

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

庞雄飞 侯任环 梁广文 李哲怀

(植保系)

提 要

本文应用昆虫生命表方法在阳江县海陵岛研究稻纵卷叶螟种群数量动态问题。试验自1976年开始,至1981年积累了6年第二代稻纵卷叶螟生命表的数据。通过生命表的组份分析,说明了海陵岛于1976—1981年间贯彻执行的综合防治措施是合理的,是6年来第三世代以后不致达到为害水平的重要原因;说明了天敌对第二代稻纵卷叶螟种群数量起着重要的抑制作用;通过分析,找出了对稻纵卷叶螟第二代种群数量起主要作用的因素和对种群数量起关键作用的因素。该项研究为进一步建立海陵岛第二代稻纵卷叶螟为害期的数量预测和第三世代卵期的数量预测模型提供基础。关于数量预测模型将在下文介绍。

稻纵卷叶螟*Cnaphalocrocis medinalis* Guenee于60年代以前仅有时在高肥高密度的田块中小面积为害。60年代后期开始列入我国重要的害虫之一。我们推测这种害虫从次要地位上升为主要害虫的原因,与不合理地滥用广谱性的杀虫剂有关。由于应用广谱性的杀虫剂在杀死害虫的同时,也大量杀死害虫的天敌。当天敌的死亡相对较多,害虫死亡相对较少时,可能造成稻纵卷叶螟种群数量增加的有利条件。为了证实这个推测,自1970年开始,我们连续进行了一些试验,目的在于探讨其防治对策,使这种害虫的种群数量重新受到自然天敌的控制,消除为害的威胁。

1970—1975年在湛江地区开展了利用赤眼蜂防治稻纵卷叶螟的大面积试验,取得了较好的效果^[2]。同时进行稻纵卷叶螟天敌种类的调查,证实了稻纵卷叶螟天敌种类比较多,大面积散放赤眼蜂,助长天敌的数量和作用,可以抑制稻纵卷叶螟的数量发展趋势。这个阶段的工作为开展水稻害虫综合防治打下基础。1976—1981年以广东省阳江县海陵岛为基点,开展水稻害虫综合防治的基础研究,以期进一步阐明天敌对水稻害虫种群数量的自然控制作用,在全岛约二万五千亩稻田范围内实行以保护天敌为中心的除虫

技术改革^[1],强调保护天敌在水稻害虫综合防治的重要作用^[2],取得了防治水稻害虫的良好效果。对稻纵卷叶螟来说,1970—1975年,每年防治面积达稻田总面积的50%左右,贯彻综合防治措施后,1976年的防治面积仅为总面积的1%,1977年不必防治,1978年防治面积为8%,1979年为2%,1980年为5%,1981年不必防治。实验证明,1976—1981年在海陵岛实施的综合防治策略是合理的。为了从理论上探讨这个问题,我们把历年来有关稻纵卷叶螟的试验结果分别专题整理发表,提供进一步讨论研究参考。

本文着重整理1976—1981年稻纵卷叶螟第二代生命表的基本数据及其分析。自Morris等^[3]引用生命表方法研究昆虫自然种群以来,昆虫生命表方法取得了迅速发展^[8],并认为这个方法是研究昆虫种群动态的重要手段^[7]。我们引用这个方法研究综合防治措施的效果,分析引起稻纵卷叶螟种群死亡的重要原因和天敌的作用等问题。稻纵卷叶螟生命表的数据也是讨论其他几个问题的基础。

调查方法

为了取得稻纵卷叶螟生命表的基本数据,我们应用下面的调查方法。

(一) 卵期调查 在前一世代成虫盛发期间,自稻田用纱笼捕集成虫,盖于盆栽的水稻上,让其夜间在稻株上产卵,晨早将带卵的稻株在每一田块内按五点取样的相应位置移入稻田内,移放前把每一样本点的卵数清点记录,每点的卵数不超过30粒(超过的除去)。该带卵的稻株于孵化前取回,清点其残留卵数,并继续把稻株盆栽,三天后调查保留下来的虫卵被寄生率。

在稻田内稻纵卷叶螟卵常被长颈步甲〔包括印度长颈步甲 *Ophionea indica* Thunberg, 黑尾长颈步甲 *Colliurus chaudiroi* Boh. 黄尾长颈步甲 *Eucolliurus fuscipennis* (Chaudiroi) 和双斑长颈步甲 *Archicolliuris bimaculata* (Redtenbacher)〕, 蚁形隐翅虫〔包括青翅蚁形隐翅虫 *Paederus fuscipes* Curtis 和黑足蚁形隐翅虫 *Paederus tamulus* Erichson〕和瓢虫〔稻红瓢虫 *Micraspis discolor* (Fabricius), 八斑和瓢虫 *Harmonia octomaculata* (Fabricius), 狭臀瓢虫 *Coccinella transversalis* Fabricius〕所捕食,捕食后常残留卵壳的底面。我们把确认被捕食的和散失而原因不明的卵数列入卵期内“被捕食及其他”原因引起的死亡项目之中,计算该期的存活率。

稻纵卷叶螟卵的主要寄生蜂为稻螟赤眼蜂 *Trichogramma japonicum* Ashmead 及拟澳洲赤眼蜂 *Trichogramma confusum* Viggiani, 卵被寄生的后期呈黑褐色,赤眼蜂羽化后留下黑色的卵壳,其上有近于圆形的羽化孔,正常孵化出幼虫的卵壳透明,孵化孔位于前端。因而两者容易区别开来,分别统计被寄生卵及不孵化卵的百分率,列入卵期内“被寄生”及“不孵”的死亡项目内,计算该期的存活率。

由于稻田内被寄生的虫卵同样可能被捕食性天敌所捕食,因而统计被寄生百分率时,以采回的卵数作为基数;统计不孵卵的百分率时,则以采回的卵数减去被寄生卵数后的卵数为基数计算。这将有利于在生命表中把每一死亡因素作为一个组份进行系统分析。

(二) 幼虫期调查 在取回田间放置的带卵稻株的同时, 把养虫室内饲养的当天即将孵化的带卵稻株, 记录每点的数量 (每点卵数在15粒左右), 移入样本点内 (移入前把样本点附近0.5公尺半径范围内的虫卵及幼虫全部清除)。一龄幼虫在心叶取食, 后期常爬上叶尖结小叶苞, 或在心叶结苞蜕皮进入二龄。于少量幼虫进入二龄时把样本点的全部幼虫采回, 记录每点的残留虫数, 并在室内继续饲养观察寄生情况。

在取回进入二龄的幼虫时, 把室内饲养的进入二龄的幼虫放入样本点内。采取同样的方式继续在样本点内依次放入其后各龄幼虫, 依次回收和继续饲养观察, 以统计各龄幼虫“被捕食及其他”原因引起死亡的百分率; 各龄幼虫分别回收后饲养观察, 以统计各龄幼虫的被寄生率。

在整个幼虫期内, 上述捕食卵的长颈步甲、蚁形隐翅虫和瓢虫均可捕食幼虫, 此外, 青步甲〔黄斑青步甲*Chlaenius naeviger* Morawitz, 逗斑青步甲*Chlaenius virgulifer* Chaudoir, 黄边青步甲*Chlaenius circumdatus* Brulle, 黄缘青步甲*Chlaenius inops* Chaudoir 和自田边进入稻田的蚂蚁和各种稻田蜘蛛〔草间小黑蛛*Erigonidium griaminicola* (Sundvall), 食虫瘤胸蛛*Oedolhorax insecticeps* Boes. et Str., 八斑球腹蛛*Theridion octomaculatum* Boes. et Str., 拟环纹狼蛛*Lycosa pseudoannulata* Beso. et Str.), 棕管巢蛛*Clubiona japonicola* Boes. et Str.等〕同样捕食幼虫。特别是管巢蛛和步甲幼虫等还喜于进入卷叶苞内取食, 表现出寻找猎物行为上的适应性。

幼虫被捕食后常留下头部及部份尸体, 但常常难于寻找, 因而我们把被捕食的和散失原因不明的共同列入“被捕食及其他”的死亡项目内, 统计其死亡率及存活率。

在寄生性天敌中, 纵卷叶螟绒茧蜂*Apanteles Cypris* Nixon是幼龄幼虫的重要寄生蜂, 主要产卵于二龄幼虫体内 (少数产于一龄及三龄幼虫体内), 寄主进入三龄 (少数四龄) 时成熟爬出寄主体外结茧化蛹, 在卷叶苞内或叶片上可以发现单个黄白色的小茧; 螟蛉绒茧蜂*Apanteles ruficrus* (Haliday) 产于三龄以上的幼虫体内, 每一寄主可寄生多个幼虫, 成熟后爬出寄主体外, 在稻叶上结多个小茧; 三龄以上幼虫亦常被赤带扁股小蜂*Elasmus* sp. 所寄生, 赤带扁股小蜂产卵于寄主体外, 幼虫在寄主体外取食, 在寄主尸体附近化蛹。老龄幼虫还常被多种姬蜂和茧蜂所寄生。一些姬蜂如广黑点瘤姬蜂*Xanthopimpla punctata* Fabricius产卵于幼虫体内, 幼虫于寄主化蛹后才大量取食, 在寄主蛹内结茧化蛹。

由于大多数寄生蜂产卵后寄主仍继续取食和发育, 因而各龄幼虫在田间采回后继续饲养观察, 便于正确统计其寄生率。

(三) 蛹期调查 在未龄幼虫采回的同时, 把室内饲养的末龄进入预蛹的或预蛹连同稻株移入样本点内, 待将羽化时或羽化后采回。

在稻田内步甲及隐翅虫有时亦可捕食虫蛹, 被捕食后残留部份尸体。蛹期寄生的主要天敌有广大腿小蜂*Brachymeria lasus* (Walker), 无脊大腿小蜂*Brachymeria excarinata* Gahan和一些姬蜂。这些寄生物羽化时咬出的小孔与正常羽化的稻纵卷叶螟蛹壳的羽化孔位置及形状大小都不相同, 可以作为判别是否正常羽化成被寄生的依据。

(四) 成虫期调查 在稻田内采回虫蛹, 待羽化后统计其雌雄性比, 并配对在养虫

笼内观察其产卵量(笼内放入盆栽稻株)。按照昆虫生命表组份分析的要求,我们把每雌的平均标准卵量(F)定为200粒,以观察获得的实际平均卵量(n)计算其达到标准卵量的百分率(P_F)。例如,观察获得的平均卵量为74粒,其达到标准卵量的百分率(P_F)为:

$$\text{达到标准卵量的百分率 } (P_F) = \frac{\text{实际平均卵量 } (n)}{\text{标准卵量 } (F)} = \frac{74}{200} = 0.37 (37\%)$$

据多年来的调查,稻纵卷叶螟的雌雄性比接近于1:1,因而我们把雌虫百分率($P_{\text{♀}}$)均以0.5(50%)进行计算。

调查结果

稻纵卷叶螟第二世代是1976—1981年重点调查的同次世代。所以选择这个世代进行调查,是因为第二世代的发展趋势与防治有关,特别是与第三世代的数量预测有关。调查结果分析中主要应用各期存活率^{[4][5]}。我们把1976—1978年生命表中各期存活率列成总表,并计算6年的平均生命表如下(表1)。

我们主要应用Morris^[11]及Watt^{[14][15]}根据生命表数据所建立的数学模型研究种群数量的发展趋势。Morris—Watt数学模型基本如下:

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

其中: I 为种群数量发展趋势指标;

N_0 为当代数量;

N_1 为下世代数量;

$S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ 为各期存活率;

F 为指定的标准卵量;

P_F 为达到标准卵量的百分率;

$P_{\text{♀}}$ 为雌虫占成虫总数的百分率。

种群数量发展趋势指标(I) 在研究种群数量变化具有重要的意义。当 $I=1$ 时,其下代的数量与当代的相似; $I>1$ 时,下代的数量将比当代增加,例如 $I=5$ 时,下代的数量将比当代的增加5倍; $I<1$ 时,下代的数量将比当代减少,例如 $I=0.5$ 时,下代的数量将为当代的一半。

在该模型中, $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n, F, P_F, P_{\text{♀}}$ 为工值的组成成份(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工值的变化。应用该数学模型进行 I 值及其组份分析,有助于研究种群动态的有关问题。

表 1

稻纵卷叶螟 1976—1981 年第二代生命表

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 寄 生 不 孵	S ₁	54.00	34.60	63.62	28.35	50.10	31.57	43.71	
		S ₂	66.00	94.20	93.33	98.92	85.71	100.00	89.69	
		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
		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
		寄 生	S ₇	60.52	87.30	65.31	80.00	87.80	86.75	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
		寄 生	S ₉	27.07	82.90	84.91	79.17	78.38	90.91	73.89
		病 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
		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
		寄 生	S ₁₄	76.00	70.00	90.70	70.00	65.56	83.93	74.36
		病 亡	S ₁₅	100.00	100.00	93.00	100.00	100.00	100.00	98.83
	蛹	捕 食 寄 生 病 亡	S ₁₆	92.07	75.20	73.44	37.50	64.23	60.00	67.06
			S ₁₇	76.40	86.40	79.66	56.67	54.55	85.00	73.11
			S ₁₈	100.00	100.00	77.05	100.00	92.05	90.00	93.18
成 虫	雌虫比率	P _♀	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	0.7686	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/♀, 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 阳江 海陵1976—1981年5月

根据表 1 的数据, 1976—1981 年稻纵卷叶螟第二代平均生命表的数学模型代入数值如下:

$$I = (0.4371)(0.8909)(0.9403)(0.4071)(0.9357)(0.5350)(0.7628)(0.6183) \\ (0.7389)(0.9956)(0.5986)(0.7572)(0.5300)(0.7436)(0.9883)(0.6706) \\ (0.7311)(0.9318)(200)(0.4201)(0.50) = 0.0886$$

结果分析

根据上述试验结果, 本文将分别讨论: (一) 海陵水稻害虫综合防治措施对稻纵卷叶螟的效果; (二) 天敌对稻纵卷叶螟种群数量的控制作用; (三) 影响稻纵卷叶螟数量动态的关键因子三个问题。

(一) 海陵水稻害虫综合防治措施对稻纵卷叶螟的防治效果 1976—1981年, 阳江县海陵岛按照下面的原则安排综合防治: 1. 采用有利于高产稳产而不利于病虫发生的栽培技术, 压低害虫基数; 2. 改革过去滥施偏施广谱性杀虫剂, 按虫情、苗情、害虫数量和可能成为害的程度, 结合天敌作用的估计, 对必要施药的田类实行挑治, 对可施药可不施药的田类尽可能继续观察, 对可以不施药的田类坚决不施; 在大面积施药时挑治范围力争不超过一个田垌的 $1/6-1/4$, 使施药的田块内容易得到外来天敌的补充; 3. 限制广谱性杀虫剂的使用范围, 如甲六粉每次施用面积限制在一个田垌范围内的 $1/20$ 以下; 选用对防治对象杀伤力大而对天敌杀伤力相对较小的选择性杀虫剂, 降低使用浓度以提高药剂的选择性能; 4. 限制喷粉(撒粉)、喷雾, 按照防治对象选用对害虫杀伤力大而对天敌杀伤力相对较小的施药方法; 5. 提高测报水平, 以大队为单位查害虫发生期, 定防治适期, 查虫情、苗情、天敌密度, 定防治对象田^[3]。这些原则有利于防治主要的水稻害虫, 同样有利于实现对稻纵卷叶螟种群数量的控制。

稻纵卷叶螟成虫迁飞能力较强。第一世代成虫迁入稻田, 使稻田内的成虫数量常突然增加。海陵岛稻田的第二世代虫源, 可能还包括部份自大陆迁入的第一世代成虫。早春播种插秧后, 稻田内的虫源主要来自稻田本身。在综合防治措施中, 如能降低稻田内第二世代及其后代的发展趋势, 则可降低其为害威胁的程度。

从表1的结果中可以看到, 海陵岛于1976年以后, 稻纵卷叶螟第二世代的数量发展趋势指标(I值)是比较低的。1976年第二世代的I值为0.7686, 下代卵量可推测为第二世代的76.86%, 第二世代的卵量为4925粒/亩, 第三世代的卵量约为3785粒/亩。估计为害不大, 实际情况与估计基本一致^[1]。1977年的I值为0.0388, 且天气特别干旱, 第三世代的发生数量甚小^[3]。1978—1981年的I值分别为0.2532, 0.0040, 0.0036, 0.1243, 其中1980年第二世代的卵量最大, 一些稻田达37200粒/亩, 进入四龄之前(暴食为害期前)仅残留195头/亩(按照生命表资料计算), 第三世代卵量估计为134粒/亩, 并不构成成为害的威胁。从表1的结果看来, 第二世代进入四龄之前的大量死亡, 以及第三世代卵量的下降, 天敌的作用是相当重要的。天敌是控制第二世代稻纵卷叶螟种群数量的重要因素。

(二) 天敌对稻纵卷叶螟第二世代种群数量的控制作用 从表1中可以看到, 由于天敌的作用而引起稻纵卷叶螟第二世代种群数量明显下降, 致使种群数量趋势指标(I)明显下降, 如果天敌的作用下降, I值将会明显上升。

我们曾经应用组份分析方法研究天敌的作用^[5]。在 Morris—Watt 数学模型中,

$$I = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdot \dots \cdot S_n \cdot F \cdot P_F \cdot P_Q$$

如果其中一个组份没有引起死亡, 其存活率将为 1。例如, 在 S_1 中, 如果 $S_1 = 1$, 则 I 值将改变为 $I_{(S_1)}$, 即

$$I_{(S_1)} = 1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdot \dots \cdot S_n \cdot F \cdot P_F \cdot P_Q$$

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

由此任一组份 $S_i = 1$ 时, I 值将改变为 $I_{(S_i)}$ 。设 $I_{(S_i)}$ 与 I 的比值为 $M_{(S_i)}$, 则:

$$M_{(S_i)} = \frac{I_{(S_i)}}{I} = \frac{1}{S_i}$$

$M_{(S_i)}$ 的含义为: 如果排除组份 i 所引起的死亡 (即 $S_i = 1$), 下一世代的种群数量趋势指标 ($I_{(S_i)}$) 将比原来的 (I) 的增长倍数 (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。

据表 1 中稻纵卷叶螟 1976—1981 年第二代平均生命表的数据, 各组份 $M_{(S_i)}$ 的计算结果表列于后 (表 2)。

在表 2 中, 雌虫百分率 (P_Q) 的 $M_{(S_{10})}$ 的意义不大, 达到标准卵量的百分率受到标准卵量的影响, 因而不参与 $M_{(S_i)}$ 值的分析。

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死亡的组份的最大 ($M_{(S_4)} = 2.46$), 如果没有该项目死亡因子, 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 ($M_{(S_1)} = 2.29$, 五龄、二龄、四龄、三龄幼虫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:

$M_{(S_6)} \cdot M_{(S_7)} \cdot M_{(S_9)} = (1.07)(1.31)(1.35) = 1.89$ 其 M 值的总和为 1.89, 也可以认为属于对种群数量影响较明显的一个因子。

在各项死亡因子中, 六年来因病死亡的仅发现于三龄、五龄幼虫及蛹期, 这几个组份的 M 值总和为:

$M_{(S_{10})} \cdot M_{(S_{15})} \cdot M_{(S_{18})} = (1.00)(1.01)(1.07) = 1.08$ 因而可以认为影响不甚显著; 由于寄生而引起死亡的组份涉及各个虫期, 其 M 值总和为:

$M_{(S_2)} \cdot M_{(S_5)} \cdot M_{(S_7)} \cdot M_{(S_9)} \cdot M_{(S_{12})} \cdot M_{(S_{14})} \cdot M_{(S_{17})}$
 $= (1.11)(1.07)(1.31)(1.35)(1.32)(1.34)(1.37) = 5.09$ 即排除寄生性天敌的作用, 其 I 值将比原来的增加 5.09 倍, 可见寄生性天敌 (主要为寄生蜂) 所起的作用。

如果把卵期和蛹期的“捕食”及幼虫期的“捕食及其他”各项的 M 值总计, 则

$$M_{(S_1)} \cdot M_{(S_4)} \cdot M_{(S_6)} \cdot M_{(S_8)} \cdot M_{(S_{11})} \cdot M_{(S_{13})} \cdot M_{(S_{16})}$$

$$= (2.29)(2.46)(1.87)(1.62)(1.67)(1.89)(1.49) = 80.26$$

表2 各组份的 $M(s_i)$ 值表 (1976—1981)

虫 期		致 死 因 子	M (si) = 1/Si	
卵		捕 食	M (s ₁)	2.29
		寄 生	M (s ₂)	1.11
		不 孵	M (s ₃)	1.06
幼 虫	一 龄	捕 食 及 其 他	M (s ₄)	2.46
		寄 生	M (s ₅)	1.07
	二 龄	捕 食 及 其 他	M (s ₆)	1.87
		寄 生	M (s ₇)	1.31
	三 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 龄	捕 食 及 其 他	M (s ₁₁)	1.67
		寄 生	M (s ₁₂)	1.32
	五 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 虫		雌 虫 比 率 达 标准卵量百分率	— —	— —

幼虫期的“捕食及其他”这个致死因子实际上包括田间捕食性天敌的捕食活动和害虫自然死亡两部分。在我们调查的稻田中，近几年来大面积栽培的水稻品种为“民科占”和“桂朝2号”，与过去栽培的“珍珠矮”等品种均属于对稻纵卷叶螟敏感的品种。据我们测定，在这些品种上，海陵岛第二代稻纵卷叶螟幼虫的平均自然死亡率为19%（有关这方面的试验将另文讨论）。因此，幼虫期自然死亡这因子的M值应为

$$M' = 1 / 1 - 0.19 = 1.23$$

这样，基本上属于捕食性天敌引起死亡的各组份M值总和应为

$$80.26 / 1.23 = 65.25$$

即如果没有捕食性天敌的作用，I值将增加为原来的65.25倍。

若把因病死亡、寄生性天敌和捕食性天敌引起的死亡都排除，那么I值将增加358.69倍，因为 $(1.08)(5.09)(65.25) = 358.69$ 。这I值将变为 $I_{(sn)} = 358.69I = 358.69 \times 0.0886 = 31.78$ 。换句话说，第三代的卵量将为第二代卵量的31.78倍。

由此可以说明，造成海陵岛1976—1981年稻纵卷叶螟第二世代稻纵卷叶螟种群数量

下降的诸因素中, 天敌是一个重要的因素。

三、影响稻纵卷叶螟数量动态的关键因子 以上的M值分析仅说明了各组份或各因子对稻纵卷叶螟种群数量作用的大小, 还未能反映影响种群数量动态的关键因子。

Morris^[9/10]曾经提出, 影响昆虫种群数量的因子有两个类型: 一类是比较稳定的, 对各年份同次世代的相应组份所引起的死亡率没有明显的变化, 这类因子即使对I值的影响甚大, 但对种群数量变动的作用却比较小; 另一类因子对各年份同次世代的相应组份所引起的死亡率有明显的波动, 而且波动的幅度与种群数量变化的幅度相似, 这类因子即使有时对I值的影响较小, 但对种群数量变动的作用较大; 对种群数量变动作用最大的因子称为关键因子 (Key factors)。关键因子分析对害虫防治策略的研究和种群数量预测都有重要意义^{[4][5][6][7][8]}。

检定关键因子的方法有好几种, 我们选择 Verley and Gradwell⁽¹³⁾ 提出的K—值 (K—value) 图解相关分析法对稻纵卷叶螟第二世代种群动态的关键因子进行分析。

K—值图解相关分析法的 K_i 值可以应用各期存活率的 S_i 值进行计算, 即:

$$K_i = \log \frac{1}{S_i}$$

在M值分析中, $M_{(S_i)}$ 的乘积如下:

$$M_{(S_1)} \cdot M_{(S_2)} \cdot M_{(S_3)} \cdot M_{(S_4)} \cdots$$

$$= \frac{1}{S_1} \cdot \frac{1}{S_2} \cdot \frac{1}{S_3} \cdot \frac{1}{S_4} \cdots = \frac{F}{I}$$

设

$$\log \frac{F}{I} = K, \text{ 则}$$

$$\log \frac{F}{I} = \log \frac{1}{S_1} + \log \frac{1}{S_2} + \log \frac{1}{S_3} + \log \frac{1}{S_4} + \cdots$$

$$\text{或: } K = K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + \cdots$$

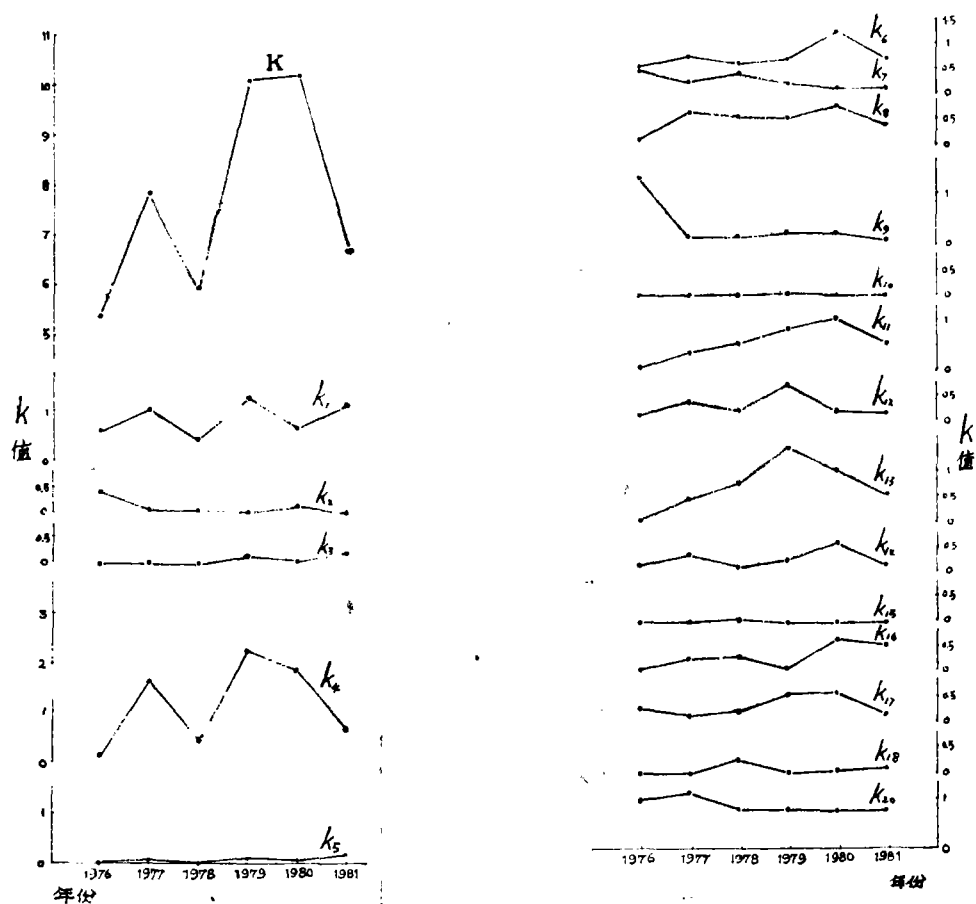
该式为K—值图解相关分析的基本公式。

据表1的资料, 稻纵卷叶螟1976—1981年第二世代各组份的K—值列表于下(表3)。

以年份为横座标, K及 K_i 为纵座标, 可得K及 K_i 值年间变动的多边形图(图1)。

从图1可见, K_4 的变动趋势与K的最为近似, 按照K—值图解分析法的标准, K_4 的组份, 一龄幼虫“被捕食及其他”原因引起死亡是影响种群年间数量变动的关键因子。

为了进一步明确 K_i —值与K值年间变化的相关程度, 我们计算 K_i —值与K值的决定系数(见表3)。其中 K_4 与K的相关最为密切 ($r^2 = 0.91$), 这与K—值图解分析法的结果是一致的, 同样说明一龄幼虫“被捕食及其他”原因引起死亡是影响种群年间数量变动的关键因子。与K的相关系数较大的还有 K_{11} ($r^2 = 0.73$), K_{13} ($r^2 = 0.7$), K_{17} ($r^2 = 0.67$), 因而四龄、五龄幼虫“被捕食及其他”原因引起的死亡及蛹期的“被寄生”也与种群年间数量变动有一定的联系。

图1 K值及K₁值年间变动图

关键因素可能会因时间而转移,例如郑汉业等^[6]对松干蚧 *Matsucoccus matsumurae* Kuwano 的研究表明,在松干蚧初侵入的林段,松干蚧花蝽 *Elatophilus nipponensis* Hiura 是一个关键因子,松干蚧大发生过的松林,松干蚧花蝽的作用逐步为大赤螨 *Aaystis* sp. 所代替;不同条件下的关键因素也可能不同,例如,9月下旬发生的稻纵卷叶螟第六世代,成虫常因低温和低湿而影响其生殖力,第七世代卵期常因低湿而不能孵化,在广东的这个季节的寒露风来临与这两个世代相应虫期的吻合程度,对种群数量发生决定性的影响。

表 8

各 组 份 的 K_i 值 表

(1976—1981)

虫 期		致 死 因 子	Ki 值						r ²	
			符号	1976年	1977年	1978年	1979年	1980年		1981年
卵		捕 食	K ₁	0.62	1.06	0.45	1.26	0.69	1.15	0.20
		寄 生	K ₂	0.42	0.06	0.07	0.01	0.15	0.00	0.16
		不 孵	K ₃	0.00	0.00	0.00	0.12	0.04	0.23	0.03
幼 虫	一 龄	捕食及其他	K ₄	0.13	1.65	0.47	2.26	1.86	0.71	0.91
		寄 生	K ₅	0.00	0.05	0.02	0.11	0.04	0.20	0.00
	二 龄	捕食及其他	K ₆	0.62	0.79	0.61	0.69	1.27	0.71	0.47
		寄 生	K ₇	0.50	0.26	0.43	0.22	0.13	0.14	0.52
	三 龄	捕食及其他	K ₈	0.11	0.66	0.53	0.51	0.80	0.42	0.50
		寄 生	K ₉	1.31	0.19	0.16	0.23	0.23	0.10	0.21
		病 亡	K ₁₀	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.32
	四 龄	捕食及其他	K ₁₁	0.05	0.36	0.53	0.83	1.07	0.54	0.73
		寄 生	K ₁₂	0.12	0.41	0.21	0.72	0.20	0.16	0.39
	五 龄	捕食及其他	K ₁₃	0.06	0.46	0.74	1.50	1.06	0.58	0.70
		寄 生	K ₁₄	0.15	0.37	0.10	0.22	0.59	0.18	0.53
		病 亡	K ₁₅	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.17
蛹	捕食及其他	K ₁₆	0.07	0.29	0.31	0.06	0.66	0.51	0.06	
	寄 生	K ₁₇	0.27	0.15	0.23	0.57	0.60	0.16	0.67	
	病 亡	K ₁₈	0.00	0.00	0.26	0.00	0.08	0.11	0.12	
成 虫	雌虫比率达标准 卵量百分率	K ₁₉	—	—	—	—	—	—	—	
		K ₂₀	0.99	1.12	0.79	0.79	0.77	0.79	0.09	
K				5.42	7.85	5.98	10.14	10.24	6.69	—

注：雌虫比率取常数，不用分析

小 结

上述的分析结果仅适应于阳江县海陵岛稻纵卷叶螟第二世代近年来发生的情况，对于近似条件的地方可能有一定的参考价值。通过上述的分析，我们认为，天敌是影响稻纵卷叶螟第二世代种群数量动态的一个重要因素，保护与助长稻田天敌对稻纵卷叶螟种群数量的控制起着重要的作用。至于关键因素的分析，我们仅积累了六年的同次世代的生命表资料，还有待今后继续补充修正。关键因子分析的初步结论，使我们有可能针对

这些因子进行研究其与种群数量的关系,为进一步建立第二世代和第三世代数量预测数学模型提供依据。

参 考 文 献

- [1] 广东农林学院植保系昆虫学教研组,阳江县海陵公社农业技术推广站,1977,开展以保护天敌为中心的除虫技术改革,《昆虫知识》,14(5):134—137。
- [2] 广东省水稻害虫生物防治研究工作队,1974,利用赤眼蜂防治稻纵卷叶螟,《昆虫学报》,17(3):269—280。
- [3] 华南农学院昆虫学教研组,广东省阳江县科学技术局,1979,水稻害虫综合防治中的保护天敌问题,《广东农业科学》(2):41—46。
- [4] 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。
- [5] 庞雄飞,生命表一天敌作用评价的一个方法,《农业害虫生物防治》,农业出版社(在印刷中)。
- [6] 郑汉业,明维俊,1979,松干蚧种群变动和生物防治,《昆虫学报》,22(2):149—155。
- [7] 伊藤嘉昭,1971,生命表(2),《植物防疫》,12(7):29—32。(日文)
- [8] Harcourt, D. G. 1969 The development and use of life tables in study of natural insect population. *Ann. Rev. Ent.* (14):175-196.
- [9] Morris, R. F. 1959 Single-factor analysis in population dynamics. *Ecology*. 40, 580-588.
- [10] Morris, R. F. 1963 Predictive population equation based on key factors. *Mem. Ent. Soc. Can.* (32):16-21.
- [11] Morris, R. F. 1963 The dynamics of epidemic spruce budworm populations. *Can. Entomologist, Mem.* 31, 332pp.
- [12] Morris, R. F. and C. A. Miller 1954 The development of life table for the Spruce Budworm. *Can. J. Zool.* (32):283-301.
- [13] Varley, G. C. and G. R. Gradwell 1960 Key factors in populations studies. *J. Anim. Ecology* 29:399-401.
- [14] Watt, K. E. F. 1961 Mathematical models for use in insect pest control. *Can. Entomologist, Suppl.* 19:62pp.
- [15] Matt, K. E. F. 1963 Mathematical population models for five agricultural crop pest. *Can. Ent. Soc. Mem.* (32):83-91.

STUDIES ON THE POPULATION DYNAMICS AND CONTROL OF RICE LEAF ROLLER IN HAILING ISLAND, GUANGDONG PROVINCE

I. Life table data and its component analysis

Pang Xiong-fei Hou Ren-huan

Liang Guang-wen Li Zhe-huai

SUMMARY

The present paper deals with the studies of population dynamics of the 2nd generation of rice leaf roller, *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee, by means of the life table method in Hailing island of Yangjiang county, Guangdong province. The life tables and average life table of 1976-1981 have been constructed. To summarize, based on the life tables and the models, the present analysis has perhaps been carried enough to show the following results.

A) the plan of an integrated control of rice insect pests in Hailing island was successful. After the 4th-instar larva stage, the harmful period, the population size of rice leaf roller was lower than the economic damage threshold, and the indices of population trend (I-value) of the 2nd generation were decreased to a level lower than 1, in 1976-1981, being 0.7666, 0.3088, 0.2532, 0.0040, 0.0036 and 0.1243 respectively.

B) According to the component analysis of the 6 year's average life table, the M-value showed that the natural enemies were playing an important role in controlling the population size of rice leaf roller.

In the component analysis, the M-value means that if there were no mortality caused by factor i , the index of population trend I would increase M_{s_i} times as against the original I-value.

Of all mortality factors affecting the population in the 2nd generation, the "predators and other" in the period of the 1st-instar larva stage is the most important ($M_{S_4} = 2.46$). The "predators" of egg period, "predators and other" in period of 5th-instar, 2nd-instar, 4th-instar, 3rd-instar

larva stages are important also ($M_{s13} = 1.89$, $M_{s6} = 1.87$, $M_{s11} = 1.67$, $M_{s8} = 1.62$). The sum total of all "predators" M-value

Parasites, *Apanteles cypris* Nixon, is an important factor also. Its sum total of M-value in the periods of the 1st-instar, 2nd-instar and 3rd-instar larvae stages is 1.89 (M_{s5} M_{s7} $M_{s9} = 1.89$)

Theoretically, with absence of all the predators, parasites and disease agents, the I-value would have increased to 358.69 times of the original, or the population size of the 3rd generation would have been 31.78 times than that of the 2nd generation.

C) According to the key-factor analysis, the data of life tables of the 1976-1981 showed that the "Predators and other" in the period of the 1st-instar larva stage is the key factor affecting the population dynamics of the insect pest in the 2nd generation. Other factors closely related to the population dynamics are "Predators and other" in the periods of the 4th-instar 5th-instar larva stages and "Parasites" in the pupa stage.

These results are a basic data for constructing the model for monitoring the population size of rice leaf roller, which will be reported in following paper.