهیز هر چه بیشتر علمی و امکاناتی پُست‌های قرنطینه‌ای از ضروریاتی است که نیل به این اهداف را تسهیل می‌کند.

تغییر اقلیم و به‌خصوص گرمایش زمین علاوه‌بر طغیان آفات نوپدید در زراعت‌ها و باغ‌ها، زیست‌بوم‌های طبیعی را نیز دستخوش تغییرات جدی کرده و در معرض آلودگی به این آفات قرار داده است. بیماری زوال و زغالی درختان بلوط غرب کشور در اثر قارچ *Biscogniauxia mediterranea* (De Not.) Kuntze)، همچنین سوختگی و خشکیدگی شمشادهای بومی جنگل‌های شمال کشور به‌خاطر گسترش قارچ *Cylindrocladium boxicola* (فرم غیرجنسی قارچ) و *Calonectria pseudonaviculata* (فرم جنسی قارچ) دو مثال تراژیک از این دست است.

تغییر رژیم کشت از عوامل بعدی وقوع آفات نوپدید در کشور



شکل ۱۶– سهم هر یک از عوامل مهم در بروز بیمارگرهای نوپدید (Anderson *et al*., 2004)

است. بروز آفات و بیماری‌های خسارت‌زا در کشت‌های گلخانه‌ای، مانند سفیدبالک‌ها، پروانه مینوز گوجه‌فرنگی و برخی از قارچ‌های بیمارگر در کشت‌های گوجه‌فرنگی، خیار و گل‌های زینتی در گلخانه‌ها و کشت‌های متراکم ازجمله مثال‌هایی در این زمینه است.

توسعه کشت‌های بی‌سابقه یا کم‌سابقه در مناطق مختلف مانند توسعه زیتون‌کاری یا گسترش کشت کلزا در کشور، مانند سوسک گرده‌خوار کلزا در مازندران (علوی، ۱۳۸۳؛ براری و همکاران، ۱۳۹۰) یا سوسک چوب‌خوار زیتون در فارس موجب شیوع آفات نوپدید شده‌اند.

مثال‌های بالا یادآور این واقعیت است که هر گونه سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی کلان درمورد توسعه کشت‌وکار و کشاورزی، بدون درنظرگرفتن ملاحظات گیاه‌پزشکی و پیش‌بینی مخاطرات و آمادگی مواجهه و مقابله با آنها در دستگاه‌های ذی‌ربط، ممکن است در عمل مشکلات عدیده‌ای ایجاد کند که رفع آنها به‌سادگی میسر نباشد و مستلزم صرف هزینه‌های کلان و چندین برابری باشد.

منابع

آوندفقیه، آ.، ۱۳۷۴. بیولوژی سوسک سرخرطومی حنایی خرما (*Rhyncophorus ferrugineus* Oliv.) در سراوان (استان سیستان و بلوچستان). آفات و بیماری‌های گیاهی، ۶۳(۲-۱): ۸۶۰۶۱. https://www.sid.ir/paper/435407/fa#downloadbottom

براری، ح.، کیهانیان، ع.ا.، مافی پاشاکلایی، ش. و ولی‌الله‌پور، ر.، ۱۳۹۰. ارزیابی خسارت سوسک گرده‌خوار ریز (*Meligethes aeneus* (Col.: Nitidulidae) بر روی کلزا در استان مازندران. دومین همایش ملی مدیریت کنترل آفات، کرمان.

بهداد، ا.، ۱۳۷۵. دایره‌المعارف گیاهپزشکی ایران. ۳: ۳۷-۲۰.

توکلی، م.، حسینی چگنی، ا.ا. و خاقانی نیا، ص.، ۱۳۹۷. اولین گزارش طغیان شب پره ابریشم باف ناجور (Lymantria dispar (Lepidoptera: Lymantriidae از جنگل‌های زاگرس شمالی و شناسایی آن با استفاده از ژن COI در ایران. نشریه تحقیقات حمایت و حفاظت جنگلها و مراتع، ۱۶ (۲): ۲۱۸-۲۰۷. IJFRPR.2019.118692/10,22092

سبزواری، ع. و جعفری، م.، ۱۳۷۰. مگس میوه مدیترانه‌ای: بررسی‌های بیواکولوژیک و چگونگی ریشه‌کن شدن آن در مازندران. مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی، ۳۹ صفحه.

علوی، ج.، ۱۳۸۳. گزارش سوسک گرده‌خوار ریز Nitidulidae.: Col Meligethes *Fabricius aeneus* آفت مزارع کلزای استان گلستان. خلاصه مقالات شانزدهمین کنگره گیاهپزشکی ایران، دانشگاه تبریز، صفحهٔ ۱۱۱.

علیزاده علی‌آبادی، ع. و رحیمیان، ح.، ۱۳۶۹. شانکر باکتریایی در استان کرمان. مجله بیماری‌های گیاهی. ۲۶ (۴-۱): ۱۱۸. https://www.sid.ir/pa-per/423008/fa

علیزاده علی‌آبادی، ع. و قاسمی، ا.، ۱۳۹۷. طرح ردیابی باکتری عامل گرینینگ در بدن پسیل آسیایی مرکبات *Diaphorina citri* Kuwayama در منطقه ارزوئیه، جیرفت و کهنوج. مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. شماره فروست ۵۳۳۳۶، ۲۶ صفحه.

علیزاده علی‌آبادی، ع.، ۱۳۸۴. جنگل، الهام‌بخش الگوهای سیستمیک و جامع در مدیریت آفات و توسعه پایدار. همایش ملی آینده جنگل‌های ایران. کرج. ۴-۲ اسفند ماه ۱۳۸۴، صفحات ۹۹-۱۱۴.

علیزاده علی‌آبادی، ع.، ۱۳۹۳. آفات نوپدید تهدیدی رو به گسترش برای اکوسیستم‌های طبیعی و کشاورزی. مجله ترویج کشاورزی، ۸(۱۱): ۱-۱۵.

علیزاده علی‌آبادی، ع.، ۱۳۹۵. طرح مدیریت جامع بیماری میوه سبز مرکبات (Citrus Greening). مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. شماره فروست ۵۱۳۰۱، ۱۸۰ صفحه.

علیزاده علی‌آبادی، ع.، ۱۳۹۹. بیوتروریسم در حوزه محصولات گیاهی. انتشارات اسرار علم. شماره فروست ۵۶۴۴۹ از مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی. ۲۵ صفحه.

علیزاده علی‌آبادی، ع.، a۱۳۸۷. تهدیدات زیستی علیه گیاهان، اهداف- ابزار- قابلیت‌ها. کنفرانس تهدیدات و امنیت زیستی در کشاورزی ایران. آذرماه ۱۳۸۷، ۱۳ صفحه.

علیزاده علی‌آبادی، ع.، a۱۳۸۸. بیماری میوه‌سبز مرکبات (گرینینگ) تهدیدی جدی برای مرکبات کشور. مجله علمی تخصصی زیتون، ۲۰۵: ۱۴-۸.

علیزاده علی‌آبادی، ع.، a۱۳۸۹. بررسی وضعیت واردات چوب و راه‌حل‌های تسهیل آن در ایران. مجله حمایت و حفاظت جنگل‌ها و مراتع ایران. ۷(۱) : ۱۵ -۲۵. https://ijfrpr.areeo.ac.ir/article_106236.html

علیزاده علی‌آبادی، ع.، a۱۳۹۶. امحای درختان آلوده به بیماری میوه‌سبز مرکبات (گرینینگ). مؤسسهٔ تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. انتشارات نشر آموزش کشاورزی، ۲۰ صفحه.

علیزاده علی‌آبادی، ع.، b۱۳۸۲. کتاب: بیماری میوه‌سبز مرکبات ناشی از *Candidatus Liberibacter* spp. انتشارات نشر آموزش کشاورزی، ۲۳۲ صفحه.

علیزاده علی‌آبادی، ع.، b۱۳۸۷. نقش گیاه‌پزشکان در تقویت پدافند غیرعامل در حوزهٔ کشاورزی. کنفرانس تهدیدات و امنیت زیستی در کشاورزی ایران. آذر ماه ۱۳۸۷، ۸ صفحه.

علیزاده علی‌آبادی، ع.، b۱۳۸۸. نقش فرهنگ جهادی در تقویت پدافند غیرعامل. مجموعه مقالات برگزیده دومین همایش ملی فرهنگ و مدیریت جهادی. وزارت جهاد کشاورزی، خرداد ۱۳۸۸. صفحه ۱۵۷-۱۴۵.

علیزاده علی‌آبادی، ع.، b۱۳۹۰. قرنطینهٔ نباتی، مهم‌ترین اصل پدافند غیرعامل در مقابل اگروبیوتروریسم. دومین کنفرانس ملی پدافند غیرعامل وزارت جهاد کشاورزی ۲۸ الی ۲۹ تیرماه ۱۳۹۰، تهران، هتل المپیک. صفحات ۳۷۶-۳۶۶.

علیزاده علی‌آبادی، ع.، b۱۳۹۶. تولید نهال سالم و عاری از عامل و ناقل بیماری میوه‌سبز مرکبات (گرینینگ). مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. انتشارات نشر آموزش کشاورزی، ۲۰ صفحه.

علیزاده علی‌آبادی، ع.، c۱۳۹۰. نقش کنترل بیولوژیک در کاهش تهدیدات زیستی. همایش و جشنواره ملی توسعه کنترل بیولوژیک در ایران. ۶-۵ مرداد ماه ۱۳۹۰، تهران. صفحات ۱۲۲-۱۱۳.

علیزاده علی‌آبادی، ع.، c۱۳۹۶. ردیابی عامل بیماری میوه‌سبز مرکبات (گرینینگ) در باغ‌ها و نهالستان‌های مرکبات کشور. مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. انتشارات نشر آموزش کشاورزی، ۳۲ صفحه.

علیزاده علی‌آبادی، ع.، d۱۳۹۶. کتاب: جایگاه و کاربردهای پدافند غیرعامل در بخش کشاورزی ایران. انتشارات سون. ۵۶۰ صفحه.

علیزاده علی‌آبادی، ع.، e۱۳۹۶. نحوه جمع‌آوری نمونه‌های گیاهی آلوده به بیماری گرینینگ و تشخیص آزمایشگاهی آن‌ها. مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. انتشارات نشر آموزش کشاورزی، ۲۴ صفحه.

علیزاده علی‌آبادی، ع.، فروتن، آ. و گل‌محمدی، م.، ۱۳۸۹. وقوع بیماری گرینینگ

مرکبات ناشی از *Candidatus* Liberibacter asiaticus در استان سیستان‌وبلوچستان. نوزدهمین کنگره گیاه‌پزشکی ایران. ۹-۱۲ مرداد. مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، تهران. ایران. صفحه ۵۲۵.

علیزاده علی‌آبادی، ع.، قاسمی، ا.، صالحی م.، فقیهی، م. و فروتن، آ.، ۱۳۹۷ شناسایی و تعیین پراکندگی عامل بیماری میوه‌سبز مرکبات در ایران. مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. شماره فروست ۴۴۲۳۷، ۳۸ صفحه.

علیزاده علی‌آبادی، ع.،a ۱۳۸۲. حمله‌های بیولوژیک علیه محصولات کشاورزی، چالشی نو فراروی حفظ نباتات. انتشارات نشر آموزش کشاورزی، ۱۰۵ صفحه.

علیزاده علی‌آبادی، ع.،a ۱۳۹۰. زیست‌فناوری و تروریسم. دومین کنفرانس ملی پدافند غیرعامل وزارت جهاد کشاورزی ۲۸ الی ۲۹ تیرماه ۱۳۹۰، تهران، هتل المپیک. صفحات ۳۳۸-۳۲۸.

علیزاده علی‌آبادی، ع.،b ۱۳۸۹. کتاب: کلکسیون‌های کشت پروکاریوت‌های مرتبط با گیاهان: گنجینه‌های ارزشمند علم و فناوری. انتشارات مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، ۷۴ صفحه.

میرابوالفتحی، م.، ۱۳۹۲. شیوع بیماری ذغالی درختان بلوط و آزاد در جنگل‌های زاگرس و البرز. نشریه بیماری‌های گیاهی، ۴۹ (۲): ۲۶۳-۲۵۷.

Abubaker, M., Elhassan, S. and Irabi, A., 2017. First Report of Citrus tristeza virus (CTV) Disease in Commercial Citrus Orchards in Sudan. Asian Research Journal of Agriculture, 3: 1-11. DOI:10.9734/ARJA/2017/31045

Anderson, P.K., Cunningham, A.A., Patel, N.G., Morales, F.J., Epstein, P.R. and Daszak, P., 2004. Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agrotechnology drivers. Trends in Ecology and Evolution, 19(10): 535-544. https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.07.021

Azza, M., 2009. Use of Molecular and Biochemical Methods to Determine Citrus Tristeza Virus (CTV) Viral Components and Resistance in Candidate Rootstocks to Replace Sour Orange. University of Florida, 183 pp.

Bar-Joseph, M. 1979. The closteroviruses: a distinct group of elongated plant viruses. Advances in Virus Research, 25: 93-168. https://doi.org/10.1016/S0065-3527(08)60569-2

Bassanezi, R.B. and Gottwald, T.R., 2009. Epidemiology of HLB and potential pathways for introduction. Proceeding of International Workshop on Huanglongbing Asian Citrus Psyllid, Mexico.

Bebber, D., Ramotowski, M. and Gurr, S., 2013. Crop pests and pathogens move polewards in a warming world. Nature Climate Change, 3:985-988. DOI:10.1038/nclimate1990

Bourke, A., 1993. 'The visitation of god?' The potato and the great Irish famine. Dublin, Irish Republic: Lilliput Press Ltd., 230 pp.

Brasier, C., Franceschini, S., Forster, J. and Kirk, S., 2021. Enhanced Outcrossing, Directional Selection and Transgressive Segregation Drive Evolution of Novel Phenotypes in Hybrid Swarms of the Dutch Elm Disease Pathogen Ophiostoma novo-ulmi. Journal of Fungi (Basel), 7(6):452. https://doi.org/10.3390/jof7060452

Brasier, C.M., 1990. China and the origins of Dutch elm disease: An appraisal. Plant Pathology, 39: 5-16. DOI:10.1111/j.1365-3059.1990.tb02470.x

Brasier, C.M., 1995. Episodic selection as a force in fungal microevolution with special reference to clonal speciation and hybrid introgression. Canadian Journal of Botany, 73: 1213-1221. DOI:10.1139/b95-381

Brasier, C.M., 2001. Rapid Evolution of Introduced Plant Pathogens via Interspecific Hybridization: Hybridization is leading to rapid evolution of Dutch elm disease and other fungal plant pathogens, BioScience, 51 (2): 123-133. https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0123:-REOIPP]2.0.CO;2

Brooks, D.R, Hoberg, E.P, Boeger, W.A and Trivellone, V., 2021. Emerging infectious disease: An underappreciated area of strategic concern for food security. Transboundary and Emerging Diseases, 69(1):1- 14. DOI:10.1111/tbed.14009

Cabi, 2018. "Ophiostoma ulmi Dutch elm disease". www.cabi.org Retrieved 2018-12-12.

Carvajal-Yepes, M., Cardwell, K., Nelson, A., Garrett, K.A., Giovani, B., Saunders, D.G.O., Kamoun, S., Legg, J.P., Verdier, V., Lesse, J., Neher, R.A., Day, R., Pardey, P., Gullino, M.L., Records, A.R., Bextine, B., Leach, J.E., Staiger, S. and Tohme, J., 2019. A global surveillance system for crop diseases. Science. 364 (6447): 1237-1239. DOI: 10.1126/science.aaw1572

Coakley, S.M., Scherm, H. and Chakraborty, S., 1999. Climate change and plant disease management. Annual Review of Phytopathology, 37: 399-426. https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.37.1.399

D'Arcy, C.J., 2000. Dutch elm disease. The Plant Health Instructor. https://www.apsnet.org/. DOI: 10.1094/PHI-I-2000-0721-02.

Damsteegt, V., 1999. New and Emerging Plant Viruses. APSnet Features. Online. http://www.ars.usda.gov/Main/site_main.htm?modecode=19-20-00-00. Daszak, P. C., Leroy, B., Vaissière, A.C., Gozlan, R.E. and Roiz, D. 2000. Emerging infectious diseases of wildlife threats to biodiversity and human health. Science, 287: 443-449. DOI: 10.1126/science.287.5452.443

El-Shafie, H.A.F., and Faleiro, J.R., 2020. Red Palm Weevil Rhynchophorus ferrugineus (Coleoptera: Curculionidae): Global Invasion, Current Management Options, Challenges and Future Prospects. In (Ed.), Invasive Species - Introduction Pathways, Economic Impact, and Possible Management Options. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.93391

Feurtey, A., Stevens, D.M., Wolfgang, M., and Stukenbrock, E.H., 2019. Interspecific Gene Exchange Introduces High Genetic Variability in Crop Pathogen, Genome Biology and Evolution, 11(11): 3095-3105. https://doi.org/10.1093/gbe/evz224

Gottwald, T.R., Graham, J.H. and Schubert, T.S., 2002. Citrus canker: the pathogen and its impact. Plant Health Prog. Doi: 10.1094/PHP-2002-0812-01-RV.

Khazaeli, P., Rezaee, S., Mirabolfathy, M., Zamanizadeh H. and Kiadaliri, H., 2018. Genetic and Phenotypic Variation of Calonectria pseudonaviculata Isolates Causing Boxwood Blight Disease in the Hyrcanian Forest of Iran. Agricultural Research & Technology, Open Access Journal. 19 (1): 2471-6774. DOI:10.19080/ARTOAJ.2018.19.556081

Lederberg, J.,1992. Emerging Infections: Microbial Threats to Health in the United States, Institute of Medicine National Academy Press.

Malheiro, R., 2015. Olive fruit fly (Bactrocera oleae Rossi) - olive tree interactions: study of physical and chemical aspects. Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto, 212 pp.

Meng, P.S., Hoover, K. and Keena, M.A., 2015. Asian Longhorned Beetle (Coleoptera: Cerambycidae), an

Colorado potato beetle Leptinotarsa decemlineata say (Coleoptera: Chrysomelidae). Archives of Insect Biochemistry and Physiology [National Meeting of the Entomological Society of America: Symposium - Biorational Insecticides - mechanism and application, Fort Lauderdale, Florida, USA, November 2002.], 54(4):212-225.

Skendžic, S., Zovko, M., Živkovic, I.P., Lešic, V. and Lemic, D., 2021. The Impact of Climate Change on Agricultural Insect Pests. Insects, 12 (5): 440. doi:10.3390/insects12050440

Stauber, L., Badet, T., Feurtey, A., Prospero, S., Croll, D. and Stauber, L., 2021. Emergence and diversification of a highly invasive chestnut pathogen lineage across southeastern Europe. Elife, 5:10-e56279. DOI:10.7554/eLife.56279

Steensels, J., Gallone, B., Verstrepen, K.J. and Steensels, J., 2021. Interspecific hybridization as a driver of fungal evolution and adaptation. National Review of Microbiololgy, 19(8): 485-500. DOI: 10.1038/s41579-021-00537-4

Stukenbrock, E.H., 2016. The Role of Hybridization in the Evolution and Emergence of New Fungal Plant Pathogens. Phytopathology, 106 (2):104-112. https://doi.org/10.1094/PHYTO-08-15-0184-RVW

Ullstrup, A.J., 1972. The Impacts of the Southern Corn Leaf Blight Epidemics of 1970-1971. Annual Review of Phytopathology, 10:37-50. https://doi.org/10.1146/annurev.py.10.090172.000345

Introduced Pest of Maple and Other Hardwood Trees in North America and Europe, Journal of Integrated Pest Management, 6(1): 4. https://doi.org/10.1093/jipm/pmv003

Mirabolfathy, M., Ahangaran, Y., Lombard, L., and Crous, PW., 2013. Leaf blight of Buxus sempervirens in northern forests of Iran caused by Calonectria pseudonaviculata. Plant Diseases, 97(8): 1121-1122. DOI:10.1094/PDIS-03-13-0237-PDN

Mirabolfathy, M., Groenewald, J.Z. and Crous, P.W., 2011. The Occurrence of Charcoal Disease Caused by Biscogniauxia mediterranea on Chestnut- Leaved Oak (Quercus castaneifolia) in the Golestan Forests of Iran. Plant Disease, 95(7): 876. DOI:10.1094/PDIS-03-11-0153

Moghaddam, M., 2013. An annotated checklist of the scale insects of Iran (Hemiptera, Sternorrhyncha, Coccoidea) with new records and distribution data. Zookeys, 334: 1-92. DOI:10.3897/zookeys.334.5818

Moran, B.M., Payne, C., Langdon, Q., Powell, D.L., Brandvain, Y., Schumer, M. and Moran, B.M., 2021. The genomic consequences of hybridization. Elife. 2021 Aug 4; 10:e69016. https://doi.org/10.7554/eLife.69016

Mostafavi, E., Ghasemian, A. and Abdinasir, A., 2021. Emerging and re-emerging infectious diseases in the WHO Eastern Mediterranean region, 2001-2018. International Journal of Health Policy Manag, 11(8): 1286-1300. doi:10.34172/ijhpm.2021.13

Nazari, K., Mafi, M., Yahyaoui, A., Singh, R.P. and Park, R.F., 2009. Detection of wheat stem rust (Puccinia graminis f. sp. tritici) race TTKSK (Ug99) in Iran. Plant Disease, 93 (3):317. https://doi.org/10.1094/PDIS-93-3-0317B

Padmanabhan, S.Y., 1973. The Great Bengal Famine. Annual Review of Phytopathology, 11(1): 11-24. https://doi.org/10.1146/annurev.py.11.090173.000303

Peace, T., 1960. The status and development of elm disease in Britain. Forestry Commission Bulletin, 33: 44p.

Rasekh, A., Michaud, J.P. and Varandi, H., 2011. Biology of the conifer needle scale, Nuculaspis abietis (Hemiptera: Diaspididae), in northern Iran and parasitism by Aspidiotiphagus citrinus (Hymenoptera: Aphelinidae). European Journal of Entomology. 108: 79-85. DOI:10.14411/eje.2011.010

Rezaee, S., Kia-Daliri, H., Sharifi, K., Ahangaran, Y. and Hajmansoor, S., 2013. Boxwood blight caused by Cylindrocladium buxicola in Tonekabon forest. Applied entomology and phytopathology, 80(2): 197-198. https://doi.org/10.22092/jaep.2013.100577

Ristaino, J.B., Anderson, P.K., Bebber, D.P., Brauman, K.A., Cunniffe, N.J., Fedoroff, N.V., Finegold, C., Garrett, K.A., Gilligan, C.A., Jones, C.M., Martin, M.D., MacDonald, G.K., Neenan, P., Records, A., Schmale, D.G., Tateosian, L. and Wei, Q., 2021. Chakraborty S, Tiedemann AV, Teng PS. Climate change: potential impact on plant diseases. Environ Po The persistent threat of emerging plant disease pandemics to global food security. Proceedings of the National Academy of Sciences, 118 (3): 317-326. DOI: 10.1016/s0269-7491(99)00210-9

Schumann, G.L. and D'Arcy, C.J., 2000. Late blight of potato and tomato. The Plant Health Instructor. American Phytopathological Society, DOI: 10.1094/PHI-I-2000-0724-01. Updated 2018.

Scott, I.M., Jensen, H., Scott, J.G., Isman, M.B., Arnason, J.T. and Philogène B.J.R., 2003. Botanical insecticides for controlling agricultural pests: piperamides and the