

## Emerging plant pests causes and their management strategies

Ali Alizadeh Aliabadi\* 

\*- Corresponding Author, Associate prof., Plant Pathology Research Department, Iranian Research Institute of Plant Protection (IRIPP), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. E-mail: [aalizadeh1340@yahoo.com](mailto:aalizadeh1340@yahoo.com)

Received: 15.02.2025

Revised: 24.02.2025

Accepted: 01.03.2025

### Abstract

**Background and Objective:** Understanding the causes of emerging plant pests is critically important for their prevention and control. Some of the factors contributing to the occurrence of emerging pests are as follows:

Natural introduction: Some pests and pathogens are transported to new areas by natural factors such as wind, water currents, birds, or other living organisms. Ecological and environmental changes can also facilitate the natural spread of these agents.

Accidental or unintentional introduction: With the increase in international trade, the unwanted transfer of pests and pathogens along with various goods, especially agricultural products, has become easier. Seeds, scions, seedlings, and other reproductive organs, as well as transport means such as trucks, ships, and airplanes, can act as vectors or carriers for these pests.

Intentional introduction: Some pests and pathogens are deliberately introduced into a country or region for sabotage purposes. Such introductions can occur as biowarfare, bioterrorism, or biocrime, posing a serious threat to food security and national economies.

Climate change: Climatic changes, including increases in temperature, alterations in rainfall patterns, and drought, create favorable conditions for the spread of certain pests. These changes allow the development of suitable habitats for some damaging species that were previously unable to establish in those areas.

Human activities and globalization: The expansion of global trade, transportation, and new agricultural practices also plays an important role in the spread of pests. Urbanization and the destruction of natural habitats are additional factors that can lead to an increase in pest populations.

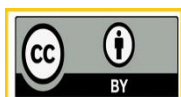
Resistance breakdown and hybridization: Reduction of plant resistance against pests and the emergence of new species through genetic recombination can lead to the appearance of new pests. Genetic changes in pests and pathogens may also increase their aggressiveness.

Genetic engineering: The creation of new plant varieties may facilitate the growth and reproduction of pests that were previously controlled. Genetic manipulations without assessing environmental impacts may increase plant vulnerability to certain pests.

Some important strategies for preventing and managing emerging pests are as follows:

Identification and documentation of existing pests: Establishing a comprehensive database of pests, pathogens, and weeds in the country is the first step in managing this challenge. Accurate and up-to-date information can greatly assist in preventing and controlling these pests.

Continuous monitoring and surveillance: Ongoing monitoring of farms, orchards, and natural



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.

areas through regular sampling and reporting of pest status is crucial for timely detection and control. Surveillance programs should employ modern technologies, including remote sensing and satellite data.

Border control and inspection of shipments: Strict enforcement of quarantine regulations for imported agricultural products and other goods that may act as pest vectors is essential. This requires continuous cooperation among regulatory authorities and the use of advanced inspection and monitoring technologies.

Rapid response and crisis management: When an emerging pest is detected, authorities should implement appropriate measures to eliminate and eradicate it. Rapid application of control and quarantine measures during the early stages of pest emergence can prevent their further spread.

Use of integrated management strategies: These include the use of resistant varieties, modification of agricultural practices, biological control, and, when necessary, controlled chemical interventions. Combining these approaches can result in more effective and sustainable pest management.

Increasing international cooperation: Sharing information among countries about emerging pests plays a crucial role in controlling and preventing their spread. Scientific collaboration and the application of modern technologies such as artificial intelligence and machine learning can be effective in identifying pest outbreak patterns and providing suitable management solutions.

**Conclusion:** The current status of emerging pests in the country indicates that one of the most significant factors in their occurrence is accidental entry through agricultural and industrial shipments. Therefore, regulating the import of agricultural products and strictly implementing phytosanitary and plant quarantine measures can reduce the risk of pest introduction. Simultaneously, effective management and the application of preventive and control strategies—including continuous monitoring, rapid detection, and timely response—can significantly reduce the damage caused by these pests. International cooperation for information and experience sharing is also an effective step toward ensuring global food security. The development of new technologies and raising awareness among farmers and authorities will be key factors in the sustainable management of emerging pests.

**Keywords:** Emerging pests, climate change, prevention, integrated pest management.

مقاله علمی-مروری

## علل بروز آفات نوپدید در گیاهان و راهبردهای مقابله با آنها

علی عزیزاده علی آبادی\* 

\*- نویسنده مسئول، دانشیار، بخش تحقیقات بیماری‌های گیاهی، مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، پست الکترونیک: aalizadeh1340@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۷

تاریخ اصلاح نهایی: ۱۴۰۳/۱۲/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۱

### چکیده

سابقه و هدف: درک علل پیدایش آفات نوظهور برای جلوگیری و کنترل آنها بسیار مهم است. برخی از عوامل مؤثر در بروز آفات نوپدید عبارتند از:

ورود طبیعی: برخی آفات و بیمارگرها از طریق عوامل طبیعی مانند باد، جریان‌های آبی یا پرندگان و سایر موجودات زنده به مناطق جدید منتقل می‌شوند. تغییرات محیطی و اکولوژیکی نیز می‌توانند موجب گسترش طبیعی این عوامل شوند. ورود تصادفی یا سهوی: با توجه به افزایش تبادلات بین‌المللی، انتقال ناخواسته آفات و بیمارگرها به همراه کالاهای مختلف، به‌ویژه محصولات کشاورزی، سهل‌تر شده است. بذر، قلمه، پیوندک، نهال و سایر اندام‌های تکثیری، وسایل حمل‌ونقل مانند کامیون‌ها، کشتی‌ها و هواپیماها می‌توانند ناقل یا حامل این آفات باشند.

ورود عمدی: برخی از آفات و بیمارگرها به‌منظور خرابکاری به‌صورت عمدی وارد کشور یا منطقه‌ای خاص می‌شوند. این نوع ورود می‌تواند در قالب جنگ بیولوژیک، تروریسم بیولوژیک و جنایت بیولوژیک رخ دهد که تهدیدی جدی برای امنیت غذایی و اقتصادی کشورها محسوب می‌شود.

تغییرات اقلیمی: دگرگونی‌های آب‌وهوایی، مانند افزایش دما، تغییر الگوهای بارندگی و خشک‌سالی، شرایط را برای گسترش برخی آفات مساعد می‌کند. این تغییرات موجب توسعه زیستگاه‌های مناسب برای برخی گونه‌های خسارت‌زا می‌شود که پیش‌تر در آن مناطق قابلیت رشد نداشتند.

فعالیت‌های انسانی و جهانی‌سازی: گسترش تجارت جهانی، حمل‌ونقل و شیوه‌های جدید کشاورزی نیز در پراکنش آفات نقش مهمی دارند. شهرنشینی و تخریب زیستگاه‌های طبیعی نیز از عواملی هستند که می‌توانند منجر به افزایش آفات شوند. شکست مقاومت و هیبریداسیون: کاهش مقاومت گیاهان در برابر آفات و ایجاد گونه‌های جدید از طریق ترکیب ژنتیکی، می‌تواند منجر به ظهور آفات جدید شود. تغییرات ژنتیکی در آفات و بیمارگرها نیز می‌تواند موجب افزایش قدرت تهاجمی آنها شود. مهندسی ژنتیک: ایجاد واریته‌های جدید گیاهی ممکن است موجب رشد و تکثیر برخی آفات شود که پیش‌تر کنترل شده بوده‌اند. دست‌کاری‌های ژنتیکی بدون ارزیابی اثرهای زیست‌محیطی، ممکن است خطر افزایش آسیب‌پذیری گیاهان را در برابر برخی آفات ایجاد کند. تعدادی از راهکارهای مهم برای پیشگیری و کنترل آفات نوپدید به شرح زیر است:

شناسایی و مستندسازی آفات موجود: ایجاد بانک اطلاعاتی جامع از آفات، بیمارگرها و علف‌های هرز موجود در کشور، گام نخست در مدیریت این چالش است. داده‌های دقیق و به‌روز می‌توانند در پیشگیری و مقابله با این آفات کمک شایانی بکنند. پایش و مراقبت مستمر: رصد دائمی مزارع، باغ‌ها و عرصه‌های طبیعی از طریق نمونه‌برداری و گزارش‌گیری منظم از وضعیت آفات، در تشخیص و کنترل به‌موقع آنها نقش اساسی دارد. برنامه‌های مراقبتی باید با استفاده از فناوری‌های نوین مانند سنجش از راه دور و داده‌های ماهواره‌ای انجام شوند.

کنترل مرزی و بازرسی محموله‌ها: اجرای دقیق مقررات قرنطینه‌ای برای ورود محصولات کشاورزی و سایر کالاهای وارداتی که می‌توانند ناقل آفات باشند، ضروریست. این موضوع مستلزم همکاری مستمر میان دستگاه‌های اجرایی و بهره‌گیری از فناوری‌های

پیشرفته در بازرسی و پایش محموله‌هاست.

واکنش سریع و مدیریت بحران: در صورت شناسایی یک آفت نوپدید، نهادهای اجرایی باید با اتخاذ تدابیر بهداشتی مناسب، به حذف و امحای آن بپردازند. اجرای سریع اقدامات کنترلی و قرنطینه‌ای در مراحل ابتدایی ظهور آفات می‌تواند از گسترش آنها جلوگیری کند.

استفاده از راهکارهای مدیریت یکپارچه: شامل استفاده از گونه‌های مقاوم، تغییر شیوه‌های زراعی، کنترل بیولوژیک و در صورت لزوم، مداخلات شیمیایی کنترل‌شده است. به‌کارگیری ترکیبی از این روش‌ها می‌تواند تأثیر بیشتری در کنترل پایدار آفات داشته باشد. افزایش همکاری‌های بین‌المللی: تبادل اطلاعات بین کشورها در مورد آفات نوظهور، نقش مهمی در کنترل و پیشگیری از شیوع آنها دارد. همکاری‌های علمی و استفاده از فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی و یادگیری ماشین می‌تواند در شناسایی الگوهای شیوع آفات و ارائه راهکارهای مؤثر مفید باشد.

نتیجه‌گیری: با نگاهی به وضعیت آفات نوپدید در کشور می‌توان دریافت، یکی از مهمترین عوامل بروز این آفات، ورود تصادفی آنها از طریق محموله‌های کشاورزی و صنعتی بوده است. بنابراین، قانونمندتر شدن واردات محصولات کشاورزی و اجرای دقیق‌تر مقررات بهداشت نباتی و قرنطینه گیاهی، می‌تواند خطر ورود این آفات را کاهش دهد. در عین حال، مدیریت کارآمد و به‌کارگیری راهکارهای پیشگیرانه و کنترلی، از جمله پایش مستمر، تشخیص سریع و واکنش به موقع، می‌تواند تأثیر بسزایی در کاهش خسارت‌های ناشی از این آفات داشته باشد. همچنین، همکاری‌های بین‌المللی در زمینه اشتراک‌گذاری اطلاعات و تجربیات، گامی مؤثر برای تضمین امنیت غذایی جهانی محسوب می‌شود. توسعه فناوری‌های جدید و افزایش آگاهی کشاورزان و مسئولان نیز از عوامل کلیدی در مدیریت پایدار آفات نوپدید خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: آفات نوظهور، تغییر اقلیم، پیشگیری، مدیریت تلفیقی آفات

## مقدمه

آفات گیاهی همواره نقش بسزایی در امنیت غذایی جهانی و اقتصاد کشاورزی داشته‌اند. در طول تاریخ، آفات و بیمارگرهای مخرب گیاهی منجر به کاهش شدید محصولات کشاورزی، قحطی و اختلالات اقتصادی-اجتماعی شده‌اند (Savary et al., 2019). براساس گزارش سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو)، آفات و بیمارگرهای گیاهی سالانه بین ۲۰ تا ۴۰ درصد از تولیدات جهانی محصولات کشاورزی را (معادل میلیاردها دلار) از بین می‌برند.

تأثیر آفات و بیماری‌های گیاهی بر امنیت غذایی بسیار مهم است. بیماری‌هایی مانند زنگ گندم، می‌توانند عملکرد محصول را بین ۱۰ تا ۱۰۰ درصد کاهش دهند و سالانه خسارتی در حدود سه میلیارد دلار در سطح جهان به بار آورند (FAO, 2021). ظهور و گسترش دوباره بیمارگرهای گیاهی و بروز بیماری‌های جدید نیز تهدیدی جدی برای امنیت غذایی محسوب می‌شود (Fisher et al., 2012). بیمارگرهای گیاهی به علل مختلفی از جمله تغییرات

آب‌وهوایی، تغییر در مقاومت میزبان، تغییر در روش‌های کشاورزی و روند جهانی‌شدن، دوباره ظاهر می‌شوند، یا اهمیت بیشتری پیدا می‌کنند (Garrett et al., 2010). این بیماری‌های نوظهور موجب خسارت‌های اقتصادی چشمگیری شده و مدیریت آنها به چالشی مهم برای کشاورزی مدرن تبدیل شده است (Fisher et al., 2012).

بیماری مرگ درختان نارون، نمونه‌ای از بیماری‌های نوظهور با آثاری مخرب بر اکوسیستم‌های طبیعی، در دهه ۱۹۳۰ تا ۱۹۴۰ در امریکاست. این بیماری ناشی از قارچ‌های *Ophiostoma ulmi* (Buisman) Nannf. و *Ophiostoma novo-ulmi* (Brasier) است که موجب نابودی گسترده درختان نارون در مناطق مسکونی و جنگلی شرق آمریکا شد. این بیماری از چند درخت آلوده در شهر کلیولند، ایالت اوهایو آغاز شد و در سال ۱۹۵۶ به رودخانه می‌سی‌سی‌پی و در سال ۱۹۷۳ به ایالت‌های ساحلی اقیانوس آرام رسید (Cabi, 2018) (شکل ۱).



شکل ۱- علائم بیماری مرگ نارون و محل خسارت سوسک ناقل قارچ عامل بیماری (D'Arcy, 2000)

Figure 1. Symptoms of Dutch elm disease and damage sites caused by the bark beetle vector of the pathogen (D'Arcy, 2000)

بحران تغییرات آب و هوایی، در سطح جهانی ضروریست. باید اذعان کرد، بین تغییرات آب و هوایی، آفات گیاهی و امنیت غذایی ارتباط تنگاتنگی وجود دارد (Rizzo et al., 2021). ظهور آفات و بیماری‌های نوظهور یکی از نتایج این ارتباط پیچیده محسوب می‌شود.

آفات، بیمارگرها و علف‌های هرز نوپدید گیاهان به دلیل نداشتن کنترل‌کننده‌های زیستی طبیعی، که معمولاً برای آفات بومی وجود دارد، می‌توانند به سرعت گسترش یابند و خسارت‌های سنگینی را از نظر اقتصادی، زیست‌محیطی و تنوع زیستی ایجاد کنند. این آفات نه تنها تولیدات کشاورزی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، بلکه می‌توانند تعادل اکولوژیکی مناطق را نیز مختل کنند و موجب کاهش تنوع گونه‌ای شوند. از این رو، شناسایی و مدیریت این عوامل مخرب در اولویت برنامه‌های سازمان‌های ذی‌ربط قرار دارد (Alizadeh Aliabadi, 2011d). یکی از مهمترین تهدیدات ناشی از آفات نوپدید، تأثیر مستقیم آنها بر امنیت غذایی است. گسترش این آفات می‌تواند موجب کاهش شدید عملکرد محصولات کشاورزی و افزایش هزینه‌های تولید شود. همچنین، افزایش نیاز به سموم شیمیایی برای کنترل این آفات می‌تواند عوارض زیست‌محیطی و بهداشتی قابل توجهی به همراه داشته باشد (Ristaino et al., 2021; Brooks et al., 2021).

تعریف آفات نوظهور (نوپدید)

اصطلاح «آفات نوپدید» (Emerging Pests) و

شاه‌بلوط که زمانی، به صورت نواری گسترده، از کانادا تا آمریکای جنوبی وجود داشت، در سال ۱۹۰۴ به بیماری بلایت، که توسط قارچی به نام *Cryphonectria parasitica* (Murrill) Barr ایجاد می‌شود، آلوده شد. این بیماری نوظهور به سرعت تمامی نواحی شرقی آمریکای شمالی را دربرگرفت، به گونه‌ای که تا دهه ۱۹۳۰، در تمامی محدوده طبیعی شاه‌بلوط آمریکایی گسترش یافت. تا اواخر دهه ۱۹۲۰، نزدیک به سه‌ونیم میلیارد شاه‌بلوط به این بیماری آلوده شدند. شاه‌بلوط آمریکایی اولین درختی است که در دوران معاصر، به علت یک بیماری قارچی، به مرز انقراض رسید (Cabi, 2018).

درک علل پیدایش آفات و بیمارگرهای نوظهور برای توسعه اقدامات پیشگیرانه، برای جلوگیری و کنترل اثرهای مخرب این عوامل، بسیار مهم است (Anderson et al., 2004). از آنجایی که جمعیت جهان در سال ۲۰۳۰ به ۸/۵ میلیارد نفر و در سال ۲۰۵۰ به ۹/۷ میلیارد نفر خواهد رسید، انتظار می‌رود تولید جهانی غذا تا آن زمان به میزان ۵۰ درصد افزایش یابد تا نیاز بشر تأمین شود. این در حالی است که بیمارگرها به تنهایی ۱۰ تا ۱۶ درصد از تولید مواد غذایی را در سراسر جهان طی ۴۰ سال گذشته کاهش داده‌اند (Hickel, 2019). یکی از مهمترین چالش‌هایی که در حال حاضر پیش روی جهان قرار دارد، تغییرات آب و هوایی است که بر ۲۵ درصد از تولید جهانی غذا تأثیر گذاشته است (Shivanna, 2022). همکاری‌های بین‌المللی برای مقابله با

## علل بروز آفات نوپدید

شناخت عوامل مؤثر در ظهور آفات نوپدید گیاهی به تدوین راهبردهای مؤثر برای پیشگیری، مدیریت و کنترل این آفات کمک می‌کند. در ادامه، برخی از مهمترین این عوامل بررسی شده است.

۱- ورود گونه یا تیپ جدید از آفات یا بیمارگرها (Introduction of a New Pest or Pathogen Species or Type)

ورود یک گونه یا تیپ جدید از آفات یا بیمارگرهای گیاهی به منطقه‌ای جدید، از اصلی‌ترین عوامل بروز آفات نوپدید محسوب می‌شود. این ورود ممکن است به سه روش زیر انجام شود:

الف) ورود طبیعی: انتقال طبیعی آفات از طریق عوامل محیطی، به‌ویژه جریان هوا، حشرات ناقل، پرندگان، جانوران و حتی جریان‌های آبی رخ می‌دهد. این انتقال ممکن است در فواصل کوتاه (مانند انتقال از یک گیاه به گیاه دیگر، از سطح خاک به برگ یا از داخل خاک به ریشه)، یا در فواصل طولانی (مانند انتقال از یک مزرعه به مزرعه دیگر، از یک منطقه به منطقه دیگر یا حتی از یک کشور به کشور دیگر) رخ دهد. در ادامه، نمونه‌هایی از آفات و بیمارگرهایی که احتمالاً به‌طور طبیعی وارد ایران شده‌اند، معرفی می‌شوند:

بیماری زغالی بلوط (*Biscogniauxia mediterranea*).

این بیماری برای نخستین بار در درختان بلندمازو در توسکستان و پارک جنگلی قرق (هر دو در استان گلستان) مشاهده شد. عامل بیماری، قارچ *Biscogniauxia mediterranea* از خانواده Xylariaceae است که موجب بیماری زغالی بلوط در جنگل‌های زاگرس (استان‌های ایلام، لرستان، فارس و کهگیلویه و بویراحمد) شده است. علائم این بیماری شامل ترشح شیر گیاهی در نواحی آلوده، جدا شدن پوست درخت و سیاه شدن بافت‌های آب‌کشی و چوبی است (Mirabolfathy, 2013; Mirabolfathy et al., 2011).

بیماری سوختگی شمشاد (Boxwood Blight)، عامل این بیماری فرم غیرجنسی قارچ *Cylindrocladium*

«بیماری‌های عفونی نوپدید» (Emerging Infectious Diseases- EID) نخستین بار در مورد آفات و بیماری‌های انسانی و دامی استفاده شد (Mostafavi et al., 2021). اما در سال‌های اخیر، مفهوم آفات و بیمارگرهای نوپدید گیاهان (Emerging Pests and Diseases of Plants) به یکی از دغدغه‌های اساسی کارشناسان و سیاست‌گذاران در سازمان‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی حفظ نباتات تبدیل شده است (Anderson et al., 2004). توجه به خسارت‌های هنگفت اقتصادی، زیست‌محیطی و تنوع‌زیستی آنها از اهمیت بالایی برخوردار است و مقابله با آنها در دستور کار جدی مراکز ذی‌ربط قرار دارد (Alizadeh Aliabadi, 2011; Alizadeh Aliabadi, 2014a).

به‌طورکلی «آفات نوپدید گیاهان» به گروهی از آفات، بیمارگرها و علف‌های هرزی اطلاق می‌شود که در سال‌های اخیر در منطقه‌ای جدید یا روی میزبان جدیدی شناسایی و گزارش شده‌اند، یا پیش‌تر وجود داشته اما میزان بروز و شیوع آنها به دلایلی مانند تغییرات اقلیمی، جهانی‌سازی تجارت و کشاورزی و تحولات اکولوژیکی افزایش یافته است (Daszak et al., 2000; Lederberg et al., 1992).

علاوه بر اصطلاح «آفات نوپدید»، واژه‌های دیگری نیز برای گروه‌های مختلف آفات به کار می‌رود، مانند:

آفات جدید (New Pests)، آفات و بیمارگرهایی که به تازگی کشف و شناسایی شده‌اند. آفات نوظهور (Emerging Pests)، آفات و بیماری‌هایی که پیش‌تر شایع نبوده‌اند اما به تازگی گسترش چشمگیری یافته‌اند. آفات با ظهور دوباره (Re-emerging Pests)، آفات و بیماری‌هایی که پس از یک دوره کاهش دوباره شیوع یافته‌اند. آفات غیربومی (Non-indigenous Pests) و آفات بیگانه (Exotic Pests)، آفات و بیمارگرهایی که از طریق تجارت، حمل و نقل و دیگر عوامل، به مناطق جدیدی وارد شده‌اند. آفات تهدیدکننده (Threatening Pests)، آفات و بیماری‌هایی که ظرفیت گسترش سریع و ایجاد خسارت‌های شدید را دارند (Damsteegt, 1999).

اخیر در بسیاری از کشورهای اروپایی، آمریکایی و آسیایی موجب نابودی گسترده درختان شمشاد شده است (Rezaee et al., 2013; Mirabolfathy et al., 2013; Khazaeli et al., 2018).

پروانه ابریشم‌باف ناجور (Gypsy Moth - *Lymantria dispar* L.)، این آفت، به‌عنوان یکی از مهمترین آفات درختان جنگلی، برای اولین بار در ایران در سال ۱۳۱۶ و به‌تازگی، در بسیاری از استان‌های کشور گزارش شده است (Tavakoli et al., 2018) (شکل ۲).



*Calonectria* و فرم جنسی آن *buxicola* Henricot است. این بیماری نخستین بار در سال ۱۳۸۹ در جنگل‌های آستارا و تالش (استان گیلان) مشاهده و در سال ۱۳۹۱ همه‌گیر شد. در حال حاضر، حدود ۵۵ هزار هکتار از رویشگاه‌های شمشاد را در جنگل‌های شمال ایران آلوده کرده است. شمشاد هیرکانی (*Buxus hyrcana*) (Pojark)، که بومی ایران و از ذخایر ژنتیکی محسوب می‌شود، به‌شدت در معرض خطر قرار گرفته و از سوی اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت (IUCN) به‌عنوان گونه در حال انقراض معرفی شده است. این بیماری طی سال‌های



شکل ۲- لارو پروانه ابریشم‌باف ناجور و تجمع انبوه لاروهای آن روی درختان جنگلی

<https://www.forestresearch.gov.uk/tools-and-resources/fthr/pest-and-disease-resources/gypsy-moth-lymantria-dispar>

#### (*Lymantria-dispar*)

Figure 2. Larva of the gypsy moth and mass aggregation of its larvae on forest trees

صورت نبود دشمنان طبیعی، به‌سرعت گسترش یابند. سوسک شاخک‌بلند آسیایی (Asian longhorned beetle)، با نام علمی *Anoplophora glabripennis* Motschulsky، نمونه‌ای است که با این روش (از طریق پالت‌های چوبی) از چین به اروپا و بعد در سال ۱۹۹۶ به آمریکا منتقل شده است. این آفت با تغذیه از بافت‌های چوبی درختان موجب ضعف و مرگ آنها می‌شود. این آفت (شکل ۳) توانست در مدت کوتاهی موجب نابودی بیش از یک میلیارد و دویست میلیون اصله درخت (۳۰ درصد از جنگل‌های نواحی آلوده در آمریکا) و تحمیل هزینه‌ای بیش از ۶۶۹ میلیارد دلار به آن کشور شود

ب) ورود تصادفی و سهوی، با توجه به گسترش مبادلات تجاری و رفت‌وآمدهای بین مناطق و کشورهای مختلف، امکان انتقال آفات و بیمارگرها به مناطق جدید، از طریق کالاهای مختلف (ازجمله وسایل حمل‌ونقل، کالاهای صنعتی و کشاورزی، پالت‌های چوبی و سایر اقلام) وجود دارد (Bassanezi & Alizadeh Aliabadi, 2009b; Gottwald, 2009). یکی از مهمترین مسیرهای ورود آفات و بیمارگرهای بیگانه (Alien plant pathogens) تجارت محصولات کشاورزی مانند بذر، قلمه، پیوندک، نهال و گیاهان زنده است. این محصولات می‌توانند به‌طور ناخواسته حامل این آفات باشند که پس از ورود به منطقه جدید، در



شکل ۳- حشره کامل، لارو، شفیره و نحوه خسارت سوسک شاخک بلند آسیایی (Meng et al., 2015)

Figure 3. Adults, larvae, pupae, and damage caused by the Asian longhorned beetle (Meng et al., 2015)

(*Pseudaulacaspis pentagona* Targioni-Tozzetti)، شپشک سیاه زیتون (*Saissetia oleae* Olivier)، سوسک حنائی خرما (*Rhynchophorus ferrugineus* Olivier)، مگس میوه زیتون (*Bactrocera oleae*)، (Rossi) و شپشک سپردار کاج نوئل (*Nuculaspis abietis*). بیماری میوه سبز مرکبات (Citrus greening) یا هوانگ لونگ بینگ، اولین بار در اواخر قرن نوزدهم (۱۸۹۰) از چین و به مرور از سایر کشورهای آسیایی و آفریقایی و در سال ۱۳۸۸ از ایران گزارش شد. در حال حاضر مرکبات استان های سیستان و بلوچستان، هرمزگان، فارس، کرمان (جیرفت و کهنوج) به این بیماری آلوده هستند (Alizadeh Aliabadi et al., 2018; Aliabadi, 2016; Alizadeh Aliabadi et al., 2010) (شکل ۴).

بیماری شانکر باکتریایی مرکبات، این بیماری در سال ۱۹۱۵ همراه نهال های پرتقال سه برگی از ژاپن وارد آمریکا (ایالت فلوریدا) شد. در آمریکا بارها میلیون ها اصله درخت آلوده ریشه کن و میلیون ها دلار برای این کار هزینه شد (Gottwald et al., 2002). مثال های فراوان دیگری از ورود آفات و بیمارگرها به کشور ایران نیز وجود دارد، مانند بیماری جاروک لیموترش و گرینینگ مرکبات (Alizadeh Aliabadi et al., 2018; Alizadeh Aliabadi, 2009c; Alizadeh Aliabadi, 2004; Alizadeh Aliabadi & Rahimian, 1990)، ویروس تریتزای مرکبات، کرم ساقه خوار برنج (*Chilo suppressalis* Walker)، مگس میوه مدیترانه ای (*Ceratitis capitata* Wiedemann)، شپشک سفید توت



شکل ۴- علائم بیماری میوه سبز مرکبات روی شاخه، برگ و میوه (Alizadeh Aliabadi, 2017a; Alizadeh Aliabadi, 2017b)

Figure 4. Symptoms of citrus greening disease on branches, leaves, and fruits (Alizadeh Aliabadi, 2017a; Alizadeh Aliabadi, 2017b)

شد ([Alizadeh Aliabadi & Rahimian, 1990](#)) (شکل ۵). در حال حاضر در بیشتر مناطق لیموترشکاری جنوب کشور مشاهده شده است (شکل ۵).

بیماری شانکر باکتریایی مرکبات ( *Citrus bacterial canker*), در سال ۱۳۶۹ اولین بار از منطقه کهنوج در استان کرمان روی لیموترش شیرازی (Mexican lime) گزارش



شکل ۵- علائم بیماری شانکر باکتریایی مرکبات، (A) روی برگ، (B) شاخه، (C) میوه لیموترش ([Alizadeh Aliabadi, 2017e](#))

Figure 5. Symptoms of citrus bacterial canker on (A) Leaves, (B) Branches, (C) Lemon fruits ([Alizadeh Aliabadi, 2017e](#))

شد و در مدت کوتاهی استانهای زیتونخیز گیلان، زنجان و قزوین را آلوده کرد ([Alizadeh Aliabadi, 2017e](#)) (شکل ۶).

مگس میوه زیتون (*Bactrocera oleae* Rossi)، در سال ۱۳۸۳ با ورود غیرقانونی میوه خام زیتون از طریق کشورهای همسایه غربی به ویژه عراق وارد منطقه رودبار



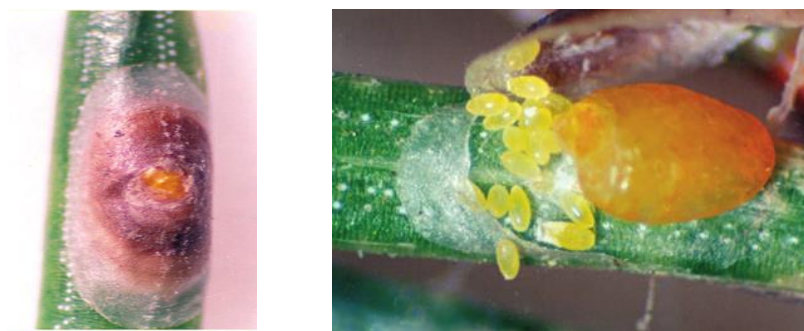
شکل ۶- مگس میوه زیتون (علائم، شفیره و مرحله کامل آفت) ([Malheiro, 2015](#))

Figure 6. Olive fruit fly (symptoms, pupae, and adult stage) ([Malheiro, 2015](#))

یا کشورهای متخاصم، یکی از روشهای بروز آفات نوپدید محسوب می شود ([Alizadeh Aliabadi, 2019](#)). این نوع ورود می تواند از سه طریق انجام شود: جنگ بیولوژیک (Bioterrorism)، تروریسم بیولوژیک (Biowarfare) ([Alizadeh Aliabadi, 2003](#); [Alizadeh Aliabadi, 2019](#)) و جنایت بیولوژیک (Biocrime) ([Alizadeh Aliabadi, 2017e](#); [Alizadeh Aliabadi, 2011a](#)).

شپشک سپردار کاج نوئل (*Nuculaspis abietis*) ([Schrank](#)) در سال ۱۳۷۴ از درختان کاج نوئل سبز و آبی (*Picea pungens*) و (*Picea abies* (L.) Karst.) (Engelm.) از کلاردشت گزارش شد ([Behdad, 1996](#)) (شکل ۷).

ج) ورود تعمدی، ورود عمدی آفات و بیمارگرهای گیاهی به یک کشور یا منطقه خاص جدید، با هدف آسیب رسانی به محصولات کشاورزی توسط افراد، گروه ها



شکل ۷- شپشک سپردار کاج نوئل (Rasekh et al., 2011)

Figure 7. Pine scale (*Nuculaspis abietis* Schrank) (Rasekh et al., 2011)

در جهت قطب شمال و جنوب زمین حرکت می‌کنند (Bebber et al., 2013). افزایش گازکربنیک روی فرایندهای فیزیولوژیکی، رشد و متابولیسم گیاهان و افزایش میزان فتوسنتز و کاهش میزان تنفس، افزایش تولید بیوماس، افزایش تراکم و اندازه ریشه و اندام‌های هوایی گیاه اثر دارد. افزایش تولید بیوماس مانند شاخه، برگ، گل و میوه، بافت‌های بیشتری را برای آلوده‌سازی در اختیار آفات قرار می‌دهد. افزایش بقایای گیاهی موجب بقای بهتر قارچ‌های نکروتروف می‌شود. افزایش گازکربنیک روی برهم‌کنش 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، تغییر چرخه زندگی قارچ‌ها، جوانه‌زنی اسپورها، رشد لوله تندش و تولید آپرسوریم و افزایش شدت بیماری‌زایی نیز اثرگذار است. گرم‌شدن کره زمین نیز اثرهای 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 بروز آفات نوپدید، ورود و استقرار آفات جدید در مناطق عاری از آفت، حذف یا انقراض یک آفت در منطقه اصلی و بومی‌اش، به‌هم‌ریختگی، افزایش خسارت آفات، کاهش تنوع حشرات در زیست‌بوم‌ها و کاهش پارازیتیسم.

#### تجارت جهانی و سفر (Global trade and travel)

افزایش تجارت بین‌المللی و سفر، جابه‌جایی مواد گیاهی، ازجمله گیاهان آلوده و عوامل بیمارگر را در مناطق مختلف تسهیل می‌کند و می‌تواند بیمارگرهای جدیدی را به داخل جمعیت‌های گیاهی حساس وارد کند، به‌ویژه در مناطقی که پیش‌تر وجود نداشته‌اند (Baker et al., 2022).

#### تغییر اقلیم (Climate changes)

تغییر اقلیم، موجب تغییراتی در میزان، شدت، پراکندگی جغرافیایی و پراکندگی زمانی بارش‌ها، سرعت باد، تابش خورشید و دمای هوا می‌شود. این تغییرات می‌تواند بر منابع آب، کشاورزی و امنیت غذایی، افزایش سطح آب دریاها، تهدید تنوع زیستی و سلامت بشر و شدت حوادث طبیعی اثرهای بیشتر منفی بگذارد. این تغییرات، می‌تواند روی موجودات زنده، ازجمله گیاهان و آفات گیاهی نیز تأثیراتی داشته باشند (Skendžic et al., 2021). حرکت گونه‌های گیاهی و آفات آنها به سمت قطب و ارتفاعات، از مهمترین پدیده‌هایی است که با تغییر اقلیم به وقوع پیوسته است. براساس نظر Coakley و همکاران (۱۹۹۹) آفات، سمت‌وسوی حرکت و گسترش جغرافیایی خود را با میزبانان گیاهی خود، تنظیم و آنها را دنبال می‌کنند. از سال ۱۹۶۰، با افزایش دما، آفات و بیمارگرهای گیاهی، به‌طور متوسط سه کیلومتر در سال،

از طریق حضور مستمر در کشت مداوم گونه‌های گیاهی مقاوم به خود ایجاد شوند. کشت مداوم گونه‌های گیاهی مقاوم می‌تواند منجر به ایجاد سویه‌های جدیدی شود که می‌توانند به شدت به گیاهان مقاوم قبلی آسیب برسانند و به سرعت گسترش یابند (Bruns, 2017). همگن بودن گیاهان مقاوم، فشار انتخابی را روی آفات ایجاد می‌کند تا ژنوتیپ‌هایی ایجاد کنند که بر مقاومت گیاه غلبه نمایند و به عنوان آفت جدید ظاهر شوند.

#### هیبریداسیون گونه‌های بیماری‌زای موجود (Hybridization of existing pathogen species)

ورود یک بیمارگر به منطقه‌ای جدید ممکن است موجب تکامل گونه‌های جدید با انتقال بین‌گونه‌ای ژن‌ها شود. همواره ممکن است بیمارگر جدید در محیط جدید دستخوش تأثیرات گوناگون عوامل زنده و غیرزنده محیط اطراف خود، از جمله جمعیت میزبانی جدید، ناقلان جدید، رقبای جدید و یک اقلیم متفاوت قرار گیرد (Feurtey et al., 2019). این تأثیرات ممکن است موجب تکامل سریع و پایدار بیمارگر، برای سازگاری بهتر با محیط جدید شود (Brasier, 2001).

گاهی تماس تصادفی دو عامل زنده، که از لحاظ زیستی، تاکسونومیکی و ژنتیکی با هم مرتبط هستند، ولی از لحاظ جغرافیایی متفاوت‌اند، موجب بروز پدیده انتخاب تدریجی (Episodic selection) و ایجاد یک عامل زنده دیگر، که بیشترین شباهت را با آن دو دارد، شود. این فرایند فرصتی را برای ایجاد یک بیمارگر تغییر یافته ژنتیکی یا بیمارگر جدید فراهم می‌کند (Brasier, 1995)؛ (Feurtey et al., 2019). یکی از بارزترین مثال‌های دانشگاهی برای این پدیده، روند تکامل سریع عامل بیماری هلندی مرگ نارون است. بیماری هلندی مرگ نارون، که با پژمردگی آوندی موجب مرگ درختان نارون می‌شود، عاملی قارچی از گروه آسکومیست‌ها (Ascomycetes) و جنس افیوستوما (*Ophiostoma*) دارد که به وسیله یک سوسک چوب‌خوار از جنس

به‌طور کلی، از آنجایی که 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 کُنج اکولوژیکی خود افزایش دهد، پدیده تغییر اقلیم می‌تواند یکی از عوامل مهم بروز آفات یا بیمارگرهای نوپدید باشد (Skendžic et al., 2021).

#### شیوه‌های کشاورزی (Agricultural practices)

برقراری رژیم‌های کشت مترکم (Intensification) یا وسیع (Extensification)، تک‌کشتی (Monoculturing) یا چندکشتی (Diversification)، نحوه آبیاری، کشت‌های کنترل‌شده گلخانه‌ای یا زیر پلاستیک، روش‌های خاک ورزی، کشت بدون خاک و هرگونه 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 جابه جایی آنها نقش داشته باشد (Crews et al., 2018). کشت مترکم به تنهایی یا به همراه آبیاری موجب گسترش و انتشار آفات، علف‌های هرز، بیمارگرها و ناقلان آنها می‌شود. چندکشتی، به‌ویژه کشت محصولی جدید در منطقه‌ای جدید، موجب ورود آفات و بیمارگرهای نو به آن منطقه می‌شود (Anderson et al., 2004).

#### جهانی‌سازی (Globalization)

جهانی‌سازی، ورود و خروج مواد و محصولات گیاهی را از کشوری به کشور دیگر و به همراه آن، ورود آفات و بیمارگرهای خارجی را تسهیل می‌کند (Anderson et al., 2004).

#### شکست مقاومت (Resistance breakdown)

سویه‌های به شدت بیماری‌زا می‌توانند سازوکارهای دفاعی میزبان را دور بزنند. این سویه‌ها ممکن است

([Brasier et al., 2021](#); [Moran et al., 2021](#)).

علاوه بر تغییراتی که در میزان شدت بیماری‌زایی هیبریدهای تولیدی مشاهده شده است، گزارش‌هایی از ایجاد هیبریدهایی با دامنه میزبانی جدید نیز ارائه شده است. به عنوان مثال هیبریدهای جدید فایتوفتورای توسکا در اروپا به یک گونه از توسکا، که پی‌تر مورد حمله والدین این هیبرید قرار نمی‌گرفت، حمله می‌کنند. این مثال نشان‌دهنده تکامل بالقوه یک بیمارگر نو با دامنه میزبانی جدید است. این خطر که بیمارگرهای با میزبان‌های اختصاصی جدید ممکن است به صورت ابربیمارگر (Superpathogens) بروز و ظهور کنند، مورد بحث قرار گرفته است ([Brasier, 1995](#)). برخی آفات و عوامل بیماری‌زا ممکن است در اثر جهش‌های ژنتیکی، به گونه‌های مقاوم‌تر و با قدرت تکثیر و انتشار بیشتر تبدیل شوند ([Alizadeh Aliabadi, 2014a](#)).

#### مهندسی ژنتیک (Genetic Engineering)

گیاهان تغییر یافته ژنتیکی می‌توانند به طور ناخواسته موجب ایجاد آفات جدید گیاهی شوند ([Alizadeh Aliabadi, 2011b](#)). به عنوان مثال، ورود ژن‌های جدید به گیاهان می‌تواند برهم‌کنش‌های آنها را با سایر ارگانیسم‌ها، از جمله پاتوژن‌ها، به روش‌های غیرمنتظره‌ای تغییر دهد.

#### فعالیت‌های انسانی (Human Activities)

فعالیت‌های انسانی مانند جنگل‌زدایی، شهرنشینی، جابه‌جایی مواد گیاهی و ورود گونه‌های گیاهی غیربومی می‌تواند انتقال آفات و بیمارگرها را به مناطق جدید تسهیل، اکوسیستم‌های طبیعی را مختل و فرصت‌هایی را برای ظهور آفات جدید گیاهی ایجاد کند. این فعالیت‌ها می‌توانند برهم‌کنش‌های جدید میزبان و پاتوژن را نشان دهند یا پویایی تعاملات موجود را تغییر دهند.

اسکولیتوس (*Scolytus*) جابه‌جا می‌شود. این بیماری به دلیل دو همه‌گیری بسیار مخرب توسط دو گونه مختلف آن یعنی *Ophiostoma ulmi* (OU) و *O. novo-ulmi* (ONU) در اروپا و آمریکای شمالی شناخته شده است. همه‌گیری اول، از سال ۱۹۱۰ تا دهه ۱۹۴۰ توسط گونه OU از اروپا تا آسیا و آمریکا گسترش یافت ([Brasier, 1990](#)). این همه‌گیری، پس از تحمیل خسارتی برابر با نابودی ۱۰ تا ۴۰ درصد از نارون‌های کشورهای اروپایی رو به افول رفت ([Peace, 1960](#)). دومین همه‌گیری در دهه ۱۹۷۰ با شیوع گونه ONU (که پیش‌تر ناشناخته بود)، در انگلستان و کشورهای همسایه‌اش اتفاق افتاد. 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](#)). این همه‌گیری از دهه ۱۹۴۰ با شیوع نژاد آسیایی-اروپایی (EAN- Eurasian) در شرق اروپا (اوکراین و مولداوی) و نژاد آمریکای شمالی (North American- NAN) در آمریکای شمالی شروع شد و بعد NAN از آمریکا به کشورهای اروپایی منتقل شد و هر دوی EAN و NAN در اروپا پراکنده شدند. حضور فرم‌های NAN و ENA در اروپا در کنار هم، امکان هیبریداسیون آزاد و راحت را بین این دو فرم برای ایجاد فرم‌ها و نژادهای جدید با ویژگی‌های ژنتیکی و بیماری‌زایی متفاوت (مانند گونه ONU) فراهم کرد. 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](#)).

به تازگی مطالعات وسیعی در مورد 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 می‌دهد و تقویت می‌کند ([Stukenbrock, 2016](#); [Stauber et al., 2021](#); [Steensels et al., 2021](#)).

مبدأ، که محموله موردنظر از آن کشور صادر شده است، آفاتی که احتمال حمل آنها با آن محموله وجود دارد، شناسایی و ویژگی‌های خسارت‌زایی آفات، امکان ورود، استقرار و بروز خسارت آنها در قالب تحلیل خطر آفات، موردبررسی دقیق قرار می‌گیرد. (ج) براساس مطالعات یادشده در بالا، فهرستی از آفات و بیمارگرهای خطرناک قرنطینه‌ای که امکان و احتمال ورود آنها به کشور وجود دارد، تهیه و منتشر می‌گردد.

سومین اقدام اساسی و پیشگیرانه، شناسایی، تشخیص سریع، مراقبت و پایش مستمر آفات و بیمارگرهاست. بازرسی دقیق محموله‌ها در مبادی ورودی (Inspection at the port of entry)، نمونه‌برداری، ردیابی و پی‌جویی منظم و مستمر آفات و بیمارگرهای خطرناک در مزارع، باغ‌ها و عرصه‌های طبیعی (Alizadeh Aliabadi, 2017a; Alizadeh Aliabadi & Ghasemi, 2018); تشخیص سریع آفات جدید و اعلام به‌موقع گزارش وقوع ضروریست (Alizadeh Aliabadi, 2017c).

چهارمین اقدام مهم و اجتناب‌ناپذیر واکنش سریع نهادهای اجرایی، در اعمال و اجرای موازین بهداشت گیاهی، حذف و امحای آفات جدید است که باید به‌طور دقیق و نظام‌مند انجام شود (Alizadeh Aliabadi, 2011c). لازمه اجرای درست این بند، انجام این موارد است: الف) تقویت علمی و تجهیزاتی ایستگاه‌های قرنطینه نباتی مستقر در مبادی ورودی، ب) پشتیبانی حقوقی و قانونی از پست‌های قرنطینه‌ای با وضع قوانین تقویت‌کننده جایگاه کارشناسان قرنطینه‌ای (Alizadeh Aliabadi, 2021)، ج) توسعه و به‌کارگیری آزمایشگاه‌ها و کلینیک های گیاه‌پزشکی در پایش و تشخیص سریع آفات و بیمارگرها، با همکاری محققان مربوطه و کلکسیون‌های مختلف به‌دلیل وجود نمونه‌های استاندارد و تیپ در آنها (Alizadeh Aliabadi, 2010)، د) آموزش بیشتر گیاه‌پزشکان و تجهیز بیشتر آنها به وسایل و روش‌های تشخیص سریع به‌منظور مشارکت در نمونه‌برداری، شناسایی و تشخیص سریع آفات (Alizadeh Aliabadi, 2010).

## ورود ناقل‌ها (Introduction of vectors)

ورود ناقل می‌تواند موجب وقوع آفات نوپدید، به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم شود (Anderson et al., 2004). برای مثال، ویروس تریستزای مرکبات (Citrus tristeza virus) 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 (*Graphocephala atropunctata*) به کالیفرنیا، بیماری پیرس به یک بیماری نوپدید و خسارت‌زای مهم تبدیل شد، به‌طوری‌که فقط در سال ۱۹۹۹ در جنوب کالیفرنیا، بیش از شش میلیون دلار خسارت وارد کرد (Anderson et al., 2004).

راه‌های مقابله با آفات نوپدید و گونه‌های بیگانه مهاجم یکی از مقدماتی‌ترین اقدامات برای مقابله با آفات نوپدید، داشتن اطلاعات کامل و دقیق از فهرست و اهمیت اقتصادی همه بیمارگرها، آفات یا علف‌های هرز موجود در کشور است. این موضوع این فرصت را برای محققان و اندیشمندان کشور فراهم می‌کند تا نظام کشت هر منطقه را با واقع‌بینی و اشراف بیشتر نسبت به عوارض محتمل آن تنظیم و پیشنهاد کنند و طغیان آفات و غیره را پیش‌بینی و پیشگیری نمایند.

دومین اقدام ضروری در هر کشوری، شناسایی و مشخص کردن آفات، بیمارگرها و علف‌های هرز خطرناک و مهمی است که ممکن است در آینده برای کشور مسئله ساز و خسارت‌زا شوند. برخی از اقدامات کشورها در این مورد عبارتند از: الف) مشخص کردن کالاها و محموله هایی که به کشور وارد می‌شوند و احتمال ورود آفات به همراه آنها به داخل وجود دارد. ب) پس از مشخص شدن کالاهای وارداتی، ضمن آشنایی نسبی با آفات کشورهای

گونه‌های بیماری‌زای انسانی، آفات کشاورزی و منابع طبیعی، به‌عنوان حداقل ضرورت برای هر برنامه مدیریت گونه‌های مهاجم، به‌کار گرفته‌اند. در حالت ایده‌آل، هیچ گونه بیگانه‌ای نباید بدون تجزیه و تحلیل مناسب و روش‌های ارزیابی اثرهای زیست‌محیطی (Environmental impact assessment) و اقتصادی وارد شود. اولین قدم مهم در پیشگیری، شناسایی گونه‌های بیگانه‌ای است که ممکن است مهاجم شوند. این گونه‌ها ممکن است در «فهرست سیاه» قرار بگیرند و ورود آنها براساس قوانین ملی ممنوع باشد. گونه‌هایی که برای ورود از طریق تجزیه و تحلیل ارزیابی خطر، پاک تلقی می‌شوند، می‌توانند بی‌خطر اعلام شوند (و در «فهرست سفید» قرار گیرند). احتمال تهاجمی‌بودن بیشتر گونه‌های جهان، ناشناخته است و باید آنها را در «فهرست خاکستری» قرار داد.

هنگامی که یک گونه بیگانه به یک مهاجم گسترده تبدیل شود، هزینه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی برای از بین بردن آن، یا حتی کاهش آن، بسیار زیاد است. پاسخ اصلی مدیریت پس از حمله یک گونه، می‌تواند در قالب کاهش خسارت (Mitigation) و سازگارسازی (Adaptation) باشد.

کاهش خسارت (Mitigation): کاهش خسارت می‌تواند تأثیرات سوء حضور، یا گسترش یک گونه را کاهش دهد یا از بین ببرد. «کاهش خسارت» می‌تواند شامل ریشه‌کنی (Eradication) (از بین بردن کامل گونه‌های بیگانه مهاجم)، مهار (Containment) (نگه‌داشتن گونه‌های بیگانه مهاجم در منطقه‌ای ویژه)، یا سرکوب (Suppression) (کاهش سطح جمعیت گونه‌های بیگانه مهاجم تا یک آستانه قابل قبول (An acceptable threshold) باشد.

سازگارسازی (Adaptation): سازگارسازی شامل اقداماتی است برای مدیریت و کنترل گونه مهاجم، زمانی که حضور آن در منطقه، پذیرفته شده است. «پیشگیری»، از وقوع یک اتفاق بد جلوگیری می‌کند. «کاهش خسارت»، گسترش دوره زمانی حضور و اثرهای یک

(2008)، (ها) اختصاص برخی از آزمایشگاه‌های موجود گیاه‌پزشکی، به‌عنوان آزمایشگاه‌های ملی و منطقه‌ای تشخیص سریع آفات، که با همکاری کلینیک‌ها و با هماهنگی مؤسسات تحقیقاتی و سازمان حفظ نباتات به وظیفه تشخیص سریع آفات کمک نمایند، (و فراهم کردن امکانات، تجهیزات و تسهیلات مالی و قانونی برای اعمال اقدامات اجرایی در قالب واکنش سریع برای مقابله با آفات نوپدید. پیش‌آگاهی و اقدامات پیشگیرانه باید هم در سطح منطقه‌ای و هم در سطح بین‌المللی انجام شود. سازمان‌های ملی و منطقه‌ای حفظ نباتات، قوانین بین‌المللی و کنوانسیون بین‌المللی حفظ نباتات، تسهیل‌گر اقدامات بین‌المللی هستند. بدیهی است هرچه اقدامات پیشگیرانه، به‌ویژه اعمال ضوابط قرنطینه‌ای، به‌موقع و سریع‌تر آغاز و از ورود آفات ممانعت شود، هزینه کمتری برای دولت و دست‌اندرکاران به‌دنبال دارد. قصور و کوتاهی در موضوع پیشگیری، ممکن است کشور را با ورود عوامل خسارت‌زا مواجه کند. پس از ورود عوامل زیستی خسارت‌زا نیز اگر شناسایی و گزارش وقوع، به موقع و زودهنگام انجام شود، امکان جلوگیری از گسترش آن در مناطق مختلف کشور، یا امحای موفقیت‌آمیز آن در کانون‌های اولیه ورود و استقرار، بیشتر و با هزینه کمتری وجود دارد. در صورت شکست در دو مرحله پیشین، تنها راه پیش‌رو مدیریت و کنترل آن آفت مهاجم است، که هزینه بسیار زیادی را طی سالیان دراز بر کشور تحمیل می‌کند. بنابراین، هرچه اقدامات مقابله‌ای، از پیشگیری به سمت کنترل و مدیریت آفات مهاجم سوق پیدا کند، تأثیر و کارایی اقدامات، کاهش و درعین حال هزینه‌های تحمیلی برای کنترل آن افزایش خواهد یافت.

سه مرحله مهم مقابله با گونه‌های بیگانه مهاجم

پیشگیری (Prevention): پیشگیری یا ممانعت از ایجاد یک گونه بالقوه مهاجم در وهله اول، اولین و کم هزینه‌ترین خط دفاعی است و بیشتر زمانی مؤثر است که هنوز گونه بیگانه وارد منطقه نشده باشد. بسیاری از کشورها، روش‌هایی را برای جلوگیری از واردات

مرحله اول: تعیین خط مبنا و تدوین فهرست موجودی ملی: کشورها باید فهرست موجودی ملی (National inventory) خود را درمورد گونه‌های بیگانه تدوین کنند. این موضوع ضرورت جمع‌آوری و شناسایی فون و فلور عرصه‌های طبیعی و زراعی و باغی را ایجاب می‌کند.

مرحله دوم: اولویت‌بندی گونه‌ها، مکان‌ها و مسیرها: اولویت‌بندی گونه‌ها، مکان‌های مستعد حمله (مثل اسکله ها و بنادر)، مکان‌های حساس به تهاجم (مانند مناطق حفاظت‌شده که گونه‌ها یا زیستگاه‌های موردتهدید دارند) و مکان‌های دارای عملکردهای مهم اکوسیستمی (مانند حوزه‌های آبخیز و زیستگاه‌های ساحلی) برای هرکشوری ضروریست (McGeoch & Squires, 2015).

مرحله سوم: افزایش وضوح داده‌ها: باید داده‌های توزیع‌شده (Distributed data) را، که از نظر مکانی نامتمرکز است و توسط سامانه مدیریت پایگاه داده اداره می‌شود، برای گونه‌های اولویت‌دار ایجاد کرد و وضوح و قدرت تفکیک‌پذیری داده‌های توزیع را برای همه گونه‌های بیگانه در سراسر کشور افزایش داد.

مرحله چهارم: ایجاد شبکه‌ای از محل‌های ردیابی مکرر: باید شبکه‌ای از محل‌های ردیابی طولانی‌مدت، که وقوع گونه‌های بیگانه مهاجم را در مقیاس ملی ثبت می‌کند، ایجاد و هر پنج سال یکبار ردیابی را تکرار کرد.

ده راهکار عملی و راهبردی برای مقابله با گونه‌های بیگانه مهاجم (McNeely, 2001)

۱- ایجاد ظرفیت مدیریت، رسیدگی موفقیت‌آمیز به مسئله گونه‌های بیگانه مهاجم هم به اراده ملی و هم به ظرفیت عمل نیاز دارد. در سطح ملی، برای ایجاد ظرفیت می‌توان از تجربیات سایر کشورها استفاده و مجموعه دستورالعمل‌هایی را برای شناسایی و واکنش به موقع به حضور گونه‌های بالقوه مهاجم طراحی و ایجاد کرد. این موضوع مستلزم فراهم‌کردن: ۱) بودجه قابل‌دسترس برای اقدامات اضطراری، ۲) پشتیبانی نظارتی برای اقدام سریع و ۳) هماهنگی بین‌بخشی برای مواجهه هماهنگ با

اتفاق بد را محدود می‌کند و کاهش می‌دهد. اما زمانی که یک رویداد بد، به ناچار مجاز به ادامه روند تکامل خود است، رویکرد «سازگارسازی» عواقب آن را کاهش می‌دهد. در حالی که دهه‌های زیادی است که با استفاده از روش‌های شناخته‌شده پیشگیری، کاهش خسارت و سازگارسازی، با عمده گونه‌های بیگانه مهاجم، در کشاورزی، جنگل‌داری و بهداشت انسان مقابله می‌شود، اما در استفاده از این روش‌ها، برای مبارزه با گونه‌هایی که زیستگاه‌های طبیعی را تهدید می‌کنند، هنوز در اوایل راه قرار داریم.

در نتیجه کنترل یا ریشه‌کنی گونه‌های بیگانه مهاجم به خودی خود هدف مدیریت نیست، بلکه فقط یک مفهوم است برای دستیابی به اهداف بالاتر، مانند حفظ تنوع زیستی، حفاظت از محیط‌زیست و جلوگیری از ضررهای اقتصادی. عناصر این اهداف، می‌تواند شامل ترمیم زیستگاه (Habitat restoration)، ورود دوباره گونه‌های بومی (Reintroduction of native species) و حفاظت از اکوسیستم‌های به نسبت تخریب‌نشده (Undisturbed ecosystems) باشد که جانشینی طبیعی (Natural succession) را امکان‌پذیر و استفاده پایدار از خدمات اکوسیستم را برای مردم محلی فراهم می‌کند (Alizadeh, 2005).

اهمیت توزیع جهانی اطلاعات در مدیریت بهینه گونه‌های بیگانه مهاجم

وجود یک روش استاندارد برای ردیابی منظم گونه‌های بیگانه و تهاجم‌های بیولوژیک لازم است. در همین رابطه، Latombe و همکاران (۲۰۱۶) سه متغیر ضروری را برای نظارت و ردیابی تهاجم (Invasion Monitoring) شناسایی کردند: ۱- وقوع یا بروز گونه‌های بیگانه، ۲- وضعیت گونه‌های بیگانه و ۳- تأثیر گونه‌های بیگانه (Alien species impact).

در این رویکرد مدولار برای مبارزه با گونه‌های بیگانه مهاجم، باید مراحل زیر اجرا شود:

گونه‌های بیگانه مهاجم است.

۲- ایجاد ظرفیت تحقیق، دانش موجود در مورد گونه‌های بیگانه مهاجم باید بیشتر با رویکرد بین‌بخشی و چندرشته‌ای توسعه یابد. بنابراین باید زیرساخت‌ها، منابع و امکانات برای تحقیق روی گونه‌های بیگانه مهاجم در سطح ملی و منطقه‌ای تقویت شود.

۳- ارتقای اشتراک‌گذاری اطلاعات، اطلاعات قابل توجهی در مورد گونه‌های بیگانه مهاجم در دسترس است (Lowe et al., 2000). با این حال ایجاد یک سیستم اطلاعاتی از پایگاه‌های داده منطقه‌ای و ملی مرتبط در مورد گونه‌های بیگانه مهاجم ضروریست (Cressman & Hodson, 2009).

۴- تدوین سیاست‌ها و ابزارهای اقتصادی، تهاجم گونه‌ها و عوارض سوء اقتصادی آن، بیشتر نتیجه تصمیمات اقتصادی است که برای توجار و واردکنندگان، مزایای اقتصادی قابل توجهی را فراهم می‌کند. در حالی که پیشگیری، ریشه‌کنی، کنترل، کاهش خسارت‌های مربوط به یک تهاجم، برای دولت، هزینه‌های زیادی را بر بودجه عمومی تحمیل می‌کند. بنابراین باید ضمن پذیرفتن مدیریت کلان موضوع توسط دولت، از توان بازارها نیز برای حفاظت استفاده کرد. بنابراین، مسئول ورود گونه‌های مهاجم، باید در قبال هزینه‌هایی که تحمیل می‌کند، مسئولیت‌پذیر باشد.

۵- تقویت چهارچوب‌های حقوقی و نهادی ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی، اقدامات قانونی ملی به صورت واکنشی، موردی و پراکنده، به گونه‌های بیگانه مهاجم، توسط دولت‌های منفرد، هرگز نمی‌تواند برای مدیریت طیف گسترده‌ای از فعالیت‌ها و فرایندهای تولیدکننده گونه‌های مهاجم کافی باشد. هماهنگی و همکاری بین نهادهای مربوطه برای رفع شکاف‌ها، ضعف‌ها و ناسازگاری‌های احتمالی و ایجاد هماهنگی بیشتر بین بسیاری از ابزارهای بین‌المللی که گونه‌های بیگانه مهاجم را بررسی می‌کنند، ضروریست.

۶- ایجاد یک سیستم تجزیه و تحلیل خطرات

زیست‌محیطی، روش‌های تجزیه و تحلیل خطر و ارزیابی اثرهای زیست‌محیطی پیش‌ازاین در بسیاری از کشورها به تصویب رسیده و از وظایف برخی از اسناد بین‌المللی شده است. تجزیه و تحلیل خطر باید برای شناسایی و ارزیابی خطرات مربوط به یک فعالیت پیشنهادی در مورد گونه‌های بیگانه و تعیین اقدامات مناسب باشد که باید اتخاذ شود.

۷- ایجاد آگاهی و تعامل عمومی، مشارکت فعال عمومی، برای مدیریت موفق گونه‌های مهاجم، حیاتی است. این راهبرد برای کمک به دولت‌ها و سازمان‌ها، برای درگیر کردن موفقیت‌آمیز مردم و هماهنگی تلاش‌های‌شان برای دستیابی به بیشترین منافع جهانی در نظر گرفته شده است. دستیابی به این موضوع، نیازمند این موارد است: توسعه کمپین‌های آگاهی عمومی، اجرای پروژه‌های پایلوت مناسب، برای «یادگیری از طریق انجام دادن» (Learning by doing)، مشارکت ذی‌نفعان اصلی، جوامع و همسایگان در خلق و ابداع راه‌حل، به اشتراک گذاشتن تجربیات، با سایر کشورها و سازمان‌ها، از طریق اسناد، تبادلات کارکنان و سایر روش‌ها (Alizadeh Aliabadi, 2009a).

۸- تهیه راهبردها و برنامه‌های اقدام ملی، حل مشکلات ناشی از گونه‌های بیگانه مهاجم فقط برعهده یک وزارت یا یک بخش مدیریت منابع طبیعی نیست. رسیدگی موفقیت‌آمیز به مشکلات گونه‌های بیگانه مهاجم نیز نیازمند همکاری مؤثر میان این مؤسسات و نهادهای مختلف است. بنابراین، ارتقای همکاری و هماهنگی فعالیت‌های سازمان‌های دولتی، در حوزه بهداشت انسان، حیوانات و گیاهان، حمل‌ونقل، جهانگردی، تجارت، مناطق حفاظت‌شده، مدیریت حیات‌وحش، تأمین آب و سایر زمینه‌های مربوط به گونه‌های بیگانه مهاجم، ضروریست.

۹- قراردادن موارد مربوط به گونه‌های بیگانه مهاجم در ابتکارات تغییر اقلیم، در این زمینه انجام موارد زیر ضروریست: بررسی تعاملات بین گونه‌های بیگانه مهاجم

هرچه بیشتر علمی و امکاناتی پُست‌های قرنطینه‌ای از ضروریاتی است که نیل به این اهداف را تسهیل می‌کند (Alizadeh Aliabadi, 2021).

تغییر اقلیم و به‌ویژه گرمایش زمین علاوه بر 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 به دلیل گسترش قارچ *Cylindrocladium boxicola* (فرم غیرجنسی قارچ) و *Calonectria pseudonaviculata* (فرم جنسی قارچ) دو مثال فاجعه‌بار از این دست است. تغییر رژیم کشت از عوامل بعدی وقوع آفات نوپدید در کشور است. بروز آفات و بیماری‌های خسارت‌زا در کشت‌های گلخانه‌ای و توسعه کشت‌های بی‌سابقه یا کم سابقه در مناطق مختلف موجب شیوع آفات نوپدید شده‌اند (Barari et al., 1991; Alavi, 2004).

مقابله با آفات نوپدید نیز باید با تهیه کامل و دقیق فهرست و اهمیت اقتصادی همه بیمارگرها، آفات یا علف‌های هرز موجود شروع و با شناسایی و مشخص کردن آفات، بیمارگرها و علف‌های هرز خطرناک و مهم ادامه یابد. شناسایی، تشخیص سریع، مراقبت و پایش مستمر آفات و بیمارگرها اقدام اساسی و پیشگیرانه بعدی است که باید انجام شود. بازرسی دقیق محموله‌ها در مبادی ورودی، نمونه‌برداری، ردیابی و پی‌جویی منظم و مستمر آفات و بیمارگرهای خطرناک در مزارع، باغ‌ها و عرصه‌های طبیعی، تشخیص سریع آفات جدید و اعلام به موقع گزارش وقوع از اهمیت بالایی برخوردار است. واکنش سریع نهادهای اجرایی، در اعمال و اجرای موازین بهداشت گیاهی، حذف و امحای آفات جدید از اقدامات بعدی است که باید انجام شود. البته هرچه اقدامات پیشگیرانه، به‌موقع و سریع‌تر آغاز و از ورود آفات ممانعت شود، هزینه کمتری برای دولت و دست‌اندرکاران

و سایر عناصر تغییر اقلیم، تعیین کمیّت تأثیرات فعلی و پیش‌بینی‌شده گونه‌های بیگانه مهاجم در مقیاس جهانی و منطقه‌ای، استفاده از سناریوسازی به‌عنوان ابزاری برای درج عدم قطعیت در پیش‌بینی تعاملات بین عناصر مختلف تغییر جهانی و پاسخ به مسائل مربوط به تغییرات جهانی بدون افزایش خطرات ناشی از گونه‌های بیگانه مهاجم.

۱۰- ارتقای همکاری‌های بین‌المللی، توسعه همکاری بین‌بخشی بین سازمان‌های بین‌المللی درگیر در تجارت، گردشگری و حمل‌ونقل، ایجاد هماهنگی و پیوند در بین نهادهای بین‌المللی که با مسائل بهداشتی، ایمنی‌زیستی و تنوع‌زیستی و توسعه برنامه‌های کار مشترک در میان کنوانسیون‌های مربوطه، باید مورد توجه قرار گیرند.

## نتیجه‌گیری

به‌طورکلی علل بروز آفات نوپدید گیاهی را می‌توان به عوامل مختلفی ازجمله: ورود گونه یا تیپ آفت یا بیمارگر جدید، تجارت جهانی و سفر، تغییر اقلیم، شیوه‌های کشاورزی، جهانی‌سازی، شکست مقاومت، هیبریداسیون بین گونه‌ای، مهندسی ژنتیک، فعالیت‌های انسانی و ورود ناقلان عوامل خسارت‌زا نسبت داد. سهم هریک از این عوامل در بروز آفات نوپدید متفاوت است. در مجموع، 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 (Alizadeh Aliabadi, 2017d)، محموله‌های وارداتی اعم از کشاورزی و صنعتی و غیره بوده است. بدیهی است هر قدر واردات محصولات کشاورزی و محموله‌های صنعتی (پالت‌های چوبی) قانونمندتر و براساس ضوابط و مقررات بهداشت نباتی و قرنطینه گیاهی انجام شود (Alizadeh Aliabadi, Alizadeh Aliabadi, 2011c; 2014b)، ورود و بروز این آفات از این طریق به حداقل خواهد رسید. البته توانمندسازی، تقویت قانونی و تجهیز

### سیاسگزاری

از مسئولان و دست‌اندرکاران مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی و مؤسسه تحقیقات جنگلها و مرتع کشور، که زمینه این مطالعه را فراهم کردند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

به‌دنبال دارد. پس از ورود عامل نیز اگر شناسایی و گزارش وقوع، به‌موقع انجام شود، امکان جلوگیری از گسترش آن، یا امحای آن، با هزینه کمتری وجود دارد. در صورت شکست در دو مرحله پیشین، تنها راه پیش‌رو، مدیریت و کنترل آن آفت مهاجم است، که هزینه بسیار زیادی را طی سالیان دراز بر کشور تحمیل می‌کند.

### References

- Alavi, J., 2004. Report on the small pollinator beetle Nitidulidae.: Col *Fabricius aeneus* Meligethes, a pest of rapeseed fields in Golestan province. Abstracts of the 16th Iranian Plant Research Congress, University of Tabriz, p. 111.
- Alizadeh Aliabadi, A., 2009a. The Jihadi culture role in strengthening passive defense. Selected articles of the Second National Conference on Jihadi Culture and Management. Ministry of Agricultural Jihad, June 2009, pp. 15-145 (In Persian).
- Alizadeh Aliabadi, A., 2009b. A study on wood import situation and solutions to facilitate it in Iran. Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 7(1): 15-25 (In Persian).
- Alizadeh Aliabadi, A., 2009c. Citrus Greening caused by *Candidatus Liberibacter* spp. Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization. Agricultural Education Publication, 232p (In Persian).
- Alizadeh Aliabadi, A. 2010. Culture Collections of Plant-Related Prokaryotes: Valuable Treasures of Science and Technology. Iranian Research Institute of Plant Protection. Agricultural Research, Education and Extension Organization, 74 p (In Persian).
- Alizadeh Aliabadi, A., 2014a. Emerging pests: a growing threat to natural and agricultural ecosystems. Journal of Agricultural Extension, 8(11): 1-15 (In Persian).
- Alizadeh Aliabadi, A., 2014b. The role of plant quarantine in the management of emerging pests and invasive alien species. Iranian Research Institute of Plant Protection. Agricultural Research, Education and Extension Organization, 195 p (In Persian).
- Alizadeh Aliabadi, A., 2016. Comprehensive Management Plan for Citrus Greening Disease. Iranian Research Institute of Plant Protection. Agricultural Research, Education and Extension Organization. No. 51301, 180 p (In Persian).
- Alizadeh Aliabadi, A., 2019. Bioterrorism against crops. Iranian Research Institute of Plant Protection. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Asrar Alam Publications. No. 56449, 25 p (In Persian).
- Alizadeh Aliabadi, A., 2021. A review of the invasive alien species role in biodiversity loss and how to manage them coordinately at the national and international level. Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 19 (2): 231-250 (In Persian).  
<https://doi.org/10.22092/IJFRPR.2021.353506.1466>
- Alizadeh Aliabadi, A. and Ghasemi, A., 2018. Detection plan for greening agent bacteria in the body of Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama in the Orzoiyeh, Jiroft and Kahnouj regions. Iranian Research Institute of Plant Protection. Agricultural Research, Education and Extension Organization. No. 53336, 26 p (In Persian).
- Alizadeh Aliabadi, A., 2003. Biological attacks on agricultural products, a new challenge to plant protection. Plant Protection Organization of Iran. Agricultural Education Publication, 105p (In Persian).
- Alizadeh Aliabadi, A., 2004. Citrus Greening: a serious threat to citrus orchards and nurseries of Iran. Olive Journal, 205: 14-8 (In Persian).
- Alizadeh Aliabadi, A., 2005. Forests as a systematic and comprehensive models in pest management and sustainable development. The National Conference on the Future of Iran's Forests, Karaj, 2-4 March 2005, pp. 99-114 (In Persian).
- Alizadeh Aliabadi, A., 2008. Plant pathologists role in strengthening passive defense in agricultural sector. Conference on Threats and Biosafety in Iranian Agriculture, December 1387, pp. 1-8 (In Persian).
- Alizadeh Aliabadi, A., 2011a. Biological threats to plants: goals, tools and capabilities. Conference on Threats and Biosafety in Iranian Agriculture, December 1387, pp. 9-21 (In Persian).
- Alizadeh Aliabadi, A., 2011b. Biotechnology and

- terrorism. The Second National Conference on Passive Defense of the Ministry of Jihad Agriculture, July 28-29, Tehran, Olympic Hotel, pp. 376-366 (In Persian).
- Alizadeh Aliabadi, A., 2011c. Plant quarantine: the most important passive defense principle against agrobioterrorism. The Second National Conference on Passive Defense of the Ministry of Jihad Agriculture, July 28-29, Tehran, Olympic Hotel. pp. 376-366 (In Persian).
  - Alizadeh Aliabadi, A., 2011d. The role of biological control in reducing biological threats. National Conference and Festival on the Development of Biological Control in Iran. 6-5 August, Tehran, pp. 122-113 (In Persian).
  - Alizadeh Aliabadi, A., 2017a. Detection of citrus greening disease in citrus orchards and nurseries of Iran. Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization. Agricultural Education Publication, 32p (In Persian).
  - Alizadeh Aliabadi, A., 2017b. Removal methods of infected citrus greening trees. Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization. Agricultural Education Publication, 20p (In Persian).
  - Alizadeh Aliabadi, A., 2017c. How to collect and identify infected plants with citrus Greening disease. Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization. Agricultural Education Publication, 24p (In Persian).
  - Alizadeh Aliabadi, A., 2017d. Production of healthy seedlings free from citrus greening agent. Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization. Agricultural Education Publication, 20p (In Persian).
  - Alizadeh Aliabadi, A., 2017e. Role and applications of passive defense measure in Iran's agricultural sector. Sun Publications, 560p (In Persian).
  - Alizadeh Aliabadi, A. and Rahimian, H., 1990. Citrus canker in Kerman Province. Iranian Journal of Plant Pathology, 26: 42 (In Persian).
  - Alizadeh Aliabadi, A., Foroutan, A. and Golmohamadi, M., 2010. Occurrence of citrus greening caused by *Candidatus Liberibacter asiaticus* in Sistan-Baluchestan province. 19th Iranian Plant Protection Congress. 31 July-3 August 2010. Tehran. IRAN. p. 525 (In Persian).
  - Alizadeh Aliabadi, A., Ghasemi, A., Salehi M., Faghihi, M. and Foroutan, A., 2018. Identification and determination of the distribution of the agent of citrus greening disease in Iran. Iranian Research Institute of Plant Protection. Agricultural Research, Education and Extension Organization. No. 44237, 38 p (In Persian).
  - 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.
  - Baker, R.E., Mahmud, A.S., Miller, I.F., Rajeev, M., Rasambainarivo, F., Rice, B.L. and Metcalf, C.J.E., 2022. Infectious disease in an era of global change. Nature Reviews Microbiology, 20(4): 193-205. <https://doi.org/10.1038/s41579-021-00639-z>.
  - Barari, H., Kayhanian, A.A., Mafi Pashakalai, Sh. and Vali-ol-lahpour, R., 1991. Damage assessment of the small pollinator beetle *Meligethes aeneus* (Col.: Nitidulidae) on rapeseed in Mazandaran Province, Second National Conference on Pest Control Management, Kerman.
  - Bar-Joseph, M., 1979. The closteroviruses: a distinct group of elongated plant viruses. Advances in Virus Research, 25: 93-168.
  - 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. <https://doi.org/10.1038/nclimate1990>.
  - Behdad, A., 1996. Encyclopedia of Iranian Plant Pathology, Yadbood, 3: 37-20.
  - 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.
  - 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.
  - 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.
  - 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, 00: 1- 14. <https://doi.org/10.1111/tbed.14009>
  - Bruns, H.A., 2017. Southern corn leaf blight: a story

- worth retelling. *Agronomy Journal*, 109(4): 1218-1224.
- Cabi, 2018. *Ophiostoma ulmi* Dutch elm disease. [www.cabi.org](http://www.cabi.org) Retrieved 2018-12-12.
  - Coakley, S.M., Scherm, H. and Chakraborty, S., 1999. Climate change and plant disease management. *Annual Review of Phytopathology*, 37: 399-426.
  - Cressman, K. and Hodson, D., 2009. Surveillance, Information Sharing and Early Warning Systems for Transboundary Plant Pests Diseases: the FAO Experience. *Arab Journal of Plant Protection*, 27: 226-232.
  - Crews, T.E., Carton, W. and Olsson, L., 2018. Is the future of agriculture perennial? Imperatives and opportunities to reinvent agriculture by shifting from annual monocultures to perennial polycultures. *Global Sustainability*, 1, e11. <https://doi.org/10.1017/sus.2018.11>
  - D'Arcy, C.J., 2000. Dutch elm disease. The Plant Health Instructor. <https://www.apsnet.org/>. <https://doi.org/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](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.
  - FAO. 2021. Climate Change Fans Spread of Pests and Threatens Plants and Crops. new FAO study.
  - 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>
  - Fisher, M.C., Henk, D.A., Briggs, C.J., Brownstein, J.S., Madoff, L.C., McCraw, S.L. and Gurr, S.J., 2012. Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health. *Nature*, 484(7393): 186-194. <https://doi.org/10.1038/nature10947>
  - Garrett, K.A., Jumpponen, A. and GomezMontano, L., 2010. Emerging plant diseases: what are our best strategies for management? In: Kleinman, EL, JA Delborne, KA Cloud-Hansen and J. 66 Handelsman (eds.). *Controversies in Science and Technology*, 3: 152-160.
  - Gottwald, T.R., Graham, J.H. and Schubert, T.S., 2002. Citrus canker: the pathogen and its impact. *Plant Health Progress*, <https://doi.org/10.1094/PHP-2002-0812-01-RV>.
  - Hickel, J., 2019. The contradiction of the sustainable development goals: Growth versus ecology on a finite planet. *Sustainable Development*, 27(5): 873-884. <https://doi.org/10.1002/sd.1947>
  - 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*, 19(1). <https://doi.org/10.19080/ARTOAJ.2018.19.556081>.
  - Latombe, G., Pyšek, P., Jeschke, J., Blackburn, T., Bacher, S., Capinha, C., Costello, M., Fernández, M., Gregory, R., Hobern, D., Hui, C., Jetz, W., Kumschick, S., McGrannachan, C., Pergl, J., Roy, H., Scalera, R., Squires, Z., Wilson, J. and McGeoch, M., 2016. A vision for global monitoring of biological invasions. *Biological Conservation*, 213: 295-308. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.06.013>
  - Lederberg, J., 1992. Emerging Infections: Microbial Threats to Health in the United States. In: Lederberg, J., Shope, R. E., Stanley, C., and Oaks, Jr., (Eds.). *Institute of Medicine (US) Committee on Emerging Microbial Threats to Health*, Washington (DC): National Academies Press (US). <https://doi.org/10.17226/2008>
  - Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S. and De Poorter, M., 2000. 100 of the World's Worst Invasive Alien Species. A Selection from the Global Invasive Species Database. The Invasive Species Specialist Group (ISSG), 12 p.
  - 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 p.
  - McGeoch, M.A. and Squires, Z. 2015., An Essential Biodiversity Variable approach to monitoring biological invasions: Guide for Countries. *GEO BON Technical Series*, 2: 13 pp.
  - McNeely, J.A., 2001. The Great Reshuffling: Human Dimensions of Invasive Alien Species. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 242p.
  - Meng, P.S., Hoover, K. and Keena, M.A., 2015. Asian Longhorned Beetle (Coleoptera: Cerambycidae), an Introduced Pest of Maple and Other Hardwood Trees in North America and Europe, *Journal of Integrated Pest Management*, 6(1): <https://doi.org/10.4.10.1093/jipm/pmv003>
  - Mirabolfathy, M., 2013. Outbreak of charcoal disease on *Quercus* spp. and *Zelkova carpinifolia* trees through Zagros and Alborz mountains forests in Iran. *Iranian Journal of Plant Pathology*, 49: 257-263 (In Persian).
  - Mirabolfathy, M., Ahangaran, Y., Lombard, L. and Crous, P.W., 2013. Leaf blight of *Buxus sempervirens* in northern forests of Iran caused by *Calonectria pseudonaviculata*. *Plant Diseases*, 97(8): 1121-1122.

- 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.
- 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.
- 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*, 2021; <https://doi.org/10.34172/ijhpm.2021.13>
- Peace, T., 1960. The status and development of elm disease in Britain. *Forestry Commission Bulletin*, 33: 1-44.
- 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.
- 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 (23): e2022239118
- Rizzo, D.M., Lichtveld, M., Mazet, J.A., Togami, E. and Miller, S.A., 2021. Plant health and its effects on food safety and security in a One Health framework: Four case studies. *One health outlook*, 3: 1-9.
- Savary, S., Willocquet, L., Pethybridge, S. J., Esker, P., McRoberts, N. and Nelson, A., 2019. The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nature Ecology and Evolution*, 3(3): 430-439. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y>
- Shivanna, K.R., 2022. Climate change and its impact on biodiversity and human welfare. *Proceedings of the Indian National Science Academy*, 88(2): 160-171. <https://doi.org/10.1007/s43538-022-00073-6>
- Skendžić, S., Zovko, M., Živković, I.P., Lešić, V. and Lemic, D., 2021. The Impact of Climate Change on Agricultural Insect Pests. *Insects*, 12: 440. <https://doi.org/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. <https://doi.org/10.7554/elife.56279.sa2>
- 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. <https://doi.org/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>
- Tavakoli, M., Hosseini-Chegeni, A. and Khaghaninia, S., 2018. The first report of Gypsy moth, *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) outbreak from northern Zagros forests and its identification using COI gene in Iran. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 16(2): 207-218 (In Persian). <https://doi.org/10.22092/IJFRPR.2019.118692>