

南方小花蝽对不同猎物捕食作用及利用效率

周兴苗, 雷朝亮*

(华中农业大学昆虫资源研究所, 武汉 430070)

摘要:室内用棉蚜、花蓟马及棉花花粉饲养南方小花蝽, 通过对南方小花蝽捕食两种猎物及取食棉花花粉后的体重的增长以及同时段内对棉蚜、花蓟马及棉花花粉减少的量的测定, 得到南方小花蝽取食不同食物后的生长速率及其对食物的利用效率。同时还研究了南方小花蝽成虫和若虫对混合猎物(棉蚜、棉铃虫卵、红铃虫卵)中各猎物的捕食作用及其在多猎物(红铃虫卵、棉叶螨成螨、花蓟马若虫)不同密度水平下的捕食效应。结果表明, 棉蚜与花蓟马可以较好地满足南方小花蝽正常生长发育所需的营养, 南方小花蝽对两种猎物的利用效率显著高于棉花花粉; 在混合猎物中南方小花蝽成虫和若虫均嗜食棉蚜, 其次为红铃虫卵和棉铃虫卵; 对于同一种猎物, 南方小花蝽成虫和若虫在高密度下的日平均捕食量均显著高于低猎物密度下的日平均捕食量, 而对于同一密度的不同猎物, 南方小花蝽在低猎物密度时对供试的 3 种猎物无明显的选择性, 在中、高密度时对供试的 3 种猎物则表现出明显的嗜食性差异, 其嗜好程度依次为红铃虫卵、花蓟马若虫、棉叶螨成螨。通过研究有助于更好地了解与掌握南方小花蝽对不同食物的需求及其在田间的食物转换规律, 从而更好地进行南方小花蝽的室内人工大量饲养, 使南方小花蝽更好地成为棉田害虫种群综合治理中的重要组成部分并发挥其应有的作用。

关键词:南方小花蝽; 猎物; 捕食作用; 利用效率

Utilization Efficiency and Functional Response of *Orius similis* Zheng (Hemiptera: Anthocoridae) to Different Preys

ZHOU Xing-Miao, LEI Chao-Liang* (Institute of Insect Resources, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(12): 2085~2090.

Abstract: *Orius similis* Zheng (Hemiptera: Anthocoridae) is an important predatory natural enemy in agro-ecosystem in south of China. Its adults and nymphs can prey *Aphis gossypii* Glover, *Frankliniella formosae*, *Tetranychus cinnabarinus*, and the eggs or hatched larvae of *Pectinophora gossypiella*, *Helicoverpa armigera* and *Anomis flava* Fabricius and other pest of Lepidoptera, and it can also eat plant pollen. There has a large quantity of *O. similis* in cotton field, and it's a kind of natural enemy beneficial to agriculture. Cotton aphids, pink bollworms, tomato fruitworms, flower thrips, cotton red spider mites, cotton pollen and south minute pirate bugs are several important ring-joints of food chains in the cotton fields ecosystem. In this paper, the utilization efficiency of *O. similis* to its preys and foods, such as cotton aphids, pink bollworms and cotton pollen, and its functional responses to different preys was studied systemically. And the energy flow relationships between *O. similis* and its preys and foods was also analysed systemically.

O. similis in the research was captured from cotton fields in farmland of our university, and raised in lab with wide-mouthed bottles (about 500ml) under the condition $30 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, $RH\ 60\% \sim 80\%$. *A. gossypii* was collected from rose mallow trees and cotton fields in our university. *F. formosae* was gathered from cotton flowers in cotton fields. Eggs of *P. gossypiella* and *H. armigera*, adult cotton red spider mites and cotton pollen were gathered from the cotton fields in our university.

Feeding *O. similis* with natural preys and foods, *A. gossypii*, *F. formosae* Moulton and cotton pollen

基金项目:湖北省自然科学基金资助项目(2002AB102)

收稿日期:2001-07-29;修订日期:2002-06-03

* 通讯作者 万方数据 correspondence, E-mail: ioir7207@sina.com

作者简介:周兴苗(1977~),男,浙江磐安人,硕士。主要从事害虫生物防治方面的研究。

in lab with single vial (about 10ml), respectively. One *O. similis* was raised with 10 to 20 in numbers of preys per vial. 40 *O. similis* was raised per stage, and recorded the weight of *O. similis* and preys every stage and every day, respectively. There had the increased weight of single *O. similis* after preying on preys every day (A) and the reduced weight of preys that was eaten by one *O. similis* (B), and then A divided by B could come to the utilization efficiency of single *O. similis* to different preys, respectively. 10 *O. similis* was raised by cotton pollen in plastic container (about 165ml), and 30 *O. similis* per stage, and recorded the weight of *O. similis* and cotton pollen every stage and every day, respectively. There had the increased weight of single *O. similis* after eating cotton pollen every day (A) and the reduced weight of cotton pollen that was eaten by one *O. similis* (B), and then A divided by B could come to the utilization efficiency of single *O. similis* to cotton pollen, respectively.

And the preying capacity of *O. similis* on different preys mixtures was measured. Enough quantities of different preys (*A. gossypii*, eggs of *P. gossypiella* and eggs of *H. armigera*) was mixed and fed to *O. similis* in the same vial, and recorded the quantity of different preys that was eaten by single *O. similis*.

The preying capacity of *O. similis* on different preys with different density was also studied. Multi-preys was made up of nymph of *F. formosae*, adult of *T. cinnabarinus* and eggs of *P. gossypiella*, every species of prey fed to the adult and nymph of *O. similis* with different densities, such as 3 insects (or eggs) with 1 *O. similis*, 7 insects (or eggs) with 1 *O. similis*, 11 insects (or eggs) with 1 *O. similis*, and then recorded the quantity of preys that was eaten by *O. similis*, and every treatment was repeated 5 times.

With the status analysed by variance analysis, it showed that there was a peak-period in the development of *O. similis*, the highest utilization efficiency of *O. similis* to different foods were in 4 stage of nymph, and the utilization efficiency of *O. similis* fed with *A. gossypii* Glover (10.74%) and *F. formosae* Moulton (10.5%) were higher than that with cotton pollen (0.72%). Feeding with the mixtures of natural preys (*A. gossypii*, eggs of *P. gossypiella*, eggs of *H. armigera*), *O. similis* preyed *A. gossypii* prior. Feeding with different preys in different density, the preying capacity of *O. similis* per insect per day was larger in high density than that in low density, and it did like to prey the eggs of *P. gossypiella* than other two in high prey density. The result was beneficial to knowing about the rule of food selecting in fields and the technology of mass rearing in artificial foods.

Key words: *Orius similis* zheng; prey; functional responses; utilization efficiency

文章编号:1000-0933(2002)12-2085-06 中图分类号:S476+.2;Q969.35+7.5 文献标识码:A

南方小花蝽(*Orius similis* Zheng)属半翅目(Hemiptera)花蝽科(Anthocoridae),是我国南方农田生态系统中一种重要的捕食性天敌,其成虫与若虫均可捕食棉蚜、花蓟马、棉叶螨以及棉红铃虫、棉铃虫、棉小造桥虫等多种鳞翅目害虫的卵或初孵幼虫,此外,南方小花蝽还可取食植物花粉及植物汁液等^[1]。在棉田中,南方小花蝽自然种群数量较大,是一类很有利用前景的天敌类群。

关于南方小花蝽生物学、生态学等方面的研究国内已有不少报道^[2~4],而关于捕食性天敌昆虫对食物的利用效率的研究国内尚未见报道,对捕食性天敌研究较多的主要集中在个体较大的瓢虫以及草蛉上,研究捕食性天敌对猎物的数值反应及功能反应的较多^[5,6]。

棉蚜(*Aphis gossypii* Glover)、棉红铃虫(*Pectinophora gossypiella*)、棉铃虫(*Helicoverpa armigera*)、花蓟马(*Frankliniella formosae* Moulton)、棉叶螨(*Tetranychus cinnabarinus*)及棉花花粉与南方小花蝽是棉田生态系统中较为重要的食物链中的几个环节,本文较为系统地测定了南方小花蝽成虫和若虫对棉蚜、花蓟马若虫及棉花花粉的利用效率以及南方小花蝽对不同猎物的捕食作用,从食物利用的角度对棉蚜、花蓟马以及植物花粉与南方小花蝽之间的能流关系进行了系统分析。

1 材料与方法

1.1 供试虫源与花粉

1.1.1 南方小花蝽 从华中农业大学试验田作物(蚕豆、棉花、辣椒等)上采回大量南方小花蝽成虫,群体

饲养繁殖后获得大量供试南方小花蝽卵、各龄若虫及成虫。

1.1.2 棉蚜、花蓟马若虫、棉红铃虫卵、棉铃虫卵、棉叶螨成螨及棉花花粉 棉蚜由木槿树及试验棉田中获得;花蓟马若虫由棉花花朵采得;棉红铃虫卵、棉铃虫卵、棉叶螨成螨与棉花花粉均采自校试验棉田。

1.2 试验条件

室内恒温(30±2℃),相对湿度 60%~80%,在 500ml 广口瓶中或一次性塑料杯子或玻璃小指管中进行饲养。

1.3 食物利用效率的测定方法

1.3.1 南方小花蝽对棉蚜、花蓟马的利用效率的测定方法 单管饲养,每个小指管(1.5mm×5mm)中放入一头南方小花蝽及若干(10~20 头)棉蚜或花蓟马,同龄期一次 40 头南方小花蝽即 40 次重复。每天先测得同一龄期的所有南方小花蝽的总重及喂入棉蚜或花蓟马的总重,隔天再测南方小花蝽总重及剩余棉蚜或花蓟马的总重,计算单头南方小花蝽每天增长的体重以及单头南方小花蝽每天取食的棉蚜或花蓟马重,同龄期内南方小花蝽每天增加的重量及捕食棉蚜、花蓟马的重量分别相加可得单头南方小花蝽在该龄期内增加的体重(*a*)及单头南方小花蝽在该龄期内捕食棉蚜或花蓟马的总重(*b*)。据此可得出该龄期内南方小花蝽对棉蚜或花蓟马的利用效率(利用效率=(*a*/*b*)×100%)。

1.3.2 南方小花蝽对棉花花粉的利用效率的测定方法 将发育一致的南方小花蝽若虫或成虫放于一次性塑料杯(165cm³)内,多头饲养,每天喂以一定重量的棉花花粉,同时称量同一处理中所有南方小花蝽的总重及喂入棉花花粉的总重,隔天再称南方小花蝽的总重及剩余的棉花花粉的总重,计算单头南方小花蝽的体重及每天增加的体重和单头南方小花蝽每天取食棉花花粉的量,同龄期内南方小花蝽每天增加的体重及取食棉花花粉的重量分别相加可得单头南方小花蝽在该龄期内增加的体重(*a*)及单头南方小花蝽在该龄期内取食棉花花粉的总重(*b*),由此可得出该龄期南方小花蝽对棉花花粉的利用效率(利用效率=(*a*/*b*)×100%)。

1.4 南方小花蝽对混合猎物的捕食作用的测定方法

将足够数量的红铃虫卵、棉铃虫卵及棉蚜置于同一指管内,配置成混合猎物,测定南方小花蝽对混合猎物中各猎物的单头捕食量。

1.5 多猎物不同密度条件下南方小花蝽对不同猎物捕食效应的测定方法

多猎物由花蓟马若虫、棉叶螨成螨、棉红铃虫卵组成,设置 3 个密度水平,即棉叶螨成螨、花蓟马若虫和棉红铃虫卵各 3 头(粒)、7 头(粒)和 11 头(粒),重复 5 次。测定南方小花蝽在不同猎物密度条件下对各种猎物的捕食量。

2 结果与分析

2.1 南方小花蝽不同龄期捕食棉蚜、花蓟马及取食棉花花粉的量

在试验条件下,室内测定不同龄期的南方小花蝽对棉蚜、花蓟马的捕食量以及对棉花花粉的取食量。结果如图 1 所示。

图 1 中数据经方差分析后,结果如表 1。由图 1 及表 1 可知,南方小花蝽若虫的捕食量随龄期递增,若虫龄期越高,捕食量越大,成虫期的捕食量明显高于若虫期。在试验条件下,南方小花蝽取食棉花花粉的量显著高于捕食棉蚜及花蓟马的量。

2.2 南方小花蝽不同龄期捕食棉蚜、花蓟马及取食棉花花粉的生长速率

在试验条件下,室内测定不同龄期的南方小花蝽捕食两种猎物及取食棉花花粉后的生长速率。结果如

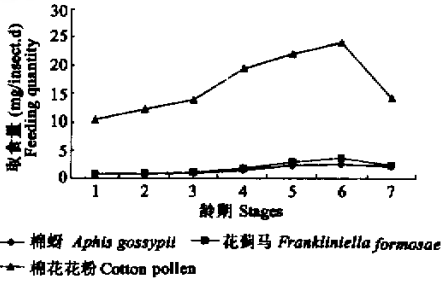


图 1 南方小花蝽不同龄期对不同食物的取食量
Fig.1 The feeding quantity of *O. similis* on different foods
1~5 为若虫龄期 Nymph stages, 6 为成虫产卵前期 Preoviposition of adult, 7 为成虫产卵后期 Post-oviposition of adult

图 2 所示。图 2 中数据经方差分析后,结果如表 2。

表 1 南方小花蝽不同龄期对不同食物的取食量及其方差分析

食物种类 Food species	取食量 Feeding quantity(mg/insect.d)						
	若虫龄期 Nymph stages					成虫期 Adult	
	1 龄	2 龄	3 龄	4 龄	5 龄	成虫产卵前期	成虫产卵后期
	1st stage	2nd stage	3rd stage	4th stage	5th stage	Preoviposition	Post-oviposition
棉蚜 ^①	0.75±0.28b	0.83±0.17b	0.94±0.20b	1.49±0.58b	2.32±0.47b	2.51±0.26b	2.25±0.28b
花蓟马 ^②	0.80±0.24b	1.00±0.39b	1.20±0.39b	1.90±0.30b	3.00±0.35b	3.70±0.39b	2.50±0.96b
花粉 ^③	10.40±2.63a	12.20±2.24a	13.90±2.80a	19.40±1.38a	22.10±2.45a	24.10±2.82a	14.20±4.31a

①*A. gossypii*;②*F. formosae*;③Cotton pollen

表 2 南方小花蝽不同龄期取食不同食物的生长速率及其方差分析

食物种类 Food species	生长速率 Growth rate(mg/insect.d)						
	若虫龄期 Nymph stages					成虫期 Adult	
	1 龄	2 龄	3 龄	4 龄	5 龄	产卵前期	产卵后期
	1st stage	2nd stage	3rd stage	4th stage	5th stage	Preoviposition	Post-oviposition
棉蚜 ^①	0.044±0.019a	0.054±0.015a	0.076±0.010b	0.16±0.047ab	0.169±0.009a	0.062±0.017a	0
花蓟马 ^②	0.05±0.025a	0.07±0.043a	0.10±0.025a	0.20±0.090a	0.10±0.050b	0.05±0.066a	0
花粉 ^③	0.05±0.043a	0.06±0.025a	0.09±0.025ab	0.14±0.043b	0.05±0.066c	0.03±0.043a	0

①*A. gossypii*;②*F. formosae*;③Cotton pollen

由图 2 及表 2 可知,南方小花蝽有明显的生长发育高峰即 4 龄(捕食棉蚜的为 4、5 龄)若虫期。经室内多次观察初步分析得出,成虫产卵前期体重持续增长,发育成熟后雄虫停止增长,雌虫体重则随产卵量的变化而变化。南方小花蝽捕食棉蚜、花蓟马的生长速率(分别为 0.17,0.20mg/头·d)比取食棉花花粉的(0.14mg/头·d)明显要高。这说明了棉蚜、花蓟马比棉花花粉所含的营养更丰富,营养成分多而全,捕食棉蚜、花蓟马更有利于南方小花蝽的生长发育。同时也说明了南方小花蝽对不同的食物有明显的选择嗜食性,在田间猎物丰富的情况下,南方小花蝽一般不取食花粉,但当猎物密度较低时,即可以花粉为食。

2.3 南方小花蝽不同龄期捕食棉蚜、花蓟马及取食棉花花粉的利用效率

在试验条件下,室内测定不同龄期的南方小花蝽捕食棉蚜、花蓟马及取食棉花花粉后的利用效率,结果如图 3 所示。

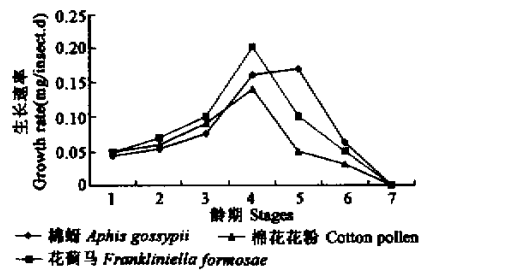


图 2 南方小花蝽不同龄期取食不同食物的生长速率
Fig. 2 The growth rate of *O. similis* on different foods
1~5 为若虫龄期 Nymph stages, 6 为成虫产卵前期
Preoviposition of adult, 7 为成虫产卵后期 Post-oviposition of adult

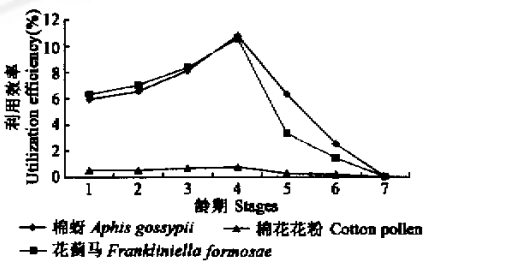


图 3 南方小花蝽不同龄期取食不同食物的利用效率
Fig. 3 The utilization efficiency of *O. similis* on different foods
1~5 为若虫龄期 Nymph stages, 6 为成虫产卵前期
Preoviposition of adult, 7 为成虫产卵后期 Post-oviposition of adult

图 3 中数据经方差分析后,结果如表 3。由图 3 及表 3 可知,1~4 龄若虫期,南方小花蝽对食物的利用效率随着龄期的增加而增高,在若虫第 4 龄其捕食棉蚜及花蓟马的利用效率最高,这一阶段南方小花蝽的

生长速度也最快。1~4 龄若虫对食物的利用效率高于 5 龄若虫及成虫期。南方小花蝽对棉蚜、花蓟马的利用效率显著高于棉花花粉,1~4 龄期对棉蚜与花蓟马的利用效率间无显著差异,而 5 龄若虫及成虫产卵前期对棉蚜的利用效率显著高于花蓟马,这说明南方小花蝽捕食棉蚜与花蓟马较之取食棉花花粉对自身种群的繁衍生长更为有利。

表 3 南方小花蝽不同龄期取食不同食物的利用效率及其方差分析
Table 3 The utilization efficiency of *O. similis* on different foods and its variation analysis

食物种类 Food species	利用效率 Utilization efficiency(%)						
	若虫龄期 Nymph stages					成虫期 Adult	
	1 龄 1st stage	2 龄 2nd stage	3 龄 3rd stage	4 龄 4th stage	5 龄 5th stage	产卵前期 Preoviposition	产卵后期 Post-oviposition
棉蚜 ^①	5.87±1.65a	6.51±1.61a	8.08±2.29a	10.74±5.26a	6.28±1.07a	2.48±0.49a	0
花蓟马 ^②	6.30±4.45a	7.00±3.03a	8.30±1.18a	10.50±2.99a	3.30±1.90b	1.40±1.92b	0
花粉 ^③	0.48±0.32b	0.50±0.11b	0.64±0.21b	0.72±0.27b	0.23±0.33c	0.12±0.20c	0

①*A. gossypii*;②*F. formosae*;③Cotton pollen

2.4 南方小花蝽对混合猎物中各猎物的捕食作用

在室内试验条件下,测得南方小花蝽成虫与若虫对混合猎物中各猎物的单头日捕食量(见表 4),结果表明在供试的 3 种猎物中,南方小花蝽成虫与若虫均表现出对棉蚜的嗜食性,对棉红铃虫卵及棉铃虫卵的捕食作用则次之。

表 4 南方小花蝽对混合猎物中各猎物的捕食量
Table 4 Preying capacity of *O. similis* on different prey mixtures

单头日捕食量(头或粒) Preying capacity per insect per day(insect/egg)	南方小花蝽成虫 Adult of <i>O. similis</i>			南方小花蝽若虫 Nymph		
	最多 Most	最少 Least	平均 Average	最多 Most	最少 Least	平均 Average
棉蚜 <i>Aphis gossypii</i>	13	2	4.4	13	2	4.2
棉铃虫卵 Eggs of <i>Helicoverpa armigera</i>	6	0	1.6	5	0	0.6
红铃虫卵 Eggs of <i>Pectinophora gossypiella</i>	9	1	1.9	10	1	1.3

2.5 多猎物不同密度条件下南方小花蝽对不同猎物的捕食效应

在室内试验条件,测得南方小花蝽成虫和若虫在多猎物不同密度条件下对不同猎物的捕食量(表 5)。

表 5 南方小花蝽在多猎物不同密度条件下对不同猎物的捕食量
Table 5 Preying capacity of *O. similis* on different preys with different density

捕食量(insect/egg) Preying capacity	南方小花蝽成虫 Adult of <i>O. similis</i>			南方小花蝽若虫 Nymph of <i>O. similis</i>		
	猎物密度 Density of prey(insect/egg)					
	3	7	11	3	7	11
棉红铃虫卵 Eggs of <i>Pectinophora gossypiella</i>	3.00	6.88	9.02	2.67	4.42	6.17
棉叶螨成螨 Adults of <i>Tetranychus cinnabarinus</i>	2.04	3.97	5.83	2.37	3.50	3.87
花蓟马若虫 Nymphs of <i>Frankliniella formosae</i>	2.40	4.55	6.38	2.42	3.94	4.77

试验结果经方差分析表明:对于同一种猎物,南方小花蝽成虫和若虫在高密度条件下的日平均捕食量均显著高于低猎物密度下的日平均捕食量,而对于同一猎物密度处理,南方小花蝽成虫和若虫在低猎物密度时对供试的 3 种猎物无明显的选择性,在中、高密度时对供试的 3 种猎物则表现出明显的嗜食性,其嗜好程度依次为棉红铃虫卵、花蓟马若虫、棉叶螨成螨。

3 小结与讨论

周集中等^[7,8]的研究表明:在天敌与猎物种群的共存系统中,天敌对不同猎物的捕食性有其嗜好性。本文通过测定南方小花蝽对两种猎物的捕食量以及对棉花花粉的取食量,研究南方小花蝽对不同食物的利用效率以及不同食物对其生长发育的影响。南方小花蝽对棉花花粉的取食量虽大于棉蚜、花蓟马,但对两猎物的利用效率却明显高于棉花花粉,这说明棉蚜和花蓟马可以很好地满足南方小花蝽生长发育所需的

营养,相反,棉花花粉并非是南方小花蝽的主要食物,这与捕食者总是偏爱较为有利的食物而拒吃有利性较小的食物相一致^[9]。同时研究了南方小花蝽成虫与若虫对 3 种猎物组成的混合食物中各猎物的捕食作用,其结果进一步证实了捕食者对不同猎物的嗜食性。

Beddington 等对捕食者的取食与猎物密度之间关系的研究表明,捕食者的摄食率与猎物密度在一定范围内呈线性关系^[10,11];赵鼎新等研究了黑襟毛瓢虫(*Scymnus hoffmanni*)捕食棉蚜的生物量与各龄幼虫发育速率间的关系,结果表明各龄幼虫须在一定的捕食量以上其发育速率才呈近似线性的增长^[10];董应才等研究了七星瓢虫各龄幼虫增长率与麦蚜密度之间的关系,结果显示各龄瓢虫的增长率与猎物密度呈逻辑斯蒂曲线增长,即在一定范围内,各龄瓢虫的增长率随猎物密度的增加而增加^[5]。本文研究了在多猎物不同密度条件下南方小花蝽对不同猎物的捕食效应,南方小花蝽成虫和若虫对同一种猎物不同密度条件下的日均捕食量存在显著差异,高密度条件下的日均捕食量高;对同一猎物密度,在低猎物密度时南方小花蝽成虫和若虫对供试的 3 种猎物无明显的选择性,而在中、高密度时则明显地表现出对红铃虫卵的嗜食性,而后依次为花蓟马若虫、棉叶螨成螨。这是由于在低猎物密度时其食物选择余地较小,为能保证其自身的生长发育,对于其食谱范围内的食物均加以取食,因而对猎物的选择性差异不显著;而在中、高密度时,南方小花蝽对所取食的对象有较大的选择空间,因而选择最有利于其生长发育的食物,这也验证了捕食者总是嗜好有利于其生长发育的食物这一行为生态学理论^[9],与国内外学者的研究结果相吻合^[5,6,10~12]。

通过本论文的研究可以合理准确地评价天敌对目标害虫的控制能力,为预测农田生态系统中天敌与害虫种群之间的数量变动提供可靠的依据,充分发挥以南方小花蝽治理棉蚜、花蓟马的调控作用。同时,也可以初步了解南方小花蝽在田间的食物转换规律,也为将来更好地进行室内人工大量饲养奠定基础。南方小花蝽是棉田生态系统中一种重要的捕食性天敌,以上研究可以为更好地利用南方小花蝽进行棉田害虫的综合治理提供依据。

参考文献

[1] Lei C L(雷朝亮). *Biological pink bollworm suppression*(in Chinese). Beijing: Science Press, 1997. 53~83.

[2] Institute of natural enemies of cotton pest, Huazhong Agricultural College(华中农学院棉虫天敌研究组). Preliminary survey of the predatory natural enemies of cotton pests, *Orius similis*. *Entomological Knowledge*(in Chinese)(昆虫知识), 1978, **15**(5): 140~144.

[3] Lei C L(雷朝亮), Zong L B(宗良炳). Study on the control effect of *O. similis* to cotton pink bollworm in fields. *Entomological Knowledge* (in Chinese)(昆虫知识), 1990, **27**(2):113.

[4] Zhang W Q(张维球). Study on the common species and biological characteristics of flower bug (Hemiptera: Anthocoridae). *Natural Enemies of Insects* (in Chinese)(昆虫天敌), 1980, (2):20~27.

[5] Dong Y C(董应才), Wang S Z(汪世泽). The numerical responses of ladybird larvae to two species of wheat aphid. *Acta Ecologica Sinica*(in Chinese)(生态学报), 1994, **14**(4):387~391.

[6] Zhao D X(赵鼎新). The numerical responses of coccinellid beetle, *Scymnus hoffmanni* to cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover. *Acta Ecologica Sinica* (in Chinese)(生态学报), 1987, **7**(2):146~153.

[7] Zhou J Z(周集中), Chen C M(陈常铭). Predation of wolf spider *Lycosa pseudoannulata* to brown plant hopper *Nilaparvata lugens* and simulation models thereof: III selective predation. *Acta Ecologica Sinica*(in Chinese)(生态学报), 1987, **7**(3): 228~237.

[8] Zhou J Z(周集中), Chen C M(陈常铭). Quantitative measurement of selectivity of predator for prey. *Acta Ecologica Sinica*(in Chinese)(生态学报), 1987, **7**(1):50~56.

[9] Shang Y C(尚玉昌). *Behavioural Ecology*(in Chinese). Beijing: Peking University Press, 1998. 20~57.

[10] Beddington J R, M P Hassell and J H Lawton. The components of arthropod predation. II. The predator rate of increase. *J. Anim. Ecol.*, 1976, **45**:165~185.

[11] Crawley M J. The numerical responses of insect predators to changes in prey density. *J. Anim. Ecol.*, 1975, **44**: 877~892.

[12] Jiang J X(蒋杰贤), Liang G W(梁广文). The selective predation of *Cantheconidea furcellata* Wolff on the different instars of *Spodoptera litura* in coexistence of three-age type. *Acta Ecologica Sinica*(in Chinese)(生态学报), 2001, **21**(4):684~687.