

龟纹瓢虫成虫的食饵搜索行为*

——向地域集中型转换的激发和持续时间

邹运鼎 王弘法 王 勇 李文晋

(安徽农学院, 合肥)

摘 要

为了研究在15—25lux和230—280lux两种光照条件下雌雄龟纹瓢虫成虫搜索行为转换的因子及作地域集中型搜索持续的时间(giving-up-time——简称为GUT)长短,按 Nakamuta (1982)方法给予以下五种刺激:a. 和棉蚜接触;b. 捕获棉蚜或仅食去撕去量;c. 完全吃下捕获的1头棉蚜;d. 和琼脂块(2×2×2mm)接触;e. 吃下沾有棉蚜体液的琼脂块(2×2×2mm)。以不给予刺激作对照,观察每种刺激对搜索行为转换的激发作用。结果表明五种刺激的任一种刺激都可激发搜索行为的转换。结果还表明GUT值随刺激程度大小而变化,其大小顺序为a=d<b<e<c。对雌雄龟纹瓢虫在两种光照下的GUT进行t检验,结果表明光照对GUT影响不大。

为了研究GUT值大小是由取食蚜虫的大小还是取食量决定,设计了使瓢虫先食大蚜虫后食小蚜虫和相反顺序且总摄食量相同的两种处理,结果是,后者GUT值大于前者,表明GUT值的大小是由后一个食饵大小所决定,而与总摄食量无关。

多数捕食性瓢虫类摄食食饵的搜索行为均可由广域型向地域集中型转换(Fleschner, 1950; Banks, 1957; Dixon, 1959; Nakamuta, 1982; Murakami and Tsubaka, 1984; 中牟田潔, 1985)。即捕获食饵前穿过广泛的场所作直线运动搜索(广域型),可是一旦捕获了食饵,搜索速度比捕获前明显降低,且更加频繁地作方向转换,在捕食到食饵的场所周围作地域集中型搜索,以此提高搜索食饵效率。这时若不能发现下一个食饵时,搜索行为在短时间内将再次向广域型转换。是什么因子激发搜索行为的转换以及地域集中型搜索持续时间长短是什么因子决定的,目前均尚不清楚。如果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,则小区内的GUT变短(Charnov, 1976)。如果平均食饵捕获率可依空腹度评价,则空腹度越高GUT应该越长,一种草蛉*Chrysopa carnea*幼虫和七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* 幼虫空腹度与GUT的关系可用这个理论解释。龟纹瓢虫 *Prophlaea japonica* 成虫食饵搜索行为向地域集中型转换的激发和持续时间,既是行为生态学的理论问题,也是生物防治中龟纹瓢虫利用的实践问题,为了查明其机制特开展了本研究。

一、材料与方 法

供试的龟纹瓢虫成虫采自我院农场蚕豆地及棉田,棉蚜 *Aphis gossypii* 采自校园木槿及本院农场棉田。龟纹瓢虫采回后饲养2—3天,所有处理均在12—17时进行,雌雄成虫均分别在强(230—280lx)弱光照(15—25lx)两种情况下进行,室内温度为20.4±1.1℃。供试

* 我院植保系1982级张永熙、赵昌平同志参加部分工作。
本文于1986年7月8日收到。

龟纹瓢虫试验前均禁食48小时。

测定GUT采用Nakamuta (1982) 设计的装置。GUT本来是指捕食者在某小区摄食最后捕获的食饵后到离开该小区的时间, 实际上对小区很难严格地下个定义。本研究采用Nakamuta (1982) 简化的如图 1 所示的阴影部分表示。规定龟纹瓢虫处置捕获的最后一只棉蚜到离开阴影范围的时间为GUT。当然小区不同, GUT 绝对值不同, 但比较同一条件下的GUT相对值是不会产生误差的。

本研究进行下述三个试验。试验 1: 搜索行为向地域集中型转换的激发因子试验 a. 龟纹瓢虫和棉蚜接触。即用镊子夹住无翅棉蚜 1 头, 使其接触瓢虫的口器, 在瓢虫咬住它之前移去; b. 食饵的捕获: 和 a 同样, 待瓢虫用大颚咬住后立即将棉蚜移去, 龟纹瓢虫完全没吃到棉蚜或仅吃下被撕去的量; c. 食饵的摄食: 和 a 同样, 给予 1 头棉蚜让龟纹瓢虫完全吃下; d. 和伪食饵接触: 把琼脂块用镊子夹住使其和龟纹瓢虫口器接触, 和 a 同样然后移去。琼脂块含 2% 琼脂粉, 用小刀切成 $2 \times 2 \times 2\text{mm}^3$ 的小块。e. 摄食沾有棉蚜体液的伪食饵: 将无翅棉蚜成虫用镊子弄破后用其体液蘸在和 d 同样的琼脂块表面使龟纹瓢虫完全吃下。对照是不给予龟纹瓢虫刺激, 在装置内放 1 分钟, 然后测定它从图 1 阴影部分离去的时间。上述内容在强光照下重复 10—15 次, 弱光照下重复 20—28 次, 用秒表测定时间。试验 2, 摄食食饵的时间与 GUT 的关系: 将大小不同的棉蚜 1 头分别给龟纹瓢虫摄食, 用秒表测定自开始摄食到摄食结束的时间, 然后测定 GUT。食饵为低龄若蚜和高龄若蚜, 重复 10—16 次, 试验前用光电分析天平 (TG-328B 型) 测定蚜虫体重。试验 3, 研究摄食量及食饵大小对 GUT 的影响: 将大小不同的两头棉蚜按先食大后食小和先食小后食大两种顺序使龟纹瓢虫摄食, 测定 GUT。低龄若蚜体重为 $90\mu\text{g}$, 高龄若蚜体重为 $210\mu\text{g}$, 每种处理重复 15—20 次。

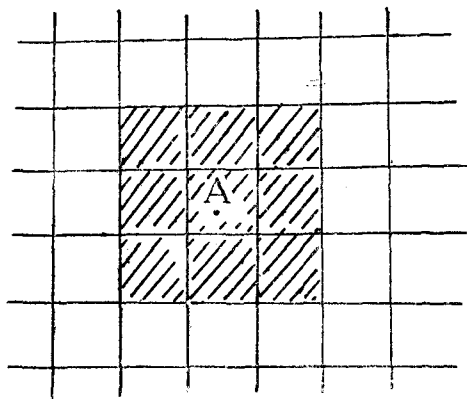


图 1 搜索食饵的范围。A: 食饵位置、阴影部分面积表示搜索食饵的范围, 每小格为 $2 \times 2\text{cm}^2$ 。

Fig. 1 Definition of the "Vicinity" of prey detection. "A" indicates the site of prey detection. Hatched area represents the "Vicinity" of prey detection. The size of each square is $2 \times 2\text{cm}$

二、结果与分析

(一) 搜索行为向地域集中型转换的激发因子试验。

将试验结果列于表 1, 雌成虫两种光照下的 GUT 值进行 t 检验, $t = 0.9373$, $t < t_{0.05}$ (2.23), 表明两种光照下的 GUT 间差异不显著。雄成虫两种光照下的 GUT t 检验的 t 值为 0.8610, $t < t_{0.05}$ (2.23), 和雌成虫情况相同。

将龟纹瓢虫成虫在强光照条件下各种刺激的 GUT 值间及其与对照进行 t 检验, 结果列于表 2, 可以看出, 雌、雄成虫五种刺激下的 GUT 值和对照之间, 差异均极显著, 表明五种刺激的任一种均可激发龟纹瓢虫成虫的搜索行为向地域集中型转换。同时又可看出, 雌雄成虫五种刺激处理中 a 与 b、a 与 c、a 与 e、b 与 c、b 与 d、c 与 d、c 与 e、d 与 e 两两之间差异均极显著, 表明刺激的程度不同, GUT 值间大小不同。从表 1 看出, 各刺激的 GUT 由大到小的顺

表 1 龟纹瓢虫成虫两种光照下五种刺激下的GUT值(单位:秒)

Table 1 Adult's giving-up time after five feeding stimuli in two kinds of day light illuminance.

刺激方式	GUT值			
	雌成虫		雄成虫	
	强光照	弱光照	强光照	弱光照
对照(ck)	2.447 ± 0.152	3.090 ± 0.497	2.300 ± 0.165	2.600 ± 0.236
a.和棉蚜接触	9.942 ± 1.040	5.890 ± 0.784	10.204 ± 1.025	4.270 ± 0.180
b.捕获棉蚜或仅取食撕去量	16.333 ± 1.168	12.130 ± 1.884	14.517 ± 1.090	9.308 ± 1.065
c.完全取食1头棉蚜	24.460 ± 1.376	22.850 ± 1.694	22.892 ± 1.366	18.860 ± 2.197
d.和琼脂块接触	10.504 ± 1.080	5.500 ± 0.473	6.190 ± 1.008	4.480 ± 0.202
e.和沾有棉蚜体液琼脂块接触	20.206 ± 1.753	15.220 ± 2.096	17.304 ± 1.249	11.500 ± 1.048

表 2 成虫强光照下各种刺激的GUT值t检验情况

Table 2 At 0.05 level, adult's giving-up time after different feeding stimuli in strong day illuminance by the Cochran-Cox's t-test.

供试虫	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	备注
雌成虫	df	19	18	18	24	18	19	19	25	19	18	24	18	24	18	24	※为差异显著; ※※为差异极显著
	t	3.577	4.407	10.909	3.213	5.341	3.154	9.427	3.464	4.276	4.015	3.958	1.040	11.567	2.686	5.329	
	t _{0.05}	2.09	2.10	2.10	2.06	2.10	2.09	2.09	2.06	2.09	2.10	2.06	2.10	2.06	2.10	2.06	
	t _{0.01}	2.86	2.88	2.88	2.80	2.88	2.86	2.86	2.79	2.86	2.88	2.80	2.88	2.80	2.88	2.80	
	差异显著性	※※	※※	※※	※※	※※	※※	※※	※※	※※	※※	※※		※※	※	※※	
雄成虫	df	19	21	24	19	18	20	23	18	18	25	20	20	23	23	18	
	t	5.270	5.634	7.357	5.706	16.491	4.174	6.278	0.737	6.411	4.121	3.878	1.380	6.185	2.963	6.024	
	t _{0.05}	2.09	2.08	2.06	2.09	2.10	2.09	2.07	2.10	2.10	2.06	2.09	2.09	2.07	2.07	2.10	
	t _{0.01}	2.86	2.83	2.80	2.86	2.88	2.86	2.81	2.88	2.88	2.79	2.85	2.85	2.81	2.81	2.79	
	差异显著性	※※	※※	※※	※※	※※	※※	※※		※※	※※	※※		※※	※※	※※	

表 3 弱光照下各种刺激的GUT值t检验情况

Table 3 At 0.05 level, adult's giving-up time after different feeding stimuli in weak day light illuminance by the Cochran-Cox's t-test.

供试虫	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
雌成虫	df	36	38	35	40	33	38	35	40	33	37	42	35	39	32	37
	t	6.953	11.091	11.281	6.566	10.669	3.950	6.409	0.361	5.078	3.466	3.585	1.850	6.347	1.929	4.831
	t _{0.05}	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02
	t _{0.01}	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70
	差异显著性	※※	※※	※※	※※	※※	※※	※※		※※	※※	※※		※※		※※
雄成虫	df	40	35	45	38	40	35	45	38	40	44	37	39	47	49	42
	t	6.793	11.054	12.265	3.553	10.083	2.513	6.346	2.384	8.217	4.254	7.541	1.584	9.053	3.906	5.305
	t _{0.05}	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02
	t _{0.01}	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70
	差异显著性	※※	※※	※※	※※	※※	※	※※	※	※※	※※	※※		※※	※※	※※

序是c>e>b>d=a。对龟纹瓢虫成虫摄食刺激程度的由大到小顺序也是c>e>b>d=a。

将龟纹瓢虫成虫在弱光照条件下各种刺激的GUT值间及其与对照进行t检验, 结果列于表3。从表3可看出, 弱光照条件的试验结果和强光照条件下的试验结果是一致的, 即五种刺激任一种都可激发龟纹瓢虫成虫搜索行为向地域集中型转换, 刺激的程度越大, GUT值越大。

(二) 摄食食饵的时间长短与GUT值大小的关系研究。

将摄食食饵时间与GUT关系的试验结果列于表4, 可看出不论是强光照还是弱光照、不

表4 龟纹瓢虫成虫在两种光照下取食1头高龄、低龄若蚜的时间与GUT的关系 (单位:秒)

Table 4 Relation between adult's feeding time of an young and old instar aphids and giving-up time in weak and strong day light illuminance.

雌成虫	弱光照下取食1头高龄若蚜	摄食时间	140	150	165	185	205	215	240	234	380	710						
		GUT	26	23	21	18	28	20	21	17	48	43						
	弱光照下取食1头低龄若蚜	摄食时间	53	55	65	90	102	140	184	191	245	270						
		GUT	8	7	10	10	10.6	14	24	19	24	36						
	强光照下取食1头高龄若蚜	摄食时间	267.2	275.4	279	289.8	290	310	293	345	387.4	303	415					
		GUT	25.8	22.4	24	24	25.2	28.4	19.2	28	27.8	27.2	33.5					
	强光照下取食1头低龄若蚜	摄食时间	54	59	65	67	96.9	118.2	120.4	127	137	142.3						
		GUT	9.4	9.9	9.4	10.9	12.1	13.4	15.6	108	12.9	15.4						
雄成虫	强光照下取食1头高龄若蚜	摄食时间	165	270	290	290	330	340	415	530	579	643						
		GUT	22	27	32	31	30	50	35	35	62	50						
	强光照下取食1头低龄若蚜	摄食时间	90	115	115	130	133	149	195	220	255	140	358					
		GUT	8	9	13	15	10	14	12	19	24	15	44					
	弱光照下取食1头高龄若蚜	摄食时间	282	282	261	307.2	304	315.4	354	351.4	367.3	435.8	605	630	637			
		GUT	23.4	23.4	21.7	26.3	23.6	25	29.8	29.4	26.3	38.5	43.4	46	48.2			
	弱光照下取食1头低龄若蚜	摄食时间	61	90	108	116.4	130	137.4	138	137	145	167	178	150	187.4	201	208	
		GUT	8	12	14.9	12.1	18.1	19.3	15.1	18.2	17.9	19.2	25.4	15.1	20.9	21.4	27.	

论雌成虫还是雄成虫, 均有摄食时间越长GUT值越大的趋势。经相关分析, 摄食时间与GUT之间, 雌成虫在弱光照下的 r 为0.9517, $P < 0.01$ (取食1头低龄若蚜), 取食1头高龄若蚜的 r 为0.7375, $P < 0.05$ 。雌成虫在强光照下取食1头低龄若蚜 r 为0.8104, $P < 0.01$, 取食1头高龄若蚜 r 为0.7284, $P < 0.05$ 。雄成虫在弱光照下取食1头低龄若蚜的 r 为0.9218, $P < 0.01$, 取食1头高龄若蚜的 r 为0.9844, $P < 0.01$; 在强光照下取食1头低龄若蚜的 r 为0.9344, $P < 0.01$, 取食1头高龄若蚜的 r 为0.7641, $P < 0.05$, 相关分析结果均表明, 龟纹瓢虫摄食食饵的时间与GUT间成正相关, 且相关显著或极显著。同时也可看出食饵越大, 摄食时间越长。

(三) 食饵大小与GUT的关系

将龟纹瓢虫成虫按食饵大小不同顺序取食后的GUT值列于表5, 对雌成虫在弱光照下按食饵不同大小顺序取食的GUT值进行t检验, $t = 2.2840$, $t > t_{0.05}(2.02)$, 表明弱光照下先食小后食大的GUT值与相反取食顺序的GUT值间差异显著。对雌成虫在强光照下两种顺序取食棉蚜后的GUT值t检验, $t = 2.1924$, $t > t_{0.05}(2.09)$ 。和强光照下的结果一致。由此可看出, 不管摄食食饵大小先后秩序如何, 总摄食量是相同的, 因此认为决定GUT值大小的因子不是摄食量, 而是食饵大小的摄食顺序, 即GUT值大小是由后一个食饵大小所决定, 后一个食饵大, GUT值则大, 反之亦然。

表 5 龟纹瓢虫成虫在两种光照下按食饵大小不同顺序取食的GUT (单位:秒)

Table 5 Adult's giving-up time in different prey order in two kinds of day light illuminance

供试虫	处理	GUT																	
雌成虫	弱光照	先食大后食小	20	18	17.5	15	12	19	9	13	10	16	15	15	13	18	25	24	20
		先食小后食大	23	18	19	18	13	10	14	17	11	38	25	13	20	35	31	38	37
	强光照	先食大后食小	12	19.8	20	14.4	25	20	12	15	13	16	18	20					
		先食小后食大	15	18.6	28	25	42	21	35	13	19	22	16	25					
雄成虫	强光照	先食大后食小	20	14	20	23	18	18	13	10	14	17	11	6	31.5	20	10	19	12
		先食小后食大	17	35	10	15	18	19	15	19.5	25	27	15	36	25	13.8	15	23	17
	弱光照	先食大后食小	10	21	14	21	9	8	18	27	11	16	21	12	8	19	19.6		
		先食小后食大	15	27.6	16.2	44	25	21	16	23	14	25	22	42	14	27.2	45.4		

对雄成虫在弱光照下两种顺序取食后的GUT值进行 t 检验, $t = 2.931$, $t > t_{0.05} (2.02)$ 。
对雄成虫在强光照下两种取食顺序后的GUT值进行 t 检验, $t = 2.919$, $t > t_{0.05} (2.06)$ 。由此
可看出, 和雌成虫不同摄食顺序试验结果一致, 即GUT值大小与总摄食量无关, 而与最后取
食的一个食饵大小有关, 同时也看出, 与光照强弱无关。

三、讨 论

中牟田潔(1985)研究七星瓢虫对桃赤蚜的搜索行为时发现, 与本研究同样的五种刺激的任一种刺激都可激发搜索行为由广域型向地域集中型转换, 本研究和中牟的结论一致。对于非瓢虫类天敌的食饵搜索行为, 不摄食食饵而只要咬住食饵就产生行为转换仅见到一种草蛉 *Chr. carnea* 幼虫的报道, 其它尚未见报道。

多数昆虫搜索食饵和交尾对手时, 进行地域集中型搜索是提高搜索效率的有效方法, 其搜索时间长短是受刺激源的情报所影响, 本研究也是如此, 五种刺激的程度大小顺序是 $a = d < b < c < c$, 其GUT的长短顺序也是 $a = d < b < c < c$, 即刺激程度越强, GUT值越大。

参 考 文 献

- Bamks, C.J. 1957 The behaviour of individual coccinellid larvae on plants. *Br. J. Anim. Behav.* 5:12—24.
Dixon, A. F. G. 1959 An experimental study of the searching behaviour of the predatory coccinellid beetle *Adalia decempunctata* (L.). *J. Anim. Ecol.* 28:259—281.
Fleschner, C. A. 1950 Studies on searching capacity of the larvae of three predators of the citrus red mite, *Hilgardia* 20:233—264.
Hassell, M.P. and R.M. May 1974 Aggregation in predators and insect parasites and its effect on stability. *J. Anim. Ecol.* 43:567—594.
Nakamuta, K. 1982 Swichover in searching behavior of the ladybeetle, *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera, Coccinellidae) caused by prey consumption. *Appl. Ent. Zool.* 17:501—506.
Nakamuta, K. 1983 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.* 18:559—561.
Nakamuta, K. 1984 Aphid body fluid stimulates feeding of a predatory ladybeetle, *Coccinella septempunctata* (Coleoptera, Coccinellidae). *Appl. Ent. Zool.* 19:123—125.
Smith, J.N.M. 1974 a The food searching behaviour of two European thrushes. I. Description and analysis of search paths. *Behaviour* 48:276—302.
Smith, J. N. M. 1974 b The food searching behaviour of two European thrushes. II. The adaptiveness of the search patterns. *Behaviour* 49:1—61.
中牟田潔 1985 ナナホシテニトウ成虫の餌探索行動. 日本応用動物昆虫学会誌 29(1): 55—60

SEARCHING BEHAVIOR OF ADULT LADY BEETLE, *PROPHLAEA JAPONICA*(COLEOPTERA: COCCINELLIDAE): —SWITCHOVER TO AREA-CONCENTRATED BEHAVIOR ELICITED AND DURATION OF GIVING-UP TIME

Zou Yunding wang Hongfa wang Yong Li wenjin

(Anhui Agricultural college, Hefei)

To identify the factor eliciting the switchover in the searching behavior of female and male adult lady beetle, *Prophlaea japonica* in 15—25 lux and 230—280 lux day light illumination strength, the duration of area-concentrated search (G-UT: giving-up time) was determined by the method described by NAKAMUTA (1982) after each of the following five feeding stimuli was provided: a) contact with an apid (*Aphis gossypii*); b) biting an apid (an aphid was immediately removed after the beetle bit the prey); c) consumption of an aphid; d) contact with an agar block (ca. $2 \times 2 \times 2\text{mm}^3$); e) consumption of an agar block with a drop-let of aphid body fluid on it. Switch over in searching behavior in two kinds of day light illuminance was observed in every case. It is suggested that each stimulus to male and female adult lady beetle brings about the switchover in searching behavior. On the other hand, the GUT changes hinging on different stimulus types ($a \approx d < b < e < c$).

Comparing the respective GUT of the male and female adult lady beetle, the sequence in one condition is not positively distinguished with the other. The GUT of adult lady has liner correlation with the feeding time.

To explore the GUT controlled by the amount or the size of the prey consumed, two kinds of programmes in the same amount of aphid, at first, lady beetle fed on a small, continuously a large aphids; and at first large, continuously a small aphid, were applied to lady beetle. And the GUT was measured. The GUT of latter programme sequence is longer than the former. So the GUT is determined by the final prey consumed.