

63-67

4677(10)  
维普资讯 http://www.cnvip.com

# 棉田生态系统能流经济阈值的初步研究\*

竺锡武\*\* 汪世泽  
(西北农业大学, 陕西杨陵, 712100)

S562.01

A

**摘要** 系统能流经济阈值(SET)为本项研究提出的新概念,它是指系统的初级生产者——作物向其它亚系统输出能量的允许临界值,由此产生的期望收益最大。系统能流经济阈值是一条仅与作物现存量相关的动态曲线,与其他亚系统无直接关系。本文以未施药棉田为系统,提出能流经济阈值的研究方法为:建立能流动态模型;确定害虫防治代价,计算期望产出;运用计算机仿真语言对作物的能流输出参数进行优化并建立系统能流经济阈值模型。

**关键词:** 生态系统, 能量流通量, 经济阈值, 棉田, ~~棉田~~ 生态等。

经济阈值是有害生物治理的决策依据,发展趋势之一是以生态系统为单位,研究多种害虫的复合经济阈值及其替代指标<sup>[1]</sup>。农田生态系统的能流分析是系统功能研究的理论问题,在目前主要集中于研究能量分配、系统的稳定性和灵敏度、反馈和控制以及不同营养级之间和不同类型生态系之间的能流比较等<sup>[2-5]</sup>。如何将能流分析与复合经济阈值联系起来,研究农田的害虫管理具有重要的实践意义。本项研究仅以此为目的,结合陕西关中1990年未施农药棉田的系统资料,对能流经济阈值作一初步探讨。

## 1 系统能流经济阈值的概念

系统能流经济阈值,对农田而言是指农作物亚系统可以向害虫亚系统输出能量的最大允许临界值。陈杰林将经济阈值定义为“害虫的某一密度,达此密度时应立即采取控制措施,否则将引起等于这一措施期望代价的期望损失”<sup>[6]</sup>。这一定义对能流经济阈值也是适合的,仅将害虫某一密度代之以“能量损耗”即可。系统能流经济阈值可以定义为“作物被害虫摄食的某一能量损耗值,达此值时应立即采取控制措施,否则将引起等于这一措施期望代价的期望损失”。害虫摄食的能量损耗是农作物的能量输出,它将随害虫种类、种群密度、多种群组成、为害时间以及作物的补偿能力有所不同,用能量指标代替种群密度或多种群复合指标当具有综合的意义。

## 2 系统能流经济阈值的研究方法

根据“挽回损失=防治代价”的基本原则<sup>[7]</sup>,研究系统能流经济阈值。

- 2.1 确定防治代价,假设防治代价是作物未受害时经济产量的某一个数值。如现假设为2%。
- 2.2 建立农田生态系统的能量流日动态模型,或者是只建立作物亚系统的能流子模型。
- 2.3 用仿真语言对系统能流日动态模型中的参数作仿真,求得能流经济阈值。

调用计算机仿真语言(Simulation Language of Continue System-4)(简记为SLCS-4)模拟

\* 国家自然科学基金资助项目。  
\*\* 现工作单位为湖南农科院植保所,长沙,410125  
本文于1992年6月10日收到,修改稿于1993年6月12日收到。

系统模型中的害虫摄能量参数( $a_{12}$ )。找出当作物产量值等于 $a_{12}$ 为零时作物经济产量的98%。(原设定防治代价为2%)时的阈值参数 $a'_{12}$ 。于是系统能流经济阈值( $EET$ )即为阈值模拟参数 $a'_{12}$ 与作物现存量 $X_1$ 之积:

$$EET = a'_{12} \cdot X_1$$

### 3 未施药棉田系统的能流经济阈值模型

3.1 系统模型 以1990年在陕西关中未施农药棉田的系统调查及测定分析资料为依据,按照营养级关系建立能流方框图(图1)。建立能流模型是以下述假设为前提:(1)各亚系统的能量输入仅受给予者的控制。(2)棉花的摄能量随时间而变化,其他亚系统的能通率参数只与给予者的现存量成正比。(3)系统内的能量转换为瞬时反应。

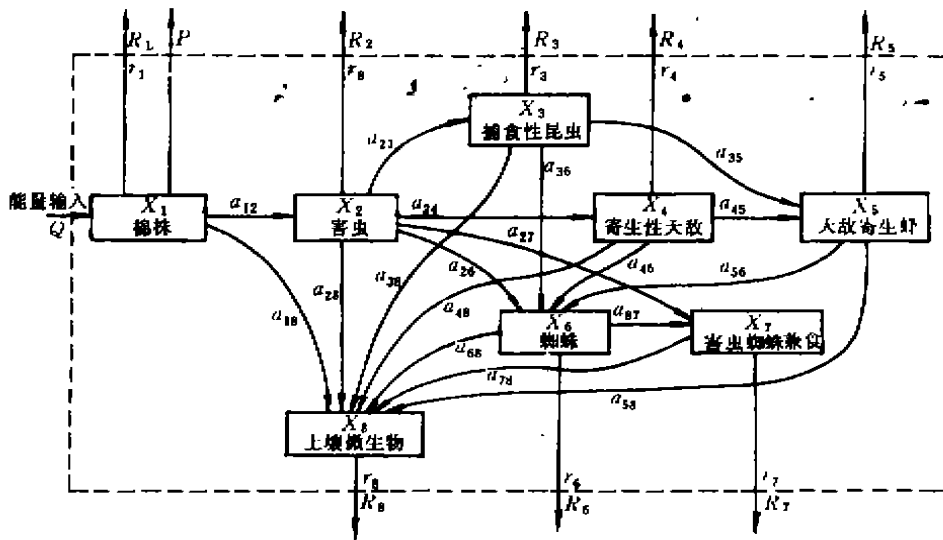


图1 棉田生态系统能流方框图

$Q$ : 输入能量(光合能与肥料);  $P$ : 作物最终经济产量的能量;  $R$ : 呼吸能;  
 $a_{ij}$ : 从  $i$  分室流向  $j$  分室的能通率参数;  $r_i$ :  $i$  分室呼吸能流参数。

Fig. 1 Block diagram of energy flow in cotton field

$Q$ , energy inflow (sun and fertilizer);  $P$ , energy of crop yield;  $R$ , respiration energy;  $a_{ij}$ , parameters of energy flow (from  $i$  block inflow to  $j$  block);  $r_i$ , respiration parameter of  $i$  block;  $X_1$ , cotton;  $X_2$ , pest;  $X_3$ , predatory insect (prey on pest only);  $X_4$ , parasitoids (parasitized on pest);  $X_5$ , parasitoids and epiparasitism (parasitized on natural enemies);  $X_6$ , spider (prey on small insect-pest and parasitoids);  $X_7$ , predators (prey on insect and spider);  $X_8$ , soil microorganism

棉花吐絮是分次进行的一个过程,难以分析,且因棉株的经济产量,根据已取得的资料是可以预测的,吐絮只是一个达到完全成熟的过程,故对吐絮期的能流日动态不予模拟。

根据能流框图中各亚系统的能流方向建立一阶微分方程组模型:

$$P = 0.632(X_1 - 15.0 \times 4328 \times 100 \times 4.18)$$

$$Q = (U_1 + U_2t + U_3t^2 + U_4t^3 + U_5t^4 + U_6) \times 4.18$$

$$dx_1/dt = Q - (a_{12} + a_{18} + r_1)X_1$$

$$dx_2/dt = a_{12}X_1 - (a_{23} + a_{24} + a_{26} + a_{27} + a_{28} + r_2)X_2$$

$$dx_3/dt = a_{23}X_2 - (a_{35} + a_{36} + a_{38} + r_3)X_3$$

$$dx_4/dt = a_{24}X_2 - (a_{45} + a_{46} + a_{48} + r_4)X_4$$

$$dx_5/dt = a_{35}X_3 + a_{45}X_4 - (a_{56} + a_{58} + r_5)X_5$$

$$dx_6/dt = a_{26}X_2 + a_{36}X_3 + a_{46}X_4 + a_{56}X_5 - (a_{67} + a_{68} + r_6)X_6$$

$$dx_7/dt = a_{27}X_2 + a_{67}X_6 - (a_{78} + r_7)X_7$$

$$dx_8/dt = a_{18}X_1 + a_{28}X_2 + a_{38}X_3 + a_{48}X_4 + a_{58}X_5 + a_{68}X_6 + a_{78}X_7 - r_8X_8$$

$a_{ij}$ : 从  $i$  分室流向  $j$  分室的能通率参数

$r_i$ :  $i$  分室的呼吸率参数

$$a_{ij} = F_{ij}/X_i$$

$$r_i = F_i/X_i$$

$F$ : 能通量, 单位: J/100 株 · d

$X_i$ : 各亚系统的现存量, 单位: J/100 株

$P$ : 作物的最终经济产量, J/100 株

$Q$ : 对作物输入的能量(光合能和肥料), J/100 株

$U$ : 多项式回归系数

$t$ : 时间, 单位: d

各参数值如下

$$a_{12} = 0.0036743$$

$$a_{46} = 0.0030443$$

$$r_5 = 0.1933$$

$$a_{18} = 0.052917$$

$$a_{48} = 0.277$$

$$r_6 = 0.05092$$

$$a_{23} = 0.034483$$

$$a_{56} = 0.0030443$$

$$r_7 = 0.06155$$

$$a_{24} = 0.0013341$$

$$a_{58} = 0.3784$$

$$r_8 = 2.7248$$

$$a_{26} = 0.0089587$$

$$a_{67} = 0.00017489$$

$$U_1 = 462505.25$$

$$a_{27} = 0.00023317$$

$$a_{68} = 0.027214$$

$$U_2 = 21120.75$$

$$a_{28} = 0.33546$$

$$a_{78} = 0.1172$$

$$U_3 = 289.4$$

$$a_{35} = 0.0013754$$

$$r_1 = 0.01824$$

$$U_4 = -5.4126$$

$$a_{36} = 0.0030443$$

$$r_2 = 0.082653$$

$$U_5 = 0.01739$$

$$a_{38} = 0.1411$$

$$r_3 = 0.06161$$

$$U_6 = 99162$$

$$a_{45} = 0.0013754$$

$$r_4 = 0.1467$$

### 3.2 参数模拟 调用仿真语言(SLCS-4)对系统模型仿真

3.2.1 当棉花不受害虫为害时,棉花向害虫亚系统无能量输出,能通率  $a_{12} = 0$ ,以此模拟的棉花最终经济产量为:

$$P = 56815.8 \text{ kJ}/100 \text{ 株}$$

3.2.2 按照假设规定,当付出的防治代价为 2% 时,期望最终产出为:

$$P = 0.98P = 55679.7 \text{ kJ}/100 \text{ 株}$$

3.2.3 以  $P'$  为准,对  $a_{12}$  模拟,所得值为:

$$a'_{12} = 0.00118557$$

3.2.4 能流经济阈值为:

$$EET = a'_{12} \cdot X_1 = 0.00118557X_1$$

3.3 对上述计算结果的分析

3.3.1 害虫摄食参数的模拟阈值远远小于实际值:  $a'_{12} = 0.00118557 < a_{12} = 0.0036743$ ,说明在棉田系统中的害虫实际摄食量,已大于 2% 防治代价假设下  $EET$  规定的允许界限,应进行防治,降低为害。

3.3.2 根据“能量输入仅受给予者控制”的假设规定,从上面的公式看出,  $EET$  只与棉花亚系统的现存量—— $X_1$  相关是合理的。同样,在其它亚系统之间存在着这种关系也是合理的。这是因为,由给予者控制的能量流动不仅在逻辑关系上符合“功能反应”范畴,而且也体现了能量资源并非无限的基本原则。

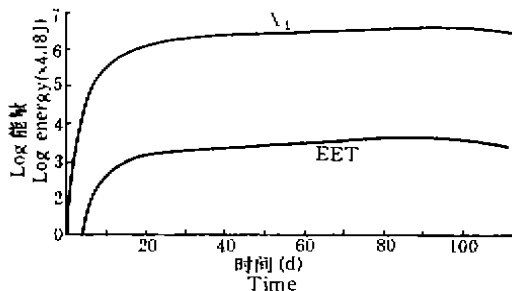


图 2 未施药棉田的棉株现存量  $X_1$  和  $EET$  值动态曲线

Fig. 2 The dynamic curves of standing-crop  $X_1$  and  $EET$  in cotton field free from insecticide

所以,能量经济阈值  $EET$  乃是指作物在其经济收益没有超过损害允许范围时,可以向害虫亚系统输出的最大允许值。从这个意义上讲,害虫亚系统的实际现存量、摄能量不影响作物所固有的能流经济阈值之确定,这样便大大简化了能流经济阈值的研究和制定。

3.3.3 由阈值公式  $EET = a'_{12} \cdot X_1$  看出,当参数  $a'_{12}$  确定后,  $EET$  值随  $X_1$  而变动。 $X_1$  随棉株生长而增大,  $EET$  也随之增大,这说明作物的耐害量也是变化的(图 2)

## 4 讨论

4.1 能流经济阈值是复合经济阈值的扩充和发展。将复合经济阈值的研究对象扩充到全部害虫并与能流分析相结合,采用系统分析方法去研究,就是系统能流经济阈值。这样的研究至少有以下几个优点:

4.4.1 可以将不同害虫的取食为害程度用摄能量统一起来,便于作数值叠加运算。

4.4.2 采用能量指标可以将害虫为害的瞬时影响和对作物经济产量的最终影响连系起来。这是因为物质的生产乃是能量吸收与转化的结果。害虫为害的是对作物的光合效率、能量吸收与分配产生影响并进一步影响作物的生长过程和经济产量。

4.4.3 系统能流经济阈值的研究对象是全部害虫并用动态的系统模型将作物、害虫、天敌等亚系统有机的耦连起来,体现了整体、动态的特点。如果能对作物生长及不同类型害虫为害的能流模型有所了解,则通过计算机仿真即可算出系统能流经济阈值。欲研究不同害虫种群、不同动态组合、不同作物生育期的能流经济阈值,不通过这样的研究是很困难的。

4.2 系统能流经济阈值研究需将各种生物的数量指标转换为能量值,这就需要依靠专业人员从事此项工作。故此在目前条件下,作这类研究与实践应用尚有一定距离。但是若将其用于害虫综合治理的联机管理或专家系统还是可行的。

4.3 系统能流模型的模拟精度还较差,致使  $EET$  值的确定也较粗放。所以这类研究在目前

仅对复合经济阈值研究起导向作用。

4.4 本项研究是将能流分析与经济阈值结合起来的初步尝试,很不完善,特别是所建模型还不能反映棉花生长的补偿作用,对某些为害产品质量及外观的害虫的适宜性问题,也还得进一步探讨。从现有的研究资料表明:一年生作物在一定的时间范围内均有其能量分配的最优策略<sup>[6]</sup>。补偿作用的实质乃是能量分配的一种优化表现。作物生长能流模型除害虫摄能参数外,涉及其他参数很少。因此,建立一个可以反映能流分配的模型是完全可能的。对棉花而言,将取食营养器官和取食繁殖器官的能量分配策略纳入系统模型,将能明确地解释补偿作用。

### 参 考 文 献

- (1)盛承发. 害虫经济阈值的研究进展. 昆虫学报, 1989, 32(4): 492—499  
 (2)Odum E. P. 孙儒泳等译. 生态学基础. 北京:人民教育出版社, 1981, 1—287  
 (3)孙儒泳等. 陆地生态系统次级生产力的研究. 动物学杂志, 1981, (4): 13—17  
 (4)Odum H. T. *Systems Ecology: An Introduction*. Wiley interscience Pub. John Wiley & Son New York, 1984, 95—145, 269—286, 572—582  
 (5)Shugart H. H. et al. *System Ecology* Pub. Dowden Hutchison & Ross, 1979, 136—145, 176—180  
 (6)陈杰林. 害虫防治经济学. 重庆:重庆大学出版社, 1988, 134—135  
 (7)盛承发. 经济阈值定义的商榷. 生态学杂志, 1984, 3(3): 52—54  
 (8)张建新等. 生长期一定时一年生植物群体光合产物的最优分配策略的理论分析. 生态学报, 1990, 10(2): 243—247

## PRELIMINARY STUDY ON THE ECONOMICAL THRESHOLD OF ENERGY FLOW IN COTTON FIELD

Zhu Xiwu Wang Shize

(Northwestern Agricultural University, Shanxi, 712100)

A new idea concerning economical threshold of energy flow (*EET*) was advanced. *EET* is meant by that the energy flowed out of the crop to the subsystem of pest amounts to such an extent of allowable threshold, as a result that the economic gains should be the maximum. The *EET*, relating only to standing-crop of producer, shows a dynamic curve. In this paper, regarding the cotton field without applying insecticides as an object of system, a program was put forward for researching *EET*: to construct the models of energy flow in this system; to determine the cost, spending on pest control and to estimate the expecting yield; to get optimum parameter and finally to result in *EET* model on completion.

**Key words:** ecosystem, energy flow, economical threshold, cotton field.