

روز درجه و محدودیت‌های آن در کنترل آفات*

فاطمه جعفربیگی
دانشجوی دکتری حشره‌شناسی

پیش‌بینی دقیق رشد و نمو و ظهور آفات برای مدیریت موثر آنها ضروری است، اما این کار تا حدی دشوار می‌باشد. تنوع زیاد گیاهان و آفات آنها برای برنامه‌ریزی و اجرای برنامه‌های مدیریت موفق آفات یک چالش محسوب می‌شود. برای به حداکثر رساندن اثربخشی سموم و کاهش تعداد سم‌پاشی‌ها، استفاده از آفت‌کش‌ها باید دقیقاً زمان‌بندی شود. استفاده از آفت‌کش‌ها در زمان نامناسب بسیار هزینه‌بَر بوده و حتی ممکن است در بعضی موارد بدون هیچ اثرگذاری بر آفات، دشمنان طبیعی را از بین ببرد. به‌علاوه، شناسایی و ردیابی بسیاری از حشرات مشکل است، این موضوع تعیین زمان دقیق سم‌پاشی را پیچیده می‌کند. در نتیجه، برنامه‌ریزی برای کاربرد سموم، اغلب بر اساس تقویم زمانی صورت می‌گیرد. با این وجود، حشره‌کش‌هایی که برای آفات حشره‌ای دائمی بر اساس یک تقویم زمانی استفاده می‌شوند اغلب منجر به کنترل ضعیف حشره و ائتلاف منابع می‌گردند، چرا که فعالیت حشرات از سالی به سال دیگر بسته به آب و هوا متغیر می‌باشد. به عنوان مثال، در حومه غربی شهرستان رفسنجان اوج پرواز پروانه چوبخوار پسته در سال‌های ۱۳۹۵، ۱۳۹۶، ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ به ترتیب در ۱۶، ۲۳، ۱۰ و ۲۲ فروردین بوده‌است. در صورتی که باغداران پسته همیشه در ۱۸ فروردین سم‌پاشی را انجام دهند، در اغلب سال‌ها موثرترین کنترل را بدست نمی‌آورند. همچنین به دلیل تنوع بسیار زیاد آب و هوا از محلی به محل دیگر، برنامه‌ریزی مبتنی بر تقویم زمانی غالباً نادرست است. مثلاً زمان پیک پرواز پروانه چوبخوار پسته در سال ۱۳۹۸ در منطقه حومه غربی رفسنجان در تاریخ ۲۲ فروردین و در منطقه کبوترخان در تاریخ ۲۸ فروردین اعلام شده‌است. اگر در هر دو منطقه، سم‌پاشی در تاریخ ۲۲ فروردین انجام شود کنترل مناسبی را در منطقه کبوترخان نخواهیم داشت. از زمانی که اطلاعات دقیق آب و هوایی در دسترس هستند، استفاده از روز درجه‌های تجمعی برای تعیین زمان سم‌پاشی نسبت به تقویم زمانی قابل اعتمادتر بوده و به کشاورزان اجازه می‌دهد که هر سال دقیقاً تاریخ خاص سم‌پاشی را مشخص کنند. از آنجایی که حشرات موجوداتی خونسرد بوده و رشد و نمو آنها وابسته به دما است، بررسی روزدرجه‌های تجمعی یک ابزار ارزشمند برای پیش‌بینی فعالیت آفات است. اگرچه محاسبه روزدرجه‌ها ساده است، اما نظارت بر آنها به صورت روزانه می‌تواند سخت باشد. از آنجایی که رشد و نمو گیاه نیز وابسته به دما است، بررسی فنولوژی گیاه، مانند زمان گلدهی، می تواند برای ردیابی روزدرجه تجمعی و پیش‌بینی فعالیت حشرات استفاده شود. اگر بتوان یک توالی از حوادث فنولوژیکی گیاه را با ظهور حشرات آفت مطابقت داد، پس از آن به راحتی از توالی فنولوژیک ردیابی شده می‌توان به عنوان یک تقویم بیولوژیکی برای پیش‌بینی مراحل آسیب‌پذیر آفات بهره برد. در این نوشته توضیح داده شده که چه موقع می‌توان از روزدرجه‌های تجمعی و فنولوژی گیاه به‌طور موثر برای پیش‌بینی ظهور حشرات و زمان عملیات کنترل آفات استفاده کرد.

روز درجه چیست؟

به‌طور ساده، روزدرجه، اندازه‌گیری واحدهای گرما در طول زمان است و یک روز درجه، واحد اندازه‌گیری معادل یک درجه بالای آستانه پایین رشد در یک دوره ۲۴ ساعته می‌باشد. گاهی به روزدرجه زمان فیزیولوژیک نیز گفته می‌شود. زمان فیزیولوژیک، مقدار گرمایی است که برای کامل شدن رشد حشره یا مرحله ویژه‌ای از رشد آن (مثلاً از مرحله لارو به بالغ) در طی زمان مورد نیاز می‌باشد و به عنوان یک ثابت دمایی در نظر گرفته می‌شود. یک روز درجه با استفاده از حداکثر و حداقل دمای روزانه محاسبه می‌شود. در مطالعات مربوط به روزدرجه‌ها، تعریف آستانه دمایی پایین (آستانه پایین رشد)، آستانه دمایی بالا (آستانه بالای رشد)، حرارت موثر و ثابت دمایی مهم است. حداقل درجه حرارتی که حشرات در آن دما شروع به رشد می‌کنند، «آستانه دمایی پایین» و حداکثر دمایی که در آن رشد حشرات کاهش می یابد، «آستانه دمایی بالا» نامیده می‌شود. «حرارت موثر» عبارت است از دماهایی در محدوده آستانه‌های پایین و بالای دما که بر رشد حشره تأثیر می‌گذارد. «ثابت دمایی» نیز مقدار حرارت موثری است که در طول یک دوره معینی از رشد حشره نیاز است. به ثابت دمایی، نیاز دمایی یا نیاز حرارتی نیز می‌گویند.

رشد و نمو حشرات تنها بین آستانه دمایی بالا و پایین اتفاق می افتد. زمانی که درجه حرارت کمتر از آستانه پایین می رسد، رشد و نمو کاهش یافته و زمانی که درجه حرارت بالاتر از آستانه پایین می رود، رشد از سر گرفته می‌شود. به‌طور معمول، هنگامی که قصد دارید رشد و نمو حشرات را پیش‌بینی کنید، از آستانه دمایی پایین به عنوان دمای پایه برای محاسبه روزدرجه استفاده کنید. آستانه دمایی پایین فقط برای رشد و نمو تعداد کمی از حشرات آفت شناخته شده‌است، اما تجربه

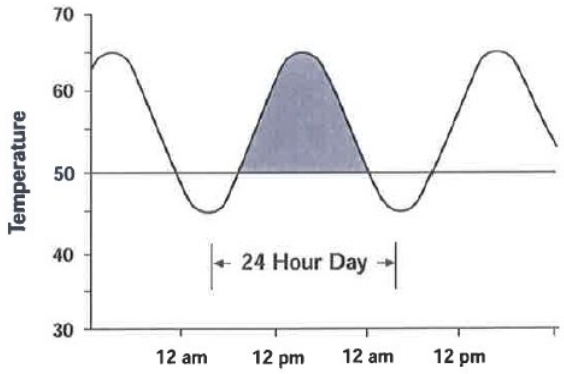
نشان می‌دهد که دمای ۵۰ درجه فارنهایت (۱۰ درجه سانتی‌گراد) تقریب مناسبی برای بسیاری از گونه‌ها می‌باشد و عموماً این دما به عنوان آستانه دمایی پایین استفاده می‌شود (گرچه درجه حرارت‌های دیگر مانند ۳۲ و ۴۲ درجه فارنهایت (صفر و ۵,۵ درجه سانتی گراد) نیز گاهی اوقات استفاده می‌شود). رشد و نمو حشرات زمانی که درجه حرارت به بیش از آستانه بالایی رشد و نمو برسد، کاهش می یابد. به‌طور معمول، حداکثر دما برای دوره‌های طولانی از آستانه دمایی بالا تجاوز نمی‌کند تا مورد توجه قرار گیرد و اغلب هنگام محاسبه روزدرجه‌ها آستانه دمایی بالا نادیده گرفته می‌شود. اگر حداکثر دما برای هر روز از دمای پایه بالاتر نرود، هیچ رشد و نموی رخ نمی‌دهد و صفر روزدرجه انباشته می‌شود (مقدار های منفی روزدرجه را محاسبه نمی‌کنیم، چون رشد موجودات در هنگام سرد شدن معکوس نیست).

محاسبه روزدرجه‌های تجمعی از یک زمان مشخص آغاز شده و به سادگی با اضافه کردن تعداد روزدرجه هایی که در هر روز تجمع پیدا می‌کنند، محاسبه می‌شوند. تاریخ شروع محاسبه روز درجه‌های تجمعی بیوفیکس (نقطه بیولوژیک ثابت) نامیده می‌شود. هر تاریخی می‌تواند به عنوان تاریخ شروع محاسبه روزدرجه‌های تجمعی استفاده شود، اما اغلب اول ژانویه مورد استفاده قرار می‌گیرد، زیرا بسیاری از حشرات زمستان‌گذران تا زمانی که در معرض یک دوره سرد قرار نگیرند، رشد نمی‌کنند. انتخاب نقطه بیولوژیک ثابت برای شروع جمع کردن روزدرجه‌ها می‌تواند یک عامل مهم در مجموع روزدرجه‌های محاسبه شده‌باشد. در منابع فارسی اغلب از اول بهمن به عنوان نقطه شروع جمع کردن روزدرجه‌ها استفاده می‌شود. از این تاریخ برای جمع کردن روزدرجه‌ها برای زنبور مغز خوار پسته و پروانه چوبخوار پسته استفاده شده‌است.

محاسبه روزدرجه

روش‌های متعددی برای محاسبه روزدرجه‌ها وجود دارد که از بسیار ساده تا خیلی پیچیده که به کامپیوتر نیاز دارد تغییر می‌کنند. این روش‌ها عبارتند از روش میانگین‌گیری، روش میانگین‌گیری اصلاح شده و روش موج سینوسی اصلاح شده. هر سه روش، روزدرجه‌ها را با استفاده از حداقل و حداکثر دمای روزانه و دمای پایه محاسبه می‌کنند. در طی ۲۴ ساعت یک روز معمولی، حداقل دما قبل از طلوع خورشید و حداکثر دما در نیمه اول بعد از ظهر، بدست می‌آید. داده‌های دمای روزانه را می‌توان از یک دماسنج که حداکثر و حداقل دما را ثبت می‌کند، یا از یک ایستگاه آب و هوایی نزدیک بدست آورد. شکل ۱ الگوی دما را برای یک روز فرضی که در آن حداقل و حداکثر دما به ترتیب ۴۵ و ۶۵ درجه فارنهایت است نمایش می‌دهد. در این مثال، ۵۰ درجه فارنهایت به عنوان دمای پایه استفاده شده‌است.

شکل (۱)



۱. روش میانگین‌گیری

این روش ساده‌ترین روش برای محاسبه روزدرجه‌ها می‌باشد. به سادگی حداکثر و حداقل دمای روزانه را با هم جمع کرده و حاصل را بر دو تقسیم می‌کنند تا میانگین دمای روز را بدست آورند. سپس دمای پایه را از دمای متوسط کم کرده و روزدرجه‌ها را در طول رشد حشره با هم جمع می‌کنند.

روز درجه = (حداقل دما+حداکثر دما/ ۲) – دمای پایه (آستانه دمایی پایین)

در صورتی که حداقل و حداکثر دما به ترتیب ۴۵ و ۶۵ درجه فارنهایت و ۵۰ درجه فارنهایت به عنوان دمای پایه استفاده شود با استفاده از روش میانگین‌گیری ۵ درجه روز در طول روز جمع می‌گردد.

۲. روش میانگین‌گیری اصلاح شده

مشکل روش میانگین‌گیری این است که در این روش، طول مدت زمانی که دمای روزانه ممکن است از دمای پایه بیشتر باشد را به حساب نمی‌آورد. به عنوان مثال، در صورتی که حداقل دما در تمام مدت ۲۴ ساعت بالای دمای پایه (۵۰ درجه فارنهایت) باشد و فقط برای مدت ۳۰ دقیقه به کمتر از دمای پایه برسد (۴۵ درجه فارنهایت) باز هم حداقل دما را ۴۵ درجه فارنهایت در نظر می‌گیرد که در این صورت، روزدرجه‌های تجمع یافته محاسبه شده با استفاده از روش میانگین‌گیری کمتر از مقدار واقعی خواهدبود. برای محاسبه حالتی که حداقل دمای روزانه کمتر از دمای پایه است، فرمول نیاز به اصلاح دارد. روش میانگین‌گیری اصلاح شده به همان شیوهٔ روش میانگین‌گیری محاسبات را انجام می‌دهد، با این تفاوت که وقتی که حداقل دما کمتر از دمای پایه می‌شود، دمای پایه جایگزین حداقل دما می‌گردد، مطابق فرمولی که در ادامه آمده‌است:

روز درجه = (دمای پایه+حداکثر دما/ ۲) – دمای پایه (آستانه دمایی پایین)

برای مثال، ما از دمای ۵۰ درجه فارنهایت به عنوان دمای حداقل روزانه در فرمول به جای ۴۵ درجه فارنهایت استفاده می‌کنیم. با استفاده از روش میانگین گیری اصلاح شده ۷,۵ روز درجه در طول

روز جمع می‌شود، در مقابل در روش میانگین‌گیری ۵ درجه روز محاسبه می‌شود.

۳. روش موج سینوسی اصلاح شده

روش موج سینوسی اصلاح شده حتی زمانی که حداقل درجه حرارت پایین‌تر از دمای پایه می‌رسد محاسبات را دقیق‌تر انجام می‌دهد. این روش از این واقعیت استفاده می‌کند که الگوهای دمای روزانه بسیار شبیه یک تابع سینوسی هستند و مقدار روز درجه‌ها را با محاسبه مقدار ناحیه زیر منحنی دما و بالاتر از دمای پایه (قسمت سایه دار شکل ۱) تعیین می‌کند. در روزهایی که حداقل دما بالاتر از دمای پایه باقی می‌ماند، این روش نتایج مشابهی با روش میانگین‌گیری دارد. از آنجا که در محاسبات روش موج سینوسی تا حدودی پیچیدگی وجود دارد، روزدرجه‌های محاسبه شده با استفاده از این روش معمولاً توسط کامپیوتر تعیین می‌شود.

محدودیت‌های روزدرجه

بزرگ‌ترین منبع خطا در مدل‌های روز درجه، داده‌های دمایی مورد استفاده برای محاسبه روزدرجه است. تقریباً غیرممکن است که دمای واقعی را که آفات تجربه می‌کنند را اندازه‌گیری کنیم. محیط‌های بسیار کوچکی که حشرات در آن حضور دارند عموماً بسیار متفاوت از محیطی است که دماسنج مورد استفاده برای جمع‌آوری داده‌های دما در آن قرار دارد. بعلاوه، بسیاری از حشرات دمای بدن خود را از طریق رفتارشان کنترل می‌کنند. به عنوان مثال، آنها هنگامی که هوا خیلی سرد است در سطوح تیره در آفتاب و هنگامی که هوا بیش از حد گرم می‌شود در سطوح روشن در سایه حرکت خواهند کرد. منابع دیگری از خطا در مدل‌های روز درجه وجود دارد، اما آنها نسبتاً کوچک هستند. به‌عنوان مثال، روش‌های مورد استفاده برای محاسبه روز درجه ها، فرض می‌کند که نرخ رشد حشرات یک تابع خطی از درجه حرارت است. با این حال، دما دارای اثرات غیرخطی در رشد و نمو حشرات است و رشد و نمو به‌طور چشمگیری با نزدیک شدن درجه حرارت به آستانه بالا و پایین کُند می‌شود. زمانی که درجه حرارت برای دوره‌های طولانی در اطراف دمای پایه نوسان می‌کند، همان‌طور که در اوایل بهار دیده می‌شود، خطاها در پیش‌بینی می‌توانند نسبتاً قابل توجه باشد. مدل‌های روزدرجه همچنین فرض می‌کنند که نرخ رشد فقط یک تابع از درجه حرارت است، اما عوامل دیگری نیز اثرات مهمی بر زمان رشد و نمو دارند. به عنوان مثال، کیفیت تغذیه‌ای گیاهانی که حشرات از آنها تغذیه می‌کنند، می‌تواند باروری حشره را تحت تأثیر قرار داده و این می‌تواند بر نرخ رشد حشرات موثر باشد. به همین ترتیب، خشکسالی می‌تواند بر میزان رشد گیاهان و حشرات خاکزی اثرگذار باشد. با این حال، به علت اینکه اندازه‌گیری تأثیر این عوامل بر رشد و نمو حشرات سخت و در مقایسه با دما نسبتاً ناچیز است، به طور کلی در مدل‌های روزدرجه در نظر گرفته نمی‌شوند.

علی‌رغم چنین محدودیت‌هایی، مدل‌های روزدرجه دارای ارزش عملی بسیار خوبی برای پیش‌بینی رشد و نمو حشرات در مزرعه می‌باشند. حتی مدل‌های ساده‌ای که از روش میانگین‌گیری برای محاسبه روزدرجه‌های تجمعی از دمای پایه ۵۰ درجه فارنهایت و تاریخ شروع اول ژانویه استفاده می‌کنند، ثابت شده‌است بسیار دقیق‌تر از زمانبندی براساس تقویم زمانی برای تعیین زمان کنترل عملی بیشتر آفات می‌باشد.

استفاده از فنولوژی گیاه برای پیش‌بینی فعالیت آفت

اگرچه محاسبه روزدرجه ساده است، اما پایش روزدرجه‌ها به‌صورت روزانه می‌تواند سخت باشد. یک روش جایگزین محاسبه روز درجه‌ها این است که اجازه دهید گیاهان با استفاده از وقایع فنولوژیک گیاهی به عنوان شاخص‌های فعالیت آفات، کار را برای شما انجام دهند. فنولوژی، مطالعهٔ پدیده‌های بیولوژیکی تکرار شونده در گیاهان و جانوران و ارتباط آنها با آب و هوا می‌باشد. مهاجرت پرندگان، شکوفه‌دهی گل‌ها و درختان و ظهور فصلی حشرات، نمونه‌هایی از وقایع فنولوژیکی است که برای قرن‌ها رخ داده‌اند. از آنجایی که رشد گیاهان نیز وابسته به دما است، گیاهان همانند حشرات به روزدرجه‌های تجمعی پاسخ می‌دهند. این به این معنی است که رویدادهای فنولوژیکی گیاه، مانند زمان گلدهی، می‌توانند برای ردیابی روزدرجه‌های تجمعی و پیش‌بینی فعالیت حشرات استفاده شود. علاوه بر این، تعدادی از رویدادهای فنولوژیکی، مانند زمان گلدهی گیاهان، می‌توانند به عنوان یک تقویم زیستی مورد استفاده قرار گیرد و زمانی که حشرات آفت خسارت‌زا می‌شوند را پیش‌بینی کند. این امر می‌تواند تا حد زیادی برنامه‌ریزی برای ردیابی، برنامه‌های کاربردی آفت‌کش‌ها و سایر فعالیت‌های مدیریت آفت را برای تعداد زیادی از آفات که گیاهان را آلوده می‌کند، ساده کند.

مزیت استفاده از فنولوژی گیاه برای پیش‌بینی فعالیت آفات این است که توالی فنولوژیکی (ترتیبی که رخداد فنولوژیکی رخ می‌دهد) از سالی به سال دیگر ثابت باقی می‌ماند، حتی زمانی که الگوهای آب و هوا بسیار متفاوت است. این فرضیه که فنولوژی گیاه از سالی به سال دیگر ثابت می‌ماند در مطالعات ۵ ساله انجام شده در ایالت‌های میشیگان و اوهایو مورد ارزیابی قرار گرفت. فنولوژی تعداد زیادی از گیاهان و آفات در باغ‌های داو (Dow Gardens) در ایالت میشیگان از سال ۱۹۸۵ تا ۱۹۸۹ و در مرکز تحقیقات و توسعه کشاورزی اوهایو در دانشگاه ایالت اوهایو از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۱ مورد بررسی قرار گرفت. آب و هوا در طی مطالعات ۵ ساله به طور چشمگیری متغیر بود. به عنوان مثال، در اوهایو بهار ۱۹۹۷ خیلی سرد بود، در حالی که سال ۱۹۹۸ کاملاً گرم بود و بهار سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۱ نزدیک به نرمال بودند.

گیاهان حداقل سه بار در هفته تحت بررسی قرار گرفتند و تاریخ ابتدای گلدهی و گلدهی کامل ثبت شد. ابتدای گلدهی به عنوان تاریخی که اولین جوانه گل (مادگی و یا پرچم) در گیاه ظاهر می‌شود تعریف‌شده‌است، و گلدهی کامل زمانی است که ۹۵ درصد جوانه‌های گل باز شده‌اند. در طی این زمان از جمعیت آفات نیز نمونه‌برداری انجام شد. و تعداد روزدرجه‌های تجمعی (با استفاده از تاریخ شروع اول ژانویه و دمای پایه ۵۰ فارنهایت) ثبت شد. مشاهدات نشان داد که تغییرات چشمگیر آب و هوا منجر به اختلاف تا حدود چهار هفته در تاریخ وقوع این رویدادها از سالی به سال دیگر شده‌است. با این حال، ترتیبی که در آن رخداد فنولوژیکی اتفاق افتاده بود کاملاً ثابت باقی مانده‌است. به عنوان مثال، در هر دو ایالت میشیگان و اوهایو تفریخ تخم سپردار کاج (Chionaspis pinifoliae) همیشه فقط در زمان گلدهی کامل یاس بنفش اتفاق می‌افتد، و ظهور حشرات بالغ سوسک چوبخوار (Agrilus anxius) همیشه فقط در زمان گلدهی اقاقیا شروع می‌شود (با اینکه تغیرات قابل توجهی در تقویم زمانی از سالی به سال دیگر وجود داشت). ثبات زیاد در الگوهای فنولوژیکی از سالی به سال دیگر نشان می‌دهد که حتی مشاهدات یک سال برای تصمیم‌گیری زمان کنترل آفات قابل استفاده‌است. این به این معنی است که کارشناسان مدیریت آفات می‌توانند به آسانی تقویم‌های بیولوژیکی خود را ایجاد کرده و گسترش دهند. زمانی که توالی فنولوژیکی اولیه ایجاد شد، هر گونه گیاه یا آفت اضافی را می‌توان بعداً به توالی قبل اضافه کرد. هنگامی که یک آفت مشاهده می‌شود و یا کاربرد آفت‌کش انجام می‌شود، مدیر آفت می‌تواند توجه کند که در آن زمان چه وقایعی در گل‌ها اتفاق می‌افتد. اگر بررسی باغ نشان داد که کاربرد آفت‌کش یا کنترل اعمال شده موثر است، این زمان‌بندی را می‌توان در گیاهان مشابه در فصل بعد دقیقاً تکرار کرد. اگر برنامه کنترل خیلی زود یا خیلی دیر شده‌بود، سپس زمان استفاده از برنامه کنترل در سال‌های آینده می‌تواند با توجه به توالی فنولوژیکی به تأخیر افتاده یا تسریع شود. یک سوال مهم این است که آیا توالی فنولوژیکی یک منطقه در سایر مناطق معتبر خواهد بود؟ مطالعات ایالت‌های میشیگان و اوهایو را می‌توان به‌طور مستقیم مقایسه کرد، زیرا آنها دارای تشابهات قابل توجهی در گونه‌های ردیابی شده می‌باشند و هر دو مطالعه از یک روش مشابه استفاده می‌کنند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که اکثریت رخدادهای فنولوژیکی در هر دو مکان به طور مشابه اتفاق می‌افتد. با این حال، تفاوت‌های کوچکی وجود دارد. اختلافات بسیار کم بین آنها پیشنهاد می‌کند که کاربران محض احتیاط، درستی این توالی‌های فنولوژیکی را تنها برای یک سال در مناطق خودشان بررسی کنند. به‌طور خلاصه، محاسبه روزدرجه می‌تواند یک ابزار موثر برای پیش‌بینی ظهور حشرات باشد. همچنین از این مدل‌ها برای تعیین زمان نمونه‌برداری، کاربرد آفت‌کش‌ها و به حداقل رساندن ناسازگاری بین عملیات زراعی (نظیر آبیاری و کاربرد آفت‌کش) می‌توان استفاده کرد. تقویم های بیولوژیکی شامل گلدهی درختان زینتی و درختچه‌ها نیز می توانند برای دنبال کردن روز درجه های تجمعی و پیش بینی فعالیت های آفات استفاده شوند. استفاده از چنین شاخص هایی برای زمانبندی فعالیت آفات، توان بالقوه ای برای بهبود کارایی برنامه های مدیریت تلفیقی آفات IPM در مزارع و گلخانه ها دارد.

جدول ۱: مراحل ساخت یک مدل روزدرجه

۱. شناسایی و نظارت بر یک رویداد فنولوژیکی گیاه و یا آفت (به عنوان مثال، اولین گلدهی، تفریخ تخم).
۲. تعیین یک دمای پایه مناسب. اگر آستانه پایین دمایی برای گونه تحت بررسی ناشناخته است از دمای ۵۰ درجه فارنهایت (۱۰ درجه سانتی گراد) استفاده کنید.
۳. انتخاب زمان شروع برای محاسبه روز درجه های تجمعی (در بیشتر موارد اول ژانویه)
٤. ثبت حداقل و حداکثر دماهای روزانه برای منطقه مورد نظر یا دریافت آنها از نزدیک ترین ایستگاه هواشناسی
۵. محاسبه تعداد روز درجه های تجمعی برای هر روز با استفاده از حداقل و حداکثر دماها
•اگر حداقل دما کمتر از دمای پایه نمی رسد از روش میانگین گیری استفاده کنید.
•اگر حداقل دما کمتر از دمای پایه کمتر می شود از روش موج سینوسی اصلاح شده استفاده کنید.
٦. وقتی رخداد فنولوژیکی مورد نظر رخ می دهد، تعداد کل روز درجه‌هایی که از تاریخ شروع تجمع یافته‌است را یادداشت کنید.
۷. از این مقدار برای پیش بینی وقوع رویداد فنولوژیک در سال‌های آینده استفاده کنید.

ثبت زمانی رخدادهای چرخه حیاتی گیاه را فنولوژی می‌گویند. فنولوژی که از واژه یونانی phanio، به معنی نشان دادن یا پدیدار شدن منشا گرفته‌است، در واقع به مطالعه رخدادهای بیولوژیکی دوره‌ای یا سیکلی در گیاهان و جانوران که متأثر از شرایط محیطی به ویژه تغییرات دمایی ناشی از شرایط هوا و اقلیم است، می‌پردازد. جوانه‌زنی و گلدهی گیاهان در بهار، تغییرات رنگ برگ‌ها در پاییز، مهاجرت و لانه‌سازی پرندگان و حشرات و خواب زمستانی نمونه‌هایی از رخدادهای فنولوژیکی محسوب می‌شوند.

تعریف: ثبت زمانی رخدادهای چرخه حیاتی گیاه را فنولوژی می‌گویند.

* با اقتباس از مقالات «استفاده از روز درجه و فنولوژی گیاه برای پیش بینی فعالیت آفات» نوشته دانیل هرمس از دانشگاه اوهایو و «استفاده از روزدرجه برای تعیین زمان مبارزه با آفات حشره‌ای» نوشته ماریون موری از بخش ترویج مبارزه تلفیقی با آفات دانشگاه یوتا.