DOI: 10.22092/irn.2024.132105

دیدگاه

گیاه‌پزشکی جنگل‌ها و مراتع و لزوم تغییر انگاره‌های رایج

علی علیزاده علی‌آبادی*

مقدمه

به‌تازگی شاهد چالش‌های مهمی در حوزه گیاه‌پزشکی جنگل‌ها و مراتع هستیم. بروز خشکیدگی و زوال تدریجی درختان جنگلی و نیز شیوع آفات و عوامل بیمارگر نوپدید، نوظهور و بازپدید، چهره زیبای جنگل‌های زاگرس و هیرکانی را تغییر داده و باعث نگرانی‌های جدی در مردم، مسئولین و کارشناسان ذی‌ربط شده است. این امر، توقع و انتظار مردم و مسئولین را برای مبارزه و کنترل سریع آنها برانگیخته است و مقابله با این عوارض را به‌طور جدی پیگیری می‌کنند. کارشناسان و دست‌اندرکاران مرتبط با موضوع هم با انجام تلاش‌های زیاد و صرف هزینه‌های هنگفت، سعی در کنترل و مهار آنها دارند، اما متأسفانه در بیشتر موارد، باوجود اختصاص بودجه‌های قابل‌توجه به این امر، موفقیت‌های چشمگیری حاصل نشده و هیچگونه تأثیر مطلوبی از اقدامات کنترلی به دست نیامده است.

در کمال ناباوری، با گذشت زمان، بسیاری از این طغیان‌ها و چالش‌های گیاه‌پزشکی در عرصه‌های منابع طبیعی، خودبه‌خود، کنترل می‌شود و شرایط پس از مدتی به قبل از بروز چالش باز می‌گردد. متأسفانه از این روندها، تجربه لازم کسب نشده است و از شکست در اقدامات کنترلی و بازیابی طبیعی جنگل‌ها و مراتع، درس لازم گرفته نمی‌شود و در سال‌های بعد نیز با بروز و شیوع عاملی دیگر، دوباره همان هزینه‌های هنگفت، صرف و عدم دستیابی به نتیجه مطلوب تکرار می‌شود. شاید یکی از علل اساسی این چرخه معیوب مدیریتی، طرز تلقی ما از گیاه‌پزشکی جنگل باشد. شاید یکی‌دانستن مؤلفه‌ها و مقوله‌های گیاه‌پزشکی جنگل‌ها و مراتع با گیاه‌پزشکی حوزه‌های زراعی و باغی، مهم‌ترین عامل این امر باشد. گویا گیاه‌پزشکان منابع طبیعی نیز به تبعیت از گیاه‌پزشکان حوزه‌های زراعی و باغی، هرگاه عارضه‌ای را در عرصه‌های جنگلی و مرتعی مشاهده نمایند، ابتدا عامل خسارت‌زا را شناسایی و سپس روش‌های کنترل و مدیریت آن عوامل را تعیین می‌کنند و درنهایت و در اسرع وقت، اقدامات کنترلی را در دستور کار خود قرار می‌دهند و انتظار حصول نتیجه را در کوتاه‌ترین زمان دارند.

یکسان‌پنداری گیاه‌پزشکی جنگل‌ها و مراتع با گیاه‌پزشکی حوزه‌های زراعی و باغی، باعث صرف هزینه‌های هنگفت مالی و زیست‌محیطی برای مبارزه با عوامل خسارت‌زا در جنگل‌ها و مراتع شده است و به‌دلایل متعدد ازجمله نبود کارایی کافی ترکیبات مورداستفاده، عدم شمول جغرافیایی کافی منطقه تیمارشده و عدم کاربرد درست و به‌موقع ترکیبات، بدون حصول نتیجه‌ای ملموس، مطلوب و پایدار به پایان رسیده است.

این یکسان‌پنداری گیاه‌پزشکی جنگل‌ها و مراتع با گیاه‌پزشکی حوزه‌های زراعی و باغی، باعث صرف هزینه‌های هنگفت مالی و زیست‌محیطی برای مبارزه با عوامل خسارت‌زا در جنگل‌ها و مراتع شده است و به‌دلایل متعدد ازجمله نبود کارایی کافی ترکیبات مورداستفاده، عدم شمول جغرافیایی کافی منطقه تیمارشده و عدم کاربرد درست و به‌موقع ترکیبات، بدون حصول نتیجه‌ای ملموس، مطلوب و پایدار به پایان رسیده است.

در این تحلیل، چگونگی مقابله با این رویه‌های غلط و غیرکارشناسی در منابع طبیعی، تغییر پارادیم، مفاهیم و نوع نگرش ما به گیاه‌پزشکی منابع طبیعی، به‌عنوان شاه‌کلید حل چالش‌های پیش‌رو، بحث و بررسی شده است.

آسیب‌شناسی جنگل به‌عنوان شاخه‌ای از جنگل‌داری، نه گیاه‌پزشکی

آسیب‌شناسی جنگل (Forest pathology)، ریشه‌های مشترک آشکاری با آسیب‌شناسی گیاهی (Plant pathology) دارد، اما به‌سادگی یکی از تخصص‌های آن نیست. باید آسیب‌شناسی

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

جنگل به‌عنوان یک تخصص از علم جنگل‌داری (Forest-ry)، با رویکردی اکولوژیکی مطرح شود نه شاخه‌ای از علم آسیب‌شناسی گیاهی (Desprez-Loustau *et al.*, 2015).

آسیب‌شناسی جنگل ازنظر تاریخی بر رویکردی اکولوژیکی (Ecological approach) برای درک و درنهایت مدیریت عملی آفات و بیماری‌های جنگلی تکیه کرده است. مقیاس‌های طولانی‌مدت، تنوع (Diversity) و ناهمگونی (Heterogeneity) از ویژگی‌های بارز جنگل‌ها، هم در بعد بیولوژیکی و هم ازنظر اجتماعی – اقتصادی آنهاست (Desprez-Loustau *et al.*, 2015). یک رویشگاه جنگلی، متشکل از تعدادی بی‌شمار، متنوع و ناهمگن از گونه‌های غیراهلی درختان، درختچه‌ها و بوته‌های جنگلی و نیز فون و فلور بسیار غنی از بندپایان، بی‌مهرگان، مهره‌داران و سایر جانوران، در کنار انبوهی از میکرو و ماکروارگانیسم‌های متنوع و گوناگون است. این تنوع پیچیده و متکثر، با نظم و پایداری بسیار مستحکمی به‌عنوان یک اکوسیستم، به‌طرز باشکوهی در تعادل و توازن تحسین‌برانگیزی به حیات خود ادامه می‌دهد.

با ورود یک عامل زنده خارجی به داخل این اکوسیستم‌های غنی، همانند اکوسیستم‌های زراعی و باغی، ناگهان دستخوش تغییرات غیرطبیعی و افزایش سریع جمعیت آن آفت خاص نخواهد شد. ورود تعمدی یا غیرتعمدی یک عامل جدید به چنین اکوسیستم‌هایی، تعادل جمعیت فون و فلور آن اکوسیستم را به هم نخواهد زد، بلکه موجود تازه‌واردشده، در مبارزه‌اش با ارگانیسم‌های متنوع رقیب، پارازیت و شکارگر موجود در آن اکوسیستم، یا به‌طور کامل شکست خورده و از بین خواهد رفت، یا در این رویارویی، موفق به داشتن جمعیتی ناچیز و کنترل‌شده و در تعادل با سایر اعضاء خواهد شد که این جمعیت نه تعادل طبیعی منطقه را برهم خواهد زد و نه خسارت بالایی به اعضای اصلی جنگل یا مرتع وارد خواهد نمود.

درنتیجه، آسیب‌شناسی جنگل، باید در چهارچوب علم جنگل‌داری، با رویکردی اکولوژیکی مورد توجه قرار گیرد نه شاخه‌ای از علم آسیب‌شناسی گیاهی که برای مدیریت عوامل زنده خسارت‌زای اکوسیستم‌های زراعی و باغی ایجاد شده است.

ضرورت تقویت دیدگاه "اکولوژی تکاملی" در عرصه‌های جنگلی و مرتعی

براساس آنچه گفته شد، به نظر می‌رسد تنها راه مواجهه با آفات و عوامل بیماری‌زا در جنگل‌ها و مراتع، توجه و تقویت دیدگاه اکولوژی تکاملی (Evolutionary ecology perspective) در این عرصه‌ها باشد. بوم‌شناسی تکاملی، حوزه‌ای از علم است که تنوع زیستی را به‌عنوان نتیجه «تکامل» و «اکولوژی» مطالعه می‌کند. هدف آن توضیح توزیع (Distributions)، فراوانی (Abundance) و ویژگی‌های موجودات از فرایندهای تاریخی (Historical) و معاصر (Contempo-rary) است.

تئوری تکاملی در دو حوزه اصلی وارد اکولوژی شده است: تکامل ویژگی‌های گونه‌ها و چگونگی تغییر آنها به‌شیوه‌ای قابل پیش‌بینی و تکامل هم‌زمان گونه‌های متقابل، مانند تکامل حدت بیماری و مقاومت در برهم‌کنش‌های میزبان و بیمارگر. اکولوژی تکاملی در نقطه اشتراک «اکولوژی» و «زیست‌شناسی تکاملی» قرار دارد. اکولوژی تکاملی دارای رویکردی برای مطالعه «اکولوژی» است که به صراحت، تاریخ تکامل گونه‌ها و تعاملات بین آنها را بررسی می‌کند. از سوی دیگر، می‌توان آن را رویکردی برای مطالعه «تکامل» دانست که درک تعاملات بین گونه‌های موردبررسی را در طول زمان دربرمی‌گیرد. زیرشاخه‌های اصلی اکولوژی تکاملی عبارتند از: تکامل تاریخ زندگی (Life history evolution)، زیست‌شناسی اجتماعی (Sociobiology) (یا تکامل رفتار اجتماعی)، تکامل تعاملات بین‌گونه‌ای [مانند همکاری (Cooperation)، تعاملات شکار، شکارچی (Predator–prey Interaction)، پارازیتیسم (Parasitism) و متقابل‌گرایی (Mutualism) و تکامل تنوع زیستی و تکامل جوامع بوم‌شناختی (Ecological communities)].

بوم‌شناسی تکاملی عمدتاً دو چیز را در نظر می‌گیرد: اینکه چگونه گونه‌ها با تعامل با یکدیگر (هم بین گونه‌ها و هم درون گونه‌ها و هم محیط اطراف)، از طریق انتخاب و سازگاری، شکل می‌گیرند؟ و پیامدهای این تغییرات تکاملی حاصل‌شده چیست؟.

چهار اصل در تکامل وجود دارد که عبارتند از: تنوع (Variation)، وراثت (Inheritance)، انتخاب (Selection) و زمان (Time). اینها اجزای مکانیسم تکاملی انتخاب طبیعی در نظر گرفته می‌شوند.

دیدگاه اکولوژی تکاملی می‌تواند به رفع چالش‌هایی مانند افزایش تأثیرات انسانی بر جنگل‌ها، ازجمله جابه‌جایی ناخواسته آفات و عوامل بیماری‌زا، تغییرات آب‌وهوایی، مزارع فشرده در مقیاس بزرگ (که با نرخ بی‌سابقه‌ای از بیماری‌های جدید همراه است) کمک کند و سمت‌وسوی مدیریت پایدار جنگل را فراهم کند.

آسیب‌شناسی جنگل ازنظر تاریخی بر رویکرد اکولوژیکی برای درک و رسیدگی به مدیریت عملی آفات و بیمارگرهای جنگلی تکیه کرده است. گسترش این دیدگاه، ملاحظات تکاملی را به‌طور فزاینده‌ای در پاسخ به افزایش نرخ تغییرات ژنتیکی در جمعیت‌های آفات و بیمارگرهای جنگلی به‌علت فعالیت‌های انسانی توسعه داده است.

تنوع تکاملی (Evolutionary diversity) گونه‌ها، که به مسائل مرتبط با تعامل مستمر و طویل‌المدت گونه‌ها با یکدیگر و تأثیر و تأثرهای میان آنها (که ممکن است به بروز تنوع بیشتر در آنها بیانجامد) و جایگاه‌های اکولوژیک آنها مربوط می‌شود و نیز فرایندهای تکاملی (Evolution-ary processes)، که به آفات و بیمارگرهای جنگلی اجازه می‌دهد تا پس از ورود به این محیط‌ها با میزبان‌های جدید خود سازگار شوند (برخلاف آنچه که در مزارع یکپارچه، متراکم و وسیع رخ می‌دهد، در این عرصه‌ها آفات و بیمارگرها به‌صورت مهاجم و به‌شدت خسارت‌زا ظاهر می‌شوند)، ازجمله موضوعات مهمی هستند که در این رویکرد به‌طور جدی به آنها توجه می‌شود.

بسیاری از مطالعات اخیر درمورد آسیب‌شناسی جنگل، زمینه‌های تکاملی دارند (Hayden *et al*., 2011؛ Cruik-shank and Jaquish, 2014؛ Franceschini *et al*., 2014). بااین‌حال، هنوز دیدگاه تکاملی به اندازه کافی برای مدیریت بیماری‌های جنگلی مورد تأکید و اعمال قرار نگرفته است.

یک دیدگاه اکولوژی تکاملی می‌تواند درک ما را از بیماری‌های جنگلی بهبود بخشد و حتی تغییر دهد. این تغییر می‌تواند در تصمیمات ما برای مدیریت آفات و عوامل بیماری‌زا و روش‌های حل چالش‌های امروز و فردای ما بسیار تأثیرگذار باشد. دانش به‌دست‌آمده در چهارچوب نگاه تکاملی می‌تواند توصیه‌هایی را برای آسیب‌شناسی جنگل در آینده، هم از منظر دانشگاهی و هم از منظر کاربردی تولید کند. بنابراین، در این رویکرد، زیست‌شناسی تکاملی (Evolutionary biology) و بوم‌شناسی (Ecology) به‌عنوان دو حوزه مستقل و جدای از هم نیستند، بلکه مکمل یکدیگرند. درواقع، زیست‌شناسی تکاملی مفاهیم و روش‌هایی را برای درک تنوع و ویژگی‌های سازگاری موجودات فراهم می‌کند. بنابراین، در آسیب‌شناسی جنگل هیچ چیز معنی ندارد، جز در پرتوی تکامل (Varki, 2012).

آفات و بیمارگرها، بازیگران کلیدی اکوسیستم‌های طبیعی

آسیب‌شناسان جنگل به‌طور عمده به اکولوژی آفات و بیمارگرها و نحوه تعامل آنها با میزبانان‌شان (مانند اکولوژی پارازیتیسم Ecology of parasitism) می‌پردازند. در این دیدگاه اکوسیستمی، آفات و بیمارگرها دیگر «دشمن» نیستند، بلکه بازیگران کلیدی (Key actors) تکامل و بوم‌شناسی جوامع محلی و به‌طورکلی سلامت اکوسیستم هستند (Gilbert, 2002؛ Hudson *et al*., 2006؛ Ostry and Laflamme, 2009).

در آغاز قرن بیست و یکم، پل مانیون (۲۰۰۳) در مقاله‌ای با عنوان Evolution of Concepts in Forest Pathology برخی از مفاهیم را در آسیب‌شناسی جنگل مطرح کرد، به‌طوری‌که طرز تفکر درمورد آفات و عوامل بیمارگر و مدیریت عملی آنها را دستخوش تغییر و اصلاح کرد. وی معتقد است جنگل‌ها برای بقا و پویایی خود به مقدار سالمی از بیماری (Healthy amount of disease) نیاز دارند. وی تلقی «آفات و بیماری‌ها به‌عنوان شرایط ناسالم در جنگل‌ها» را تغییر داد و نگاه منفی به آفات و بیماری‌ها را در جنگل‌ها به نگاهی مثبت نسبت به آنها تبدیل کرد. تاجایی‌که وی جنگل‌ها را نیازمند به میزان سالمی از آفات و بیماری دانست. وی معتقد است، وجود آفات و بیمارگرها در میزانی مشخص و محدود برای اصلاح و تنک‌کردن جنگل‌ها، برای زنده‌مانی و رشد و توسعه مطلوب سایر درختان ضروری و لازم هستند. همان‌گونه که در داستان پرنده افسانه‌ای، تداوم حیات پرنده در مرگ و سوختن آن است، وی تداوم حیات جنگل را مستلزم مرگ تعدادی از درختان می‌داند، اما بر خلاف جایگزینی یک پرنده جدید به ازای یک پرنده قربانی، در پرنده افسانه‌ای، وی حیات جنگل، به‌عنوان یک سیستم را در مرگ سیستماتیک بخش‌هایی از این سیستم در طول زمان می‌داند. وی آنچه کاهش تعداد درختان منفرد و مرگ سیستماتیک بخش‌هایی از سیستم جنگل را در طول زمان تسهیل می‌کند، تمامی عوامل ایجادکننده عارضه و بیماری به معنای بسیار گسترده و اعم آن تعریف می‌کند که شامل هر عاملی می‌شود که ممکن است بر بقای یک درخت منفرد تأثیر منفی بگذارد. وی آفات و بیمارگرها را به‌عنوان تنظیم‌کننده‌ها (Regulators)، پایان‌دهنده‌ها (Terminators) و عوامل بازیابی منابع (Resource recovery agents)، عوامل اصلی اکولوژیکی در مرگ حساب‌شده تعداد زیادی از درختان معرفی می‌کند. بنابراین، ازنظر وی، جنگل در طول زمان، توسط «مقدار سالمی از بیماری» حفظ می‌شود (Manion, 2003).

پس از آن، دیدگاه «اکولوژی تکاملی» در مقاله‌ای از سوی برخی از پژوهشگران مؤسسه تحقیقات کشاورزی اینرا در فرانسه با عنوان "An evolutionary ecology perspective to address for-est pathology challenges of today and tomorrow" مطرح، حمایت و به رسمیت شناخته شد (Desprez-Loustau *et al*., 2015).

در این دیدگاه، تغییرات جهانی (Global change) در تمام ابعاد آن، ازجمله تغییرات آب‌وهوایی (Climate change)، تسریع تجارت جهانی (Global trade)، تخریب زیستگاه‌ها (Habitat destruc-tion) و سایر اثرات ناشی از انسان بر محیط‌زیست نیز به رسمیت شناخته شد. این دیدگاه در ۱۵ سال گذشته عمیقاً بر همه عرصه‌های علم و جامعه تأثیر گذاشته است.

پس به‌طور خلاصه، در نگاه اکولوژی تکاملی به جنگل‌ها و مراتع، نخست، «گیاه‌پزشکی جنگل» حوزه‌ای است از علم اکولوژی جنگل و جنگل‌داری نه علم آسیب‌شناسی گیاهی. دوم، آفات و بیمارگرهای جنگل‌ها و مراتع، نه به‌عنوان عوامل خسارت‌زا و دشمن، بلکه به منزله جزئی از جامعه متنوع، پیچیده و غنی جنگل محسوب می‌شوند. سوم،

از لحاظ بقا، پایداری و پویایی مطلوب سیستم جنگل‌هاو مراتع، حتی وجود میزان قابل‌قبولی از آفات و بیمارگرها ضروری و لازم است و چهارم، گیاه‌پزشکان جنگل و مرتع در چهارچوب این دیدگاه، جملگی مطالعات خود را صرف شناخت غنای گونه‌ای، تنوع زیستی، تعامل بین و درون گونه‌ای، چگونگی سازگاری و ایجاد تعادل بین گونه‌ها، عوامل مؤثر در افزایش میزان خسارت آفات و بیمارگرها، شناسایی دینامیسم‌های تکامل مشترک آفات و بیمارگرها و میزبانان‌شان خواهند نمود.

مدیریت واقع‌بینانه ناهنجاری‌های جنگل‌ها و مراتع در چهارچوب نگاه اکولوژی تکاملی

نکته و واقعیت مهم و تعیین‌کننده‌ای که می‌تواند دیدگاه اکولوژی تکاملی را تحت تأثیر قرار دهد، این است که درواقع ما (از منظر بهره‌برداری) با حداقل سه رژیم و شیوه مدیریت و تعامل با جنگل‌ها مواجه هستیم که هریک دارای خصوصیات ویژه‌ای هستند، به‌طوری‌که امکان برخورد یکسان با هر سه آنها را غیرممکن می‌سازد.

درحال‌حاضر سه نوع شیوه مدیریتی، از لحاظ نوع استفاده و بهره‌برداری از جنگل‌ها در کشور ما وجود دارد:

الف) شیوه مدیریتی حفاظتی (Conservation)

در این شیوه، همه تلاش برای حفاظت از جنگل‌ها، بدون نگاه انتفاعی و هرگونه بهره‌برداری انجام می‌شود. هدف اصلی طرح تنفس، که درحال‌حاضر به‌طور ناقص در حال اجراست، اجرای همین شیوه مدیریتی بوده است.

ب) شیوه مدیریتی بهره‌برداری (Productivity)

در این شیوه ضمن تلاش برای حفاظت از جنگل‌ها، تلاش می‌شود در چهارچوب اصول علمی و در قالب طرح‌های خاص بهره‌برداری از جنگل، چوب تعدادی از درختان برداشت و براساس روش‌های علمی، نسبت به واکاری و احیای مناطق برداشت‌شده اقدام نمود.

ج) شیوه مدیریتی تولیدی (زراعت چوب)

در این روش، عرصه‌هایی مناسب برای کاشت یک گونه شایسته تولید چوب که دارای چوب مطلوب و سریع‌الرشد باشد، انتخاب می‌شود و آن عرصه به‌صورت تک‌کشتی به زیر کشت آن محصول می‌رود.

بدیهی است اصول حاکم بر نگاه اکولوژی تکاملی به جنگل‌ها و مراتع و رعایت کامل آنها تنها در عرصه‌هایی امکان‌پذیر است که به‌صورت حفاظتی مدیریت می‌شوند. رعایت این اصول در عرصه‌هایی که به‌صورت بهره‌بردارانه مدیریت می‌شوند، مشکل‌تر خواهد بود. شیوه مدیریتی تولیدی (زراعت چوب)، همان‌طور که از نامش پیداست، نزدیک‌ترین روش به زراعت و باغبانی است و تنها با لحاظ برخی دقت‌ها و احتیاطات بهداشتی و زیست‌محیطی، ممکن است برخی از روش‌های مدیریتی حاکم بر زراعت و باغ، در این عرصه‌ها هم قابل‌اجرا باشد. بنابراین، در پیشنهاد روش‌های مدیریت آفات و بیمارگرها در این عرصه‌ها باید دقت کرد و شرایط اکولوژیکی حاکم بر آن عرصه‌ها باید، مورد توجه جدی قرار گیرند.

از همان ابتدا، آسیب‌شناسان جنگل هم به بهره‌برداری و هم به مسائل حفاظتی (Conservation) توجه داشتند (Peterson and Griffith, 1999). به‌تازگی، حرکت جهانی گونه‌ها همراه با تجارت و افزایش جنگل‌کاری و زراعت چوب دو تغییر عمده بوده که آسیب‌شناسی جنگل را تحت تأثیر قرار داده است. . این دو تغییر برای برآوردن نیازهای روبه‌رشد جمعیت فزاینده انسانی، منجر به افزایش تعداد آفات و بیماری‌های نوظهور شده است و انتظار می‌رود این روندها ادامه یابد (FAO, 2010 ؛Essl *et al*., 2011). همین تغییرات جهانی، که مشخصه آن فشارهای انتخابی قوی جدید بر کل اکوسیستم‌ها توسط فعالیت‌های انسانی است، ضرورت تلفیق و همراهی اکولوژی و تکامل زیست‌شناسی را برای درک آفات و بیماری‌های جنگلی و مدیریت آنها دوچندان کرده است.

ورود و شیوع شدید آفات و بیماگرها به یک منطقه جدید، اثرات بالقوه بلندمدت عوامل تضعیف‌کننده (Weakening factors) به‌ویژه خاک و آب‌وهوای نامناسب را در تعامل با زمینه ژنتیکی درختان نیز برجسته می‌کند (Delatour *et al*., 1985 ؛Anagnostakis, 1987). می‌گویند محصولات زراعی (گیاهان یک‌ساله) در برابر تغییرات آب‌وهوا (Weather changes) واکنش نشان می‌دهند. درحالی‌که درختان جنگلی، علاوه‌براین، در برابر تغییرات اقلیمی (Climate changes) نیز واکنش نشان می‌دهند (Hepting, 1963). زوال درختان، با گسترش و توسعه عوامل زنده و غیرزنده که به‌صورت متوالی به‌عنوان عوامل مستعدکننده (Predisposing)، تحریک‌کننده (Inciting) یا کمک‌کننده (Contributing factors) عمل می‌کنند و برهم‌کنش دارند، رخ می‌دهد (Manion, 1981).

برخلاف سیستم‌های کشاورزی با مدیریت فشرده‌تر، محیط‌های جنگلی ناهمگن (Heterogeneous) هستند و محدودیت‌های طبیعی آن (مانند کود، یا دسترسی فراوان مصنوعی به آب) معمولاً بر طرف نمی‌شود. علاوه‌براین، کنترل مستقیم آفات و بیمارگرها از طریق کاربرد قارچ‌کش معمولاً به دلایلی مانند هزینه‌های هنگفت، امکان عملی ناچیز و نگرانی‌های زیست‌محیطی، ضروری یا مناسب به نظر نمی‌رسد. بنابراین، مدیریت آفات و بیمارگرها در جنگل‌ها به‌طور سنتی لزوماً براساس شیوه‌های خوب جنگل‌داری (Good silvicultural practices) و اقدامات پیش‌گیرانه (Preventive actions) مانند قرق، قرنطینه و سایر روش‌های محافظتی انجام می‌شود (De-sprez-Loustau *et al*., 2015).

مدت‌ها پیش از اینکه مقررات و ضوابط مقابله با آفات و بیماری‌ها به‌طور رسمی به‌عنوان یک خدمت اکوسیستمی شناخته شود، آسیب‌شناسی جنگل یک رویکرد تجربی برای مطالعه فرایندهای اکولوژیکی، که سلامت جنگل (Forest health) را تضمین می‌کند، مطرح و به رسمیت شناخته شده بود (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

اثرات نامطلوب فعالیت‌های انسانی بر اکوسیستم‌ها

آگاهی از تأثیرات فزاینده فعالیت‌های انسانی بر اکوسیستم‌ها، ازجمله جنگل‌ها، بر نیاز به رویکردهای جهانی تأکید کرده و دیدگاه‌ها

را درمورد تکامل گونه‌ها تغییر داده است. به‌طور فزاینده‌ای دریافته شده است که تغییرات تکاملی (Evolutionary changes) را می‌توان در مقیاس‌های زمانی کوتاه مشاهده کرد، به‌ویژه در اکوسیستم‌های تحت تأثیر شدید انسانی (Palumbi 2001؛ Burdon and Thrall, 2008؛ Jousimo *et al*., 2014). سرعت انطباق ارگانیسم‌ها برای همگام‌شدن با تغییرات انسانی محیط به موضوعی نگران‌کننده تبدیل شده است (Carroll *et al*., 2014). به‌طور خاص، سرعت بالای ظهور بیماری‌ها و شدت آسیبی که آنها ایجاد می‌کنند، بر نیاز به درک بهتر و توجه به فرایندهای تکاملی بین پاتوژن‌ها و جمعیت درختان میزبان تأکید کرده است.

جمعیت گیاهان بومی به‌ندرت از اپیدمی‌های ویرانگر رنج می‌برند، برخلاف آنچه در محصولات زراعی و باغی و نیز در جنگل‌های دست‌کاشت به‌ویژه تک‌کشت‌های موسوم به زراعت چوب مشاهده می‌شود. مسائلی که امروزه آسیب‌شناسان جنگل با آن مواجه هستند، چندان متفاوت از مسائلی که پیشینیان به آن پرداخته‌اند، نیست، بلکه در حال حاضر شتاب (Acceleration) و شدت (Intensity) تغییرات چشم‌گیرتر شده است. ظهور بیماری‌های جدید ناشی از عوامل بیماری‌زای مهاجم بیگانه با تشدید تجارت و سفرهای بین‌المللی به‌سرعت در حال افزایش است. همچنین انتظار می‌رود تغییرات آب‌وهوایی بر احتمال ورود آفات جدید و به‌طورکلی بر توزیع و شدت آنها تأثیر بگذارد (Pyšek *et al*., 2010؛ Santini *et al*., 2013؛ Roy *et al*., 2014).

توسعه سریع جنگل‌کاری‌های متراکم و یک‌دست نیز بر آسیب‌شناسی جنگل تأثیر می‌گذارد. تقاضای فزاینده برای چوب، زیست‌توده (Biomass)، سوخت و سایر محصولات مشتق‌شده از جنگل، منجر به گسترش وسیع جنگل‌های دست‌کاشت، به میزان حدود ۵ میلیون هکتار در سال در دهه گذشته، با هدف افزایش بهره‌وری شده است (FAO, 2010). در برخی از کشورها، به‌ویژه در نیمکره جنوبی و آسیای جنوب شرقی، صنایع جنگلی، کشت‌های وسیع تک‌گونه‌ای را با مدیریت فشرده اکالیپتوس، آکاسیا و کاج در مقیاس بزرگ، برای تأمین چوب موردنیاز اجرا کرده‌اند (Paquette and Messier 2009). بااین‌حال، ظهور بیماری‌های جدید، ازجمله بیماری‌های شانکر ساقه (Stem canker) و سوختگی برگ و شاخه (Leaf and shoot blight) اکالیپتوس یا پوسیدگی ریشه (Root rots) گونه‌های آکاسیا بهره‌وری را در این اکوسیستم‌های جنگلی جدید تهدید می‌کند (Mohan and Manokaran, 2013؛ Liebhold and Wingfield, 2014).

دست‌کاری‌ها و دخالت بشر در این عرصه‌ها، عواقب و عوارض ناگوار فراوانی را در تعامل بین آفات و بیمارگرها و درختان به همراه دارد که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

– کاهش تنوع گونه‌ها، یک هدف مشترک در جنگل‌داری‌های تجاری (اعم از بهره‌برداری یا تولیدی)، تشویق به کاشت برخی از گونه‌هاست که باارزش تلقی می‌شوند. این فرایند، لزوماً تنوع گونه‌ای در توده را کاهش و تراکم گونه موردعلاقه را افزایش می‌دهد. این امر در جنگل‌کاری‌های تک‌گونه‌ای به‌صورت افراطی خود را نشان داده است. بدیهی است گسترش آفات و بیمارگرها از درختی به درخت دیگر در این عرصه‌ها در مقایسه با جنگل‌های طبیعی، بسیار شدیدتر است.

– کاهش تنوع ژنتیکی درون‌گونه‌ای، در زراعت چوب و جایی که تکثیر رویشی گونه‌های خاصی امکان‌پذیر باشد، انتخاب بهترین کلن‌ها و حذف بقیه آنها ممکن است مطلوب باشد. این امر در کشت‌های وسیع صنوبر و اکالیپتوس باعث کاهش عمدی و شدید در تنوع ژنتیکی آنها در عرصه‌های زراعت چوب شده است.

– ایجاد تغییر در پراکنش طبیعی گونه‌ها، در مدیریت جنگل و زراعت چوب، گسترش کاشت برخی گونه‌های اقتصادی در مکان‌هایی که به‌طور طبیعی فاقد آن گونه‌ها هستند، معمول است. این امر، قلمروی طبیعی گونه‌ها را به هم می‌زند و گونه مستقرشده را در برابر آفات و بیمارگرها آسیب‌پذیر می‌کند.

– ورود آفات و بیمارگرهای بیگانه به اکوسیستم‌ها، تجارت جهانی گیاهان زنده، در غیاب رعایت کافی موازین بهداشت گیاهی، مسئول جدی‌ترین اخلال‌ها در اکوسیستم‌های طبیعی جنگلی است. ورود و استقرار آفات و بیمارگرهای بیگانه در محیط‌های بکر و نیز دست‌خورده، همچنان ادامه دارد و روزبه‌روز افزایش می‌یابد (Brasier, 2008). در گذشته، آفات و بیمارگرهای بیگانه، منجر به حذف گونه‌هایی مانند نارون و شاه‌بلوط آمریکایی، از قاره آمریکای شمالی شده‌اند (Kinloch, 2003). درحال‌حاضر نیز گونه‌های درختی متعددی در سراسر جهان توسط تعداد زیادی از آفات و بیمارگرهای بیگانه در معرض تهدید قرار گرفته‌اند (Han-sen *et al*., 2012).

یافته‌هایی مفید در پرتوی اکولوژی تکاملی جنگل‌ها و مراتع

توجه به رویکرد اکولوژی تکاملی جنگل‌ها و مراتع و ملاحظه و بررسی دستبردها، تغییرات و اخلال‌هایی که توسط بشر بر عرصه‌های طبیعی و بکر وارد شده است، سه واقعیت جدی و ملموس را به نمایش و در معرض دید گیاه‌پزشکان جنگل می‌گذارد تا در انتخاب راهبردهای کلان خود آنها را نیز مدنظر قرار دهند:

الف) توجه جدی به جابه‌جایی عوامل زنده و استقرار آنها در محیط‌های جدید، افزایش تجارت جهانی، توریسم و سهولت مسافرت، احتمال انتقال عوامل زنده را از یک اکوسیستم و استقرار آنها در محیط‌های جدید، به‌شدت افزایش داده است. این امر باید از سوی گیاه‌پزشکان جنگل به‌عنوان یک امر اکولوژیکی و نیز تکاملی مدنظر قرار گیرد. توضیح اینکه در گذشته جمله قصاری درمورد پراکندگی گونه‌ها وجود داشت که «همه چیز در همه جا هست». بعدها این جمله از سوی اکولوژیست‌ها به‌صورت: «همه چیز در همه جا هست، اما این محیط است که انتخاب می‌کند» (''everything is everywhere but the environment selects'') کامل‌تر

شد. جغرافی‌دان‌های زیستی (Biogeographists) بعد از «محیط» کلمه جغرافیا را به آن افزودند، با این استدلال که ممکن است دو اکوسیستم از لحاظ آب‌وهوا مشابه اما در دو نقطه دور از هم واقع شده باشند و از تنوع زیستی متفاوتی برخوردار باشند (O'Malley, 2008). به نظر می‌رسد اعتقاد به این جمله قصار باعث خواهد شد دریابیم که نخست، «همه چیز در همه جا نیست» به علت دو سد و محدودیت مهم آب‌وهوا و جغرافیا و دوم، متأسفانه هر دوی این سدها، به‌ویژه سد جغرافیا، می‌تواند با تجارت جهانی، توریسم و مسافرت از بین برود و ما شاهد ورود عوامل زنده ازیک منطقه به منطقه‌ای دیگر باشیم. این امر می‌تواند در به‌هم‌خوردن تعادل اکولوژیکی منطقه جدید و طغیان این عوامل در غیاب عوامل طبیعی کنترل‌کننده آنان مسئله‌ساز شود.

ب) تکامل بین عوامل زنده خسارت‌زا و میزبان می‌تواند در مقیاس‌های زمانی کوتاه اتفاق بیفتد. همان‌طور که اشاره شد، یکی از چهار اصل در تکامل، «زمان» است. بنابراین، معمولاً همواره تعاملات بین گونه‌ها، در روند زمان، به سازگاری و تعادل بین آنها منجر می‌شود، اما براساس یافته‌های اخیر این اتفاق می‌تواند در مقیاس زمانی کوتاه هم رخ دهد. شکست مقاومت انتخابی در زمینه کشاورزی و سازگاری با ارگانیسم‌های مهاجم، به‌علت دوره کوتاه تولیدمثل در این عوامل می‌تواند در زمان کوتاه‌تری محقق شود. به نظر می‌رسد در آینده احتمالاً مشکلات گیاه‌پزشکی در جنگل‌های دست‌کاشت تک‌گونه‌ای (مونوکلونال) افزایش یابد، زیرا تجربه نشان می‌دهد، بهره‌وری بالای به‌دست‌آمده در اولین سال‌ها، احتمالاً با گذشت زمان به‌علت ورود تدریجی آفات و عوامل بیماری‌زا، کاهش می‌یابد و از بین می‌رود.

ج) درخت یک جامعه مالتی‌تروفیک (Multitrophic community) است.

میکروبیوتای‌درختی یک ویژگی به‌سرعت در حال تکامل که به درختان اجازه می‌دهد با تغییرات محیطی انسان‌ساز روبه‌رو شوند؟، با توجه به زمان کوتاه تولیدمثل، انتظار می‌رود پاتوژن‌ها به‌سرعت با تغییرات محیطی ناشی از انسان از طریق تغییرات در توزیع و فیزیولوژی، با یا بدون سوئیچ میزبان سازگار شوند. در مقایسه با آفات و بیمارگرها انتظار می‌رود درختان کندتر سازگار شوند و عدم تطابق فنوتیپ و محیط را تجربه کنند (Carroll *et al*., 2014). بااین‌حال، یک جنبه از فنوتیپ درخت وجود دارد که ممکن است به‌سرعت آفات و بیمارگرها تکامل یابد و آن میکروبیوتای درخت (Tree microbiota) است که به فنوتیپ توسعه‌یافته (Extended phenotype) درخت تعلق دارد (Dawkins, 1999؛ Whitham *et al*., 2006؛ Partida-Martínez and Heil, 2011). روش‌های انگشت‌نگاری جامعه (Community fingerprinting methods) و به‌تازگی، تکنیک‌های توالی‌یابی با کارایی بالا (High-through-put sequencing techniques) نشان داده‌اند که جوامع میکروبی اپی‌فیتیک و اندوفیت گیاهان بسیار پیچیده‌تر از آنچه پیش‌ازاین تصور می‌شد، هستند (Yang *et al*., 2001؛ Jumpponen and Jones, 2009). خود آفات و بیمارگرها نیز میزبان تنوعی از انگل‌های میکروبی و ویروس‌ها هستند. درواقع، تقریباً تمام بافت‌های درختان توسط میکروارگانیسم‌ها کلونیزه شده‌اند (Turner *et al*., 2013). این جوامع میکروبی که نتیجه میلیون‌ها سال تکامل مشترک هستند (Partida-Martínez and Heil, 2011)، مقاومت درخت را در برابر تنش‌های متعدد، ازجمله عوامل بیماری‌زا تعدیل می‌کنند (Arnold *et al*., 2003؛ Hacquard and Schadt, 2015). برخی از دست‌کاری‌های تجربی در مقیاس‌های کوچک نقش جوامع میکروبی را در کنترل آفات و بیمارگرها نشان داده است (Arnold *et al*., 2003؛ Matos *et al*., 2005)، درحالی‌که مشاهدات در مقیاس‌های بزرگ‌تر نشان داد، عوامل محیطی این جوامع میکروبی را هدایت می‌کنند (Peñuelas *et al*., 2012؛ Cordier *et al*., 2012a). هر دو رویکرد برای پیش‌بینی و درنهایت مدیریت تعاملات و عملکردهای میکروبی در زمینه تغییرات جهانی موردنیاز هستند (Lebeis, 2014؛ Vayssier-Taussat *et al*., 2014؛ Schadt and Hacquard, 2015).

در شرایط کنونی تغییرات سریع محیطی، رسیدگی به مسائل زیر بسیار مهم است:

الف) کدام ویژگی میکروبیوتای ساکن (Resident microbiota)، درخت را در برابر تنش‌های زیستی و غیرزنده محافظت می‌کند؟

ب) این خواص چگونه به تغییرات محیطی پاسخ خواهند داد؟

ج) آیا می‌توانیم ژنوتیپ‌های درختی با میکروبیوتای مفید را برای تسهیل سازگاری آنها با تغییرات محیطی انتخاب کنیم؟.

بوم‌شناسی نظری چهارچوبی قدرتمند برای نزدیک شدن به موضوع اول فراهم می‌کند. به‌عنوان‌مثال، تئوری عملکرد اکوسیستم تنوع زیستی (BEF) بیان می‌کند، تنوع زیستی شدت (Intensity) و ثبات (Stability) عملکردهای اکوسیستم را افزایش می‌دهد.

مطالعات آینده برای این هدف، از توسعه متاژنومیکس عملکردی (Functional metagenomics) (Knief *et al*. 2012)، مدل‌سازی تعاملات میکروبی (Microbial interactions modeling) (Faust and Raes, 2012)، همچنین بسترهای تکاملی (Evolutionary platforms) پیش‌بینی‌کننده نتایج تعاملات چندگونه‌ای، سود خواهند برد.

ذکر دو تجربه موفق از نگاه تکاملی به اکوسیستم‌های جنگلی کشور در سال‌های گذشته

الف) طغیان پروانه سفید برگ‌خوار بلوط *Leucoma wiltshirei* Coll (Lepidoptera: Lymantriidae) در منطقه زاگرس جنوبی

این حشره برای اولین‌بار در اواخر سال ۱۹۳۵ میلادی از عراق و سپس در سال ۱۳۵۱ از اسلام‌آباد غرب، گزارش شد. از آن‌سال تا کنون طغیان‌های متعددی داشته است. اولین آن، مربوط به سال ۱۳۵۲ در منطقه دشت ارژن در عرصه‌ای حدود ۱۲ هزارهکتار و طی دهه‌های ۱۳۷۰ چندین مورد طغیان از استان‌های فارس و کهگیلویه و بویراحمد (باشت و گچساران) و در سال ۱۳۸۳ و ۱۳۸۲ یک مورد طغیان در جنوب استان لرستان (منطقه کرکی و مونگره) اتفاق افتاده

است. از سال۱۳۹۹ تا سال ۱۴۰۱ طغیان‌هایی از استان‌های ایلام (در مناطق لالی و بهبهان)، خوزستان (باغ ملک)، کهگیلویه‌وبویراحمد (مناطق باشت، چاه‌تلخ تا ابدگاه، گچساران و چرام) و در استان فارس (شهرستان رستم) گزارش شده است (شکل ۱ و ۲). این موسسه همواره معتقد بوده است که این پروانه، بومی منطقه و از اجزای این اکوسیستم است و باید بدون هرگونه اقدام عجولانه و غیرعلمی بی‌تاثیر، منتظر شد تا جمعیت آفت به حالت تعادل برگردد و کنترل شود. علی‌رغم توصیه‌های این موسسه و اقدامات نه‌چندان درست مبارزه‌ای، که طی برخی از سال‌ها صورت گرفت؛ نهایتا خود اکوسیستم منطقه، این آفت را به‌صورت طبیعی، کنترل و به تعادل لازم رساند. گزارشات همکاران ما حاکی از آن است که طغیان‌های اخیر نیز از سال ۱۴۰۲ روبه کاهش گذاشته است و هم‌اکنون شاهد حذف طبیعی این آفت از بسیاری از مناطقی، که در سال‌های قبل کانون آلودگی بودند، هستیم.

ب) طغیان پروانه دم‌قهوه ای بلوط (*Euproctis chrysorrhoea* L.) در جنگل‌های بلوط منطقه طارم

این شب‌پره، حشره‌ای است که از گذشته‌های دور در جنگل‌های بلوط منطقه طارم حضور دارد. این حشره نیز به‌صورت دوره‌ای طغیان نموده و سپس توسط عوامل کنترل‌کننده بیولوژیک موجود در اکوسیستم طبیعی‌اش کنترل می‌شد. در سال ۱۳۹۹ خسارت شدیدی از این حشره در جنگل بلوط منطقه علی‌آباد طارم (در مساحتی حدود ۳۵۰ هکتار)

شکل ۱- بازدید استاندار و رییس سازمان جهاد کشاورزی استان کهگیلویه و بویراحمد، رؤسای سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور و موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، نماینده مردم گچساران و جمعی دیگر از مسئولین ملی و استانی از شهرستان باشت، یکی از مناطق گسترش آفت پروانه سفید برگخوار بلوط در جنگلهای زاگرس (۱۵ تیرماه ۱۴۰۱).

شکل ۲- علایم خسارت آفت پروانه سفید برگخوار بلوط در جنگل‌های زاگرس (۱۵ تیرماه ۱۴۰۱)

مشاهده گردید، به‌طوری‌که حدود ۸۰ درصد مساحت جنگل توسط این حشره آسیب دید. این آفت از سال ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۱ به جنگل منطقه حسن‌آباد طارم (در مساحتی حدود ۳۷۸ هکتار) نیز سرایت و احتمال گسترش آن به جنگل حسین‌آباد طارم (در مساحتی حدود۲۵۰۰ هکتار) نیز وجود داشت (شکل ۳). در این مورد نیز علی‌رغم نظر این موسسه، مبارزاتی بدون نتیجه‌ای مطلوب صورت گرفت. خوشبختانه علی‌رغم پیش‌بینی گسترش آفت به سایر مناطق، براساس بازدیدهایی که در اواخر مردادماه سال ۱۴۰۲ از این جنگل‌ها شد، هیچ لاروی روی درختان بلوط جنگل‌های منطقه حسن‌آباد و فردوس مشاهده نگردید. این حذف کامل آفت از منطقه یادشده در بازدید اینجانب از منطقه در تاریخ ۱۴۰۲/۶/۱۳ نیز تایید شد. انشاالله به‌زودی گزارش مبسوطی از این یافته‌های ارزشمند و بسیار مهم تهیه و منتشر خواهد شد (شکل ۴).

پیشنهاداتی راهبردی به کارشناسان گیاه‌پزشک جنگل‌ها و مراتع

بر پایه آنچه گفته شد، به نظر می‌رسد برای مدیریت بهتر، مؤثرتر و واقع‌بینانه‌تر آفات و بیمارگرهای جنگل‌ها و مراتع، توجه جدی به موارد زیر مورد تأکید است:

الف) رعایت اصول پیشگیرانه بهداشتی، مانند اعمال قرنطینه نباتی، یکی از اجزای اصلی اقدامات بهداشتی و بهداشت گیاهی (Sanitary and phytosanitary (SPS) measures) اقدامات قرنطینه‌ای و ایمنی زیستی است که برای محافظت از حیات یا سلامت انسان، حیوان یا گیاه در برابر خطرات ناشی از ورود (Introduction)، استقرار (Establishment) و گسترش (Spread) آفات و بیماری‌ها و از خطرات ناشی از مواد افزودنی، سموم و آلاینده‌های غذا و خوراک به کار می‌رود. این اقدامات توسط موافقت‌نامه سازمان تجارت جهانی (WTO) درمورد اعمال اقدامات بهداشتی و بهداشت گیاهی (موافقت‌نامه SPS) و کمیته اقدامات بهداشتی و بهداشت گیاهی آن اداره می‌شود. رعایت این موازین در جلوگیری از بروز خطرات زیستی به منابع طبیعی حتی بیشتر از عرصه‌های زراعی و باغی ضروری و تعیین‌کننده است.

ب) تلاش برای حفظ تنوع زیستی و ژنتیکی در جامعه غنی و پایدار جنگل‌ها و مراتع، جلوگیری، یا به حداقل رساندن هر گونه دستکاری‌های بشر در منابع طبیعی که باعث کاهش تنوع زیستی و ژنتیکی در جامعه غنی و پایدار جنگل‌ها و مراتع می‌شود.

ج) تلاش برای فهم دقیق اکوسیستم‌های متنوع جنگل‌ها و مراتع و اصول حاکم بر زیست و حیات آنها. به‌عنوان‌مثال، درک اینکه «تکامل بین عوامل زنده خسارت‌زا و میزبان‌های آنان می‌تواند در مقیاس‌های زمانی کوتاه اتفاق بیفتد»، علم و آگاهی ما را از احتمال بالای سازگاری و تعادل بین گونه‌ها در اکوسیستم‌های متنوع جنگل‌ها و مراتع در مقیاس زمانی کوتاه افزایش خواهد داد. این آگاهی در نگاه ما به شناخت و تصمیمات ما در برابر مشکلات احتمالی گیاه‌پزشکی در جنگل‌های

شکل ۳- خسارت شدید پروانه دم‌قهوه‌ای بلوط از سال ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۱ به جنگل مناطق حسن‌آباد طارم و علی‌آباد طارم (عکس سمت راست) و کاهش چشگیر آفت در سال ۱۴۰۲ به‌جز چند درخت در حاشیه جاده (عکس سمت چپ)

شکل ۴- بازدید رئیس موسسه به‌اتفاق کارشناس مربوطه در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین از منطقه آلوده به پروانه دم‌قهوه‌ای بلوط در سال ۱۴۰۲ که به‌جز چند درخت در حاشیه جاده، هیچگونه علائمی از آفت مشاهده نشد.

دست‌کاشت تک‌گونه‌ای (مونوکلونال) در آینده تأثیر خواهد گذاشت و آمادگی ما را برای رویارویی با چالش‌های پیش‌رو افزایش خواهد داد. یا در مثالی دیگر، آگاهی از اینکه «یک گیاه و به‌ویژه یک درخت وحشی جنگلی نه یک موجود زنده بلکه مجموعه‌ای از هزاران گونه موجود زنده است، به‌طوری‌که این تنوع نه‌چندان آشکار در هر درخت همانند ژنوتیپ آن در بروز فنوتیپ آن درخت نقش اساسی دارد»، ما را در حفظ و افزایش این تنوع برای تقویت برخی از فنوتیپ‌های مطلوب و مدنظر، مانند تحمل در برابر تنش‌های محیطی (آب‌وهوا، شوری و خشکی و نیز آفات و بیمارگرها) ترغیب می‌کند.

د) تمایز قائل شدن بین رژیم‌های سه‌گانه مدیریت جنگل برای مواجهه با ناهنجاری‌ها، بدیهی است نوع برخورد با عوامل زنده خسارت‌زا در جنگل‌هایی‌که با روش‌های مدیریتی حفاظتی، بهره‌برداری و تولیدی اداره می‌شوند با یکدیگر متفاوت است. توجه به این تفاوت‌ها در اتخاذ تصمیمات درست و کارشناسانه مدیریتی بسیار حائز اهمیت است.

هـ) اطمینان و اعتماد کامل به قدرت بالای منابع طبیعی کمتردست‌خورده، به حفظ خود در برابر عوامل ناخواسته واردشده به حریمشان. جنگل‌ها به‌عنوان اکوسیستم‌های غنی از تنوع زیستی در مقابل ورود عوامل زنده خارجی از خود مقاومت نشان می‌دهند و از تغییر در اکوسیستم خود و نیز بروز اخلال و ناهنجاری در درون خود جلوگیری می‌کنند، درست همانند یک محلول بافر یا تامپون که در برابر قطره‌ای از اسید یا باز از خود مقاومت نشان می‌دهد و اسیدیته آن تغییر نمی‌کند. این امر ما را از اتخاذ روش‌های کنترلی که باعث کاهش این قدرت عظیم خدادادی شود، مانند همه روش‌هایی که تنوع زیستی را در این عرصه‌ها کاهش می‌دهد، منع و دور خواهد نمود.

و) نگاه به آفات و بیمارگرها به‌عنوان جزئی از اکوسیستم، در عرصه‌های طبیعی، این رویکرد از بروز عکس‌العمل‌های عجولانه و دفعی در برابر آفات و بیمارگرهای عرصه‌های بکر طبیعی که می‌تواند موجب هدررفت اعتبارات کلان مالی و صرف وقت و انرژی فراوان و نیز تخریب جدی محیط‌زیست و کاهش تنوع زیستی شود، جلوگیری می‌کند.

ز) علت عارضه‌ها و ناهنجاری‌های عرصه‌های جنگلی و مرتعی را چندوجهی، چندعاملی و پیچیده بدانیم. همواره تغییرات کلی و اخلال‌های عمومی مانند تغییر اقلیم، عوارضی به‌دنبال دارند که نمود بیرونی این عوارض، خود را به اشکال مختلف و گاهی اوقات به‌صورت جزئی، در بروز یا طغیان یک آفت یا بیمارگر نشان می‌دهد. به‌عبارت‌دیگر عامل اصلی عارضه به‌وجودآمده، آن آفت یا بیمارگر نیست، بلکه این عوارض معلول عوامل مهم‌تر و کلی‌تری هستند که درنهایت به‌صورت خاصی بروز کرده‌اند. بنابراین، پرداختن به معلول و حتی حذف آن، علت اصلی را از بین نخواهد برد و اثرات سوء آن به‌زودی به اشکال دیگری ظهور و بروز پیدا خواهند کرد. توجه به این موضوع ما را از بهادادن بیش‌ازحد به معلول‌ها و اصل قرار دادن آنها بر حذر خواهد داشت.

منابع

Anagnostakis, SL., 1987 .Chestnut blight: the classical problem of an introduced pathogen. Mycologia, 79: 23-37. http://www.jstor.org/stable/3807741.

Arnold, AE., Mejía, LC., Kyllo, D., Rojas, EI., Maynard, Z., Robbins, N. and Herre, EA., 2003. Fungal endophytes limit pathogen damage in a tropical tree. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), 100:15649–15654. doi: 10.1073/pnas.2533483100.

Burdon, JJ., Thrall, PH., 2008. Pathogen evolution across the agroecological interface: implications for disease management. Evolutionary Applications, 1:57–65. doi: 10.1111/j.1752-4571.2007.00005.x.

Carroll, SP., Jørgensen, PS., Kinnison, MT., Bergstrom, CT., Denison, RF., Gluckman, P., Smith, TB., Strauss, SY. and Tabashnik, BE., 2014. Applying evolutionary biology to address global challenges. Science, 80:1–16. doi:10.1126/science.1245993.

Cordier, T., Robin, C., Capdevielle, X., Fabreguettes, O., Desprez-Loustau, ML. and Vacher, C., 2012a. The composition of phyllosphere fungal assemblages of European beech (Fagus sylvatica) varies significantly along an elevation gradient. New Phytologist, 196:510–519. doi: 10.1111/j.1469-8137.2012.04284.x. Epub 2012 Aug 30.

Cruikshank, MG. and Jaquish, B., 2014. Resistance and tolerance in juvenile interior Douglas-fir trees Pseudotsuga menziesii var. glauca artificially inoculated with Armillaria ostoyae. The Journal of Pathology, 44:362–371. DOI:10.1111/efp.12107.

Dawkins, R., 1999. The extended phenotype. Oxford University Press, Oxford.

Delatour, C., Pinon, J., Morelet, M., 1985. Histoire et avenir de la pathologie forestière en France. Revolution For France, 37:65–82. DOI:10.4267/2042/21855.

Desprez-Loustau, ML., Aguayo, J., Dutech, C., Hayden, K., Husson, C., Jakuschkin, B., Marcais, B., Piou, D., Robin, C., and Vacher, C., 2015. An evolutionary ecology perspective to address forest pathology challenges of today and tomorrow. Annals of Forest Science, 73. 10.1007/s13595-015-0487-4. DOI:10.1007/s13595-015-0487-4.

Essl, F., Dullinger, S., Rabitsch, W., Hulme, PE., Hülber, K., Jarosík, V., Kleinbauer, I., Krausmann, F., Kühn, I., Nentwig, W., Vilà, M., Genovesi, P., Gherardi, F., Desprez-Loustau, ML., Roques, A. and Pysek, P., 2011. Socioeconomic legacy yields an invasion debt. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), 108:203–207. 10.1073/pnas.1011728108.

FAO, 2010. Global forest resources assessment. Forestry Paper, 163, Rome.

Faust, K. and Raes, J., 2012. Microbial interactions: from networks to models. Nature Reviews Microbiology, 10:538–550. DOI:10.1038/nrmicro2832.

Franceschini, S., Webber, JF., Sancisi-Frey, S. and Brasier, CM., 2014. Gene×environment tests discriminate the new EU2 evolutionary lineage of Phytophthora ramorum and indicate that it is adaptively different. Forest Pathology, 44:219–232. https://doi.org/10.1111/efp.12085.

Gilbert, G., 2002. Evolutionary ecology of plant diseases in natural ecosystems. Annual Review of Phytopathology,40:13–43.DOI:10.1146/annurev.phyto.40.021202.110417.

Hacquard, S. and Schadt, CW., 2015. Towards a holistic understanding of the beneficial interactions across the Populus microbiome. New Phytologist, 205:1425–1430. https://doi.org/10.1111/nph.13133/

Hanson, CA., Fuhrman, JA., Horner-Devine, MC. and Martiny, JBH., 2012. Beyond biogeographic patterns: processes shaping the microbial landscape. Nature Reviews Microbiology, 10:497–506. doi: 10.1038/nrmicro2795.

Hendry, AP., Kinnison, MT., Heino, M., Day, T., Smith, TB., Fitt,

tiers in Ecology and the Environment, Front Ecol Environ, 8: 27–34. https://doi.org/10.1890/080116.
Partida-Martínez, LP. and Heil, M., 2011. The microbe-free plant: fact or artifact?. Frontiers in Plant Science, Front Plant Sci., 2:100. DOI: 10.3389/fpls.2011.00100.
Peñuelas, J., Rico, L., Ogaya, R., Jump, AS. and Terradas, J., 2012. Summer season and long-term drought increase the richness of bacteria and fungi in the foliar phyllosphere of Quercus ilex in a mixed Mediterranean forest. Plant Biology (Stuttg), 14:565–575. DOI: 10.1111/j.1438-8677.2011.00532.x.
Peterson, PD., Griffith, CS., 1999. Hermann von schrenk and the beginning of forest pathology in the US. Forest History Today, 29–34. https://doi.org/10.1094/PDIS.2000.84.5.586/
Pyšek, P., Jarošíkb, V., Hulme, PE., Kühn, I., Wilda, J., Arianoutsou, M., Bacher, S., Chiron, F., Didžiulisi, D., Essl, F., Genovesi, P., Gherardi, F., Hejda, M., Kark, S., Lambdon, PW., Desprez-Loustau, M-L., Nentwig, W., Pergl, J., Poboljša, K., Rabitsch, W., Roques, A., Roy, DB., Shirley, S., Solarz, W., Vilà. M. and Winter, M., 2010. Disentangling the role of environmental and human pressures on biological invasions. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), 107:12157–12162. https://doi.org/10.1073/pnas.1002314107.
Roy, BA., Alexander, HM., Davidson, J., Campbell, FT., Burdon, JJ., Sniezko, R. and Brasier, C., 2014. Increasing forest loss worldwide from invasive pests requires new trade regulations. Frontiers in Ecology and the Environment, 12:457–465. DOI:10.1890/130240.
Santini, A., Ghelardini, L., De Pace, C., Desprez-Loustau, ML., Capretti, P., Chandelier, A., Cech, T., Chira, D., Diamandis, S., Gaitniekis, T., Hantula, J., Holdenrieder, O., Jankovsky, L., Jung, T., Jurc, D., Kirisits, T., Kunca, A., Lygis, V., Malecka, M., Marcais, B., Schmitz, S., Schumacher, J., Solheim, H., Solla, A., Szabò, I., Tsopelas, P., Vannini, A.,Vettraino, AM. ,Webber, J., Woodward, S. and Stenlid, J., 2013. Biogeographical patterns and determinants of invasion by forest pathogens in Europe. New Phytologist, 197: 238–250. doi: 10.1111/j.1469-8137.2012.04364.x. Epub 2012 Oct 11.
Turner, TR., James, EK. and Poole, PS., 2013. The plant microbiome. Genome Biology, 14:209. doi: 10.1186/gb-2013-14-6-209.
Varki, A., 2012. Nothing in medicine makes sense, except in the light of evolution. Journal of Molecular Medicine, 90:481–494. DOI:10.1007/s00109-012-0900-5.
Vayssier-Taussat, M., Albina, E., Citti, C., Cosson, J-F., Jacques, M-A., Lebrun, M-H., Le Loir, Y., Ogliastro, M., PetitM, A., Roumagnac, P. and Candresse, T., 2014. Shifting the paradigm from pathogens to pathobiome: new concepts in the light ofmeta-omics. Frontiers in Cellular and Infection Mocrobiology, 5:4–29. DOI:10.3389/fcimb.2014.00029.
Whitham, TG., Bailey, JK., Schweitzer, JA., Shuster, SM., Bangert, RK., LeRoy, CJ., Lonsdorf, E., Allan, GJ., DiFazio, SP., Potts, BM., Fischer, DG., Gehring, CA., Lindroth, RL., Marks, J., Hart, SC., Wimp, GM. and Wooley, SC., 2006. A framework for community and ecosystem genetics: from genes to ecosystems. Nat Rev Genet Journal, 7: 510–523. DOI:10.1038/nrg1877.
Yang, C., Crowley, DE., Borneman, J. and Keen, NT., 2001. Microbial phyllosphere populations are more complex than previously realized. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), 98: 3889–3894. doi: 10.1073/pnas.051633898.
G., Bergstrom, CT., Oakeshott, J., Jørgensen, PS., Zalucki, MP., Gilchrist, G., Southerton, S., Sih, A., Strauss, S., Denison, RF. and Carroll, SP., 2011. Evolutionary principles and their practical application. Evolutionary Applications, 4:159–183. doi:10.1111/j.1752-4571.2010.00165.x.
Hepting, GH., 1963. Climate and forest diseases. Annual Review of Phytopathology, 1:31–50.
Hudson, PJ., Dobson, AP. and Lafferty, KD., 2006. Is a healthy
ecosystem one that is rich in parasites?. Trends in Ecology Evolution., 21:381–385. DOI:10.1016/j.tree.2006.04.007.
Jousimo, J., Tack, AJM., Ovaskainen, O., Mononen, T., Susi, H., Tollenaere, C. and Laine, A-L., 2014. Ecological and evolutionary effects of fragmentation on infectious disease dynamics. Science, 344:1289–1293. DOI: 10.1126/science.1253621.
Jumpponen, A. and Jones, KL. 2009. Massively parallel 454 sequencing indicates hyperdiverse fungal communities in temperate Quercus macrocarpa phyllosphere. New Phytologist, 184:438–448. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2009.02990.x.
Kinloch, B.B., 2003. White pine blister rust in North America: past and prognosis. Phytopathology, 93: 1044–1047. DOI: 10.1094/PHYTO.2003.93.8.1044.
Knief, C., Delmotte, N., Chaffron, S., Stark, M., Innerebner, G., Wassmann, R., von Mering, C., Vorholt, JA., 2012. Metaproteogenomic analysis of microbial communities in the phyllosphere and rhizosphere of rice. International Society for Microbial Ecology Journal, 6: 1378–1390. DOI:10.1038/ismej.2011.192.
Lebeis, SL., 2014. The potential for give and take in plant–microbiome relationships Front. Plant Science., 5:287. DOI: 10.3389/fpls.2014.00287.
Liebhold, AM. and Wingfield, MJ., 2014. Globalization and its implications to forest health. In: Nikolakis W., Innes, J. (eds) Forests and globalization: challenges and opportunities for sustainable development. Routledge, pp: 36–47.
Manion, PD., 1981. Tree disease concepts. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 399 p.
Manion, PD., 2003. Evolution of concepts in forest pathology. Phytopathology, 93:1052–1055. https://doi.org/10.1094/PHYTO.2003.93.8.1052.
Matos, A., Kerkhof, L. and Garland, JL., 2005. Effects of microbial community diversity on the survival of Pseudomonas aeruginosa in the wheat rhizosphere. Microbial Ecology, 49:257–264. DOI: 10.1007/s00248-004-0179-3.
Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and human wellbeing: synthesis. Island Press, Washington, DC.
Mohan, V., Manokaran, P., 2013. Assessment of disease problems in different clonal plantations of Eucalyptus spp. in South India. Journal of Academia and Industrial Research, 1:514–524.
O'Malley, M., 2008. 'Everything is everywhere, but the environment selects': ubiquitous distribution and ecological determinism in microbial biogeography. Studies in History and Philosophy of Science, 39:314–325. doi: 10.1016/j.shpsc.2008.06.005.
Ostry, ME. and Laflamme, G., 2009. Fungi and diseases-natural components of healthy forests. Botany, 87:22–25.
Palumbi, SR., 2001. Humans as the world's greatest evolutionary force. Science, 293:1786–1790. DOI:10.1139/B08-090.
Paquette, A. and Messier, C., 2009. The role of plantations in managing the world's forests in the Anthropocene. Fron-