

21-25

第25卷 第6期
1997年12月西北农业大学学报
Acta Univ. Agric. Boreali-occidentalisVol. 25 No. 6
Dec. 1997

害虫“累积存活率”新指标及其应用

侯有明

沈宝成

(华南农业大学昆虫生态研究室, 广州 510642)

(陕西省植保总站, 西安 710003)

摘 要 提出一新的衡量害虫存活率指标“累积存活率”, 该指标不仅能反映害虫在不同作物品种上存活率的动态变化特征, 而且将虫态结构及其危害特征纳入其中, 能反映出害虫在不同作物品种上的持续危害特征。具体应用该指标, 分析了麦长管蚜在5个小麦品种上的累积存活率动态变化情况, 为品种的抗蚜性综合决策分析提供了因素指标。

关键词 累积存活率, 模拟模型, 小麦品种, 麦长管蚜

中图分类号 S431.3 S435.122.2

害虫对作物的危害程度, 不仅取决于害虫自身的危害潜力、作物的耐害补偿功能与环境因素, 而且取决于害虫种群数量与持续危害时间。害虫对作物的危害是一动态的变化过程, 在这方面的研究中, 害虫存活率是一重要的指标。同样, 在作物品种对害虫的抗性和害虫抗药性等方面的研究^[1-2]中, 都不可避免地要对害虫的存活率动态进行剖析。然而, 以往有关存活率方面的研究, 大多是把某一固定时间点上的害虫种群存活率或整个生育期内害虫存活率之平均值进行比较分析, 显然缺乏动态的观点, 并不能很好地反映出害虫持续危害特征。Robert^[3]在1983年提出采用害虫累积天日来衡量其危害状况, 但没有将虫态结构及其危害特征纳入其中。作者在对油菜蚜虫、小麦蚜虫等种群动态与危害特性系统研究中, 提出一新的衡量害虫存活率指标, 并将动态时间因素纳入其中, 作为具体应用, 本文还对麦长管蚜(*Macrosiphum avenae* (Fab.))在5个小麦品种上的存活率动态变化进行了系统分析。

1 累积存活率指标及其函数确立

设一害虫幼(若)虫期共 m 龄, $t_0 \sim t_1, t_1 \sim t_2, \dots, t_{m-1} \sim t_m, t_m \sim t'$ 分别代表1, 2, $\dots, m$ 龄幼虫和成虫的平均发育起始、终了时刻, $f_1(t), f_2(t), \dots, f_m(t), f_{成}(t)$ 分别代表1, 2, $\dots, m$ 龄幼虫和成虫的存活率随时间变化的动态模型, 则有关系:

$$S_n = \int_{t_0}^{t_1} \omega_1 f_1(t) dt + \int_{t_1}^{t_2} \omega_2 f_2(t) dt + \dots + \int_{t_{m-1}}^{t_m} \omega_m f_m(t) dt + \int_{t_m}^{t'} \omega_{成} f_{成}(t) dt$$

$$= \sum_{i=1}^m \omega_i \int_{t_{i-1}}^{t_i} f_i(t) dt + \int_{t_m}^{t'} \omega_{成} f_{成}(t) dt \quad (1)$$

式中, S_n 为累积存活率, 反映的是害虫随时间变化的存活率动态曲线下的校正面积; $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m, \omega_{成}$ 分别为1, 2, $\dots, m$ 龄幼(若)虫和成虫间的校正权重系数。

收稿日期 1994-04-30

课题来源 农业部全国病虫测报总站资助课题

作者简介 侯有明, 男, 1966年生, 讲师, 硕士(在读博士生)

事实上, $f_1(t), f_2(t), \dots, f_m(t), f_{\text{或}}(t)$ 为一连续性函数, 在对试验数据进行模拟分析后, 具有满足同一性质的连续性函数, 则(1)式变为:

$$S_n = \sum_{i=1}^m \int_{t_{i-1}}^{t_i} \omega_i f_i(t) dt + \int_{t_m}^t \omega_{\text{或}} f_{\text{或}}(t) dt \quad (2)$$

在实际确立累积存活率中, 可按数学归纳法所确立的(3)式近似估计 S'_n 值:

$$S'_n = \sum_{i=1}^m \omega_i \sum_{t=t_{i-1}}^{t_i} \left(\frac{N_t + N_{t+1}}{2} \Delta t \right) + \omega_{\text{或}} \sum_{t=t_m}^t \left(\frac{N_t + N_{t+1}}{2} \Delta t \right) \quad (3)$$

式中, N_t, N_{t+1} 为 $t, t+1$ 时刻的种群存活率; Δt 为试验测试时间间隔。

采用(3)式仅能近似地估计出 S'_n 值, 而且仅仅只能在试验测试时间间隔内进行, 并不能外推, 若 Δt 太大, 所估计出的 S'_n 误差愈大, 只有在很小的 Δt 时间内, 才具有较为精确的 S'_n 值。

由此可见, 该累积存活率指标不仅能反映出害虫在不同作物品种上存活率动态及其细微波动情况, 而且也将虫态结构及其各龄不同危害特征纳入其中, 具有十分准确、客观、全面的特性。同时, 该模拟模型中的参数获得十分方便。

1.1 函数的确立

根据系统试验资料, 按害虫在各作物品种上的各日存活数(N_t)和种群起始数量(N_0), 求出害虫在作物品种上存活率($L_x = N_t/N_0$), 然后绘制出害虫在不同作物品种上的存活率变化动态曲线, 据此可模拟出害虫在各作物品种上的存活率变化动态函数关系 $f(t)$ 来。据几年来的摸索, 研究表明, $f(t)$ 一般满足以下 6 类函数类型。

①降半指数型函数 $t > a$ 时, $f(t)$ 以相对速率 $k(k > 0)$ 直线下降, 无平缓下降余地。

$$f(t) = \begin{cases} 1 & (t \leq a) \\ \exp(-k(t-a)) & (t > a) \end{cases}$$

②降半正态型函数 当 $t > a$ 时, $f(t)$ 取了正态型函数的右半边, 其特点是在 $t > a$ 的开始一段时间内, $f(t)$ 比指数型函数下降较平缓, 且 $k > 0$ 。

$$f(t) = \begin{cases} 1 & (t \leq a) \\ \exp(-k(t-a)^2) & (t > a) \end{cases}$$

③降半抛物线型函数

$$f(t) = \begin{cases} 1 & (t \leq a) \\ 1 - (1/2\delta^2)(t-a)^2 & ((t-a)^2 < 2\delta^2) \\ 0 & ((t-a)^2 \geq 2\delta^2) \end{cases}$$

④降半哥西型函数 $t > a$ 时下降平缓程度介于①和②间, $c > 0, b$ 为正偶数。

$$f(t) = \begin{cases} 1 & (t \leq a) \\ 1/(1+c(t-a)^b) & (t > a) \end{cases}$$

⑤降半梯型函数 在 $t > a$ 时, 以直线下降。

$$f(t) = \begin{cases} 1 & (t \leq a) \\ (b-t)/(b-a) & (a < t \leq b) \\ 0 & (t > b) \end{cases}$$

⑥降半岭型函数 在 $t > a$ 时, 单调下降, 呈 S 形; 在 $t = (a+b)/2$ 时, $f(t) = 1/2$; 在 $t \geq b$ 时, $f(t) = 0$ 。该函数考虑到中点 $(a+b)/2$ 时的 $f(t)$ 具体点值。

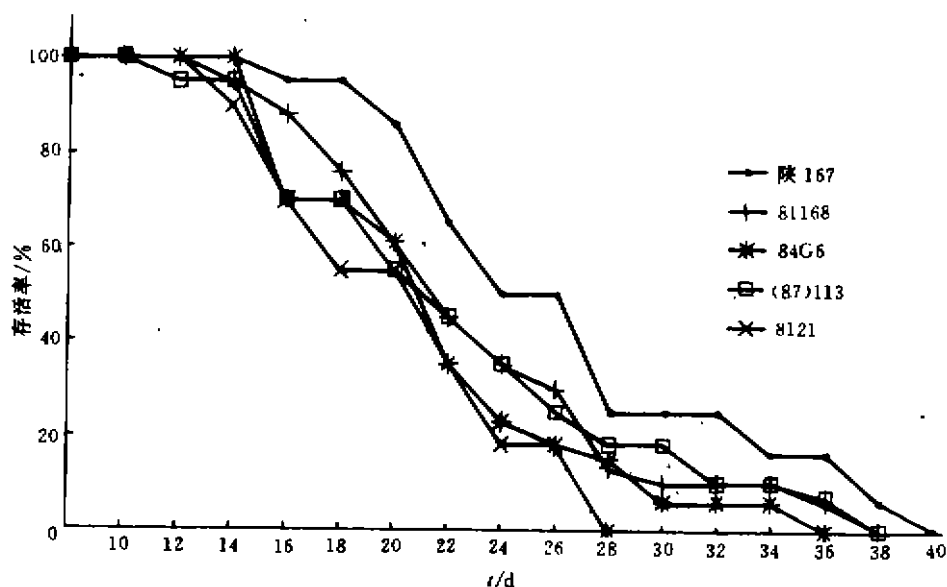
$$f(t) = \begin{cases} 1 & (t \leq a) \\ 1 - 2((t-a)/(b-a))^2 & (a < t \leq (a+b)/2) \\ 2((t-b)/(b-a))^2 & ((a+b)/2 < t \leq b) \\ 0 & (t > b) \end{cases}$$

1.2 ω_i 的确立

ω_i 的大小反映的是害虫各龄幼虫及成虫对不同作物间危害程度的比例关系。在室内确立相同数量各龄幼虫,测定其相对食量后,按不同危害当量进行综合分析^[5,6],即可得各 ω_i 值。实际测定过程中,采用害虫各龄发育历期与害虫相对体重的乘积之比例作为各龄级的 ω_i 值较为准确和方便。

2 麦长管蚜累积存活率动态分析

根据对5个小麦品种上麦长管蚜的室内自然单独接蚜饲养结果,绘制出麦长管蚜存活率(L_x)随时间变化的动态曲线(附图)。



附图 麦长管蚜存活率(L_x)随时间变化的动态曲线图

2.1 麦长管蚜 L_x 的动态模拟模型

1) 陕167 品种 符合降半岭型函数,其 χ^2 检验达极显著水平($\chi^2=0.55$)。

$$f(t) = \begin{cases} 1 & (t \leq 14) \\ 1 - 2((t-14)/26)^2 & (14 < t \leq 26) \\ 2((t-40)/26)^2 & (26 < t \leq 40) \\ 0 & (t > 40) \end{cases}$$

2) 81168 品种 符合降半梯型函数,其 χ^2 检验达极显著水平($\chi^2=0.56$)。

$$f(t) = \begin{cases} 1 & (t \leq 12) \\ (38-t)/26 & (12 < t \leq 38) \\ 0 & (t > 38) \end{cases}$$

3) (87)113 品种 符合降半指数型函数, 其 χ^2 检验达极显著水平 ($\chi^2=0.12$)。

$$f(t) = \begin{cases} 1 & (t \leq 14) \\ \exp(-0.121095(t-14)) & (t > 14) \end{cases}$$

4) 84G6 品种 符合哥西型函数, 其 χ^2 检验达极显著水平 ($\chi^2=0.18$)。

$$f(t) = \begin{cases} 1 & (t \leq 10) \\ 1/(1+0.01283071(t-10)^2) & (t > 10) \end{cases}$$

5) 8121 品种 符合降半指数型函数, 其 χ^2 检验达极显著水平 ($\chi^2=0.07$)。

$$f(t) = \begin{cases} 1 & (t \leq 12) \\ \exp(-0.096281838(t-12)) & (t > 12) \end{cases}$$

2.2 麦长管蚜的累积存活率

取 $\omega_1=\omega_2=\omega_3=1$; $\omega_4=\omega_5=3$, 则将试验求得的各龄成、若蚜的发育历期代入(2)式, 求得麦长管蚜在 5 个小麦品种上的累积存活率(附表)。

附表 麦长管蚜在不同小麦品种上的累积存活率

小麦品种	S_n	平均存活率	完成发育一半时的存活率	S'_n
陕 167	59.01	0.63	0.85	55.70
81168	55.03	0.57	0.65	52.65
(87)113	45.42	0.58	0.70	44.95
84G6	43.00	0.55	0.65	44.25
8121	35.80	0.64	0.80	40.45

由附表可知, 麦长管蚜在陕 167 上的累积存活率最高, 81168 次之, 8121 上最小。这表明麦长管蚜在陕 167 品种上的适应能力较强, 存活率高, 而在 8121 上的适应能力较差, 存活率低。同时, 累积存活率的高低还反映出了麦长管蚜在不同小麦品种上的持续危害力, 累积存活率愈高, 持续危害力愈强。

依附表还可知, 采用模型(3)的近似求法所求得的累积存活率(S'_n), 同模型(2)所求得的结果(S_n)虽在绝对值上有所差异, 但其相对趋势一致, 而采用平均存活率和种群发育至平均发育历期的 1/2 时的蚜虫存活率, 其结果没有可比性, 且相对趋势不一致, 均不能很好地反映出麦长管蚜在小麦品种上的存活率特性。而采用累积存活率模拟模型所求得的结果, 与实际情况相符, 具有很高的准确性和可比性。

3 讨 论

1) 本文提出的累积存活率指标, 不仅反映出害虫在不同作物品种上存活率的动态变化特征, 而且亦将虫态结构及其持续危害特征纳入其中, 反映出害虫与作物品种间长期适应、相互作用的动态变化特征, 尤其适应于完全变态类害虫的研究中。同时, 该指标在作物品种综合抗虫性的研究中有着普遍的应用价值, 尤其是在作物品种综合抗蚜性的系统分析中具有方便、准确、快速的特性。

2) 品种抗虫性的分析涉及不选择性、抗性性和耐害性, 因此, 任何采用单一因素所分析的结果, 其适应范围小, 各指标间均没有可比性。同时, 不同指标间常常存在十分明显的不公度性、连续性和模糊性, 甚至还有相互矛盾的现象, 这为作物品种综合抗虫性的系统

分析带来了很大的困难。同样,亦不能单用“累积存活率”一个指标来衡量品种抗虫性的强弱,而应将不选择性、抗生性和耐害性三方面结合起来,进行综合分析,这样的决策结果才具有广泛的适用价值。

致谢:本文撰写过程中得到刘绍友教授和汪世泽教授的指教和审阅,谨致谢忱。

参 考 文 献

- 1 侯有明,刘绍友.油菜蚜虫混合种群损失当量与复合防治指标的研究.植物保护学报,1994,21(1):47~51
- 2 侯有明,刘绍友,赵清华.油菜品种抗蚜性动态的系统分析.植物保护学报,1995,22(2):159~164
- 3 Ruppel Robert F. Cumulative insect-days as an index of crop protection. J Econ Entomol, 1983, 76(2):375~377
- 4 袁志发,孟德顺,周静芋.模糊数学在农林科学上的应用.陕西杨陵:天则出版社,1983
- 5 Wilson I. T. Presence-Absence sequential sampling for cabbage aphid and green peach aphid (Homoptera: Aphididae) on Brussels sprouts. J Econ Entomol, 1983, 76:476~479
- 6 Runesink W G. Status of the systems approach to pest management. Ann Rev Entomol, 1976, 21:27~44

New Index for Insect Accumulated Survival Rate and It's Application

Hou Youming¹ Shen Baocheng²

(1 Laboratory of Insect Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou, 510642)

(2 General Station of Plant Protection of Shaanxi Province, Xi'an, 710003)

Abstract The insect accumulated survival rate, a new index of insect survival, is proposed in this paper. This new index can not only tell the dynamic changeable course of insect survival in various crop varieties, but also contains the age structure and changeable characteristics of insect, as well as the continuous changeable feature of insect in various crop varieties. As it is applied, the dynamic changeable course of accumulated aphid survival rate of english grain aphid *Macrosiphum avenae* (Fab.) in 5 wheat varieties is studied in this paper. The new index could work as an integrated decision-making policy for aphid resistance in crop varieties.

Key words the accumulated survival rate, simulated model, wheat variety, english grain aphid *Macrosiphum avenae* (Fab.)