



## 基于网络的昆虫发育进程自动模拟系统\*

张谷丰<sup>1\*\*</sup> 翟保平<sup>2</sup> 朱叶芹<sup>3</sup>

(1. 江苏省农科院植物保护研究所 南京 210014; 2. 南京农业大学植物保护学院 南京 210095;  
3. 江苏省植物保护站 南京 210013)

**摘要** 为了有效的预测害虫的发生期,开发了昆虫发育自动模拟系统,该系统基于网络平台,应用 PHP 丰富的函数库和计算功能设计有效积温运算模块,通过公共气象信息系统建立了气象数据库,并根据实时及预报的公共气象信息,即逐日最高及最低气温,昆虫发育有效积温相关的生物学参数,运用正弦法计算每天的有效积温及一段时间的累积积温,自动模拟昆虫在不同时期的发育虫态和虫龄。服务器端基于 Apache + PHP + MySQL 架构,操作简单,调试和维护方便。经与 2011 年江苏通州烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius)、灰飞虱 *Laodelphax striatellus* (Fallén) 系统调查数据比对,符合实际发生情况,可在生产上推广应用。

**关键词** 昆虫, 虫态, 虫龄, 网络, 模拟系统

## A web-based auto simulation system for insect developmental processes

ZHANG Gu-Feng<sup>1\*\*</sup> ZHAI Bao-Ping<sup>2</sup> ZHU Ye-Qin<sup>3</sup>

(1. Institute of Plant Protection, Jiangsu Academy of Agricultural Science, Nanjing 210014, China; 2. College of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 3. Plant Protection Station of Jiangsu Province, Nanjing 210013, China)

**Abstract** A web-based auto simulation system for forecasting pest occurrence periods was developed that included an accumulated degree-days calculating module designed by PHP script and a database for public weather information. The system can show information on insect state and larval instar at different periods automatically by integrating the module and the database. The parameters included public weather information, such as the daily maximum and minimum temperature, low and upper temperature thresholds and accumulated degree-days of the insect's deferent states and instars. These parameters were calculated using a single sine approach. Based on an Apache + PHP + MySQL structure, the system is easy to use and maintain. Data on simulated insect state and larval instars for SBPH and whitefly accorded with actual data on these species collected at Tongzhou, Jiangsu Province in 2011. This consistency suggests that the system has general application.

**Key words** insect, insect state, larva instar, web, simulation system

昆虫的发育起点温度和有效积温是昆虫基础的生物学特征值。有效积温可用于预测某地害虫的年发生代数、某年最早出现日期等 (Leigh and Mark, 2006a; Luke *et al.*, 2006), 或通过直线、曲线模型模拟害虫的发育状况 (Leigh and Mark, 2006b; Petros and Matilda, 2010), 有效积温法也是害虫预测预报的方法之一 (张孝羲和张跃进,

2006)。美国的 Brett 等 (2006) 建立了一个包含 500 多种昆虫生物学指标的数据库, 其中就包含发育起点温度和有效积温等重要指标, 国内研究人员也通过试验研究, 获得了多种昆虫的有效积温 (孙兴全等, 2000; 林克剑等, 2004; 曲鹏等, 2005; 张爱民等, 2008; 崔旭红等, 2009; 胡英华等, 2010; 李定旭等, 2010)。

\* 资助项目:江苏省农业科技创新项目 (CX (10) 419)、公益性行业 (农业) 科研专项 (201003031)。

\*\* 通讯作者, E-mail: tzbzzgf@ hotmail. com

收稿日期: 2011-06-19, 接受日期: 2012-02-28

国内有效积温的计算以往多根据日平均气温(殷坤山等, 1995), 计算较为简单, 然而, 日温总是由低到高再到低呈周期性变化的, 用平均气温计算的有效积温不够科学严谨, 同时, 积温计算常通过历史资料的平均值进行计算, 时效性不够, 误差很大。Kenneth (1983), Lindblad 和 Sigvald (1996) 将有效积温通过物候模型建立定量关系, 采取不同温度模拟技术, 通过计算模拟函数积分值, 获得每天日度值和昆虫发育到特定阶段的积累日度。加州大学 (<http://www.ipm.ucdavis.edu/WEATHER/ddretrieve.html>) 建立了一个有效积温的计算模型, 根据掌握的一些害虫的有效积温等生物学参数和某地温度资料计算某一时间段逐日的有效积温以及累计积温。笔者应用网络平台, 通过 PHP 脚本语言设计了有效积温 sine 函数拟合模型, 并结合公共天气预报信息, 开发了一个基于 B/S 模式的在线昆虫发育虫态自动模拟系统, 可实时模拟预测昆虫在不同时间段的发育情况, 为准确预测害虫的发生期、适时进行防治、制定科学的防治策略提供了技术支持。

作为水稻和蔬菜上的主要害虫, 烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 和灰飞虱 *Laodelphax striatellus* (Fallén) 在江苏发生代次多, 不同年份的发生期随气温变化, 有早有迟, 基层测报通常使用田间调查、预测灯来预测其发生期(刁春友和朱叶芹, 2006), 预报时效性受到影响, 本研究应用烟粉虱和灰飞虱为例验证该系统的可靠性和时效性。

## 1 材料与方 法

### 1.1 系统架构

系统主体架构为 B/S, 即浏览器和服务器架构。系统所需的数据库和应用程序代码均安装于服务器端, 便于集中管理, 客户机通过 Internet 浏览器进入系统后进行操作。

系统所用软件为开源免费组合: Apache + PHP + MySQL, 可在 Windows 或 Linux 平台上运行。

### 1.2 气象数据库

气象数据库为逐日的资料, 结构如表 1 所示, 主要包括最高气温和最低气温, 历史资料从气象站获得, 而实时以及预报的资料来自于中国天气网, 为当日及以后 6 d 内的预报数据。

中国天气网 (<http://www.weather.com.cn>) 提供了全国各地的气象信息, 包括大中城市直至各县级市, 因而各个基层站点的气象信息可从其直接获取, 其气象信息已基本能满足系统要求, 即逐日最高温度和最低温度(当日及 6 d 内的预报信息), 气象历史资料需各地从气象台站获取。

表 1 气象资料表结构

Table 1 Structure of the weather data table

字段名	字段类型	字段说明
Field name	Field type	Field description
id	自增整型	记录号
填报单位	字符型	基层站点名称
填报日期	日期型	
气温_高	浮点型	逐日最高气温
气温_低	浮点型	逐日最低气温
天气	字符型	天气描述
风	字符型	风向风速描述

### 1.3 有效积温计算

参照美国加利福尼亚州立大学 Degree-day Utility (DDU) 软件, 应用 PHP 丰富的数学函数库开发了用于计算逐日昆虫积温的功能模块, 并与 DDU 计算的结果进行比较, 通过分析每日最高温和最低温与发育起点温度、发育上限温度的关系, 用正弦法计算每日的有效积温值, 该模块可在网上直接运行计算。

### 1.4 昆虫发育自动模拟

系统从气象数据库中提取站点的气象数据, 结合某种昆虫的发育起点温度、上限温度即可自动计算自某一日期始的有效积温, 再与昆虫各虫态、虫龄有效积温比对, 即可得从起始日以后的不同时期的昆虫发育情况, 并实时显示。

## 2 结果与分析

### 2.1 气象信息的入库与更新

中国天气网各地的气象信息保存在网站/data/目录下, 每个地区的代号文件名页面即是该地区的信息, 如“101190509”即为江苏省南通市通州区的页面代号, 文件包含了地名、日期、气温、天气情况、风向风速、以及整体的天气评价等。

通过 php 的文件读取函数提取该文件内容存入数组, 并将数组内容分割, 归类, 将地名、填报日

期、最高温、最低温、天气情况及风向等各天的预报信息(从起始日后 6 d, 第 7 天的数据不完整)形成记录新增到数据库中。系统在启动时自动判断当前日的更新日志, 如有相关记录, 则从数据库中提取记录, 并显示给用户, 否则以最新的气象预测值更新数据库中的信息(图 1)。

### 2.2 应用实例

以江苏省南通市 2011 年烟粉虱及灰飞虱的发育进程为例简述系统的运行过程。

气象资料来自于江苏省南通市气象站及中国天气网的实时气象预报。

综合国内研究者积温测定结果(孙兴全等, 2000; 林克剑等, 2004; 曲鹏等, 2005; 张爱民等, 2008; 崔旭红等, 2009; 胡英华等, 2010), 烟粉虱卵、1 龄若虫、2 龄若虫、3 龄若虫、4 龄若虫和蛹的发育起点温度分别为 12.59、12.53、10.43、12.38、12.05 和 12.23℃, 对应的有效积温分别为 87.62、28.36、49.25、33.5、42.09 和 22.96 日·度; 灰飞虱卵、1 龄若虫、2 龄若虫、3 龄若虫、4 龄若虫、5 龄若虫, 成虫(产卵前)发育起点温度分别为 10.06、8.32、7.60、8.58、7.80、6.33 和 10.29℃, 对应的有

效积温分别为 102.3、62.2、50.5、50.4、68.9、103.9 和 87.5 日·度, 发育上限温度设定为 30℃。

系统运行及模拟: 填入计算的开始日期, 烟粉虱以田间首次出现成虫的 6 月 15 日起, 灰飞虱从 1 月 1 日的气象资料开始计算。

点击初始计算的害虫虫态(虫龄)链接, 烟粉虱为成虫, 灰飞虱为 3 龄和 4 龄若虫(越冬虫龄), 系统即根据气象数据库中的气象资料及害虫的生物学信息计算有效积温, 显示不同虫态、龄期高峰出现的日期(图 1), 鉴于当前天气预报仅限 6 d 内的气象信息, 如果要预报中、长期的发育进度, 也可从各地历史资料中取高温和低温的逐日平均值进行计算模拟。

2011 年烟粉虱、灰飞虱的模拟结果经与通州植保站 2011 年田间调查结果比较(表 2), 基本符合田间的实际情况, 其中烟粉虱来自大田 5 d 一次成虫普查所得的峰期, 灰飞虱是冬后发育进度调查的数据。因而通过该系统可随时掌握了解田间害虫的虫态虫龄, 并选择对应的药剂品种, 及时进行防治, 并根据不同时期的虫龄结构选择最佳控制对策。

表 2 烟粉虱、灰飞虱发育进程模拟与田间调查资料对比(江苏通州, 2011)

Table 2 Comparison on the simulation and the investigate data for the *Bemisia tabaci* and *Laodelphax striatellus* (Tongzhou, Jiangsu Province, 2011)

烟粉虱成虫峰 Peak of <i>Bemisia tabaci</i> adults		灰飞虱 <i>Laodelphax striatellus</i>		
系统模拟日期(月-日) System simulation data (month-day)	田间调查日期(月-日) Field investigation date (month-day)	调查日期(月-日) Investigation date (month-day)	系统模拟 System simulation	田间主虫态虫龄 Insect stage or larva instar in field
7-6	7-5	3-18	4 龄	4、5 龄
7-23	7-20	3-31	5 龄	5 龄、成虫
8-9	8-10	4-8	成虫	5 龄、成虫
8-28	8-30	4-11	成虫	5 龄、成虫
		4-20	成虫	成虫
		5-5	卵	1 龄
		5-9	1 龄	1、2 龄
		5-10	2 龄	2 龄
		5-16	3 龄	3 龄
		5-18	4 龄	3、4 龄

### 3 讨论

目前害虫发生期的常规测报包括分龄分级、

历期法等(张孝羲和张跃进, 2006), 多根据常年温度的经验值进行预报, 与预报人员的技术能力和经验水平关系密切。有效积温预测法由于涉及

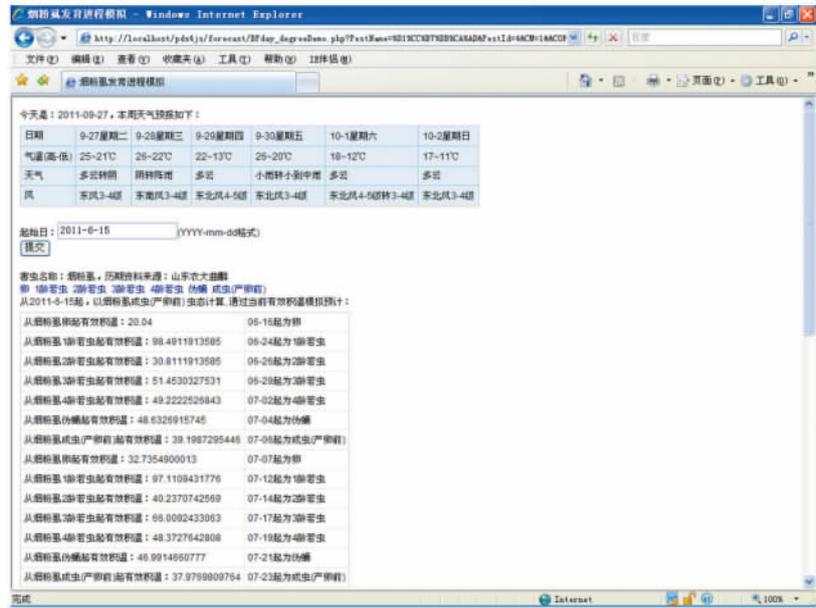


图 1 烟粉虱发育虫态、虫龄模拟示例

Fig.1 Sample of the simulation for whitefly state and instar

到大量的气象数据及运算,在生产上未得到大面积的应用。

国内学者通过编写 Matlab 计算程序或自行开发的日度计算软件(吕昭智等, 2005; 咎庆安等, 2010), 提出了应用有效积温 Sine 函数拟合模型结合自动化气象站进行害虫预测的设想。自动化气象站需要人员和物力的投入, 单机的运行程序安装运行也需一定的操作技能, 而本系统基于公共气象信息, 将网络平台、数据库、积温计算结合在一起, 解决了气象数据的来源及预报的实用性问题, 实现了昆虫发育进程的自动化模拟, 并且气象信息可实时更新, 能满足昆虫发育模拟的要求, 同时气象数据不仅保存了现有的气象信息, 还包含了预报的信息, 从而为预报模拟提供了前瞻性和应用性。

用户经互联网进入系统后, 可实时掌握田间害虫的发育进程, 为有效控制病虫害发生、科学决策提供了技术保障。由于系统维护管理均在服务器端, 客户端的设计也便于用户操作使用。系统也需要在应用中不断完善, 比如田间小气候与地表气候也存在一定的差异, 还要收集整理多种害虫资料, 系统运行还需要与实际调查的数据不断进行校正, 实现害虫发生期的精准化和自动化预测, 在生产上发挥更大的作用。

参考文献 (References)

Brett SN, Roger DM, Daniel MB, Dennis DC, Edward J, 2006. A developmental database to support insect phenology models. *Crop Prot.*, 26 (9) :1444—1448.

Kenneth PP, 1983. Day-degree method for pest management. *Environ. Ent.*, 12 (3) :613—619.

Leigh JP, Mark SH, 2006. Reproductive and developmental biology of *Gonatocerus ashmeadi* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of *Homalodisca coagulata* (Hemiptera: Cicadellidae). *Biol. Control*, 37 (3) :266—275.

Leigh JP, Mark SH, 2006. Use of life table statistics and degree-day values to predict the invasion success of *Gonatocerus ashmeadi* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of *Homalodisca coagulata* (Hemiptera: Cicadellidae), in California. *Biol. Control*, 37 (3) :276—283.

Lindblad M, Sigvald R, 1996. A degree-day model for regional prediction of first occurrence of frit flies in oats in Sweden. *Crop Prot.*, 15 (6) :559—565.

Luke CS, David WR, Richard WH, Monika AC, Greg S, 2006. Phenology of first and peak emergence of *Aphthona lacertosa* and *A. nigriscutis*: Two flea beetles introduced for biological control of leafy spurge, *Euphorbia esula* L. *Biol. Control*, 37 (3) :382—391.

Petros TD, Matilda SS, 2010. Development and statistical evaluation of models in forecasting moth phenology of major

- lepidopterous peach pest complex for integrated pest management programs. *Crop Prot.*, 29(10):1190—1199.
- 崔旭红, 郑丹, 蒲桂林, 刘万学, 2009. 温度对 B 型、Q 型烟粉虱生长发育、存活和繁殖的影响. *植物保护学报*, 36(6):571—572.
- 刁春友, 朱叶芹, 2005. 农作物主要病虫害预测预报与防治. 南京:江苏科学技术出版社. 115—365.
- 胡英华, 左秀峰, 苏加岱, 刘汉舒, 2010. 灰飞虱发育起点温度及有效积温的探讨. *昆虫知识*, 47(3):596—599.
- 李定旭, 康熙奎, 王佳阳, 王红伟, 董钧锋, 梁胜利, 2010. 桃小食心虫的发育起点温度和有效积温. *昆虫知识*, 47(5):923—926.
- 林克剑, 吴孔明, 魏洪义, 郭予元, 2004. 温度和湿度对型烟粉虱发育、存活和生殖的影响. *植物保护学报*, 31(2):166—172.
- 吕昭智, 田建华, 沈佐锐, 田长彦, 王涛, 2005. 有效积温 Sine 函数拟合模型及其应用. *生态学杂志*, 24(12):1549—1552.
- 曲鹏, 谢明, 岳梅, 许维岸, 2005. 温度对 B 型烟粉虱试验种群的影响. *山东农业科学*, 4:36—38.
- 孙兴全, 吴静菊, 吴爱忠, 支月娥, 2000. 灰飞虱生物学特性研究. *上海农学院学报*, 18(2):150—154.
- 殷坤山, 熊兴平, 唐美君, 1995. 有效积温法预测茶尺蠖防治适期的研究. *昆虫知识*, 32(6):336—339.
- 管庆安, 陈斌, 孙跃先, 陈海如, 李正跃, 2010. 利用正弦模型估算昆虫发育的有效积温. *云南农业大学学报*, 25(4):476—482.
- 张爱民, 刘向东, 翟保平, 顾晓莹, 2008. 温度对灰飞虱生物学特性的影响. *昆虫学报*, 51(6):640—645.
- 张孝羲, 张跃进, 2006. 农作物有害生物预测学. 北京:中国农业出版社. 79—80.