

# 拟环纹狼蛛对褐飞虱的捕食作用及其模拟模型的研究 III. 选择捕食作用\*

周集中\*\* 陈常铭

(湖南农学院, 长沙)

## 摘 要

本文研究了拟环纹狼蛛雌成蛛对褐飞虱、稻纵卷叶螟的选择捕食作用。在不同猎物类型共存和不同总猎物密度下, 测定了捕食者对猎物的喜好性和转换行为, 分析了捕食者对猎物的功能反应形式, 喜好性和转换行为与共存猎物种类、数量之间的关系, 建立了在多种猎物类型共存时, 雌成蛛对猎物的总捕食作用方程及对每一种猎物类型的捕食作用方程。室内验证实验表明: 所建立的捕食作用方程具有一定的描述能力。

在研究多食性捕食者对猎物的选择捕食作用时必须了解: (1) 捕食者对各种猎物的喜好性 (preference) 和转换行为 (switching) 以及导致喜好性和转换行为的机制; (2) 在多种猎物共存时, 捕食者对各种猎物类型的功能反应类型; (3) 捕食者对猎物的总捕食作用及变化趋势; (4) 捕食者对各种猎物的捕食比例, 建立多种猎物共存时捕食者对各种猎物的捕食作用方程。

李超等 (1982) 提出了描述单种捕食者对多种猎物的总捕食作用方程:

$$N_a' = \frac{I \sum_{i=1}^n a_i F_i \sum_{i=1}^n N_i}{1 + \sum_{i=1}^n a_i F_i \sum_{i=1}^n T_{h_i} F_i \sum_{i=1}^n N_i} \quad (1)$$

式中  $a_i$ ,  $T_{h_i}$  分别为捕食者对第  $i$  种猎物的寻找效率 (searching efficiency) 或攻击率 (attack rate) 和处置时间;  $T$  表示捕食者总可利用时间;  $N_i$  表示第  $i$  物种数量;  $N_a'$  表示总捕获猎物数量,  $F_i$  表示环境中第  $i$  种猎物比例。

Ivlev (1961) 提出了测定多种猎物共存时, 捕食者对各种猎物的喜好性方程:

$$Q_i = \frac{1 + c_i}{1 - c_i} F_i \quad (2)$$

作者 (1987) 提出了测定多种猎物共存时, 捕食者对各种猎物的转换行为方程:

\* 本文系中国科学院科学基金会资助课题内容之一。承中国科学院动物研究所丁岩钦研究员指教, 特此志谢。

\*\* 现在中国科学院动物研究所学习。

本文于1985年2月7日收到。

$$Q_i = \frac{1 + c_i'}{1 - c_i'} - F_i s_{i+1} \quad (3)$$

上两式中,  $Q_i$  表示捕食者对第  $i$  种猎物的捕食比例;  $C_i$  表示喜好性, 当  $C_i = 0$  时, 表示捕食者对第  $i$  种猎物没有喜好性, 当  $0 < C_i < 1$  时, 表示捕食者对第  $i$  种猎物有正喜好性, 当  $-1 < C_i < 0$  时, 表示捕食者对第  $i$  种猎物有负喜好性。  $C_i'$  表示伪喜好性。  $s_i$  表示转换行为, 当  $s_i = 0$  时, 表示捕食者对第  $i$  种猎物没有转换行为; 当  $s_i > 0$  时, 表示捕食者对第  $i$  种猎物有正转换行为; 当  $-1 < s_i < 0$  时, 表示捕食者第  $i$  种猎物有负转换行为。

在稻田生态系统内, 拟环纹狼蛛 (*Lycosa pseudoannulata*) 不但捕食褐飞虱 (*Nilaparvata lugens*), 而且捕食稻纵卷叶螟 (*Cnaphalocrocis medinalis*) 等多种害虫。我们在拟环纹狼蛛对褐飞虱功能反应研究的基础上, 进一步研究了拟环纹狼蛛对褐飞虱, 稻纵卷叶螟的选择捕食作用, 以便为农田生态系统管理提供理论依据。

## 一、材料和方法

### 一、实验设计

1) 两种猎物共存 采用褐飞虱二龄若虫 ( $N_1$ ) 和稻纵卷叶螟二龄幼虫 ( $N_2$ ), 总猎物密度分别固定为 30、60 或 120 头, 在每一总猎物密度下, 每种猎物占总猎物密度的比例变化为 0.167、0.333、0.5、0.667、0.833。两种猎物密度呈互补状态变化。

2) 3 种年龄猎物共存 采用褐飞虱二龄若虫、五龄若虫和短翅型成虫, 总猎物密度固定为 60。3 种年龄猎物密度呈互补状态变化, 具体实验安排见表 1。

表 1 3 种年龄猎物共存时实验处理安排

Table 1 The experimental arrangement when in the coexistence of three prey-age types for *Nilaparvata lugens*

| 二龄若虫<br>( $N_1$ ) | 五龄若虫<br>( $N_2$ ) | 短翅型成虫<br>( $N_3$ ) | 二龄若虫<br>( $N_1$ ) | 五龄若虫<br>( $N_2$ ) | 短翅型成虫<br>( $N_3$ ) |
|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| 5                 | 5                 | 50                 | 15                | 15                | 30                 |
| 5                 | 50                | 5                  | 15                | 30                | 15                 |
| 50                | 5                 | 5                  | 30                | 15                | 15                 |
| 20                | 20                | 20                 |                   |                   |                    |

3) 2 种猎物 4 种年龄共存 采用褐飞虱二、五龄若虫、稻纵卷叶螟二、四龄幼虫。总猎物密度固定为 60, 4 种年龄猎物密度呈互补状态变化, 具体实验安排见表 2。

### 2. 实验材料, 设备及方法

1) 实验材料 1984 年 7 月下旬从湘阴采回雌成蛛, 放在大试管和大笼罩内饲养。实验前饱食 1 天, 然后禁食 2 天。

从大田采回褐飞虱雌成虫, 放在盆栽禾苗上产卵, 饲养得到二、五龄若虫。从大田网捕稻纵卷叶螟成虫, 放在蜡纸上产卵, 卵孵化后, 将初孵幼虫接入瓶装的苗叶上, 饲养得到二、四龄幼虫。必要时, 从大田采集部分四龄幼虫。

表2 四种年龄猎物共存时实验处理安排

Table 2 The experimental arrangement when in the coexistence of four prey-age types for two instar nymphs of *Nilaparvata lugens* and two instar larvae of *Cnaphalocrosis medinalis*

| <i>N.l.</i><br>二龄若虫*<br>( $N_1$ ) | <i>N.l.</i><br>五龄若虫<br>( $N_2$ ) | <i>C.m.</i><br>二龄幼虫*<br>( $N_3$ ) | <i>C.m.</i><br>四龄幼虫*<br>( $N_4$ ) | <i>N.l.</i><br>二龄若虫<br>( $N_1$ ) | <i>N.l.</i><br>五龄若虫<br>( $N_2$ ) | <i>C.m.</i><br>二龄幼虫<br>( $N_3$ ) | <i>C.m.</i><br>四龄幼虫<br>( $N_4$ ) |
|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 5                                 | 5                                | 5                                 | 45                                | 10                               | 10                               | 10                               | 30                               |
| 5                                 | 5                                | 45                                | 5                                 | 10                               | 10                               | 30                               | 10                               |
| 5                                 | 45                               | 5                                 | 5                                 | 10                               | 30                               | 10                               | 10                               |
| 45                                | 5                                | 5                                 | 5                                 | 30                               | 10                               | 10                               | 10                               |
| 15                                | 15                               | 15                                | 15                                |                                  |                                  |                                  |                                  |

\* *N.l.C.m.* 分别为褐飞虱和稻纵卷叶螟拉丁文学名的缩写。

2) 实验容器和方法 在直径17厘米的陶钵内, 盛2/3的泥土, 植1丛禾, 约10株左右, 土面上覆盖塑料薄膜, 罩上10.6×33.6厘米的玻璃筒。玻璃筒上口用纱布盖住, 然后接入定量的各种猎物和1头雌成蛛, 24小时后记载各种猎物的存活数, 每个处理4次重复以上。对褐飞虱二龄若虫和稻纵卷叶螟二龄幼虫, 设不放雌成蛛的对照处理。实验均在24—32℃的室内条件下进行。

3) 验证实验 在33×10.5厘米的塑料盆内, 内竖8丛禾, 每丛不用湿棉球保湿, 盆的上口用纱布盖住; 将狼蛛和猎物接入盆内24小时后, 记载各种年龄猎物的存活数。各实验均设3个重复, 1个对照。

3种年龄猎物共存: 在塑料盆内, 首先分别接入褐飞虱二、五龄若虫, 稻纵卷叶螟二、四龄幼虫各75头, 然后接入雌成蛛5头。

4) 参数估计 制图和数值模拟在Sharp PC-1500计算机上进行。

## 二、结果与分析

### 1. 多种猎物共存时, 雌成蛛对各种猎物的捕食比例

用方程(2)、(3)配合各种猎物共存情形的选择捕食实验资料, 其结果见表3。

从表3中决定系数一栏可知: 方程(3)能很好地描述各种猎物类型共存情形下的选择捕食实验结果。通过统计检验可知: 在两种猎物共存情形下, 拟环纹狼蛛对褐飞虱二龄若虫和稻纵卷叶螟二龄幼虫均没有喜好性。3种年龄猎物共存时, 雌成蛛对褐飞虱二龄若虫有负喜好性, 对短翅成虫有正喜好性, 对五龄若虫没有喜好性。4种年龄猎物共存时, 对褐飞虱五龄若虫有正喜好性, 对其余几种年龄猎物没有喜好性。把褐飞虱二、五龄若虫、稻纵卷叶螟二、四龄幼虫综合起来分析, 雌成蛛对褐飞虱有正喜好性, 对稻纵卷叶螟有负喜好性。

3种年龄猎物共存时, 雌成蛛对褐飞虱二龄若虫有正转换行为, 对短翅成虫有负转换行为。转换行为是否存在与猎物绝对数量有关, 2种猎物共存, 总猎物密度为30时, 雌成蛛对褐飞虱二龄若虫不存在转换行为, 在总猎物密度为120时, 对褐飞虱二龄若虫存在转换行为。从表3还可知道: 喜好性与负转换行为, 负喜好性与正转换行为相对应, 但二者并不存在绝对量的对应关系。

表3 拟环纹狼蛛对各种猎物的喜好性和转换程度

Table 3 The preference and switching of *Lycosa pseudoannulata* to various prey types

| 共存猎物种类             | 总猎物密度 | 猎 物                | 喜 好 性<br>( $c_i$ ) | 伪喜好性<br>( $c_i'$ ) | 转换程度<br>( $s_i$ ) | 决定系数<br>( $r^2$ ) |
|--------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| 2 种 猎 物<br>共存      | 30    | <i>N.l.</i> 二龄若虫   | -0.029697          | -0.012472          | -0.101330         | 0.98              |
|                    |       | <i>C.m.</i> 二龄幼虫   | -0.062505          | 0.080919           | 0.349605          | 0.95              |
|                    | 60    | <i>N.l.</i> 二龄若虫   | 0.043644           | -0.008366          | -0.125019*        | 0.99              |
|                    |       | <i>C.m.</i> 二龄幼虫   | -0.038354          | -0.015298          | 0.055406          | 0.99              |
|                    | 120   | <i>N.l.</i> 二龄若虫   | -0.052520          | 0.034461           | 0.209337*         | 0.99              |
|                    |       | <i>C.m.</i> 二龄幼虫   | 0.009059           | 0.048564           | 0.094950          | 0.99              |
| 3 种 年 龄<br>猎 物 共 存 | 60    | <i>N.l.</i> 二龄若虫   | -0.338576*         | 0.029020           | 0.581607*         | 0.98              |
|                    |       | <i>N.l.</i> 五龄若虫   | -0.034037          | -0.052222          | -0.026052         | 0.97              |
|                    |       | <i>N.l.</i> 短翅型成虫  | 0.246092*          | -0.007408          | -0.382185*        | 0.94              |
| 4 类 年 龄<br>猎 物 共 存 | 60    | <i>N.l.</i> 二龄若虫   | -0.117599          | 0.027706           | 0.182153          | 0.84              |
|                    |       | <i>N.l.</i> 五龄若虫   | 0.180980*          | 0.083843           | -0.121003         | 0.88              |
|                    |       | <i>C.m.</i> 二龄幼虫   | -0.058842          | -0.080063          | -0.024067         | 0.90              |
|                    |       | <i>C.m.</i> 四龄幼虫   | -0.161338          | -0.020257          | 0.185604          | 0.71              |
|                    |       | <i>N.l.</i> 二、五龄若虫 | 0.057531*          | 0.057514           | -0.000465         | 0.96              |
|                    |       | <i>C.m.</i> 二、四龄幼虫 | -0.115099*         | 0.00205            | 0.283251          | 0.93              |

\* 表示在  $\alpha = 0.05$  水平上, 喜好性或转换行为与零假设 ( $c_i = 0$  或  $s_i = 0$ ) 比较, 统计检验显著。

## 2. 多种猎物共存时, 雌成蛛对猎物的总捕食作用

在 2 种猎物共存时, 雌成蛛总捕获猎物数量随褐飞虱二龄若虫密度增加而缓慢下降; 3 种年龄猎物共存时, 总捕获猎物数量随短翅成虫密度增加而下降; 4 种年龄猎物共存时, 总捕获猎物数量随褐飞虱五龄若虫密度增加而增加 (图 1)。

雌成蛛对稻纵卷叶螟二、四龄幼虫的功能反应也为 II 型反应。根据雌成蛛对褐飞虱和稻纵卷叶螟的功能反应参数, 方程 (1) 的计算值与观察十分吻合 (图 1)。因而, 可用方程 (1) 来预测多种猎物类型共存时, 雌成蛛对褐飞虱和稻纵卷叶螟的总捕食数量。

## 3. 多种猎物类型共存时, 雌成蛛对各种猎物类型的功能反应

把方程 (1) 和方程 (3) 相乘得到:

$$N_{a_i} = \frac{T \sum_{i=1}^n a_i F_i \sum_{i=1}^n N_i}{(1 + \sum_{i=1}^n a_i F_i \sum_{i=1}^n T_{h_i} \sum_{i=1}^n N_i)} \cdot \frac{1 + c_i'}{1 - c_i'} F_i s_i + 1 \quad (4)$$

其中  $N_{a_i}$  表示捕食者捕获第  $i$  种猎物的数量。

1) 猎物密度呈互补状态变化时, 雌成蛛对各种猎物类型的功能反应 根据功能反应参数和表 3 中选择捕食实验结果, 方程 (4) 的计算值与观察值十分吻合 (图 2—4)。因此, 可用方程 (4) 来预测多种年龄猎物共存时, 雌成蛛对各种年龄猎物的总捕食数量。

在多种年龄猎物共存时, 雌成蛛对猎物的功能反应形式发生了变化, 除两种猎物共存、总猎物密度为 30、60 时, 雌成蛛对褐飞虱二龄若虫的功能反应, 以及 3 种年龄猎物共存时,

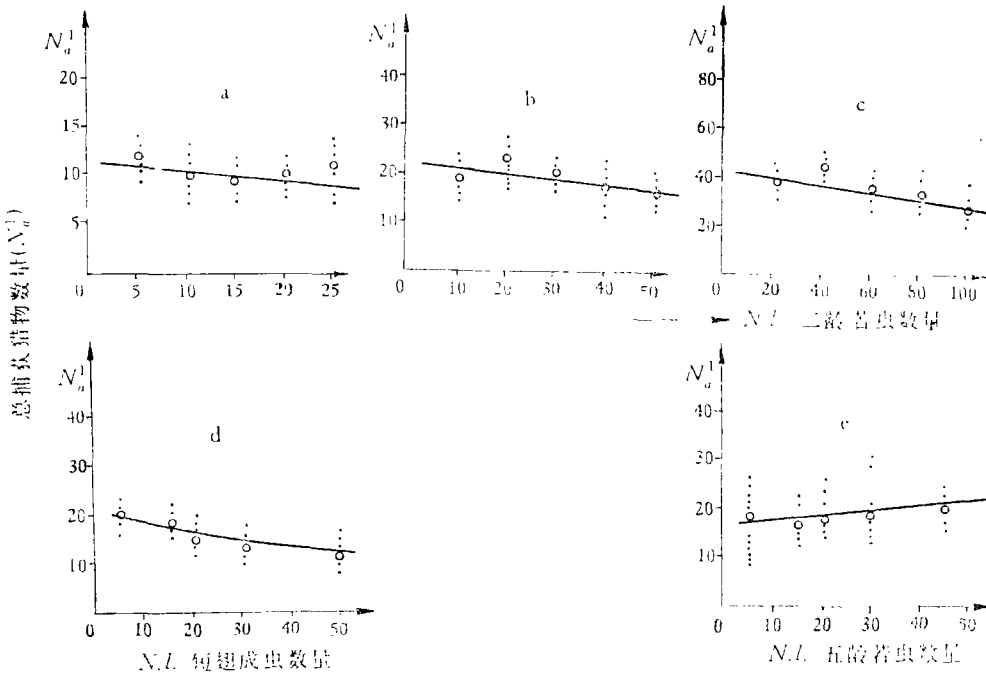


图1 多种猎物共存时，雌成蛛对猎物的总捕获数量。点为实验结果，空心圆为实验结果的平均数，曲线为方程(1)的计算结果。(a)、(b)、(c)分别为2种猎物共存，总猎物密度为30、60和120时的实验结果；(d)、(e)分别为3种年龄猎物和4种年龄猎物共存时的实验结果。

Fig. 1 The total no. of prey captured by the female adult spider in the coexistence of multi-prey types. Each dot is the experimental result. Each open circle is the mean of the experimental result. Each curve is drawn through the result computed from eqn(1). Fig. 1(a)-(c) illustrate the experimental results in the total prey no. of 30, 60 and 120 when in the coexistence of two prey species, respectively. Fig. 1(d) and (e) show the experimental results when in the coexistence of three prey-age types and in the coexistence of four prey-age types, respectively.

其中(where):

- N.l.* 二龄若虫(*N.l.* instar II):  $a = 0.315184, T_h = 0.012303$ ;
- N.l.* 五龄若虫(*N.l.* instar V):  $a = 0.695976, T_h = 0.020467$ ;
- N.l.* 短翅成虫(*N.l.* brachypterous adult):  $a = 0.921026, T_h = 0.06824$ ;
- C.m.* 二龄幼虫(*C.m.* instar II):  $a = 0.393026, T_h = 0.002063$ ;
- C.m.* 四龄幼虫(*C.m.* instar IV):  $a = 0.479203, T_h = 0.04072$ .

雌成蛛对短翅成虫的功能反应，仍为Ⅱ型反应外，其余均为Ⅲ型反应。

2) 一种猎物密度变化，其他种猎物密度固定时，雌成蛛对该种猎物的功能反应 当一种年龄猎物密度变化，其他年龄猎物密度固定时，雌成蛛对该种年龄猎物的功能反应为Ⅱ型反应，Ⅱ型反应的典型性随着他种年龄猎物密度固定的数量增加而下降(图5)。因此，替代猎物的存在及其数量与功能反应形式有密切关系。

由上述分析可以推测：在拟环纹狼蛛生境中，当褐飞虱、稻纵卷叶螟两者某一种发生量极小时，雌成蛛对另一种害虫的功能反应可能为Ⅱ型反应；而当某一种害虫发生量较大，或者两种害虫总数基本上保持不变时，雌成蛛可能对另一种害虫产生密度制约死亡，功能反应可能为Ⅲ型反应。

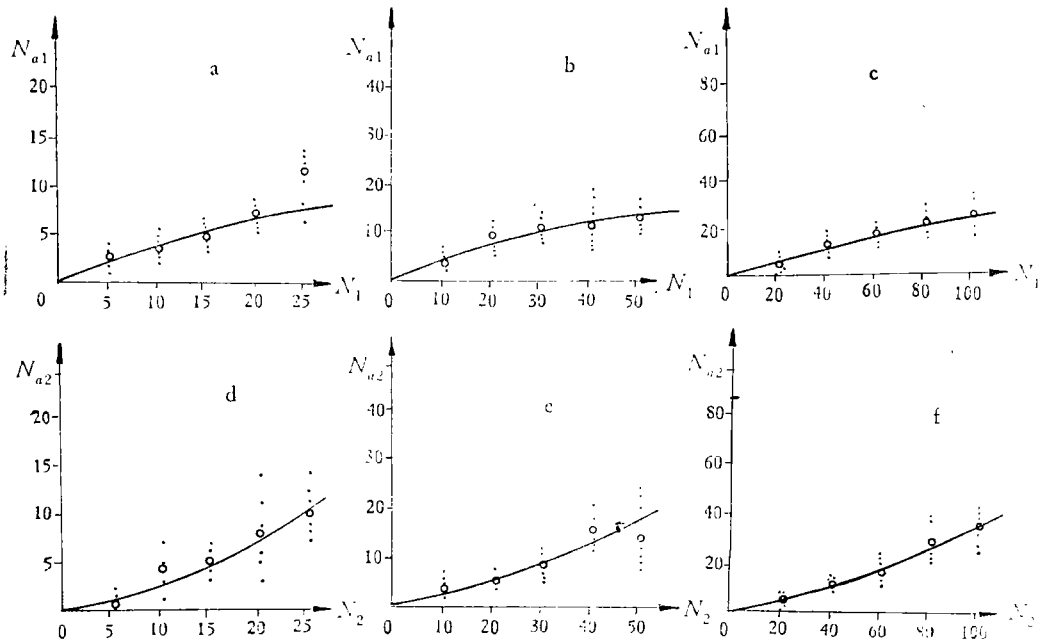


图 2 2 种猎物共存时，雌成蛛对各种猎物的功能反应，点为实验结果，空心圆圈为实验结果的平均数，曲线为方程 (4) 的计算结果。各参数数值见图 1 说明和表 3。(a)、(b)、(c) 分别为总猎物密度 30、60、120 时，对褐飞虱二龄若虫( $N_1$ ) 的捕食量；(d)、(e)、(f) 分别为总猎物密度 30、60、120 时，对稻纵卷叶螟二龄幼虫( $N_2$ ) 的捕食量。图 2，图 3 和图 4 中的  $N_i$ ， $N_{a i}$  的意义随猎物共存的种类不同而异，可参看试验安排。

Fig. 2 The functional responses of the female adult spider to various prey types when in the coexistence of two prey species. Each dot is the experimental result. Each open circle is the mean of the experimental results. Each curve is drawn through the result computed from eqn(4). The values of the parameters in eqn (4) can be seen in Fig. 1 and Table 3. Fig. 2(a)—(c) illustrate the no. of  $N_1$  instar I ( $N_1$ ) captured in the total prey no. of 30, 60 and 120, respectively. Fig. 2(d)—(f) illustrate the no. of  $C.m.$  instar II ( $N_2$ ) captured in the total prey no. of 30, 60 and 120, respectively. The meanings of  $N_i$  and  $N_{a i}$  in Fig. 2—4 vary as the coexistent prey types and refer to the experimental arrangements before.

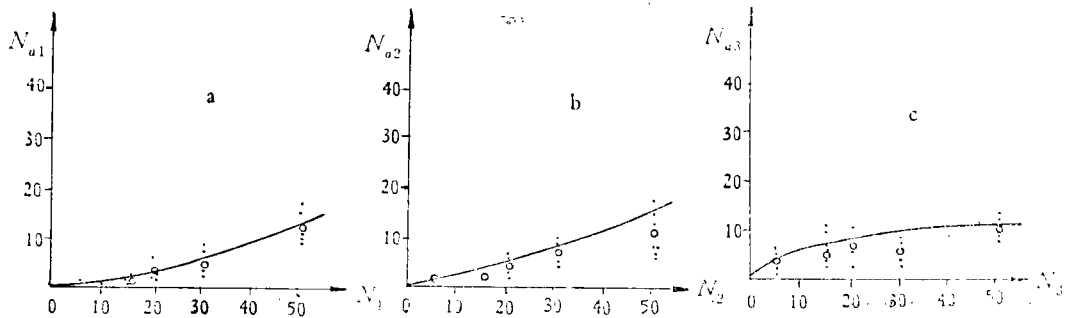


图 3 3 种年龄猎物共存时，雌成蛛对各年龄猎物类型的功能反应。(a)  $N.l.$  二龄若虫( $N_1$ )；(b)  $N.l.$  五龄若虫( $N_2$ )；(c)  $N.l.$  短翅型成虫( $N_3$ ) 余同图 2 说明。

Fig. 3 The functional responses of the female adult spider to various prey-age types when in the coexistence of three prey-age types. (a)  $N.l.$  instar II ( $N_1$ )；(b)  $N.l.$  instar V ( $N_2$ ) (c)  $N.l.$  brachypterous adult ( $N_3$ ). The rest can be seen in Fig. 2.

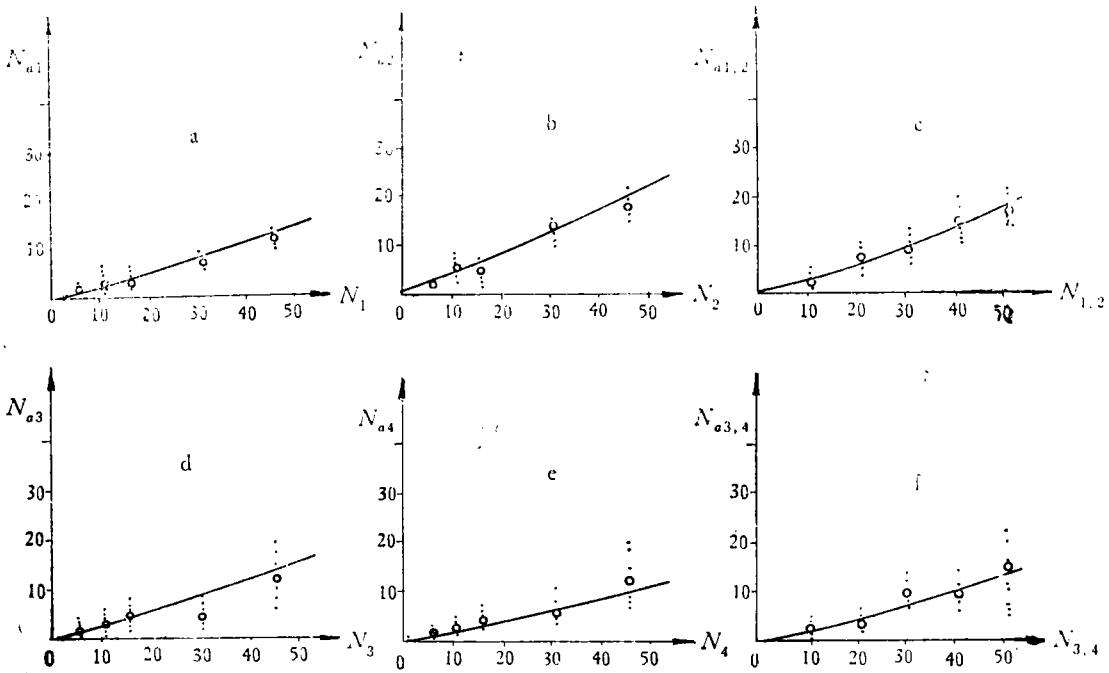


图4 4种年龄猎物共存时,雌成蛛对各年龄猎物的功能反应。(a) *N.l.* 二龄若虫( $N_1$ ); (b) *N.l.* 五龄若虫( $N_2$ ); (c) *N.l.* 二、五龄若虫( $N_{1,2}$ ); (d) *C.m.* 二龄幼虫( $N_3$ ); (e) *C.m.* 四龄幼虫( $N_4$ ); (f) *C.m.* 二、四龄幼虫( $N_{3,4}$ )。余同图2说明。

Fig. 4 The functional responses of the female adult spider to various prey-age types when in the coexistence of four prey-age types. (a) *N.l.* instar II ( $N_1$ ); (b) *N.l.* instar V ( $N_2$ ); (c) *N.l.* instars II and V ( $N_{1,2}$ ); (d) *C.m.* instar II ( $N_3$ ); (e) *C.m.* instar IV ( $N_4$ ); (f) *C.m.* instars II and IV ( $N_{3,4}$ ). The rest can be seen in Fig. 2.

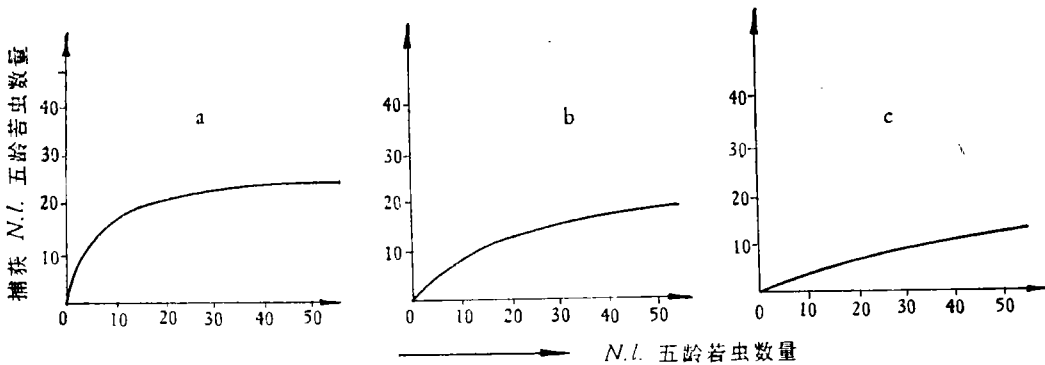


图5 一种年龄猎物密度变化,其他3种年龄猎物密度固定时,用方程(4)计算的雌成蛛对该种年龄猎物的功能反应。(a)、(b)、(c)分别为其他3种年龄猎物固定为5、20或60时,雌成蛛对褐飞虱五龄若虫的功能反应。

Fig. 5 When the density of a certain prey-age type varies and the density of the other three prey-age types is fixed, the functional responses of the female adult spider to this prey-age type are computed from eqn(4). Fig. 5(a)–(c) show the functional responses of the female adult spider to *N.l.* instar V when the fixed no. of the other three prey-age types is 5, 20 or 60, respectively.

4. 捕食作用率

1) 捕食作用率与猎物种类及其数量的关系 捕食者对猎物的捕食作用率与猎物共存种类

及相对丰盛度有关。方程(4)的模拟结果表明：随着猎物相对丰盛度提高，捕食者对该种猎物的捕食作用率提高；随着总猎物密度增加，捕食作用率下降。这意味着随着某种猎物发生量增大，捕食者对该种猎物的捕食作用增加。同时可看到，对五龄若虫的捕食作用率在3种年龄猎物共存和4种年龄猎物共存的结果是不同的；雌成蛛捕食褐飞虱的捕食作用率要大于捕食稻纵卷叶螟的捕食作用率(图6)。

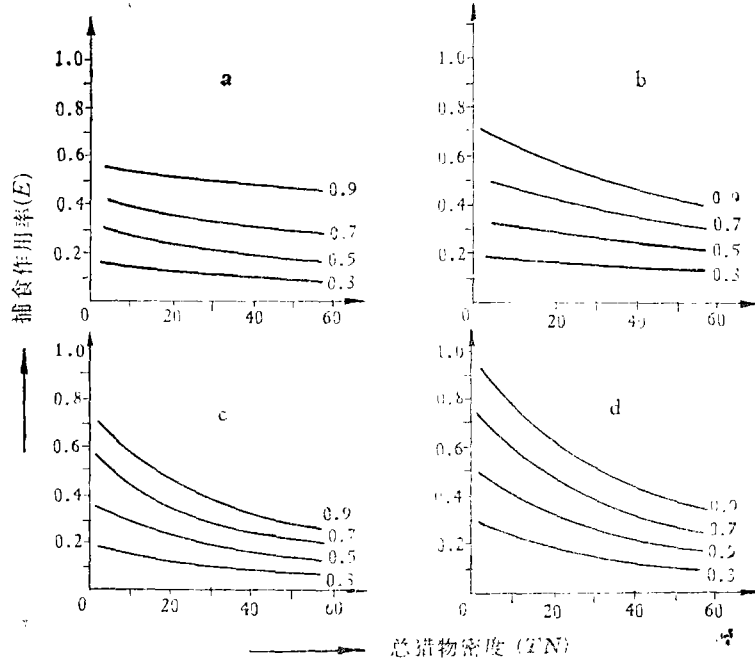


图6 捕食作用率与共存猎物种类、数量之间的关系。曲线为方程(4)和 $E = N_a / (N \cdot P)$ 的计算结果，曲线旁边的数值为某一猎物的比例(a)、(b)分别为3种年龄猎物共存和4种年龄猎物共存时，雌成蛛对褐飞虱五龄若虫的捕食作用率；(c)、(d)分别为4种年龄猎物共存时雌成蛛对C.m.二、四龄幼虫和N.l.二、五龄若虫的捕食作用率。

Fig. 6 The relations between the efficiency of predation and the coexistent prey types and their numbers. Each curve is drawn through the result from equ(4) and  $E = N_a / (N \cdot P)$ . The number beside each curve is the proportion of a certain prey type. Fig. 6(a) and (b) show the efficiency of predation of the female adult spider to N. l. instar V in the coexistence of three prey-age types and in the coexistence of the four prey-age types respectively. Fig. 6(c) and (d) illustrate the efficiency of predation of the female adult spider to C.m. instars II and IV and to N.l. instars II and V when in the coexistence of four prey-age types.

2) 捕食作用率与捕食者数量之间的关系 根据Hassell 和Rogers(1972)的模型

$$N_a = adTP^{1-m} / (1 + aT_h N) \tag{5}$$

(式中 $N_a$ 为捕获猎物数， $N$ 为猎物密度， $P$ 为捕食者数量， $a$ 为寻找效率(或攻击率)， $T_h$ 为处置时间， $m$ 为干扰参数， $T$ 为捕食者总可利用时间， $d$ 为常数)。

由方程(4)可推得：

$$N_{a_i} = \frac{TdP^{1-m} \sum_{i=1}^n a_i F_i \sum_{i=1}^n N_i}{(1 + \sum_{i=1}^n a_i F_i \sum_{i=1}^n T_{h_i} F_i \sum_{i=1}^n N_i)} \cdot \frac{(1 + c_i')}{(1 - c_i')} F_i^{s_i+1} \tag{6}$$



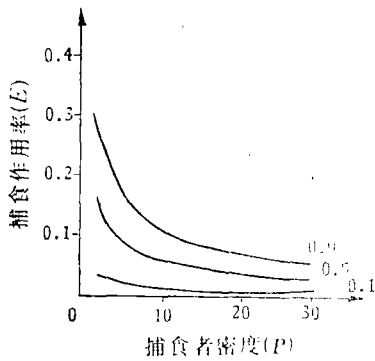


图7 捕食作用率与捕食者密度之间的关系, 曲线为方程(6)和 $E=N_a/(N \cdot P)$ 的计算结果, 总猎物密度为60。曲线旁边的数值为4种年龄猎物共存时N.I.五龄若虫的比例。

Fig. 7 The relations between the efficiency of predation and predator density. Each curve is drawn through the result from equ(6) and  $E=N_a/(N \cdot P)$ . The total prey density is 60. The number beside each curve is the proportion of N.I. instar V when in the coexistence of four prey-age types.

从表4可知, 3种年龄猎物共存时, 方程(6)的理论捕食数与实际捕食数相符; 4种年龄猎物共存时, 除对褐飞虱五龄若虫, 稻纵卷叶螟四龄幼虫的实际捕食数与理论捕食数差异稍大外, 其余也基本吻合。因而, 方程(6)能在一定程度上描述实验条件下雌成蛛对褐飞虱和稻纵卷叶螟的捕食作用。

### 参 考 文 献

- 李超、丁岩钦等 1982 草间小黑蛛对棉铃虫幼虫的捕食作用及其模拟模型的研究。II. 捕食者——多种猎物系统的研究。生态学报2(4):363—373。
- 周集中、陈常铭 1986a 拟环纹狼蛛对褐飞虱的捕食作用及其模拟模型的研究 I. 功能反应。生物防治通报, 2(1): 2—9
- 1986b 拟环纹狼蛛对褐飞虱的捕食作用及其模拟模型的研究 II. 单种捕食者—单种猎物系统的模拟模型及其稳定性分析。生态学报 6(3):238—247。
- 1987 捕食者对猎物选择性的数量测定方法。生态学报, 7(1):50—56。
- Griffiths, D. 1975 Prey availability and the food of predators. *Ecology* 56:1209—1214.
- Hassell, M. P. and H.N. Comins 1978 Sigmoid functional responses and population stability. *Theor. Pop Biol.* 14:62—67.
- Hassell, M. P. and T.R.E. Southwood 1978 Foraging strategies of insects. *Ann. Rev. Syst.* 9:75—98.
- Manly, B.F.J., P., Miller and L.M. Cook, 1972 Analysis of a selective predation experiments. *Am. Nat.* 106:719—735.
- Murdoch, W.W. and J.R. Marks 1973 Predation by coccinellid beetles: Experiments on switching. *Ecology* 54(1):160—167.
- Murdoch, W. W. 1969 Switching in general predators: Experiments on predator specificity and stability of prey populations. *Ecological Monographs* 39(4):335—354.
- Murdoch, W.W. S. Avery and M.E.B. Smith 1975 Switching in predatory fish. *Ecology* 56:1094—1105.
- Murdoch, W.W. and A. Oaten, 1975 Predation and population stability. *Adv. Ecol. Res.* 9:1—131.

方程(6)的数值模拟结果表明: 雌成蛛对褐飞虱五龄若虫的捕食作用随五龄若虫密度增加而增加, 随捕食者密度增加而下降, 在捕食者密度1—4时下降较快。

### 5. 模型验证

塑料盆内验证实验结果见表4。

表4 塑料盆内验证实验结果(头/蛛·天)  
Table 4 The experimental results for test in plastic basin (No./spider.day)

| 3种年龄猎物共存  | 实际捕食数 | 理论捕食数 <sup>1)</sup> | 4种年龄猎物共存 | 实际捕食数 | 理论捕食数* |
|-----------|-------|---------------------|----------|-------|--------|
| N.I.二龄若虫  | 1.78  | 1.62                | N.I.二龄若虫 | 2.58  | 2.17   |
| N.I.五龄若虫  | 2.88  | 2.68                | N.I.五龄若虫 | 3.0   | 3.74   |
| N.I.短翅型成虫 | 4.33  | 4.37                | C.m.二龄幼虫 | 2.41  | 2.32   |
|           |       |                     | C.m.四龄幼虫 | 2.58  | 1.96   |

1) 理论捕食数为方程(6)的计算结果。

其中(when): N.I.五龄若虫(N.I. instar V):  $a = 0.198767$ ,  $T_h = 0.02135$ ,  $m = 0.755815$ ,  $d = 0.85513$   
其他参数值同图2说明。

## PREDATION OF WOLF SPIDER *LYCOSA PSEUDOANNULATA* TO BROWN PLANTHOPPER *NILAPARVATA LUGENS* AND SIMULATION MODELS THERE OF : III SELECTIVE PREDATION

Zhou Jizhong      Chen Changming

(Hunan Agricultural College, Changsha)

In this paper, the selective predation of the female adult spider to both brown planthopper and rice case worm (*Cnaphalocrosis medinalis* Guenée) was simulated. The female adult spider shows positive preference to brown planthopper, and negative preference to rice case worm. The female adult also shows positive switching to the second instar nymph of brown planthopper, and negative switching to the brachypterous adult. But preference and switching to a certain prey type vary as the relative availability and the relative profitability of this prey type. In multi-prey types present, the functional responses of the female adult spider to most prey types become Type III which is mainly caused by the positive switching.

The total amount of prey captured can be described by the following equation.

$$N_a' = T \sum a_i F_i \sum N_i / (1 + \sum a_i F_i \sum T_{h_i} F_i \sum N_i)$$

The amount of the *i*th-prey type captured can be described by the following equation.

$$N_{a_i} = T \sum a_i F_i \sum N_i / (1 + \sum a_i F_i \sum T_{h_i} F_i \sum N_i) \cdot \frac{1 + c_i'}{1 - c_i'} F_i s_i + 1$$

The results of predatory experiments for test carried out in the plastic basin can be predicted by the following equation.

$$N_{a_i} = T \sum a_i F_i \sum N_i dp^{1-m} / (1 + \sum a_i F_i \sum T_{h_i} F_i \sum N_i) \cdot \frac{1 + c_i'}{1 - c_i'} F_i s_i + 1$$