وزارت جهادکشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

مؤسسه تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری کشور

بیومترولوژی حشرات

مسعود لطیفیان

عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری کشور

نشانی ناشر: اهواز، کیلومتر ۱۰ جاده ساحلی اهواز- خرمشهر، ص.پ: ۱۶-۶۱۳۵۵

تلفن: ۰۶۱۱۲۴۲۳۴۲۰،

دورنگار: ۰۶۱۱۲۴۲۳۴۱۰،

پست الکترونیک: dptfrii@yahoo.com

وزارت جهادکشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

مؤسسه تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری کشور

- **عنوان نشریه**: بیومترولوژی حشرات

- **نام و نام‌خانودگی نگارنده**: مسعود لطیفیان

- **نام و نام خانوادگی ویراستار**: مجید امانی

- **ناشر:** مؤسسه تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری کشور

- **شمارگان(تیتراژ):** ۲۰ نسخه

- **تاریخ انتشار: ۱۳۹۰**

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۵
روش مشخص کردن اقلیم	۶
مشخصات جعبه استیونسون	۶
نقش حرارت	۷
محاسبه درجه حرارت روزانه مؤثر	۸
اصلاح DD به کمک مدل Allen (1976)	۸
انتخاب بیوفیکس	۱۰
روش‌های عملی مطالعه فنولوژی حشرات نسبت به حرارت	۱۰
الف) محاسبه آستانه حرارتی در شرایط آزمایشگاهی	۱۱
مدل‌های بررسی اثر حرارت بر نرخ ذاتی رشد حشرات	۱۱
مدل یک مولکولی	۱۱
مدل رشد لجستیک	۱۲
مدل گومپرتز	۱۲
مدل ویبول	۱۲
مدل ریچارد	۱۳
مدل لوگان و همکاران	۱۳
مدل دیویدسون	۱۳
مدل استینر و همکاران	۱۴
	۱۴
مدل وگنر و همکاران	۱۴
مدل لاکتین و همکاران	۱۴
مدل‌های تصاعدی	۱۵
مدل خطی	۱۵
روش گزینش مدل بهینه	۱۵
مدل‌های دمایی طول دوره رشد و نمو	۱۶
مدل‌های لوگان و همکاران	۱۶

عنوان	صفحه
مدل شارپ و دی میشل	۱۶
مدل تایلور	۱۷
مدل لامپ و همکاران	۱۷
مدل هیلبرت و لوگان	۱۸
مدل‌های لاکتین و همکاران	۱۸
مدل‌های بریو و همکاران	۱۹
محاسبه آستانه حرارتی در شرایط صحرایی	۱۹
محاسبه میانگین و انحراف معیار DD درآستانه های فرضی	۲۰
روش پی تی ان	۲۰
روش ساخت مدل	۲۱
منحنی رشد	۲۱
رسم نوموگرام	۲۱
تطبیق فنوکرو روی نموگرام	۲۲
پیش آگاهی	۲۲
روش طویل المدت	۲۲
روش کوتاه مدت	۲۲
مزایای روش پی تی ان	۲۳
اثر حرارت بر سایر پارامترهای بیولوژیک حشرات	۲۴
مدل‌های پیش آگاهی منطقه ای حشرات براساس عوامل آب و هوایی	۲۴
روش‌های پیش آگاهی منطقه ای جمعیت حشرات	۲۵
روش راسو[1] و همکاران در سال ۱۹۹۳	۲۵
روش اسکاب[2] و همکاران در سال ۱۹۹۵	۲۵
منبع	۲۶

[1] -Russo
[2] -Schaub

مقدمه:

بیومترولوژی حشرات مطالعه تأثیر آب و هوا و اقلیم بر جمعیت حشرات می‌باشد. در پدیده‌های هواشناسی که در مقیاس سینوپتیکی رخ می‌دهد، بررسی وضعیت جوی مناطق خیلی وسیعی که حتی در بعضی حالات تمام نیم‌کره زمین را در بر می‌گیرد لازم و ضروری است. در این زمینه از هواشناسی بیشترین بهره‌گیری از نقشه های سینوپتیکی انجام می‌شود. برای رفع احتیاجات پیش بینی هواشناسی، شبکه ایستگاه‌های دیده بانی تأسیس شده است، که قسمت‌های زیادی از سطح زمین را در بر می‌گیرد. برای مطالعه وضعیت جوی در مقیاس سینوپتیکی لازم است که دیده بانی‌های از ایستگاه‌های هواشناسی به تعداد زیاد، به طور همزمان و در فواصل زمانی منظم دریافت شوند. این ایستگاه‌ها ممکن است در روی خشکی بیش از ۱۰۰ کیلومتر از همدیگر فاصله داشته باشند، ولی در روی اقیانوس‌ها این فاصله به مراتب خیلی بیشتر است. با روش سینوپتیکی تنها الگوهای کلی بدست می‌آیند، ولی بیشتر الگوهایی که مورد توجه است از فواصل بین ایستگاه‌ها به مراتب بزرگ‌تر است. موفقیت این روش به مهارت دیده بانان در تهیه گزارشات به موقع و معرف شرایط دقیق جوی بستگی دارد. تنها راه پیگیری وضعیت جوی در روی مناطق بسیار وسیع از سطح کره زمین ثبت این اطلاعات در روی نقشه‌ای خلاصه می‌باشد. بعضی از عوامل وضعیت جوی را می‌توان با مقادیر عددی بیان کرد و آنها را به صورت اعداد پلات نمود. این عوامل شامل فشار، درجه حرارت، درجه حرارت نقطه اشباع و غیره است. برای سایر عوامل جوی نظیر ابر و انواع ریزش‌های جوی علائم قراردادی بکار می‌رود. چنین نقشه‌ای برای زمان و منطقه مشخصی "نقشه

سینوپتیک" نامیده می‌شود. این نقشه‌ها در سطح زمین بر مبنای دیده بانی‌های هواشناسی دیده بانان در سطح زمین با استفاده از ادوات سطح زمین پایه گذاری می‌شود. معمولا نقشه‌های سینوپتیکی مناطق وسیعی مشخص می‌کند که در آنها هوا دارای خصوصیات مشابهی است. چنین جرمی از هوا سطح به سطح از نظر درجه حرارت و محتوای رطوبت در فواصل افقی زیادی یکسان است، این جرم عظیم از هوا را توده هوا می‌نامند. قسمتی از سطح کره زمین که در آن توده هوایی استقرار می‌یابد و به تدریج خصوصیات ویژه آن سطح را دریافت می‌دارد، منبع توده هوا نامیده می شود.آب و هوا تغییرات ساعت به ساعت درجه حرارت، رطوبت، باد، باران و غیره می‌باشد. اقلیم میانگین تغییرات عوامل آب و هوایی در مدت زمان طولانی در هر منطقه می‌باشد.

روش مشخص کردن اقلیم :

برای مشخص کردن اقلیم هوا شناسان دو کار انجام می دهند:

۱- به منظور یکنواخت کردن اندازه گیری پارامترهای آب و هوایی وسایل را در داخل قفس‌های استیونسون قرار می دهند.

۲- میانگین درجه حرارت، رطوبت و سایر عوامل آب و هوایی را برای مناطق مختلف تعیین نموده و در روی نقشه‌ای[1] مناطق اقلیمی مشابه را مشخص می کنند.

[1] - Climatograph

مشخصات جعبه استیونسون:

جعبه ای چوبی، کرکره ای سفید با ارتفاع ۲/۱ متری سطح زمین که روی چمن قرار می دهند.

نقش حرارت:

ثابت حرارتی[1] و روش اندازه گیری آن به اتمام رسیدن یک مرحله فعال از زندگی یک حشره نیازمند تأثیرمیزان یعنی از انرژی حرارتی است که بنام ثابت حرارتی شناخته می شود.

$$D(T) = \sum_{l=1}^{n} \left[\frac{(Temp - Tbase)day}{n} \right]$$

در این رابطه $\mathbf{K_1}$ آستانه زیرین حرارتی و $\mathbf{K_2}$ آستانه بالایی حرارتی می‌باشد.

برای استفاده ازثابت حرارتی به اطلاعات زیر نیاز است :

۱- بیوفیکس[2]

۲- دمای پایه[3]

۳- درجه حرارت روزانه[4]

۴- منحنی فنولوژی[5]

فرضیات اساسی برای محاسبه در جه حرارت روز بر اساس نظریه هگینی و همکاران :

۱- مواد لازم برای رشد بهینه در محیط زیست وجود داشته باشد.

---

[1] - thermal constant
[2] -Biofix
[3] -Base temperature
[4] -Degree Day
[5] -Pheno Curve

۲- آنزیم های اصلی برای رشد بهینه به مقدار کافی در دسترس باشند.

۳- تحقیقات آزمایشگاهی برای تعیین طول دوره های رشد و نمو ، برای شرایط مزرعه نیز قابل استفاده باشد.

۴- دمای آستانه پایین تقریباً به طور دقیق محاسبه شده باشد.

۵- دمای آستانه بالا تقریباً به طور دقیق محاسبه شده باشد.

۶- وجود فقط یک آستانه دمای بالا و پایین برای سبکل زندگی یک موجود کافی می باشد.

۷- موجود زنده مورد بررسی قادر به تنظیم دمای بدن خود نباشد.

۸- دمای ثبت شده نشان دهنده دمای محیط زیست موجود زنده باشد.

محاسبه درجه حرارت روزانه مؤثر:

درجه حرارت مؤثر روزانه DD با استفاده از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$DD = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - K1$$

در ایت رابطه T_{max} حداکثر حرارتی روزانه، T_{min} حداقل حرارتی روزانه و K_1 آستانه زیرین حرارتی می‌باشند.

اصلاح DD به کمک مدل Allen (1976)

برای اصلاح DD در این روش ابتداء پارامترهای DDH=Heating DD که ناحیه زیر منحنی دمای روزانه و محصور بین دو آستانه و DD=Cooling DD که ناحیه بالای منحنی دمای روزانه و زیر آستانه زیرین حرارتی می‌باشند تعریف می‌گردند. T نیز میانگین حرارتی روزانه که برای ۱۲ ساعت اول به

شکل $T_{max}+T_{min\ 1/2}$ و برای ۱۲ ساعت بعد به شکل $T_{max}+T_{min\ 2/2}$ محاسبه خواهد شد. a. برای ۱۲ ساعت اول به شکل $T_{max}-T_{min\ 1/2}$ و برای ۱۲ ساعت بعد به شکل $T_{max}-T_{min\ 2/2}$ محاسبه خواهد شد.

۱- منحنی دمای روزانه بالای هر دو آستانه قرار دارد:

$$HDD = \frac{1}{2}(K2 - K1)$$
$$CDD = 0$$

۲- منحنی دمای روزانه زیر هر دو آستانه قرار دارد:

$$HDD = 0$$
$$CDD = \frac{1}{2}(K1 - \overline{T})$$

۳- منحنی دمای روزانه بین دو آستانه قرار دارد.

$$HDD = \frac{1}{2}(\overline{T} - K1)$$
$$CDD = 0$$

۴- منحنی دمای روزانه به وسیله آستانه زیرین قطع می‌شود:

$$HDD = \frac{1}{2\pi}\left[(\overline{T} - K1)(\frac{\pi}{2} - \theta) + \alpha\cos(\theta)\right]$$
$$CDD = \frac{1}{2\pi}\left[(K1 - \overline{T})(\theta + \frac{\pi}{2}) + \alpha\cos(\theta)\right]$$
$$\theta = \sin^{-1}\left\{(K1 - \overline{T})/\alpha\right\}$$

۵- منحنی دمای روزانه به وسیله آستانه بالا قطع می‌شود:

$$HDD = \frac{1}{2\pi}\left[(\overline{T} - K1)(\theta + \frac{\pi}{2}) + (K2 - K1)(\frac{\mu}{2} - \theta) - \alpha\cos(\theta)\right]$$
$$CDD = 0$$
$$\theta = \sin^{-1}\left\{(K2 - \overline{T})/\alpha\right\}$$

۶- منحنی دمای روزانه به وسیله هر دو آستانه قطع می‌شود:

$$HDD = \frac{1}{2\mu}\left\{(\overline{T} - K1)(\theta 2 - \theta 1) + \alpha\cos(\theta 1) - Cos(\theta 2) + (K2 - K1)(\frac{\mu}{2} - \theta 2)\right\}$$
$$CDD = \frac{1}{2\pi}\left\{(K1 - \overline{T})(\theta 1 + \frac{\pi}{2}) + \alpha Cos\,\theta\right\}$$
$$\theta 1 = \sin^{-1}\left\{(K1 - \overline{T})\right\}$$
$$\theta 2 = \sin^{-1}\left\{(K2 - \overline{T})/\alpha\right\}$$

انتخاب بیوفیکس:

انتخاب بیوفیکس برای مطالعه فنولوژی حشرات براساس هدف از مطالعه آنها متفاوت است. بیوفیکس آستانه شروع یک مرحله بیولوژیکی از حشره مورد مطالعه است که از آن مرحله به بعد ثبت آمارهای آب و هوایی برای محاسبه DD آغاز می‌گردد. نکته‌ای را که می‌بایست در مد نظر قرار داد این است که بیوفیکس انتخابی باید در شرایط مزرعه‌ای قابل شناسایی باشد. به عنوان مثال می‌توان با نسبت تله فرمونی تاریخ اولین شکار حشره کامل را محاسبه نمود.

روش‌های عملی مطالعه فنولوژی حشرات نسبت به حرارت :

۱- بررسی آستانه ها در شرایط آزمایشگاهی و تقویم فیزیولوژیکی در شرایط صحرایی .

۲- بررسی آستانه ها و تقویم فیزیولوژیکی در شرایط صحرایی

۳- روش پی- تی -ان[1]

[1] -Phenotemperature Nomogram: PTN

الف) محاسبه آستانه حرارتی در شرایط آزمایشگاهی .

برای این منظور حشره مورد نظر را در مراحل مختلف رشد در شرایط آزمایشگاهی پرورش داده و با استفاده از مدل‌های مختلف حرارتی نسبت به برآورد بهترین مدل فنولوژیکی حشره اقدام می‌گردد. از آنجا که این شرایط کنترل شده است ممکن است با شرایط طبیعی مقداری ناهماهنگی داشته باشد، زیرا درشرایط آزمایشگاهی :

۱- از یک میزبان به خصوص برای تغذیه استفاده می‌شود، در صورتی که شرایط صحرایی ممکن است از میزبان‌های مختلف تغذیه کند.

۲- رطوبت درون انکوباتور ثابت است. در صورتی که در شرایط صحرایی مقدار رطوبت در طول روز متغیر می‌باشد.

۳- سایر عوامل نظیر فتوپریود، نیروهای الکترومغناطیسی و تشعشع هر کدام می‌توانند باعث اختلاف آستانه‌ها با شرایط صحرایی گردند.

مدل‌های بررسی اثر حرارت بر نرخ ذاتی رشد حشرات:

۱- مدل یک مولکولی[1]

مدل تک مولکولی اولین بار بر اساس واکنش‌های شیمیایی مولکولی یی ریزی شده است. از این مدل جهت توصیف بسیاری از پدیده‌ها نسبت به عوامل محیطی استفاده شده است.

[1] - **monomolecular model**

$$r(T) = \frac{ab + CT_i^d}{b + T_i^d}$$

۲- مدل رشد لجستیک[1]

مدل لجستیک به خاطرکاربرد گسترده و کارآیی آن در توصیف بسیاری از جمعیت‌ها و تأثیرات آنها بر محیط استفاده می‌شود. این مدل ابتداء توسط ورهالست جهت توصیف رشد جمعیت انسان به کار برده شده و بعد از آن جهت استفاده در مطالعات مربوط به رشد جمعیت تعمیم داده شده است.

$$r(T) = \frac{a}{1 + be^{-CTi}}$$

۳- مدل گومپرتز[2]

گوپرتز یک دهه قبل از ورهاست مدل لجستیک را پیشنهاد کرد. وی مدل زیر را جهت رشد جمعیت حیوانات در حرارتهای مختلف پیشنهاد کرده است.

$$r(T) = ae^{-e^{b-CTi}}$$

٤- مدل ویبول [3]

مدل ویبول بطور گسترده ای در تست حیات و مطالعات مربوط به بقاء مورد استفاده قرار گرفته است. اما این مدل به عنوان مدل رشد، مدل واکنش به دما و مدل پیشرفت جمعیت نیز به کار برده شده است.

$$r(T) = a - be^{-CTi^d}$$

---

[1] - Logestic model
[2] - Gompertz model
[3] - weibull model

۵- مدل ریچارد[1]

این مدل نیز در موارد متعددی جهت بررسی پیشرفت جمعیت در حرارت‌های مختلف بکـار بـرده شده است.

$$r(T) = \frac{a}{(1 + e^{bCTi})^{\frac{1}{d}}}$$

٦- مدل لوگان و همکاران[2]

این مدل در سال ۱۹۷۶ توسط لوگان و همکارانش به منظور بررسی اثرات حرارت بر نـرخ ذاتـی و سرعت رشد برازش گردید.

$$r(T) = 1 / e^{\left\{\left[\sum_{i=1}^{n} In(di)\right] / n\right\}}$$

در این رابطه di رشد روزانه و n تعدد دفعات انجام آزمایش می‌باشد.

۷- مدل دیویدسون[3]

این مدل توسط دیویدسون درسالهای ۱۹۴۲ و ۱۹۴۴ جهت بررسی سـرعت رشـد انـواع موجـودات زنده در حرارتهای مختلف ابداع گردید.

$$r(T) = \frac{k}{(1 + e^{a+bTi})}$$

در این رابطه a محل تلاقی خط با محور x ها، b شیب خط و K حد بالای منحنی سیگموئیدی می‌باشند.

---

[1] - Richard model
[2] - Logan model
[3] - Davidson model

۸- مدل استینر و همکاران[1]

این مدل در سال ۱۹۷۴ جهت تکمیل مدل دیویدسون ابداع گردید.

$$r(T)=\frac{C}{(1+e^{k1+K2T})}$$

در این رابطه K_1 و K_2 از طریق مارکوادت[2] منوی پروکلین[3] در نرم افزار اس- آ- اس[4] قابل محاسبه هستند و C ثابت مدل است.

۹- مدل وگنر و همکاران[5]

$$r(T)=\frac{RHo25\left[\frac{T}{298/15}\right]\exp\left[(\frac{Hl}{R})\right]\left[(\frac{1}{228/15-\frac{1}{T}})\right]}{1+\exp\left[(\frac{Hl}{R})(\frac{1}{Tl}-\frac{1}{T})\right]+\exp\left[(\frac{Ht}{R})(\frac{1}{TH}-\frac{1}{T})\right]}$$

پارامترهای این مدل مشابه معادلات قبل تعریف شده اند.

۱۰- مدل لاکتین و همکاران[6]

$$r(T)=e^{PT}-e^{\left[PTL-(\frac{TL-T}{\Delta T})\right]}+8$$

پارامترهای این مدل نیز مشابه معادلات قبل تعریف می گردند.

---

1 - Stinner model
2 - marquardt
3 -Procnlin
4 - SAS
5 - Wagner model
6 - Lactin model

۱۱- مدل‌های تصاعدی

این مدل‌ها دارای این مزیت هستند که به کمک آنها می‌توان جنس بررسی نحوه اثرحرارت بر رشد، نقاط حداقل و حداکثر حرارتی را نیز با دقت بیشتری برآورد نمود. این مدل‌ها دارای انواع مختلفی هستند:

۱-۱۱- مدل نمایی[1]

$$R(T) = ae^{bti}$$

۲-۱۱- مدل نمایی تغییر یافته[2]

$$r(T) = ae^{\frac{b}{Ti`}}$$

۳-۱۱- مدل لگاریتمی[3]

$$r(T) = a + binT_i$$

٤-۱۱- مدل نمایی کسری[4]

$$r(T) = \frac{1}{a + b\ln Ti}$$

۱۲-مدل خطی

$$r(T)=a+bTi$$

روش گزینش مدل بهینه

در ارزیابی یک مدل، r معیار بسیار مهمی بوده و Mse معیار کم اهمیت تری است. بنابراین جهت مقایسه مدلهای مورد نظر ابتداء ضریب r توجه می شود و چنانچه به علت تشابه امکان انتخاب مدل مناسب

---

[1] -Exponential model
[2] -Modified exponential-
[3] - Logarithm
[4] -Reciprocal logarithm-

وجود نداشته باشد ، در مرحله بعد به Mse نیز توجه می شود. مدلی مناسب ترمی باشد که دارای r بزرگتر و mse کوچکتری باشد.

مدل‌های دمایی طول دوره رشد و نمو

۱- مدل‌های لوگان و همکاران (۱۹۷۶):

این مدل‌ها بنام لوگان-۶ و لوگان-۱۰ نامیده می‌شوند. این دو مدل تجربی استفاده زیادی در مطالعات کنترل بیولوژیکی پیدا کرده‌اند. معادله لوگان -۶ به صورت زیر است:

$$(T) = Q(e^{PT)} - e^{pt_l-(TL-T)/\Delta T})$$

پارامترهای این مدل به شرح زیر می باشند:

T دمای پرورش به درجه سانتی‌گراد ، Q حداکثر نرخ رشد، P ثابت و تعیین کننده نرخ رشد در دمای بهینه، ΔT دامنه تغییرات فیزیولوژیک و T_L نیز آستانه دمای کشنده بالا را نشان می‌دهد.

و مدل لوگان -۱۰ را به صورت زیر بیان می کنند:

$$D(T) = a((1/1 + Ke(-PT - e^{(-(TL-T)/\Delta T})$$

در این رابطه a و K ثابت‌های تجربی هستند و پارامترهای دیگر هم مانند مدل لوگان -۶ می‌باشند.

۲- مدل شارپ و دی میشل

مدل بیوفیزیکی شارپ و دی میشل بر اساس نرخ واکنش آنزیم می‌باشد و دارای ۶ پارامتر است که همگی توصیف ترمودینامیک بیوشیمیایی دارند. این مدل برای پیش بینی رشد و نمو شکار و شکارچی در بندپایان استفاده می‌شود.

$$D(T) + (PT / 2 / 9815e^{(\Delta H / A / 1 / 298.15 - 1 / T)} / (1 + (e(\Delta HL)$$
$$1 / 987(1 / tI / 2l - 1 / t) + (e^{(\Delta HH + 1 / 987(1 / T1 / 2H - 1 / T)}$$

در این مدل T دمای پرورش بر حسب درجه سانتی‌گراد، P نرخ رشد در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، H_A آنتالپی فعال شدن واکنش و H_L تغییرات در آنتالپی واکنش دردمای یائین می‌باشد، $T_1/2L$ دمایی است که در آن آنزیم مربوط به دمای پائین ۱/۲ فعال می‌شود. H_n تغییرار آنتالپی در دمای بالا و $T_1/2L$ نیز همانند $T_1/2L$ در دمای بالا می‌باشد.

۳- مدل تایلور

این مدل به صورت یک تابع طبیعی ماده است که به صورت زیر نوشته می‌شود.

$$D(T) = Rme^{(-0/5(T-Tm)/T6)2}$$

در این مدل R_m حداکثر نرخ رشد و نمو در دمای T و T_m دمایی است که در آن بیشترین نرخ رشد وجود دارد، T_a نیز پارامتری است که گستره شکل منحنی را تعیین می‌کند.

٤- مدل لامپ و همکاران

این مدل از تغییر شکل مدل تایلور بدست آمده است و به صورت زیر می‌باشد:

$$D(T) = Rme^{(-0/5(T-Tm)/T\delta L)2}$$
$$D(T) = Rme^{-0/5(T-Tm)/T\delta H)^2}$$

وقتی $T_m > T$ از مدل اول و وقتی $T_m < T$ باشد از مدل دوم استفاده می‌شود پارامترهای T_m، R_m و T پارامترهای مدل تایلور می‌باشند. پارامترهای T_{ah} برای حالت اول و T_{al} برای حالت دوم معادله تعیین کننده شکل منحنی می‌باشند.

۵- مدل هیلبرت و لوگان

این معادلات ترکیبی از معادلات سیگموتیدی و نمایی است که برای بهبود مدل لوگان تشکیل شده است و آستانه دمای پائین تری را برای رشد ایجاد می‌کند. این مدل توسط بعضی از محققین برای رشد شته‌ها برای کنترل علف‌های هرز استفاده شده است.

در این مدل d و T_o پارامترهایی هستند که به طور تجربی بدست می‌آیند و پارامترهای دیگر در مدل لوگان -۶ معرفی شدند.

٦- مدل‌های لاکتین و همکاران

لاکتین و همکاران دو مدل پیشنهاد کردند که از تغییرات مدل لوگان -۶ حاصل شده‌اند. با حذف تعدادی از پارامترهای مدل لوگان و همکاران مدل لاکتین -۱حاصل شد. درمدل دوم پارامتری بنام پارامتر طول از مبدأ تلفیق شد و به وسیله آن تخمین آستانه دمای پایین برای رشد و نمو بدست می‌آید. این مدل لاکتین -۲ نامیده شد. مدل لاکتین ۱ و ۲ به ترتیب به صورت زیر است:

$$D(T) = \varphi((T-To)^2/((T-To)^2+d^2) - e^{(-(TL-(T-To))/D)}$$

$$D(T) = e^{(PT)} - e^{(PTL-(TL-T)/\Delta T}$$

$$D(T) = e^{(PT)} - e^{(PTL-(TL-T)/\Delta T}) + \lambda$$

در هر دو مدل T ، P، $T_L \Delta T$,مانند مدل لوگان -۶ است. درمدل لاکتین -۲ سبب می شود که منحنی محور y را در مقداری کمتر از صفر قطع کند و بنابراین آستانه دمای پائین برآورد شود.

۷- مدل‌های بریو و همکاران

این محققین دو مدل با یک قسمت غیر خطی در دماهای پائین و بالا و یک بخش خطی در دماهای متوسط پیشنهاد کردند. فرمول این مدل‌ها به ترتیب به صورت زیر است:

$$D(T) = aT(T - To)(TL - T)^{1/2}$$
$$D(T) = at(T - To)(TL - T)^{(1/d)`}$$

در هر دو مدل T دمای پرورش برحسب درجه سانتیگراد ، T_o آستانه دمای پائین رشد و نمو ، T_L آستانه دمای بالا ، a , d نیز ثابتهای تجربی می‌باشند.

ب) محاسبه آستانه حرارتی در شرایط صحرایی

چنانچه حداقل برای سه نسل یک حشره، فعالیت دو مرحله رشدی آن پی‌گیری شود. بر اساس آن می‌توان آستانه حداقل حرارتی را تخمین زد. البته اگر تعداد سال‌ها و نسل‌های مطالعه زندگی بیشتر باشد دقت آزمایش بالا می‌رود. برای این منظور مراحل زیر پیگیری می‌گردد.

۱) منحنی به صورت تجمعی بر اساس مجموع شکار در هر نسل برآورد می‌گردد.این منحنی برای سال‌های مختلف و درمناطق مختلف تکرار می‌شود.

۲) آستانه های فرضی در نظر گرفته می‌شود.

۳) مقدار DD در فاصله ۵۰ درصد دو نسل بر اساس آستانه های مختلف برآورد می‌گردد.

محاسبه میانگین و انحراف معیار DD درآستانه های فرضی

برای این منظور از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$\text{ضریب تغییرات DD}=\frac{std}{DD}\times 100$$

از رابطه کوادراتیک برای برآورد رابطه بین ضریب تغییرات DD با آستانه‌های فرضی استفاده می‌شود.

$$CV(D\overline{D}) = 90/95 - 19/5TL + 1/13TL^2$$
$$CV(D\overline{D})' = 19/5 + 2/26TL$$
$$CV(D\overline{D})' = 0$$
$$-19/5 + 2/26TL = 0$$
$$TL = \frac{19/5}{2/26} = 8/26$$

۳- روش پی تی ان

این روش بسیار موفق در دهه ۱۹۷۰ توسط پودولوسکی[1] در کشور روسیه ابداع شد. ایشان نظرات خود را در کتاب نیوفنولوژی[2] منتشر کرد. نامبرده اظهار می کند که این روش برای انواع جانوران خونسرد و از جمله حشرات و عوامل بیماریزای گیاهی، انسان و دام قابل استفاده است. از آنجا که این روش زیر بنای ریاضی پیچیده ای دارد که کمتر از آن استفاده شده است.

[1] - Podolosky
[2] - New phenology

روش ساخت مدل

در این روش به دو سری آمار و اطلاعات نیاز است .

۱- منحنی رشد

رابطه بین درجه حرارت با تعداد روز از زمان شروع بیوفیکس در ابتدای فصل تا نقطه خاصی از رشد جمعیت (مثلاً ۵۰ درصد) در نسل‌های بعد می‌باشد. این منحنی را ترجیحاً می‌بایست از شرایط طبیعی به دست آورد. این منحنی را به اصطلاح فنوکرو[1] یا فنولوژیکال کرو[2] و یا پاسپورت بیولوژیکی[3] نیز گویند. روش کار قبلاً تشریح گردیده است.

۲- رسم نوموگرام[4]

دومین فاکتور این است که منبع انرژی را که مهم‌ترین آن منبع حرارتی است محاسبه گردد. برای این کار از منحنی‌هایی بنام نموگرام استفاده می‌گردد. برای رسم این منحنی دو محور وجود دارد که محور افقی درجه حرارت را به فواصل زمانی هر یک درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد و محور عمودی فواصل زمانی را با مقیاس ۱۰ روز به ۱۰ روز و یا کمتر که بسته به طول فواصل مراحل منحنی‌های دارد در نظر می‌گیرند. به همین ترتیب منحنی را برای دوره‌های مختلف محاسبه می‌کنند که درنهایت به صورت یک منحنی تو در تو در می‌آید که به آن نموگرام گویند.

$$Lav,r = \frac{tn + ... + tv}{V - N + 1}$$

---

[1] - Phenocurve curve
[2] -curve phonological
[3] - Biological passport
[4] - Nomogram

در این رابطه V تعداد حرارت‌های متوسط N روزه، t_n متوسط N روزه، t_v پارامتر نموگرام در دوره قبل T_{av}و r پارامتر نموگرام در یک دوره مشخص می‌باشند.

۳- تطبیق فنوکرو روی نموگرام

پس از تشکیل دو منحنی فنوکرو ونموگرام ، منحنی فنوکرو بر روی نموگرام با مدل‌های ریاضی منطبق می‌گردد. برای این منظور با استفاده از روش‌های معادلات دیفرانسیل و انتگرال ضمن محاسبه توابع دو منحنی نقاط تلاقی آنها بر آورد می‌گردد.

٤- پیش آگاهی

در روش پی تی ان پیش بینی وضعیت آفت به دو طریق انجام می شود:

الف) روش طویل المدت:

برای رفع خطای پیش بینی طویل المدت با استفاده از حرارت همان سال درنصف دوره یک پیش بینی تکمیلی به عمل می‌آید.

ب) روش کوتاه مدت:

برای رفع خطای پیش بینی طویل المدت با استفاده از حرارت همان سال در نصف دوره یک پیش بینی تکمیلی به عمل می‌آید. در تمام موارد از مدل‌های سیگموئیدی و روش‌های ریاضی مربوطه استفاده می‌گردد.

مزایای روش پی تی ان

۱) در سایر روش‌ها از جمله روش حرارت ثابت برای مراحل مختلف رشد حشره نیاز به آستانه‌های مختلفی است که تطبیق آنها با هم مشکل است ولی در این روش به جزء نیاز به بیوفیکس در ابتدای فصل به آستانه دیگری نیاز نیست.

۲) قانون حرارت ثابت برای طی مراحل مختلف رشد آفت در همه موارد صادق نیست، بلکه فقط در نواحی معتدل بیشتر کاربرد دارد و زمان که حرارت افزایش می‌یابد، دقت روش کاهش پیدا می‌کند. لذا در روش مناطق جنوبی و گرم نظیر خوزستان کاربرد زیادی ندارد. در صورتی که روش پی تی ان به این مسئله حساسیت وجود ندارد.

۳) روش حرارت ثابت برای آفات چند نسلی که تعداد نسل آن زیاد باشد، کاربرد زیادی ندارد. زیرا حرارت ثابت یک مرحله رشدی از نسلی به نسل دیگر متفاوت می‌باشد. ولی در روش پی تی ان به این موضوع حساسیت وجود ندارد، بلکه هر چه تعداد نسل آفت افزایش یابد، دقت روش بیشتر می‌شود.

۴) از دیگر مزایای روش پی تی ان این است که می‌توان منحنی‌های رشد را درشرایط اگروتکنیکی مختلف تهیه کرد و شرایط مختلفی نظیر EC خاک، نوع واریته، تغییرات رطوبت، بارندگی و غیره را نیز وارد مدل نمود.

نرم افزارهای مختلفی برای این منظور ابداع گردیده که مهمترین آنها شامل biosim-، x-celius-، Cipra و - biomete orologist softwar - In sim می‌باشند.

اثر حرارت بر سایر پارامترهای بیولوژیک حشرات

درجه حرارت آستانه‌های انواع فعالیت‌های حشرات را تحت تأثیر قرار می‌دهد و بر روی بقاء، نسبت جنسی، مقدار تولید مثل و سایر عوامل زیستی آنها مؤثر است. البته چگونگی تأثیر آن درمراحل مختلف رشدی متفاوت است.

اثرات حرارت روی شاخص های ناپیوسته جمعیت نظیر نسبت جنسی، باروری و میزان تخم‌گذاری به صورت روابط خطی درجه دوم نشان می‌دهند که در حد وسط دامنه حرارتی رشد بیشترین و در ابتداء دو انتهای این دامنه کمترین مقدار را دارد.

$$y = a + bt + ct^2$$

اما پارامترهای پیوسته و وابسته به زمان نظیر طول دوره های قبل و بعد از تخمگذاری از مدل نرخ رشد ساچورین[1] پیروی می کنند که نشان میدهد در دامنه مناسب حرارتی با افزایش دما طول دوره ها کاهش می یابد.

$$y = \frac{a}{b + t}$$

مدل‌های پیش آگاهی منطقه ای حشرات براساس عوامل آب و هوایی

پیش آگاهی وقایع بیولوژیک حشرات در سطح منطقه‌ای دارای مشکلات متعددی است. ازجمله تهیه سیستم‌هایی که به کمک آن بتوان اطلاعات مدل‌های کلیماتولوژیک را در نظر گرفته و ضمن این که سیستم مورد نظر توانایی تحلیل همزمان تعداد زیادی مدل‌های ریاضی شبیه‌سازی شده بر اساس تغییرات

[1] -Saturation Growth- Rate model

جمعیت حشرات را دانسته و بتوانند این اطلاعات را تلفیق نموده و در غالب نقشه پیش آگاهی منطقه ارائه نمایند.

روش‌های پیش آگاهی منطقه ای جمعیت حشرات

دو روش کلی برای پیش‌آگاهی منطقه‌ای جمعیت حشرات وجود دارد که عبارتند از:

۱- روش راسو[1] و همکاران در سال ۱۹۹۳ :

در این روش داده‌های حرارتی به کمک مدل‌های رگرسیون چند متغیره مورد استفاده قرار می‌گیرند. درجه حرارت‌های حداقل و حداکثر روزانه با استفاده از فاصله نقاط و طول و عرض جغرافیایی آنها در یک نقشه وارد و به عنوان داده های اولیه به مدل حرارتی جمعیت حشره وارد می‌گردند.

۲- روش اسکاب[2] و همکاران در سال ۱۹۹۵

در این روش داده‌های حرارتی تنها از یک ایستگاه که نماینده منطقه است تهیه می‌گردند و از تفاوت‌های عمودی فاصله هر نقطه در منطقه با ایستگاه مورد نظر برای برآورد حرارت در آن نقطه استفاده می‌شود. به این طریق که به ازای هر ۱۰۰ متر اختلاف ۰/۵ درجه سانتی‌گراد اختلاف دمایی در نظر گرفته می‌شود. هر دو مدل نیاز به استفاده از یکسری داده نرمال آب و هوایی دارند. داده نرمال آب و هوایی سری داده‌ای است که در حالت استاندارد مربوط به شرایط آب و هوایی ۳۰ ساله منطقه باشند. این داده‌ها به عنوان مدل پایه فنولوژیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مدل‌های

---

[1] -Russo
[2] -Schaub

مزبور پس ازتبدیل به الگوریتم رایانه‌ای برای تهیه نقشه هدف رابطه تی[1] مورد استفاده قرار می گیرند.

منبع:

Young, L. J. and J. H. Young. 1998. Statistical ecology. Kluwer academic press. 565pp.

[1] - Function –T