

DOI: 10.5846/stxb201302270312

阿力甫·那思尔, 祖母拉提·阿布都热依木, 热依曼·阿迪, 孟玲, 李保平. 多异瓢虫与七星瓢虫、大草蛉不同虫态间的集团内捕食. 生态学报, 2014, 34(22): 6560-6567.

Naser Alipu, Zumlati Abuduroim, Roiman Ady, Meng L, Li B P. Intraguild predation among predatory insects *Hippodamia variegata*, *Coccinella septempunctata* and *Chrysopa pallens* at different stages. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(22): 6560-6567.

多异瓢虫与七星瓢虫、大草蛉 不同虫态间的集团内捕食

阿力甫·那思尔^{1,2}, 祖母拉提·阿布都热依木², 热依曼·阿迪², 孟玲¹, 李保平^{1,*}

(1. 南京农业大学植物保护学院, 农作物生物灾害综合治理教育部重点实验室, 南京 210095;

2. 新疆师范大学生命科学学院, 乌鲁木齐 830054)

摘要: 多异瓢虫、七星瓢虫和大草蛉是控制蚜虫重要的广谱捕食性天敌昆虫, 为明确这些昆虫间的集团内捕食效应与个体发育阶段的关系, 观察了多异瓢虫与七星瓢虫、大草蛉各虫态(蛹除外)之间的集团内捕食效应。设置 30 个虫态(虫龄)组合处理, 于温室盆栽棉花(无蚜虫)上接种等量的试虫, 观察 24 h 后的存活数量。结果表明, 当参与双方的虫态不同时, 晚期虫态的存活数量显著大于早期虫态; 当参与双方的幼虫龄期不同时, 高龄幼虫的存活数量显著大于低龄幼虫; 成虫对卵、1 龄和 4 龄幼虫的捕食程度随虫龄增大而呈抛物线增大, 存在显著的二次函数关系。当参与双方的虫态(龄)相同时, 多异瓢虫成虫的存活数量显著小于七星瓢虫, 但大于大草蛉成虫; 多异瓢虫幼虫(1 龄和 4 龄)的存活数量显著小于大草蛉, 而与七星瓢虫没有显著差异。研究结果说明, 在没有集团外猎物(蚜虫)存在的情况下, 多异瓢虫与七星瓢虫、大草蛉之间的集团内捕食效应只在参与者的虫态或虫龄不同时取决于发育阶段, 而当参与者虫态或虫龄相同时, 还取决于其他因素。

关键词: 集团内捕食; 食蚜天敌; 生活期; 种间互作; 生物防治

Intraguild predation among predatory insects *Hippodamia variegata*, *Coccinella septempunctata* and *Chrysopa pallens* at different stages

Naser Alipu^{1,2}, Zumlati Abuduroim², Roiman Ady², MENG Ling¹, LI Baoping^{1,*}

1 Key Laboratory of Integrated Management of Crop Diseases and Pests of Ministry of Education, College of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

2 School of Life Science, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China

Abstract: The generalist predatory ladybirds *Hippodamia variegata* (Goeze), *Coccinella septempunctata* L. and the lacewing *Chrysopa pallens* (Rambur) are of major importance for the control of aphids on agricultural crops. To investigate intraguild predation (IGP) intensity as related to life cycle stages of involving protagonists, experiments were conducted to evaluate IGP between *H. variegata* and *C. septempunctata* and between *H. variegata* and *C. pallens* at different stages. Thirty pairs of life stages (for the exception of pupa) were tested in the greenhouse. A pair of stages with equal number of insects was released onto a potted cotton plant without the presence of aphids, and survivors were recorded 24 hours later. The results showed that in pairings between different stages of two predators, later stages survived significantly more than earlier stages. The intensity of predation of adults was dependant on earlier life stages in a quadratically functional relationship. In pairings between same stages of two predators, *H. variegata* adults survived less than their counterparts of *C.*

基金项目: 国家自然科学基金(30960055); 国家公益性行业(农业)科研专项(20110300)

收稿日期: 2014-01-24; **网络出版日期:** 2014-03-14

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lbp@njau.edu.cn

septempunctata, but more than those of *C. pallens*; *H. variegata* larvae (L1 and L4) survived less than their counterparts of *C. pallens*, but equally to those of *C. septempunctata*. The results of this study suggested that in the absence of extraguild prey (aphids), the intraguild predation intensity among *H. variegata*, *C. septempunctata* and *C. pallens* may depend on life stages when different life stages are encountered, but on other factors when same life stages encounter each other.

Key Words: intraguild predation; aphidophaga; life stage; interspecific interaction; biological control

集团内捕食(Intraguild predation, IGP)指享有共同猎物的捕食者种间捕食或致死现象^[1],包含捕食性动物、寄生性昆虫和病原菌等^[2],参与者分别称为“集团内捕食者”和“集团内猎物”。由于其广泛存在于捕食性动物中而在群落营养结构中发挥着重要作用^[3];由于其广泛存在于害虫的天敌群落中而在害虫生物防治实践中亦具有重要意义^[4]。对昆虫群落中集团内捕食的研究发现,有多种因素可能影响集团内捕食效应(程度、方向 and 对称性),包括参与者自身的生物学特征和生理状态以及相关植物特征的环境因素等^[4-7]。

蚜虫分布广泛,是重要的农业害虫,其捕食性和寄生性天敌昆虫多样性非常丰富,其中 12 个科涉及集团内捕食^[6]。因此,国际上常以食蚜天敌为对象开展集团内捕食研究^[7]。然而,国内罕有对集团内捕食的研究^[5],仅见王甦等^[8]在培养皿内观察了 3 种瓢虫的 1 龄幼虫捕食卵以及 4 龄幼虫间的集团内捕食。虽然已知多种因素可能影响食蚜天敌的集团内捕食效应,但大多数研究认为参与者的发育阶段或体型大小的影响最大,在同一类昆虫中体型大小与发育阶段是统一的(因为体型随发育进行而增大)。对此, Lucas^[6]提出了一个定性描述集团内捕食效应与发育阶段关系的图解模型,该模型认为完全变态食蚜捕食性昆虫易被捕食的风险随其个体发育进程而逐渐减小。根据该模型预测,成虫对早期虫态(卵、幼虫、蛹)的集团内捕食强度的增速随集团内猎物的个体发育进程而放缓,符合二次多项式回归模型(抛物线)。本研究有两个目的:一是检验 Lucas 的图解模型是否能够解释发生在新疆干旱区环境中的棉蚜主要捕食性天敌昆虫中的潜在集团内捕食效应;二是初步明确强势的集团内捕食者,为进一步评估棉蚜的优势天敌提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试食蚜捕食性天敌为多异瓢虫(*Hippodamia*

variegata (Goeze))、七星瓢虫(*Coccinella septempunctata* L.)和大草蛉(*Chrysopa pallens* (Rambur))。棉蚜(*Aphis gossypii* Glover)是新疆棉区的主要害虫^[9-10],供试 3 种捕食性天敌是棉田的优势种群,对棉蚜猖獗发生发挥着重要的抑制作用^[11-12]。供试虫源来自乌鲁木齐市郊的农田,带回温室内接在有棉蚜的盆栽棉株(“新陆早 1 号”品种,全营养液培养)上进行饲养繁殖,待发育到特定虫态(脱皮 48 h 后)供试。为增强试虫的捕食动机,测试前饥饿 24 h。

1.2 试验方法

分别进行 2 组集团内捕食试验,即七星瓢虫与多异瓢虫、大草蛉与多异瓢虫。各种昆虫分别选用卵、1 龄幼虫、4 龄幼虫和成虫等虫态进行相互组配,由于预备观察试验中发现蛹通常不被捕食,故未选用蛹;将 2 种捕食性昆虫的不同虫态配对组合成 30 个处理(排除两种昆虫的卵组合)。将上述组合相同数量(每种虫态 30 头)的参与者释放到纱网罩笼内的盆栽棉花植物上,将卵按 5 个为 1 组放在植株上层的叶表,以模拟自然环境中常见的着卵方式;将幼虫和成虫直接放置在植株上层的叶表。于 24 h 后检查植株上和罩笼内壁上的残留数量(即存活数量)。试验在温室中进行,环境温度(25 ± 1)℃,相对湿度 70%—80%,自然光照。每处理重复 5 次。

1.3 数据分析

采用二次多项式回归模型拟合成虫捕食强度与幼期虫态(卵、低龄和高龄幼虫)的关系;分析前对存活个体数量(+ 0.1 以避免出现 0 值)进行自然对数转换,以满足正态分布和方差齐次性的假定。在分析高龄对低龄或较低虫态以及相同虫态间的集团内捕食作用时,由于参与双方共存于同一环境而非完全独立,故采用非参数 Wilcoxon 成对测验比较存活个体数量。数据分析用 R 软件^[13]。

2 结果与分析

2.1 多异瓢虫与七星瓢虫的集团内捕食效应

二次多项式回归模型分析表明,多异瓢虫成虫对七星瓢虫幼期虫态的捕食程度与被捕食者虫态增

长而增大(图1),存在显著的二次函数关系(表1)。七星瓢虫成虫对多异瓢虫幼期虫态的捕食程度也随被捕食者虫态增大而逐渐增大(图1),存在显著的二次函数关系(表1)。

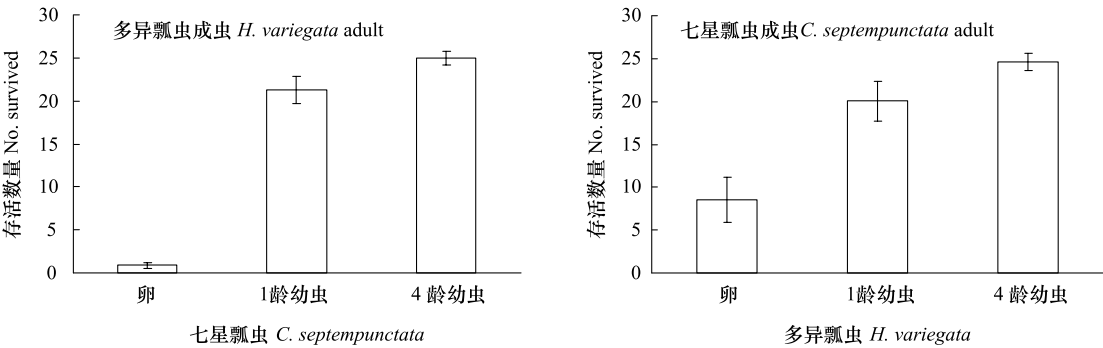


图1 七星瓢虫和多异瓢虫之间成虫与幼期各虫态的集团内捕食

Fig.1 Intraguild predation of adults on earlier stages between *C. septempunctata* and *H. variegata*
短柄代表标准误 Bars indicate one standard error of the mean; * 表示 5% 水平差异显著

表1 拟合多异瓢虫与七星瓢虫之间成虫对其他虫态捕食关系的多项式回归模型参数估计值

Table 1 Parameter estimates of polynomial regression model fit to predation of adults on the other life stages between *H. variegata* and *C. septempunctata*

参与者 Antagonist	变量 Variable	估计值 Estimate	标准误 Std error	t	P
多异瓢虫成虫与七星瓢虫幼期虫态 <i>H. variegata</i> (<i>Hv</i>) adult and <i>C. septempunctata</i> (<i>Cs</i>) earlier stage	截距	1.98	0.18	10.74	<0.001
	早期虫态(线性)	2.25	0.32	7.08	<0.001
	早期虫态(二次曲线)	-0.91	0.32	-2.86	0.006
	拟优度 Goodness of fit: $R^2_{adj} = 0.44$, $F_{2,69} = 29.15$, $P < 0.001$				
七星瓢虫成虫与多异瓢虫幼期虫态 <i>Cs</i> adult and <i>Hv</i> earlier stage	截距	1.62	0.10	16.05	<0.001
	早期虫态(线性)	3.21	0.18	18.15	<0.001
	早期虫态(二次曲线)	-1.68	0.17	-9.69	<0.001
	拟优度 Goodness of fit: $R^2_{adj} = 0.84$, $F_{2,69} = 189.90$, $P < 0.001$				

七星瓢虫卵的存活数量显著低于多异瓢虫的1龄或4龄幼虫;多异瓢虫的卵存活数量显著低于七星瓢虫的1龄或4龄幼虫(图2)。在低龄(1龄)与高龄(4龄)组合中,七星瓢虫高龄幼虫的存活数量显著大于多异瓢虫低龄幼虫;多异瓢虫的高龄幼虫存活数量显著大于七星瓢虫的低龄幼虫(图3)。然而,相同虫态之间的集团内捕食效应因虫态不同而存在差异,七星瓢虫成虫的存活数量显著大于多异瓢虫;而4龄幼虫之间的存活数量没有显著差异(图4)。

2.2 多异瓢虫与大草蛉之间的集团内捕食效应

二次多项式回归模型分析表明,多异瓢虫成虫对大草蛉幼期虫态的捕食程度随被捕食者虫态增大而呈抛物线增大,存在显著的二次函数关系(表2)。大草蛉成虫对多异瓢虫幼期虫态的捕食程度亦随被捕食虫态增长而呈抛物线型增大(图5),存在显著的二次函数关系(表2)。

在卵与不同龄期幼虫之间,草蛉卵的存活数量显著低于多异瓢虫的1龄或4龄幼虫;多异瓢虫卵的存活数量显著低于草蛉1龄或4龄幼虫(图6)。

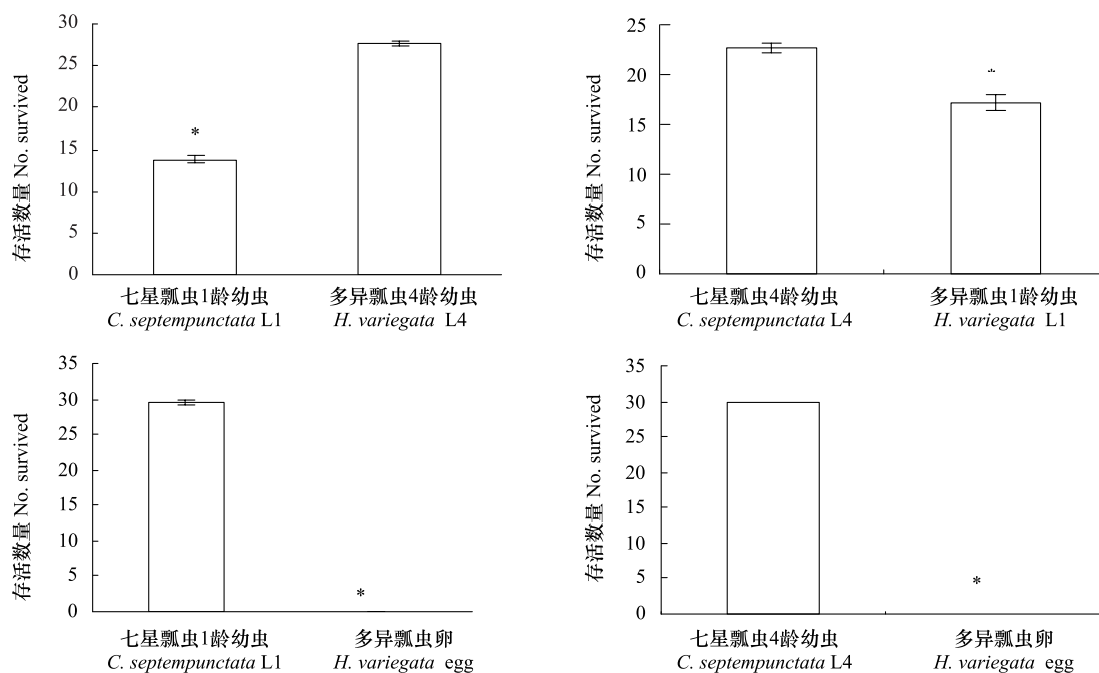


图2 七星瓢虫和多异瓢虫之间幼虫对卵的集团内捕食

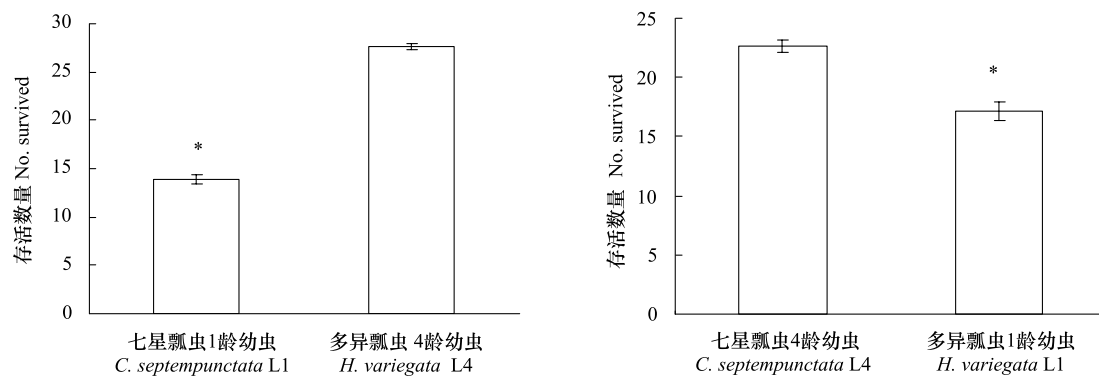
Fig.2 Intraguild predation of larvae on eggs between *C. septempunctata* and *H. variegata*

图3 七星瓢虫和多异瓢虫之间高龄幼虫对低龄幼虫的集团内捕食

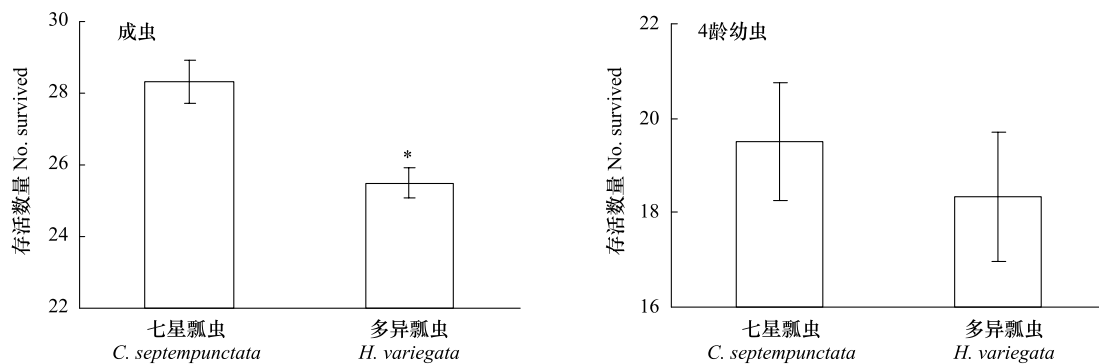
Fig.3 Intraguild predation of old on young larvae between *C. septempunctata* and *H. variegata*

图4 七星瓢虫和多异瓢虫之间相同虫态的集团内捕食

Fig.4 Intraguild predation between *C. septempunctata* and *H. variegata* at the same stage

表 2 拟合多异瓢虫与大草蛉之间成虫对其他虫态捕食关系的多项式回归模型参数估计值

Table 2 Parameter estimates of polynomial regression model fit to predation of adults on the other life stages between *H. variegata* and *C. pallense*

参与者 Antagonist	变量 Variable	估计值 Estimate	标准误 Std error	<i>t</i>	<i>P</i>
多异瓢虫成虫与大草蛉幼期虫态 <i>H. variegata</i> (<i>Hv</i>) adult and <i>C. pallense</i> (<i>Cp</i>) earlier stage	截距	1.11	0.10	10.68	<0.001
	早期虫态(线性)	3.89	0.19	20.60	<0.001
	早期虫态(二次曲线)	-1.64	0.17	-9.51	<0.001
	拟优度 Goodness of fit: $R^2_{adj} = 0.86$, $F_{2, 75} = 232.2$, $P < 0.001$				
大草蛉成虫与多异瓢虫幼期虫态 <i>Cp</i> adult and <i>Hv</i> earlier stage	截距 Intercept	2.62	0.05	55.92	<0.001
	早期虫态(线性)	1.23	0.08	14.58	<0.001
	早期虫态(二次曲线)	-0.45	0.08	-5.83	<0.001
	拟优度 Goodness of fit: $R^2_{adj} = 0.74$, $F_{2, 75} = 112.7$, $P < 0.001$				

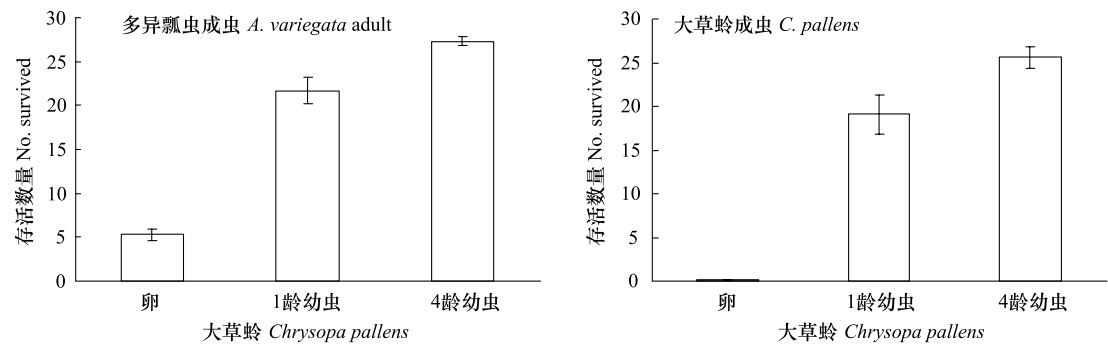


图 5 大草蛉与多异瓢虫之间成虫对幼期虫态的集团内捕食

Fig.5 Intraguild predation of adults on earlier stages between *H. variegata* and *C. pallense*

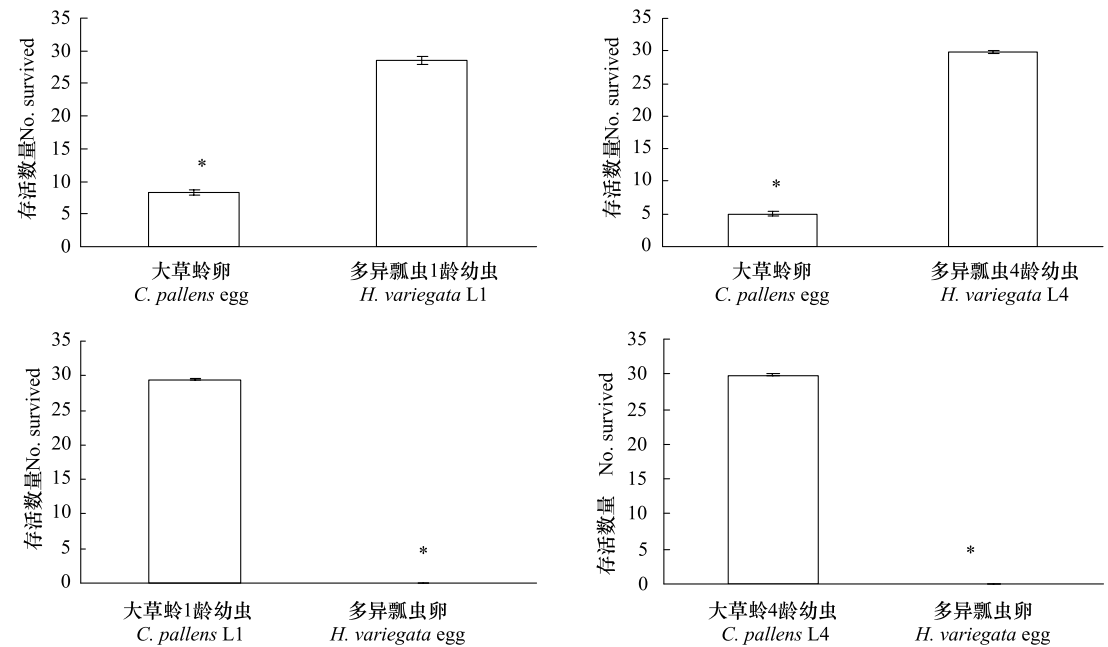


图 6 大草蛉与多异瓢虫之间幼虫对卵的集团内捕食

Fig.6 Intraguild predation between *Chrysopa pallense* and *H. variegata* at larval and egg stages

在低龄(1龄)与高龄(4龄)幼虫之间,大草蛉高龄幼虫的存活数量显著大于多异瓢虫低龄幼虫;多异瓢虫的高龄幼虫存活数量显著大于大草蛉低龄幼虫(图7)。两种昆虫相同虫态之间的集团内捕食

效应表现出不同格局,在1龄幼虫之间大草蛉的存活数量显著大于多异瓢虫,在4龄幼虫之间大草蛉的存活数量亦显著大于多异瓢虫,但在成虫之间多异瓢虫的存活数量显著大于大草蛉(图8)。

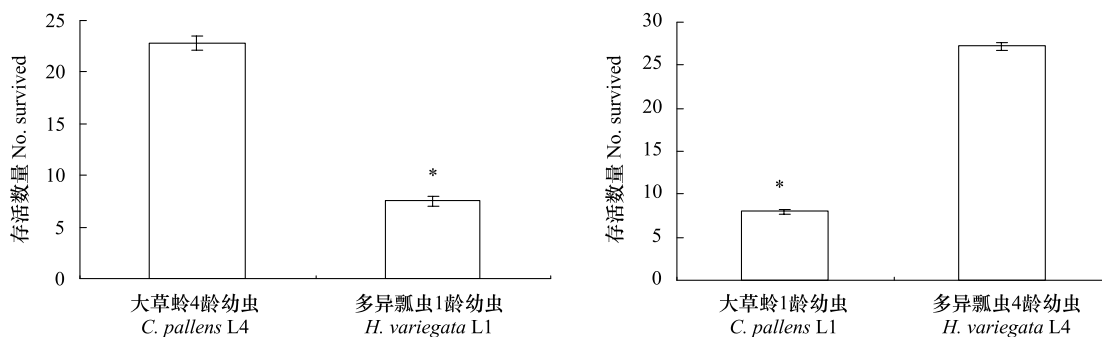


图7 大草蛉与多异瓢虫之间高龄对低龄幼虫的集团内捕食

Fig.7 Intraguild predation of old on young larvae between *H. variegata* and *Chrysopa pallens*

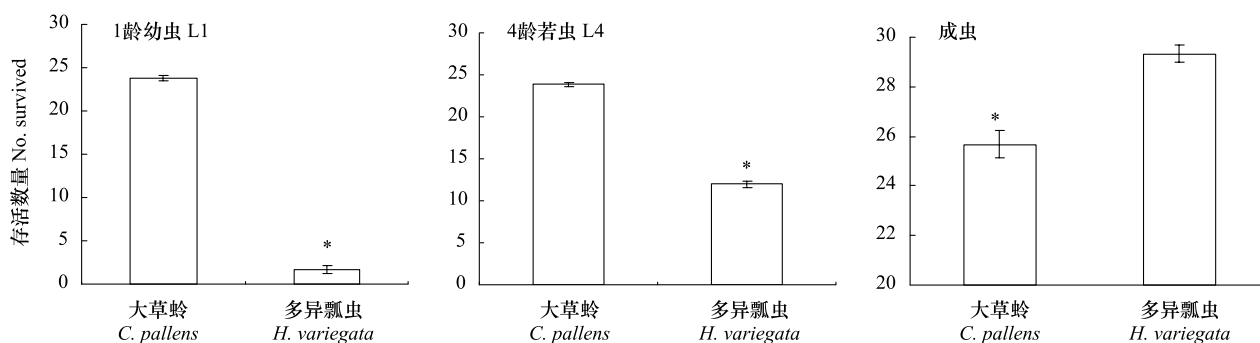


图8 大草蛉与多异瓢虫之间相同虫态的集团内捕食

Fig.8 Intraguild predation between *A. variegata* and *Chrysopa pallense* at the same stage

3 讨论

本研究对2对食蚜捕食性昆虫不同虫态之间集团内捕食效应进行的试验结果表明,成虫作为集团内捕食者对集团内猎物较低虫态(卵、1龄和4龄幼虫)的捕食强度存在显著的二次函数关系(抛物线),从而支持Lucas提出的捕食强度与发育阶段关系的定性图解模型预测。研究还发现,无论是七星瓢虫与多异瓢虫、还是大草蛉与多异瓢虫之间,当参与者双方虫态不同时,其在捕食关系中的地位取决于虫态的早晚,早期虫态常成为集团内猎物,晚期虫态为集团内捕食者。类似结果也出现在许多其他对食蚜捕食性天敌昆虫集团内捕食的研究中^[4,6-7]。但亦有例外,例如, Lucas等^[14]研究发现红唇草蛉(*C. rufilabris*)的3龄幼虫可捕食林氏瓢虫(*Coleomegilla maculate lengi*)的4龄幼虫。

当供试的两种捕食性昆虫的相同虫态相遇时,观察到的集团内捕食效应随物种或虫态不同而出现不同的表现:多异瓢虫与七星瓢虫的4龄幼虫相遇时未出现显著的输赢,但成虫之间相遇以七星瓢虫存活更多;多异瓢虫与大草蛉的幼虫(1、4龄)相遇时前者成为捕食者,但成虫相遇时后者成为捕食者。该结果可以用体型大小或行为特征的差异予以解释。由于不同类群捕食者的体形存在较大差异,故难以直接比较体型大小,但同类捕食者之间的体型大小存在可比性。在七星瓢虫与多异瓢虫幼虫之间,七星瓢虫体型较大^[15],因而在遭遇中成为集团内捕食者。同理也可解释王甦等^[8]在培养皿中观察到的试验结果:异色瓢虫(*Harmonia axyridis*)在与多异瓢虫和龟纹瓢虫(*Propylea japonica*)的4龄幼虫共处同一培养皿中时存活数最多。该结果可能与体型大小差异有关,因为前者的体型明显大于后2种瓢

虫^[15]。体型大小在食蚜捕食性天敌集团内捕食中的重要作用亦在其他研究中发现^[16-18]。但体型大小不能解释所有集团内捕食效应。

多异瓢虫与大草蛉之间的集团内捕食结果可用行为差异进行解释,大草蛉幼虫获胜的原因可能在于其具有较强的攻击性(由于具有较大的上颚)。草蛉幼虫在面对瓢虫时的强势也出现在其他研究中,例如, Lucas 等^[14]研究发现红唇草蛉 3 龄幼虫可捕食林氏瓢虫 4 龄幼虫。但也有研究表明,草蛉幼虫在面对瓢虫时的相对强势地位与龄期或物种有关, Noppe 等^[19]研究表明,普通草蛉(*C. carnea*)面对林氏瓢虫时,在 1 龄期表现强势,但在 4 龄时表现弱势; Snyder 等^[20]等在北美的研究发现,源自亚洲的异色瓢虫在引入北美后,与本土瓢虫相遇时常成为集团内捕食者,而在与同样源自亚洲的七星瓢虫相遇时则不占任何捕食优势。这些研究以及本研究说明,集团内捕食参与者的地位是相对的,某些捕食者往往只在某特定发育阶段或面对某特定捕食者时成为集团内捕食者。

实证研究表明,尤其在农业生态系统中天敌(捕食性和寄生性)物种丰富度增加常常导致植食者数量受到抑制^[21]。但在自然和农业生态系统中捕食者多样性增大未必可有效抑制植食者数量或增加植物产量^[4]。因为处于同一生态位的多种捕食者的作用取决于其内部的相互关系^[22]或功能多样性(冗余)程度^[23]。另一方面,集团内捕食可能导致捕食性天敌之间的拮抗、增效或加和效应^[24],所以,多种捕食性天敌同时存在未必一定能有效抑制害虫数量。对食蚜天敌集团内捕食的大量研究说明,对蚜虫的控制取决于集团参与者物种、集团外物种、环境条件以及人为因素等^[6]。本研究仅对集团内捕食者与猎物的研究结果说明,参与者双方的地位并非固定不变,当参与者的虫态(龄)不同时,取决于发育阶段,即早期虫态(虫龄)通常成为集团内猎物,晚期虫态(龄)通常为集团内捕食者;但当参与者虫态(龄)相同时,在集团内捕食中的地位取决于其他因素,如:体型大小、攻击性或参与种类等因素。

References:

- [1] Polis G A, Myers C A, Holt R D. The ecology and evolution of intraguild predation: potential competitors that eat each other. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1989, 20 (1): 297-330.
- [2] Borer E T, Briggs C J, Holt R D. Predators, parasitoids, and pathogens: a cross-cutting examination of intraguild predation theory. *Ecology*, 2007, 88(11): 2681-2688.
- [3] Arim M, Marquet P A. Intraguild predation: a widespread interaction related to species biology. *Ecology Letters*, 2004, 7 (7): 557-564.
- [4] Rosenheim J A, Kaya H K, Ehler L E, Marois J J, Jaffee B A. Intraguild predation among biological-control agents: theory and evidence. *Biological Control*, 1995, 5(3): 303-335.
- [5] Ma K Z, Hao S G, Zhao H Y, Kang L. Intraguild predation in the insect communities. *Entomological Knowledge*, 2004, 41 (3): 191-197.
- [6] Lucas É. Intraguild predation among aphidophagous predators. *European Journal of Entomology*, 2005, 102: 351-364.
- [7] Hemptinne J L, Magro A, Saladin C L, Dixon A F G. Role of intraguild predation in aphidophagous guilds. *Journal of Applied Entomology*, 2012, 136(3): 161-167.
- [8] Wang S, Tan X L, Xu H X, Zhang F. Interspecific competition among three predacious ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae). *Scientia Agricultura Sinica*, 2012, 45(19): 3980-3987.
- [9] Meng L, Li B. Researches on biotypes of cotton aphid in Xinjiang. *Cotton Science*, 2001, 13(1): 30-35.
- [10] Li J B, Lü Z Z, Wang D Y, Tian C Y. Succession and its mechanism of cotton pests in Xinjiang. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(3): 261-264.
- [11] Wang C Y, Xia J Y, Cui J J, Luo J Y. Community structure and diversity of arthropod in different cotton fields in North Xinjiang. *Cotton Science*, 2004, 16(2): 112-116.
- [12] Wu W Y, Lü Z Z, Wang D Y, Zhang J X, Yan S Z. Dynamics of *Aphis gossypii* and its predatory natural enemies in organic agricultural cotton field. *Chinese Journal of Ecology*, 2006, 25 (10): 1173-1176.
- [13] R Development Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>, 2012.
- [14] Lucas É, Coderre D, Brodeur J. Intraguild predation among aphid predators: characterization and influence of extraguild prey density. *Ecology*, 1998, 79(3): 1084-1092.
- [15] Ren S X, Wang X M, Pang H, Peng Z Q, Zeng T. Colored Pictorial Handbook of Ladybird Beetles in China. Beijing: Science Press, 2009.
- [16] Félix S, Soares A O. Intraguild predation between the aphidophagous ladybird beetles *Harmonia axyridis* and *Coccinella undecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae): the role of body weight. *European Journal of Entomology*, 2004, 101 (2): 237-242.
- [17] Phoofo M W, Obrycki J J. Potential for intraguild predation and

- competition among predatory Coccinellidae and Chrysopidae. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1998, 89(1): 47-55.
- [18] Şengonca Ç, Frings B. Interference and competitive behaviour of the aphid predators, *Chrysoperla carnea* and *Coccinella septempunctata* in the laboratory. *Entomophaga*, 1985, 30(3): 245-251.
- [19] Noppe C, Michaud J P, De Clercq P. Intraguild predation between lady beetles and lacewings: outcomes and consequences vary with focal prey and arena of interaction. *Annals of the Entomological Society of America*, 2012, 105(4): 562-571.
- [20] Snyder W E, Clevenger G M, Eigenbrode S D. Intraguild predation and successful invasion by introduced ladybird beetles. *Oecologia*, 2004, 140(4): 559-565.
- [21] Letourneau D K, Jedlicka J A, Bothwell S G, Moreno C R. Effects of natural enemy biodiversity on the suppression of arthropod herbivores in terrestrial ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 2009, 40: 573-59.
- [22] Vance-Chalcraft H D, Rosenheim J A, Vonesh J R, Osenberg C W, Sih A. The Influence of intraguild predation on prey suppression and prey release: a meta-analysis. *Ecology*, 2007, 88(11): 2689-2696.
- [23] Petchey O L. Integrating methods that investigate how complementarity influences ecosystem functioning. *Oikos*, 2003, 101(2): 323-330.
- [24] Finke D L, Denno R F. Predator diversity and the functioning of ecosystems: the role of intraguild predation in dampening trophic cascades. *Ecology Letters*, 2005, 8(12): 1299-1306.

参考文献:

- [5] 马克争, 郝树广, 赵惠燕, 康乐. 昆虫群落中的集团内捕食作用. *昆虫知识*, 2004, 41(3): 191-197.
- [8] 王甦, 谭晓玲, 徐红星, 张帆. 三种捕食性瓢虫的种间竞争作用. *中国农业科学*, 2012, 45(19): 3980-3987.
- [9] 孟玲, 李保平. 新疆棉蚜生物型的研究. *棉花学报*, 2001, 13(1): 30-35.
- [10] 李进步, 吕昭智, 王登元, 田长彦. 新疆棉区主要害虫的演替及其机理分析. *生态学杂志*, 2005, 24(3): 261-264.
- [11] 王春义, 夏敬源, 崔金杰, 雒珺瑜. 北疆不同类型棉田节肢动物群落结构与多样性. *棉花学报*, 2004, 16(2): 112-116.
- [12] 吴文岳, 吕昭智, 王登元, 张建新, 闫绍洲. 有机农业棉田中棉蚜及其捕食性天敌的种群动态. *生态学杂志*, 2006, 25(10): 1173-1176.
- [15] 任顺祥, 王兴民, 庞虹, 彭正强, 曾涛. *中国瓢虫原色图鉴*. 北京: 科学出版社, 2009.