

对北京地区温室中温室白粉虱 最优管理的初步探讨*

徐汝梅 江 帆 张 艺 刘来福

朱国仁

(北京师范大学)

(中国农科院)

摘 要

在系统调查的基础上,利用已有的种群动态的模拟模型,本文探讨了在可能的不同温度、不同初始种群密度的各组合下温室白粉虱 (*Trialeurodes vaporariorum*) 种群的动态及发生程度。

我国当前对温室白粉虱的防治手段仍以化学防治为主。本文也探讨了当必须防治时,如何最优地选择农药品种和施用方式以使打药次数最少、残留相对地最少和相对地最经济。从结果看,在模拟的温度参数范围内,只要很好地控制住初始种群密度,整个生长期中可以不用防治。因此,培育“清洁苗”,合理地选择作物品种(不易受侵染者)是进行化学防治以至生物防治和综合防治的关键。本文也给出了对中等发生和严重发生时采取不同防治策略的两个例子。

对城市这样的社会-经济-自然复合生态系统,任何人为的措施都必须考虑到它的经济效益和生态环境效益(马世骏,1983)。

温室生态系统是城市生态系统中不可缺少的一个组成部分。它为城市提供了必要的冬季蔬菜和花卉,但同时为农业害虫,特别是温室白粉虱提供了大发生的理想条件。大量施用的农药却给城市生态系统造成了严重的污染。因此,研究温室中温室白粉虱的最优管理问题甚为必要。

害虫最优管理问题的探讨起始较早(Watt, 1963、1964、1966)。但以后的十年中研究甚少(Ruesink, 1976),直至近年才有较大发展。近年来,我国也开始有了这方面工作的报道(李典谟等,1983;盛承发等,1983)。

害虫最优管理基于对种群动态和数学模型的研究。有关温室白粉虱的研究工作已经提供了:

(1) 在变温下模拟白粉虱种群动态的变维矩阵模型。利用这个模型可以模拟和预报种群的动态趋势(徐汝梅等,1981; Xu, 1982; 朱国仁, 1981; Xu et al., 1984)。

(2) 对模型的参数灵敏度分析,显示出温度是影响种群发展最敏感的参数(Liu and Xu, 1983)。

(3) 由于白粉虱的初始种群密度差异很大,又是较易于控制的成分,在种群动态的系统探讨的基础上建立了控制初始种群(培养“清洁苗”)为关键的综合防治的策略思想(朱

* 此项科研系由北京市科委资助

国仁等, 1981; Xu *et al.*, 1984)。在实践中亦有所证明; 只要抓住这一环节, 种群数量可以被较好地控制, 这就为生物防治、化学防治以及其它防治手段创造有利的条件。在有的温室中甚至可以自始至终不予防治。

但有两个问题仍需进一步探讨:

(1) 在不同温度、不同初始种群密度组合的条件下, 粉虱种群将如何发展? 其发生程度如何?

(2) 在我国, 当前对温室白粉虱的防治手段仍以化学防治为主。那么, 当必须防治时, 如何最优地选择农药品种、施用方式以使打药的次数最少、残留相对地最少以及相对地最经济?

这两个问题正是本文要讨论的。从研究的途径看, 我们不可能在温室中安排上百次的试验组合并不加以任何控制以观察害虫的发生和发展。我们更不可能进行多种控制手段及其在时间安排上的实地试验。但有了前边工作的基础, 并掌握了北京地区不同温室的一些系统观测资料, 我们就可以用电子计算机进行模拟试验, 探讨对温室白粉虱的最优管理方案。

一、数 据 来 源

数据来自1979—1982年在北京郊区分别对11个温室进行的系统观测。

1. 温室中的平均温度

以自记温度计记下温度曲线, 按每2小时取值求出日平均温。再按定植到调查末期的各日平均温度求出该温室的平均温度, 记于表1。

表 1 在北京郊区调查的第一茬、第二茬温室作物栽培过程中的平均温度
Table 1 Average temperatures during the cultivation of the 1st and 2nd crop in greenhouses censused in the suburb of Beijing

	温 室 号 No. greenhouse	调 查 日 期 (年·月·日) census date	平均温度(℃) average temp
第 一 茬 1st crop	A	1979.10.21—1980.1.18	—
	B	1979.10.20—1980.1.8	19.4
	C	1979.10.21—1980.1.4	16.7
	D	1979.11.10—1980.1.24	16.4
	CK ₇₀	1979.11.10—1980.1.24	14.0
第 二 茬 2nd crop	E	1980.1.25—1980.5.14	18.4
	CK ₂₀	1980.1.30—1980.3.30	16.8
	一站 ₈₁	1981.2.13—1981.6.13	16.3
	一站 ₈₂	1982.4.16—1982.6.10	21.4
	F	1982.4.7—1982.6.10	19.6
	21队	1982.2.20—1982.5.21	17.3

计算时的温度选择; 实测温度范围在第一茬为14℃至19.4℃, 取14℃、17℃、20℃三个温度。在第二茬为16.3℃至21.4℃, 取16℃、19℃、22℃三个温度。

2. 初始种群密度

同样, 按实测的初始种群密度范围考虑。一般地说, 第一茬作物侵染较重, 第二茬侵染较轻。但也考虑到第一茬作物在苗期进行有效的控制以及第二茬作物与第一茬混栽而侵染较重的情况。即各自分别向低密度和高密度的方向适当延伸。为计算而选取的密度(头/株)分别如下:

第一茬: 10、50、100、500、1,000、1,500、2,000。

第二茬: 3、10、50、100、400。

3. 初始种群的年龄分布

为统一初始种群的年龄组成, 将所有调查结果中各虫态的数量化成百分比, 再求出平均值。结果如下:

卵: 63.2%; 小若虫: 36%; 中若虫: 0.71%; 大若虫: 0.04%; 成虫: 0.05%。

4. 农药药效

数据引自张芝利等(1981), 总结于表2。

表 2 4 种常用农药及不同施用方式对不同虫态温室白粉虱的防治效果(自张芝利、朱国仁等, 1981)

Table 2 Effects of 4 kinds of commonly used insecticides with different application methods on greenhouse whiteflies of various stages

校正死亡率 corrected mortality 药剂 insecticide	虫态 stages	卵 egg	一龄若虫 1st instar	二龄若虫 2nd instar	三龄若虫 3rd instar	四龄若虫 4th instar	成虫 adult
2.5% 溴氰菊酯 2,000×喷施 2.5% pyrethrin 2000×sprayed		92.1	93.03	93.03	93.03	98.78	95.91
80% DDVP 1,000×喷施 80% DDVP 1000×sprayed		1.6	77.79	77.79	77.79	12.6	93.33
80% DDVP 1g/m ³ 烟熏 80% DDVP 1g/m ³ ×smoked		0	0	0	0	0	97
80% DDVP 0.25g/m ³ 烟熏 80% DDVP 0.25g/m ³ smoked		0	0	0	0	0	88.7

二、计 算 方 法

1. 计算不同温度、初始种群密度下的种群动态

按作物(以黄瓜为代表)第一茬、第二茬,分别计算在各自的三个温度水平下,当处于不同的初始种群密度时,粉虱种群的发展动态。并同时计算在各不同组合下种群成虫密度超过防治指标的总天数。

经济域的确定:按Hussey(1971),黄瓜上部叶片每片叶达50—60头成虫时达到防治指标。粉虱成虫多集中于上部4—5片叶子。故确定每株黄瓜250头粉虱成虫为防治指标,(朱国仁等,1981)。

程序来源:变维矩阵的程序来自徐汝梅等(1981),改写后在IBM—5051上实现。

2. 管理试验的模拟和最优管理方案的确定

按照贝尔曼的最优化原理,在一个最优策略中,第一次决策后的诸决策应按第一次决策所形成的状态组成一个最优策略,无论初始状态和初始决策如何。按照这种思想,如果只考虑施药次数,则由于在这四种管理措施中只有溴氰菊酯对各虫态的粉虱致死力最高,效果必为最优。但考虑到要综合考虑施药次数、成本以及残留问题,本文将用穷举法以便对比各种管理方案的优劣,从中选择最优者。

成本按实际施药量、农药的市场价格、劳力支出(按市郊四季青公社的标准)计算。

计算残留问题较为困难,因为这几种施药方式对温室瓜果的残留问题尚未深入研究。现仅以施药次数(以少为好)及施药时间(以采果期以前施药为好。一般定植后约四十天开始采收根瓜)来评价。

管理模型的建立:在原有变维矩阵模型的基础上加入有关管理措施的诸子程序,形成温室白粉虱的管理模型。框图如下(见图1)。

三、结 果

1. 不同温度、初始种群密度组合下的粉虱种群动态

1) 相同温度下不同初始种群密度对种群动态的影响。由于在相同的温度下,各虫态个体的发育历期、存活率、生育力皆相同,故种群的动态趋势相同。即对每一虫体,经过一段时间后所能增加的虫体数是基本一致的。初始种群密度不同时,各种群曲线的形态均相似,仅因初始值不同而在平面座标图上的位置不同而已(见图2)。

2) 初始种群密度相同时不同温度对种群动态的影响。与1)相比可知,由于不同温度下的发育历期、存活率、生育力均不相同,故种群动态趋势不同;每一虫体经过一段时间后所增加的虫体数不同。种群曲线也不相似,其斜率不同,温度越高斜率越大(见图3)。

3) 不同温度、初始种群组合下达到或超过防治指标的天数。结果示于图4及图5。

图中横座标表示初始种群密度、纵座标表示温度水平、垂直座标表示达到或超过防治指标的天数。

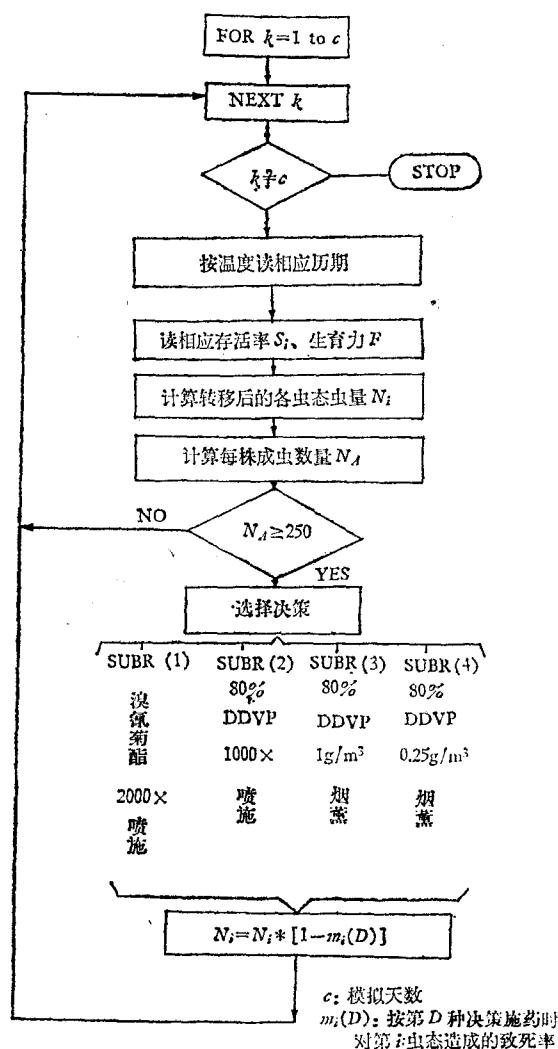


图1 温室黄瓜上温室白粉虱的管理模型框图
 Fig.1 Flow chart of management model for greenhouse whiteflies on cucumbers in greenhouses

从图中可以看出,无论是第一茬或第二茬作物,只要造成一个较低的粉虱初始种群,整个生产期中可以不予防治。这一点非常重要;它是进行温室中温室白粉虱有效防治(无论是化防、生防或综合防治)的基础和关键。许多实例也证明了这一点(朱国仁等,1981; Xu et al., 1984)。

2. 管理试验

按三种代表性情况进行管理试验

- ① 低初始种群;
- ② 中高水平的初始种群,温度较低;
- ③ 高初始种群、高温。

[第一种情况]

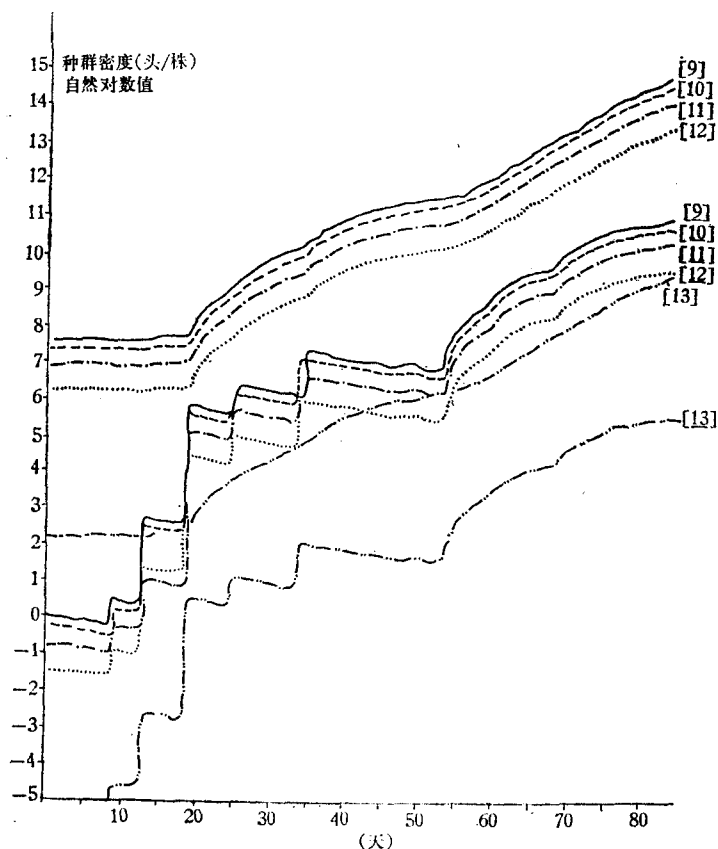


图2 温度相同, 初始种群不同时的粉虱种群动态

注: 括号中的数字为种群编号, 正体示总数, 斜体示成虫数。

Fig. 2 Population dynamics of whiteflies under same temperature with different initial densities.

(number in brackets: code for populations; upright for total, italics for adults)

这是理想的状况。在控制了初始种群, 培育了“清洁苗”之后, 即使温度高一些, 也可以维持始终不予防治。初始种群若不那么低, 或者温度稍高一些, 则形成了最后有数天或一旬左右的天数超过防治指标。但由于处于种植末期, 不防治也没什么关系了。

〔第二种情况〕

以初始种群为1,000, 温度为14℃为例。

图6(a)说明在调查的第48天至第50天, 粉虱成虫数已超过防治指标。由于年龄结构的关系, 第50天以后又低于防治指标。第65天起又超过防治指标, 直至调查期结束(第84天)。

图6(b)说明, 当成虫数量在第48天超过防治指标时, 以四种不同措施进行防治时的效果。以2.5%溴氰菊酯2,000×喷施, 或以80%DDVP 1,000×喷施均可一次凑效, 但成本较高。以DDVP烟熏时, 均只能维持到第65天, 则需多防治一次, 但成本较低。以上四种措施的施药时间均在采果期内。

图6(c)表示, 当初始种群密度较高时, 在早期(例如第五天)即施以不同农药的控制效果。喷施溴氰菊酯可一次凑效, 而且施药时间远在采果期之前, 可避免果品的污染。其余

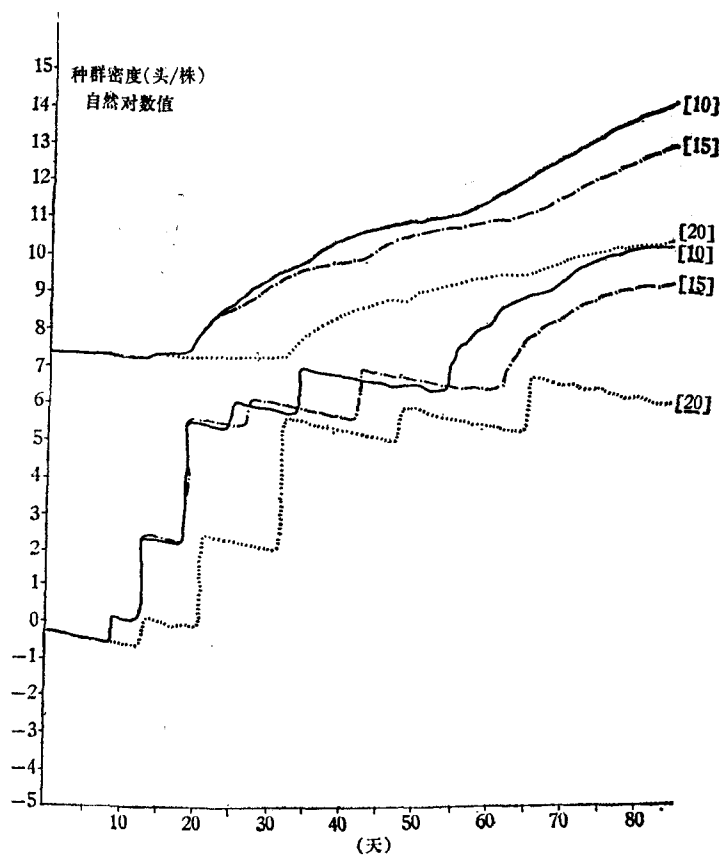


图3 初始种群相同, 温度不同时的粉虱种群动态 (图例同于图2)
Fig. 3 Population dynamics of whiteflies with same initial density under different temperatures.

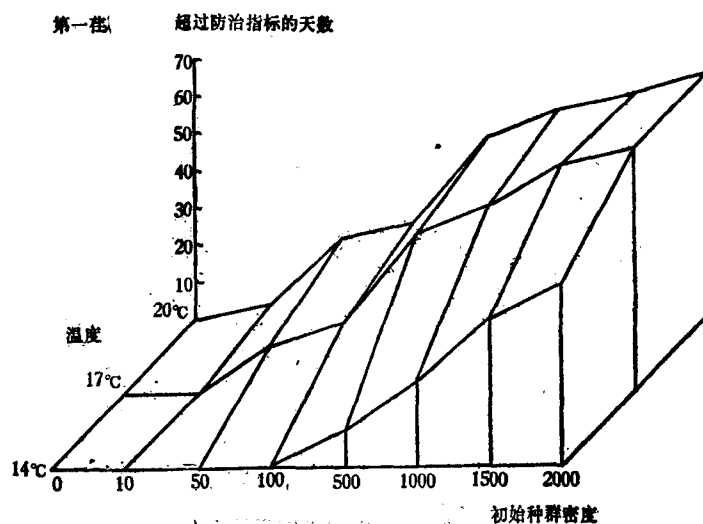


图4 在第一茬作物上, 在不同温度、初始种群密度下, 白粉虱达到或超过防治指标的天数
Fig. 4 Number of days at and above economic threshold for whiteflies under different temperatures and initial densities on the 1st crop

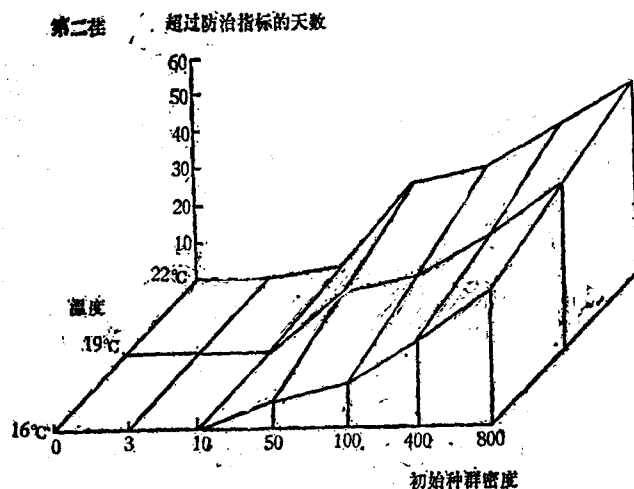


图5 在第二茬作物上, 在不同温度、初始种群密度下, 白粉虱达到或超过防治指标的天数
Fig. 5 Number of days at and above economic threshold for whiteflies under different temperatures and initial densities on the 2nd crop.

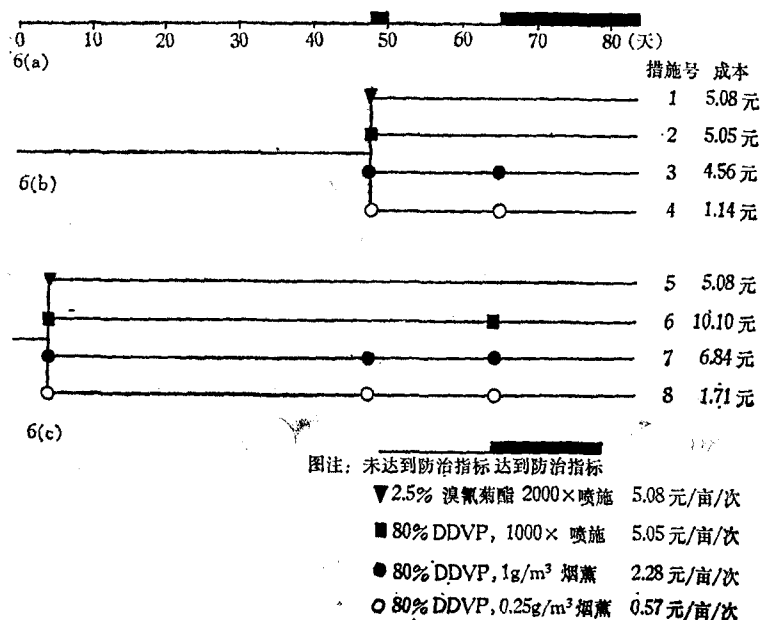


图6 初始种群为1,000, 温度为14℃时, 不同管理措施的比较
Fig. 6 Comparison of different control measures under medium infestation (initial population density = 1000, temperature = 14°C, as an example).

各种处理措施对粉虱非成熟期的致死力均不够理想因而无法有效地控制种群增长。施药次数增多一次, 成本有所增加, 施药期也未能提前。

〔第三种情况〕

以初始种群为2,000, 温度20℃为例。

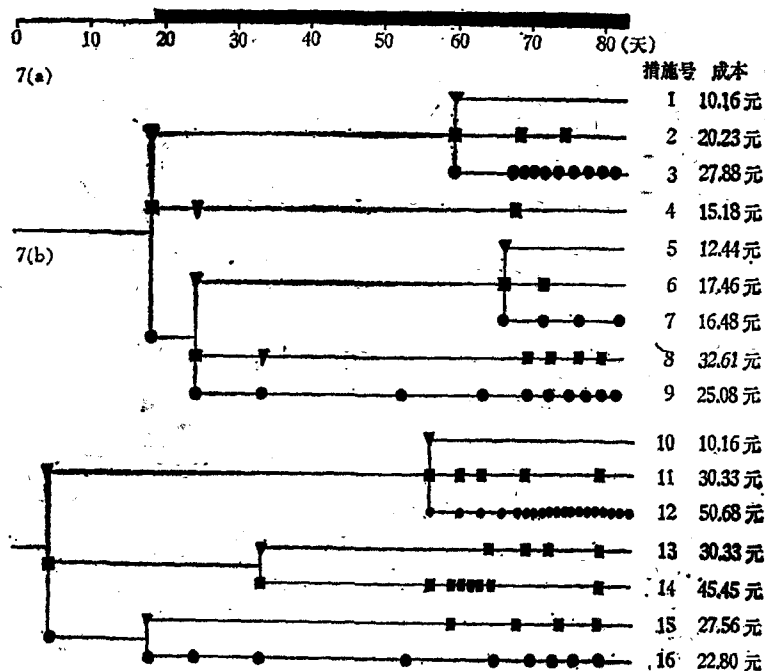


图 7 初始种群为 2,000 头/株, 温度为 20℃ 时, 不同管理措施的比较 (图例同图 6)
Fig. 7 Comparison of different control measures under high infestation (initial population density = 2000, temperature = 20℃, as an example).

图 7 (a) 显示出从调查的第 19 天起直至调查期终止 (第 84 天), 粉虱成虫数均超过防治指标。

图 7 (b) 说明, 当粉虱成虫数达到防治指标后, 施以不同农药的控制效果。可以看出最优措施为施用溴氰菊酯; 次数最少、成本最低且采果期内施药次数也最少。

其它方式均明显地欠佳; 施药次数多、成本高, 且大量地在采果期内施药, 造成直接污染 (注: 以 0.25g DDVP 烟熏, 效果更差, 已从图中略去)。

从图 7 (c) 中看出, 以提前施药控制初始种群, 亦仅施用溴氰菊酯 (措施号: 10) 是有效的。但从施药次数、成本、残留等方面看, 提前施药的好处不明显。

四、结 论

1. 当温度相同、初始种群密度不同时, 各种群曲线相似, 只是位置不同而已。当初始种群密度相同、温度不同时, 温度越高种群曲线的陡度越大。

2. 在温度、初始种群密度两个因素中, 温度对种群增长的影响更大。

3. 在模拟的温度参数范围内, 可以看到, 只要很好地控制住初始种群密度, 整个生长期中可以不施药。可见, 培育“清洁苗”, 合理选择作物品种, 是进行化防以至生防、综防的关键。

4. 中等发生时 (例如第二种情况), 喷施溴氰菊酯或 DDVP 均可一次奏效, 但因劳力支出较高而成本高于使用烟熏的方法。以 DDVP 烟熏时, 需多防治一次, 但成本较低。

可以提前施用溴氰菊酯, 成本相同、却可以避免对果品的污染。

5. 严重发生时, 只有使用溴氰菊酯才能做到施药次数最少、成本最低、且采果期内施药次数最少。提前一次施药的作用不明显。

参 考 文 献

- 马世骏 1983 经济生态学原则在工农业建设中的应用. 生态学报 3 (1): 1—6.
- 朱国仁、张芝利、康总江 1981 京郊温室白粉虱 (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood) 发生规律和综合防治的探讨. 北京农业科技 1981 (2): 12—18.
- 李典谟、R.L. Tummala、D.L. Haynes 1983 论计算机化的病虫害管理系统的原理. 生态学报 3 (3): 252—261.
- 张芝利、张瑛荣等 1981 十四种药剂对不同虫态温室白粉虱的防治效果的评价. 植物保护 7 (1): 22.
- 徐汝梅、刘来福等 1981 变维矩阵模型在温室白粉虱种群动态模拟中的应用. 生态学报 1 (2): 147—158.
- 盛承发、丁岩钦等 1983 华北棉区药剂防治二代棉铃虫经济生态学效益分析. 生态学报 3 (1): 35—46.
- Liu Laifu, Xu Rumei 1983 Mathematical models and its sensitivity analysis of the population dynamics of insects with age structure and under varying conditions (e.g. temperature). *ISEM Journal* 4 (3—4): 73—85.
- Ruesink, W.R. 1976 Status of the system approach to pest management. *Ann. Rev. Entomol.* 21: 27—44.
- Watt, K.E.F. 1963 Dynamic programming, 'Look ahead programming', and the strategy of insect pest control. *Can. Entomol.* 95: 525—536.
- Watt, K.E.F. 1964 The use of mathematics and computers to determine optimal strategy and tactics for a given insect pest control problem. *Can. Entomol.* 96: 202—220.
- Watt, K.E.F. 1968 Ecology and Resource Management.
- Xu Rumei 1982 Population dynamics of *Trialeurodes vaporariorum* (greenhouse whitefly): some Comments on sampling techniques and prediction of population developments. *Zeit. ang. Ent.* 94 (5): 452—465.
- Xu Rumei 1983 Density effect on fecundity and mortality on greenhouse whitefly populations. *Bull. IOBC/WPRS* 1983/VI/3, 101—107.
- Xu Rumei, Zhu Quoren Zhang Zhili 1984 System approach to Greenhouse whitefly population dynamics and strategy for Greenhouse whitefly control in China. *Zeit. ang. Ent.* 97 (3): 305—313.

PRELIMINARY APPROACH TO THE OPTIMAL CONTROL OF GREENHOUSE WHITEFLIES (*TRIALEURODES* *VAPORARIORUM*) IN GREENHOUSES IN BEIJING

Xu Rumei Jiang Fan Zhang Yi Liu Laifu

Zhu Quoren

(Beijing Normal University)

(Chinese Academy of Agricultural Science)

1. Under different initial population densities, but under the same temperature, all population curves are similar. Only they differ in their levels.

Under different temperatures, but under the same initial population density, the population curves rise much more steeply under higher temperatures.

2. When comparing temperature with initial population density, temperature has much more influence on population developments.

3. Within the whole range of simulated temperatures, if only the initial population density can be well controlled, the whole growing season can be free of applying insecticides. Thus, breeding of "clean seedlings" and appropriate cultivation of crop varieties is the basis and clue of biological, chemical and integrated control of greenhouse whiteflies.

4. Under medium infestations, one spraying of pyrethrin or DDVP is sufficient, but costs more than smoking methods do because of more labour costs. Smoked DDVP costs less but one more application is required.

5. Under heavy infestations, spraying of pyrethrin can have the least number of application, the lowest cost and the least number of application within the fruit gathering period. Advanced spraying (if only once) have no significant effect.