

取食不同品种棉花的棉蚜对龟纹瓢虫 功能反应的影响^{*}

谢修庆 陆佩玲 胡蒙蒙 苏宏华 杨益众^{**}

(扬州大学园艺与植物保护学院 扬州 225009)

摘 要 本文以 GK12、33B 和 SGK321 3 种转基因棉和对应的 3 种常规棉泗棉 3 号、33 及石远 321 为材料,通过室内测定,研究了取食转基因棉的棉蚜 *Aphis gossypii* Glover 对龟纹瓢虫 *Propylaea japonica* Thunberg 1~4 龄幼虫功能反应的影响。结果指出,龟纹瓢虫对来自转基因棉田蚜虫的捕食量大多高于常规棉田,且捕食量随猎物密度的增加而增大。在 1、2 龄幼虫期,龟纹瓢虫取食转双价基因棉田蚜虫的数量多高于取食转单价基因棉田的蚜虫数量,但是在 3、4 龄幼虫时,龟纹瓢虫取食转双价棉田蚜虫的数量多低于取食转单价棉田的蚜虫数量。龟纹瓢虫对来自转基因棉田棉蚜的捕食功能反应符合 Holling II 型。龟纹瓢虫 1 龄幼虫取食 GK12 和 SGK321 2 个转基因棉田蚜虫的最大日捕食量大于对照,处理时间短于对照;龟纹瓢虫 *P. japonica* 2、3 龄幼虫取食 33B 和 SGK321 2 个转基因棉田蚜虫 *A. gossypii* 的日最大捕食量大于对照,处理时间短于对照;4 龄时取食转基因棉田蚜虫的数量都大于对照,处理时间均短于对照,其中取食转双价基因棉 SGK321 棉田蚜虫的日最大捕食量小于取食单价棉田蚜虫的日最大捕食量。

关键词 转基因棉, 棉蚜, 龟纹瓢虫, 功能反应

Effect of cotton aphids feeding on transgenic cotton varieties on the behavior of *Propylaea japonica*

XIE Xiu-Qing LU Pei-Ling HU Meng-Meng SU Hong-Hua YANG Yi-Zhong^{**}

(School of Horticulture and Plant Protection, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract The effect of *Aphis gossypii* Glover feeding on the transgenic cotton varieties GK12, 33B and SGK321 and conventional cotton varieties Simian3, 33 and Shiyuan321, on the predatory behavior of *Propylaea japonica* Thunberg larvae was investigated. The results show that the relative biomass of *P. japonica* to *A. gossypii* was higher on transgenic cotton than on conventional cotton and that the number of *P. japonica* increased with prey density. More *A. gossypii* were preyed on by 1st and 2nd instar larvae of *P. japonica* on SGK321 than on GK12 and 33B. Conversely, more *A. gossypii* were preyed on by 3rd and 4th instar larvae of *P. japonica* on GK12 and 33B plants than on SGK321 plants. The predatory responses of *P. japonica* to *A. gossypii* feeding on transgenic cotton fitted the Holling - II equation. The maximum daily predation rate of 1st instar *P. japonica* larvae on *A. gossypii* was higher on GK 12 and SGK321 plants than on control plants and processing time was shorter than on control plants. The maximum daily predation rate of 2nd and 3rd instar *P. japonica* larvae was higher on 33B and SGK321 plants and processing time was shorter compared to control plants. The maximum daily predation rates of 4th instar larvae on all three transgenic cotton varieties were greater than those of larvae on control plants, and processing time was shorter than on control plants. In addition, the maximum daily predation rate of *P. japonica* on the dual toxin transgenic cotton SGK321 was less than that on the single toxin varieties GK12 and 33B.

Key words transgenic cotton, *Aphis gossypii*, *Propylaea japonica*, predatory functional responses

近年来,对天敌捕食效应的研究报道较多。研究认为,捕食者在长期的协同进化过程中,能根

^{*} 项目资助:国家重大转基因项目(2011ZX08012-004)。

^{**}通讯作者, E-mail: yzyang@yzu.edu.cn

收稿日期:2012-03-01,接受日期:2012-04-13

据外界环境条件的变化,调节其捕食行为,逐渐形成了各种生态对策,以便获得最大的能量,减少其生存风险(Schoener *et al.*, 1969; Norberg, 1977; Jaeger and Barnard, 1981; Formanowicz, 1982; Wiegert and Peterson, 1983; Formanowicz and Bradley 1987; 戈峰和陈常铭, 1989)。最优取食理论指出,对猎物密度变化信息的评估,是捕食者产生这一对策的主要途径(Charnov, 1976; Jaeger and Barnard, 1981)。

前人研究发现,龟纹瓢虫 *Propylaea japonica* Thunberg 捕食棉铃虫卵的数量与棉铃虫卵的密度呈负加速曲线关系,符合 Holling II 型功能反应模型(高孝华和时爱菊, 2005)。龟纹瓢虫对棉蚜 *Aphis gossypii*、玉米蚜 *Rhopalosiphum maidis*、豆蚜 *A. craccivora*、枸杞蚜 *Aphis* sp、麦二叉蚜 *Macrosiphum granarium*、烟蚜 *Myzus persicae*、烟粉虱 *Bemisia tabaci* 等的攻击能力、搜索能力和搜寻效应均较强,表明龟纹瓢虫是重要的天敌资源(戈峰和丁岩钦, 1995; 高孝华等, 2001; 黄斌等, 2001; 张世泽等, 2005; 刘爱萍等, 2008; 刘万学等, 2008)。崔金杰等(2006)研究发现,捕食性天敌对转基因棉田棉蚜的捕食量高于常规棉,处理 1 头棉蚜所用的时间短于常规棉处理,瞬间攻击率高于常规棉处理。然而,取食不同品种棉花的棉蚜对龟纹瓢虫各龄幼虫的捕食有何影响,各龄幼虫对来自不同品种棉花上蚜虫的捕食反应如何,至今未见详细研究报导,本文对此作了探讨。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

龟纹瓢虫采自扬州大学实验农牧场棉田,带回室内用常规棉“泗棉 3 号”上的棉蚜进行饲养,饲养条件为温度 26℃ 左右, RH70% ~ 90%, 光照 L:D = 14:10, 饲养 1 代后进行试验。

1.2 供试棉花品种

所用的棉花品种包括:转 Bt 基因棉国抗 12 (GK12) 及其亲本棉泗棉 3 号、转 Bt 基因棉 33B 及其亲本棉 33、转 Bt + *CpTI* 基因棉 SGK321 及其亲本棉石远 321。棉花种子由中国农科院植保所提供。

1.3 取食不同品种棉花的蚜虫对龟纹瓢虫捕食

量的影响

参照冯宏祖和王兰(2008)方法,将饥饿 12 h 的龟纹瓢虫 1、2 龄幼虫和饥饿 24 h 的 3、4 龄幼虫分虫龄放在同一规格的培养皿($d = 9$ cm)中,每皿 1 头,内置 2 片布满蚜虫的棉叶,用脱脂棉包住棉花叶柄以保湿。对龟纹瓢虫 1、2 龄幼虫设置的蚜虫密度梯度为 10、20、30、40、50 (头/皿); 3 龄幼虫的猎物密度为 30、50、70、90、110 (头/皿); 4 龄幼虫的猎物密度为 50、100、150、200、250 (头/皿)。24 h 后查看龟纹瓢虫的捕食与蜕皮:对于蜕皮的龟纹瓢虫幼虫记录培养皿内剩余的蚜虫数,进入下一虫龄继续试验,未蜕皮的幼虫记录培养皿内蚜虫数量并补充至原来的猎物密度,计算龟纹瓢虫的平均捕食量。试验重复 3 次。

1.4 龟纹瓢虫取食不同品种棉花上棉蚜的功能反应

根据圆盘方程:

$$Na = \frac{aTrN_0}{1 + aT_hN_0}$$

其中: Na 为捕食量; a 为发现率; N_0 为猎物密度, T_h 为捕食 1 头猎物所用的时间(处理时间); Tr 为搜寻猎物的时间。由于搜寻时间相同(在本研究中为 24 h),因此 $Tr = 1$, 当猎物密度(N_0) 趋于无穷大时,则 Na 为日最大捕食量(崔金杰和夏敬源, 1997; 崔金杰等, 2005)。

1.5 数据分析

相关数据的显著性检验采用 DPS7.05 数据处理系统中的单因素试验统计,差异显著性比较采用 LSD 多重比较法(唐启义和冯明光, 2001)。

2 结果与分析

2.1 龟纹瓢虫捕食不同品种棉花上蚜虫的数量分析

试验指出,龟纹瓢虫对来自转基因棉田蚜虫的捕食量大多高于常规棉田,但差异不显著,龟纹瓢虫虫龄越大,捕食量越多,表明龟纹瓢虫高龄幼虫发挥的捕食作用更大。比较发现,在 1、2 龄幼虫期,龟纹瓢虫取食转双价基因棉田蚜虫的数量多高于取食单价棉田的蚜虫数量,但是在 3、4 龄幼虫期,龟纹瓢虫取食转双价棉田蚜虫的数量多低于取食转单价棉田的蚜虫数量(表 1 ~ 3)。

表 1 龟纹瓢虫 1、2 龄幼虫对棉蚜的捕食量 (头/24 h)

Table 1 Predating numbers of the first and the second instar larvae of *Propylaea japonica* to cotton aphid feeding on different cotton varieties (individuals/24 h)

虫期 Instar of larvae	棉花品种 Cotton varieties	猎物密度 (头/皿) Density of prey (individuals /dish)				
		10	20	30	40	50
1 龄幼虫 1st instar larvae	泗棉 3 号 Simian 3	4.0 ± 0.0a	4.7 ± 0.3b	5.0 ± 1.2a	6.3 ± 0.9a	7.0 ± 0.0a
	GK12	3.3 ± 0.3a	5.7 ± 0.3ab	6.7 ± 0.9a	7.3 ± 1.9a	8.3 ± 1.2a
	33	3.0 ± 0.0a	5.3 ± 0.3ab	6.7 ± 1.5a	7.7 ± 1.2a	10.7 ± 1.9a
	33B	3.7 ± 0.3a	6.7 ± 1.2ab	8.7 ± 0.7a	9.3 ± 1.2a	10.0 ± 1.5a
	石远 321 Shiyuan 321	4.7 ± 0.3a	5.7 ± 0.9ab	7.7 ± 1.2a	8.0 ± 1.5a	9.3 ± 1.2a
	SGK321	4.7 ± 0.7a	8.0 ± 0.6a	10.0 ± 1.2a	11.0 ± 2.3a	12.7 ± 1.5a
2 龄幼虫 2rd instar larvae	泗棉 3 号 Simian 3	6.7 ± 1.7a	9.0 ± 0.0a	11.3 ± 3.2a	15.7 ± 1.2a	19.0 ± 2.1a
	GK12	7.3 ± 0.3a	10.0 ± 1.5a	12.0 ± 0.6a	15.0 ± 0.0a	19.3 ± 1.5a
	33	8.3 ± 0.9a	9.0 ± 1.5a	11.7 ± 1.7a	15.3 ± 2.1a	17.7 ± 3.3a
	33B	7.7 ± 0.3a	13.7 ± 0.7a	14.3 ± 2.3a	16.0 ± 1.5a	19.0 ± 0.0a
	石远 321 Shiyuan 321	6.7 ± 0.9a	8.7 ± 1.9a	12.7 ± 1.9a	15.3 ± 1.3a	20.0 ± 2.3a
	SGK321	8.3 ± 0.7a	12.3 ± 2.4a	14.3 ± 2.6a	17.7 ± 1.2a	20.3 ± 3.7a

注:表中同列数据后标有不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下表同。

Data followed by different small letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level by LSD test. The same below.

表 2 龟纹瓢虫 3 龄幼虫对蚜虫的捕食量 (头/24 h)

Table 2 Predating numbers of the third instar larvae of *Propylaea japonica* to cotton aphids feeding on different cotton varieties (individuals/24 h)

棉花品种 Cotton varieties	猎物密度 (头/皿) Density of prey (individuals/dish)				
	30	50	70	90	110
泗棉 3 号 Simian 3	19.0 ± 2.1a	23.0 ± 1.5b	32.0 ± 0.0a	34.7 ± 3.5a	43.3 ± 3.3b
GK12	21.7 ± 1.8a	28.3 ± 3.4ab	32.3 ± 2.2a	35.7 ± 5.7a	48.3 ± 4.4ab
33	20.3 ± 2.9a	24.0 ± 1.2ab	33.0 ± 1.5a	36.3 ± 1.7a	49.7 ± 2.9ab
33B	25.7 ± 2.9a	35.0 ± 2.1a	39.3 ± 2.3a	45.0 ± 1.0a	66.3 ± 3.2a
石远 321 Shiyuan 321	18.7 ± 1.3a	27.7 ± 2.7ab	31.7 ± 5.7a	35.3 ± 4.4a	65.7 ± 6.4a
SGK321	19.0 ± 2.3a	29.3 ± 2.3ab	35.7 ± 0.7a	44.7 ± 6.1a	61.3 ± 2.7ab

2.2 龟纹瓢虫各龄幼虫对棉蚜的捕食功能反应

表 4 显示, 龟纹瓢虫各龄幼虫捕食棉蚜的数量均随蚜虫密度的增加而上升, 捕食功能反应均符合 Holling II 型模型。

研究指出, 龟纹瓢虫 1 龄幼虫取食 GK12 和 SGK321 棉田蚜虫的日最大捕食量大于对照, 所用处理时间短于对照; 2、3 龄幼虫取食 33B 和

SGK321 棉田的日最大捕食量大于对照, 所用处理时间短于对照。4 龄幼虫期, 龟纹瓢虫取食转基因棉田蚜虫的数量都大于对照, 所用处理时间均短于对照, 其中取食双价棉 SGK321 棉田蚜虫的日最大捕食量小于取食单价棉田蚜虫的日最大捕食量。而各龄幼虫捕食蚜虫的瞬间攻击率差异较大, 无明显规律。

表 3 龟纹瓢虫 4 龄幼虫对蚜虫的捕食量 (头/24 h)

Table 3 Predating numbers of the fourth instar larvae of *Propylaea japonica* to cotton aphids feeding on different cotton varieties (individuals/24 h)

棉花品种 Cotton varieties	猎物密度 (头/皿) Density of prey (individuals/dish)				
	50	100	150	200	250
泗棉 3 号 Simian 3	50.0 ± 0.0a	74.7 ± 3.4ab	90.0 ± 2.0a	122.0 ± 17.2a	147.0 ± 10.1a
GK12	50.0 ± 0.0a	86.0 ± 9.7b	97.0 ± 1.0a	136.0 ± 6.1a	155.0 ± 15.3a
33	50.0 ± 0.0a	80.7 ± 2.8ab	85.0 ± 8.2a	146.0 ± 12.1a	153.7 ± 6.8a
33B	50.0 ± 0.0a	94.7 ± 2.9ab	101.7 ± 4.4a	115.7 ± 5.8a	158.0 ± 6.1b
石远 321 Shiyuan 321	46.3 ± 3.2a	84.7 ± 5.3ab	85.0 ± 5.5a	97.7 ± 6.2a	126.0 ± 23.5a
SGK321	46.7 ± 3.3a	81.0 ± 2.9a	97.0 ± 6.8a	99.7 ± 9.8a	144.7 ± 10.7a

表 4 龟纹瓢虫的捕食功能反应

Table 4 Functional response of *Propylaea japonica* to cotton aphids feeding on different cotton varieties

天敌虫龄 Predator instar	棉花品种 Cotton varieties	功能反应方程 Functional response equation	相关系数 r	日最大捕 食量 (N_a) Maximum of predation	处理时间 T_h Treatment time	攻能系数 (a) Functional parameter
1 龄 1st instar	泗棉 3 号 Simian 3	$1/N_a = 1.2097 / N_0 + 0.1376$	0.9137	7.3	0.1376	0.8851
	GK12	$1/N_a = 2.2478 / N_0 + 0.0744$	0.9956	13.4	0.0744	0.4488
	33	$1/N_a = 2.8523 / N_0 + 0.0487$	0.9958	20.5	0.0487	0.3506
	33B	$1/N_a = 2.1680 / N_0 + 0.0494$	0.9949	20.2	0.0494	0.4613
	石远 321 Shiyuan 321	$1/N_a = 1.2772 / N_0 + 0.0918$	0.9619	10.9	0.0918	0.7830
2 龄 2nd instar	SGK321	$1/N_a = 1.6557 / N_0 + 0.0459$	0.9987	21.8	0.0459	0.6039
	泗棉 3 号 Simian 3	$1/N_a = 1.1481 / N_0 + 0.0406$	0.9615	24.6	0.0406	0.8710
	GK12	$1/N_a = 0.9838 / N_0 + 0.0428$	0.9700	23.4	0.0428	1.0165
	33	$1/N_a = 0.7538 / N_0 + 0.0534$	0.8784	18.7	0.0534	1.3099
	33B	$1/N_a = 0.9189 / N_0 + 0.0356$	0.9849	28.1	0.0356	1.0882
3 龄 3th instar	石远 321 Shiyuan 321	$1/N_a = 1.1885 / N_0 + 0.0374$	0.9598	26.7	0.0374	0.8414
	SGK321	$1/N_a = 0.8563 / N_0 + 0.0364$	0.9918	27.5	0.0364	1.1682
	泗棉 3 号 Simian 3	$1/N_a = 1.1926 / N_0 + 0.0149$	0.9697	67.1	0.0149	0.8385
	GK12	$1/N_a = 0.9374 / N_0 + 0.0158$	0.9699	63.3	0.0158	1.0668
	33	$1/N_a = 1.1370 / N_0 + 0.0138$	0.9528	72.5	0.0138	0.8795
4 龄 4th instar	33B	$1/N_a = 0.8674 / N_0 + 0.0108$	0.9633	92.6	0.0108	1.1529
	石远 321 Shiyuan 321	$1/N_a = 1.2023 / N_0 + 0.0132$	0.9920	75.8	0.0132	0.8317
	SGK321	$1/N_a = 1.4221 / N_0 + 0.0057$	0.9941	175.4	0.0057	0.7032
	泗棉 3 号 Simian 3	$1/N_a = 0.7884 / N_0 + 0.0047$	0.99834	212.8	0.0047	1.2684
	GK12	$1/N_a = 0.8225 / N_0 + 0.0036$	0.9920	277.8	0.0036	1.2158
4 龄 4th instar	33	$1/N_a = 0.8158 / N_0 + 0.0041$	0.9676	243.9	0.0041	1.2258
	33B	$1/N_a = 0.7960 / N_0 + 0.0038$	0.9852	263.2	0.0038	1.2563
	石远 321 Shiyuan 321	$1/N_a = 0.7892 / N_0 + 0.0055$	0.9781	181.8	0.0055	1.2672
	SGK321	$1/N_a = 0.8377 / N_0 + 0.0046$	0.9874	217.4	0.0046	1.1937

3 结论与讨论

崔金杰等(2005)研究比较了草间小黑蛛 *Erigonidium graminicolum*、异色瓢虫 *Leis axyridis*、小花蝽 *Orius* sp. 及龟纹瓢虫 *Propylaea japonica* 成虫对来自转双价基因(Bt + CpTI)棉、转 Bt 基因棉和常规棉饲喂的棉铃虫幼虫和棉蚜的捕食功能反应,结果发现,4 种捕食性天敌对用 2 种转基因棉处理的棉铃虫捕食量明显高于常规棉,捕食功能反应也符合 Holling II 型反应;与常规棉相比,用 2 种转基因棉处理的棉铃虫或棉蚜的功能系数(即瞬间攻击率)有增有降,但日最大捕食量及处理 1 头棉铃虫或棉蚜所用的时间均短于常规棉。

本文的研究结果也表明,龟纹瓢虫各龄幼虫对来自各个品种棉花上棉蚜的捕食量均随蚜虫密度的增加而上升,捕食功能反应均符合 Holling II 型模型。同时,龟纹瓢虫 1 龄幼虫取食 GK12 和 SGK321 棉田蚜虫的日最大捕食量大于对照,所用处理时间短于对照。2、3 龄幼虫取食 33B 和 SGK321 棉田的日最大捕食量大于对照,所用处理时间短于对照。4 龄幼虫期,龟纹瓢虫取食转基因棉田蚜虫的数量都大于对照,所用处理时间均短于对照,其中取食双价棉 SGK321 棉田蚜虫的日最大捕食量小于取食单价棉田蚜虫的日最大捕食量。这与崔金杰和夏敬源(1997),崔金杰等(2005)的研究结果相似,即转基因棉对增强捕食者的捕食效率与捕食量有一定的促进作用,结果提高了棉田捕食性天敌的控害能力。这是否与棉蚜取食了转基因棉花后行动迟缓有关值得进一步探讨;同时,在棉田里,龟纹瓢虫食性广泛,它对棉蚜的捕食作用还需要通过室内模拟与田间实地考察相结合,进行综合分析评判。

研究显示,不管是取食常规棉上的蚜虫,还是取食转基因棉田的蚜虫,龟纹瓢虫的捕食量均随猎物密度的增加而增大,其中龟纹瓢虫对采自转基因棉田蚜虫的捕食量多高于常规棉田。在 1、2 龄幼虫期,龟纹瓢虫取食双价棉田蚜虫的数量多高于取食单价棉田的蚜虫数量,进入 3、4 龄幼虫期,龟纹瓢虫取食双价棉田蚜虫的数量多低于取食单价棉田的蚜虫数量,这也许是蚜虫刺吸转双价基因棉后对龟纹瓢虫产生了一定的间接效应。当然,本研究是在室内条件下进行的,人为控制的因素较多。而植物—害虫—天敌三级营养间的关

系比较复杂,以后应加强在自然条件下的研究探讨,并且对天敌与害虫之间的控制作用进行长期监测,为评价转基因棉的生态安全性积累更多的数据。

参考文献(References)

- Charnov EL, 1976. Optimal foraging, the marginal value theorem. *Theor. Pop. Biol.*, 9(2):129—136.
- Formanowicz DR Jr, 1982. Foraging tactics of larvae of *Dytiscus vertexalis* (Coleoptera: Duliacidae): the assessment of prey density. *J. Anim. Ecol.*, 51(3):757—767.
- Formanowicz DR Jr, Bradley PJ, 1987. Fluctuations in prey density: effects on the foraging tactics of scolopendrid centipedes. *Anim. Behav.*, 35:453—461.
- Jaeger RG, Barnard DE, 1981. Foraging tactics of a terrestrial salamander: choice of diet in structurally simple environments. *Am. Nat.*, 117(5):639—664.
- Norberg RA, 1997. An ecological theory on foraging time and energetics and choice of optimal food searching method. *J. Anim. Ecol.*, 46(2):511—529.
- Schoener TW, 1969. Theory of feeding strategies. *A. Rev. Ecol. Syst.*, 2(1):369—404.
- Wiegert RG, Peterson CE, 1983. Energy transfer in insects. *Annu. Rev. Entomol.*, 28:455—486.
- 崔金杰, 雒珺瑜, 王春义, 李树红, 李春花, 2005. 转双价基因(Bt + CpTI)棉对棉田主要捕食性天敌捕食功能反应的影响. *南京农业大学学报*, 28(1):48—51.
- 崔金杰, 雒珺瑜, 王春义, 李树红, 李春花, 2006. 转双价基因棉对主要捕食性天敌生长发育的影响. *农业网络信息*, 5:162—163.
- 崔金杰, 夏敬源, 1997. 转 Bt 基因棉对棉田主要捕食性天敌捕食功能的影响. *棉花学报*, 24(2):19.
- 冯宏祖, 王兰, 2008. 十一星瓢虫对棉蚜的控制作用的评估. *中国农学通报*, 4(1):375—378.
- 高孝华, 时爱菊, 2005. 龟纹瓢虫捕食棉铃虫卵的功能反应与寻找效应研究. *植物保护科学*, 21(7):3346—3348.
- 高孝华, 时爱菊, 曲耀训, 赵玉华, 张卫东, 魏炳洲, 2001. 龟纹瓢虫捕食棉蚜的功能反应与寻找效应研究. *山东农业大学学报(自然科学版)*, 32(4):457—460.
- 戈峰, 陈常铭, 1989. 八斑球腹蛛对褐飞虱的捕食作用. *生物防治通报*, 5(2):84—88.
- 戈峰, 丁岩钦, 1995. 龟纹瓢虫对棉蚜的捕食性为. *昆虫学报*, 38(4):436—441.
- 黄斌, 陈乾锦, 李志胜, 2001. 龟纹瓢虫对烟蚜的捕食功能反应及寻找效应. *武夷科学*, 17:39—43.
- 刘爱萍, 徐林波, 王俊清, 2008. 龟纹瓢虫对枸杞蚜的捕食

- 作用. 林业科技开发, 22 (4) :82—84.
- 刘万学, 张毅波, 万方浩, 2008. 龟纹瓢虫对烟粉虱和棉蚜取食选择及适合度比较研究. 中国生物防治, 24 (4) : 293—297.
- 唐启义, 冯明光, 2001. 数理统计在植保试验研究中的应用. 植保技术与推广, 21 (9) :43—45.
- 张世泽, 花保祯, 许向利, 2005. 龟纹瓢虫捕食玉米蚜的功能反应与寻找效应研究. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 33 (5) :85—87.