

食料对于七星瓢虫取食和生殖的影响*

陈志辉 陈娥英 严福顺

(中国科学院动物研究所)

七星瓢虫 (*Coccinella septempunctata*) 是蚜虫的重要天敌。1970年以来,在我国北方棉区大面积利用七星瓢虫防治棉蚜已取得优良成绩。为了确保瓢虫的来源以满足治蚜在时间和数量上的要求,需要研究代饲料来维持越冬瓢虫的种群或进行人工繁殖。我们在1975年冬开始瓢虫代饲料的研究,证明以鲜猪肝、蜂蜜等配制的饲料能使成虫存活并产卵(动物所昆虫生理室,1977;动物所昆虫生理室等,1977)。我们注意到不同食料对成虫体重和产卵量均有明显影响;并认为取食量是一个主要问题,要提高以代饲料饲养瓢虫的工作,须先设法增加瓢虫对代饲料的取食量。

七星瓢虫的食性和营养虽是一个重要问题,但一直未被人们充分研究过。有关它的摄食速率和食料利用率,特别对营养效应不同的食料适应性报道极少。七星瓢虫虽能借蚜虫以外的物质存活和产卵,但鉴于食物被消化、吸收和转化的效率非但与满足消耗能量的需要有关联,而且也可因营养成分的平衡程度不同而有变化,故有进一步研究的必要。鲜猪肝与蜂蜜为基础的代饲料虽有一定的优点,但和取食蚜虫时相比产卵率和产卵量仍相差很大。为了查明七星瓢虫取食代饲料时产卵量少,产卵率低的原因,本项工作对它取食不同食料时的取食量和利用率进行测定,并观察了当取食量不同时体重和产卵量的变化。

材料和方法

七星瓢虫是1977年5月中旬采自河南安阳郊区油菜地的蛹在室内羽化的成虫。选取在同一天羽化的、体重在25—35毫克之间的成虫作为测定材料。试验分为喂食蚜虫和喂食代饲料两部分。

一、喂食蚜虫部分 所用蚜虫主要为生长在油菜上的桃蚜 (*Myzus persicae*) 和棉蚜 (*Aphis gossypii*)。取食量和食物转化率以重量法进行测定。成虫称重后雌雄配对,以足量蚜虫饲养在体积为500毫升的玻璃缸中。测定时取出雌虫,各放入垫白纸(重量已知)的 9.5×1.5 厘米的培养皿中。每个培养皿放入约80—100毫克蚜虫以供取食。每次食量测定时间为24小时。测定从成虫羽化后第一天开始,每隔两天进行一次,共测8次。每次测定完毕,将雌虫分别放回有原配雄虫的玻璃缸内饲养观察产卵。每次测定记录培养皿中的纸重和蚜虫的重量。经24小时后仔细分开剩余的蚜虫和瓢虫的粪便,并记录剩余蚜

本文于1978年10月收到。

* 本项工作承钦俊德、翟启慧同志指导并审阅文稿。工作中曾得到河南省安阳县农业局生防站的大力支持。特此致谢。

虫及带有粪便的纸重量。每次所测得的每一雌虫在 24 小时后的取食量,都以对照组因失水的“自然损耗”进行校正。校正时采用如下公式:

$$\text{校正取食量} = W - \left(L + \frac{aw + bL}{2} \right)$$

W = 试验开始时放入蚜虫重量

L = 试验结束时未吃完的剩余蚜虫重量

$$a = \frac{\text{对照组蚜虫最初重量} - \text{对照组蚜虫最后重量}}{\text{对照组蚜虫最初重量}}$$

$$b = \frac{\text{对照组蚜虫最初重量} - \text{对照组蚜虫最后重量}}{\text{对照组蚜虫最后重量}}$$

由这个公式计算出的数值与 Waldbauer (1968) 的食物校正公式所得值一致。

瓢虫取食蚜虫时食物转化为身体成分的效率如下:

$$\text{食物转化效率} = \frac{\text{身体增重}}{\text{取食量}} \times 100$$

对于食物的利用率系用如下公式计算而得:

$$\text{食物利用率} = \left(1 - \frac{\text{排泄粪便重量}}{\text{取食量}} \right) \times 100$$

二、喂食代饲料部分 所用代饲料系由鲜猪肝和蜂蜜按重量 5:1 用组织捣碎机匀浆。喂代饲料的瓢虫取食量和食物转化效率的测定采用氧化铬法 (McGinnis 等 1964)。此法是以氧化铬粉末加在代饲料中作为指示物(此成分无毒,无感觉刺激作用,不为瓢虫肠道所吸收)。配制成含 3.85% 的氧化铬代饲料供瓢虫取食,收集它的粪便加高氯酸、硫酸消化,随后加二苯卡巴肼进行比色。对照标准曲线,通过食物和粪便中氧化铬的浓度算出瓢虫对代饲料的取食量和食物转化率。

试验瓢虫分为雌雄配对饲养和孤雌饲养两组。分别放入垫着定性滤纸的 9.5×1.5 厘米的培养皿中饲养。每培养皿中放一盛有含氧化铬代饲料的蜡盘,在代饲料上盖一糯米纸以防沾污瓢虫并减少水分蒸发。另放入一盛湿棉球的小皿以供瓢虫饮水并保持湿度。食量测定从成虫羽化后第一天开始连续进行一个月左右。每天更换新鲜的含氧化铬饲料,每 2 天更换一次带氧化铬粪便的滤纸,并保存在干燥器内。每次更换滤纸时称取放入的和取出的滤纸重量。

喂食含有氧化铬代饲料瓢虫的取食量系用下式计算获得:

$$\text{取食量} = \frac{\text{粪便中氧化铬浓度}}{\text{代饲料中氧化铬浓度}} \times \text{粪便重量}$$

$$\text{或 取食量} = \frac{\text{粪便中所含氧化铬总量}}{\text{代饲料中氧化铬浓度}}$$

以上测定的瓢虫均饲养于 24 小时光照,平均温度为 27°C ,相对湿度在 70% 的条件下。

试 验 结 果

一、取食蚜虫和取食代饲料时的食量差异

采集春天野外的七星瓢虫成虫,解剖观察其消化道内含物,几乎纯以蚜虫为食。取食代饲料时由于食物性质的改变,对取食行为和取食量均有影响;取食蚜虫时的咀嚼动作改变为吮吸液汁的动作。食物的化学刺激和取食蚜虫时也不同。表 1 列出成虫羽化后取食蚜虫和取食代饲料经一定时间的取食指数(一定时间内单位体重的食量)和平均取食量。结果表明取食蚜虫时的取食指数和日平均取食量都为取食代饲料组的五倍多(图 1)。图 1 可见以蚜虫为食羽化后第 4 天即达取食高峰,每虫每天取食蚜虫的重量相当于它的体

表 1 七星瓢虫成虫取食蚜虫与代饲料时食量的比较

食料	测定时间	试虫性别	测试虫数(头)	取食指数*	日平均食量(毫克/头)	每日取食量范围(毫克/头)	
						最高	最低
蚜虫	羽化后第一天;以后每隔两天测定一次。共测 8 次	♀	13	62.15	20.08	39.27	8.51
代饲料	羽化后每隔两天测定一次,共 16 次	♀	10	10.68	3.55	8.44	1.28
代饲料	羽化后每隔两天测定一次,共 15 次	♀♂	♀11+♂11	—	7.31	13.65	3.18

$$* \text{取食指数} = \frac{\text{取食量}}{\text{羽化体重}} \times 100$$

重;以后 4—5 天里食量下降,然后再回升至 20 毫克上下波动。以代饲料为食时则不论孤雌饲养或雌雄配对饲养,取食量都比取食蚜虫时低得多,看不出有盛食的高峰,一般开始饲养时取食量较低,以后稍有增加,可能显示对代饲料的适应过程。这也说明为什么取食蚜虫组在羽化后十天左右当取食量回升时即产卵,而取食代饲料组常需在二十天左右取

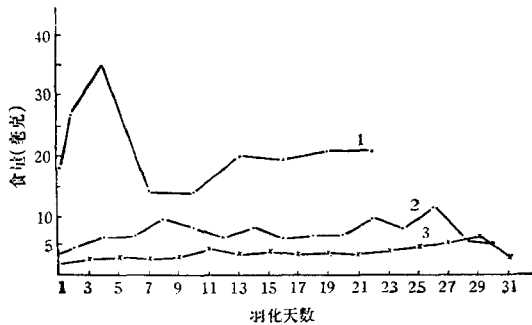


图 1 瓢虫取食蚜虫与代饲料时取食量的变化

1. 配对♀虫取食蚜虫每头每天平均取食量
2. ♀♂配对取食代饲料共同每天平均取食量
3. 孤♀取食代饲料每头每天平均取食量

食量增高到一定程度方能产卵。孤雌和雌、雄成对的个体对代饲料取食量的结果大体相同,说明交配活动对取食量影响不大。雌、雄个体的取食量差异不十分显著。

二、取食量对雌虫体重的影响

1. 食蚜时的体重变化

昆虫取食后食物在消化道被消化、吸收,一部分被产生能量所消耗,另一部分组成体内成分,使体重增加。所以取食量常和体重密切相关,凡嗜食和营养成分充足时体重增长快,反之则慢,并可因食物被摄取和吸收的份量不足以补偿能量消耗而出现体重下降。我们在测定雌虫取食量的同时,每隔五天称量一次体重(见图2)。图中看出以蚜虫为食的雌虫在羽化后20天内体重随着取食的天数而增加,程度因食量的大小而不同。每天平均取食12.01毫克(10.0—17.0毫克)的个体在二十天后体重增加15.3毫克;取食20.28毫克(17.5—26.0毫克)的体重增加17.7毫克;取食27.05毫克(27.0—29.5毫克)的体重增

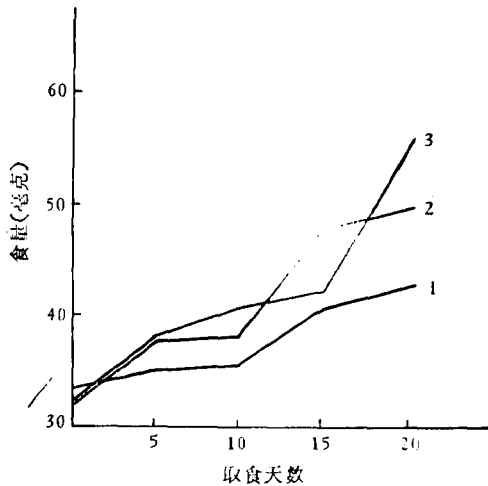


图2 配对雌虫取食蚜虫的不同食量平均体重变化

1. 日平均每天取食量 12.01 毫克
2. 日平均每天取食量 20.28 毫克
3. 日平均每天取食量 27.05 毫克

加27.6毫克。体重增加的百分率相应为38.7%、60.8%、80.9%。在试验过程中见到雌虫产卵,因食物供应充足、取食量大——产卵量亦大,但产卵对体重的影响不明显。

2. 取食代饲料时的体重变化

图3表示孤雌饲养和配对饲养的雌虫取食代饲料时食量对体重的影响。孤雌饲养初期体重出现下降,其程度和持续时间因取食量的大小而异。随着饲养天数的增加,体重不断上升。配对的雌虫取食代饲料时不论取食量大小,在取食初期没有出现体重下降的现象,特别是取食量较大的个体。

三、取食量对雌虫产卵的影响

瓢虫的产卵主要决定于营养条件,食料适宜充足时,保证了卵巢发育良好,产卵量高。

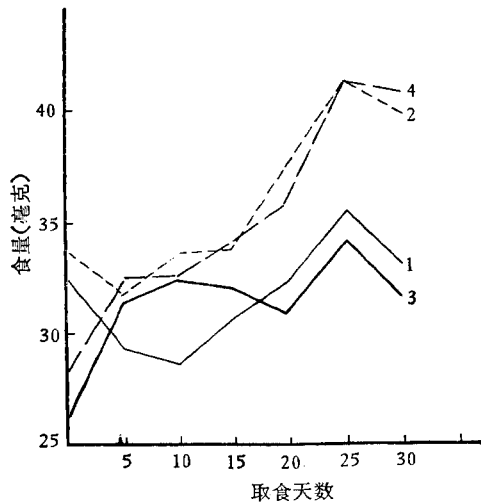


图3 孤雌和配对雌虫取食代饲料时食量对体重的影响

1. 孤雌瓢虫日平均取食量为 2.28 毫克
2. 孤雌瓢虫日平均取食量为 4.10 毫克
3. 配对雌瓢日平均取食量为 2.23 毫克
4. 配对雌瓢日平均取食量为 4.13 毫克

表2 配对雌虫取食蚜虫时食量与产卵量的关系

测试虫数(头)	3	4	2	4
日平均取食量(毫克)	12.01	17.83	22.73	27.05
食量级别(毫克)	I (10.0—15.0)	II (15.1—20.0)	III (20.1—25.0)	IV (25.1—30.0)
取食量指数	36.02	55.49	72.76	83.12
雌虫平均产卵量(粒)	282.7	477.8	952.5	1182.0
雌虫产卵前期(天)	11.1		8.8	

表2比较了不同食蚜量与产卵的关系,所测定的13头雌虫按照取食量的不同范围分成四级。结果表明雌虫食蚜量与产卵量有明显的相关性:食量愈大产卵也愈多。当每日平均食量在20毫克以下时增加食量对提高产卵的效果明显,如日平均取食量每增加约5毫克时,产卵量增加接近一倍。但当日平均食量在20毫克以上时如取食量有类似的增加,则产卵量只增加约四分之一,这可能是产卵量增加到一定程度后由于卵巢管数目的限制,不能再大幅度增加了。表中的结果还表明食量大的雌虫产卵前期短,产卵次数多、卵块大、产卵间隔短。可见雌虫取食量的大小不但影响产卵量的高低,也影响卵的成熟过程。瓢虫的取食和产卵显示出这种相关性,有其复杂的生理、生态基础,食物丰富时产卵多,后代有了较好的生存条件,这种反馈作用是长期适应环境的结果,对于保持种群的繁荣关系极大。了解瓢虫取食对生殖的这种影响和特点,为进一步人为的提高产卵量提供了可能性。

表3表明取食代饲料的配对瓢虫取食量与产卵量的关系,取食代饲料时食量一般较低,只要食量稍有增加,产卵量便成倍增加。与取食蚜虫者相比,产卵前期延长,产卵率和

产卵量均低,产卵间隔很长,这可能是积累缓慢、产卵受到内分泌抑制的缘故。

表 3 配对瓢虫取食代饲料时取食量与产卵量的关系

测试虫数(头)	3	4	3
日平均取食量(毫克)	4.46	7.46	9.06
食量级别(毫克)	3.00—6.00	6.10—8.00	8.10—10.50
雌虫产卵量(粒)	0.33	10.0	49.7

四、取食蚜虫或代饲料后的转化效率和食物利用率

瓢虫取食蚜虫或代饲料后食物转化效率是食物利用的一个重要指标,不同食物被消化、吸收的程度不同,被消化吸收的食物转化为身体的组成或能量的比例等也不同。这个指标在取食蚜虫和取食代饲料时不同,显示这两种食物营养效果不同。从表 4 可以看出以蚜虫为食时转化效率较高,但在不同个体中和不同天数有较大的变化。以代饲料为食时转化效率平均要低得多,可能是因消化吸收不及以蚜虫为食时好,但更可能是因取食量低,被消化和吸收的这一部分食物的绝对量小,由于瓢虫照常活动,代谢强度未减弱,用来产生能量而又被消耗的部分占了被消化吸收的食物的较大比例,故显示出来的转化率较低。对消化吸收的不同,也即对食物的利用率不同。取食蚜虫的瓢虫,对食物的利用率随

表 4 食物在瓢虫体内的转化效率

食物种类	瓢虫羽化后天数	转 化 效 率 (%)							平 均
		不同个体的数值							
蚜 虫	15天以前	14.0	17.0	12.7	8.4	11.6	16.7	14.6	12.9
		17.9	10.5	13.2	9.0	14.3			
代 饲 料	25 天	6.0	12.9	7.6	7.7	4.4			7.0
		9.0	12.8	4.3	9.2	6.1			
代 饲 料	30 天	4.5	7.6	5.2	0.5	2.9			3.9
		6.1	6.9	0.9	0.4	5.2			

表 5 瓢虫取食蚜虫时的食物利用率*

羽化后天数	1—4 天	17—20天	23—26 天
食物利用率(%)	84.3	81.3	63.1

* 测定虫数: 13 头

着羽化后天数的不同而有差异,在产卵盛期之后有所下降(表 5)。每日平均取食 27 毫克蚜虫的瓢虫其食物利用率为 81.6%;而每日平均取得 12 毫克者,其食物利用率为 73.2%,这一测定结果受何种因素影响,尚有待研讨。取食代饲料的瓢虫因取食量较低,排泄在纸上的粪便量少,并且易于失水干燥,故对此数值难于准确测定。但一般比以蚜虫为食时小。这一问题值得进一步研究。

讨 论

七星瓢虫取食蚜虫和取食代饲料在取食量和取食行为方面都显示有明显的差异。取食蚜虫时食量大,成虫羽化后在取食初期有明显的盛食期,食蚜量占总食量的 30% 左右。这种现象在越冬后开始取食繁殖的七星瓢虫中也曾观察到 (Ragnhild A. Sundby 1968)。瓢虫取食代饲料时前期的取食量低,后期增高,显示了对食物有明显的适应过程。但每头雌虫每天的平均取食量一般仅为食蚜量的五分之一左右。试验的结果证明: 无论此种瓢虫取食蚜虫还是取食代饲料,食量都与体重和产卵量呈明显的相关性。体重和产卵量增加的程度因食量的大小而异,后者非但影响雌虫体内营养物质积累的多少,同时也影响卵巢的发育和卵的形成,进而影响产卵量的高低和繁殖速度。我们从食量测试中见到取食代饲料的雌虫产卵前期延长,产卵量和产卵率均低。其原因显然是因食量小,体内营养物质积累缓慢,需要较长时间才能使一部分卵巢管的卵发育成熟。另一方面由于瓢虫取食代饲料时由食物所产生的化学感觉刺激和消化道不同膨胀程度所造成的刺激与取食蚜虫时不同,从而影响脑神经分泌细胞和咽侧体的内分泌活动,最后影响体内营养物质的动用和卵巢的发育(北京动物研究所昆虫生理室, 1977)。

从我们的试验还可见到,不论以蚜虫还是以代饲料为食的瓢虫,其体重和产卵量在一定范围内随食量的增加而提高,但不一定按比例增加。瓢虫营养和生殖之间的关系特点对人工大量繁殖瓢虫时很有参考意义,因它能指示最为经济有效的每天给食范围,并提出人工点滴保幼激素类似物的可能性。

瓢虫取食不同食料后其营养成分在体内被消化、吸收和转变的效率决定食料的营养效果,在人工大量繁殖瓢虫时也很有参考价值。从我们以桃蚜和棉蚜饲养七星瓢虫的初步测定来看,此数值 (12.9%) 小于瓢虫 *Coleomegilla maculata* 和 *Anatis mali* 分别以豌豆蚜 *Acyrtosiphou pisum* 和 *Rhopalosiphou insetum* 为食时的 20% 和 25% (Smith, 1962, 见 Rockstein, 1965)。但其食物利用率则与 *Anatis mali* 取食这两种蚜虫时 (80% 左右) 颇相接近。

我们研究的目的是,在于要寻找以价廉易得的自然物质作为原料,配制人工饲料代替蚜虫来饲养七星瓢虫,以满足虫源的需要。猪肝加蜂蜜初步可饲养成虫产卵和幼虫发育成熟,但对于影响摄食速率和食物利用率的很多因素有待今后进一步研究。

参 考 文 献

- 北京动物研究所昆虫生理研究室 1977, 七星和异色瓢虫人工饲养和繁殖的试验初报。昆虫知识 14(2):58—60。
 北京动物研究所昆虫生理研究室等 1977 七星瓢虫成虫代饲料的研究。昆虫学报 20 (3): 243—52。
 McGinnis A. J. et al. 1964 Colorimetric analysis of Chromic oxide used to study food utilization by Phytophagous insects. *Agric. Food. Chem.* 12(3): 259—62。
 McGinnis A. J. et al. 1964 Comparison of gravimetric and chromic oxide methods for measuring percentage utilization and consumption of food by Phytophagous insects. *J. Ins. Physiol.* 10: 989—995。
 Ragnhild A. Sundby 1968 Some factors influencing the reproduction and longevity of *Coccinella septempunctata* Linnaeus [Coleoptera: Coccinellidae], *Entomophaga* 13(3): 197—202。
 Waldbauer G. P. 1968 The consumption and utilization of food by insect. *Adv. Ins. Physiol.* 5: 229—288。

EFFECTS OF DIETS ON THE FEEDING AND REPRODUCTION OF *COCCINELLA SEPTEMPUNCTATA* L.

CHEN ZHI-HUI CHEN E-YING YAN FU-SHUN

(*Institute of Zoology, Academia Sinica*)

Food specificity and nutrition of entomophagous insects form an important area in entomological research. Their voracity and food utilization, together with the specialities in dietary requirements and reproductive activities would give the indispensable knowledge in the task of augmentation of natural enemies to control insect pests. The present work deals with the influence of different diets on the feeding and fecundity of *Coccinella septempunctata* L. on a quantitative basis.

Our results show that the adults of this species display a marked difference in food ingestion when feeding on aphide or on artificial diet composed of fresh porcine liver homogenate and honey (in 5:1 w/w). When feeding on aphids each female would consume 20 mg of food daily and a peak of ingestion appeared about 3—5 days after adult emergence, which amounted to 30% of the total food ingested in a rearing period of 22 days. When feeding on the artificial diet, food intake was low in the early stage and would increase in the latter dates. This phenomenon perhaps shows the adaptive course which is usually followed when an insect is feeding on a suboptimal diet. The artificial diet consumed by a female beetle in 24 hours weighed only about one-fifth of the aphids consumed during the same duration.

Food intake was closely related to the changes in body weight and fecundity and the quality of diets had conspicuous influence on the ovarian development and thus the fecundity of the beetle. When feeding on the artificial diet, the preovipositional period of the female beetle was prolonged and the percentage of ovipositing individuals and the number of eggs laid were low, due to the smaller food intake and the slow accumulation of reserve materials in the fat body. Our results also show a difference in the efficiency of food utilization and food conversion when different diets are used in the rearing work.