

异色瓢虫幼虫的食物搜索行为*

邹运鼎 陈高潮 孟庆雷 耿继光** 王公明

(安徽农业大学 合肥 230036)

摘要 本试验采用 Nakamuta (1982) 装置研究两种光照条件下异色瓢虫幼虫的食物搜索行为, 结果表明: (1) 摄食刺激均能激发搜索行为由广域型转换为地域集中型; (2) 摄食时间越长, 地域集中型搜索时间 (GUT) 值越大; (3) 摄食的最后一个食饵大小决定 GUT 的长短; (4) 光照对搜索行为有影响; (5) 饥饿度对 GUT 的长短有一定影响。

关键词 异色瓢虫幼虫, 搜索行为

天敌与害虫之间相互依存、相互制约的复杂关系是两者在长期协同进化过程中逐渐形成的, 对天敌而言, 表现在对害虫的摄食选择, 害虫发生时间和害虫场所的跟随和追踪等方面。Fleshner (1950)^[1]、Bank (1957)^[2]、Dixon (1959)^[3]、Nakamuta (1982, 1983, 1984)^[4~6]、邹运鼎 (1988, 1989, 1991)^[7~9] 研究多数捕食性瓢虫类摄食食饵的搜索行动都可由广域型向地域集中型转换, 即在捕到食饵前穿过广阔的场所作直线运动搜索食饵 (广域型搜索), 可是一旦捕获摄食了食饵, 其后搜索速度则比摄食前降低, 同时更加频繁地作方向变换, 在捕获到的食物场所周围作迂回搜索 (地域集中型搜索), 以此提高搜索效率, 当进行地域集中型搜索不能发现下一个食物时。搜索行动在短时间内将再次转换为广域型。搜索行动由广域型向地域集中型转换是什么因子激发的, 以及地域集中型搜索时间 (giving-up time, 简写成 GUT) 长短是什么因子决定的目前不太清楚。若根据最适采饵战略理论, 由几个食饵小区变成一个区, 随着区内平均食饵捕获率提高, 小区的 GUT 则变短 (Charnov 1976)^[10]。若平均食饵捕获率可依空腹度来评价, 那么空腹度高 GUT 则应越长。草蛉 (*Chrysopa cornea*) 幼虫、七星瓢虫幼虫、二星瓢虫幼虫空腹度与 GUT 的关系可用上述理论解释。在搜索食饵时多数捕食性天敌在攻击摄食害虫之后表现出比攻击前更弯曲的动作 (Banks (1957)^[2], Tinbergem 等 (1967))。把在搜索前面立刻发现距食物很近的场所的搜索称之为领域范围搜索, 根据这种方式发现最初的食饵时, 该场所的食饵被捕食的机会就增加了。异色瓢虫 (*Harmonia axyridis*) 是蚜虫类的重要天敌, 其成、幼虫均捕食蚜虫, 幼虫在上述内容方面未见报道, 激发搜索蚜虫行为转换的因子和决定 GUT 长短的因子以及捕食前后行动变化既是行为生态学的重要内容, 同时又是 IPM 中天敌评价理论的重要内容, 且与异色瓢虫的保护和利用有关。为了搞清上述问题, 特开展了本研究。

* 本文系安徽省教委基金项目

** 工作单位为安徽省植物保护总站

1995-07-17收稿, 1996-05-30收修改稿

1 材料与方 法

供试的异色瓢虫系同一发育进度的高龄幼虫,和麦二叉蚜 (*Schisaphis graminum*) 均采于我校教学试验农场麦田,异色瓢虫幼虫采回后禁食42 h 作供试天敌用;室内温度为18 ℃~25 ℃,在强光照 (3 860~4 620 lx) 和弱光照 (130~220 lx) 两种光照下进行。测定 GUT 采用 Nakamuta (1982) 设计的装置进行。本研究进行如下四个试验,具体的操作步骤如下。

试验一:搜索行为向地域集中型转换的激发因子研究。a. 异色瓢虫幼虫和食饵接触,用镊子夹住麦二叉蚜高龄若蚜1头,使之接触异色瓢虫幼虫口器,在异色瓢咬住它之前移去;b. 食饵的捕获,和 a 同样的方法,待异色瓢幼虫咬住麦二叉蚜后,立即将蚜虫移去,异色瓢虫完全没吃到食饵或者仅摄食被撕去的量;c. 食饵的摄食。和 a 同样方法,给予1头麦二叉蚜高龄若蚜,使异色瓢虫幼虫一点不剩地吃下;d. 伪食饵的摄食。把琼脂块用镊子夹住,使之和异色瓢虫幼虫口器接触,让其完全吃下。琼脂块中含2%的琼脂粉,用小刀切成2 mm×2 mm×2 mm 小块;e. 摄食沾有麦二叉蚜体液的伪食饵。将麦二叉蚜用镊子弄破后,把体液蘸在和 d 同样的琼脂块表面,让异色瓢虫一点不剩的摄食光。CK. 作为对照不给予异色瓢虫幼虫刺激。用秒表测定各处理的 GUT 值,每个处理均重复7次。

试验二:观察摄食的食饵大小与 GUT 的关系。将麦二叉蚜高龄和低龄若蚜作为大小不同的食饵供给异色瓢虫幼虫摄食,用秒表测定自开始摄食到摄食结束的时间,尔后在异色瓢虫幼虫开始搜索时测定 GUT,本试验重复7次,试验前用光电分析天平 (TG-328B 型) 测定麦蚜体重。

试验三:决定 GUT 长短的因子研究。根据试验一、二结果得知,摄食的食饵越大,GUT 值越大,因此可以认为影响 GUT 长短的主要因子可能是摄食量的大小或者是摄食的食饵大小,为了明确是哪一个因子,把大小同的2头麦二叉蚜若蚜按先大后小的顺序给予禁食42 h 的异色瓢虫幼虫摄食,测定 GUT,再按先小后大的顺序供给异色瓢虫幼虫摄食,测定 GUT,每个处理重复7次,供试的高、低龄若蚜体重分别为451 μg 和131 μg。

试验四:饥饿度(空腹度)与 GUT 的关系。分别供给禁食42 h 和72 h 的异瓢虫幼虫

表1 异色瓢虫幼虫两种光照下5种
刺激的 GUT 值 (单位: s)

刺激方式	GUT ($\bar{X} \pm S \bar{X}$)	
	弱光照	强光照
对照 (CK)	3.93±0.48	24.02±7.09
a. 和麦蚜接触	4.46±0.55	37.16±10.05
b. 捕获麦蚜或仅食撕去量	9.50±4.96	40.69±9.61
c. 完全取食1头麦蚜	33.23±9.27	47.20±2.18
d. 取食一块琼脂	7.61±0.99	35.25±3.40
e. 取食一块沾有蚜虫体液的琼脂	27.43±3.51	56.32±4.83

1头麦二叉蚜高龄若虫使之摄食,测定 GUT,均重复7次。

2 结果与分析

2.1 向地域集中型转换的激发因子

将试验一的结果列于表1,并将 t 检验的结果列于表2,由表2可看出,弱光照下五种刺激中 c、d、e 处理与 CK 之间差异均达极显著水平,各处理两两比较, a 与 c、a 与 e、d 与 e 之间差

表 2 两种光照下各种刺激的 GUT 值 t 检验结果

光照	检验项目	CK-a	CK-b	CK-c	CK-d	CK-e	a-b	a-c	a-d	a-e	b-c	b-d	b-e	c-d	c-e	d-e
弱光照	t	0.7246	1.1187	3.1572	3.3445	6.6395	1.0108	3.0988	2.8631	6.4721	2.2579	0.3710	2.9535	2.7488	0.5835	5.4400
	差异性显著			**	**	**	*	**	*	*	*		*	*		**
强光照	t	1.0683	1.3956	3.1229	1.4271	3.7619	0.2539	0.9766	0.1800	1.7184	0.6607	0.5336	1.4530	2.9564	1.7193	3.5634
	差异性显著			**		**							*	*	*	**

注: $df=12$ $t_{0.05}=2.18$ $t_{0.01}=3.06$

* 为差异显著

** 为差异极显著

表 3 摄食时间与 GUT 的关系(单位: s)

光照	处理	测定结果															
弱光照	摄食时间	140.69	273.82	434.44	136.97	77.59	143.92	41.33	33.0	108.49	49.0	53.34	67.11	22.03	41.07		
	GUT	45.15	58.94	67.33	26.13	6.79	12.24	15.25	7.47	26.01	5.88	13.23	15.38	9.54	17.43		
强光照	摄食时间	315.0	494.0	163.0	354.0	109.0	107.0	80.0	36.62	15.15	24.38	23.96	38.59	89.0	48.22	67.36	52.11
	GUT	66.0	66.22	33.85	40.40	39.52	51.09	39.52	37.37	17.95	14.12	18.54	13.84	14.15	39.31	58.24	37.20

异均达极显著水平, 而 a 与 d、b 与 c、b 与 e、d 与 c 之间差异均达显著水平, 由此看出摄食的食物刺激是弱光照下激发异色瓢虫幼虫搜索行为由广域型转换成地域集中型的激发因子。强光照下五种刺激中 c、e 与 ck 之间差异均达极显著水平, 各处理两两进行比较, d 与 e、c 与 d 间差异达显著水平, 说明摄食的食物刺激是强光照下异色瓢虫幼虫搜索行为由广域型向地域集中型转换的激发因子, 两种光照下的结果均表明刺激程度即摄食食饵和伪食饵的刺激程度, 前者的 GUT 值大于后者的 GUT 值。同时也可看出光照对异色瓢虫幼虫的 GUT 大小有显著影响。

2.2 摄食的食饵大小与 GUT 的关系

将两种光照下异色瓢虫幼虫摄食食饵大小与 GUT 的关系列于表3, 表中前7项是摄食高龄若蚜的时间及 GUT, 后7项是摄食低龄若蚜的时间及 GUT, 对弱光照下摄食高、低龄若蚜的 GUT 进行 t 检验, t 值为 2.100, 强光照下摄食高、低龄若蚜的 GUT 进行 t 检验, $t=2.6785$, 查 t 表, $df=12$ 时, $t_{0.05}=2.18$, 前者差异基本显著, 后者差异显著, 说明摄食的食饵大, GUT 值就大。对弱光照下摄食时间与 GUT 间关系进行相关分析, r 为 0.9027, 强光照下摄食时间与 GUT 之间相关系数 r 为 0.6481, $df=12$ 时, $r_{0.05}=0.532$, $r_{0.01}=0.661$ 。 $df=14$ 时, $r_{0.01}=0.623$, 两个 r 值分别大于 0.661 和 0.623, 表明摄食的时间越长, GUT 值越大。

2.3 决定 GUT 长短的因子

把试验三的结果列于表4, 先对弱光照下两种摄食顺序的 GUT 之间进行 t 检验, t 值为 3.3278, $df=13$ 时, $t_{0.01}=3.01$, $t>t_{0.01}$, 两者差异达极显著, 可看出先食小后食大的 GUT 显著大于先食大后食小的 GUT, 说明摄食量相同, 摄食的最后1头食饵大小决定 GUT 的长短; 再对强光照两种摄食顺序的 GUT 间差异进行分析, t 值为 2.560, $df=12$ 时, $t_{0.05}=2.18$, $t>t_{0.05}$, 两种光照下的结论是一致的。

表4 两种光照下按食饵大小不同顺序取食的 GUT (单位: s)

光照	处理	GUT							
弱光照	先食大后食小	8.47	6.92	6.72	35.49	6.67	31.58	42.84	
	先食小后食大	43.27	54.06	48.71	61.07	20.70	116.83	68.74	
强光照	先食大后食小	36.33	35.27	37.52	35.74	12.12	38.75	10.41	
	先食小后食大	33.02	46.35	38.35	44.21	40.30	55.68	45.32	

2.4 饥饿度与 GUT 的关系

将试验四的结果列于表5, 弱光照下不同饥饿度的 GUT 间 t 检验, t 值为 0.9346, 强光照下两种饥饿度的 GUT 间 t 值为 1.9145, $df=12$ 时, $t_{0.10}=1.78$, 后者 $t>t_{0.10}$, 说明饥饿度对 GUT 有一定影响。

表5 不同饥饿程度摄食1头高龄若蚜的 GUT 值 (单位: s)

光照	饥饿处理 (h)	GUT						
弱光照	42	45.15	58.94	67.33	26.93	6.79	12.24	19.25
	72	44.37	31.37	35.13	40.43	55.78	38.07	46.51
强光照	42	60.06	60.22	33.85	40.40	39.52	51.09	39.33
	72	88.60	122.00	188.00	44.90	43.80	53.18	60.26

3 讨论

本研究结果和中牟田洁 (1985)^[11]、邹运鼎等 (1988, 1991)^[7,9] 等对瓢虫类搜索行为激发因子的结论是一致的, 即摄食的食物刺激是激发因子。对于非瓢虫类天敌的食饵搜索行为, 不摄食食饵而只咬住食饵就产生行动转换仅见到草蛉 (*Chrysopa cornea*) 及大草蛉 (*Chrysopa septempunctata*) 成虫的报道^[12]。多数昆虫搜索食饵和交配对手时进行地域集中型搜索是提高搜索效率的有效方法, 其地域集中型搜索时间 (GUT) 长短是受刺激的情报所影响, 刺激程度越大, GUT 值越大。

本研究中饥饿度对 GUT 的影响不十分明显, 可能与设计的饥饿梯度小有关, 该内容尚需作进一步研究。

参 考 文 献

- 1 Fleschner C A. Studies on searching capacity of the larvae of three predators of the citrus red mite. *Hilgardia*, 1950, **20**: 233~264
- 2 Banks C J. The behaviour of individual coccinellid larvae on plants. *Br. J. Anim. Behav.* 1957, **5**: 12~24
- 3 Dixon A F G. An experimental study of the searching behaviour of the predatory coccinellid beetle *Adalia decempunctata* (L.). *J. Anim. Ecol.* 1959, **28**: 259~281
- 4 Nakamura K. Switchover in searching behavior of the ladybeetle, *Coccinella septempunctata* L (Coleoptera: Coccinellidae) caused by prey consumption. *Appl. Ent. Zool.* 1982, **17**: 510~506
- 5 Nakamura K. Sequence of predatory behavior of the ladybeetle, *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) on the green peach aphid, *Myzus persicae* Sulzer (Homoptera: Aphididae). *Appl. Ent. Zool.* 1983, **18**: 559~561
- 6 Nakamura K. Aphid body fluid stimulates feeding of a predatory ladybeetle, *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Appl. Ent. Zool.* 1984, **19**: 123~123
- 7 邹运鼎等. 龟纹瓢虫成虫的食饵搜索行为. *生态学报*, 1988, **8** (4): 336~341
- 8 邹运鼎等. 农林昆虫生态学, 安徽科学技术出版社, 1989, 259~326
- 9 邹运鼎等. 龟纹瓢虫幼虫的食物搜索行为. *昆虫学报*, 1991, **34** (4): 391~398
- 10 Charnov E L. Optimal foraging, the marginal value theorem. *Theor. Popul. Biol.* 1976, **9**: 129~136
- 11 中牟田洁. ナナホシテントウ成虫の餌探索行为. *日本应用动物昆虫学会志*, 1985, **29** (1): 55~60
- 12 邹运鼎等. 大草蛉成虫的食饵搜索行为. *安徽农学院学报*, 1988, **15** (4): 59~66

SEARCHING BEHAVIOR OF *HARMONIA AXYRIDIS* (PALLAS) LARVAE

Zou Yunding Chen Gaochao Meng Qinglei Geng Jiguang Wang Gongming

(Anhui Agricultural University Hefei 230036)

Abstract Searching behavior of the larvae of *Harmonia axyridis* (Pallas) was studied with Nakamuta apparatus (1982), under two illumination conditions. The results show; 1. feeding stimulus can induce a switchover of searching behavior from area-dissipated type to area-concentrated type; 2. the longer the feeding time, the higher the giving-up time (GUT) value; 3. the GUT is determined by the size of prey at the final feeding; 4. light illumination has influence on searching behavior and 5. the degree of starvation has certain influences on GUT.

Key words *Harmonia axyridis* (Pallas), searching behavior