环境昆虫学报 2022，44（1）：177－183
Journal of Environmental Entomology
http：//hjkcxb. alljournals. net
doi：10. 3969/j. issn. 1674－0858. 2022. 01. 20

文扬，杨良波，桑海东，魏松，徐金星，唐记平，郑兴汶，王建国. 黑襟毛瓢虫对莲缢管蚜的捕食作用［J］. 环境昆虫学报，2022，44（1）：177－183.

黑襟毛瓢虫对莲缢管蚜的捕食作用

文 扬[1]，杨良波[2]，桑海东[1]，魏 松[1]，徐金星[2]，唐记平[2,3]，郑兴汶[2,3*]，王建国[1*]

（1. 江西农业大学农学院植保系，南昌 330045；2. 广昌县白莲科学研究所，江西抚州 344900；
3. 广昌县白莲产业发展局，江西抚州 344900）

摘要： 白莲 *Nelumbo nucifera* Gaertn. 是江西广昌地区支柱性农业产业，莲缢管蚜 *Rhopalosiphum nymphaeae*（Linnaeus）是危害江西广昌白莲的重要害虫。课题组在广昌县开展广昌白莲害虫种类调查时，连续两年在莲田中监测到一种外形类似介壳虫生物在捕食莲缢管蚜，经形态鉴定及分子复核确认其为黑襟毛瓢虫 *Scymnus*（*Neopullus*）*hoffmanni* Weise，1879。为明确黑襟毛瓢虫对莲缢管蚜的捕食潜力，采用捕食功能反应方法，在室内恒温条件下，研究黑襟毛瓢虫各龄幼虫和成虫对莲缢管蚜的捕食功能反应、寻找效应、种内干扰效应。试验结果表明：黑襟毛瓢虫各龄幼虫和成虫对莲缢管蚜的捕食功能皆符合 Holling-Ⅱ反应模型，成虫对莲缢管蚜的捕食能力要强于幼虫，幼虫的捕食能力随虫龄的增大而增强；黑襟毛瓢虫 1～4 龄幼虫及成虫对 2～3 龄莲缢管蚜的寻找效应随着猎物密度的增加而降低；1～4 龄幼虫及成虫的日最大捕食量分别是 5. 5、6. 8、14. 7、15. 1 和 22. 9 头。在种内干扰条件下，猎物密度和捕食空间一定，瓢虫成虫对莲缢管蚜的捕食作用受自身密度制约，单头日平均捕食量随其自身密度的增加而降低，干扰反应数学模型为 $E=0.2202P^{-0.722}$。实验结果表明黑襟毛瓢虫对莲缢管蚜具有较好的控制潜力。

关键词： 黑襟毛瓢虫；莲缢管蚜；捕食功能
中图分类号： Q968. 1；S476　　**文献标识码：** A　　**文章编号：** 1674－0858（2022）01－0177－07

Predation of *Rhopalosiphum nymphaeae*（Linnaeus）by *Scymnus*（*Neopullus*）*hoffmanni* Weise

WEN Yang[1]，YANG Ling-Bo[2]，SANG Hai-Dong[1]，WEI Song[1]，XU Jing-Xing[2]，TANG Ji-Ping[2,3]，ZHENG Xing-Wen[2,3]，WANG Jian-Guo[1*]（1. Department of Plant Protection，College of Agricultural Science，Jiangxi Agricultural University，Nanchang 330045，China；2. Guangchang White Lotus Research Institute，Fuzhou 344900，Jiangxi Province，China；3. Guangchang Industrial Development Bureau of White Lotus，Fuzhou 344900，Jiangxi Province，China）

Abstract: *Nelumbo nucifera* Gaertn. is the pillar agriculture of Guangchang area. *Rhopalosiphum nymphaeae*（Linnaeus）is an important pest of *N. nucifera* Gaertn. in Guangchang County. When we conducted a survey on the pest species of *N. nucifera* Gaertn. in Guangchang County. For two years in a row，a scale insect-like organism was detected in the lotus field preying on the *R. nymphaeae*（Linnaeus）.

基金项目： 广昌白莲病虫害鉴定及防治技术研究与示范（2019DB51）；国家特色蔬菜产业技术体系项目广昌综合试验站（CARS-24-G-09）；广昌白莲研究所院士工作站项目（GC20171208KC）

作者简介： 文扬，男，1996 年生，硕士研究生，从事入侵生物研究，E－mai：wenyangjxau@ qq. com
* **共同通讯作者** Author for correspondence：王建国，男，1963 年生，博士，教授，从事入侵生物研究，E－mail：jgwang@ jxau. edu. cn；郑兴汶，男，1984 年生，在读博士，高级农艺师，从事子莲遗传育与生产技术研究，E－mail：xwzheng@ 126. com

收稿日期 Received：2020－11－26；**接受日期** Accepted：2021－02－19

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

It was identified to *Scymnus* (*Neopullus*) *hoffmanni* Weise, 1879 by morphological and molecular methods. To study predation of *S.* (*Neopullus*) *hoffmanni* Weise adults to *R. nymphaeae* (Linnaeus), the functional responses of *S.* (*Neopullus*) *hoffmanni* at different developmental stages to the *R. nymphaeae*, the searching effects and intraspecific interferences on predation capability were explored in the laboratory at a constant temperature using the predatory functional methods. The experiment result showed the imago of *S.* (*Neopullus*) *hoffmanni* at different developmental stages fitted in with Holling Ⅱ model to *R. nymphaeae*. with the equation of *Na*. The predation capability of *S.* (*Neopullus*) *hoffmanni* adults on *R. nymphaeae* was stronger than that of larvae. The predation ability of 1st to 3rd instar larva increased with increasing instar age. The searching effects of 1st to 4th instar larvae and adults of *S.* (*Neopullus*) *hoffmanni* on the 2nd to 3rd instar larva of *R. nymphaeae* decreased with the increase of the prey density. The daily maximum predation amount of the 1st to 4th instar larvae and adults on *R. nymphaeae* were 5.5, 6.8, 14.7, 15.1 and 22.9, respectively. Under intraspecific interference, in certain space with the same proportion of prey, predation rate of *S.* (*Neopullus*) *hoffmanni* adults to *R. nymphaeae* was influenced by intraspecific interference. The average daily predation amount per ladybird beetle decreased with the increase of its density. The natural interference equation was $E = 0.2202P^{-0.722}$. The research showed that *S.* (*Neopullus*) *hoffmanni* had good control potential to *R. nymphaeae*.

Key words: *Scymnus* (*Neopullus*) *hoffmanni* Weise; *Rhopalosiphum nymphaeae* (Linnaeus); predatory function

近年来，本课题组在广昌县开展子莲区域性害虫和天敌种类普查，以期摸清害虫及天敌种类数量本底，为探究子莲害虫生物防治提供重要基础。2018 年 7 月份在广昌地区莲田自然生境中首次发现莲缢管蚜周围存在一种类似外形类似介壳虫的昆虫，当时仅取样保存而并未引起重视，在 2019 年 7 月份再次发现此昆虫存在，并有一定的种群数量，进而现场仔细观察发现此昆虫对莲缢管蚜有捕食行为，遂引起关注，取样后经昆虫分类学专家虞国跃研究员形态鉴定且分子复核确定该昆虫为黑襟毛瓢虫。

黑襟毛瓢虫 *Scymnus* (*Neopullus*) *hoffmanni* 属鞘翅目 Coleoptera 瓢虫科 Coccinellidae 小毛瓢虫亚科 Coccinellidae 小毛瓢虫属 *Scymnus*，其主要特点为体型小、繁殖力高、抗逆力强、成虫寿命长（周丽丽，1986），且具有较好的气候适应性（李文凤等，2019）。黑襟毛瓢虫的食谱包括棉蚜 *Aphis gossypii* Glover、麦长管蚜 *Sitobion avenae* Fabricius、桔蚜 *Toxoptera citricidus* Kirkaldy、夹竹桃蚜 *Aphis nerii* Boyer、豆蚜 *Aphis craccivora* Koch、萝卜蚜 *Lipaphis erysimi* Kaltenbach（杨建武，1990）。1963 年刘崇乐教授对该瓢虫进行了首次报道，此后多地对其分布作了调查，但总的来说，对其研究尚浅，仅仅局限于黑襟毛瓢虫生活习性初步观察、温度对黑襟毛瓢虫发育的影响、黑襟毛瓢虫对棉蚜的数值反应、黑襟毛瓢虫的生物学特性及有效积温及与其它小毛瓢虫的亲缘关系等研究（赵鼎新和王忠文，1987a；赵鼎新，1987b；杨建武和郑瑞丰，1990；黄卫东等，2019）。黑襟毛瓢虫作为白莲重要害虫莲缢管蚜的天敌昆虫，仅见郑兴汶（2016）等人将黑襟毛瓢虫作为该害虫的天敌昆名录列出（郑兴汶等，2016），对于其它方面尚无报导。因此，本文以黑襟毛瓢虫为研究对象，通过测定黑襟毛瓢虫各龄幼虫及成虫对莲缢管蚜的捕食功能反应、寻找效应、种内干扰对其捕食能力的影响，旨在揭示黑襟毛瓢虫对莲缢管蚜的捕食潜力，为今后作为莲缢管蚜生物防治天敌昆虫产品的开发和利用提供坚实的理论基础。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

莲缢管蚜：于 2019 年 7 月上旬采自江西省抚州市广昌县广昌白莲科技博览园苗圃，试验所用蚜虫为 2～3 龄无翅若蚜。

黑襟毛瓢虫：于 2019 年 7 月上旬年采自江西省抚州市广昌县白莲科技博览园苗圃，在人工气候箱内以莲缢管蚜饲养，待成虫产卵孵化后，选取各龄幼虫及成虫，饥饿 24 h 后供试。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1.2　供试子莲材料

饲养材料选用未被莲缢管蚜为害的健康白莲嫩莲梗，采自江西省抚州市广昌县白莲科技博览园苗圃内，带回室内进行剪切，长度为约 5 cm，用浸水的脱脂棉包裹嫩莲梗两端，防止叶片失水同时保持空气湿度。

1.3　试验条件和试验容器

试验在光照培养箱箱内（温度 26 ± 1℃、RH70% ±5%、光周期 16 L∶8 D，上海博讯医疗生物仪器股份有限公司，BSG-300）进行，采用 90 mm × 15 mm 的培养皿作为试验容器（赵鼎新和王忠文，1987a）。

1.4　试验方法

1.4.1　黑襟毛瓢虫对莲缢管蚜的捕食功能反应

在培养皿放入准备好的白莲嫩茎，并用脱脂棉球保湿，选取 2 ~ 3 龄的健康无翅若蚜，使用毛笔将其挑入培养皿，之后将 1 头饥饿 24 h 的黑襟毛瓢虫幼虫或成虫。蚜虫密度设 5 个处理，每一密度设 5 次重复，黑襟毛瓢虫幼虫或成虫对莲缢管蚜的捕食密度: 1 龄幼虫设置 2、4、6、8、10 头/皿蚜虫，2 龄幼虫设置 10、15、20、25、30 头/皿蚜虫，3 龄幼虫设，置 20、30、40、50、60 头/皿蚜虫，4 龄幼虫设置 25、35、45、55、65 头/皿蚜虫，成虫设置 30、40、50、60、70 头/皿蚜虫，置于光照培养箱中，24 h 后观察记录各培养皿中剩下的和自然死亡的蚜虫数，并测定黑襟毛瓢虫的日捕食量（王倩倩等，2019）。

1.4.2　黑襟毛瓢虫捕食的种内干扰效应

培养皿中接入 100 头莲缢管蚜，方法同 1.4.1，按 5 个梯度放置黑襟毛瓢虫成虫，分别为每皿 1 头、2 头、3 头、4 头和 5 头，然后置于光照培养箱中，24 h 后检查记录各培养皿莲缢管蚜剩余数量和自然死亡的蚜虫数量，每个密度 5 次重复（王倩倩等，2019）。

1.4.3　黑襟毛瓢虫田间捕食观察

采用目测法，仔细观察黑襟毛瓢虫捕食特性，于 2019 年 5 - 7 月间不定期定株（81 株）检查莲浮叶、立叶、花、花梗、叶梗等部位黑襟毛瓢虫的卵、幼虫、蛹、成虫等总量（王兴民等，2014）。

1.5　分析方法

1.5.1　捕食功能反应

采用 Holling-Ⅱ型圆盘方程进行拟合，公式为: $Na = a\ TN/(1 + a\ T_h\ N)$（吴坤君等，2004），式中 Na 为被捕食的猎物数量; N 表示猎物密度; a 表示捕食者对猎物的瞬时攻击率，T 表示猎物暴露给捕食者的时间（本次试验的时间为 1 d），T_h 为捕食 1 头猎物所需要花费的时间。

1.5.2　寻找效应

如果黑襟毛瓢虫对莲缢管蚜的捕食反应符合 Holling-II 型功能反应模型，则利用拟合模型所得到的参数估算黑襟毛瓢虫各龄幼虫及成虫对莲缢管蚜的寻找效应 S，$S = a(1 + a\ T_h\ N)$（巫鹏翔等，2017; 胡进锋等，2017; 喻会平等，2018; 马宝旭等，2018）。

1.5.3　干扰效应

采用 Hassell 模型 $E = QP^{-m}$ 拟合（Hassell，1969），针对天敌密度对捕食率的影响进行分析。式中 Q 为 $P = 1$ 头时的最大捕食量; m 为干扰系数; E 为单头捕食者平均捕食量; P 为捕食者密度。

1.5.4　数据分析

各模拟方程的理论值与实际值的卡方（χ^2）检验均应用 SPSS 17.0 软件进行统计分析，参数用最小二乘法估计。

2　结果与分析

2.1　黑襟毛瓢虫对莲缢管蚜的捕食功能反应

黑襟毛瓢虫各龄幼虫及成虫的日捕食量随莲缢管蚜密度的增大而增加，当到达一定程度时捕食量会趋于稳定，其功能反应曲线呈负加速曲线，是逆密度制约的。对照 Holling 提出的 3 种不同的功能反应函数，符合其中的 Holling-Ⅱ型功能反应（Hassell，1969; Moosa and Zahra，2013），使用 Holling-Ⅱ圆盘方程 $Na = a\ TN/(1 + a\ T_h\ N)$ 来拟合试验数据，用最小二乘法拟合方程并得到各参数（表 1）。其方程的相关系数 $r = 0.9642 - 0.9860 > r(0.01, 3) = 0.959$，表明黑襟毛瓢虫的捕食量与莲缢管蚜的密度极显著相关。用拟合方程计算得到的理论值与实测值进行卡方检验，$\chi^2 = 0.2500 - 1.2727 < \chi^2(0.05, 4) = 9.488$，黑襟毛瓢虫的捕食量实测值与理论值无显著差异，拟合的 Holling-II 型圆盘方程能够较好的反映不同莲缢管蚜密度下黑襟毛瓢虫的捕食变化规律。黑襟毛瓢虫幼虫对莲缢管蚜的瞬间攻击率 a 随着虫龄的增大而增大，黑襟毛瓢虫幼虫 1 ~ 4 龄虫态处理时间 T_h 随之缩短，日最大捕食量 $1/T_h$ 也依次增大，

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

分别为 5.5、6.8、14.7 和 15.1 头。成虫的瞬间攻击率大于各个龄期幼虫，处理时间短于各龄幼虫，当 $N \to +\infty$ 时，可得单头黑襟毛瓢虫对莲缢管蚜日最大捕食量为 22.9 头，明显高于各龄幼虫。黑襟毛瓢虫各虫态对莲缢管蚜的捕食能力，即 a/T_h 值，依次为成虫 > 4 龄幼虫 > 3 龄幼虫 > 2 龄幼虫 > 1 龄幼虫。

表 1 黑襟毛瓢虫对莲缢管蚜的捕食功能反应

Table 1 Predation functional response of *Scymnus* (*Neopullus*) *hoffmanni* Weise to *Rhopalosiphum nymphaeae* (Linnaeus)

虫态 Insect stage	圆盘方程 Disk equation	相关系数 (r) Correlation coefficient	χ^2	瞬间攻击率 (a) Instant attack rate	处理时间 (T_h) Handling time	日最大捕食量 ($1/T_h$) Daily bmaximum predation amount	捕食能力 (a/T_h) Predation capacity
1 龄幼虫 1st instar larvae	$Na = 0.68N/(1+0.1240N)$	0.9782	1.2727	0.68	0.1801	5.5	3.78
2 龄幼虫 2nd instar larvae	$Na = 0.76N/(1+0.1122N)$	0.9667	0.2609	0.76	0.1472	6.8	5.18
3 龄幼虫 3rd instar larvae	$Na = 0.87N/(1+0.0046N)$	0.9642	0.6939	0.87	0.0681	14.7	12.83
4 龄幼虫 4th instar larvae	$Na = 1.04N/(1+0.0687N)$	0.9860	0.2500	1.04	0.0661	15.1	15.72
成虫 Adult	$Na = 1.79N/(1+0.0781N)$	0.9679	0.3820	1.79	0.0437	22.9	40.90

注：Na，被捕食的猎物数量；N，猎物初始密度。Note: Na, Predation amount; N, Prey initial density.

2.2 黑襟毛瓢虫对莲缢管蚜的寻找效应

在莲缢管蚜不同密度处理中，黑襟毛瓢虫各龄期幼虫及成虫的寻找效应随着猎物密度的增加而降低（图 1）。寻找效应与猎物密度之间的关系呈线性相关，采用最小二乘法进行拟合，黑襟毛瓢虫 1～4 龄幼虫和成虫的寻找效应与猎物密度间的线性方程分别为 $y = -0.03x + 0.5899$（$r = 0.9782 > r(0.01, 3) = 0.9587$）、$y = -0.0091x + 0.4318$（$r = 0.9667 > r(0.01, 3) = 0.9587$）、$y = -0.0026x + 1.0022$（$r = 0.9997 > r(0.01, 3) = 0.9587$）、$y = -0.0047x + 0.4824$（$r = 0.9860 > r(0.01, 3) = 0.9587$）、$y = -0.0064x + 0.7024$（$r = 0.9679 > r(0.01, 3) = 0.9587$）。黑襟毛瓢虫 1 龄幼虫的寻找效应随猎物密度增加而下降的趋势最大，3 龄幼虫下降的趋势最小。在相同的猎物密度下，3 龄幼虫的寻找效应都明显高于其它虫龄的寻找效应。

2.3 黑襟毛瓢虫捕食的种内干扰效应

当莲缢管蚜的密度为 100 头/皿时，黑襟毛瓢虫成虫对莲缢管蚜的平均捕食量随着自身密度的增加而逐渐降低，捕食作用率（E）也相应的降低，说明黑襟毛瓢虫成虫在捕食莲缢管蚜时，个体间存在相互干扰和竞争。根据 Hassell 提出的干扰反应模型（Hassell，1969）：$E = Q \cdot P^{-m}$，计算出搜索常数 Q 为 0.2202，干扰系数 m 为 0.7220。

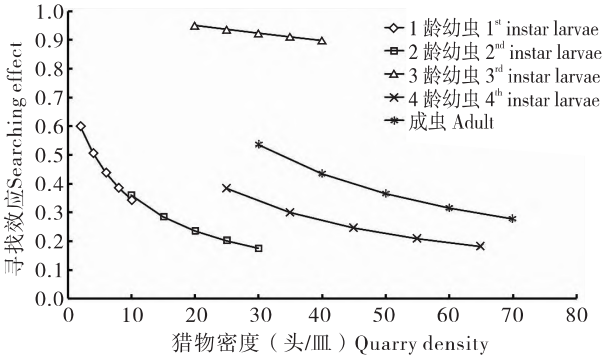


图 1 黑襟毛瓢虫寻找效应与莲缢管蚜密度的关系

Fig. 1 Relationships between searching effects of *Scymnus* (*Neopullus*) *hoffmanni* Weise and the density of *Rhopalosiphum nymphaeae* (Linnaeus)

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

黑襟毛瓢虫捕食莲缢管蚜过程中的自我干扰方程为：$E = 0.2202P^{-0.722}$。相关系数 $r = 0.9994 > r(0.01, 3) = 0.9587$，表明黑襟毛瓢虫成虫单头的日平均捕食量与其自身密度极显著相关。经卡方检验，得 $\chi^2 = 3.03448 < \chi^2(0.05, 4) = 9.488$，结果表明，上述模型试验数据与模型的拟合性良好，可以用来描述黑襟毛瓢虫捕食过程中的自干扰。

表 2　不同密度下黑襟毛瓢虫对捕食量的干扰反应

Table 2　Interference response of different densities of *Scymnus* (*Neopullus*) *hoffmanni* Weise to predation

黑襟毛瓢虫密度（头/皿）Density of *S.* (*Neopullus*) *hoffmanni*	平均捕食量（头/天敌）Average preying number	捕食作用率（E）Predation efficiency	理论捕食率（%）Theoretical predation rate
1	21.8	0.2180	0.2202
2	13.5	0.1350	0.1335
3	10.1	0.1007	0.0996
4	8.1	0.0810	0.0809
5	6.8	0.0680	0.0689

2.4　黑襟毛瓢虫莲田中的生活及捕食习性观察

黑襟毛瓢虫在田间主要集中在莲植株下部活动，其中莲浮叶是其主要的栖息场所，较其它部位聚集数量更多，81 株莲株中最多时可聚集 217 头（6 月 28 日），其次是荷梗，81 株莲株莲梗最多时发现了 97 头黑襟毛瓢虫。4 次调查结果显示，莲的花朵上均未发现黑襟毛瓢虫活动踪迹（图 2）。

通过田间观察发现，黑襟毛瓢虫的成虫兼具爬行和飞行能力，可在一定范围的莲株上迁移、活动。幼虫活动范围较小，基本集中在邻近的莲株上活动，其中 3 龄幼虫爬行速度最快。黑襟毛瓢虫成虫和幼虫均可捕食莲缢管蚜。成虫快速四处寻觅食物，遇到莲缢管蚜立即将其咬住，后用口器咀嚼吞食整头蚜虫。幼虫则在爬行时张开下额须，一旦蚜虫触碰到其下额须便迅速咬住蚜虫的管腹或胸足，再用中、后足固定在莲叶或莲梗上，前足辅助抓握，咬穿蚜虫体壁，昂起头部，左右甩动蚜虫，吸食体液。

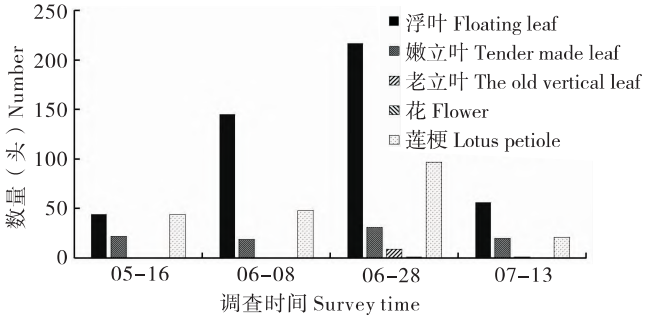


图 2　黑襟毛瓢虫在莲株上的种群分布

Fig. 2　Spatial distribution of *Scymnus* (*Neopullus*) *hoffmanni* Weise on lotus

3　结论与讨论

根据反应曲线的形状 Holling 提出将捕食功能反应分为 3 种基本类型。在本试验条件下，黑襟毛瓢虫对莲缢管蚜的捕食功能反应随着莲缢管蚜密度的增加而增加，其捕食率随着莲缢管蚜的密度呈负增加，这与 Holling-Ⅱ型功能反应模型相一致（吴坤君等，2004）。本试验结果显示，黑襟毛瓢虫对莲缢管蚜有较好的捕食能力，成虫的捕食能力强于幼虫，1 ~ 4 龄幼虫及成虫对莲缢管蚜的日最大捕食量分别是 5.5、6.8、14.7、15.1 和 22.9 头。黑襟毛瓢虫相比较其它瓢虫的捕食量更少，例如异色瓢虫 *Harmonia axyridis* 成虫对胡萝卜微管蚜 *Semiaphis heraclei* (Takahashi) 的理论最大日取食量能够达到 83 头（李新兵等，2019），其原因主要由黑襟毛瓢虫体型相对那些瓢虫而言更小，日取食量也相对下降，但黑襟毛瓢虫有其自身优势，例如繁殖力高、抗逆力强、成虫寿命长。天敌对害虫的瞬时攻击率 a 与处理时间 T_h 的比值是衡量天敌作用效果的参数之一，a/T_h 值越大表示对害虫的控制能力越强（牟吉元等，1997；张伟等，2018；喻会平等，2018；孙莉等，2019），本研究中，黑襟毛瓢虫成虫对莲缢管蚜的 a/T_h 值明显大于其各龄幼虫对莲缢管蚜的 a/T_h 值，黑襟毛瓢虫成虫的 a/T_h 达 40.90。捕食功能反应可能受多种因素的干扰，例如捕食者的生理状态、空间分布、环境因子等，但本实验结果在一定程度上表明了黑襟毛瓢虫对莲缢管蚜具有较好的防治效果。

黑襟毛瓢虫各龄幼虫及成虫对莲缢管蚜的寻找效应随着猎物密度的增加而降低，这种现象在捕食者与猎物及寄生者与寄主系统中是普遍存在

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

的，例如红彩真猎蝽 *Harpactor fuscipes* Fabricius 对烟蚜 *Myzus persicae* Sulzer（邓海滨等，2015）、加州新小绥螨 *Neoseiulus californicus* 对土耳其斯坦叶螨 *Tetranychus turkestani*（汪小东等，2015）以及十三星瓢虫 *Hippodamia tredecimpunctata* Linnzeus 对枸杞蚜虫 *Aphis* sp.（任月萍，2015）的寻找效应均随猎物或寄主密度的增加而降低。

黑襟毛瓢虫可能是烟粉虱 *Bemisia tabaci* 潜在的捕食天敌候选者之一，尽管目前的研究显示其种群密度较低（Zhang *et al.*，2007），李文凤等（2019）报道，在云南甘蔗田中，黑襟毛瓢虫等天敌昆虫整年在田间捕食粉虱，能把粉虱危害控制在经济损失水平以下（李文凤等，2019）。本文结果显示江西广昌实验室和野外条件下，黑襟毛瓢虫对子莲上的莲缢管蚜均有良好的控制效果。

种内干扰对黑襟毛瓢虫的捕食量有较大影响，在蚜虫密度和捕食空间一定的情况下，随着黑襟毛瓢虫群体密度的增加，单头平均捕食量呈下降趋势。二者间关系可以用模型 $E = 0.2202P^{-0.722}$ 拟合。因此，如果需要利用黑襟毛瓢虫防控莲缢管蚜，必须注意保护利用田间自然种群，根据田间天敌和猎物密度合理进行人工释放，从而高效的利用天敌。在田间利用黑襟毛瓢虫防治莲缢管蚜，今后还需要研究该瓢虫越冬等人工扩繁技术、春季田间种群密度和蚜虫密度关系，解决天敌滞后效应及杀虫剂使用与瓢虫生物防治协调问题。

参考文献（References）

Deng HB，Lv YH，Tian MY，*et al.* Predation function response and searching ratio of *Harpactor fuscipes*（Fabricius）to *Myzus persicae* [J]. *Acta Tabacaria Sinica*，2015，21（5）：74－78. [邓海滨，吕永华，田明义，等. 红彩真猎蝽对烟蚜的捕食功能反应及寻找效应 [J]. 中国烟草学报，2015，21（5）：74－78]

Hassell MP. A population model for the interaction between *Cyzenis albicans*（Fall.）（Tachinidae）and *Operophtera brumata*（L.）（Geometridae）at Wytham，Berkshire [J]. *Journal of Animal Ecology*，1969，38（3）：567－576.

Hu JF，Lin W，Chen ZH，*et al.* Predation function response and searching ratio of *Coccinella septempunctata* and *Harmonia axyridis* to *Myzus persicae* [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*，2017，45（28）：151－153. [胡进锋，林伟，陈志厚，等. 七星瓢虫与异色瓢虫对烟蚜的捕食功能反应及寻找效应 [J]. 安徽农业科学，2017，45（28）：151－153]

Huang WD，Liang XY，Xie XF，*et al.* Phylogenetic analysis of the genus *Scymnus* Kugelann（Coleoptera：Coccinellidae）from China based on 12S，16S and 28S rRNA gene sequences [J]. *Acta Entomologica Sinica*，2019，62（2）：241－254. [黄卫东，梁馨月，谢秀凤，等. 基于12S、16S和28SrRNA基因序列的中国小毛瓢虫属系统发育分析 [J]. 昆虫学报，2019，62（2）：241－254]

Li XB，Han SP，Liang C，*et al.* Functional response of *Harmonia axyridis*（Pallas）adults to *Semiaphis heracleid*（Takahashi）[J]. *China Plant Protaction*，2019，39（2）：63－65. [李新兵，韩世鹏，梁超，等. 异色瓢虫成虫对胡萝卜微管蚜的捕食作用 [J]. 中国植保导刊，2019，39（2）：63－65]

Li WF，Zhang RY，Pu CH，*et al.* Natural enemies of sugarcane pests and their roles in natural control in Yunnan，China [J]. *Pakistan J. Zool*，2019，51（5）：1953－1958.

Ma BX，Wu PX，Xu Q，*et al.* Predatory function and field suppression to *Poratrioza sinica* Yang & Li（Lycium）by *Harmonia axyridis* Pallas [J]. *Journal of Environmental Entomology*，2018，40（1）：70－81. [马宝旭，巫鹏翔，徐婧，等. 异色瓢虫对枸杞木虱捕食功能及田间捕食效果 [J]. 环境昆虫学报，2018，40（1）：70－81]

Moosa S，Zahra A. Effects of methoxyfenozide and pyridalyl on the larval ectoparasitoid *Habrobracon hebetor* [J]. *Journal of Pest Science*，2013，86（4）：685－693.

Mou JY，Xu HF，Li HG. Insect Ecology and Prediction of Agricultural Pests [M]. Beijing：China Agricultural Scientech Press，1997：56－57. [牟吉元，徐洪富，李火苟. 昆虫生态与农业害虫预测预报 [M]. 北京：中国农业科技出版社，1997：56－57]

Ren YP. Research on preying function and searching effect of *Hippodamia tredecimpunctata* to *Aphis* sp. [J]. *Journal of Jilin Agricultural University*，2007，6：616－619. [任月萍. 十三星瓢虫对枸杞蚜虫的捕食功能及寻找效应的研究 [J]. 吉林农业大学学报，2007，6：616－619]

Sun L，Chen X，Zhang YX，*et al.* Effectiveness of *Harmonia axyridis* Pallas reared on *Ephestia kuehniella* Zeller eggs as a biological control for *Aphis craccivora* Koch [J]. *Chinese Joural of Applied Entomology*，2019，56（1）：72－78. [孙莉，陈霞，张艳璇，等. 地中海粉斑螟卵饲喂的异色瓢虫对豆蚜捕食作用评价 [J]. 应用昆虫学报，2019，56（1）：72－78]

Wang QQ，Zhang WG，Tian T，*et al.* Predation of *Cinara cedri* by *Harmonia axyridis* [J]. *Journal of Plant Protection*m，2019，46（2）：458－464. [王倩倩，张卫光，田恬，等. 异色瓢虫对雪松长足大蚜的捕食作用 [J]. 植物保护学报，2019，46（2）：458－464]

Wang XD，Liu F，Zhang JH，*et al.* Predation of predatory mite *Neoseiulus californicus* on strawberry spider mite *Tetranychus turkestani* [J]. *Acta Phytophylacica Sinica*，2014，1：19－24. [王小东，刘峰，张建华等. 加州新小绥螨对土耳其斯坦叶螨的捕食作用 [J]. 植物保护学报，2014，1：19－24]

Wang XM，Chen XS，Qiu BL，*et al.* Methods and technologies for collecting，surveying and sampling predatory ladybirds（Coleoptera：Coccinellidae）[J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*，2014，51（5）：1362－1366. [王兴民，陈晓胜，邱宝利，等. 捕食性瓢虫采集与调查取样技术 [J]. 应用昆虫学报，2014，51（5）：1362－1366]

Wu KJ，Sheng CF，Gong PY. Equation of predator functional response

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

and estimation of the para meters in it [J]. *Entomological Knowledge*, 2004, 41 (3): 267 – 269. [吴坤君, 盛承发, 龚佩瑜. 捕食性昆虫的功能反应方程及其参数的估算 [J]. 昆虫知识, 2004, 41 (3): 267 – 269]

Wu PX, Ma BX, Xu Q, *et al*. Predation of *Poratrioza sinica* Yang & Li by *Harmonia axyridis* adults [J]. *Journal of Plant Protection*, 2017, 44 (4): 582 – 588. [巫鹏翔, 马宝旭, 徐婧等. 异色瓢虫成虫对枸杞木虱的捕食作用 [J]. 植物保护学报, 2017, 44 (4): 582 – 588]

Yu HP, Wang Z, Long GY, *et al*. Functional responses of different insect states of *Harmonia axyridis* to predation of three aphids [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2018, 46 (18): 86 – 90. [喻会平, 王召, 龙贵云, 等. 不同虫态异色瓢虫对 3 种蚜虫的捕食功能反应 [J]. 江苏农业科学, 2018, 46 (18): 86 – 90]

Zhang W, Ma RY, Jiang CX, *et al*. Predation response of *Harmonia axyridis* against *Kurisakia onigurumi* [J]. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 2018, 36 (5): 702 – 707. [张伟, 马若影, 蒋春先等. 异色瓢虫对枫杨刻蚜的捕食功能反应 [J]. 四川农业大学学报, 2018, 36 (5): 702 – 707]

Zhao DX, Wang ZW. Effects of temperature on the development of *Scymnus* (*Neopullus*) *hoffmanni* Weise [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1987a, 30 (1): 47 – 54. [赵鼎新, 王忠文. 温度对黑襟毛瓢虫发育的影响 [J]. 昆虫学报, 1987a, 30 (1): 47 – 54]

Zhao DX. The numerical response of *Scymnus* (*Neopullus*) *hoffmanni* Weise to *Aphis gossypii* Glover [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1987b, 7 (2): 54 – 61. [赵鼎新. 黑襟毛瓢虫对棉蚜的数值反应 [J]. 生态学报, 1987b, 7 (2): 54 – 61]

Zhang GF, Lü ZC, Wang FH, *et al*. Real – time PCR quantification of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) B – biotype remains in predator guts [J]. *Molecular Ecology Notes*, 2007, 7: 947 – 954.

Zheng RF, Yang JW. Preliminary observation of *Scymnus* (*Neopullus*) *hoffmanni* Weise living habits [J]. *Journal of Hunan Agricultural University*, 1990, 1: 51 – 57. [杨建武, 郑瑞丰. 黑襟毛瓢虫生活习性初步观察 [J]. 湖南农学院学报, 1990, 1: 51 – 57]

Zheng XW, Jie ZH, Xu JX, *et al*. The list of lotus pest insects, diseases and natural enemies [J]. *Biological Disaster Science*, 2016, 39 (2): 116 – 120. [郑兴汶, 揭志辉, 徐金星, 等. 莲病虫害及天敌名录 [J]. 生物灾害科学, 2016, 39 (2): 116 – 120]

Zhou LL. The preliminary biological characteristics and the effective accumulated temperature of *Scymnus* (*Neopullus*) *hoffmanni* Weise [J]. *Chinese Joural of Applied Entomology*, 1986, 2: 33 – 34. [周丽丽. 黑襟毛瓢虫的生物学特性及有效积温的初步研究 [J]. 应用昆虫学报, 1986, 2: 33 – 34]

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net