

粘虫危害小麦的动态经济阈值的研究*

苏祥瑶 林昌善

(北京大学生物系)

摘 要

本文报道了冬小麦生态系统中小麦、粘虫和粘虫的一种主要天敌——中华星步蝗 (*Calosoma chinense*) 三个亚系统的模型。同时把三个模型耦联起来进行逐日动态模拟确定了小麦不同生育期和中华星步蝗不同密度下的经济阈值。模拟结果表明：粘虫发生越早，经济阈值越小；在小麦同一个生育期，经济阈值随中华星步蝗密度的增加而提高，但显然不是简单的线性关系，而是随着温度和粘虫密度的变化而变化。根据模拟结果，得到河南驻马店地区亩产500斤以上的小麦在没有中华星步蝗时，用粘虫散防治的经济阈值在小麦的不同生育期变动在22—34头/米²之间，用灭幼脲防治时为每平方米14—23头。如果中华星步蝗每100米²增加2头，则经济阈值可相应地提高1—3头/米²。

近年来，禾谷类的重要害虫——粘虫 (*Mythimna separata*) 发生仍然猖獗频繁，使我国粮食产量受到较大的损失。因此，如何对粘虫进行最优管理、如何合理地制定防治粘虫的经济阈值不仅是一个亟待解决的重要问题，而且是整个麦田生态系统最优管理和决策的重要依据和基础。

目前很多地区现行的“防治指标”仍是一种经验指标，这些指标虽然在过去控制粘虫中起了一定的作用，但有很大的局限性。有些地区尽管根据当时当地的实验结果确定了经济阈值 (吕 坚等, 1984)，但还很不完善。他们往往只考虑害虫种群数量一个因素，而忽略作物不同生育期对害虫的忍受水平和补偿能力的差异，同时也忽略了天敌和天气因素对害虫和作物的影响，因而所拟定的经济阈值很不全面。事实上，经济阈值除了与害虫种群密度有关外，还与作物生育期、天敌和天气等因素有关，所以经济阈值是动态的。我们认为有必要从系统生态学的原理出发，同时考虑小麦生长、粘虫种群动态及天敌和天气诸因素的作用，确定粘虫危害小麦的动态经济阈值，以便为麦田生态系统的最优管理和决策提供科学依据。本文是把小麦生长、粘虫种群动态和中华星步蝗成虫 (以下简称步蝗) 捕食粘虫这3个模型耦联起来进行逐日动态模拟确定了小麦不同生育期和步蝗不同密度下粘虫危害小麦的经济阈值。

一、小麦生长动态模拟模型

小麦生长是一个复杂的过程，它受水、肥、品种、天气及栽培管理措施等多种因素的影响。本文根据我们的目的，要求所建立的模型具有：(1) 在没有粘虫危害时能预测小麦的产量；(2) 模型对粘虫的危害能作出恰当的反应。因此，在我们的模型中假设水、肥供应是充足的。

*本研究得到了中国科学院科研基金的资助，试验得到河南驻马店地区农科所的大力支持，特此一并致谢。
本文于1985年12月12日收到。

1. 小麦每天地上部分净增干重的计算:

为了构造反映不同粘虫密度的危害对小麦生长影响的模型, 我们于1983年3月到5月在河南驻马店进行小麦人工去叶实验。供试品种为宝丰7228。实验分3个不同的去叶时间(4月25日、5月5日和5月15日)和4个不同的去叶水平(不去叶、去全部叶面积的1/3、2/3和去掉全部叶片), 共20个处理(详见表2)。每个处理设一个小区, 3个重复, 各小区采用随机区组设计。从3月28日起, 每5天一次从各小区取15—20株(成熟时取30株)小麦在80℃温度下烘至恒重, 然后分别称量茎、叶和穗重。同时还测量株高和叶面积。利用该实验中一部分处理的每天净增干重作为因变量(其余处理的数据留作检验模型之用), 以平均温度 T 、相对湿度 RH 、日照时数 S 、标高 SH 和叶面积指数 LAI 为自变量进行逐步回归并用Powell算法进行最优拟合得:

$$Y = 11.2031 + 0.1293T - 0.3562RH + 3.3080\sqrt{SH} + 0.4477LAI + 0.2256LAI^2 \quad (1)$$

其中 Y 为每天小麦地上部分的净增干重(克/米²)。

有了模型(1)之后, 还需下列模型才能对小麦生长进行逐日动态模拟。

2. 积温的计算

每天的温度变化用下列不同周期的正弦函数描述:

$$T(t) = \begin{cases} \frac{T_2 - T_1}{2} \sin \frac{\pi(t-9.5)}{9} + \frac{T_2 + T_1}{2} & 5 \leq t \leq 14 \\ \frac{T_2 - T_3}{2} \sin \frac{\pi(t-6.5)}{15} + \frac{T_2 + T_3}{2} & 14 < t \leq 29 \end{cases} \quad (2)$$

其中 $T(t)$ 为 t 时刻的温度, T_2 为最高温度, T_1 和 T_3 分别为当天及第二天的最低温度, 用(2)式对发育起点温度以上的曲线积分可算出每天的积温。

本文中小麦一生所需的积温2,230日度是根据驻马店宝丰7228品种7个处理的生育期资料。计算0℃以上的积温的平均值。

3. 干物质分配系数的确定

每天地上部分的净增干重在叶、茎和穗之间的分配用门司等(1969)的分配系数方法来计算(见表1)。表1中的数据是根据我们的实验结果确定的, 表中未列出的日期的分配系数用线性插值法计算。

表1 小麦干物质分配系数
Table 1 Dry matter distribution factor of wheat

取样日期 (日/月)	2/4	7/4	12/4	17/4	22/4	27/4	2/5	7/5	11/5	16/5	21/5	26/5
叶	0.19	-0.03	-0.04	-0.02	-0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	-0.04	-0.06
茎	0.80	0.80	0.69	0.64	0.62	0.56	0.43	0.19	-0.16	-0.52	-0.64	-0.39
穗	0.01	0.23	0.35	0.38	0.39	0.44	0.57	0.82	1.17	1.54	1.68	1.45

4. 叶面积和株高的计算

在水肥充足的条件下, 植株叶面积和株高的增加主要取决于干物质的积累量。这里我们

用简单的处理计算叶面积的变化。

$$\Delta LA = \Delta LW / SLW \quad (3)$$

其中 ΔLA 为新增的叶面积, ΔLW 为新增的叶重, SLW 为比叶重(单位叶面积的干重)。

根据实验结果得 SLW 与植株年龄(以日度 DD 表示)的回归模型为:

$$SLW = 195.2914 - 0.16689 DD + 4.42395 \times 10^{-5} DD \quad 1180 \leq DD \leq 2230 \quad (4)$$

单位重量的株高 SSH 随植株年龄的变化用下式描述:

$$SSH = -1234.4226 + 2.25544 DD - 1.28638 \times 10^{-3} DD^2 + 2.42954 \times 10^{-7} DD^3 \quad 1180 \leq DD \leq 2230 \quad (5)$$

则新增的株高 ΔSH 为:

$$\Delta SH = \Delta SW \cdot SSH \quad (6)$$

其中 ΔSW 为新增的茎重。

有了上述模型之后, 输入每亩茎数、叶重、茎重和穗重以及天气数据(每天的最高温度、最低温度和相对湿度)进行逐日动态模拟至小麦成熟为止(本文从3月28日开始模拟), 模拟和预测结果见表2。

表2 各去叶处理对产量的影响(克/米²)¹⁾

Table 2 The effect of artificial defoliation on the yield of wheat (g/M²)

处 理	(000)	(100)	(200)	(300)	(010)	(020)	(030)	(001)	(002)	(003)
实 测 值	547.9	493.6	470.5	410.8	506.0	502.6	480.1	547.8	516.1	545.6
模拟和预测值	545.1*	493.5*	456.8*	435.1*	506.6	479.4	463.9	522.3	506.3	497.2
处 理	(011)	(012)	(021)	(101)	(102)	(110)	(120)	(111)	(210)	(201)
实 测 值	512.5	516.3	501.9	472.0	481.7	477.7	511.7	455.2	487.1	452.0
模拟和预测值	490.4	481.5	470.4	477.2	468.2	465.8	450.4	456.9	440.8	447.5

¹⁾表内有*者为模拟值, 其余为预测值。各处理的符号意义见正文。

表2中各处理的符号中0表示不去叶, 1表示去全部叶面积的1/3, 2为去2/3, 3为去掉全部叶片, 其排列顺序表示不同的去叶时间。如(102)处理的意义为4月25日去1/3的叶面积, 5月5日不去叶, 5月15日去2/3, 其余处理的意义类推。

从表2中可以看到, 我们模拟和预测结果与实测值较为吻合。从实测值可以看出, 产量损失随着去叶量的增加而提高, 随着去叶时间的推迟而降低, 这是因为早期去叶除了影响千粒重外, 还影响穗粒数, 而灌浆后期去叶仅影响前者。但是即使是去掉全部叶片, 最大产量损失也仅为25%, 这表明小麦除了茎和穗具有光合作用外, 去叶后还具有补偿能力, 这一结果与前人的许多报道类似(张邦恕, 1959; 崔振会等, 1984)。

二、粘虫种群动态模拟模型

苏祥瑶等(1985)根据生命表的数据模拟粘虫种群动态时, 把粘虫的一个世代分成10个阶段(卵、各龄幼虫、预蛹、蛹和成虫), 本阶段又根据积温分成若干个年龄级, 用差分方程对粘虫种群动态进行了动态模拟。模拟模型如下:

$$X_{i+1,1}(k+1) = SP_i(k)SN_i(k)G_i(k)X_{i,N_i}(k) \quad M_i(k) = 0$$

$$X_{i+1,j}(k+1) = SP_i(k)SN_i(k)\{[1-G_i(k)]X_{i,N_i-M_i(k)+j}(k) +$$

$$\begin{aligned}
 & + G_i(k)X_{i,N_i-M_i(k)+j-1}(k) \} \quad 1 \leq j \leq M_i(k) \\
 X_{i,j}(k+1) = & SP_i(k)[1-G_i(k)]X_{i,1}(k) + \\
 & + SP_{i-1}(k)SN_{i-1}(k)G_{i-1}(k)X_{i-1,N_{i-1}}(k) \quad j = M_i(k)+1 \quad (7) \\
 X_{i,j}(k+1) = & SP_i(k)\{[1-G_i(k)]X_{i,j-M_i(k)}(k) + \\
 & + G_i(k)X_{i,j-M_i(k)-1}(k)\} \quad M_i(k)+2 \leq j \leq N_i
 \end{aligned}$$

其中 N_i 为 i 阶段的年龄级数, $M_i(k) = \text{int}[N_i \cdot R_i(k)]$, int 为取整符号, $R_i(k)$ 为第 k 天 i 阶段的个体的发育速率,则 $M_i(k)$ 为相应的个体向前推进的年龄级数的整数部分, $G_i(k) = N_i \cdot R_i(k) - M_i(k)$ 为相应的小数部分, $SN_i(k)$ 为第 k 天从 i 阶段进入 $i+1$ 阶段的个体的自然存活率, $SP_i(k)$ 为第 k 天 i 阶段的个体在天敌作用后的存活率, $X_{i,j}(k)$ 为第 k 天 i 阶段第 j 个年龄级的个体数。模型逐日动态模拟结果见苏祥瑶等(1985)。

三、中华星步蟊捕食粘虫的模型

步蟊在我国分布广、数量多、食量大,是麦田一代粘虫的重要天敌(李光博,1979)。为了正确评价步蟊控制粘虫的作用,我们在室内进行功能反应的基础上、进行了野外罩笼功能反应和步蟊相互干扰对功能反应影响的实验(由于野外步蟊密度约0.04头/米²左右,所以干扰作用较小,本文暂不考虑)。

野外罩笼实验在1米×1米×1米的笼子里进行,每笼内约400株小麦,罩笼前去掉麦子上原有的昆虫。为了使实验所用步蟊的饥饿程度一样,均让其充分取食,然后饥饿24小时。实验分不同粘虫密度若干个处理(详见图1)在自然变温下进行,每个处理重复3次,于24小时后记录结果。

在功能反应模型中,由于Holling(1959)提出的圆盘方程在节肢动物中应用较为广泛,因此象干扰反应(Hassell等,1969)、年龄等级(McArdle等,1979)、聚集作用(Hassell等,1974)和温度(Evenson等,1980)等各种因素对功能反应的影响考虑在Holling圆盘方程中的较多。但是,到目前为止,同时考虑年龄和温度二因素对功能反应影响的模型并不多见。我们考虑到步蟊的捕食除了与粘虫密度有关外,还与粘虫年龄和温度有关。并且一般都认为,当温度低于最适捕食温度时,捕食量则随着温度的上升而增加;当高于最适捕食温度,则随着温度的上升而下降,并且上升速率的绝对值大于下降速率的绝对值。因此,我们用下列模型作为步蟊捕食的功能反应模型:

$$N_a = \frac{a(DD) \cdot N}{1 + T_a(DD) \cdot N} \cdot f(T) \quad (8)$$

其中 N_a 为被捕食的猎物数, N 为猎物的初始密度, $a(DD)$ 为瞬时攻击率,是猎物年龄(以日度 DD 计)的函数, $T_a(DD) = a(DD) \cdot T_h(DD)$, $T_h(DD)$ 为处理时间, $f(T)$ 由下式给出:

$$f(T) = \frac{1}{1 + b(T - T_f)^2 \cdot e^{c \cdot (T - T_f)}} \quad (9)$$

其中 T 为温度(°C), b, c, T_f 均为正的参数,且 T_f 的生物学意义为步蟊攻击力最大时的温度。

模型(8)中第一个因子为考虑了粘虫年龄的Holling圆盘方程,它描述了最适温度时被

捕食的猎物数；第二个因子 $f(T)$ 的作用是在不同温度下用来修正第一个因子的结果，我们称之为温度校正系数。

根据不同猎物年龄和不同温度下的21组实验数据，用 Powell 算法拟合模型(8)得 $a(DD) = 0.4661 - 0.0021\sqrt{DD}$, $T_a(DD) = 0.0014\sqrt{DD} - 0.0140$, $b = 0.0235$, $c = 0.1431$, $T_f = 24.4$ 。图1是模型(8)模拟的结果与实测值的比较。

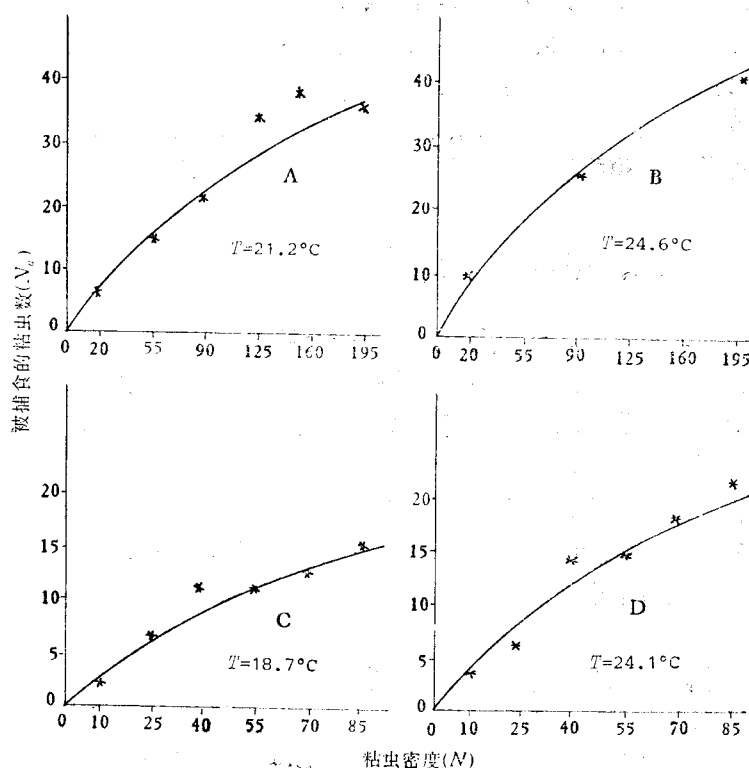


图1 步蚜对粘虫密度的功能反应

Fig.1 The functional response of *C. chinense* to the armyworm density.

图中A,B为捕食3—4龄粘虫的功能反应,C,D为捕食5—6龄粘虫的功能反应,T为平均温度。

* 实测值

— 模拟值

四、粘虫危害小麦的动态经济阈值

尽管许多昆虫学家和植物保护学家已为许多重要的农业昆虫确定了经济阈值或经济损失水平，但在实际应用中这二个定义仍有异议和混乱。Stern (1959) 把经济阈值定义为：需要采取控制措施，以防止增长中的害虫种群达到经济损失水平。显然按照 Stern 的定义经济阈值比经济损失水平低，因此很多人据 Headley (1972a) 的定义“害虫造成的额外损失等于保护这种损失所花的费用时的种群密度”来确定经济损失水平。例如 BA-Angood (1980) 确定蚜虫的经济阈值时，首先按 Headley 的定义计算经济损失水平，然后根据蚜虫的增长率和防治一次所需的时间确定经济阈值。然而 Edwards 等 (1964) 则认为：“当种群产生的危害足以达到实施的防治费用时，该害虫种群就达到了经济阈值”。可以看出，这一定义与

Headley的经济损失水平的定义类似, 并且 Headley (1972b) 还明确指出, 对于有些昆虫, 经济损失水平有时候指的是经济阈值。我们认为, 害虫种群并非总是处于增长状态, 因此有时候很难按Stern的定义来计算经济阈值。为了使用方便, 本文的经济阈值按Edwards的定义计算。

粘虫危害小麦主要是通过取食麦叶而间接影响产量的。随着粘虫年龄的增长, 其取食量迅速增加, 取食量与粘虫年龄 DD 的关系可根据再生甲等 (1983) 的实验结果得到:

$$F(DD) = 2.7639 \cdot e^{0.0111DD} - 8.4592 \quad 59 \leq DD \leq 360 \quad (10)$$

其中 $F(DD)$ 是年龄为 DD 的粘虫的累计取食量(厘米²), 由于1龄幼虫的取食量小于1—6龄取食总量的0.5%, 故略而不计。

假设粘虫每天的取食量是年龄和发育速率的函数, 则第 k 天 i 阶段的粘虫的取食量 $CF_i(k)$ 为:

$$CF_i(k) = X_i(k) \{F[DD_i(k)] - F[DD_i(k-1)]\} \quad i = 3, 4, \dots, 7 \quad (11)$$

式中 $DD_i(k)$ 为第 k 天 i 阶段的粘虫的平均年龄, $X_i(k)$ 为第 k 天 i 阶段的粘虫数。

由于经济阈值除了与害虫种群密度有关外, 还与天敌、天气因素、作物生长以及作物价格、防治费用等有关, 因此在确定防治粘虫的经济阈值时, 我们考虑到不同药剂防治费用的差异, 通过每天粘虫的取食量和步蚜的捕食量把前述的三个模型耦联起来进行逐日动态模拟确定了用粘虫散和灭幼脲两种药剂防治粘虫的动态经济阈值。为了便于农民使用, 我们把模拟结果总结成表3。

表 3 防治粘虫的动态经济阈值
Table 3 The dynamic ET for controlling the armyworm on wheat

步蚜密度 (头/米 ²)	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20
日/月*											
25/4 以前	14**	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28
	22	24	26	27	29	31	32	34	37	38	41
25/4—28/4	17	18	19	21	23	24	26	27	29	30	31
	25	27	29	30	32	34	37	40	42	45	47
29/4—3/5	19	20	21	23	24	25	26	27	30	31	32
	27	29	30	32	35	37	38	41	43	46	48
4/5—7/5	21	22	23	24	25	27	28	29	31	32	34
	30	32	34	35	37	39	41	43	44	47	49
7/5 以后	23	25	26	27	28	29	30	33	34	35	36
	34	35	37	40	42	43	46	47	50	51	52

* 粘虫3龄盛期的日期。

**表中上面的数字为用灭幼脲防治的经济阈值, 下面的为用粘虫散防治的经济阈值。

从表3可知, 粘虫危害小麦的经济阈值是动态的, 其大小取决于粘虫发生的早晚和步蚜的密度。粘虫发生越早, 经济阈值越小; 在小麦同一个生育期, 经济阈值随着步蚜密度的增加而提高, 但显然不是简单的线性关系, 而是随着温度和粘虫密度的变化而变化。根据模拟

结果,得到河南驻马店亩产 250 公斤以上的小麦在没有步蚜时,用粘虫散防治的经济阈值在小麦不同生育期变动在22—34头/米²之间;用灭幼脲防治则变动在每平方米14—23头之间。如每一百平方米步蚜增加 2 头,则经济阈值可相应的提高 1—3 头。

使用表 3 必须在调查时记录粘虫的发育进度、密度和步蚜的密度,将调查值与表 3 中相应部分查出的值进行比较,只有当调查值大于表 3 中查出的值时才进行防治。例如,如果 5 月 2 日调查时发现粘虫已进入 3 龄盛期,其密度为29头/米²,步蚜为0.04头/米²,防治时欲使用粘虫散,则可在表 3 中相应的日期和相应的步蚜密度的交点处查出经济阈值为 30 头/米²,此时由于调查值小于经济阈值,故不需进行防治。

五、小结与讨论

经济阈值是进行害虫科学管理和决策的重要依据。由于作物的不同生育期对害虫危害的忍受水平和补偿能力的不同,天敌和天气因素对害虫和作物的作用以及其他因素的影响,所以经济阈值是动态的,即随着作物的生育期、天气、天敌状况等的变化而变化,因此我们认为,本文通过考虑小麦、粘虫和步蚜三者之间的相互关系以及天气对三者的影响进行逐日动态模拟确定的动态经济阈值比仅仅考虑粘虫种群密度一个因素确定的静态经济阈值更为合理。同时进行逐日动态模拟不仅描述了粘虫种群的动态过程,而且反映了其动态危害过程,因此在确定经济阈值时,我们除了考虑粘虫的死亡这一因素外,还考虑了在死亡前取食的影响,所以更能准确地反映粘虫的危害过程。

目前确定经济阈值主要有二种方法:一是用人工去叶模拟害虫危害来计算(Rudd 等, 1980; Buntin等; 1982; Troester 等, 1982);另一种方法是直接根据害虫危害的结果来计算,而多采用的是罩笼的方法进行。前者简便易行,但对某些作物可能与害虫危害存在着一些差异;后者虽较繁琐,但比较接近害虫危害的实际情况。然而由于笼罩的遮光作用等,会使得与自然状态下作物的补偿力不一样,同时很多罩笼试验没有考虑害虫的自然死亡和天敌的作用,因此也与自然状态下害虫的危害存在着一定的差异。到底这两种方法与自然状态下害虫危害差异有多大,目前这方面的报道不多见。据蔡家彬报道,小麦同一品种从粘虫危害盛期(5龄)开始,连续两次去叶与自然状态下粘虫危害同样的部位和同样的叶面积相比,产量差异极小,不到 2%。照此情况看,本文采用的方法是合理可行的。

确定某种农药化防的经济阈值污化和其他副作用是一个值得考虑的重要问题,由于缺乏这方面的定量资料,本文在确定经济阈值时,暂时尚未考虑污化的作用。

在动态经济阈值表中(表 3),我们只考虑了步蚜一种天敌的作用,显然除此之外,其它天敌在有的地方和有的年份是不可忽视的,因此在使用表 3 时,可根据当时当地的情况进行适当的修正。

在害虫管理和最优决策的研究中,综合地考虑各因素间的相互作用比单独考虑一个因素更为重要。因此,可以期望本文从整体出发,用系统生态学的原理和方法,综合考虑小麦-粘虫-步蚜三者的相互关系及环境因素对三者的影响所得的结果将更加合理。但是在复杂的小麦生态系统中,其他因素如病害、除粘虫以外的其他虫害等的影响也是很重要的。因此,在对小麦生态系统进行最优管理与决策时,还需考虑其他因素的影响,这部分工作目前正在进行中。

参 考 文 献

- 吕坚等 1984 粘虫为害小麦、谷子损失率测定及防治指标的研究初报. 病虫测报 (1): 39—40.
- 李光博 1979 粘虫的综合防治. 中国主要害虫的综合防治. 科学出版社.
- 苏祥瑞、林昌善 1986 粘虫种群动态模拟的研究. 生态学报 6(1): 65—73.
- 张邦恕 1959 不同叶位对产量的生理效应 (第二报) 小麦抽穗后的物质转运及剪叶对千粒重、穗重的影响. 植物生理学通报 (5): 37—39.
- 崔振会等 1984 冬小麦上部叶片损失与产量形成的关系. 作物学报 10(1): 24.
- BA-Angood, S.A. *et al.* 1980 Economic and economic-injury level of cereal aphids on barley in southern Quebec, Canada. *Can. Entomol.* 112:759—64.
- Evenson, P. *et al.* 1980 The relative activity and functional responses of *Phytoseculus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae) and *Tetranychus urtica* (Acarina: Tetranychidae): the effect of temperature. *Can. Entomol.* 112:17—24.
- Edwards, C. A. and G.W. Heath 1964 The principles of agriculture entomology. Charles C. Thomas, Springfield, Illinois.
- Hassell, M. P. and G.C. Varly 1969 New inductive population model for insect parasites and its bearing on biological control. *Nature*, London p. 1113—1137.
- Hassell, M.P. and R. M. May 1974 Aggregation of predators and insect Parasites and its effect on stability. *Journ. Amin. Ecol.* 43:567—594.
- Headley, J. C. 1972a Economic of pest control in National Extension Workshop (Ed.) Implementing Practical Pest Management Strategies. *Purdue University*, Lafayette, Indiana.
- 1972b Defining the economic threshold. In National Academic Science (Ed.) Pest Control Strategies for the Future. Washington D.C. pp.100—108.
- Holling, C.S. 1959 Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Can. Entomol.* 91: 385—398.
- McArdle, B.H. and J.H. Lawton 1979 Effects of prey-size and predator-instar on the predation of *Daphnia* by *Notoneta*. *Ecol. Entomol.* 4:267—275.
- Monsi, M. *et al.* 1969 Development of photosynthetic system as influenced by distribution of matter. In Prediction and Measurement of Photosynthetic Productivity, Proceeding of the IBP/PP Technical Meeting. Trebon p. 115—129.
- Pandian, T.J. *et al.* 1979 Influence of temperature and body weight on mosquito predation by the dragonfly, *Mesogomphus lineatus*. *Hydrobiologia* 62:99—104.
- Rudd, W.G. *et al.* 1980 The systems approach to research and decision making for soybean pest control. In Huffaker, C.B. (Ed.) New Technology of Pest Control. John Wiley & Sons. New York. PP. 99—122.
- Stern, V.M. *et al.* 1959 The integrated control concept. *Hilgardia* 29(2):81—101.
- Troester, S.T. *et al.* 1982 Damage and yield reduction in field corn due to black cutworm (Lepidoptera, Noctuidae) feeding: results of a computer simulation study. *Journ. Econ. Entomol.* 75:1125—1131.

A DYNAMIC ECONOMIC THRESHOLD (ET) FOR CONTROLLING THE ORIENTAL ARMYWORM (*MYTHIMNA SEPARATA* W.) ON WHEAT

Su Xiangyao Lin Changshan

(Department of Biology, Peking University, Beijing)

This study includes three models, the plant (wheat) model, the pest (the armyworm) model, and the predator (*Calosoma chinense*) model. By coupling the plant-pest-predator models and simulating day by day one is able to get the dynamic ET (Table 3) under various developmental stage of winter wheat and various densities of *C. chinense*. The result of this simulation shows that the earlier the armyworm appears, the smaller the value of ET; under the same developmental stage of wheat, ET increases with the increasing number of predators. Clearly the effect of *C. chinense* on ET changes as temperature and the number of the armyworm densities changes. In the absence of *C. chinense*, ET is set at 22—34 pest larvae/m², which seems to be the right density to control the pest by means of Armyworm powder while by means of Dimilin the ET is set at 14—23 pest larvae/m² on wheat yield above 250kg per Mu in Zhumadian district of Henan province. When there is an increment of 0.02 predator/m² the corresponding ET increases 1—3 pest larvae/m².