

水稻-褐飞虱-八斑球腹蛛 生态系统的能流*

戈 峰 陈常铭

(湖南农学院, 长沙)

摘 要

为了使水稻害虫综合治理提高到系统工程的水平, 作者在室内30℃恒温下, 测定了褐飞虱和八斑球腹蛛各发育阶段的虫(蛛)体组织能、生殖生产量、呼吸量、蜕及蛛丝含能量。根据晚稻田褐飞虱和八斑球腹蛛种群数量的系统调查结果, 以及水稻生物量与热值的测定值, 给出了水稻-褐飞虱-八斑球腹蛛生态系统的能量流动图, 分析了该生态系统的净生态效率、对光能或潜能的利用效率和生物量、能量生态锥体。

关键词: 水稻, 褐飞虱, 八斑球腹蛛, 生态系统, 能流。

能量流动是生态系统内在的共有的功能和特性之一。它的研究包括个体能量收支、种群能量动态和生态系统能流, 并由定量描述发展到模拟预测阶段^[1-5]。

生态系统能流的研究是生态能量学的重点^[3]。它的模拟分析, 能较好地反映田间的实际情况, 已在首着—害虫—天敌生态系统管理中取得了很好的结果^[2]。

为了使水稻害虫综合治理提高到系统工程的水平, 作者于1986年在长沙研究了褐飞虱 *Nilaparvata lugens* 和八斑球腹蛛 *Theridion octomaculatum* 的能量收支及其田间种群能量动态, 分析了水稻-褐飞虱-八斑球腹蛛生态系统的能量流动。

一、材料与方 法

在室内30℃恒温下, 用一批大试管和指形管分别饲养褐飞虱和八斑球腹蛛。观察记载其发育历期和产卵量。仔细收集各龄的蜕、刚脱皮或刚孵化的虫(蛛)体、成虫(蛛)、尸体及蛛丝。同时, 在晚稻田内分期随机采集褐飞虱和八斑球腹蛛, 毒死后将其放入58℃左右的恒温干燥箱内, 连续烘5—7天, 至恒重。用TG-328B光电分析天平称重。以华勃式呼吸仪测定它们各虫期的呼吸量, 并换算成能量(卡)。

在长沙县路口乡选一丘晚稻田, 随机确定5点, 每点20丛并做好标记。移栽至收获期间, 每5天调查一次, 记载各样点水稻及水面上褐飞虱和八斑球腹蛛各虫(蛛)态的数量。在同丘稻田设二个小区(面积为13.33米²), 每10天随机取水稻(包括根)二丛, 每丛蛛数与小区内平均蛛数基本一致, 带回室内烘干至恒重, 再称重。

热值的测定均在GR-3500型氧弹式热量计上进行。两次重复, 取平均值。热值测定所用

* 国家自然科学基金资助项目。

本文于1987年11月25日收到。

的虫(蛛), 为室内饲养且饥饿 8 小时后的各龄不同发育阶段。褐飞虱和八斑腹蛛在不同温度下的发育历期, 分别参考了文献[6]和[7]。

为便于分析, 本文采用了以下符号: L_{1-5} 分别表示 1—5 龄若虫或幼蛛; $L_{4♀}$ 、 $L_{4♂}$ 分别表示 4 龄的雌、雄亚成蛛; $L_{5♀}$ 、 $L_{5♂}$ 分别表示 5 龄的长翅雌若虫、短翅雌若虫和长翅雄若虫; $A_{♀}$ 、 $A_{♀}$ 、 $A_{♂}$ 、 $A_{♂}$ 分别表示雌成蛛、长翅雌成虫、短翅雌成虫、长翅雄成虫或雄成蛛。

二、结果分析

1. 褐飞虱和八斑球腹蛛的能量收支

褐飞虱和八斑腹蛛各发育阶段的能流动态见图 1 和图 2。

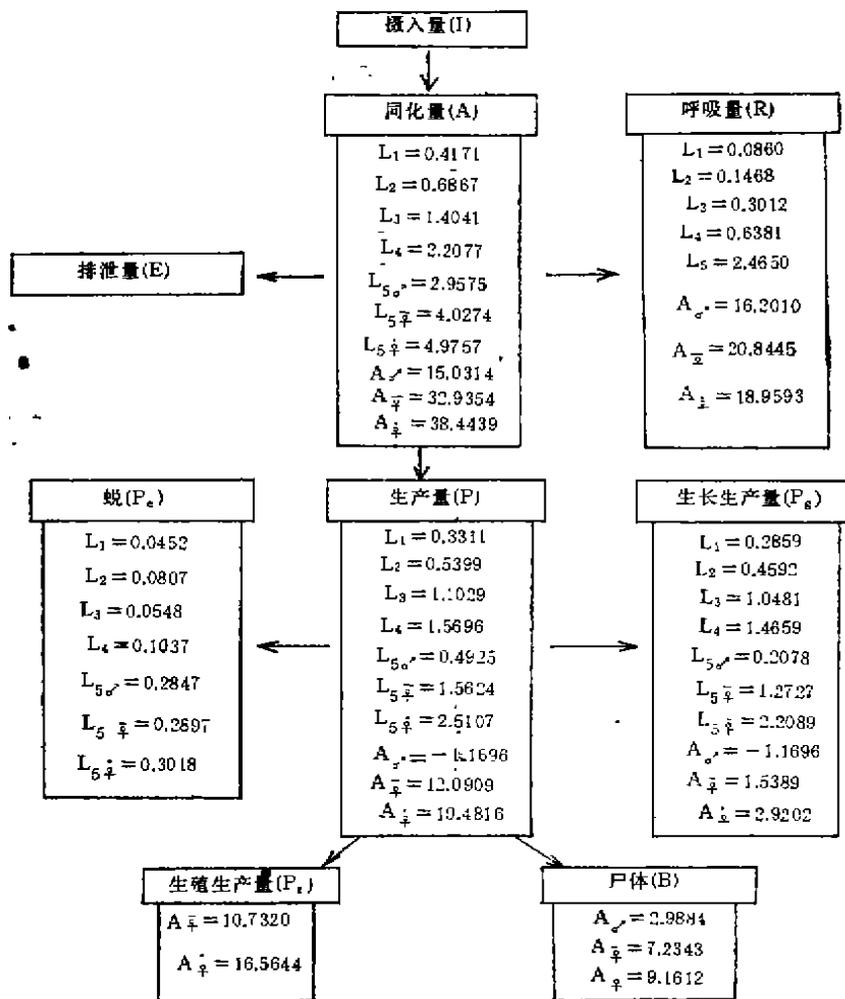


图 1 褐飞虱各发育阶段的能量流动图(单位: 卡)

Fig.1 Energy flow chart for all development stages of brown planthopper

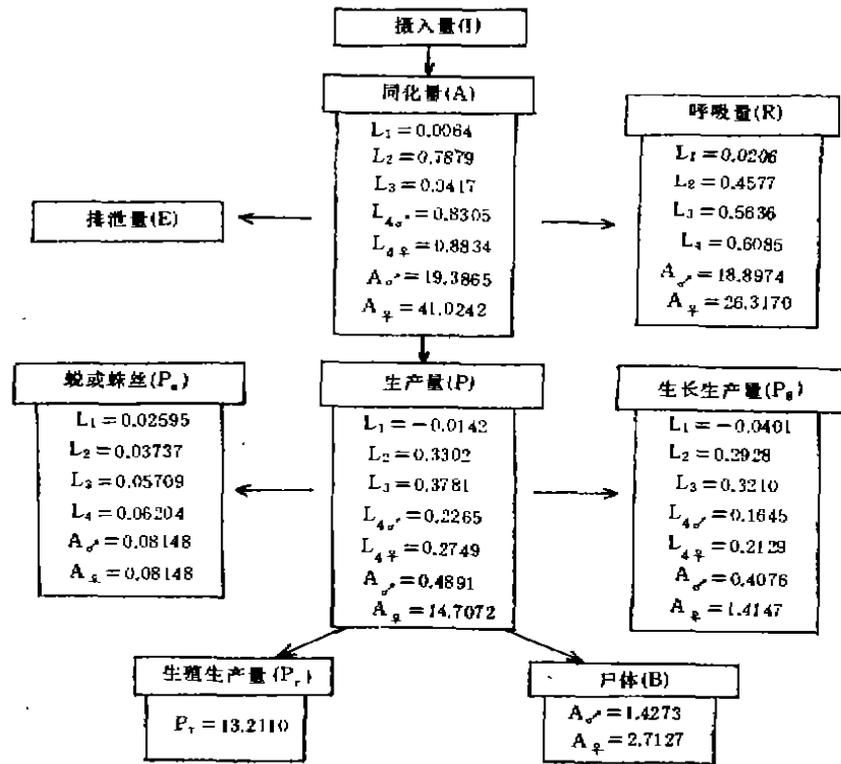


图2 八斑球腹蛛各发育阶段的能量流动图(单位, 卡)

Fig.2 Energy flow chart for all development stages of *T. octomaculatum*

(1) 蜕和蛛丝 褐飞虱若虫期 (L₁—L_{6♂}) 和球腹蛛幼蛛期 (L₁—L_{4♀}) 的蜕含能量 (ΣPe), 分别占其生产量 (ΣP) 的11.25%和18.83%, 占其同化量 (ΣA) 的6.57% 和 6.95%。幼蛛期的吐丝量极少, 很难收集并称重。雌、雄成蛛期吐丝含能量 (Pe) 分别占其生产量 (P) 的0.55%和16.67%, 占其同化量的0.20%和0.42%。可见, 蜕是小型节肢动物能量生产过程中不可忽视的组分; 球腹蛛的吐丝耗能量微小。

(2) 生殖生产量 褐飞虱雌成虫和八斑球腹蛛雌成蛛的繁殖能力都很强, 其同化能量主要用于繁殖后代。长翅、短翅雌成虫和雌成蛛的生殖生产量 (Pr) 分别占其生产量 (P) 的88.76%、85.02%和89.83%, 占其同化量 (A) 的32.50%、43.09%、32.08%。

(3) 生长生产量 若虫期和幼蛛期的生长生产量 (Pg) 表现在虫(蛛)体的潜能量迅速增加。刚蜕皮的5龄长翅雌若虫和4龄亚雌成蛛的潜能量, 分别为刚孵化若虫和幼蛛的62.43倍和5.69倍。一龄幼蛛在卵囊中不吃不动, 为负生长生产。成虫(蛛)期间的虫(蛛)体潜能量变化, 除长翅雄成虫略呈减少外, 其它类型成虫(蛛)均呈有所增加的趋势。

(4) 生产量 若虫期和幼蛛期生产量的变化与其生长生产量的变化相一致。雌成虫(蛛)的生产量很高, 雄成虫(蛛)的生产量则相对较低。

(5) 呼吸量和同化量 它们的呼吸量和同化量均随其生长发育进程而逐渐上升; 短翅雌成虫高于长翅雌成虫; 雌成虫(蛛)高于雄成虫(蛛)。这些变化, 在一定程度上反映了各发育阶段或不同类型成虫(蛛)的代谢耗能和取食量的差异。

(6) 净生态效率 生产量(P)与同化量(A)之比,称为净生态效率。褐飞虱各发育阶段的净生态效率高于八斑球腹蛛。它们的净生态效率均随其发育时间加长而降低,其值分别为16.65—79.83%和2.46—51.57%。

2. 褐飞虱和八斑球腹蛛田间种群能量动态

(1) 田间种群生产力 根据晚稻期间褐飞虱和八斑球腹蛛种群数量的调查结果,以改进了的Southwood & Jepson(1962年)特定年龄生命表分析的图解法,计算出不同调查期的各龄数量消长曲线下的总面积(即“日·头总数”),再除以各龄在该时期平均温度下的发育历期,得出表1和表2中的各龄中期(即年龄级中点)的个体数。

表1 百丛晚稻面积的褐飞虱种群生产力各因子估计值
Table 1 Estimation of all factors of productivity of brown planthopper in 100 hills late rice area

项 目	$L_1 + L_2$	L_3	L_4	L_5	A_{σ}	$A_{\bar{\sigma}}$	A_{σ}	总 计
龄中期个体数(头)	508	502	383	182	7	22	88	1638
脱皮头数(头)	504	462	282	123				1371
蜕损失量(卡)	40.0611	37.2727	29.3350	33.2579				140.5267
死亡损失量(卡)	0.7420	70.8034	455.8388	688.4738	58.2767	124.2948	180.2865	1538.7169
发育至成虫生产量(卡)					20.0578	378.3077	919.3809	1317.7264
最终现存量(卡)		2.2839		8.4086	5.8218	33.1827		49.6769

表2 百丛晚稻面积的八斑球腹蛛种群生产力各因子估计值
Table 2 Estimation of all factors of productivity of *T. octomaculatum* in 100 hills late rice area

项 目	L_2	L_3	L_4	A_{σ}	A_{σ}	总计
龄中期个体数(头)	84	79	68	2	5	238
脱皮头数(头)	81	73	37			191
蜕损失量(卡)	3.0073	4.1683	4.4559			11.6315
死亡损失量(卡)	0.4015	3.9129	28.0195	16.3814	48.7880	97.5033
发育至成蛛的生产量(卡)				3.0125	78.5641	81.5766
最终现存量(卡)		0.9772	3.2403	2.1842	22.7679	29.1896

分析种群生产力时,常假定龄中期的数量差异是由两个相邻龄期共同减少所致^[1]。故可知各个龄期的脱皮数及其蜕的能量损失值,和各个龄期的死亡数及死亡损失量。成虫(蛛)的死亡损失量,由其龄中期以前的死亡数按各类成虫(蛛)均等分配来估计。若虫至成虫和幼蛛至成蛛的一生生产量,是据成虫(蛛)龄中期个体数及室内生产量测定值得出。最终现存量为割稻前一天的调查结果。这些因子的值列于表1和表2。

田间种群生产力即各龄蜕损失量、各发育阶段死亡损失量、发育为成虫(蛛)的一生生产量和最终现存量之和。晚稻期间,每百丛面积的褐飞虱和八斑球腹蛛种群生产力,分别为3044.6469卡和219.8810卡。因调查上的困难,这二种种群卵及1龄幼蛛没有统计。1—2龄若虫放在一起分析。它们对种群生产力估计的影响是很小的。

(2) 田间种群呼吸量 田间呼吸量可用温度系数 $Q_{10} = 2$ 进行修正,公式为: $\log R_2 = \frac{T_2 - T_1}{10} \log 2 + \log R_1$ (R_1 、 R_2 分别为 T_1 、 T_2 °C时的呼吸速率(毫升/虫(蛛)·天))。根据褐

飞虱和八斑球腹蛛室内30℃下各发育阶段的呼吸速率、田间呼吸耗能系数估计值、田间各个调查期的各龄“日·头总数”和该调查时期的田间平均温度，估算出晚稻期间每百丛水稻面积内褐飞虱和八斑球腹蛛种群的田间呼吸耗能量，分别为2500.5258卡和596.9130卡。

3. 水稻-褐飞虱-八斑球腹蛛生态系统的能量流动

(1) 水稻的生产力和呼吸量 本试验采用收割期的百丛水稻重量减去移栽时的百丛秧苗重量，作为晚稻本田的生产力。其值为 1.3402×10^7 卡/每百丛晚稻面积。

据水稻叶片在0℃时的呼吸强度、水稻各器官的组成成分和不同组分的每克葡萄糖产生的CO₂值^[8]，折合水稻在0℃时的呼吸强度为1.6766毫克/克干重·天。由相邻两次调查的每丛水稻平均生物量和该调查时期的田间平均温度，得出晚稻期间每百丛水稻的呼吸耗能为 3.9796×10^6 卡。

(2) 生态系统能流分析 稻田生态系统中，水稻-褐飞虱-八斑球腹蛛这一子系统的能流状况如图3所示。

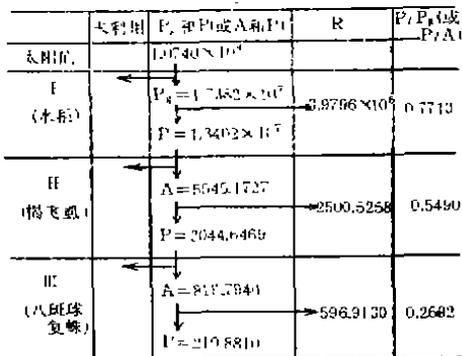


图3 水稻-褐飞虱-八斑球腹蛛生态系统能流图解
(单位：卡/晚稻期间·百丛水稻面积)

Fig.3 Energy flow chart for rice/brown planthopper/*T. octomaculatum* ecosystem

①该系统后一营养级利用的能量，与前一级提供的可利用能量相比，均是较小的。如晚稻利用光能的1.62%，褐飞虱利用晚稻的0.0414%，八斑球腹蛛利用褐飞虱的26.80%。

②褐飞虱-八斑球腹蛛营养级间的同化效率 A_t/A_{t-1} 和生产效率 P_t/P_{t-1} (t 为营养级)，分别为14.73%和7.22%；明显地高于水稻-褐飞虱营养级间的同化效率(0.032%)和生产效率(0.023%)。

③净生态效率(P/A)随营养级增加而减小。呼吸量(R)与同化量(A)之比，则相反。水稻、褐飞虱和八斑球腹蛛用于维持自身呼吸消耗的能量，分别为其同化量的22.90%、

45.10%和73.08%。

④生态锥体 晚稻期间，水稻的生物量和能量随其生长发育而逐渐增大；褐飞虱和八斑球腹蛛的生物量和能量从属于其种群数量和年龄结构的变化。水稻-褐飞虱-八斑球腹蛛生态系统的生物量和能量生态锥体，因水稻生育期而异。

三、讨 论

1. 研究方法问题

田间采用定点定时调查，计算每百丛作物的虫数，这种方法在研究同翅目昆虫种群生产力中较为准确^[5]。前人大都研究世代历期长、无世代重叠的种群生产力^[4,5]。本文是对世代历期短且重叠的种群生产力研究的初步尝试。图解法是分析特定年龄生命表的最简单最粗放的方法^[9]。采用改进了的Southwood & Jepson(1962年)图解法，其结果与其它方法计算一致。田间种群呼吸量，以各时期的“日·头总数”和田间平均温度推算，是合理可行的。若进一步研究种群的摄入量，考虑田间种群的迁入迁出和温度波动的作用，可使生态系统能流

的研究更趋于完善。

2. 水稻-褐飞虱-八斑球腹蛛生态系统能流的特点

该生态系统有效能量的减少是非常大的。因而八斑球腹蛛生存需要的猎食面积很广。它要耗费较多的能量去搜寻、捕获和制服褐飞虱等猎物，尽管其对能量的同化效率较高，但净生态效率较低。褐飞虱的田间食料十分丰富，它的同化效率虽较低，但它的净生态效率却很高。这是它们生态适应的结果。

褐飞虱吮吸水稻汁液，对水稻的利用效率、同化效率和生产效率都很低。但由于褐飞虱的为害，影响了水稻的能量分配，水稻产量损失很大。这是以水稻生产为中心的半人工生态系统能量转化的特点。如何降低褐飞虱对水稻利用效率以及对水稻能量分配的作用，是亟待研究的课题。

参 考 文 献

- [1] 吴坤君等, 1984, 棉铃虫的能量收支, 昆虫学报 29(2):149—157.
- [2] Gutierrez, A.P. et al, 1984, Multitrophic model of predator-prey energetics. *Can. Ent.* 116:923—963.
- [3] Odum, H. T., 1983, *Systems Ecology: An Introduction*. P.1—102, Wiley-Interscience Pub. John Wiley & Son, New York.
- [4] Smalley, A.E., 1960, Energy flow of a saltmarsh grasshopper population, *Ecology* 41(4):672—677.
- [5] Whittaker, J.B., 1967 Estimation of productivity in grassland frighopper and leafhopper(Homoptera-Insecta). pp.779—789. in: *Secondary productivity of terrestrial ecosystem*. K.Petrusewicz(Ed.). PWN. Warszawz.
- [6] 江苏气象台, 1977, 温度与褐飞虱发育期的统计分析, 全国水稻褐飞虱综合防治研究资料选编(第一辑), 第93—98页.
- [7] 赵敬钊等, 1979, 八斑球腹蛛生物学特性观察, 昆虫天敌, 试刊4:25—34.
- [8] 吉田昌一等编(厉保初译), 1983, 《稻作科学原理》, 第97—131页, 浙江科学技术出版社.
- [9] 索恩伍德(Southwood, T.R.E.)著(罗河清等译), 1984, 《生态学研究方法——适用于昆虫种群的研究》, 第302—304页, 科学出版社.

THE ENERGY FLOW THROUGH RICE/BROWN PLANTHOPPER/ *THERIDION OCTOMACULATUM* ECOSYSTEM

Ge Feng Chen Changming
(Hunan Agricultural College, Changsha)

The energy budgets for all development stages of brown planthopper (bph), *Nilaparvate lugens*, and *Theridion octomaculatum* were estimated at 30°C. Their growth production, egg production, respiration and energy content of exuvia and webbing were determined. Based on a systematic survey of population number of bph and *T. octomaculatum*, and the determination of biomass and energy of rice during late rice, the energy flow chart for rice-bph-*T. octomaculatum* ecosystem was given. The net production efficiency, ecological efficiency of energy utilization, and pyramids of biomass and energy in this ecosystem were analysed.

Key words: rice, brown planthopper, *Theridion octomaculatum*, ecosystem, energy flow.