

DOI: 10.22092/irj.2022.354539



نامه علمی

تاریخ دریافت ۱۴۰۰/۰۷/۰۳
تاریخ پذیرش ۱۴۰۰/۱۰/۲۹

روش‌های مختلف پایش آفات و بیماری‌ها در عرصه‌های جنگلی و مرتعی

ابراهیم زرقانی^۱، محمدابراهیم فراشینی^{۲*}، سودابه امینی^۳

چکیده

با توجه به قرار گرفتن ایران در منطقه استراتژیک، گستردگی جنگل‌ها و مراتع آن و امکان استقرار آفات و بیماری‌های نوظهور در آن، توجه ویژه به شیوه‌های پایش آفات و بیماری‌ها و پدافند غیرعامل در بخش‌های جنگل و مرتع، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین سرمایه‌های کشور ضروری است. بنابراین، باید با پایش مداوم و مستمر در عرصه‌های منابع طبیعی از بروز مخاطرات زیستی (آفات و بیماری‌های گیاهی) جلوگیری کرد. روش‌های کاربردی و متفاوتی در پایش آفات و بیماری‌ها وجود دارد، از مهم‌ترین این روش‌ها می‌توان به عرصه گردشی، استفاده از شبکه‌های پایش اجرایی کشور (کارشناسان جنگل‌ها، مراتع و حفظ نباتات)، شبکه فراگیر اطلاعاتی برای اخذ گزارش‌ها، بانک اطلاعاتی (اطلاعات فون و فلور کشورهای همسایه) و سنجش از دور مثل استفاده از پهپاد، روش‌های مولکولی و استفاده از تله‌های نوری و فرمونی اشاره کرد. مطالعه پیش‌رو به بررسی مؤثرترین روش‌های پایش آفات و بیماری‌های نوظهور و بازظهور جنگل‌ها و مراتع پرداخته است.

واژه‌های کلیدی: پدافند غیرعامل، روش‌های پایش، جنگل‌ها و مراتع

Different methods of monitoring pests and diseases in forests and rangelands

E. Zarghani¹, M. E. Farashiani^{2*}, S. Amini³

Abstract

Iran is located in a strategic region with vast forests and rangelands. To protect natural resources, it is necessary to pay attention to the monitoring methods of pests and diseases in the forests and rangelands as the most important assets of the country. Therefore, it is necessary to prevent biological hazards by continuously monitoring natural resources. There are different and practical methods in monitoring pests and diseases, the most important of which include field, using the country's executive networks, having a comprehensive information network for reporting, database, remote sensing, molecular methods, and the use of light and pheromone traps. The present study investigates the most effective monitoring methods of emerging and reemerging pests and diseases of forests and rangelands.

Keywords: Passive defense, monitoring methods, forests and rangelands.

۱- استادیار پژوهش، ایستگاه تحقیقات منابع طبیعی باغ گیاهشناسی نوشهر، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مازندران، ایران.

۲* - نویسنده مسئول، استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. پست الکترونیک: Farashiani@gmail.com

۳ - پژوهشگر، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

1- Assistant Prof., Botanical Garden of Nowshahr, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization AREEO, Mazandaran, Iran

2*- Corresponding author, Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, (AREEO), Tehran, Iran, E-mail: Farashiani@gmail.com

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



● مقدمه

جنگل‌ها و مراتع کشور همه ساله توسط عوامل مختلفی در معرض آسیب‌های جدی قرار می‌گیرند. آفات و بیماری‌های گیاهی نیز یکی از مهم‌ترین این عوامل هستند که در سطح وسیع خسارت‌های زیادی را به پوشش جنگلی و مرتعی کشور وارد می‌کنند. جنگل‌ها و مراتع کشور به دلیل وجود عرصه‌های وسیع و بی‌دفاع، توان پذیرش آفات و بیماری‌های خطرناک، وجود شمار زیاد آفات و بیماری‌های خطرناک بالقوه، که امکان استقرار و تکثیر دارند، نداشتن آمادگی کافی برای مواجهه با عوامل نوظهور (مثل بلایت و شب‌پره شمشاد)، واردات فراوان و گاهی بی‌رویه (واردات چوب، واردات گیاهان زینتی) و خطر آفات قرنطینه و دلایل متعدد دیگر، آسیب‌پذیری بالایی دارند (فراشسانی و همکاران، ۱۴۰۰)

آفات و بیماری‌های نوظهور و بازظهور می‌توانند، تهدیدی برای سرمایه‌های ملی کشور محسوب شوند. به‌عنوان مثال می‌توان به شب‌پره برگ‌خوار شمشاد با قدرت تهاجمی وحشتناک و بسیار بالا و بلایت شمشاد که به‌ترتیب در سال‌های اخیر و سال ۲۰۰۶ ظهور کردند و سبب نابودی شمشادها شدند، اشاره کرد. همچنین پروانه سفید آمریکایی، شپشک سپردار کاج نوتل و بیماری مرگ هلندی نارون از سایر آفات و بیماری‌ها به حساب می‌آیند.

مطالعات پایش و ردیابی، تنوع گونه‌ای، طبقه‌بندی و تهیه نقشه مطلوبیت رویشگاه‌ها و مستندسازی اطلاعات عرصه از اقدامات مدیریتی است که برای حفاظت و حمایت، کنترل و پایش عرصه‌های منابع طبیعی انجام می‌شود.

درمجموع دو نوع پایش وجود دارد: پایش خسارت (تشخیص و برآورد خسارت‌ها) و پایش آفات و بیماری‌ها و سایر عوامل اخلاک‌گر (شناسایی) که در ادامه به آن اشاره می‌شود.

پایش و بررسی آفات و بیماری‌ها اولین قدم برای انتخاب روش صحیح مبارزه با آنها در

جنگل‌ها و مراتع کشور است. با توجه به وسعت کم جنگل‌ها و اهمیت اقتصادی آنها در ایران، حفاظت جنگل‌ها و جلوگیری از تخریب آنها اهمیت بسیار زیادی دارد. بنابراین، سیستم پایش مستمر می‌تواند در زمان مناسب و به‌طور صحیح، تغییرات و وضعیت آفات و بیماری‌های هر منطقه را شناسایی و پیش‌بینی کند، به پیشگیری و پیش‌آگاهی از وضعیت جمعیتی و طغیانی آفات و بیماری‌های کلیدی براساس روند نوسانات جمعیت آفات و عوامل بیماری‌زا در جنگل‌ها و مراتع کشور کمک کند و زیربنایی برای مدیریت آفات و بیماری‌ها فراهم نماید.

اگرچه از انواع روش‌های پایش، در کشور استفاده می‌شود، اما هنوز ضروری است، تحقیقات بیشتری به‌ویژه پیرامون استفاده از روش‌های نوینی مانند سنجش از دور و روش مولکولی انجام شود.

● ۱- روش‌های مورد استفاده در پایش آفات و بیماری‌ها و سایر عوامل اخلاک‌گر

۱-۱- تشخیص و بررسی میدانی

مشاهده و ارزیابی درختان یا درختچه‌ها با علائم، اولین قدم برای تشخیص در عملیات پایش است. پایش آفات و بیماری‌ها به‌عنوان اولین گام اساسی در ایجاد یک برنامه صحیح مدیریت تلفیقی آفات (IPM) از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. ظهور آفات و تغییرات جمعیتی آنها از طریق روش‌های مختلفی از جمله بررسی میدانی انجام می‌شود.

بررسی میدانی، هشدارها و پیش‌بینی‌های اولیه براساس روش‌های بیوفیزیکی، زمان اصلی را برای مدیریت عوامل زنده و غیرزنده فراهم می‌کند. بنابراین، می‌توان با به حداقل رساندن خسارت، کنترل آفات را بهینه کرد و هزینه‌های کنترل آفت و بیماری را کاهش داد. در پایش آفات و بیماری‌های جنگل‌ها و مراتع کشور، این مهم توسط متخصصان و کارشناسان مربوطه به‌خوبی در حال انجام است، آنها آفات را جمع‌آوری و نوع و میزان آلودگی به آفات و عوامل بیماری‌زا را بررسی



شکل ۱- بررسی میدانی در استان‌های مختلف ناحیه رویشی هیرکانی و نمونه‌برداری به روش‌های مختلف، الف) نمونه‌برداری و پایش قسمت‌های ایرانی- تورانی بلده شهرستان نور با استفاده از تور حشره‌گیری، ب) بررسی میدانی و نمونه‌برداری مستقیم از ایستگاه چشمه‌بلبل شهرستان بندر گز برای شب‌پره شمشاد، ج) نمونه‌برداری مستقیم با club net برای جمع‌آوری سوسک‌های ساپروکسیلیک در جنگل‌های لوه شهرستان گالیکش، د) نمونه‌برداری از درختان و درختچه‌های جنگلی داماش شهرستان رودبار استان گیلان (زرقانی، ۱۳۹۹)

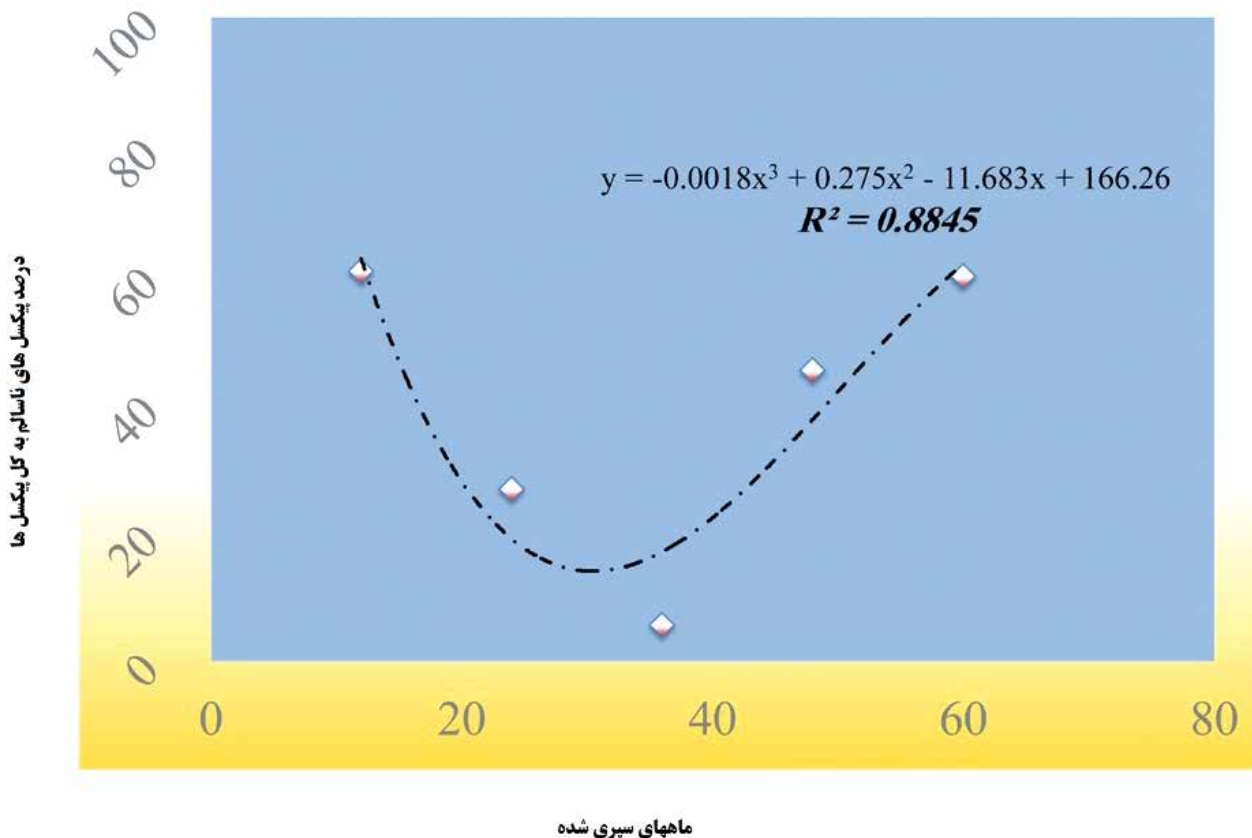
می‌کنند، در نهایت اطلاعات جمع‌آوری شده از هر ایستگاه در بانک اطلاعات ثبت می‌شود تا گزارش‌ها در مواقع مورد نیاز به صورت منتهی، نمودار و نقشه پراکنش تهیه شود، این گزارش‌ها می‌توانند، در مقابله با عوامل اخلاک‌گرا استفاده شوند.

۱-۲- استفاده از فناوری سنسجش از دور

سنسجش از دور، حوزه جدیدی در گیاه‌پزشکی است که به تشخیص سریع و دقیق محل آلودگی برای مبارزه مؤثر کمک می‌کند (مرتضوی و همکاران، ۱۳۹۲). تشخیص بصری، به دلیل نبود دسترسی به جنگل‌ها و سختی کار، همیشه کار ساده‌ای نیست. برای رفع این مشکل، امروزه فناوری سنسجش از دور به طور گسترده‌ای استفاده می‌شود. مهم‌ترین کاربرد این روش در پایش، ارزیابی وسعت عرصه آسیب‌دیده یا خسارت‌های تحمیل شده است. از موارد استفاده آن می‌توان به پایش آفات و بیماری‌ها، شناسایی آفات جنگل‌ها و

مراعات کشور و ردیابی خسارت‌های وارد شده توسط آفات و بیماری‌ها اشاره کرد. از مزایای دیگر این روش تکرارپذیر بودن و سهولت استفاده است. داده‌های سنسجش از دور، همچنین می‌توانند در کاهش هزینه‌های مربوط به فعالیت‌های میدانی کمک کنند. یکی از مهم‌ترین تحقیقات انجام شده با این روش در جنگل‌های هیرکانی، پایش بیماری بلایت شمشاد است. شمشاد (*Buxus hyrcanica*), یکی از مهم‌ترین و باارزش‌ترین گونه‌های درختی پهن برگ و همیشه سبز جنگل‌های شمال کشور است. در سال‌های اخیر، بیماری بلایت درخت شمشاد به یکی از نگرانی‌های اساسی متخصصان و مدیران منابع طبیعی در ایران تبدیل شده است. دو قارچ *buxicola* *Cylindrocladium* و *pseudonaviculata* *Calonectria* عوامل بیماری بلایت شمشاد هستند که در بسیاری از رویشگاه‌های آن وجود دارند. برای کنترل گسترش این بیماری، تشخیص زودهنگام و نقشه‌های توزیع بیماری مورد نیاز است.

بلایت شمشاد، سبب ایجاد طیف وسیعی از تغییرات در رنگ، شکل و اندازه برگ با توجه به فتوسنتز و تعرق می‌شود. محققان از طریق تکنیک‌های سنسجش از دور، به عنوان مثال، داده‌های پردازش شده تصاویر ماهواره‌ای، تغییرات خصوصیات حرارتی و بصری گیاه را اندازه‌گیری و علائم بیماری بلایت شمشاد را بررسی کردند. همچنین معیارهای برازش مدل پیشرفت بیماری نشان داد، این روش احتمالاً می‌تواند برای ارزیابی وسعت مناطق آسیب‌دیده، همچنین پیشرفت بیماری در مناطق بررسی شده در آینده استفاده شود (Ghavidel et al., 2021). همچنین، استانداردسازی بهتر تصاویر هوایی از عوامل محیطی مزاحم، برای کاربرد تکنیک‌های سنسجش از دور با هدف تشخیص زودهنگام آفت ضروری است. این مهم در پایش آفت برگ‌خوار و بیماری بلایت شمشاد مورد توجه قرار گرفت (قویدل، ۱۳۹۸). عدم دسترسی به داده‌های کیفی و کمی آفات و بیماری‌ها در جنگل‌ها و مراعات کشور، یکی از



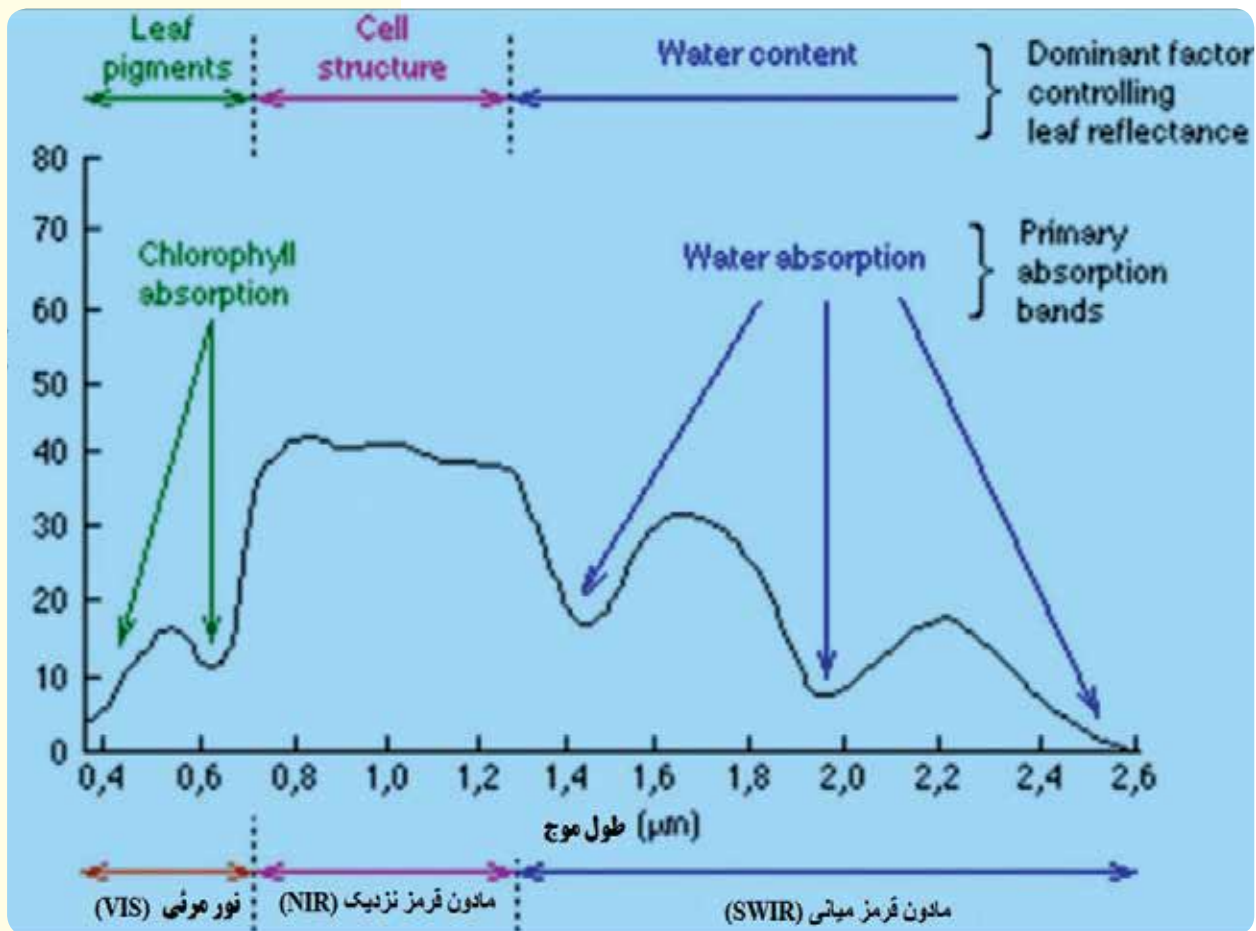
شکل ۲- دوره پیشرفت سالانه بیماری بلایت شمشاد در منطقه سیاهکل استان گیلان (برگرفته از Ghavidel et al., 2021)



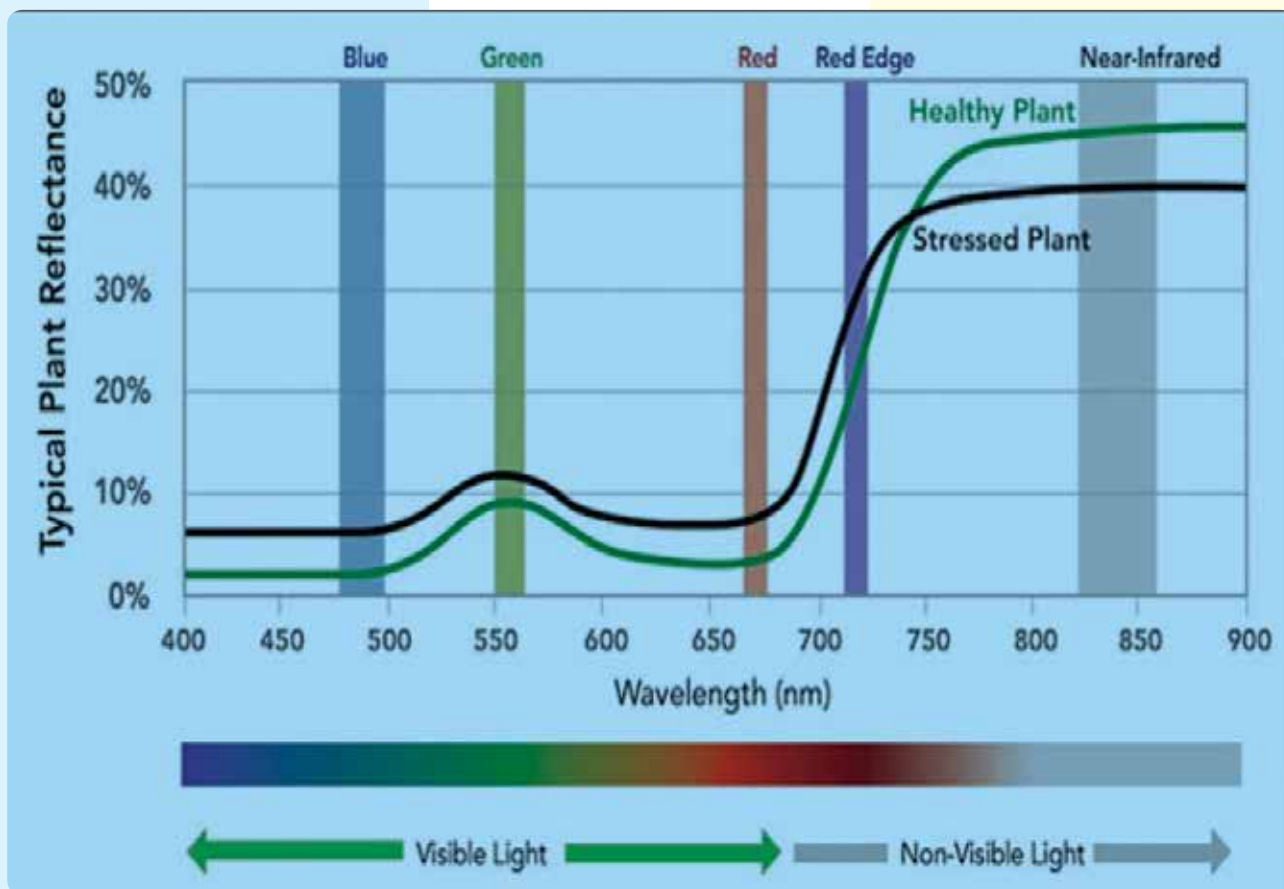
مهم‌ترین مشکلات موجود در بحث کنترل و مدیریت زودهنگام است. تکنیک‌های سنجش از دور در تشخیص تنش‌هایی مانند آلودگی به آفات، توسعه بیماری‌ها و پایش خشکی مفید است. درختان و درختچه‌های جنگلی و گیاهان مرتعی در عرصه‌های طبیعی ممکن است به چند روش از جمله بیج خوردن برگ‌ها، پژمردگی، لکه‌برگی، رشد کم و در برخی موارد کاهش سطح برگ به دلیل برگ‌ریزی شدید، به آفات و بیماری‌ها پاسخ دهند. از سوی دیگر، همین پاسخ‌های گیاهی بر میزان و کیفیت بازتاب الکترومغناطیسی از تاج گیاه تأثیر می‌گذارند (Prasad & Prabhakar, ۲۰۱۲). فرض اصلی این است که گیاهان سالم، بازتاب بیشتری در منطقه نزدیک به نور مادون قرمز و بازتاب کمتری در منطقه نور مرئی دارند، درحالی‌که درمورد گیاهان

بیمار برعکس است. همان‌طور که شکل ۴ نشان می‌دهد، در اثر تنش‌ها، میزان بازتاب در گیاه سالم در محدوده نور مرئی، افزایش و در محدوده مادون قرمز، کاهش می‌یابد (Teng & Close, 1977). بازتاب گیاه سالم در طول موج‌های مختلف الگوی مشخصی دارد که در علم سنجش از دور شناخته شده است. در این الگو، بالاترین میزان جذب و کمترین بازتاب در بخش مرئی (VIS) مشاهده می‌شود و بیشترین بازتاب پوشش گیاهی در محدوده مادون قرمز نزدیک NIR اتفاق می‌افتد. در محدوده طول موج مرئی (VIS) دو باند جذب در قسمت ۰/۴۳ میکرومتر و ۰/۶۶ میکرومتر وجود دارد و بعد از آنها یک اوج بازتاب در وسط باند سبز (۰/۵۴ میکرومتر) اتفاق می‌افتد که در اثر رنگ سبز شاخ‌وبرگ‌های سالم گیاه است. جذب نور در منطقه طول موج

مرئی در اثر وجود رنگ‌دانه‌ها (کلروفیل a و b، کاروتن، زانتوفیل، آنتوسیانین و غیره) است. شاخص سطح برگ، متغیر مهم بیوفیزیکی برای ارزیابی سلامت گیاه است. از آنجایی‌که بازتاب پوشش گیاهی در محدوده طول موج مرئی پایین است، از بین رفتن قابل توجه شاخ‌وبرگ در گیاهان با کاهش چشمگیر شاخص سطح برگ همراه خواهد شد. بنابراین، شاخص سطح برگ یکی از پارامترهای مهم برای مطالعه آفات است (شکل ۳). اما طول موج‌های ۰/۶۵ تا ۰/۷ میکرومتر که در سنجش از دور به لبه قرمز (Red Edge) معروف هستند، از بخش‌های بسیار مهم و حساس در مطالعه آفات جنگلی به‌شمار می‌روند. از این رو توانایی تجزیه و تحلیل این محدوده باریک ممکن است در تشخیص تنش در گیاهان به مفسر کمک کند. امروزه برخی از سنجنده‌ها



شکل ۳- انعکاس پوشش گیاهی سالم در طول موج‌های مختلف (سازمان فضایی ایران، ۱۳۹۸)



شکل ۴- تغییرات بازتاب گیاهان در اثر بیماری در مقایسه با گیاه سالم نشان می‌دهد، میزان بازتاب در گیاه سالم در اثر تنش‌ها در محدوده نور مرئی افزایش و در محدوده مادون قرمز کاهش می‌یابد (سازمان فضایی ایران، ۱۳۹۸).

۳-۱- به‌کارگیری پهباد به‌عنوان یک ابزار کمکی

یکی از روش‌های سنجش و پایش از راه دور، استفاده از پهباد و تجزیه و تحلیل داده‌های آن است. از پهباد برای تصویربرداری و تهیه نقشه، بررسی میزان سلامت گیاهان و تنش آبی استفاده می‌شود. پهبادها قادرند با هزینه پایین و در هر زمان، اطلاعات را جمع‌آوری کنند و این یکی از محاسن آنهاست. آنها امکان مدیریت در لحظه را برای به دست آوردن داده‌های کمی و کیفی فراهم می‌کنند. در انجام مأموریت‌ها نسبت به سایر سیستم‌های سنجش از دور (مانند هواپیما و ماهواره)، انعطاف‌پذیری بیشتری دارند، ولی در مواردی که به نقشه‌برداری یا نظارت بر مناطق وسیع نیاز باشد، تقریباً کارآمد نیستند، دقت و وضوح بالا و ظرفیت ترابری متوسطی دارند (Matese et al., 2015) و در امور سم‌پاشی، به‌ویژه

طول موج الکترومغناطیسی در اثر برخی از تنش‌ها در مقایسه با گیاه سالم نشان داده شده است. بنابراین، ابزار سنجش از دور که اندازه‌گیری و ثبت تغییرات را براساس پرتوهای الکترومغناطیسی انجام می‌دهد، ممکن است روش مناسب‌تری را برای سنجش تنش‌های زیستی نسبت به روش‌های ارزیابی چشمی فراهم کند و از آنجایی که تاج درخت، جزو مؤلفه‌های اصلی برای ارزیابی وضعیت سلامت جنگل است، سنجش از دور فرصت‌های جدیدی را برای بهبود ارزیابی و توانایی تشخیص آسیب‌های مربوط به یک اخلاک‌گر را در جنگل، که منجر به تغییر در رنگ برگ یا برگ‌ریزی می‌شود، فراهم می‌کند. علاوه بر این، سنجش از دور می‌تواند به‌طور مکرر برای اندازه‌گیری نمونه‌های غیرمخرب و غیرتهاجمی استفاده شود (Yang et al., 2004).

با برداشت این باندها، امکان مطالعه آفات را فراهم کرده‌اند. بیشترین انعکاس در گیاهان سالم در محدوده مادون قرمز نزدیک اتفاق می‌افتد، نتایج تحقیقات بسیاری نشان داده است، تغییر در خصوصیات طیفی NIR ممکن است در تشخیص از بین رفتن شاخ و برگ از نظر پیری یا استرس مفید باشد. در بازه مادون قرمز میانی (SWIR) بازتاب گیاه سالم، دو قله به ترتیب در محدوده طیفی ۱/۶ میکرومتر و ۲/۲ میکرومتر دارد و در فواصل آنها باندهای جذب آب وجود دارند. اگر در اثر تنش یا آفات گیاهی میزان آب کاهش یابد، میزان انعکاس در این محدوده‌ها افزایش می‌یابد، این موضوع می‌تواند در شناسایی تنش‌ها کمک کند. بنابراین، طول موج‌های مختلف که در تصاویر ماهواره‌ای در باندهای مختلف ثبت می‌شوند، می‌توانند در شناسایی آفات گیاهان مؤثر باشند. در شکل ۴، تغییرات در محدوده‌های مختلف



شکل ۵- تصویربرداری هوایی از مناطق مختلف جنگلی و مرتعی، (۱) آماده‌سازی پهباد، (۲) تصویربرداری و کنترل، (۳ و ۴) کانون‌های طغیان آفات برگ‌خوار بلوط در منطقه گورکش استان لرستان، رنگ درختان سبز با درختانی که مورد حمله قرار گرفته‌اند، کاملاً متفاوت است (دایره‌ها و فلش‌های قرمز رنگ مناطق آلوده، دایره‌ها و فلش‌های زرد رنگ درختان سالم) (مجید توکلی، ۱۳۹۹).

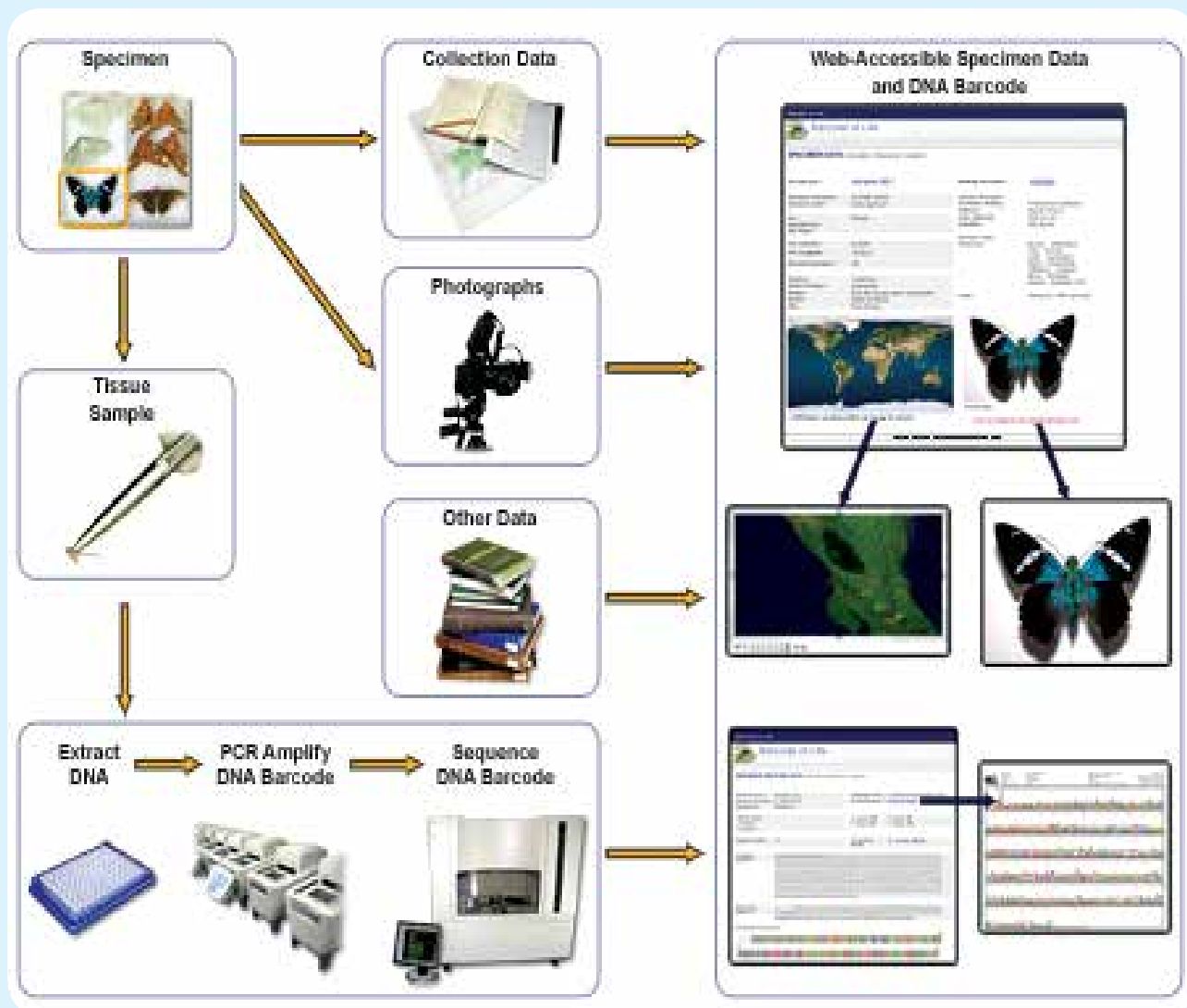
را به‌طور دقیق شناسایی و ردیابی کرد. از مهم‌ترین روش‌های مولکولی که در شناسایی و ردیابی آفات و بیماری‌ها استفاده می‌شوند، می‌توان به روش‌های دی. ان. ای بارکدینگ (DNA barcoding)، متا بارکدینگ (Meta barcoding) و ردیابی مولکولی Multiplex PCR اشاره کرد. در این روش‌ها با استفاده از استخراج قطعه‌ای مشخص از ژنوم موجودات، شناسایی و تغییرات ژنومی موجود بررسی و ارزیابی می‌شود. البته از محدودیت‌های این روش می‌توان به انجام نمونه‌برداری دقیق و نیاز به حضور متخصص، فرایند طولانی تشخیص، امکانات، تجهیزات و مواد اولیه هزینه‌بر برای انجام آزمایش‌های موردنیاز اشاره کرد. علاوه‌بر استفاده از این روش در محصولات

فراهم می‌کنند که البته کافی نیست)، وابستگی شدید به شرایط جوی، هزینه خرید و دانش و مهارت استفاده از آنها اشاره کرد.

۴-۱- روش‌های مولکولی

اگرچه برای تشخیص و کنترل آفات و بیماری‌ها، روش‌های سنتی نقش اساسی دارند، اما امروزه به‌دلیل برخی محدودیت‌ها از جمله شباهت علائم خسارت، شباهت ظاهری آفات و بیماری‌ها و زمان‌بر بودن شناسایی سنتی، برای تشخیص دقیق و زودهنگام آفات و بیماری‌ها از روش‌های مدرن از جمله روش‌های مولکولی استفاده می‌شود. با استفاده از روش‌های مولکولی مختلف، می‌توان تغییرات ایجاد شده در سطح ژنوم آفات و گیاهان و نیز آفات مهاجم

در مناطق خطرناک و صعب‌العبور به کار گرفته می‌شوند. سم‌پاشی شمشاد‌های آلوده به شب‌پره شمشاد در ایستگاه تحقیقاتی چشمه بلبل و سایر مناطق استان گلستان توسط آفت‌کش‌های بیولوژیک به‌وسیله پهبادها در حال انجام است (مدیرکل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان). برای نخستین بار در سال ۱۳۹۷، برای کنترل جوانه‌خوار بلوط در جنگل‌های بلوط غرب کشور از پهبادها استفاده شد (مدیرکل منابع طبیعی و آبخیزداری چهارمحال و بختیاری). از محدودیت‌های استفاده از پهبادها، می‌توان به محدوده عملیاتی و مدت زمان پرواز (مولتی‌روتورها پس از هر بار شارژ کردن مدت زمان پرواز بین ۲۰ دقیقه تا ۱ ساعت را



شکل ۶- مراحل مختلف DNA بارکدینگ از ابتدا تا شناسایی کامل آفات در پایش آفات و بیماری‌های جنگل‌ها و مراتع کشور (امینی و همکاران، ۱۳۹۱).

روشن‌شناسایی شدند (توکلی و همکاران، ۱۳۹۶؛ توکلی و همکاران، ۱۳۹۸).

۵-۱- پایش آفات و بیماری‌های قرنطینه‌ای جنگل و مرتع

با توجه به محدودیت‌ها و موانع مربوط به هر یک از روش‌های تشخیص و پایش آفات، با هدف ارائه راهکاری کارآمد برای ایجاد قرنطینه، باید از مجموعه‌ای از روش‌های پایش و تشخیص در مبادی ورودی استفاده شود. این روش‌ها را می‌توان به سه گروه کلی یعنی روش‌های الکترونیکی، تله‌های فعال و پایش انسانی تقسیم کرد. از روش اول بیشتر در پایش آفات و بیماری‌های خسارت‌زای

DNA و PCR قسمتی از ژن COI را از تعداد ۱۰ نمونه تخم و لارو استخراج کردند و توالی‌یابی قسمتی از ژن COI را برای دو نمونه لارو انجام دادند. نتیجه بلاست توالی‌ها در بانک ژن نشان داد، هر دو توالی این مطالعه متعلق به گونه *L. dispar* با شباهت ۹۹ تا ۱۰۰ درصد است. براساس نتایج به‌دست‌آمده پیشنهاد شد، با توجه به عرصه وسیع فعالیت این آفت، بلافاصله برای مدیریت کنترل جمعیت آن اقدام شود. همچنین، طی دو بررسی جداگانه، دو زنبور برگ‌خوار درخت زبان‌گنجشک (*Tomostethus* sp. (Hy-menoptera: Tenthredinidae) و زنبور برگ‌خوار بلوط (*Periclista* sp. (Hyme-

زراعی، از این روش کاربردی در طرح پایش آفات و بیماری‌های جنگل‌ها و مراتع کشور نیز استفاده می‌شود. امینی و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از روش DNA بارکدینگ، سوسک پوست‌خوار گونه *Scolytus rugulosus* را در استان گیلان شناسایی کردند و نشان دادند، این روش، ابزار قابل اعتمادی برای شناسایی سوسک‌های پوست‌خوار است. توکلی و همکاران (۱۳۹۷) برای شناسایی دقیق، سریع و تشخیص افتراقی لارو شب‌پره ابریشم‌باف ناجور یا کولی (*Lepidoptera: Lymantriidae*) *Lymantria dispar* (یکی از خسارت‌زاترین آفات برگ‌خوار درختان جنگلی در دنیا) در جنگل‌های زاگرس شمالی،



شکل ۱-۷) جابه‌جایی چوب از کشتی به بندرگاه و بررسی چوب‌ها از نظر آلودگی (بندرگاه بندر انزلی، ۱۳۸۷/۱۲/۰۶)، ۳) مشاهده آفات روی چوب (بندر آستارا، ۱۳۸۷/۰۳/۰۴)، ۴) لکه‌های تیره‌رنگ روی چوب‌ها بر اثر بیماری قارچی (بندر آستارا، ۱۳۸۷/۰۳/۰۴)، ۵) ضدعفونی الوارهای وارداتی آلوده با استفاده از روش‌های تدخینی مانند متیل‌بروماید (بندر آستارا، سال ۱۳۸۷)، ۶) معدوم‌سازی چوب‌های وارداتی آلوده به آفات (بندر آستارا، سال ۱۳۸۷) (فراشینی و همکاران، ۱۳۹۸)

کاربردی‌ترین روش‌ها در زمینه کنترل آفات است. تله‌های فرمونی و تله‌های نوری برای پایش حشرات شب‌پرواز و حشرات با قدرت پرواز بیشتر انتخاب مناسبی هستند. تله‌های فرمون جنسی، حشرات نر بالغ و تله‌های فرمون تجمعی، هر دو جنس نر و ماده را شکار می‌کنند، تله‌های نوری نیز حشرات بالغ هر دو جنس نر و ماده را شکار می‌کنند.

۱-۶-۱- تله‌های فرمون جنسی

فرمون‌ها، مواد شیمیایی ترشح‌شده از بدن حشرات هستند که در روابط خاص درون گونه‌ها نقش دارند. بیشتر اوقات، فرمون‌های جنسی توسط ماده‌های بالغ برای جذب جنس نر تولید می‌شوند. تله‌های فرمونی، پرکاربردترین ابزار برای تشخیص و پایش جمعیت آفات به‌شمار می‌روند. این تله‌ها برای سه هدف پایش، شکار انبوه و اختلال در جفت‌گیری استفاده می‌شوند. زمان شروع شکار حشره بالغ نر در تله‌ها، نشانه شروع فعالیت آفت در منطقه است. از مزایای این روش در پایش آفات می‌توان به مطالعه توزیع فضایی آفات، تشخیص زودهنگام آلودگی و شناسایی کانون‌های آلودگی اشاره کرد که برای شروع برنامه‌های مدیریتی مفید است

اهمیت جنگل‌های ایران از جنبه‌های اکولوژیک، اقتصادی و اجتماعی بسیار بالاست. نیاز کشور به واردات چوب و منابع چوبی از موضوعات مهم راهبردی به‌شمار می‌رود. سطح جنگل‌ها در ایران به نسبت جمعیت و سطح سرزمین، کم است. اگرچه، واردات چوب سریع‌ترین راه برای دستیابی و تأمین نیازهای فراوان کشور است، اما احتمال ورود آفات و بیماری‌های گیاهی را به داخل کشور افزایش می‌دهد. برای جلوگیری از ورود این عوامل خسارت‌زا، اقدامات قرنطینه‌ای و اجرای صحیح آنها ضروری است. اقداماتی مانند ارائه گواهی بهداشت، پوست‌کنی چوب، بازرسی دقیق محموله‌ها و به‌کارگیری روش‌های ضدعفونی مناسب در کشور مبدأ یا کشور مقصد، احتمال ورود و خطر عوامل خسارت‌زا را به شدت کاهش می‌دهد که این مهم وظیفه سازمان حفظ نباتات کشور است. انجام اقدامات قرنطینه‌ای برای چوب‌های وارداتی نیز طبق دستورالعمل‌های موجود انجام می‌شود (فراشینی و همکاران، ۱۳۹۸).

۱-۶-۲- تله‌گذاری (فرمونی، نوری، ...)

پایش آفات توسط تله‌ها یکی از

قرنطینه‌ای در مبادی مرزی ورود چوب استفاده می‌شود که در سال‌های اخیر رشد چشمگیری داشته است، اگرچه این روش از دقت بسیار بالا و سرعت خوبی برخوردار است، اما متأسفانه تنها توانایی تشخیص طیف خاصی از حشرات را دارد. روش دوم و سوم هم مکمل تشخیص در مبادی ورودی هستند، ولی برای پایش آفات و بیماری‌های خسارت‌زای قرنطینه‌ای در عرصه‌های جنگلی و مرتعی بیشتر از روش دوم و سوم استفاده می‌شود. از گروه دوم می‌توان به تله‌های نوری، تله‌های چسبنده، تله‌های طعمه‌دار و تله‌های فرمونی اشاره کرد. تله‌های طعمه‌ای، چسبنده و نوری طیف خاصی از آفات را جذب می‌کنند که پس از به دام افتادن حشرات، توسط متخصصان شناسایی می‌شوند، این فرایند هم زمان‌بر است و هم احتمال خطا در شناسایی مرفولوژیک وجود دارد، اما تله‌های فرمونی تخصصی عمل می‌کنند. در نهایت گروه سوم یا متخصصان مجرب باید با بازدید منظم میزان خطا را به حداقل برسانند. انجام دستورات قرنطینه آفات باید دارای این سه گروه باشد تا خطاهای احتمالی به حداقل برسد (مرتضوی و زرگر، ۱۳۹۲).



شکل ۸- دو نوع تله فرمونی دلتا برای شکار پروانه برگ‌خوار شمشاد در ایستگاه چشمه‌بلبل استان گلستان (Kazerani et al., 2019).



شکل ۹- تله‌های نوری نصب‌شده، (۱) تله نوری پرده‌ای در مناطق جنگلی، (۲) تله نوری قیفی در مناطق مرتعی جنگل‌های هیرکانی (اصلی)

نمونه‌برداری توسط تله نوری برای پویایی جمعیت پروانه‌ها کارآمدتر بوده است (Raimondo et al., 2004). با این حال، عوامل زیادی در شکار حشرات توسط تله‌های نوری تأثیرگذار است (Bowden, 1982). طراحی تله، منبع نور و انرژی آن و کارایی جذب تحت شرایط خاص در خطاهای نمونه‌برداری مؤثر هستند. تأثیر شرایط آب‌وهوایی و مهتاب در شکار تله‌های نوری ثابت شده است. به عنوان مثال، کارایی تله برای شکار پروانه‌ها، با درجه حرارت و ضخامت پوشش ابر رابطه مثبت دارد و با سرعت باد، بارش و میزان کامل بودن ماه در شب همبستگی منفی دارد (Bowden, 1982; Dent & Pawar, 1988; Yela & Holyoak, 1997; Butler et al., 1999). تأثیر عوامل آب‌وهوایی بر فراوانی یا غنای گونه سخت‌بال‌پوشان که توسط تله‌های نوری شکار شده‌اند، گزارش شده است (Rodriguez-Del-Bosque, 1998). تله‌های نوری برای پایش سالانه پروانه‌ها استفاده می‌شوند، از داده‌های به دست آمده برای ارزیابی تغییرات فصلی، سالانه و طولانی‌مدت پروانه‌ها و پویایی جمعیت آنها در انگلیس (Lewis, 1980) و هند (Anon., 2009)، استفاده شده است. با استفاده از مدل درجه-روز (Zou et al., 2004)،

به تازگی، مهم‌ترین و گسترده‌ترین کاربردهای عملی فرمون‌های جنسی در مدیریت آفات بررسی شده است (Witzgall et al., 2010). تعداد حشرات شکارشده توسط تله‌ها به مرور زمان، برای پایش تخم‌گذاری و ارزیابی جمعیت حشرات استفاده شد و به دنبال آن اقدامات کنترلی انجام شد (Wall et al., 2001; Gurrero & Reddy, 1987). تله فرمونی مؤثرترین و حساس‌ترین تله برای تشخیص جمعیت‌های با تراکم کم است (Prasad & Prabhakar, 2012).

۲-۶-۱- تله‌های نوری

از جذب حشرات به نور، برای پایش حضور زودهنگام آفات شب‌پرواز استفاده شده است. تله‌های نوری به‌طور گسترده برای پایش پویایی جمعیت پروانه‌ها و سخت‌بال‌پوشان استفاده شده است (Wolda, 1992; Watt & Woiwod, 1999; Kato et al., 2000). Kazerani و همکاران (۲۰۱۹) از تله نوری برای مبارزه با شب‌پره برگ‌خوار شمشاد استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که با توجه به نورگرایی مثبت شب‌پره شمشاد این روش برای جلب، به دام انداختن و انهدام افراد بالغ شب‌پره قبل از جفت‌گیری و تخم‌ریزی تا حدودی مؤثر خواهد بود. در مقایسه با سایر روش‌های نمونه‌برداری،

(Ayalew et al., 2008). همچنین با نصب این تله‌ها در مناطق جنگلی صعب‌العبور، می‌توان به حضور آفت در منطقه پی برد و سبب کاهش هزینه‌های انسانی مربوط به بازدید تله‌ها شد. از معایب استفاده از این تله‌ها می‌توان به مشکلات نصب آنها در مناطق جنگلی با شیب زیاد و ارتفاع بلند درختان اشاره کرد. همچنین شرایط آب‌وهوایی مرطوب و بارندگی زیاد می‌تواند از کارایی این تله‌ها بکاهد.

محققان مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور از تله‌های فرمون جنسی برای پایش شب‌پره برگ‌خوار شمشاد، به عنوان یکی از مهم‌ترین آفات این درخت در جنگل‌های هیرکانی، استفاده کردند. نتایج تأیید کرد که تله‌های دلتا با فرمون جنسی در شکار حشرات نر برای تعیین بیک پرواز بسیار کارآمد است (Kazerani et al., 2019). غباری و همکاران (۱۳۸۸) برای پایش پروانه جوانه‌خوار بلوط (*Tortrix viridana* L. (Lep., Tortrici-)) به عنوان یکی از آفات مهم جنگل‌های بلوط استان کردستان، از تله فرمونی استفاده کردند، آنها تله‌های لوله‌ای چسب‌دار حاوی کیسول فرمون ۰/۵ میلی‌گرمی را برای مدیریت آفت توصیه کردند که باید در ناحیه میانی درختان بلوط نصب شوند.

برای پیش‌بینی تاریخ ظهور حشرات بالغ سوسک‌ها از زمستان‌گذرانی و نیز پیش‌بینی اندازه جمعیت براساس پروانه‌های شکارشده استفاده شده است (Raimondo et al., 2004). داده‌های بلندمدت تله‌های نوری در مطالعه پویایی فصلی آفات بسیار مفید است (Prasad & Prabhakar, 2012).

۷-۱- پیش‌بینی طغیان آفات و بیماری‌ها

در پیش‌بینی جمعیت آفات، ویژگی ذاتی حشره و چند عامل تعیین‌کننده محیطی و میزبان باید در نظر گرفته شود. هر ساله، جمعیت آفات در طرح پایش آفات و بیماری‌های جنگل‌های هیرکانی مطالعه می‌شود، با توجه به اندازه جمعیت و میزان آلودگی، می‌توان میزان شیوع آفات را پیش‌بینی کرد. در بیشتر مدل‌های پیش‌بینی آفات، فنولوژی حشره و گیاه میزبان آن را در نظر می‌گیرند، داده‌های مربوط به شیوع آفات، با داده‌های سنجش از دور و GIS ادغام می‌شوند، تا امکان هشدار زودهنگام ظهور آفت را در یک چشم‌انداز زمانی و مکانی تسهیل کنند. علاوه بر این، جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌های هواشناسی از مناطق خسارت‌دیده، یک ورودی اساسی برای انواع مدل‌ها به حساب می‌آید. اقدامات عملی خروجی‌های مدل، توسط سیستم‌های پشتیبانی انجام می‌شود (Prasad & Prabhakar, 2012).

● نتیجه‌گیری

پایش آفات و بیماری‌ها، به‌عنوان اولین گام اساسی در ایجاد یک برنامه صحیح مدیریت تلفیقی آفات (IPM) از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است، پایش آفات و بیماری‌ها، پایه و اساس مسئله هشدار زودهنگام، توسعه مدل‌های پیش‌بینی جمعیت آفت و سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری است که برای طراحی و اجرای برنامه‌های موفق IPM بسیار مهم است. یکی از روش‌هایی که می‌تواند به مدیریت آفات کمک کند، موضوع جنگل‌گردشی است. روش سنجش از دور، روش نوین کم‌هزینه و با دقتی است که در مسائل قرنطینه و پدافند غیرعامل

استفاده می‌شود، مزیت سنجش از دور نسبت به روش‌های سنتی، وضوح بیشتر مکانی و زمانی براساس تغییرات محیطی است. یکی دیگر از روش‌های نو، استفاده از تکنیک‌های مولکولی است که برای تشخیص دقیق و زودهنگام آفات و بیماری‌ها استفاده می‌شود، این روش به‌ویژه در مرحله نابالغ حشرات، که مرحله مهمی است، کاربرد دارد، با این روش حضور آفت در منطقه سریع‌تر مشخص می‌شود، بنابراین، می‌توان عملیات مدیریتی را سریع‌تر انجام داد، این امر در بحث پدافندی بسیار مهم است. همچنین این روش تغییرات ایجادشده در سطح زئوم آفات و گیاهان (یکی از عوامل اخلاک‌گر) و نیز آفات مهاجم و مخفی را به‌طور دقیق شناسایی و ردیابی می‌کند. با استفاده از تله‌های فرمونی و نوری می‌توان تاریخ ظهور آفات را تعیین و تغییرات جمعیتی آنها را بررسی کرد. با استفاده از تله‌ها، ردیابی و شکار انبوه آفات نیز امکان‌پذیر است، در واقع، داده‌های به‌دست‌آمده از تله‌های مختلف، در تبیین اهدافی مانند مطالعات محیط‌زیستی، ردیابی مهاجرت حشرات، زمان ورود آفت به اکوسیستم، شروع روش‌های نمونه‌گیری در عرصه و پیش‌بینی نسل‌های بعدی براساس اندازه نسل‌های قبلی استفاده می‌شوند. قرنطینه یکی دیگر از روش‌هایی است که حساسیت بالایی، به‌ویژه در بحث ورود عوامل اخلاک‌گر به داخل کشور دارد، به‌طوری‌که می‌توان با مدیریت درست مبادی ورودی در گمرکات کشور، مشکلاتی را که در ورود آفات و بیماری‌ها از سایر کشورها وجود دارد، به حداقل رساند. پیش‌بینی وضعیت آفات و بیماری‌ها، یکی دیگر از روش‌های مهم و مطرح در بحث پدافندی است. هشدارها و پیش‌بینی‌های اولیه براساس روش‌های بیوفیزیکی، زمان اصلی را برای مدیریت آفت فراهم می‌کند و نقش مهمی در کنترل آفات و بیماری‌ها دارد. مدل‌های پیش‌بینی جمعیت آفت، ابزار بالقوه برای ترکیب اطلاعات و دانش موجود در مورد پویایی جمعیت آفات در سیستم‌های محیط‌زیستی و زیستگاه‌های طبیعی هستند. توسعه داده‌های مکانی پایش در درازمدت،

فاصله دانش را برای پیش‌بینی‌های معتبر روی روابط آب‌وهوا، آفت و محصول کاهش خواهد داد. پیشرفت‌های اخیر در فناوری اطلاعات و ارتباطات، زمینه گسترده‌ای را برای انتشار وسیع و استفاده از پیش‌بینی جمعیت آفات فراهم می‌کند. بعد از استفاده از روش‌های یادشده، ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکی از مهم‌ترین امور است، این بانک‌ها شامل اطلاعاتی از آفات و بیماری‌های مناطق مختلف هستند و به‌عنوان منبع بارزشی در پایش، ردیابی و شناسایی آفات و بیماری‌ها کاربرد دارند. با تهیه این بانک‌های اطلاعاتی می‌توان آفات و بیماری‌های هر منطقه را شناسایی و آنها را با فون و فلور آفات و بیماری‌های گیاهی کشورهای همسایه مقایسه کرد، سپس، برای جلوگیری از ورود آفات و بیماری‌ها اقدام به قرنطینه کرد.

درنهایت می‌توان اذعان کرد، استفاده از این روش‌های متنوع در پایش آفات و بیماری‌ها می‌تواند، در حفاظت و حمایت عرصه‌های طبیعی ارزشمند کشور، مؤثر واقع شود.

● منابع

- امینی، س.، حسینی، ر. و سوهانی، م.م.، ۱۳۹۱. شناسایی مولکولی سوسک پوست‌خوار گونه *Scolytus rugulosus* با روش DNA بارکدینگ در استان گیلان. سومین همایش ملی بیوتکنولوژی کشاورزی ایران (گیاهی)، دامی و صنعتی)، مشهد، ۱۳ شهریور ۱۳۹۱، صفحه ۷۶۴-۷۶۳.
- توکلی، م.، حسینی‌چگنی، ا. و خاقانی‌نیا، ص.، ۱۳۹۶. اولین گزارش طغیان و شناسایی لارو زنبور برگ‌خوار بلوط (*Periclista sp.* (Hy- menoptera: Tenthredinidae) با استفاده از ژن COI در ایران. تحقیقات حمایت و حفاظت جنگلها و مراتع ایران، ۱۵(۲): ۲۰۹-۲۰۳.
- توکلی، م.، حسینی‌چگنی، ا. و خاقانی‌نیا، ص.، ۱۳۹۷. اولین گزارش طغیان شب‌پره ابریشم‌باف ناجور (*Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) از جنگل‌های زاگرس شمالی و شناسایی آن با استفاده از ژن COI در ایران. تحقیقات حمایت و حفاظت جنگلها و مراتع ایران، ۱۶(۲): ۲۱۸-۲۰۷.
- توکلی، م.، حسینی‌چگنی، ا. و خاقانی‌نیا، ص.، ۱۳۹۸. گزارش طغیان زنبور برگ‌خوار درخت زبان‌گنجشک (*Tomostethus sp.* (Hy-



- 32: 373–383.
- Wall, C., Garthwaite, D.G., Blood Smyth, J.A. and Sherwood, A., 1987. The efficacy of sex-attractant monitoring for the pea moth, *Cydia nigricana*, in England, 1980–1985. *Annals of Applied Biology*, 110: 223–229.
- Watt, A.D. and Woiod, I.P., 1999. The effects of phenological asynchrony on population dynamics: analysis of fluctuations of British macrolepidoptera. *Oikos*, 87: 411–416.
- Witzgall, P., Kirsch, P. and Cork, A., 2010. Sex pheromones and their impact on pest management. *Journal of Chemical Ecology*, 36: 80–100.
- Wolda, H., 1992. Trends in abundance of tropical forest insects. *Oecologia*, 89: 47–52.
- Yang, Z.M., Rao, N., Elliot, N.C., Kindler, S.D. and Elliott, N.C., 2004. Remote sensing to detect plant stress with particular reference to stress caused by green bug: a review. *South Western Entomologist*, 29: 227–236.
- Yela, J.L. and Holyoak, M., 1997. Effects of moonlight and meteorological factors on light and bait trap catches of noctuid moths (Lepidoptera: Noctuidae). *Environmental Entomology*, 26: 1283–1290.
- Zou, L., Stout, M.J. and Ring, D.R., 2004. Degree-day models for emergence and development of the rice water weevil (Coleoptera: Curculionidae) in Southwestern Louisiana. *Environmental Entomology*, 33: 1541–1548.
- of weather conditions and trap types on sampling for richness and abundance of forest macrolepidoptera. *Environmental Entomology*, 28: 795–811.
- Dent, D.R. and Pawar, C.S., 1988. The influence of moonlight and weather on catches of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera, Noctuidae) in light and pheromone traps. *Bulletin of Entomological Research*, 78: 365–377.
- Ghavidel, M., Bayat, P. and Farashiani, M.E., 2021. Satellite image processing of the *Buxus hyrcana* Pojark dieback in the Northern Forests of Iran. *Journal of Forest Science*, 67: 71–79.
- Gurrero, A. and Reddy, G.V.P., 2001. Optimum timing of insecticide applications against diamondback moth *Plutella xylostella* in cole crops using threshold catches in sex pheromone traps. *Pest Management Science*, 57: 90–94.
- Kato, M., Itoika, T., Sakai, S., Momose, K., Yamane, S., Hamid, A.A. and Inoue, T., 2000. Various population fluctuation patterns of light-attracted beetles in a tropical lowland dipterocarp forest in Sarawak. *Population Ecology*, 42: 97–104.
- Kazerani, F., Farashiani, M. E., Alazmani, M., Farahani, S., Khaleghi, S.N., Kord mohammadi, M., Zeinali, S., Kouhjeni Gorji, M. and Ahangaran, Y., 2019. Sex pheromone traps for detection of *Cydalima perspectalis* in Hyrcanian forests, Iran. *Journal of Crop Protection*, 8(2): 215–222.
- Prasad, Y.G. and Prabhakar, M., 2012. Pest Monitoring and forecasting. In: Abrol, D.P. and Shankar, U. (Eds.), *Integrated pest management*. CABI International, UK, pp.41–57.
- Raimondo, S., Strazanac, J.S. and Butler, L., 2004. Comparison of sampling techniques used in studying Lepidoptera population dynamics. *Environmental Entomology*, 33: 418–425.
- Rodriguez-Del-Bosque, L.A., 1998. A sixteen-year study on the bivoltinism of *Anomala faviipennis* (Coleoptera, Chrysomelidae) in Northern Mexico. *Environmental Entomology*, 23: 1409–1415.
- Teng, P.S. and Close, R.C., 1977. Spectral reflectance of healthy and leaf rust infected barley leaves. *Australian Plant Pathology Society Newsletter*, 6: 7–9.
- Waheed, I.B., Leonard, C. and Kogan, M., 2003. Integrated pest management and internet-based delivery systems. *Neotropical Entomology*, 32: 373–383.
- پژوهش و توسعه جنگل، ۲۵(۲): ۳۱۷–۳۲۸.
- سازمان فضایی ایران، ۱۳۹۸. سنجش از دور، شناسایی آفات جنگل. دسترسی در: <https://rs.isa.ir>
- غباری، ح.، گلدان‌ساز، س.ح. و عسکری، ح.، ۱۳۸۸.
- برخی عوامل مؤثر در شکار تله‌های فرمونی پروانه جوانه‌خوار بلوط *Tortrix viridana* (Lep.: Tortricidae) در استان کردستان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳(۴۷): ۲۶۲–۲۵۵.
- فراشیانی، م.ا.، عسکری، ح. و امینی، س.، ۱۳۹۸. واردات چوب و آفات قرنطینه در ایران، چالش‌ها و راهکارها. طبیعت ایران، ۴(۶): ۱۷–۷.
- فراشیانی، م.ا.، ۱۴۰۰. تحلیلی بر حفاظت از جنگل‌ها و مراتع کشور، چالش‌ها و راهکارها. مؤسسه ترویج و آموزش کشاورزی، شبکه تلویزیونی آموزش (۱۳۹۹/۱۲/۲۵)، گزارش تحلیلی منتشر نشده.
- قویدل، م.، ۱۳۹۸. بررسی میزان تخریب جنگل‌های شمشاد استان گیلان با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی تخریب ناشی از پروانه برگ‌خوار و بیماری بلایت). پایان‌نامه دکتری تخصصی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، رشت، ۱۸۱ صفحه.
- مرتضوی، س.ع. و زرگر، م.، ۱۳۹۲. روش‌های پایش و تشخیص آفات در قرنطینه. همایش ملی پدافند غیرعامل در بخش کشاورزی. قشم، ۳۰ آبان ۱۳۹۲، صفحه ۷۷۴۰.
- مرتضوی، س.ع.، زرگر، م. و اصغری قمصری، ف.، ۱۳۹۲. استفاده از روش‌های سنجش از راه دور برای پایش آفات. همایش ملی پدافند غیرعامل در بخش کشاورزی، قشم، ۳۰ آبان ۱۳۹۲، صفحه ۷۷۴۲.
- Anon, 2009. Progress Report, 2008, Vol. 2, Crop Protection (Entomology, Plant Pathology). All India Coordinated Rice Improvement Programme (ICAR), Directorate of Rice Research, Hyderabad, India.
- Ayalew, G., Sciarretta, A., Baumgartner, J., Ogot, C. and Lohr, B., 2008. Spatial distribution of diamondback moth, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae), at the field and the regional level in Ethiopia. *International Journal of Pest Management*, 54: 31–38.
- Bowden, J., 1982. An analysis of factors affecting catches of insects in light traps. *Bulletin of Entomological Research*, 72: 535–556.
- Butler, L., Kondo, C., Barrows, E.M. and Townsend, E.C., 1999. Effects