

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2012.03.005

2 种瓢虫捕食烟粉虱行为的时间分配策略

苗 静^{1,2}, 薛 夏¹, 范梅红³, 任顺祥^{1*}

¹华南农业大学资源环境学院, 广东 广州 510640; ²广州市白蚁防治所, 广东 广州 510120;
³广州东升农场有限公司, 广东 广州 511473

摘要:【背景】沙巴拟刀角瓢虫和越南斧瓢虫是自东南亚地区引进的粉虱类害虫的优势捕食性天敌, 然而其控制烟粉虱的有效性尚未明确。【方法】在室内研究了 2 种瓢虫幼虫捕食烟粉虱若虫时取食、爬行与休息等行为的时间分配, 以及 2 种瓢虫幼虫和成虫在既定时间内对烟粉虱的取食时间和取食量。【结果】随着瓢虫幼虫龄期的增大, 其取食烟粉虱低龄和高龄若虫的时间和休息时间均逐渐减少, 而爬行寻找猎物的时间逐渐增多。沙巴拟刀角瓢虫幼虫取食烟粉虱各虫态的时间显著长于越南斧瓢虫幼虫, 取食量也显著大于后者; 而沙巴拟刀角瓢虫成虫取食烟粉虱的时间长于越南斧瓢虫成虫, 但取食量明显低于后者。【结论与意义】2 种瓢虫对烟粉虱都有较好的捕食作用, 但其时间分配策略有所不同。因此, 应根据田间烟粉虱的发生时期, 选择合适的瓢虫进行释放。

关键词: 沙巴拟刀角瓢虫; 越南斧瓢虫; 烟粉虱; 时间分配; 捕食行为

Time allocation in two ladybird beetles *Serangiella sababensis* and *Axinoscymnus apioides* preying on *Bemisia tabaci* nymphs under laboratory conditions

Jing MIAO^{1,2}, Xia XUE¹, Mei-hong FAN³, Shun-xiang REN^{1*}

¹College of Natural Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510640, China;
²Guangzhou Institute of Termite Management, Guangzhou, Guangdong 510120, China;
³Guangzhou Dongsheng Farm, Guangzhou, Guangdong 511473, China

Abstract: 【Background】*Serangiella sababensis* Sasaji and *Axinoscymnus apioides* Kuznetsov and Ren are two dominant predatory ladybird beetles of whitefly pests, which were introduced from Southeast Asian years ago. Their effectiveness against the target pest, however, is not known in detail. 【Method】The time allocation and predation level when hunting for younger and older instar *Bemisia tabaci* nymphs were investigated in the laboratory. 【Result】With the increasing larval instars, the time spent on prey handling and rest decreased while that on searching increased in both predators. The prey handling times of *S. sababensis* larvae were significantly longer than that of *A. apioides*, and the level of predation was also higher than in *A. apioides*, regardless of *B. tabaci* instar. When comparing adults, the prey handling time by *S. sababensis* was higher than that in *A. apioides*, whereas the level of predation on *B. tabaci* was significantly lower than that of *A. apioides*. 【Conclusion and significance】The both predatory ladybirds have large potential in whitefly control, but their time allocation are different. Therefore, different species of ladybird beetles should be released in the field according to the occurrence period of whitefly.

Key words: *Serangiella sababensis*; *Axinoscymnus apioides*; *Bemisia tabaci*; time allocation; predation

粉虱是农业生产中危害极为严重的害虫类群之一。据不完全统计, 目前已知的粉虱种类约有 1500 种 (Inbar & Gerling, 2008)。在我国, 对农业生产危害较为严重的有 5 ~ 6 种, 包括烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius)、温室白粉虱 *Trialeurodes vapo-*

rariorum (Westwood) (张建国, 2003)、黑刺粉虱 *Aleurocanthus spiniferus* (Quaintance) (高宇等, 2010; 肖伏莲等, 2009)、柑橘粉虱 *Dialeurodes citri* (Ashmead) (陈玉君, 2009)、桑粉虱 *Pealius mori* (Takahashi) (韩霞, 2008) 和稻粉虱 *Aleurocybotus*

indicus David et Subramaniam 等(任顺祥和邱宝利, 2008)。粉虱类害虫的危害对我国农业造成的损失尚无法估计,但仅就烟粉虱来讲,曾使广东多个棚室蔬菜生产基地出现绝收情况(王振中等,1999),北京地区的番茄生产损失超过 7 成(胡敦孝和吴杏霞,2001)。

对于粉虱类害虫的防治,长期以来主要依赖于化学防治。然而,随着烟粉虱的入侵,烟粉虱及温室白粉虱等种群的抗药性不断增强,粉虱类害虫在我国的危害范围不断扩大,危害程度不断升级,单纯的化学防治已失去了应有的防治效果(Alon *et al.*, 2008; Nauen *et al.*, 2008; Qiu *et al.*, 2007)。同时,化学药剂的大量使用严重影响了蔬菜、茶叶、水果等产品的品质与食品安全性,对农田生态环境以及生境内的生物多样性造成了较大的破坏。因此,利用农业栽培措施、物理及生物防治技术替代或减少传统的化学防治,是目前减少粉虱类害虫危害的最有效方式之一。

利用天敌昆虫与微生物杀虫剂开展生物防治,是粉虱类害虫可持续治理技术的核心与关键所在。据报道,粉虱类害虫的天敌昆虫种类繁多,目前全世界已发现粉虱捕食性天敌 128 种、寄生性天敌 58 种(Gerling, 1997; Gerling *et al.*, 2001; Huang & Polaszek, 1998; Li *et al.*, 2011)、病原真菌 7 种(Gerling, 1986; Lacey, 1996; Lacey & Fransen, 1994)。在我国,已经记录的粉虱捕食性天敌昆虫有 54 种,主要包括肉食性瓢虫、草蛉、粉蛉和捕食螨等,寄生性天敌昆虫有 56 种,昆虫病原真菌有 7 种(Huang & Polaszek, 1998; Li *et al.*, 2011; Ren *et al.*, 2001)。

在诸多捕食性天敌中,沙巴拟刀角瓢虫 *Serangiella sababensis* Sasaji 和越南斧瓢虫 *Axinoscymnus apioides* Kuznetsov and Ren 是东南亚地区粉虱类害虫的优势捕食性天敌(苗静等, 2010a、2010b),前者属于瓢虫科 Coccinellidae 刀角瓢虫属 *Serangium*,后者属于瓢虫科 Coccinellidae 斧瓢虫属 *Axinoscymnus*。但利用沙巴拟刀角瓢虫和越南斧瓢虫控制粉虱害虫的研究尚不多见,作者在室内就沙巴拟刀角瓢虫和越南斧瓢虫取食烟粉虱行为的时间分配策略进行研究,以期利用这 2 种瓢虫开展粉虱类害虫的生物防治提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

烟粉虱为生物防治教育部工程研究中心(以下简称本研究中心)继代繁殖种群,寄主植物为扶桑 *Hibiscus rosa-sinensis* L. (本研究中心种植的扦插苗);沙巴拟刀角瓢虫和越南斧瓢虫为本研究中心网室内以烟粉虱为猎物的继代繁殖种群。

1.2 试验方法

1.2.1 瓢虫幼虫捕食烟粉虱低龄与高龄若虫的时间分配 在培养皿($\phi = 15$ cm)内放入带有烟粉虱低龄(1~2 龄)和高龄(3~4 龄)若虫的扶桑叶片($\phi = 10 \sim 12$ cm),若虫密度均为 $200 \sim 300$ 头·皿⁻¹。在每个培养皿内接入 1 头饥饿 8 h 的沙巴拟刀角瓢虫或越南斧瓢虫幼虫(1~4 龄),在录像监视器(摄像机: DSP Color Camera. Taiwan, Pih-7830; 录像机: Sony, SLVK 1902 PS)下观察并记录 30 min 内幼虫爬行、取食、休息的时间。每头瓢虫仅试验 1 次,每个处理设 20 个重复。

1.2.2 瓢虫幼虫与成虫对烟粉虱各龄期的取食时间和取食量 供试烟粉虱卵的密度为 $300 \sim 400$ 头·皿⁻¹, 1~2 龄若虫的密度为 $200 \sim 300$ 头·皿⁻¹, 3~4 龄若虫和伪蛹的密度均为 $100 \sim 200$ 头·皿⁻¹。在每个培养皿内接入 1 头饥饿 8 h 的沙巴拟刀角瓢虫或越南斧瓢虫幼虫(1~4 龄)或成虫,在录像监视器下观察并记录 30 min 内幼虫或成虫爬行、取食、休息的时间。每头瓢虫仅试验 1 次,每个处理设 20 个重复。

1.3 试验条件与数据分析

试验温度为 $(26 \pm 1) ^\circ\text{C}$, RH 70% ~ 80%, 光照时间 L: D = 14: 10。利用 SAS(V8.1) 软件分析 2 种瓢虫对烟粉虱的取食时间与取食量等数据。

2 结果与分析

2.1 瓢虫幼虫捕食烟粉虱低龄与高龄若虫的时间分配

在捕食烟粉虱低龄若虫时,沙巴拟刀角瓢虫 1 龄幼虫取食、爬行和休息时间分别占整个观察过程的 60.43%、18.13% 和 21.43%;而越南斧瓢虫 1 龄幼虫用于取食、爬行和休息的时间分别为 8.20%、7.43% 和 74.37%;在取食和休息行为上,2 种瓢虫支配的时间存在极显著差异,在爬行时间上的差异

也达到显著水平(图 1A)。沙巴拟刀角瓢虫与越南斧瓢虫 2 龄幼虫捕食烟粉虱低龄若虫时,各种行为的时间分配与 1 龄幼虫相似(图 1B)。而对于 3 龄幼虫来讲,沙巴拟刀角瓢虫取食、爬行和休息时间分别占整个观察过程的 41.10%、32.23% 和 27.27%;越南斧瓢虫用于取食、爬行和休息的时间分别为

26.57%、31.57% 和 41.86%;2 种瓢虫在取食和休息行为上的时间差异显著,但爬行时间较为接近(图 1C)。沙巴拟刀角瓢虫和越南斧瓢虫 4 龄幼虫捕食烟粉虱低龄若虫时,用于取食、爬行和休息的时间无显著差异(图 1D)。

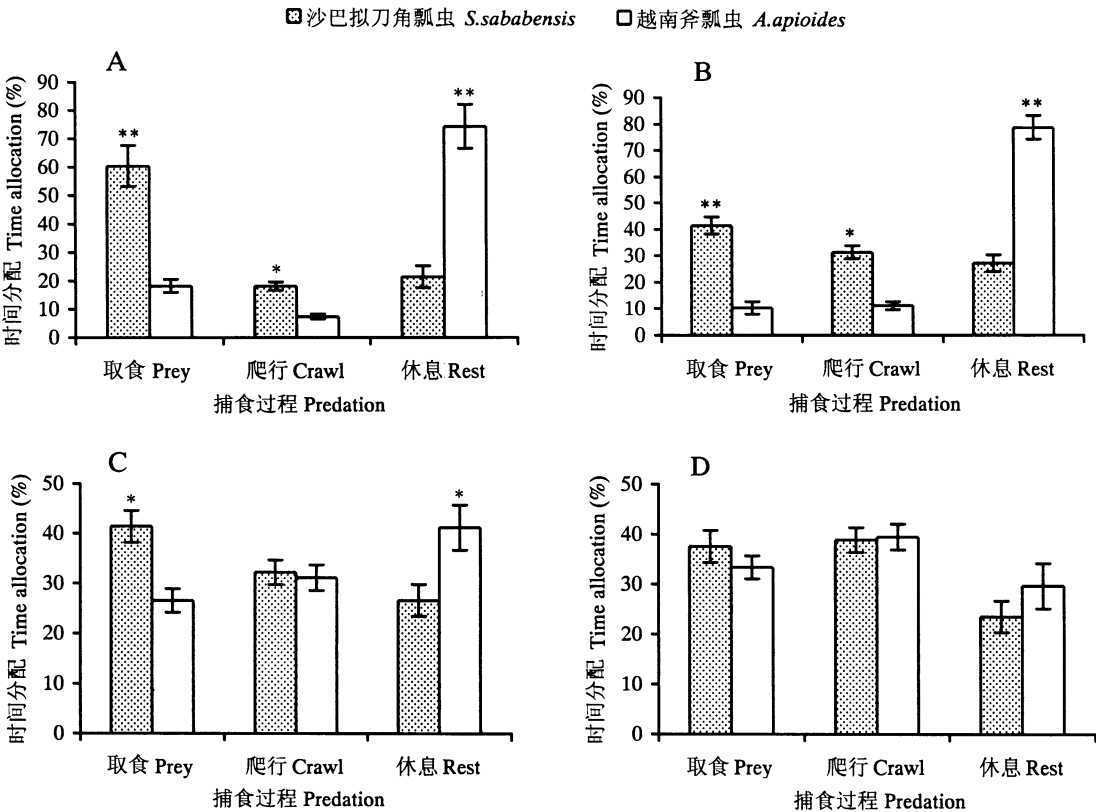


图 1 沙巴拟刀角瓢虫和越南斧瓢虫 1~4 龄幼虫捕食烟粉虱低龄若虫的时间分配

Fig. 1 Time allocation of 1st ~4th instar larvae of the two predatory ladybirds *S. sababensis* and *A. apioides* preying on young nymphs of *B. tabaci*. A. 1 龄幼虫; B. 2 龄幼虫; C. 3 龄幼虫; D. 4 龄幼虫。数据为平均值,竖线表示误差线。*、** 分别表示在 $P<0.05$ 、 $P<0.01$ 水平上差异显著。
A. 1st instar larvae; B. 2nd instar larvae; C. 3rd instar larvae; D. 4th instar larvae. Data are means; vertical lines denote SE.
*, ** indicate significant differences at $P<0.05$, $P<0.01$, respectively.

当捕食烟粉虱高龄若虫时,沙巴拟刀角瓢虫和越南斧瓢虫不同龄期的幼虫用于取食、爬行和休息的时间变化较大。2 种瓢虫的 1 龄(85.70% 和 63.73%) 和 2 龄(81.83% 和 45.07%) 幼虫用于取食的时间最多,但二者间的差异达到显著或极显著水平。沙巴拟刀角瓢虫 1 龄和 2 龄幼虫用于爬行的时间比用于休息的时间长,而越南斧瓢虫则恰好相反(图 2A、2B)。沙巴拟刀角瓢虫和越南斧瓢虫的 3 龄和 4 龄幼虫捕食烟粉虱高龄若虫时,随着龄期的增大,其用于取食和休息的时间逐渐减少,用

于爬行的时间逐渐增多,且 2 种瓢虫 3 龄幼虫用于取食、爬行和休息的时间均存在显著差异,而 4 龄幼虫差异不显著(图 2C、2D)。

2.2 瓢虫幼虫对烟粉虱卵的取食时间与取食量

从表 1 可见,沙巴拟刀角瓢虫幼虫取食烟粉虱卵的时间随着龄期的增大而减少,而越南斧瓢虫取食烟粉虱卵的时间则随着幼虫龄期的增大而逐渐增多。2 种瓢虫的 1~2 龄幼虫在取食时间上的差异达到极显著水平,3~4 龄幼虫的取食时间差异也

达到显著水平。2 种瓢虫幼虫随着龄期的增大,对烟粉虱卵的取食量逐渐增多,沙巴拟刀角瓢虫幼虫 2~4 龄幼虫取食量之间差异均显著。

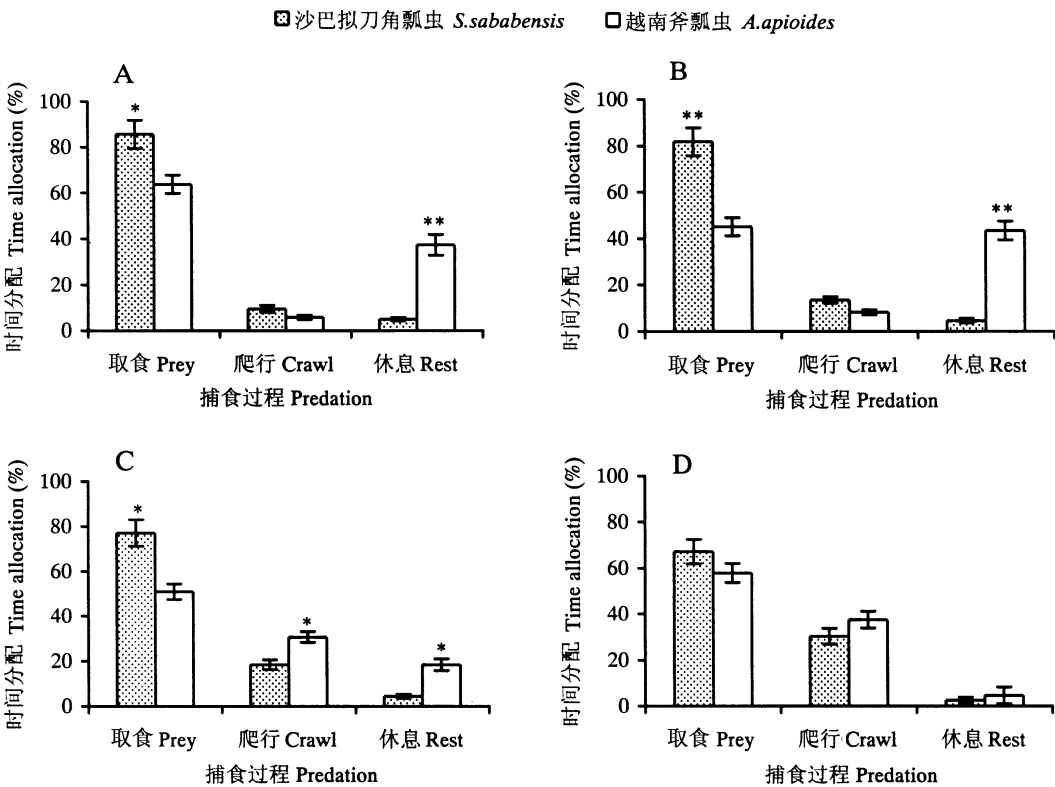


图 2 沙巴拟刀角瓢虫和越南斧瓢虫 1~4 龄幼虫捕食烟粉虱高龄若虫的时间分配

Fig. 2 Time allocation of 1st~4th instar larvae of the predatory ladybirds *S. sababensis* and *A. apioides* preying on older nymphs of *B. tabaci*

A. 1 龄幼虫; B. 2 龄幼虫; C. 3 龄幼虫; D. 4 龄幼虫。数据为平均值,竖线表示误差线。*、** 分别表示在 $P<0.05$ 、 $P<0.01$ 水平上差异显著。

A. 1st instar larvae; B. 2nd instar larvae; C. 3rd instar larvae; D. 4th instar larvae. Data are means; vertical lines denote SE.

*, ** indicate significant differences at $P<0.05$, $P<0.01$, respectively.

表 1 沙巴拟刀角瓢虫和越南斧瓢虫幼虫对烟粉虱卵的取食时间和取食量

Table 1 Prey handling time and number of prey consumed of the predatory ladybirds *S. sababensis* and *A. apioides* larvae preying on *B. tabaci* eggs

瓢虫幼虫龄期 Predator instar	取食时间 Prey handling time (min) by		取食量(头) Number of prey consumed by	
	沙巴拟刀角瓢虫 <i>S. sababensis</i>	越南斧瓢虫 <i>A. apioides</i>	沙巴拟刀角瓢虫 <i>S. sababensis</i>	越南斧瓢虫 <i>A. apioides</i>
1st	15.75 ± 0.82a	3.24 ± 0.93b**	4.60 ± 1.21c	2.00 ± 0.55b
2nd	13.15 ± 0.75b	3.96 ± 0.95b**	7.00 ± 1.30c	2.80 ± 0.58b*
3rd	11.83 ± 0.44b	7.85 ± 1.30a*	13.20 ± 1.88b	8.40 ± 1.36a*
4th	11.92 ± 0.87b	8.19 ± 1.31a*	19.60 ± 2.69a	9.40 ± 1.43a*

数据为平均值 ± 标准误;同列数据后附相同小写字母者表示在 $P<0.05$ 水平上差异不显著 (DMRT);*、** 分别表示同行 2 组数据在 $P<0.05$ 、 $P<0.01$ 水平上差异显著。

Data are means ± SE; Data followed by the same letter in one row means no significant difference at $P<0.05$ level; *, ** mean significant differences at $P<0.05$, $P<0.01$ levels between two datas in one line respectively.

2.3 瓢虫成虫对烟粉虱若虫的取食时间与取食量

从表 2 可见,2 种瓢虫对烟粉虱各龄若虫的取食时间随烟粉虱发育阶段的增大而增长,且沙巴拟刀角瓢虫取食各龄若虫的时间均显著高于越南斧瓢虫。2 种瓢虫对烟粉虱若虫的取食量随着烟粉虱

发育阶段的增大而逐渐减少;沙巴拟刀角瓢虫对烟粉虱各龄若虫的取食量均低于越南斧瓢虫,且取食烟粉虱 1 龄和 2 龄若虫时,两者之间的差异达到显著水平。

表 2 沙巴拟刀角瓢虫和越南斧瓢虫成虫对烟粉虱各龄若虫的取食时间与取食量

Table 2 Prey handling time and number of prey consumed of the predatory ladybirds *S. sababensis* and *A. apioides* adults preying on different instar nymphs of *B. tabaci*

烟粉虱虫态 Prey developmental stage	取食时间 Prey handling time (min) by		取食量(头) Number of prey consumed by	
	沙巴拟刀角瓢虫 <i>S. sababensis</i>	越南斧瓢虫 <i>A. apioides</i>	沙巴拟刀角瓢虫 <i>S. sababensis</i>	越南斧瓢虫 <i>A. apioides</i>
卵 Egg	18.42 ± 1.10d	11.61 ± 1.43c *	40.18 ± 2.28a	80.55 ± 4.21a **
1 龄若虫 1st instar nymph	35.21 ± 1.11c	10.03 ± 0.85c **	27.73 ± 0.87b	55.82 ± 4.21b **
2 龄若虫 2nd instar nymph	43.17 ± 2.42b	12.44 ± 1.07c **	16.46 ± 1.03c	22.64 ± 2.13c *
3 龄若虫 3rd instar nymph	54.51 ± 1.42a	18.10 ± 0.63b **	5.09 ± 0.28d	5.36 ± 0.43d
4 龄若虫 4th instar nymph	56.21 ± 1.05a	28.95 ± 3.04a **	2.82 ± 0.38ed	3.09 ± 0.21d
蛹 Pupa	56.214 ± 0.94a	29.11 ± 2.24a **	2.27 ± 0.30e	2.45 ± 0.25d

数据为平均值 ± 标准误;同列数据后附相同小写字母者表示在 $P < 0.05$ 水平上差异不显著 (DMRT); *、** 分别表示同行 2 组数据在 $P < 0.05$ 、 $P < 0.01$ 水平上差异显著。

Data are means ± SE; Data followed by the same letter in one row means no significant difference at $P < 0.05$ level; *, ** mean significant differences at $P < 0.05$, $P < 0.01$ levels between two datas in one line respectively.

3 讨论

近年来,植物—害虫—天敌昆虫之间的三级营养关系一直是昆虫学研究的热点之一,对这方面的研究,不仅可在理论上探讨昆虫与植物协同进化的模式和物种形成的机制,而且在实践中可为协调作物抗性与生物防治的联合作用、开发害虫治理新途径等提供理论指导。天敌昆虫的取食行为直接影响着它的控害效应,因此,选择有效天敌是生物防治成败的关键因素之一(Huffaker,1976)。

在诸多农业害虫之中,粉虱类害虫种类多,危害寄主广,同时有多种天敌昆虫(Gerling,1986; Li *et al.*, 2011)。在华南地区,粉虱的捕食性瓢虫主要包括淡色斧瓢虫 *Axinoscymnus cardilobus* Ren et Pang 和日本刀角瓢虫 *Serangium japonicus* Chapin (黄振等,2006; 姚松林等,2005)。研究表明,自东南亚引进的沙巴拟刀角瓢虫和越南斧瓢虫对蔬菜和果树上的粉虱类害虫有较好的控制作用(苗静等,2010b; 王兴民等,2006)。沙巴拟刀角瓢虫和越南斧瓢虫的取食行为有很多相似之处。当猎物接触到口器或前足时,其幼虫才进行捕食(Dixon, 1959; Fleschner, 1950; Hoelmer *et al.*, 1993; Wratten, 1973)。低龄幼虫由于爬行速度较慢,搜索到猎物所花费的时间较长,拥有捕食性天敌的典型行为。2 种瓢虫取食烟粉虱卵的数量比若虫和蛹多,这可能是因为卵在叶片上是直立的,使瓢虫更易搜索到并取食,另外,烟粉虱的卵还含有一些若虫和蛹没有的营养物质(Hagen, 1962; Hoelmer *et al.*, 1993)。因此,当进行生物防治时,在烟粉虱卵期释放天敌比若虫期效果好。

本研究结果表明,沙巴拟刀角瓢虫和越南斧瓢虫不同龄期幼虫捕食烟粉虱低龄和高龄若虫时,行为变化趋势较为一致,即随着瓢虫幼虫龄期的增大,其取食和休息时间逐渐减少,而爬行寻找猎物的时间逐渐增多。这可能是因为随着瓢虫龄期的增大,其对营养的需要量增多,因而需要花费更多的时间去寻找猎物以满足其自身发育的需要。此外,沙巴拟刀角瓢虫幼虫取食烟粉虱各虫态的时间显著长于越南斧瓢虫,取食量也显著大于越南斧瓢虫;而尽管沙巴拟刀角瓢虫成虫取食烟粉虱的时间长于越南斧瓢虫,但取食量明显低于后者。因此,今后利用这 2 种瓢虫控制烟粉虱时,在烟粉虱发生初期,建议主要释放越南斧瓢虫成虫;而在烟粉虱高龄若虫和伪蛹期,主要释放沙巴拟刀角瓢虫幼虫,容易取得更好的防控效果。在粉虱世代混合发生的田间或果园,同时释放 2 种瓢虫,防控效果较好。

总之,沙巴拟刀角瓢虫和越南斧瓢虫都对烟粉虱有较好的捕食作用。今后需要在半封闭或开放的田间或果园内检验其效果,同时研究其规模化繁殖技术以及其与寄生性天敌、微生物杀虫剂的联合控害作用(Heinz & Parrella, 1994),以为我国粉虱类害虫的可持续治理提供优良的生防产品和高效的生防技术。

参考文献

陈玉君. 2009. 柑桔粉虱在湖南局部桔园暴发原因分析及治理对策. 中国南方果树, 38(2): 41 – 43.

高宇, 孙晓玲, 金珊. 2010. 茶树黑刺粉虱化学生态学研究进展. 中国茶叶, (9): 11 – 12.

- 韩霞. 2008. 桑粉虱发生规律与防治办法. 山东蚕业, (4): 27.
- 胡敦孝, 吴杏霞. 2001. 银叶粉虱发生的指示植物——西葫芦银叶. 植物检疫, 15(3): 132–136.
- 黄振, 任顺祥, 姚松林. 2006. 淡色斧瓢虫对烟粉虱的捕食作用. 应用生态学报, 17(10): 1928–1932.
- 苗静, 邱宝利, 任顺祥. 2010a. 益害比对沙巴拟刀角瓢虫与越南斧瓢虫捕食烟粉虱行为的影响. 环境昆虫学报, 32(2): 230–234.
- 苗静, 邱宝利, 任顺祥. 2010b. 烟粉虱天敌沙巴拟刀角瓢虫与越南斧瓢虫的捕食行为研究. 昆虫知识, 47(4): 700–702.
- 任顺祥, 邱宝利. 2008. 中国粉虱及其可持续控害. 广州: 广东科技出版社.
- 王兴民, 任顺祥, 徐彩霞. 2006. 引进天敌越南斧瓢虫的形态特征及其生物学特性. 昆虫知识, 43(6): 810–813.
- 王振中, 任顺祥, 李学文. 1999. 广东省设施条件下蔬菜主要病虫害发生趋势. 华南农业大学学报, 20(增刊): 57–62.
- 肖伏莲, 胡雅辉, 戈峰. 2009. 湖南柑桔黑刺粉虱的发生规律及生物学特性研究. 湖南农业科学, (12): 75–76, 86.
- 姚松林, 任顺祥, 黄振. 2005. 烟粉虱天敌日本刀角瓢虫的捕食行为. 应用生态学报, 16(3): 509–513.
- 张建国. 2003. 温室白粉虱对果树的危害与综合防治. 烟台果树, (4): 42.
- Alon M, Alon F, Nauen R and Morin S. 2008. Organophosphates' resistance in the B-biotype of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) is associated with a point mutation in an ace1-type acetylcholinesterase and overexpression of carboxylesterase. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 38: 940–949.
- Dixon A F G. 1959. An experimental study of the searching behavior of the predatory coccinellid beetle, *Adalia bipunctata*. *Animal Ecology*, 28: 259–281.
- Fleschner C A. 1950. Study on the searching capacity of the larvae of three predators of the citrus red mite. *Hilgardia*, 20: 1043–1046.
- Gerling D. 1986. Natural enemies of *Bemisia tabaci*, biological characteristics and potential as biological control agents: a review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 17: 99–110.
- Gerling D. 1997. Dynamics of common green lacewing in Israeli cotton field in relation to whitefly populations. *Environmental Entomology*, 26: 815–827.
- Gerling D, Oscar A and Judit A. 2001. Biological control of *Bemisia tabaci* using predators and parasitoids. *Crop Protection*, 20: 779–799.
- Hagen K. 1962. Biology and ecology of predaceous Coccinellidae. *Annual Review of Entomology*, 7: 289–326.
- Heinz K M and Parrella M P. 1994. *Poinsettia* (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex Koltz.) cultivar-mediated differences in performance of five nature enemies of *Bemisia argentifolii* Bellows and Perring, n. sp. (Homoptera: Aleyrodidae). *Biological Control*, 4: 304–318.
- Hoelmer K A, Osborne L S and Yokomi P K. 1993. Reproduction and feeding behavior of *Delphastus pusillus* (Coleoptera: Coccinellidae), predators of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). *Economic Entomology*, 86: 322–329.
- Huang J and Polaszek A. 1998. A revision of the Chinese species of *Encarsia* Forster: parasitoids of whiteflies, scales and aphids. *Natural History*, 32: 1825–1966.
- Huffaker C B. 1976. Theory and practice of biological control. New York: Academic press.
- Inbar M and Gerling D. 2008. Plant-mediated interactions between whiteflies, herbivores, and natural enemies. *Annual Review of Entomology*, 53: 431–448.
- Lacey L A. 1996. A global distribution of naturally occurring fungi of *Bemisia*, their biologies and use as biological control agents//Gerling D. *Bemisia 1995: Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management*. UK: Intercept, Andover, 401–433.
- Lacey L A and Fransen J J. 1994. Fungi as biological control agents of *Bemisia tabaci*. *Phytoparasitica*, 22: 342–343.
- Li S J, Xue X, Ahmed M Z, Ren S X, Du Y Z, Wu J H, Cuthbertson A G S and Qiu B L. 2011. Host plants and natural enemies of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in China. *Insect Science*, 18: 101–120.
- Nauen R, Bielza P, Denholm I and Gorman K. 2008. Age-specific expression of resistance to a neonicotinoid insecticide in the whitefly *Bemisia tabaci*. *Pest Management Science*, 64: 1106–1110.
- Qiu B L, De Barro P J, He Y R and Ren S X. 2007. Suitability of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) instars for the parasitization by *Encarsia bimaculata* and *Eretmocerus* sp. nr. *furuhashii* (Hymenoptera: Aphelinidae) on glabrous and hirsute host plants. *Biocontrol Science and Technology*, 17: 823–839.
- Ren S X, Wang Z Z, Qiu B L and Xiao Y. 2001. The pest status of *Bemisia tabaci* in China and non-chemical control strategies. *Entomologia Sinica*, 18: 279–288.
- Wratten S D. 1973. The effectiveness of the coccinellid beetle, *Adalia bipunctata* (L.), as a predator of the lime aphid, *Eucallipterus tiliae* L.. *Journal of Animal Ecology*, 42: 785–802.