

# 褐飞虱和八斑球腹蛛的呼吸代谢及其 能量消耗\*

戈 峰 陈常铭

(湖南农学院,长沙)

**摘要** 本文用华勃式呼吸仪测定了褐飞虱 *Nilaparvata lugens* 及其捕食性天敌八斑球腹蛛 *Theridion octomaculatum* 的呼吸代谢,探讨了温度、昼夜节律、捕食作用对褐飞虱和八斑球腹蛛呼吸代谢的影响。由此进一步估算了褐飞虱和八斑球腹蛛静止时呼吸代谢的能量消耗值。

**关键词** 褐飞虱 八斑球腹蛛 呼吸代谢 能量消耗

呼吸代谢是昆虫和蜘蛛的生命特征之一,也是研究种群能量动态的基础。随着生态能量学的发展,国内外学者对此类研究逐渐重视起来。国外已有一些关于昆虫和蜘蛛呼吸代谢的报道 (Bauman, 1978; Cairns, 1982; Humphreys, 1977; Miyashita, 1969; Tanaka, 1982),并对影响呼吸代谢因素进行了探讨,如温度 (Cairns, 1982; Humphreys, 1977)、动物体重 (Tanaka, 1982)、饥饿程度 (Miyashita, 1969; Tanaka, 1982)、昼夜节律 (Bauman, 1978) 和呼吸测定方法 (Albert, 1983) 等。国内吴坤君等(1984,1985)对棉铃虫呼吸代谢作过研究。

我们于 1986 年对水稻主要害虫褐飞虱 *Nilaparvata lugens* 及其捕食性天敌八斑球腹蛛 *Theridion octomaculatum* 的呼吸代谢进行了测定,目的在于了解它们对摄食和同化物质的利用情况和特点,以便为研究种群之间营养物质的分配、八斑球腹蛛的保护利用和褐飞虱的管理提供理论依据。

## 材料与方 法

供试褐飞虱和八斑球腹蛛,均为室内成批饲养所得。测定仪器系 SKW-2A 华勃式呼吸仪。除不同温度处理外,饲养和测定时的温度为  $30 \pm 1^\circ\text{C}$ 。褐飞虱若虫和八斑球腹蛛幼蛛的测定均在脱皮后 24 小时进行,成虫和成蛛的测定是自羽化后第 2 天开始,每 3—5 天一次。每次测定时间 (0.5—2 小时)和测定数量 (5—50 头)依不同的发育阶段而异。正式测定前,先将供试材料放在呼吸瓶内适应 30 分钟。每处理重复 5 次以上,各重复连续测 3 次。测定后,将其放入  $58^\circ\text{C}$  恒温干燥箱内,连续烘 5—10 天,直至恒重。再在 TG-328B 光电分析天平上称重。测出的数据,全部转换为标准状况下的氧气体积,分别以耗氧量(微升  $\text{O}_2$ )、呼吸率(微升  $\text{O}_2$ /虫(蛛)/小时)和代谢率(微升  $\text{O}_2$ /毫克干重/小时)表示。

本文于 1987 年 12 月收到。

\* 国家自然科学基金资助项目。

## 结果与分析

### 一、褐飞虱的呼吸代谢

褐飞虱整个生长发育期间的呼吸率(微升  $O_2$ /虫/小时)、体重(毫克干重)和代谢率(微升  $O_2$ /毫克干重/小时)的测定结果见图 1。

1. 呼吸率和体重 从图 1A、1B 可见: 若虫期的呼吸率和体重随生长发育逐渐上升; 成虫期的呼吸率则随其年龄增加而逐渐下降; 各类型成虫的呼吸率大小依次为: 长翅雄成虫 > 长翅雌成虫 > 短翅雌成虫; 其体重大小与之相反, 表现为: 短翅雌成虫 > 长翅雌成虫 > 长翅雄成虫。

若虫期和若虫至长翅雌成虫期的呼吸率  $Y$  (微升  $O_2$ /虫/小时)、体重  $W$  (毫克干重)与孵化后生长发育时间  $X$  (天)的关系, 可分别用如下的指数函数、幂函数和 Logistic

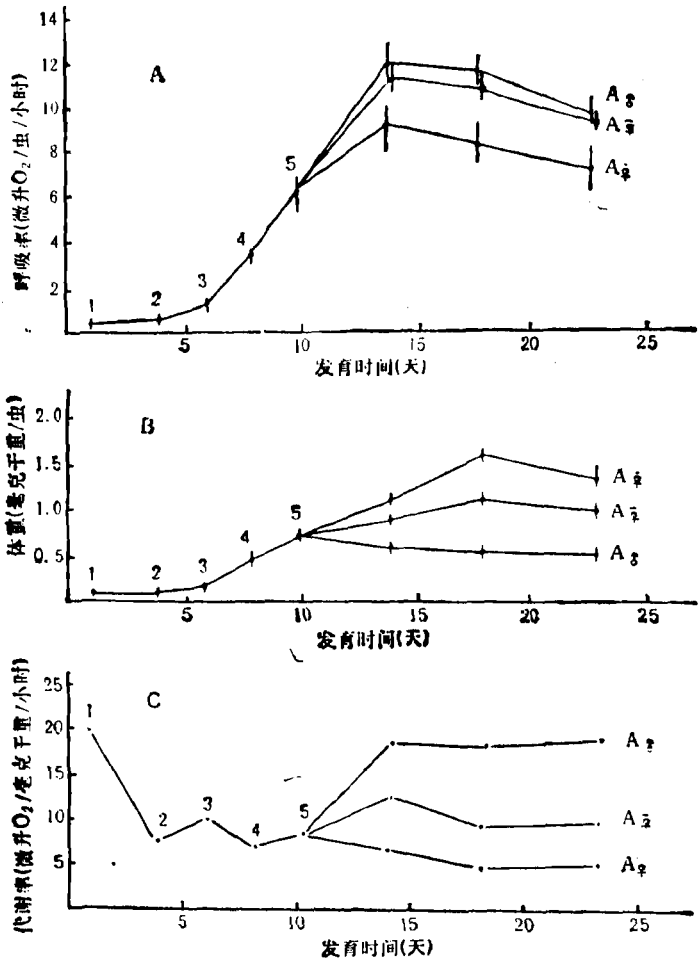


图 1 在 30℃ 时, 褐飞虱生长发育过程中呼吸率 (A)、体重 (B) 和代谢率 (C) 的变化  
 点和曲线分别为平均值和 95% 置信限。1—5 为 1—5 龄若虫, 5— $A_{\sigma}$ 、5— $A_{\bar{\sigma}}$  和 5— $A_{\bar{\sigma}}$  分别为  
 长翅雄成虫期、长翅雌成虫期和短翅雌成虫期。

曲线来表示:

$$\text{若虫期} \quad Y = 0.1398e^{0.3675X} \quad (p < 0.01)$$

$$W = 0.1358X^{1.640} \quad (p < 0.025)$$

若虫至长翅雌成虫期

$$Y = \frac{13.1120}{1 + e^{1.5421 - 0.1090X}} \quad (p < 0.005)$$

$$W = \frac{1.1945}{1 + e^{1.5213 - 0.1293X}} \quad (p < 0.01)$$

2. 代谢率 刚孵化的若虫虫体小, 生命代谢旺盛, 其代谢率很高。2 龄以后, 取食活动增大, 代谢耗能高, 但由于虫体增大, 故代谢率减小。3 龄和 5 龄分别为成虫器官芽细胞增长期和成虫的临界期, 其代谢率较高; 2 龄和 4 龄相对较低(见图 1C)。成虫期的代谢率因性别、翅型和年龄变化, 表现为: 长翅雄成虫 > 长翅雌成虫 > 短翅雌成虫 (见图 1C)。

3. 5 龄若虫期的呼吸率变化 5 龄若虫期的呼吸率变化较大, 可分为二个阶段(见图 2): 脱皮后 40 小时内, 呼吸率逐渐下降; 40 小时后, 呼吸率逐渐上升, 直至开始羽化。这可能是由于蜕皮激素的释放而刺激了呼吸作用加强 (Steele, 1976) 的结果。这种变化与 Zwicky 和 Wigglesworth (1956) 研究吸血蝽 *Rhodnius prolixus* 蜕皮期间的呼吸变化规律基本一致。呼吸率  $Y$  (微升  $O_2$ /虫/小时) 与蜕皮发育时间  $X$  (小时) 之间的关系, 可用二次曲线较好地拟合:

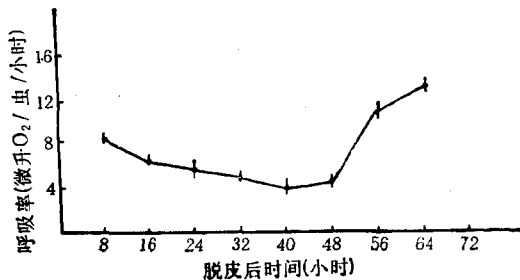


图 2 在 30°C 时, 褐飞虱 5 龄若虫期内呼吸率的变化  
点和垂线分别为平均值和 95% 置信限。

$$Y = 12.6593 - 0.5388X + 0.0086X^2 \quad (p < 0.01)$$

## 二、八斑球腹蛛的呼吸代谢

1. 幼蛛期的呼吸代谢 幼蛛期的呼吸率(微升  $O_2$ /蛛/小时)、体重(毫克干重)和代谢率(微升  $O_2$ /毫克干重/小时)的测定结果见图 3。

由图 3A 可见: 幼蛛期的呼吸率  $Y$  和体重  $W$  随蜕皮后发育时间  $X$  (天) 的增加而逐渐上升。它们之间的关系式为:

$$Y = 0.1036X^{0.7822} \quad (p < 0.05)$$

$$W = 0.0096X^{0.8887} \quad (p < 0.01)$$

1—3 龄幼蛛的代谢率随其发育历期增长而逐渐下降, 但变化速率较缓慢; 4 龄亚成蛛处于变化时期, 其代谢率相对较高(图 3B)。

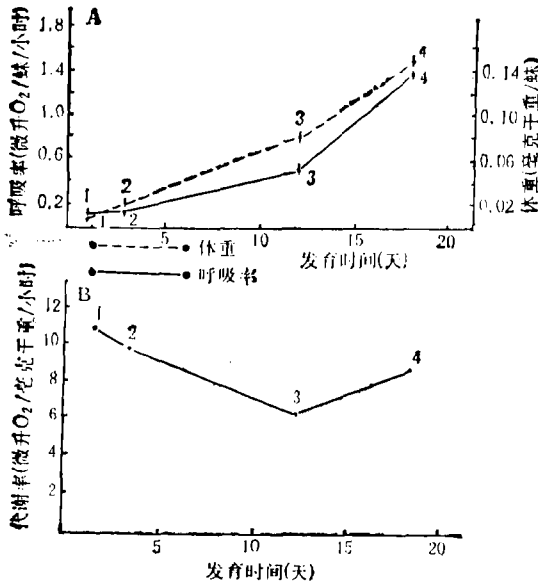


图3 在 30℃ 时, 八斑球腹蛛幼蛛期呼吸率、体重 (A) 和代谢率 (B) 的变化  
点和垂线分别为平均值和 95% 置信限。1—4 为 1—4 龄幼蛛。

2. 雌成蛛的呼吸代谢 雌成蛛的呼吸代谢分供食和饥饿二个处理进行测定, 其结果见图 4。

由图 4 可知: 雌成蛛的呼吸率随其历期增加而逐渐下降。在脱皮后 20 天, 供食和饥饿处理的雌成蛛呼吸率分别为脱皮后第 2 天的 85.44% 和 28.14%。

供食处理中, 雌成蛛的呼吸率、体重和代谢率, 均比饥饿处理的要高。其体重在脱皮后迅速增加, 到第 5 天时为最大。代谢率在成蛛前期(脱皮后 10 天内)逐渐下降; 后期(脱皮 10 天后)由于体重降低幅度较大, 代谢率略有上升。

饥饿处理中, 体重和代谢率均随其历期增加而逐渐下降。在脱皮后 10 天, 其体重和代谢率分别下降到脱皮后第 2 天的 69.56% 和 52.95%; 脱皮后 20 天, 分别下降到第 2 天的 56.25% 和 50.51%。可见, 脱皮 10 天以后, 其体重变化较大, 但代谢率基本稳定在同一水平(50—53%)上。

### 三、环境因素对呼吸代谢的影响

1. 光照 褐飞虱和八斑球腹蛛取食、活动在稻株中下部, 白天和晚上的呼吸率无显著差异 ( $p > 0.1$ ), 没表现出明显的昼夜节律(表 1)。

2. 温度 褐飞虱短翅雌成虫和八斑球腹蛛雌成蛛的呼吸、代谢率, 随温度升高而增加

表 1 在 30℃ 时, 褐飞虱和八斑球腹蛛昼夜呼吸率(微升  $O_2$ /虫(蛛)/小时)的比较

项目	时间	
	白天(8:00—11:00)	晚上(20:00—22:00)
褐飞虱 4 龄若虫 ( $\bar{x} + S_D$ )	3.3641 ± 0.58	3.3782 ± 0.66
褐飞虱 5 龄若虫 ( $\bar{x} + S_D$ )	6.0702 ± 2.101	5.3655 ± 1.662
八斑球腹蛛 4 龄幼蛛 ( $\bar{x} + S_D$ )	1.401 ± 0.383	1.310 ± 0.865

$\bar{x}$  为平均值,  $S_D$  为标准差

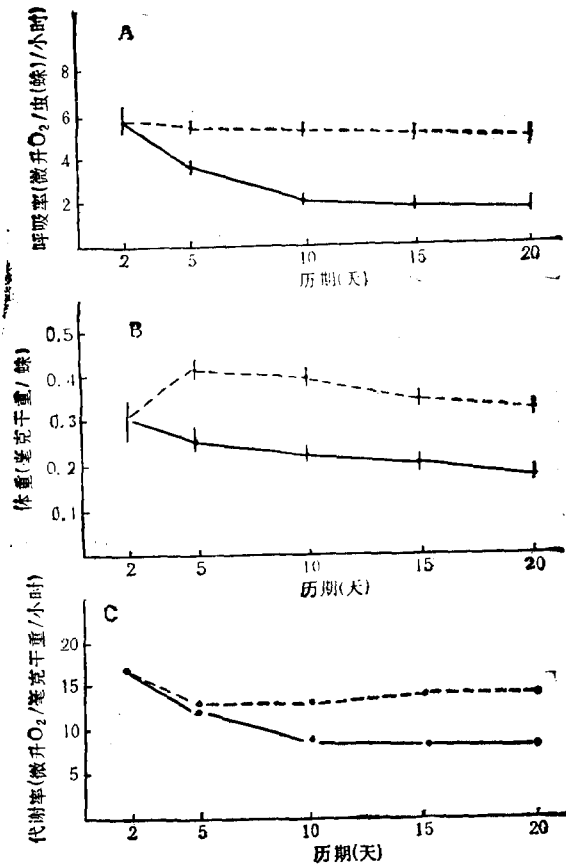


图4 在30°C时,八斑球腹蛛雌成蛛饥饿处理和供食处理后呼吸率(A)、体重(B)和代谢率(C)的变化

点和垂线分别为平均值和95%置信限。

●—● 饥饿处理 ●---● 供食处理

(见图5)。短翅雌成虫、雌成蛛的温度系数  $Q_{10}(20-30^{\circ}\text{C})$  和  $Q_{10}(25-35^{\circ}\text{C})$  分别为 2.13、2.03 和 2.06、2.01。

代谢率  $M$  (微升  $\text{O}_2$ /毫克干重/小时)与温度  $t(^{\circ}\text{C})$  的关系,可用不同类型的方程来描述(吴坤君等,1984; Albert, 1983)。本试验以用指数方程拟合较好

$$\text{短翅雌成虫} \quad M = 0.6149e^{0.084t} \quad (p < 0.005)$$

$$\text{雌成蛛} \quad M = 1.1457e^{0.073t} \quad (p < 0.001)$$

3. 捕食作用 雌成蛛在呼吸测定瓶内捕食褐飞虱3龄若虫过程中的耗氧量(微升  $\text{O}_2$ /小时),比分别测出两者耗氧量的代数和高出 1.81 倍。假定整个过程中耗氧量的增加全部由雌成蛛捕食活动所引起,则其耗氧量比不进行捕食时增加 5.21 倍;反之,若全部由褐飞虱活动所引起,则其耗氧量增加 1.95 倍(见表2)。

#### 四、褐飞虱和八斑球腹蛛呼吸代谢能量消耗

1. 呼吸商 褐飞虱和八斑球腹蛛的呼吸商  $RQ$  的测定值见表3。它们的  $RQ$  值分

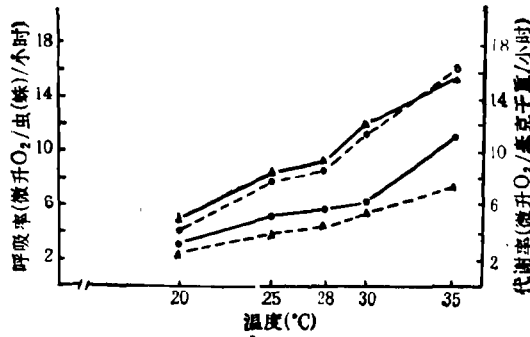


图5 雌成蛛及短翅褐飞虱雌成虫呼吸率、代谢率与温度的关系

△—△ 雌成蛛代谢率    ○—○ 短翅褐飞虱雌成虫代谢率    △---△ 雌成蛛呼吸率  
 ○---○ 短翅褐飞虱雌成虫呼吸率

表2 八斑球腹蛛雌成蛛 (A<sub>2</sub>) 捕食褐飞虱 3 龄若虫 (L<sub>3</sub>) 过程中的耗氧量(微升 O<sub>2</sub>/小时)

处理	a	b	c	d	$\frac{a}{d} = 1.81$ $\frac{(a-c)}{b} = 5.21$ $\frac{(a-b)}{c} = 1.95$
	1头 A <sub>2</sub> 捕食 32头 L <sub>3</sub>	1头 A <sub>2</sub>	32头 L <sub>3</sub>	1头 A <sub>2</sub> 与 32头 L <sub>3</sub> 代数和	
耗氧量 ( $\bar{X} \pm S_D$ )	84.96 ± 5.91	8.80 ± 2.47	39.12 ± 5.72	46.75 ± 5.25	

表3 在 30℃ 时,褐飞虱和八斑球腹蛛的呼吸商 (RQ)、耗氧量(微升)和耗能量(焦耳)

项目	种类	虫态					长翅雄成虫或雌成蛛	短翅雌成虫	长翅雌成虫	饥饿处理雌成蛛	供食处理雌成蛛
		1 龄	2 龄	3 龄	4 龄	5 龄					
呼吸商	褐飞虱	0.856	0.934	0.916	0.895	0.891	0.852	0.915	0.875		
	八斑球腹蛛	0.800	0.782	0.805	0.822		0.845			0.829	0.867
耗氧量	褐飞虱	18.37	29.82	61.17	129.60	500.63	3459.69	3850.42	4233.31		
	八斑球腹蛛	4.40	95.34	117.40	126.86		4035.31			2069.28	5619.69
耗能量	褐飞虱	0.36	0.61	1.26	2.67	10.30	67.72	79.25	87.13		
	八斑球腹蛛	0.09	1.91	2.36	2.55		78.99			40.51	110.01

别为 0.85—0.94 和 0.74—0.87; 且褐飞虱的 RQ 值高于相应发育阶段的八斑球腹蛛; 供食处理的球腹蛛雌成蛛 RQ 值高于饥饿处理的。

2. 实验室呼吸耗能估计 每一种生物生长发育的有效积温为一常数。现以 30℃ 恒温下褐飞虱和八斑球腹蛛呼吸率和发育历期的资料, 来估计它们静止活动时的耗氧量和呼吸耗能量。

成虫(蛛)期的耗氧量运用累加法估计。若虫期和幼蛛期的耗氧量则使用积分法估计。

$$I_1 = \int_{x_1}^{x_2} f(X) dX$$

其中: 若虫期  $f(X) = 24 \times 0.1398e^{0.3675X}$  (微升  $O_2$ /虫/天)

幼蛛期  $f(X) = 24 \times 0.1036X^{0.7822}$  (微升  $O_2$ /蛛/天)

$I_i$  为第  $i$  龄的耗氧量(微升);  $X_i$ 、 $X_i$  分别为自孵化后算起, 第  $i$  龄所经过的发育天数始末时期。

褐飞虱和八斑球腹蛛各发育阶段的耗氧量估计值见表 3。根据它们的呼吸商 RQ 值, 查 Southwood (1978) 热当量表, 求得褐飞虱和八斑球腹蛛各发育阶段的氧卡系数, 即可估计出它们在实验室条件下的呼吸耗能量(见表 3)。

由表 3 可知: 成虫(蛛)期是主要的呼吸耗能时期, 低龄若虫和幼蛛耗能甚微。如褐飞虱若虫至长翅雌成虫期呼吸耗能 112.33 焦耳, 若虫期仅占 13.53%; 其中 1—3 龄若虫仅占若虫期的 14.69%。八斑球腹蛛幼蛛至雌成蛛期呼吸耗能为 116.91 焦耳, 幼蛛仅占 5.95%。雌成蛛供食处理的耗能量为饥饿处理的 2.71 倍。

## 讨 论

### 一、八斑球腹蛛饥饿后的呼吸代谢特点

八斑球腹蛛饥饿一段时间后, 将改变其活动行为, 由原来的积极搜索猎物转变为静止地“等待”。因而其代谢率迅速降低, 以后基本稳定在脱皮后第二天的 50% 左右水平上。这样可以减少呼吸耗能, 延长其寿命, 这是捕食性蜘蛛的一个重要生态对策。

### 二、褐飞虱翅型分化问题

关于褐飞虱翅型分化的临界期, 大多数学者认为是在 3 龄(王希仁等, 1981; 邹运鼎, 1984), 也有人认为是在 1 龄(张增全, 1983)或在 3 龄以前(朱绍先等, 1984)。从褐飞虱整个若虫期代谢率研究来看, 3 龄若虫期的代谢率出现一个明显的高峰。这是由于该龄期体内 RNA 和蛋白质不断合成, 成虫器官芽细胞在临界期的迅速增长, 导致呼吸代谢增加的结果。我们认为以 3 龄作为褐飞虱翅型分化临界期是合理的。

### 三、田间呼吸耗能的推算

田间呼吸耗能与实验室测定值的差异主要是动物在田间活动力强和田间温度波动大这二个方面 (Albert, 1983)。它可通过实验室测定值乘以修正系数来估计 (Albert, 1983; Cairns, 1982; Humphreys, 1977)。假定八斑球腹蛛对褐飞虱的捕食作用以及田间温度波动  $\pm 5^\circ C$  等影响呼吸代谢因子是相互独立的, 且在田间以 50% 概率发生。则由这些因子变化的中值, 可估计出褐飞虱和八斑球腹蛛的田间呼吸耗能修正系数分别为 1.3865 和 2.5008。该值与前人报道的昆虫和蜘蛛田间呼吸耗能修正系数值 (Albert, 1983; Cairns, 1982; Humphreys, 1977) 基本一致, 以此可推算田间呼吸耗能量。

## 参 考 文 献

- 王希仁、张灿东 1981 稻褐虱翅型分化因子的探讨。昆虫知识 18(4): 145—8。  
 朱绍先等 1984 稻飞虱及其防治。上海科学技术出版社。  
 邹运鼎 1984 褐飞虱若虫生长速率及能量物质动态。昆虫知识 21(3): 99—102。  
 吴坤君、龚佩瑜 1984 棉铃虫的呼吸代谢。昆虫学报 27(2): 128—33。  
 吴坤君等 1985 棉铃虫成虫期的呼吸代谢及其能量消耗。生态学报 5(2): 147—55。  
 张增全 1983 褐飞虱翅型分化的研究。昆虫学报 26(3): 260—70。

- 罗河清等译 1978 Southwood, T. R. E. 著 生态学研究方法——适用于昆虫种群的研究。科学出版社。
- Albert, A. M. 1983 Estimation of oxygen consumption of *Lithobiid* field populations from laboratory measurement. *Oecologia* (Berl.) 56: 280—91.
- Bauman, T. R. et al. 1978 Respiratory rate of the organpipe mud-dauber *Trypoxylon politum* (Hymenoptera: Sphecoidae). *Ann. Ent. Soc. Am.* 71(6): 869—975.
- Cairns, S. C. 1982 Growth energetics in relation to temperature of the larvae of *Rhoepa verreauxi*. *Oecologia* (Berl.) 54: 32—40.
- Humphreys, W. F. 1977 Respiratory studies on *Geolycosa godeffroyi* and their relationship to field estimation of metabolic heat loss. *Camp. Biochem.* 57: 255—63.
- Miyashita, K. 1969 Effects of locomotory temperature and hunger on respiratory of *Lycosa T-insignita* Boes. et str. (Araneae: Lycosidae). *Appl. Ent. Zool.* 4(3) 105—13.
- Steele, J. E. 1976 Hormonal control of metabolism in insects. pp. 239—324. in: Advance in Insect Physiology. Vol. 12. Academic Press Inc. (London) Ltd
- Tanaka, K. & Y. Ito. 1982 Decrease in respiratory rate in a wolf spider, *Pardosa asstrigera* (L. Koch), under starvation. *Res. Popul. Ecol.* 24: 360—74.

## THE RESPIRATORY METABOLISM AND ENERGY EXPENDITURE OF THE BROWN PLANTHOPPER *NILAPARVATA LUGENS* AND THE SPIDER *THERIDION OCTOMACULATUM*

GE FENG CHEN CHANG-MIN

(Department of Plant Protection, Hunan Agricultural College, Changsha)

The rates of respiration of the brown planthopper *Nilaparvata lugens* and the spider *Theridion octomaculatum* were determined with Warburg respirometer at 30°C. The influence of various factors such as the developmental stage, sex and brachyptery in the planthopper and predation in the spider was studied. Based on the data obtained in the laboratory the energy expenditures of these two species under different conditions were estimated.

**Key words** *Nilaparvata lugens*—*Theridion octomaculatum*—respiratory metabolism—energy expenditure