

棉田优势天敌对棉铃虫种群的控制作用

杨益众*, 庞雄飞, 梁广文

(华南农业大学昆虫生态研究室, 广州 510642)

摘要: 采用二次正交回归旋转组合设计及其方程 $Y_a = b_0 + \sum b_{ij}x_i + \sum b_{ij}x_{ij} + \sum b_{ii}x_i^2$ 分别研究了棉田优势天敌类群小花蝽、异色瓢虫、龟纹瓢虫对棉铃虫卵、小花蝽、异色瓢虫、龟纹瓢虫、拟水涯狼蛛对棉铃虫 1~2 龄幼虫和三突花蛛、异色瓢虫、龟纹瓢虫、拟水涯狼蛛对棉铃虫 3~6 龄幼虫的捕食作用。通过对方程的失拟性检验和显著性检验以及对回归系数的显著性检验, 分析了这些捕食性天敌与棉铃虫各虫态之间的相互关系以及捕食性天敌之间的相互关系。

关键词: 棉铃虫; 捕食性天敌; 二次正交回归旋转组合设计

The Control of Cotton Bollworm Population by its Dominant Natural Enemy Complexes

YANG Yi-Zhong, PANG Xiong-Fei, LIANG Guang-Wen (Laboratory of Insect Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(4): 612~617.

Abstract: The interaction between the predatory natural enemies and cotton bollworm was studied in caged conditions. The dominant natural enemy species were *O. similis*, *L. axyridis*, *P. japonica*, on the stage of egg, *O. similis*, *P. japonica*, *L. axyridis*, *D. fimbriatoides*, on the stage of 1~2 instar, *Misumenopus tricuspida*, *P. japonica*, *L. axyridis*, *D. fimbriatoides*, on the stage of 3~6 instar. Each species and cotton bollworm (*Helicoverpa armigera*) were tested in their coexistent systems in caged cotton field. The interaction were analysed by some tests of loss-faulty, significance and regression coefficient.

Key words: cotton bollworm; predators natural enemies; combination design of regression and rotation

文章编号: 1000-0933(2002)04-0612-06 中图分类号: Q968 文献标识码: A

棉田生态系统中捕食棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 的天敌种类甚多, 有瓢虫类、食虫蝽类、蜘蛛类等, 它们对控制棉铃虫种群起到了极其重要的作用。然而, 多种天敌与棉铃虫不同虫态之间以及天敌与天敌之间存在着复杂的食物网关系。本研究旨在探讨棉田主要捕食性天敌与棉铃虫各虫态之间的关系, 为棉铃虫的生态调控提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 棉铃虫卵期

1.1.1 实施步骤 选取的天敌为小花蝽 (*Orius similis*) 成虫、异色瓢虫 (*Leis axyridis*) 成虫、龟纹瓢虫 (*Propylaea japonica*) 成虫; 罩笼为 $50 \times 50 \times 100 \text{cm}^3$ 的 60 目纱笼, 每只纱笼中有现蕾开花期的棉花 2 株 (下同), 将室内棉铃虫产下的第三代卵和饥饿 4~8h 的天敌按试验设计同时放入室外罩笼中, 2d 后检查各处理剩余卵量。试验重复 2 次。

1.1.2 试验设计及参试种群的密度和编码值 试验采用四因子二次正交回归旋转组合设计。其害虫、天敌种群密度和水平编码如表 1。

基金项目: 江苏省教委资助项目

* 现在扬州大学农学院工作, 研究过程中得到钱坤、骆华军、陆赛红、吴刚山等同学的大力帮助, 谨此谢意。

收稿日期: 2000-03-17, 修订日期: 2000-12-10

作者简介: 杨益众 (1960~), 男, 江苏如东人, 博士, 副教授。主要从事昆虫生态与害虫综合治理研究。

1.2 棉铃虫 1~2 龄幼虫期

1.2.1 实施步骤 选取的天敌为小花蝽成虫、龟纹瓢虫成虫、异色瓢虫成虫和拟水涯狼蛛 (*Dolomedes fimbriatoides*) 成蛛。将室内刚孵化的三代棉铃虫幼虫与饥饿 4~8h 的天敌同时接入 $50 \times 50 \times 100 \text{cm}^3$ 的室外纱笼中,4d 后检查各处理剩余幼虫数。试验重复 2 次。

1.2.2 试验设计及参试种群密度和编码值 试验采用 5 因子(1/2 实施)二次正交回归旋转组合设计,其害虫、天敌种群密度和水平编码如表 2。

1.3 棉铃虫 3~6 龄幼虫期

表 2 棉铃虫低龄幼虫期的参试种群密度及编码

Table 2 The population density and code value in larvae of *H. armigera*

编码值 Code	棉铃虫幼虫(x_1) Larvae of <i>H. armigera</i>	小花蝽(x_2) <i>O. similis</i>	龟纹瓢虫(x_3) <i>P. japonica</i>	异色瓢虫(x_4) <i>L. axyridis</i>	拟水涯狼蛛(x_5) <i>D. fimbriatoides</i>
-2	0	0	0	0	0
-1	8	2	1	1	1
0	16	4	2	2	2
1	24	6	3	3	3
2	32	8	4	4	4
x_i	$(x_1-16)/8$	$(x_2-4)/2$	x_3-2	x_4-2	x_5-2

表 1 棉铃虫卵期的参试种群密度及编码

Table 1 The population density and code value in egg of *H. armigera*

编码值 Code	棉铃虫卵(x_1) Egg of <i>H. armigera</i>	小花蝽(x_2) <i>O. similis</i>	异色瓢虫(x_3) <i>L. axyridis</i>	龟纹瓢虫(x_4) <i>P. japonica</i>
-2	0	0	0	0
-1	10	2	1	1
0	20	4	2	2
1	30	6	3	3
2	40	8	4	4
$x_i^{1)}$	$(x_1-20)/10$	$(x_2-4)/2$	x_3-2	x_4-2

1)表中单位为头/2 株,下同

1.3.1 实施步骤 选取的天敌有三突花蛛 (*Misumenopos tricuspidata*) 成蛛、龟纹瓢虫成虫、异色瓢虫成虫和拟水涯狼蛛成蛛 4 种。将室内以棉叶、蕾饲养进入 3 龄期的三代幼虫连同饥饿 4~8h 的天敌一起接入 $50 \times 50 \times 100 \text{cm}^3$ 的室外纱笼中,6d 后检查所有处理笼中剩余幼虫数,重复 2 次。

1.3.2 试验设计及参试种群密度和编码值 以三突花蛛代替表 2 中的小花蝽,种群密度为 0,1,2,3,4, x_i 为 (x_2-2) ,其余同表 2。

1.4 二次正交回归旋转组合设计方程及失拟性、显著性检验

1.4.1 二次正交回归旋转组合设计方程及各项平方和

$$y_a = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ij} x_i x_j + \sum b_{ii} x_i^2$$

$$\text{总平方和 } Q_S = \sum (y_a)^2 - (\sum y_a)^2 / N$$

$$\text{总自由度 } f_S = N - 1$$

$$\text{回归平方和 } Q_R = \sum Q_i + \sum Q_{ij} + \sum Q_{ii}$$

$$\text{回归自由度 } f_R = 2P + P(P-1)/2$$

$$\text{剩余平方和 } Q_{RS} = Q_S - Q_R$$

$$\text{剩余自由度 } f_{RS} = f_S - f_R$$

$$\text{误差平方和 } Q_{Er} = \sum (y_{oi})^2 - (\sum y_{oi})^2 / M_o$$

$$\text{误差自由度 } f_{Er} = M_o - 1$$

$$\text{失拟平方和 } Q_{Lf} = Q_{RS} - Q_{Er}$$

$$\text{失拟自由度 } f_{Lf} = f_{RS} - f_{Er}$$

1.4.2 失拟性检验

$$F_1 = \frac{\text{失拟平方和} / \text{失拟自由度}}{\text{误差平方和} / \text{误差自由度}} = \frac{Q_{Lf} / f_{Lf}}{Q_{Er} / f_{Er}}$$

通过查 F 分布的均方表,当 $F_1 < F_\alpha(f_{Lf}, f_{Er})$ 时,说明失拟在 α 水平上不显著,该二次回归模型无失拟性因素。

1.4.3 显著性检验

$$F_2 = \frac{\text{回归平方和} / \text{回归自由度}}{\text{剩余平方和} / \text{剩余自由度}} = \frac{Q_R / f_R}{Q_S / f_S}$$

当 $F_2 > F_\alpha(f_R, f_S)$ 时,说明回归方程在 α 水平上显著,方程拟合较好。

万方数据

1.5 回归系数的显著性检验

1.5.1 F 检验

F_i = Q_i / (Q_RS / f_RS); F_ij = Q_ij / (Q_RS / f_RS); F_ii = Q_ii / (Q_RS / f_RS)

1.5.2 t 检验

t_i = |b_i| (d_i)^{1/2} / (Q_RS / f_RS)^{1/2}; t_ij = |b_ij| (d_ij)^{1/2} / (Q_RS / f_RS)^{1/2}
t_ii = |b_ii| (d_ii)^{1/2} / (Q_RS / f_RS)^{1/2}

2 结果与分析

2.1 捕食性天敌对棉铃虫卵的作用

试验数据经计算获得下述模型:

y_a = 0.5902 - 0.06125x_1 - 0.02292x_2 + 0.04875x_3 + 0.00958x_4 + 0.00563x_1x_2 + 0.00313x_1x_3 - 0.01813x_1x_4 - 0.00938x_2x_3 + 0.03438x_2x_4 + 0.01188x_3x_4 + 0.02994x_1^2 + 0.01906x_2^2 - 0.05708x_3^2 - 0.03260x_4^2 (1)

根据上述模型,对其进行失拟性检验和显著性检验,结果见表 3。

由此说明,用二次回归方程描述棉铃虫卵与 3 种捕食性天敌之间的关系在 0.01 水平上无失拟因素,且 3 种捕食性天敌之间以及与棉铃虫卵之间存在显著的相互关系。

为此有 F 检验及 t 检验的结果,分别列于表 4、表 5。

表 4 回归系数的 F 检验

Table 4 F-test of coefficient

Table with 4 columns: Regression coefficient, Value of r. coef., Value of F, Significant comparison. Rows include b1, b2, b3, b4, b12, b13, b14, b23, b24, b34, b11, b22, b33, b44.

表 3 二次回归方程的失拟性检验与显著性检验

Table 3 The test of loss-faulty and significance on equation

Table with 4 columns: Variety, Square sum(Q), Degree of freedom(df), Test of loss-faulty and significance. Rows include 总体(S), 剩余(RS), 回归(R), 误差(Er), 失拟(Lf).

表 5 回归系数的 t 测验

Table 5 t-test of coefficient

Table with 4 columns: Regression coefficient, Value of r. coef., t-value, Significant comparison. Rows include b1, b2, b3, b4, b12, b13, b14, b23, b24, b34, b11, b22, b33, b44.

F 测验与 t 测验结果均表明, b1、b3 在 0.05 水平上差异显著。即棉铃虫卵以及异色瓢虫密度的变化对棉铃虫卵本身的存活率有显著的影响。异色瓢虫属较大瓢虫种,活动能力亦强,而小花蝽、龟纹瓢虫属小天

敌种,活动范围偏小。因此,异色瓢虫捕捉棉铃虫卵的作用在同等密度基础上要显著强于小花蝽和龟纹瓢虫。另外,从数学模型(1)的交互项系数可知,棉铃虫卵(x_1)与龟纹瓢虫(x_4)间、小花蝽(x_2)与异色瓢虫(x_3)间的 b_i 值为负值,表明这二二物种间有相互制约作用。从检验的结果看,棉铃虫卵与龟纹瓢虫间的相互干扰作用达到了显著水平。而 b_{33} 、 b_{44} 分别在 0.01 水平和 0.2 水平上差异显著,由于 b_{33} 、 b_{44} 均为负值,说明异色瓢虫、龟纹瓢虫在猎物缺乏时会影响自身的存活,也即种内干扰。由此说明运用二次回归旋转组合设计研究复合种群的种间关系能得到较多的信息。

2.2 捕食性天敌对棉铃虫低龄幼虫的作用

同样,经计算的二次回归方程为:

$$y_a = 0.1946 - 0.1258x_1 + 0.02x_2 + 0.0158x_3 - 0.0625x_4 - 0.1317x_5 - 0.0463x_1x_2 - 0.0013x_1x_3 - 0.0038x_1x_4 + 0.0563x_1x_5 + 0.0138x_2x_3 + 0.0413x_2x_4 - 0.0163x_2x_5 + 0.0388x_3x_4 - 0.0288x_3x_5 + 0.0338x_4x_5 + 0.0971x_1^2 - 0.0029x_2^2 + 0.0221x_3^2 + 0.0196x_4^2 + 0.0058x_5^2 \quad (2)$$

模型的失拟性检验和显著性检验结果见表 6,

回归模型中回归系数的检验结果如表 7。

t 测验的结果表明, b_4 和 b_1 、 b_5 分别在 0.05 水平和 0.01 水平上显著,说明棉铃虫低龄幼虫密度及异色瓢虫、拟水涯狼蛛密度对棉铃虫低龄幼虫的存活率有显著或极显著影响, b_{15} 在 0.1 水平上显著,由于为正值,说明拟水涯狼蛛种群密度会随棉铃虫幼虫密度的增加而增加或减少而减少。在此,将数学模型(2)固定其它变量的取值水平(一般取零水平),可以导出每个因子的偏回归子模式^[1](因受篇幅限制,省略其 5 个子模式)。由此将 4 种天敌的种群密度均取值 2 头,分别代入这些子模式中,结果拟水涯狼蛛(x_5)捕食棉铃虫后的幼虫存活率(y_{a5})最小。也就是说,在 4 种天敌密度同等条件下,拟水涯狼蛛捕食棉铃虫幼虫的能力要强于其它 3 种天敌。

2.3 捕食性天敌对棉铃虫高龄幼虫的作用

获得的二次回归方程为:

$$y_a = 0.7969 - 0.0417x_1 + 0.0317x_2 + 0.0096x_3 - 0.0992x_4 - 0.1558x_5 - 0.0431x_1x_2 - 0.0444x_1x_3 - 0.0325x_1x_4 + 0.0275x_1x_5 + 0.0356x_2x_3 + 0.0263x_2x_4 - 0.0688x_2x_5 + 0.0038x_3x_4 - 0.0313x_3x_5 - 0.0156x_4x_5 + 0.0079x_1^2 - 0.1446x_2^2 - 0.0871x_3^2 - 0.0946x_4^2 - 0.0696x_5^2 \quad (3)$$

模型的失拟性检验与显著性检验结果以及回归系数 t 的检验结果分别见表 8、9。

上表显示, b_4 、 b_5 在 0.01 水平上显著,说明异色瓢虫、拟水涯狼蛛对棉铃虫高龄幼虫的存活率起着极其重要的作用。再根据数学模型(3)的各交互项,可以看出拟水涯狼蛛(x_5)与三突花蛛(x_2)间、与龟纹瓢虫(x_3)间、与异色瓢虫间(x_4)均存在负交互作用。尤其是拟水涯狼蛛与三突花蛛间的制约作用达到了显著水平。同样,固定其它变量的取值水平为零水平,可以得出 5 个偏回归子模式(在此省略)。当 4 种捕食性天敌的密度均取值 2 时,代入这些子模式,得出棉铃虫幼虫的存活率以拟水涯狼蛛取食后的最小(0.2069),其次是异色瓢虫(0.2201),龟纹瓢虫取食后的棉铃虫幼虫存活率最大(0.4677)。这再次说明拟水涯狼蛛与其它几种捕食性天敌共存且密度相等时的捕食棉铃虫幼虫的能力最强。

3 讨论

棉田生态系统中捕食性天敌是相当繁多的,定量描述物种间的数量变化和多种物同时捕食一种猎物的过程也是**两手并用数据**。近些年来一些学者运用功能反应和选择性试验描述了棉田单种天敌对棉铃虫的捕食效应^[2~5]。吴进才等曾运用二次回归旋转组合设计研究了稻田 4 种蜘蛛与褐飞虱 *Nilaparvata lugens*

表 6 模型的失拟性检验和显著性检验

Table 6 Test of loss-faulty and significance on model

变异来源 Variety	平方和 Square sum(Q)	自由度 Degree of freedom(df)	失拟性检验 F_1 及显著性检验 F_2 Test of loss-faulty and significance
总体(S)	$Q_S = 1.6150$	$f_S = 35$	$F_1 = 2.08 <$ $F_{0.05(6,9)} = 3.37$
剩余(RS)	$Q_{RS} = 0.2039$	$f_{RS} = 15$	$F_2 = 5.19 >$ $F_{0.01(20,15)} = 3.16$
回归(R)	$Q_R = 1.4111$	$f_R = 20$	
误差(Er)	$Q_{Er} = 0.0662$	$f_{Er} = 9$	
失拟(Lf)	$Q_{Lf} = 0.1377$	$f_{Lf} = 6$	

表 7 回归系数的 t 测验Table 7 t -test of coefficient

回归系数 (b_i) Regression coefficient	回归系数值 (t_i) Value of r. coef.	t 值 t -value	显著性比较 Significant comparison
b_1	$t_1=0.1258 \times 42.0153$	5.286	* $t_{0.01(1,15)}=2.947$ *
b_2	$t_2=0.02 \times 42.0153$	0.840	$t_{0.05(1,15)}=2.131$ *
b_3	$t_3=0.0158 \times 42.0153$	0.664	$t_{0.1(1,15)}=1.753$ Δ
b_4	$t_4=0.0625 \times 42.0153$	2.626	* $t_{0.2(1,15)}=1.3410$ °
b_5	$t_5=0.1317 \times 42.0153$	5.533	**
b_{12}	$t_{12}=0.0463 \times 34.3053$	1.588	°
b_{13}	$t_{13}=0.0013 \times 34.3053$	0.045	
b_{14}	$t_{14}=0.0038 \times 34.3053$	0.130	
b_{15}	$t_{15}=0.0563 \times 34.3053$	1.931	Δ
b_{23}	$t_{23}=0.0138 \times 34.3053$	0.473	
b_{24}	$t_{24}=0.0413 \times 34.3053$	1.417	°
b_{25}	$t_{25}=0.0163 \times 34.3053$	0.559	
b_{34}	$t_{34}=0.0388 \times 34.3053$	1.331	
b_{35}	$t_{35}=0.0288 \times 34.3053$	0.988	
b_{45}	$t_{45}=0.0338 \times 34.3053$	1.160	
b_{11}	$t_{11}=0.0971 \times 48.5150$	4.711	**
b_{22}	$t_{22}=0.0029 \times 48.5150$	0.141	
b_{33}	$t_{33}=0.0221 \times 48.5150$	1.072	
b_{44}	$t_{44}=0.0196 \times 48.5150$	0.951	
b_{55}	$t_{55}=0.0058 \times 48.5150$	0.281	

表 9 回归系数的 t 测验Table 9 t -test of coefficient

回归系数 (b_i) Regression coefficient	回归系数值 (t_i) Value of r. coef.	t 值 t -value	显著性比较 Significant comparison
b_1	$t_1=0.0417 \times 38.8500$	1.62	° $t_{0.01(1,15)}=2.947$ **
b_2	$t_2=0.0317 \times 38.8500$	1.232	$t_{0.05(1,15)}=2.131$ *
b_3	$t_3=0.0096 \times 38.8500$	0.373	$t_{0.1(1,15)}=1.753$ Δ
b_4	$t_4=0.0992 \times 38.8500$	3.854	** $t_{0.2(1,15)}=1.341$ °
b_5	$t_5=0.1558 \times 38.8500$	6.053	**
b_{12}	$t_{12}=0.0431 \times 31.7209$	1.367	°
b_{13}	$t_{13}=0.0444 \times 31.7209$	1.408	°
b_{14}	$t_{14}=0.0325 \times 31.7209$	1.031	
b_{15}	$t_{15}=0.0275 \times 31.7209$	0.872	
b_{23}	$t_{23}=0.0356 \times 31.7209$	1.129	
b_{24}	$t_{24}=0.0263 \times 31.7209$	0.834	
b_{25}	$t_{25}=0.0688 \times 31.7209$	2.182	*
b_{34}	$t_{34}=0.0038 \times 31.7209$	0.121	
b_{35}	$t_{35}=0.0313 \times 31.7209$	0.993	
b_{45}	$t_{45}=0.0156 \times 31.7209$	0.495	
b_{11}	$t_{11}=0.0079 \times 44.8601$	0.355	
b_{22}	$t_{22}=0.1446 \times 44.8601$	6.487	**
b_{33}	$t_{33}=0.0871 \times 44.8601$	3.907	**
b_{44}	$t_{44}=0.0946 \times 44.8601$	4.244	**
b_{55}	$t_{55}=0.0696 \times 44.8601$	3.122	**

表 8 模型的失拟性检验和显著性检验

Table 8 Test of loss-faulty and significance on model

变异来源 Variety	平方和 Square sum(Q)	自由度(df) Degree of freedom(df)	失拟性检验 F_1 及显著性检验 F_2 Test of loss-faulty and significance
总体	$Q_S=2.0196$	$f_S=35$	$F_1=2.88 <$ $F_{0.05(6,9)}=3.37$
剩余	$Q_{RS}=0.2382$	$f_{RS}=15$	$F_2=5.61 >$ $F_{0.01(20,15)}=3.36$
回归	$Q_R=1.7814$	$f_R=20$	
误差	$Q_{Er}=0.0816$	$f_{Er}=9$	
失拟	$Q_{LJ}=0.1567$	$f_{LJ}=6$	

共存系统的捕食关系,并应用于褐飞虱的田间预测,取得了较满意的结果[6]。崔素贞等运用二次通用旋转组合设计研究了3种天敌对棉铃虫卵至3龄幼虫期的捕食功能,同时阐明了天敌之间的交互作用[7]。本文采用二次正交回归旋转组合设计方法分别探讨了小花蝽等3种天敌对棉铃虫卵、小花蝽等4种天敌对棉铃虫低龄幼虫和三突花蛛等4种天敌对棉铃虫高龄幼虫的动态捕食量数学模型。本文所选的几种天敌组合仅是根据近两年来棉田大面积普查和参照前人的一些试验结果而组配的,至于其它许多捕食性天敌乃至还有众多的寄生性天敌对棉铃虫种群的控制作用,未能加以描述。

棉田生态系统中天敌与猎物的种类和关系是相当复杂的,而田间捕食性天敌的捕食总量不等于单种天敌捕食量的简单迭加。但从应用角度看,必须对一个系统中多物种共存的天敌的捕食性进行定量估计。二次回归旋转组合设计能较好地描述多因子共存作用时捕食性天敌的捕食作用。但该设计的因子数达到6个以上时,其试验的组合数超过了36,其同时实施的工作量是相当大的,重复试验的可能性也就很小。近年来,一些学者提出用Meta分析法探讨捕食性与被捕食性之间的种群数量关系[8],但Meta分析法也包括了多元统计分析,且该法用于分析大尺度的生态学问题较为有效。因此,如何定量描述棉田生态系统中数种天敌与一种乃至几种猎物之间的捕食关系,既便于操作分析,又不会丢失一些重要的信息,还须在今后的研究中进一步探索。

参考文献

- [1] Wu J C(吴进才), Shen B B(沈斌斌), Pang X F(庞雄飞). Quadratic regression rotation composite design and study on effect of four species of spiders on the white-backed rice planthopper. *J. South China Agr.* (in Chinese)(华南农业大学学报), 1990, **11**(2): 16~24.
- [2] Cui S Z(崔素贞). Studies on biological characteristics of *Qrius minutus* and its control of major cotton insect pests. *Acta Gossypii Sinica*(in Chinese)(棉花学报), 1994, **6**(sup.): 78~83.
- [3] Cui S Z(崔素贞). Bionomics of *Propylaea japonica* and its predation function to *Heliocoverpa amigera*. *China Cotton*(in Chinese)中国棉花, 1995, **22**(1): 24~25
- [4] Ge F(戈峰). The population energy dynamics of predations natural enemies and their pest control activity in different cotton agroecosystems. *Acta Entomologica Sinica*(in Chinese)(昆虫学报), 1996, **39**(3): 267~273.
- [5] Li C(李超). Studies on predation and simulation model of dwarf spider *Erigonidium graminicolum* to cotton bollworm *Heliothis armigera*. 1. Studies on predator-one prey system. *Acta Ecologica Sinica*(in Chinese)(生态学报), 1982, **2**(3): 239~253.
- [6] Wu J C(吴进才), Pang X F(庞雄飞). Mathematical model for predation of natural enemy complex and its application to forecasting population of the brown planthopper. *Acta Ecologica Sinica*(in Chinese)(生态学报), 1991, **11**(2): 139~145.
- [7] Cui S Z(崔素贞), Dong Z S(董贞山). Study on the predatory dynamics of dominant natural enemy complex on cotton bollworm population. *Acta Gossypii Sinica*(in Chinese)(棉花学报), 1996, **8**(1): 31~35.
- [8] Zheng F Y(郑凤英), Peng S L(彭少麟). The meta analysis on the relationships between predator and prey. *Acta Ecologica Sinica*(in Chinese)(生态学报), 1999, **19**(4): 448~452.

更正

由于第一作者不慎造成发表在《生态学报》, 2001, **21**(11): 1952~1956 一文作者单位错误, 特更正为:

严昌荣^{1,2}, 韩兴国², 陈灵芝²

(1. 中国农业科学院农业气象研究所, 北京 100081; 2. 中国科学院植物研究所, 北京 100093)