龟纹瓢虫不同斑型在寄主作物的分布频率及捕食反应

潘 悦* 周兴苗 陈华爽 雷朝亮**

(湖北省昆虫资源利用与害虫可持续治理重点实验室 武汉 430070)

Distribution frequencies of phenotypes of *Propylea japonica* among different host crops and their predation responses. PAN Yue*, ZHOU Xing-Miao, CHEN Hua-Shuang, LEI Chao-Liang**(*Key Laboratory of Insect Resource Utilization & Sustainable Pest Management of Hubei Province*, *Huazhong Agricultural University*, Wuhan 430070, China)

Abstract The frequencies of different phenotypes of *Propylea japonica* (Thumberg) collected in broad bean, wheat and corn fields were surveyed, and their responses to predation were investigated. The results show that five phenotypes, *ancora*, *dionea*, *feliciae*, *tessellate* and *marginata*, occurred in these crops. *Ancora* was the predominant phenotype in all three crops comprising 44.87% of the population, whereas *marginata* was the least abundant comprising just 0.60%. The proportion of females in these four main phenotypes ranged from 30.47% to 60.71%; less than 50% of *ancora* individuals were female. The results also indicate that the voracity, daily weight gain and feeding efficiency of females were higher than those of males feeding on the same food. The voracity of *ancora* males was higher than of *feliciae* males, and the feeding efficiency of *feliciae* females was higher than that of *dionea* females.

Key words *Propylea japonica*, phenotypes, host crops, frequency distribution, predation response

摘 要 本研究调查了龟纹瓢虫 *Propylea japonica* (Thunberg)色斑变型在蚕豆、小麦和玉米田的分布频率,并对其捕食反应进行测定。结果表明,在3种作物中,龟纹瓢虫斑型种类有锚斑变型 *ancora*、双二变型 *dionea*、肩斑变型 *feliciae*、鼎斑变型 *tessellate* 和黄缘变型 *marginata*。其中,锚斑变型在3种作物中所占比率均为最大,约占采集总数的44.87%,而黄缘变型最少,仅占0.60%。不同作物中4种主要斑型的雌虫比率在30.47%~60.71%之间,锚斑变型的雌虫比率均小于50%。不同色斑型的龟纹瓢虫取食相同食物后,各斑型的雌虫食蚜数、日增重和摄食效率高于雄虫。锚斑变型的雄虫比肩斑变型的雄虫捕食蚜虫多,肩斑变型的雌虫摄食效率高于双二变型的雌虫。

关键词 龟纹瓢虫, 色斑变型, 寄主作物, 分布频率, 捕食反应

龟纹瓢虫 *Propylea japonica* (Thunberg)分布于中国、日本、印度和前苏联等地[1],具有明显的色斑多型现象,主要有锚斑变型 *ancora*、鼎斑变型 *tessellata*、双二变型 *dionea*、肩斑变型 *feliciae*、黄缘变型 *marginata* 和线变型 *lineata* 等。瓢虫的色斑多样性通常与地理位置和季节有关[2~6]。据报道,龟纹瓢虫在内蒙古的哲里木盟地区和山东西北部有4种变型[7,8],陕西有6种变型[9],湖南7种[10],四川南充9种[11]。异色瓢虫日本种群中,黄底型和黑底型的比率呈季节变化[6,12]。研究认为异色瓢虫亚洲种群的宏观地理多样性主要与气候有关,其中光照是重要因素[13],微观地理多样性则很大程度上与获取的食物有关[14]。

龟纹瓢虫喜食桃蚜 *Myzus persicae* (Sulzer)、棉蚜 *Aphis gossypii* Glover 多种蚜虫以

* E-mail:panyue@webmail.hzau.edu.cn

**通讯作者,E-mail:ioir@mail.hzau.edu.cn

收稿日期:2009-11-16,修回日期:2009-12-01

及棉铃虫 *Helicoverpa armigera* Hubner 卵、柑桔木虱 *Diaphorina citri* Kuwayama 和湿地松粉蚧 *Oracella acuta*(Lobdell)等[15~18],具有广泛的捕食范围。先前对异色瓢虫的研究认为,不同斑型在摄取食物时,由于对营养的需求以及食物自身的营养价值不同而影响其相对适合度[19],Komai 和 Hosino 报道从同一栖境的寄主植物上采集的异色瓢虫各斑型间相对频率不同,可能是因为选择取食寄主植物上不同种类的蚜虫造成的[14]。

根据同一分布区龟纹瓢虫多种色斑型共存且数量差异较大的现象,作者推测龟纹瓢虫的每一种斑型对食物有不同的偏好程度或有其特定的形态学、生理学和行为学特性,那么某一种或几种斑型就会在一定的环境条件下表现出较好的生存适应能力。因此,本研究在龟纹瓢虫分布相对较广的蚕豆、小麦和玉米 3 种作物上对其斑型的分布频率开展调查,并测定了几种色斑型成虫捕食豆蚜后的食蚜数、日消耗生物量、日增重和摄食效率,以期为探讨天敌对环境的适应性提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源的采集与饲养

龟纹瓢虫成虫于 2009 年 3 月上旬开始活动至 7 月上旬活动盛期分别采自武汉市郊(30.35°N,114.17°E)的蚕豆、小麦和玉米田,采回的瓢虫经斑型和性别鉴定后[1]统计各斑型的数量和性别比率。

将不同斑型的龟纹瓢虫同批采回后,分斑型置于不同的塑料杯(4 cm×8 cm)内,杯顶用带孔保鲜膜封口,在温度(25±1)℃,相对湿度 75%±5%,光照 L∶D=16∶8的条件下用豆蚜 *A. craccivora* Koch 饲养。黄缘变型数量较少,没有在捕食反应的试验中采用。

1.2 食蚜数和日耗生物量

以龟纹瓢虫锚斑变型、鼎斑变型、双二变型和肩斑变型的成虫 24 h 内取食的蚜虫数作为食蚜数的评价指标。试验条件同饲养条件。将 100 头大小均匀的无翅雌豆蚜称重后与 1 头饥饿 24 h 的瓢虫共同置于塑料杯(4 cm×8 cm)内,用扎孔保鲜膜封口,每种斑型的雌雄虫各重复 20 次,24 h 后记录活蚜数。以不放瓢虫时每 100 头无翅雌豆蚜 24 h 后的存活数做对照,重复 30 次。经统计,对照组中蚜虫的存活率为 80.14%。

食蚜数 V_0(voracity)计算公式[20]:$V_0=(A-a_{24})\times ra_{24}$,

式中,A:提供的蚜虫数,a_{24}:24 h 后活蚜数,ra_{24}:24 h 后对照组中蚜虫的存活率。

日耗生物量(DBC (mg), daily biomass consumption)即 24 h 内瓢虫消耗的蚜虫量,依据公式:DBC (mg)=$(Wi/N)\times V_0\times$PUC[21],

式中,Wi:提供的蚜虫总重,N:提供的蚜虫数,V_0:食蚜数,PUC:捕食利用系数。该系数的设定依据相关公式[21],经计算,龟纹瓢虫成虫的捕食利用系数为 70.29%。

1.3 日增重和摄食效率

日增重(DWG, daily weight gain)即瓢虫捕食蚜虫后的体重减去捕食前耐饥 24 h 的体重,用精度为 10^{-4}g 的电子天平称量。摄食效率(FE, feeding efficiency)依据公式:FE=(DWG/DBC)×100%[22]。

1.4 数据处理

试验数据采用 SPSS11.5 软件中的 one-way ANOVA 对各斑型雌雄虫的食蚜数、日消耗生物量、日增重和摄食效率进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 龟纹瓢虫色斑变型在不同作物田的分布频率

从表 1 可见,武汉地区的蚕豆、小麦和玉米 3 种作物田中,龟纹瓢虫的色斑变型主要有锚斑变型、鼎斑变型、双二变型和肩斑变型。锚斑变型在 3 种作物中所占比率均最大,分别为 53.11%、36.95% 和 44.83%,而黄缘变型最少,在蚕豆和小麦田中所占比率分别为 0.83% 和 1.20%,玉米田中没有发现。双二变型在蚕豆田中的比率占 18.67%,而在小麦和玉米田中比率分别达 30.52% 和 36.21%,说明双二变

型有逐渐扩大种群的趋势,而鼎斑变型所占比率则逐渐减少,从 14.52% 降至 7.18%。总体来说,锚斑变型的数量在蚕豆、小麦和玉米田中最多,占采集总数的 44.87%,其次是双二变型、肩斑变型和鼎斑变型,分别为 29.47%、14.56% 和 10.50%,黄缘变型所占比率最小,仅为 0.60%。

表 1　2009 年武汉地区 5 种龟纹瓢虫色斑变型在不同作物田的分布频率

采集作物	采集个数(头)	色斑变型(%)				
		锚斑变型	鼎斑变型	双二变型	肩斑变型	黄缘变型
蚕豆	241	53.11	14.52	18.67	12.86	0.83
小麦	249	36.95	11.24	30.52	20.08	1.20
玉米	348	44.83	7.18	36.21	11.78	0.00
总计	838	44.87	10.50	29.47	14.56	0.60

2.2　5 种龟纹瓢虫色斑变型的采集数及雌虫比率

表 2　2009 年武汉地区 5 种龟纹瓢虫色斑变型的采集个数及雌虫比率

采集作物	色斑变型	采集个数		
		雌虫(头)	雄虫(头)	雌虫比率(%)
蚕豆	锚斑变型	39	89	30.47
	鼎斑变型	16	19	45.71
	双二变型	20	25	44.44
	肩斑变型	11	20	35.48
	黄缘变型	1	1	50.00
小麦	锚斑变型	44	48	47.83
	鼎斑变型	17	11	60.71
	双二变型	40	36	52.63
	肩斑变型	30	20	60.00
	黄缘变型	0	3	0.00
玉米	锚斑变型	74	82	47.44
	鼎斑变型	8	17	32.00
	双二变型	64	62	50.79
	肩斑变型	23	18	56.10
	黄缘变型	0	0	0.00

表 2 表明龟纹瓢虫 5 种色斑型的数量在斑型和性别间都有较大差异。但无论是雌虫还是雄虫,在 3 种作物的色斑变型数量由多到少几乎是一致的,即锚斑变型、双二变型、肩斑变型、鼎斑变型和黄缘变型,符合表 1 中总体的统计情况。蚕豆田中,除黄缘变型外,4 种斑型的雌虫数均小于雄虫数,在 30.47% ~45.71% 之间;小麦田中,只有锚斑变型的雌虫数较雄虫数少,占 47.83%,没有发现黄缘变型的雌虫;玉米田中,锚斑变型和鼎斑变型的雌虫比率在 50% 以下,分别为 47.44% 和 32.00%,没有发现黄缘变型。总体看来,锚斑变型在 3 种作物中的雌虫数都少于雄虫数。

2.3　食蚜数和日耗生物量

表 3 的结果表明,4 种斑型的雌虫食蚜数无显著差异,但锚斑变型与肩斑变型的雄虫食蚜数差异显著,其中,锚斑变型的食蚜数最多,为(45.3 ±2.1)个每头。4 种斑型的雌雄成虫日耗生物量无显著差异(表 4),且鼎斑变型、双二变型和肩斑变型的雌雄虫间日耗生物量都较为接近,在 13.4 ~14.7 mg 之间,表明龟纹瓢虫的日耗生物量在性别间差异较小。

表 3　4 种龟纹瓢虫色斑变型的雌雄虫食蚜数(头)

	锚斑变型	鼎斑变型	双二变型	肩斑变型
雌虫	47.9 ±2.6a	48.4 ±2.5a	49.5 ±2.4a	46.4 ±3.3a
雄虫	45.3 ±2.1a	42.3 ±3.0ab	40.2 ±3.6ab	36.3 ±2.1b

注:表中数据为平均值 ± 标准误,同一行中,数值后字母不同表示差异显著($P<0.05$)。(下表同)

表 4　4 种龟纹瓢虫色斑型的雌雄虫日耗生物量(mg)

	锚斑变型	鼎斑变型	双二变型	肩斑变型
雌虫	16.3 ±1.2a	14.7 ±1.4a	14.3 ±1.1a	13.7 ±1.1a
雄虫	13.8 ±0.7a	14.6 ±0.6a	13.4 ±1.2a	14.6 ±1.1a

2.4　日增重和摄食效率

从表 5 可知,4 种斑型的雌雄虫日增重差异不显著,肩斑变型的雌虫日增重略高于双二变型的雌虫。双二变型和肩斑变型的雌虫摄食效率有显著差异(表 6),其中,肩斑变型的雌虫摄食效率最高,为 15.1% ±2.4%,由摄食效率的计算方法可知,肩斑变型与双二变型的雌虫消耗相同的蚜虫量分别为(13.7 ±1.1) mg 和(14.3 ±1.1) mg,肩斑雌虫的日增重较双二变

型大,分别为(1.8±0.2)mg 和(1.2±0.3)mg,说明它消耗较少的食物却能较好地吸收和转化。雄虫的摄食效率在 4 个斑型中均没有表现出显著性差异。

表 5 4 种龟纹瓢虫色斑变型的日增重(mg)

	锚斑变型	鼎斑变型	双二变型	肩斑变型
雌虫	1.5±0.2a	1.7±0.1a	1.2±0.3a	1.8±0.2a
雄虫	1.1±0.1a	1.4±0.3a	0.9±0.2a	0.9±0.2a

表 6 4 种龟纹瓢虫色斑变型的摄食效率(%)

	锚斑变型	鼎斑变型	双二变型	肩斑变型
雌虫	10.1±1.8ab	13.3±1.6ab	8.1±1.5b	15.1±2.4a
雄虫	8.1±1.1a	10.8±3.0a	6.7±1.2a	7.2±1.8a

3 讨论

本研究的调查结果表明,在 3 种不同作物上,龟纹瓢虫各斑型的分布频率不同,Komai 和 Hosino 认为,一定的栖境中,不同寄主植物上寄生的蚜虫种类各异,而各种斑型的瓢虫有特定的营养需求,因此会产生对蚜虫的选择[14]。在 3 种作物中,颜色较浅的双二斑型所占比率逐渐增大,而鼎斑变型所占比率降低,除了食物是考虑的因素外,也不能排除温度等因素的影响,因为不同的斑型可能适合于不同的温度[23],这还需结合室内的温度设置实验来观察验证。性别比率是反映种群繁殖力的一个重要参数,不同寄主作物中龟纹瓢虫色斑型的雌虫比率不同,有可能说明相同斑型的龟纹瓢虫取食不同食物后性别比率会发生一定的变化,进而影响群体数量,具体的分析还有待进一步探讨。

瓢虫的捕食行为有性别的差异[24]。雌虫的食蚜数、日增重和摄食效率均比雄虫大,锚斑与肩斑变型的雄虫食蚜数差异显著,而雌虫间无显著差异。原因除了雌雄虫的生理差异外,还可能与捕食者大小有关,试验中发现龟纹瓢虫的雌虫一般较雄虫大,由于个体大小影响昆虫的行为、竞争力、繁殖力以及寿命[25],因此雌雄虫个体大小可能影响其捕食和消化能力。

肩斑变型的雌虫摄食效率高,说明该斑型的雌虫对食物有较强的吸收转化能力,从生理学角度看,摄食效率高不一定有优势,因为摄食效率低可使天敌捕食更多的蚜虫;但从生态学角度看,较高的摄食效率可增强天敌对稀缺食物的竞争并减少觅食时间以躲避敌害[26]。田间调查中,肩斑变型的数量并没有显现出明显的优势,但食蚜数和摄食效率的差异可以说明,不同斑型的龟纹瓢虫取食相同的食物后其捕食能力有一定差异,这一点符合我们的推测,即每一种斑型有其特定的形态学、生理学和行为学特性。

锚斑变型的数量在 3 种作物中始终最多,体现了种群遗传的稳定性,锚斑变型的雄虫食蚜数明显比肩斑变型多,一定程度上说明该斑型的雄虫在捕食能力上较其它斑型强,以上数据都可作为判断锚斑变型是当地龟纹瓢虫中优势斑型的参考依据,但要说明锚斑斑型具有较强的生存适应能力,还需结合生长发育、繁殖力等生物学指标[19,22,23]和耐热、耐寒等抗逆性能力来综合评价。

参 考 文 献

1 刘崇乐. 经济昆虫志,鞘翅目,瓢虫科(一). 科学出版社,1963. 47 ~ 49.

2 Kryltsov A. I. Geographical variability of lady-birds (Coleoptera: Coccinellidae) in north Kirghisia. *Entomol. Obozr.*, 1956, **35**:771 ~ 781.

3 Abbas I., Nakamura K. Variation of elytral spot patterns in a field population of lady beetle *Epilachna aff.* sparsa (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on bitter cucumber in Sumatra. *Sci. Rep. Kanazawa University*, 1985, **30**:27 ~ 32.

4 Abbas I., Nakamura K., Katakura H., *et al*. Geographical variation of elytral spot patterns in the ladybird *Epilachna vigintiduopunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) in the province of Sumatrea Batat, Indonesia. *Res. Popul. Ecol.*, 1988, **30**:43 ~ 56.

5 Osawa N., Nishida T. Seasonal variation in elytral colour polymorphism in *Harmonia axyridis* (the ladybird beetle): the role of non-random mating. *Heredity*, 1992, **69**:296 ~ 307.

6 Hodek I., Honek A. Ecology of Coccinellidae. Kluw. Acad. Pub., Netherlands, 1996. 464.

7 安瑞军,张立明,张宁,等. 龟纹瓢虫 *Propylaea japonica* (Thunberg) 生物学特性研究初报. 哲里木畜牧学院学报,1998,**8**(3):48 ~ 51.

8 朱景治. 鲁西北地区常见龟纹瓢虫变型鉴定的依据和方法. 昆虫知识,1983,**20**(5):227 ~ 228.

9 魏建华,冉瑞碧. 龟纹瓢虫研究. 昆虫天敌,1983,**5**(2):89 ~ 93.

10 宋慧英,吴力游,陈国发. 龟纹瓢虫的研究——形态和地理分布. 湖南农学院学报,1986,**2**:39 ~ 36.

11 李国锋,郑发科,王慧. 南充市郊瓢虫科昆虫的初步研究. 西华师范大学学报,2005,**26**(2):145 ~ 147.

12 Tan C. C. Seasonal variations of color patterns in *Harmonia axyridis*. In: Muller H. J., Dahlberg G. (eds.). Proceedings of the 8th International Congress of Genetics. Stockholm, Sweden: Hereditas, suppl. 1949. 669 ~ 670.

13 Komai T. Genetics of ladybeetles. *Advances in Genetics*, 1956, **8**:155 ~ 189.

14 Komai T., Hosino Y. Contributions to the evolutionary genetics of the lady-beetle, *Harmonia* Ⅱ microgeographic variations. *Genetics*, 1951, **36**:382 ~ 390.

15 张安盛,于毅,张思聪,等. 桃园桃粉蚜、桃蚜及其主要天敌生态位的研究. 山东农业大学学报(自然科学版),2006,**37**(4):577 ~ 580.

16 高孝华,时爱菊,曲耀训,等. 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),2001,**32**(4):457 ~ 460.

17 曾涛,庞虹. 中国食蚧瓢虫名录. 昆虫天敌,2000,**22**(2):59 ~ 67.

18 崔素贞. 龟纹瓢虫生物学特性及其对棉铃虫捕食功能的研究. 棉花学报,1996,**8**(5):269 ~ 275.

19 Soares A. O., Coderre D., Schanderl H. Influence of prey quality on the reproduetive capacity of two pheotypes of *Harmonia axyridis* Pollas (Coleoptera: Coccinellidae). In: Soares A. O., Ventura M. A., Garcia V., *et al.* (eds.). In Proceedings: the 8th International Symposium on Ecology of Aphidophaga: Biology, Ecology and Behaviour of Aphidophagous Insect. Arquipélago, Life and Marine Sciences, 2003, **5**(Suppl.):51 ~ 54.

20 Soares A. O., Coderre D., Schanderl H. Effect of temperature and intraspecific allometry on predation by two phenotypes of *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae). *Envir. Entomol.*, 2003, **32**:939 ~ 944.

21 Schanderl H. Determination of optimal conditions for breeding of the ladybird *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera, Coccinellidae), and the possibility of a continuous production with alternative prey, eggs of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae). Thesis of Doctor of Science. University of Law, Economics and Science of Aix-Marseille III. 1987.

22 Soares A. O., Coderre D., Schanderl H. Influence of prey quality on the fitness of two phenotypes of *Harmonia axyridis* adults. *Entomol. Exp. Appl.*, 2005, **14**:227 ~ 232.

23 Serpa L., Schanderl H., Brito C., *et al*. Fitness of five phenotypes of *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) In: Soares A. O., Ventura M. A., Garcia V., *et al.* (eds.). In Proceedings: the 8th International Symposium on Ecology of Aphidophaga: Biology, Ecology and Behaviour of Aphidophagous Insect. Arquipélago, Life and Marine Sciences, 2003, (Suppl.) **5**:43 ~ 49.

24 Obata S., Johki Y. Distribution and behaviour of adult ladybird *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae), around aphid colonies. *Journal of Entomology*, 1990, **58**:839 ~ 845.

25 Naoya O., Takayoshi N. Seasonal variation in elytral colour polymorphism in *Harmonia axyridis* (the ladybird beetle): the role of non-random mating. *Heredity*, 1992, **69**:297 ~ 307.

26 Waldbauer G. P., Friedman S. Self-selection of optimal diet by insects. *Annu. Rev. Entomol.*, 1991, **36**:43 ~ 63.