

# 昆虫天敌作用的评价

庞雄飞 梁广文 曾 玲

(华南农学院)

## 摘 要

本文应用生命表及 Morris-Watt 数学模型作为分析害虫天敌作用的方法。

文内应用了  $M$ -值,即如果组份“ $i$ ”被除去,种群数量发展趋势指数“ $I'$ ”将比原有的种群数量发展趋势指数“ $I$ ”将增加 $M(s_i)$ 倍。根据1976—1981年稻纵卷叶螟第二代平均生命表的组份分析, $M$ -值表示出天敌起着控制种群数量的重要作用。按照推算,如果排除了捕食性天敌、寄生性天敌及病原,种群数量发展趋势指标将比原来的增长358.69倍,或这种害虫的第三代将比第二代种群数量增长31.78倍。

应用生命表方法及 Morris-Watt 数学模型分析,在对稻纵卷叶螟不同处理的试验中,广谱性杀虫剂(1.5% 1605 + 3% 666)在施用一天后或数天后引起高死亡率,但同时由于杀死天敌的副作用,其种群数量发展趋势指标比对照为高。散放松毛虫眼峰的处理中,引起不解的死亡百分率低于化学杀虫剂引起一龄幼虫的死亡。由于稻纵卷叶螟种群数量于卵期开始下降,相对来说,天敌的作用于幼虫期及蛹期增长了,种群数量增长趋势指标下降至0.067,表现出明显的好效果。

文内还讨论了植物抗虫性与天敌的关系,应用了简单的数学模型以估计植物的抗虫性指标。

关于害虫天敌作用的评价方法,DeBach和Huffaker (Huffaker,1971),Varley和Gradwell (Huffaker,1971),Hodek,Hagen和van Emden (van Emden,1972),van den Bosch和Messenger(1973)等曾经进行了综述。DeBach和Huffaker (1971)主要根据作者本人在引进天敌研究中的试验方法和结果进行概括;Varley和Gradwell (1971)则主要应用模型分析致死因子对密度的依赖关系以及应用生命表方法研究影响种群数量变化的关键因素等。在这些材料中,都指出了害虫天敌作用的评价是研究害虫种群生态中的一个重要问题。

为了进一步研究昆虫天敌作用的评价方法,我们进行了一些基础试验,根据试验结果,认为应用昆虫生命表数据进行系统分析,可以得出近乎实际的结论。

## 一、天敌对害虫种群数量抑制作用的估计

本试验于1976—1981年间在广东省阳江县海陵岛进行。试验的对象是早稻本田的稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee 的第二世代。应用昆虫生命表方法记录各虫期的存活率。与一般昆虫生命表不完全相同的是各虫期或各龄期中,先计算各虫期(或龄期)内被捕食后的存活率,再以被捕食后存活的基数统计被寄生后的存活率,随后,以被捕食及被寄生后的基数统计因病死亡后的存活率(表1)。这是符合实际情况的。例如卵期,被寄生卵同样可能被捕食,因而在总卵量减去被捕食的卵量后,余下的虫卵中统计被寄生率是比较合理的。此外,这样的统计方法可以把各虫期(龄期)的死亡因子排成序列,每一单元构成一个组份〔表1中共有各虫期(龄期)死亡因子组成的18个组份, $S_1-S_{18}$ 〕,进行组份分析

时比较容易得出各死亡因子所起的作用的结果。

在该试验中，稻纵卷叶螟第二世代发生于5月份至6月初，常年的气候条件适宜于这种害虫的生长发育，水稻处于本田的分蘖期，能够满足幼虫生长发育的营养需要。在这个世代，天敌起着重要的抑制作用。

在稻田内，稻纵卷叶螟的天敌见图2。

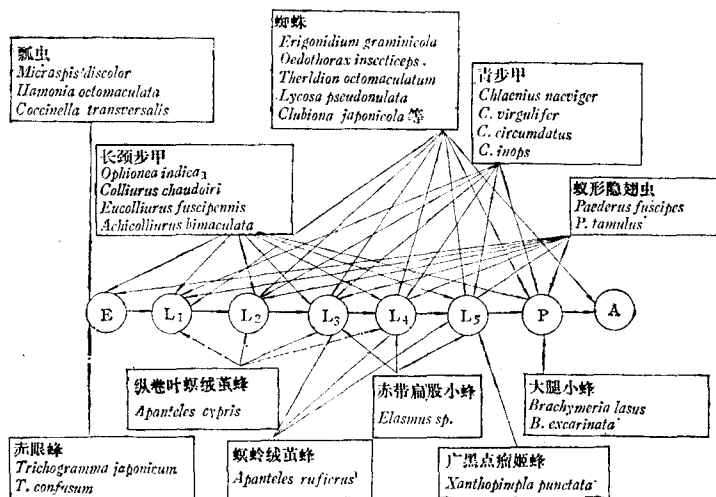


图1 稻纵卷叶螟的主要天敌

E——卵期；L<sub>1</sub>—L<sub>5</sub>——第一至五龄幼虫期；

P——蛹期；A——成虫期；→示侵害的虫期。

1976—1981年稻纵卷叶螟第二世代生命表及6年的平均生命表见表1。

为了分析天敌对稻纵卷叶螟第二世代种群数量的控制作用，在这里应用Morris(1963)及Watt(1961,1963)根据生命表数据所建立的数学模型。Morris-Watt 数学模型如下：

$$I = \frac{N_1}{N_0} = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdots S_n \cdot F \cdot P_F \cdot P_Q$$

其中：I 为种群数量发展趋势指标；

N<sub>0</sub> 为当代数量；

N<sub>1</sub> 为下代数量；

S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, ..., S<sub>n</sub> 为各期存活率；

F 为指定的标准卵量；

P<sub>F</sub> 为达到标准卵量的百分率；

P<sub>Q</sub> 为雌虫占成虫总数的百分率。

在该模型中，S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, ..., S<sub>n</sub>, F, P<sub>F</sub>, P<sub>Q</sub> 为种群数量发展趋势指标 I 值组成的成分（组份），除指定的标准卵量 F 外，其他每一组份的变化都会引起 I 值的变化。

假设在各组份中，其中一个组份没有引起死亡，其存活率为1。例如，如果 S<sub>1</sub> = 1，则原来的 I 值将改变为 I<sub>(s1)</sub>：

$$I_{(s1)} = 1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdots S_n \cdot F \cdot P_F \cdot P_Q$$

$$\frac{I(s_1)}{I} = \frac{1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdots S_n \cdot F \cdot P_F \cdot P_Q}{S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdots S_n \cdot F \cdot P_F \cdot P_Q} = \frac{1}{S_1}$$

由此, 任一组份  $S_i = 1$  时,  $I$  值将改变为  $I(s_i)$ ,  $I(s_i) = \frac{1}{S_i}$ 。

设:  $M(s_i) = \frac{I(s_i)}{I}$

则:  $M(s_i) = \frac{1}{S_i}$

$M(s_i)$  的含义为: 如果排除组份  $S_i$  所引起的死亡, 即  $S_i = 1$ , 下一世代的种群数量发展趋势指标  $I(s_i)$  将比原来的  $I$  增长  $M(s_i)$  倍。应用  $M(s_i)$  值的指标, 可以估计各组份对种群数量的控制作用。

表 1 稻纵卷叶螟 1976—1981 年第二世代生命表

(庞雄飞等, 1981)

| 虫期     | 致死因子     | 各 期 存 活 率 $S(\%)$ |        |        |        |        |        |        |        |
|--------|----------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|        |          | 符号                | 1976年  | 1977年  | 1978年  | 1979年  | 1980年  | 1981年  | 平均     |
| 卵      | 捕食       | $S_1$             | 54.00  | 34.60  | 63.62  | 28.35  | 50.10  | 31.57  | 43.71  |
|        | 寄生       | $S_2$             | 66.00  | 94.20  | 93.33  | 98.92  | 85.71  | 100.00 | 89.69  |
|        | 不孵       | $S_3$             | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 88.59  | 95.75  | 79.83  | 94.03  |
| 幼虫     | 一龄 捕食及其他 | $S_4$             | 88.00  | 19.10  | 62.23  | 10.42  | 15.52  | 49.00  | 40.71  |
|        | 一龄 寄生    | $S_5$             | 100.00 | 95.30  | 98.21  | 90.00  | 96.30  | 81.63  | 93.57  |
|        | 二龄 捕食及其他 | $S_6$             | 94.00  | 45.50  | 54.45  | 50.00  | 28.08  | 49.00  | 53.50  |
|        | 二龄 寄生    | $S_7$             | 60.52  | 87.30  | 65.31  | 80.00  | 87.80  | 96.75  | 76.28  |
|        | 三龄 捕食及其他 | $S_8$             | 89.46  | 51.50  | 58.99  | 60.00  | 45.12  | 66.00  | 61.83  |
|        | 三龄 寄生    | $S_9$             | 27.07  | 82.90  | 84.91  | 79.17  | 78.38  | 90.91  | 73.89  |
|        | 三龄 死亡    | $S_{10}$          | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 97.37  | 100.00 | 100.00 | 99.56  |
|        | 四龄 捕食及其他 | $S_{11}$          | 95.00  | 69.50  | 58.75  | 43.75  | 34.15  | 58.00  | 59.86  |
|        | 四龄 寄生    | $S_{12}$          | 88.63  | 66.67  | 80.84  | 48.57  | 82.14  | 85.48  | 75.72  |
|        | 五龄 捕食及其他 | $S_{13}$          | 94.06  | 63.33  | 47.78  | 22.23  | 34.62  | 56.00  | 53.00  |
|        | 五龄 寄生    | $S_{14}$          | 76.00  | 70.00  | 90.70  | 70.00  | 65.56  | 83.93  | 74.36  |
|        | 五龄 死亡    | $S_{15}$          | 100.00 | 100.00 | 93.00  | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 98.83  |
| 蛹      | 捕食       | $S_{16}$          | 92.07  | 75.20  | 73.44  | 37.50  | 64.23  | 60.00  | 67.06  |
|        | 寄生       | $S_{17}$          | 76.40  | 86.40  | 79.66  | 56.67  | 54.55  | 85.00  | 73.11  |
|        | 死亡       | $S_{18}$          | 100.00 | 100.00 | 77.05  | 100.00 | 92.05  | 90.00  | 93.18  |
| 成虫     | 雌虫比率     | $P_Q$             | 50.00  | 50.00  | 50.00  | 50.00  | 50.00  | 50.00  | 50.00  |
|        | 达标准卵量百分率 | $P_F$             | 37.00  | 32.50  | 45.50  | 46.40  | 45.85  | 45.20  | 42.01  |
| 种群趋势指数 |          | $I$               | 0.7636 | 0.0388 | 0.2532 | 0.0040 | 0.0036 | 0.1243 | 0.0886 |

注: (1) “各期存活率  $S$ ”指各致死因子作用后的存活率。

(2) 标准卵量  $F = 200$  粒/ $P_Q$ , 达标准卵量百分率 =  $\frac{\text{实测平均卵量}}{F} \times 100\%$ 。

(3) 调查地点、日期: 广东省阳江县海陵 1976—1981 年 5 月。

表 1 中稻纵卷叶螟 1976—1981 年第二世代平均生命表的数据计算  $M(s_i)$  值的结果表述于后 (表 2)。

表 2 各组份的  $M(s_i)$  值表 (据表 1 资料整理)

(庞雄飞等, 1981)

| 虫 期    |          | 致死因子  | $M(s_i) = 1/S_i$ |      |
|--------|----------|-------|------------------|------|
| 幼<br>虫 | 卵        | 捕 食   | $M(s_1)$         | 2.29 |
|        |          | 寄 生   | $M(s_2)$         | 1.11 |
|        |          | 不 孵   | $M(s_3)$         | 1.06 |
|        | 一<br>龄   | 捕食及其他 | $M(s_4)$         | 2.46 |
|        |          | 寄 生   | $M(s_5)$         | 1.07 |
|        | 二<br>龄   | 捕食及其他 | $M(s_6)$         | 1.87 |
|        |          | 寄 生   | $M(s_7)$         | 1.31 |
|        | 三<br>龄   | 捕食及其他 | $M(s_8)$         | 1.62 |
|        |          | 寄 生   | $M(s_9)$         | 1.35 |
|        |          | 病 亡   | $M(s_{10})$      | 1.00 |
|        | 四<br>龄   | 捕食及其他 | $M(s_{11})$      | 1.67 |
|        |          | 寄 生   | $M(s_{12})$      | 1.32 |
|        | 五<br>龄   | 捕食及其他 | $M(s_{13})$      | 1.89 |
|        |          | 寄 生   | $M(s_{14})$      | 1.34 |
|        |          | 病 亡   | $M(s_{15})$      | 1.01 |
|        | 蛹        | 捕食及其他 | $M(s_{16})$      | 1.49 |
|        |          | 寄 生   | $M(s_{17})$      | 1.37 |
|        |          | 病 亡   | $M(s_{18})$      | 1.07 |
| 成<br>虫 | 雌虫比率     |       | —                | —    |
|        | 达标准卵量百分率 |       | —                | —    |

在表 2 中,  $S_{19}$ , 达到标准卵量的百分率  $P_F$ , 受到指定的标准卵量  $F$  的影响, 因而在分析天敌作用时不参与  $M(s_i)$  值的比较。

从表 2 可见, 在  $M(s_i)$  值中, 以一龄幼虫被“捕食及其他”原因引起的组份的最大 ( $M(s_4) = 2.46$ ), 如果没有该项死亡因子, 其种群数量发展趋势指标  $I(s_4)$  将比原来的  $I$  增加 2.46 倍。其余依次为卵期的被捕食 [ $M(s_1) = 22.9$ ], 五龄、二龄、三龄由于被“捕食及其他”原因引起死亡的组份 [ $M(s_{13}) = 1.89$ ,  $M(s_6) = 1.87$ ,  $M(s_{11}) = 1.67$ ,  $M(s_8) = 1.62$ ]。在寄生性天敌中, 纵卷叶螟绒茧蜂 *Apanteles cypris* Nixon 引起一龄、二龄、三龄幼虫死亡, 如果把这三个龄期被寄生而引起死亡的组份合计, 则:

$$M(s_5) \cdot M(s_7) \cdot M(s_9) = (1.07)(1.31)(1.35) = 1.89$$

由此看来, 纵卷叶螟绒茧蜂也属于影响明显的一个致死因子。

在各项死亡因子中, 1976—1981 年 6 年来, 因病死亡仅见于三龄、五龄幼虫及蛹期, 这几个组份的  $M(s_i)$  值总和为:

$$M(s_{10}) \cdot M(s_{15}) \cdot M(s_{18}) = (1.00)(1.01)(1.07) = 1.08$$

因而可以认为, 因病死亡的影响并不显著。

由于寄生引起死亡的组份涉及各个虫期, 其 $M(s_i)$ 值的总和为:

$$M(s_2) \cdot M(s_5) \cdot M(s_7) \cdot M(s_9) \cdot M(s_{12}) \cdot M(s_{14}) \cdot M(s_{17}) \\ = (1.11)(1.07)(1.31)(1.35)(1.32)(1.34)(1.37) = 5.09$$

即, 如果排除了寄生性天敌的作用, 其种群数量发展趋势指标将比原来的增加5.09倍。由此可见寄生性天敌(寄生蜂)在本试验中所起的作用是明显的。

如果把卵期和蛹期的被“捕食”及幼虫期被“捕食及其他”引起死亡的各项 $M(s_i)$ 值总计, 则:

$$M(s_1) \cdot M(s_4) \cdot M(s_6) \cdot M(s_8) \cdot M(s_{11}) \cdot M(s_{13}) \cdot M(s_{16}) \\ = (2.29)(2.46)(1.87)(1.62)(1.67)(1.89)(1.49) = 80.26$$

幼虫期的“捕食及其他”的致死因子包括被捕食致死和自然死亡两部份。在不同品种对稻纵卷叶螟的抗性比较试验中(庞雄飞等, 1981), 在本试验的地点、品种及同次世代的自然死亡为13%, 因而幼虫自然死亡的 $M' = \frac{1}{0.87} = 1.23$ , 由于捕食性天敌引起死亡的 $M(s_i)$ 值

应校正为 $\frac{80.26}{1.23} = 65.25$ 。即, 如果没有捕食性天敌的作用, 其种群数量发展趋势指标将比原来的增长65.25倍。

在该试验中, 1976—1981年第二世代稻纵卷叶螟的平均种群数量发展趋势指标为 $I = 0.0886$ , 在这6年中, 第三世代数量比第二世代的明显下降。假如没有天敌的作用, 则其 $M''$ 值将为:

$$M'' = (1.08)(5.09)(65.25) = 358.7$$

其 $I''$ 值也将从原来的 $I$ 值改变为:

$$I'' = M''I = (358.7)(0.0886) = 31.78$$

即, 假如没有天敌的作用, 第三世代将比第二世代增长31.78倍。

上面的分析有助于了解天敌对害虫种群数量的抑制作用。

## 二、广谱性杀虫剂和散放赤眼蜂对害虫种群数量作用的评价

害虫基本属于生态对策(Bioromic stratergies)中的r-对策者(r-strategists, MacArther and Wilson, 1967), 是以其高生殖率抵消幼期的高死亡率的动物类群, 在生长发育过程中不可避免地大量死亡。死亡的原因是多种多样的。天敌往往是其中一个重要的致死因子。各项防治措施的效果评价也应结合这个基本情况。目前正在推行害虫综合管理。害虫综合管理所采取的措施, 应该看成是在害虫大量死亡的基础上再加进去的一个致死因子。这个致死因子不但要求及时地解除为害的威胁, 同样还应对下一世代的增长趋势的下降起作用。

昆虫生命表方法提供了估计害虫种群数量发展趋势的途径。这对选择害虫管理的最优方案有很大的帮助。

选择性的杀虫剂和选择性的施用方法、害虫天敌的助长等是害虫综合管理中的重要组成部分(Huffaker and Messenger, 1976)。这两项措施的评价同样应该与天敌的作用结合起

来。

在这里引述一个应用不同措施防治稻纵卷叶螟的简单试验（庞雄飞，1979）作为实例进行讨论。

该试验分为三个处理。第一个处理应用甲氯粉（1.5%甲基1605加3%666混合粉剂），每亩1斤，于一龄幼虫期喷撒，连片面积15亩；第二个处理散放松毛虫赤眼蜂 *Trichogramma dendrolimi* Matsumura，于卵期散放，连片面积200亩左右；第三个处理为对照，应用同品种的、植期相似的、同一田块的15块稻田取样调查的结果。各处理分别按昆虫生命表进行记录，除记录采取措施后的死亡率外，还记录了各虫期的存活率。得出的结果见表3。

表3 不同措施防治稻纵卷叶螟后死亡情况的系统调查

（庞雄飞，1979）

| 虫 期                    |      | 致 死 因 子   | 施 药 区             |                   | 放 蜂 区             |                   | 对 照 区             |                   |
|------------------------|------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                        |      |           | 各 期<br>死亡率<br>(%) | 各 期<br>存活率<br>(%) | 各 期<br>死亡率<br>(%) | 各 期<br>存活率<br>(%) | 各 期<br>死亡率<br>(%) | 各 期<br>存活率<br>(%) |
| 卵                      |      | 捕食及其他     | 46                | 54                | 46                | 54                | 46                | 54                |
|                        |      | 寄生（放蜂区放蜂） | 34                | 66                | 86                | 14                | 34                | 66                |
| 幼<br><br><br><br><br>虫 | 一 龄  | 捕食及其他     | 90                | 10                | 24                | 76                | 12                | 88                |
|                        |      | （施药区施药）   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
|                        | 二、三龄 | 捕食及其他     | 2                 | 98                | 24                | 76                | 12                | 88                |
|                        |      | 寄 生       | 6.33              | 93.67             | 86                | 14                | 84.33             | 15.67             |
|                        | 四、五龄 | 捕食及其他     | 3                 | 97                | 24                | 76                | 10                | 90                |
|                        |      | 寄 生       | 7                 | 93                | 36                | 64                | 24                | 76                |
| 预 蛹                    |      | 寄 生       | 0                 | 100               | 2                 | 98                | 1                 | 99                |
| 蛹                      |      | 捕 食       | 4                 | 96                | 14                | 86                | 7                 | 93                |
|                        |      | 寄 生       | 9.6               | 90.4              | 36.4              | 63.6              | 23.6              | 76.4              |
| 成 虫                    |      | 雌虫比率      | —                 | 57.14             | —                 | 57.14             | —                 | 57.14             |
|                        |      | 达标准卵量百分率* | —                 | 37                | —                 | 37                | —                 | 37                |

\* 每雌平均产卵量为74粒，标准卵量指定为200粒，达卵量标准百分率 =  $\frac{74}{200} \times 100\% = 37\%$

据表3的材料，可以进行下面的分析。

首先，按照一般常用的方法，采用校正死亡率表示不同措施的效果，则：

$$\text{施药区的校正死亡率} = \frac{0.90 - 0.12}{1 - 0.12} = 88.64\%$$

$$\text{蜂放区的校正死亡率} = \frac{0.86 - 0.34}{1 - 0.34} = 78.79\%$$

应用这个方法得出的计算结果，表示施药区的效果比放蜂区的较好。然而这样的比较是不恰当的。

“甲氯粉”是典型的广谱性杀虫剂。666属于广谱性杀虫剂，1605也属于广谱性杀虫剂，两者混合，杀虫范围更广。在这个试验中，甲氯粉不但杀死稻纵卷叶螟，同时也会大量

杀死稻田的各种天敌。特别是寄生于二、三龄幼虫的纵卷叶螟绒茧蜂,施药时正是成虫期,对这种杀虫剂甚为敏感。在对照中,纵卷叶螟绒茧蜂的寄生率达 84.33%,施药区的仅为 6.33%,这是施药区表现出来的不良后果。施药区的校正死亡率并没有反映出由于杀死天敌而带来的后果。散放赤眼蜂在放蜂区中减低了害虫的密度,各种天敌并未因散放赤眼蜂而随即下降,反而提高了天敌与害虫数量的比值,自一龄幼虫期开始,寄生率及捕食率都稍有提高。放蜂区的校正死亡率也未能反映出这个特点。这是校正死亡率表示防治效果时不够全面的地方。

应用昆虫生命表方法进行系统分析,可以依据昆虫生命表中各虫期存活率的乘积计算出各虫期的残存虫数百分率。例如在表3中,对照区进入四龄幼虫的残存虫数百分率计算如下:

$$(0.54)(0.66)(0.88)(0.88)(0.1567) = 0.04325$$

由此可以计算进入各虫期残存虫数百分率,用以比较不同处理的效果(表4)。

表 4 不同措施防治稻纵卷叶螟的效果比较 (据表 3 材料整理)

| 处 理        | 施 药 区 | 放 蜂 区 | 对 照 区  |
|------------|-------|-------|--------|
| 进入二龄的残存虫%  | 3.564 | 5.746 | 31.363 |
| 进入四龄的残存虫%  | 2.272 | 0.611 | 4.325  |
| 进入成虫的残存虫%  | 2.56  | 0.159 | 2.08   |
| 种群趋势指数 $I$ | 1.08  | 0.067 | 0.88   |

从表 4 看来,进入二龄幼虫期的残存虫数百分率以施药区最低,放蜂区也比对照区的明显下降。进入四龄幼虫期的残存虫数百分率则以放蜂区最低,仅有 0.611%,而施药区的 3.272%与对照区的 4.325%差异不大。进入成虫期的残存虫数百分率以放蜂区的最低,施药区的反而比对照区的稍高。最后,种群数量发展趋势指标,即下一世代的预期增长倍数,以放蜂区的最低。仅为 0.067,即下一世代的预期数量仅为当代的 6.7%,取得了控制下一世代数量的良好效果;对照区的为 0.88,即下一世代的预期数量将为当代的 88%;施药区的最高,达 1.08,即下一世代的预期数量将保持当代的水平。

上述的分析没有把成虫的生境转移或迁飞的可能性估计进去。但说明了在天敌作用比较明显的情况下,使用广谱性杀虫剂,既杀死害虫,也杀死害虫的天敌。如果杀死害虫相对较少,杀死天敌相对较多,将会出现害虫再猖獗的问题。上述的分析也说明,应该对天敌的助长的作用给予恰当的评价,使这项措施得到应有的重视,加强研究,在害虫综合管理中发挥作用。

### 三、作物抗虫性与天敌的作用

在作物生态系统中,提高品种的抗虫性也是在害虫大量死亡的基础上加入的一个致死因子。这个致死因子不像广谱性杀虫剂那样对天敌发生影响,而是与天敌的作用一起协同地控制害虫种群的数量。一些抗虫品种不仅提高害虫的死亡率,而且还会降低其生殖率,从而在一定程度上强化天敌的作用。在充分估计天敌的作用的基础上评价品种的抗虫性的应用价值,将会有利于制订作物抗虫性的选育种指标。

作物对害虫的高抗性品系往往存在,但在选种、育种工作中要求获得同时具有高抗、优质、高产的品种往往是比较困难的。实际上利用作物抗虫性取得防治害虫成功的例子不少。

在这些成功例子中所采取的品种不一定是高抗品种, 有时即使采用比原来栽培的品种的抗虫性稍有提高, 也可能在害虫种群数量控制上起重要的作用。Van Emden和Wearing (1965) 曾经对中抗性品种的作用进行了分析。原来的紫苜蓿在仅有害虫苜蓿采斑蚜 *Theriacaphis maculata* (Buckton) 而没有害虫天敌时, 害虫种群数量迅速达到经济阈限而带来被害损失; 在有天敌作用下, 害虫种群数量的增长减缓, 达到经济阈限的时间稍有延迟, 但仍未能免除为害的威胁。中抗性品种 (比原有品种抗虫性稍有提高的品种) 在仅有害虫而没有害虫天敌时, 较在同样条件下原来的品种上较迟达到经济阈限, 也未能免除为害; 中抗性品种与天敌的共同作用下, 害虫种群数量受到双重限制因子的作用, 在紫苜蓿的生长期, 苜蓿采斑蚜的种群数量不能达到经济阈限, 从而解除了这种害虫为害的威胁。Van Emden 和 Wearing (1965) 所提出的上述分析, 对抗虫性的评价起着推动的作用。

我们曾经在不同抗性的水稻品种上研究黑肩绿盲蝽 *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter 对褐稻虱 *Nilaparvata lugens* (Stal) 种群数量的影响。供试的水稻品种有 TN<sub>1</sub> 和 Triveni, TN<sub>1</sub> 对褐稻虱的抗性等级属于敏感级。Triveni 属于中抗级。黑肩绿盲蝽是褐稻虱的天敌, 若虫及成虫均吸食褐稻虱卵。试验在透明的有机玻璃养虫笼内进行, 当水稻处于孕穗期时, 按不同处理分别按不同数量比例接入黑肩绿盲蝽和褐稻虱 (均为刚羽化的成虫), 饲养观察褐稻虱一个世代, 即试验延续至褐稻虱下一世代的成虫期, 根据观察的结果计算出不同处理 (每处理 3 个重复) 中种群数量发展趋势指标 (*I*)。得到的结果见表 5。

表 5 在不同水稻品种上黑肩绿盲蝽与褐稻虱的不同数量比例对褐稻虱种群数量发展趋势的影响

(广州石牌, 1981)

| 黑肩绿盲蝽 (对) / 褐稻虱 (对) | 不同品种上褐稻虱种群趋势指标 ( <i>I</i> )* |         |
|---------------------|------------------------------|---------|
|                     | TN <sub>1</sub>              | Triveni |
| 0.0                 | 12.0                         | 6.7     |
| 0.2                 | 8.9                          | 4.7     |
| 0.6                 | 7.0                          | 2.6     |
| 1.0                 | 4.4                          | 1.2     |
| 1.4                 | 0.6                          | 0.3     |
| 2.0                 | 0.1                          | 0.06    |

$$* I = \frac{\text{次代刚羽化成虫数 (头)}}{\text{当代刚羽化成虫数 (头)}}$$

表 5 的数据说明, 在黑肩绿盲蝽与褐稻虱的数量比例相同的条件下, 褐稻虱在中抗品种 Triveni 上的种群数量发展趋势指标显著低于感虫品种 TN<sub>1</sub> 上的种群数量发展趋势指标。当黑肩绿盲蝽与褐稻虱的数量比例趋近于 1 时, 在中抗品种 Triveni 上褐稻虱的种群数量发展趋势亦趋近于 1 ( $I=1.2$ ); 但在感虫品种 TN<sub>1</sub> 上, 褐稻虱的种群数量发展趋势指标却为 4.4 ( $I=4.4$ )。

据表 5 的数据, 黑肩绿盲蝽的数量比例 (*R*) 与褐稻虱种群数量发展趋势指标 (*I*) 的关系, 可配合成图 2 的指数曲线及下面的指数方程。

在感虫品种 TN<sub>1</sub> 上:

$$I_{(TN_1)} = \exp(2.9506 - 2.3882R)$$

在中抗品种 Triveni 上:

$$I_{(\text{Triveni})} = \exp(2.1426 - 2.3626R)$$

在水稻品种  $\text{TN}_1$  上, 当  $I_{(\text{TN}_1)} = 1$  时;  $R = 1.23$ ; 在中抗品种  $\text{Triveni}$  上, 当  $I_{(\text{Triveni})} = 1$  时;  $R = 0.91$ 。由此可见, 如果要求控制害虫种群数量在经济阈限以下, 当品种的抗虫性较高时, 要求天敌的作用可以低一些; 当品种的抗虫性较低时, 要求天敌的作用高一些。同样, 当天敌的作用较低时, 对品种的抗虫性要求高一些; 当天敌的作用较高时, 对品种抗虫性的要求可以低一些。天敌 (和其他自然致死因子) 的作用与品种的抗虫性相配合, 如能使害虫的种群数量发展趋势下降至一定水平, 这样的品种抗虫性也就有可能解决害虫的种群数量控制问题。

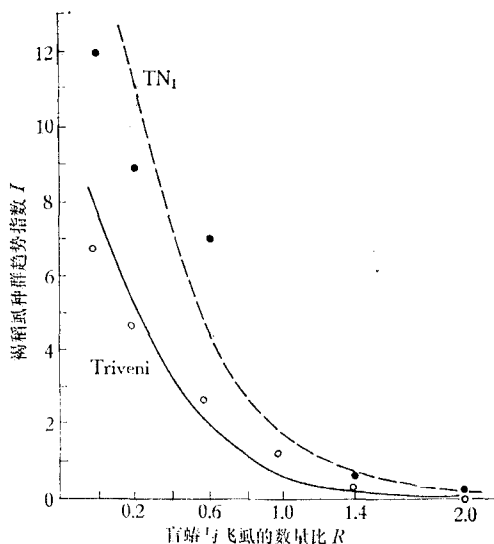


图2 黑肩绿盲蝽与褐稻虱的数量比对褐稻虱种群数量发展趋势的影响

实线: 水稻品种  $\text{Triveni}$ ;

虚线: 水稻品种  $\text{TN}_1$ 。

在抗虫品种选育中, 要求提出一个抗虫性指标。这个抗性指标应该充分估计天敌和其他致死因子的作用。我们建议, 依据上面的基本分析, 按照如下的步骤, 建立抗虫性指标的简单模型。

- 1) 求取达到经济阈限的害虫数量指标  $\hat{N}$ ;
- 2) 调查当地为害前一代的害虫基数  $N_0$ ;
- 3) 通过大田调查, 求取当地作物品种上害虫的数量发展趋势  $I'_{(f)}$ ;

$$I'_{(f)} = S \cdot F \cdot P_F \cdot P_Q \quad (\text{其中 } S = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdots S_n)$$

- 4) 通过比较试验, 求取当地作物品种与待测的抗虫性品种的害虫种群数量发展趋势指标  $I'$  及  $I''$ , 其差异:

$$I' = S' \cdot F \cdot P_F' \cdot P_Q'$$

$$I'' = S'' \cdot F \cdot P_F'' \cdot P_Q''$$

$$S' - S'' = a \quad (\text{存活率下降 } a)$$

$$P_F' \cdot P_Q' - P_F'' \cdot P_Q'' = f \quad (\text{生殖率下降 } f)$$

- 5) 估计待测的抗虫性品种代替当地品种在大田栽培后害虫种群数量发展趋势指标

$I''_{(f)}$  的变化:

$$I''_{(f)} = (S - a) \cdot F \cdot (P_F \cdot P_Q - f)$$

$I'_{(f)}$  与  $I''_{(f)}$  的关系:

$$\frac{I''_{(f)}}{I'_{(f)}} = \frac{(S - a) \cdot F \cdot (P_F \cdot P_Q - f)}{S \cdot F \cdot P_F \cdot P_Q}$$

$$I''_{(f)} = I'_{(f)} \left(1 - \frac{a}{S}\right) \left(1 - \frac{f}{P_F P_Q}\right)$$

6) 估计抗虫性指标  $K$

$$K = I''_{(f)} \cdot N_0 = I'_{(f)} \cdot \left(1 - \frac{a}{S}\right) \left(1 - \frac{f}{P_F P_Q}\right) \cdot N_0$$

当  $KC \leq \hat{N}$  时 ( $C$  为安全系数),

则  $K$  可作为抗虫性的指标。

#### 四、结 语

多年以来, 普遍应用死亡百分率来校正死亡率评价杀虫剂对害虫的防治效果。不仅应用于比较不同杀虫剂在害虫防治上的应用价值, 也应用于比较其他防治措施(如散放赤眼蜂等)的应用价值。实际上, 害虫死亡百分率或其对照死亡百分率仅能表达采取措施后短暂时期内直接引起死亡的情况, 并未表达这些措施对生态系统内与害虫密切相关的其他因素的影响。

本文应用昆虫生命表方法和 Morris-Watt 数学模型, 引述了一些资料, 进行了一些试验, 讨论了天敌对害虫种群数量抑制作用, 天敌的助长及杀虫剂作用的评价, 作物抗虫性与天敌的联合作用等问题, 目的在于提出正确评价各项害虫防治措施的实际效果的重要性, 希望引起有关方面的重视和研究, 以促进害虫综合管理策略的进一步发展。

#### 参 考 文 献

- 庞雄飞 1979 害虫种群数量控制和防治效果的评价问题。广东农业科学(4):36—40。
- 庞雄飞、侯任环、梁广文、李哲怀 1981 稻纵卷叶螟防治策略的探讨(一)——稻纵卷叶螟生命表及其主要死亡因子分析。华南农学院学报 2(4):71—84。
- 庞雄飞、梁广文 1982 稻纵卷叶螟防治策略的探讨(二)——几种重要的生态因子与种群数量的关系及海陵第二世代种群动态模拟。华南农学院学报 3(2):13—27。
- Huffaker, C.B. 1971 Biological Control, Plenum Press, New York.
- Huffaker, C.B. and P.S. Messenger 1976 Theory and Practice of Biological Control, Academic Press, New York-San Francisco-London.
- MacArthur, R.H. and E.O. Wilson 1967 The Theory of Island Biogeography, Princeton Univ. Press, Princeton.
- Morris R.F. 1963 Predictive Population Equation Based on Key Factors, Mem. Ent. Soc. Can., 32:16—21.
- van den Bosch, R. and P.S. Messenger 1973 Biological Control, Intext Press, Inc.
- van Emden, H.F. 1972 Aphid Technology, Academic Press, London New York.
- van Emden, H.F. and C.H. Wearing 1965 The Role of the Aphid Host Plant in Delaying Economic

- Damage Levels in Crops. *Ann. Appl. Biology*. 65 (2):323—324.
- Watt, K.E.F. 1961 Mathematical Models for Use in Insect Pest Control. *Can. Entomol. Suppl.* 19:62.
- Watt, K.E.F. 1963 Mathematical Population Models for Five Agricultural Crop Pests. *Can. Ent. Soc. Mem.* 32:83—91.

## EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF NATURAL ENEMIES

Pang Xiongfei    Liang Guangwen    Zeng Ling  
(South China Agricultural College)

The life table and Morris-Watt mathematical model were used as the methods to analysis the effectiveness of natural enemies of pest insects.

Used in this paper is the  $M$ -value that if the component " $i$ " were absent, the index of population trend " $I$ " would increase—by  $M_{(si)}$  times as compared with original index of population trend " $I$ ". According to the component analysis of the 1976—1981 year's average life table of the 2nd generation of *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee, the  $M$ -value showed that the natural enemies were playing an important role in controlling the population size. Theoretically, in the absence of all predators, parasites and diseases the index of population trend would have increased to 358.69 times against the original, or the population size of the 3rd generation would have been 31.78 times than that of the 2nd generation of this pest insect.

By means of the life table and the Morris-Watt mathematical model analysis the studies of various treatments on *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee showed that, a high percentage of mortality in the first larva stage was given by the wide-spectrum insecticides (1.5%E1605+3% BHC) after a day or a few days. But, at the same time, because of the side-effect on the natural enemies, the index of population trend was higher than that of the control. In the treatment of the *Trichogramma dendrolimi* Matsumura the mortality in the egg stage was lower than that in the first larva stage by the chemical insecticides. Because the population size of *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee decreased from egg stage, the effects of natural enemies of the larvae and pupae were increased comparatively, and the index of population trend was decreased to 0.067. It showed an evidently good result in this treatment.

This paper also deals with the relationship between the plant resistance and the natural enemies of pest insects. A simple mathematical model to estimate the index of plant resistance against the pest insects is used in it.