

成虫取食对棉铃虫雌蛾繁殖的影响

侯茂林* 盛承发

(中国科学院动物研究所, 北京 100080)

摘要 试验对雌蛾设置 5 个食物处理, 定量地研究了成虫取食对棉铃虫雌蛾繁殖和寿命的影响。成虫取食对雌蛾寿命和产卵量均有显著影响, 补充营养延长雌蛾寿命、提高产卵量, 并且补充营养对产卵量的影响比其对寿命的影响更大。分析表明补充营养的作用在于提高雌蛾后期的存活率和产卵量, 前期补充营养比后期补充营养具有更大的作用。雌蛾体重及其腹部干重受成虫食物和雌蛾日龄的双重影响。补充营养时雌蛾体重、腹部干重及其脂肪含量下降慢。补充营养可能是棉铃虫种群生态学中的一个重要因素, 前期补充营养的作用尤为突出。

关键词 棉铃虫, 补充营养, 繁殖, 脂肪代谢, 体重维持

Effects of adult feeding on reproduction of the cotton bollworm female moth

HOU Mao-Lin, SHENG Cheng-Fa (Institute of Zoology, Academia Sinica, Beijing 100080, China)

Abstract Effects of adult feeding on longevity and fecundity of the female *Helicoverpa armigera* (Hübner) were investigated quantitatively. Adult feeding had significant influence on both longevity and fecundity of cotton bollworm females. Females with supplementary food lived longer and deposited more eggs. With deterioration of adult food, fecundity was affected more than longevity. It is suggested that effects of supplementary food achieved by increasing female surviving and egg deposition during later stage, and food supplied during the early stage exerts greater effect than food supplied during later stage. Both adult food and female age significantly affected female fresh weight and dry weight of abdomens. Female fresh weight, dry weight and fat content of abdomens decreased less when the females were provided with supplementary food. Adult feeding may be an important factor in population ecology of the cotton bollworm, feeding during the early stage has an especially important role in female fitness.

Key words *Helicoverpa armigera*, adult feeding, reproduction, weight maintenance, fat consumption

文章编号: 1000-093X(2000)04-0177-07 中图分类号: Q968.1 文献标识码: A

成虫取食对多数昆虫, 特别是鳞翅目昆虫的繁殖具有重要作用^[1]。成虫取食的碳水化合物可转变成糖元, 成为卵黄的组成部分, 糖元亦可储存在脂肪体中, 通过水解而被利用^[2,3]; 同时, 成虫取食还有利于成虫个体体重的维持, 并提供代谢能量, 而不用消耗供卵发生所需的资源^[4]; 成虫食物中的微量维生素和矿物质影响某些鳞翅目昆虫的总卵量^[5,6]。

棉铃虫雌蛾羽化时, 卵细胞处于未成熟阶段^[7], 而且成虫大量取食植物的花蜜或蜜露^[8~10], 有关研究结果^[8,10~13]表明成虫取食对棉铃虫雌蛾的繁殖适合度有显著影响。但是这些试验设置的成虫食物处理较少, 并且没有考虑补充营养的时间动态对雌蛾繁殖力的影响; 另一方面, 成虫取食对雌蛾体重和能量代谢也有影响。Willers 等^[13]对烟芽夜蛾 (*Heliothis virescens*) 的研究表明, 补充营养对维持雌蛾飞行能力及能量代谢水

基金项目: 中国科学院“九五”特别支持项目(K 295T-07)

收稿日期: 1998-09-16, 修订日期: 1999-08-06

* 现在中国农科院生物防治研究所工作, 北京 100081

作者简介: 侯茂林(1968~), 男, 湖南郴州人, 博士。主要从事生物防治方面的研究工作。

平具有重要作用。吴坤君等^[14]报道无补充营养时,棉铃虫成虫最初 3d 基本上能维持正常的代谢水平,但从第 4 天起代谢速率持续下降,到后期代谢速率只有补充营养成虫的 50%。本试验设置 5 个食物处理,就成虫取食对棉铃虫雌蛾的寿命、产卵量、体重维持和脂肪消耗进行报道。

1 材料与方法

1.1 棉铃虫饲养及试验处理

本试验所用棉铃虫系采自棉田的越冬蛹经室内饲养后的第 2 代。幼虫用麦芽饲料^[15]饲养。羽化后雄蛾喂以 10% 的蜂蜜溶液,雌蛾设置 5 个食物处理,即 1) 整个寿命期内喂以 10% 蜂蜜溶液(HH 组) 2) 整个寿命期内喂以清水(WW 组) 3) 前 3d 喂以清水,随后喂以 10% 蜂蜜溶液(WH 组) 4) 前 3d 喂以 10% 蜂蜜溶液,随后喂以清水(HW 组) 5) 整个寿命期内不喂食物(NO 组)。试验在室内自然温度、湿度和光周期条件下进行,日平均温度为 $28.0 \pm 2.2^{\circ}\text{C}$,日平均相对湿度为 $78.3\% \pm 5.4\%$,光周期为 L:D \approx 15h:9h。

1.2 雌蛾寿命及产卵量

雌蛾羽化后第 2 天上午,按雌:雄 = 1:1.5~2 的比例将其与 2~4 日龄雄蛾配对,各组雌蛾配对数为 20~35 头左右。24h 后,将雌蛾放入 240ml 塑料杯中。杯内供给食物及供产卵的黄色皱纹纸(4cm \times 6cm)。之后,每天上午更换塑料杯,计数卵量,直至雌蛾死亡。雌蛾死亡后,解剖检查精包数,未交配雌蛾不计入最后分析。用方差分析^[16]检验食物处理对雌蛾寿命和产卵量的影响显著性,用 Duncan 检验法^[16]比较各组雌蛾寿命和产卵量的差异程度。

1.3 雌蛾体重及脂肪测定

雌蛾羽化后第 1 天和第 2、4、6、8、10 天早上,用电子天平(Shangping MD 110-2 型)称量配对雌蛾的体重,同时将 4 头刚羽化雌蛾、HH 和 WW 组已交配(第 2 天除外)雌蛾烘干,称量雌蛾腹部干重,保存腹部用于测定脂肪含量。雌蛾腹部脂肪含量采用残余法测定^[17]。食物处理对雌蛾体重的影响显著性和各组雌蛾体重的差异程度分别采用方差分析和 Duncan 检验法^[16]检验。

2 结果与分析

2.1 寿命和产卵量

喂以不同食物时,雌蛾寿命和产卵量均表现出较大差异(表 1)。成虫食物对雌蛾寿命有显著影响(ANOVA, $F_{4,43} = 3.80$, $p = 0.01$)。HH、HW、WH 组雌蛾寿命彼此之间差异不显著,但三者均显著大于 WW 和 NO 组,后两者之间也没有差异。HH 组雌蛾寿命比 WW 组长 39.7%,WW 组比 NO 组长 26.0%。各组雌蛾的存活状况如图 1 所示。补充营养时,雌蛾后期存活率明显提高。

表 1 喂以不同食物时棉铃虫雌蛾的产卵量和寿命

Table 1 Longevity and fecundity of cotton bollworm females when fed with different foods

	雌蛾食物处理 Food treatments of female moth				
	HH	WW	WH	HW	NO
寿命(d) Longevity	8.8 \pm 3.2a	6.3 \pm 1.3b	6.8 \pm 2.4a	7.0 \pm 1.1a	5.0 \pm 1.2b
产卵量 Eggs laid	1311.5 \pm 541.7a	587.0 \pm 241.5b	532.3 \pm 194.9b	826.8 \pm 207.1b	201.6 \pm 19.4c

注:各行数值后字母相同表示差异不显著($p \geq 0.05$)。Values in the same row followed by the same letter are not significantly different ($p \geq 0.05$)。HH = 10% honey solution throughout lifespan, WW = water throughout lifespan, WH = water for the first 4 days and then 10% honey solution, HW = 10% honey solution for the first 4 days and then water, NO = nothing throughout lifespan. The same applies to Fig. 1 to Fig. 5.

补充营养对雌蛾产卵量有极显著的影响(ANOVA, $F_{4,41} = 3.80$, $P = 0.001$)。HH 组雌蛾产卵量最大,极显著高于其余 4 组($p < 0.01$)。HW、WW、WH 组彼此之间没有差异,但都显著高于 NO 组(表 1)。HH 组雌蛾产卵量比 WW 组高 123.4%,WW 组比 NO 组高 191.1%。可见,与雌蛾寿命相比,食物质量对产卵量的影响更大。

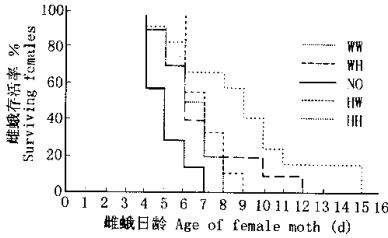


图1 喂以不同食物时棉铃虫雌蛾存活状况
Fig.1 Surviveship of cotton bollworm (CBW) females when fed with different foods

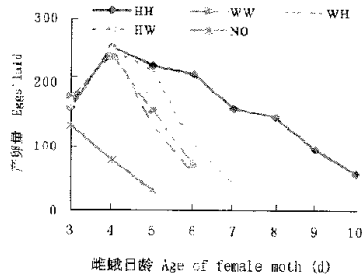


图2 喂以不同食物雌蛾的产卵曲线(存活产卵雌蛾的平均值, $n \geq 4$)
Fig.2 Oviposition curve of CBW females under different food regimes values are averaged for all surviving ovipositing females, $n \geq 4$

2.2 日产卵量

图2是5组雌蛾的产卵曲线。雌蛾交配后第1天开始大量产卵,第2天时NO组产卵量就开始大幅度下降,其余4组产卵量最高,WW和WH组从第3天开始产卵量下降幅度增大,第4天产卵量显著低于HH组。比较各级雌蛾的产卵曲线可知,补充营养的作用在于延长产卵期和提高雌蛾后期的产卵量。

2.3 体重维持

双因素方差分析表明补充营养对雌蛾体重有显著影响($F_{1,8} = 121.6, p = 0.001$),HH组显著高于WW组;同时雌蛾日龄对雌蛾体重也有显著影响($F_{2,16} = 5.4, p = 0.016$)。6日龄雌蛾体重显著低于2、4日龄雌蛾体重(Duncan多重比较, $p < 0.05$,下同)(图3)。同样,补充营养和雌蛾日龄对雌蛾腹部干重均有显著影响(双因素方差分析, $F_{1,3} = 11.0, p = 0.045; F_{2,6} = 10.4, p = 0.013$)(图4),与雌蛾体重不同的是4、6日龄雌蛾腹部干重均显著小于2日龄的。补充营养和雌蛾日龄的交互作用对雌蛾体重及其腹部干重均没有显著影响。

2.4 脂肪消耗

刚羽化雌蛾腹部脂肪干重百分比为29.8%,HH组和WW组雌蛾腹部脂肪含量如图5所示。HH组雌蛾到第4天时脂肪含量下降很小,比刚羽化时仅降低3.4%,第4天到第6天下降最快,而第8天脂肪含量比第6天还略有升高。WW组雌蛾脂肪含量从第2天到第6天呈直线下降。相同日龄雌蛾的脂肪含量HH组高于WW组。

3 讨论

Boggs^[1]认为鳞翅目昆虫成虫取食习性和卵成熟时序决定了成虫补充营养对卵发生和产卵的作用大小。雌蛾羽化时卵细胞均未成熟,而且雌蛾取食花蜜或花粉时,成虫补充营养的作用会较大。本试验结果与Boggs^[1]提出的理论模型相吻合。

3.1 寿命和产卵

雌蛾取食蜂蜜溶液时,其寿命和产卵量均比取食清水时高(表1),提高幅度分别为39.7%和123.4%,存活率曲线和产卵曲线明显向后延伸(图1、图2);取食清水时雌蛾的寿命和产卵量又比不供给任何食物时高,提高幅度分别为26.8%和191.1%。这与Miller^[3]报道的云杉卷叶蛾(*Choristoneura fumiferana*)的结果相似。他发现卵细胞成熟的速率随是否取食和取食的食物而异,取食蜂蜜溶液时成熟速率最大。吴孔明、郭予元^[18]、Colvin and Gatehouse^[12]也发现补充营养时,棉铃虫雌蛾卵巢发育快。本试验中取食清水时雌蛾寿命和产卵量比不供给任何食物时高,可能是取食的水分有利于储存脂肪的水解,从而使储存营养得到比较充分的利用。其它鳞翅目昆虫的产卵量在供给水时也比不供给

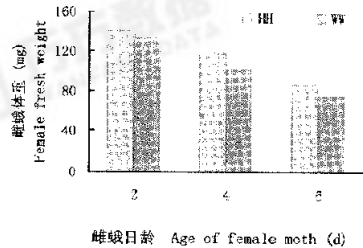


图3 喂以10%蜂蜜溶液和清水时棉铃虫雌蛾的体重(存活雌蛾的平均值, $n \geq 5$)
Fig.3 Weight of CBW females when fed with 10% honey solution or water values are averaged for all surviving females, $n \geq 5$

任何食物时要高^[2,3,5]。补充营养时寿命和产卵量进一步提高可能是两个方面作用的结果:一是储存营养物的充分利用,二是取食的糖直接或转化为脂肪后间接用于卵细胞。另外,虽然 HW 组和 WH 组雌蛾寿命或产卵量之间差异不显著,但 HW 组的寿命和产卵量均高于 WH 组,这表明前期补充营养比后期补充营养对雌蛾的繁殖适合度影响更大。

从日产卵量看,交配后前 3d WW 组与 HH 组的产卵量之间没有差异,到第 4 天时 WW、WH 组产卵量均显著低于 HH 组,而 HW 组和 HH 组之间没有差异,这可能与产卵前期主要利用幼期储存脂肪而后期加大利用取食的碳水化合物作为卵细胞发育的能量底物有关,另一方面这进一步说明前期补充营养比后期补充营养对产卵量的影响更大。同时,结果也表明存在食物胁迫时,雌蛾减少繁殖以维持寿命,这与 Boggs^[19]研究一种蝴蝶(*Speyeria mormonia*)时发现的结果类似。

3.2 体重维持和脂肪消耗

补充营养对雌蛾体重和腹部干重有显著影响,但补充营养和无补充营养的雌蛾体重均随日龄增长而显著降低,不过补充营养的雌蛾体重下降较慢。有趣的是无论补充营养与否,雌蛾体重的第 6 天才显著降低,而腹部干重在第 4 天就显著下降了。这与雌蛾取食了较多水分和大量产卵而消耗脂肪有关。图 2、图 3、图 5 的比较表明,雌蛾体重及脂肪含量的变化与产卵动态有关,大量产卵时体重及脂肪含量随着大幅度下降,补充营养能在一定程度上延缓和减小下降的幅度。

本试验中,雌蛾是在 240ml 的塑料杯中饲养,因而基本上没有飞行活动,飞行活动不但影响雌蛾的水分平衡^[2],而且要消耗大量的储存营养物质^[13,14],因此本试验中测定的各组雌蛾繁殖指标之间的差异比田间的实际差异可能要小。

参考文献

[1] Boggs C L. Reproductive strategies of female butterflies: variation in and constraints on fecundity. *Ecol. Entomol.*, 1986, **11**: 7 ~ 15.

[2] Murphy D D, Alan E Launer and Paul R Ehrlich. Role of adult feeding in egg production and population dynamics of the checkerspot butterfly *Euphydryas editha*. *Oecologia*, 1983, **56**: 257 ~ 263.

[3] Miller W E. Spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) role of adult imbibing in reproduction. *Environ. Entomol.*, 1987, **16**: 1291 ~ 1295.

[4] Leahy T C and Andow D A. Egg weight, fecundity, and longevity are increased by adult feeding in *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 1994, **87**(3): 342 ~ 349.

[5] Engelmann F. *The Physiology of Insect Reproduction*. Pergamon, Oxford, 1970.

[6] Lederhouse R C, et al. Adult nutrition affects male virility in *Papilio glaucus* L. *Funct. Ecol.*, 1990, **4**: 743 ~ 751.

[7] Zalucki M P, Daglish G, Firempong S, et al. Twine P. The biology and ecology of *Heliothis armigera* (Hubner) and *H. punctigera* Wallengren (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia: What do we know? *Aust. J. Zool.*, 1986, **34**: 779 ~ 814.

[8] 孟祥玲, 张广学, 任世珍. 棉铃虫生物学的进一步研究. *昆虫学报*, 1962, **11**(1): 72 ~ 82.

[9] Coombs M. Diel feeding behavior of *Helicoverpa punctigera* (Wallengren) (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Aust. Entomol. Soc.*, 1992, **31**: 193 ~ 197.

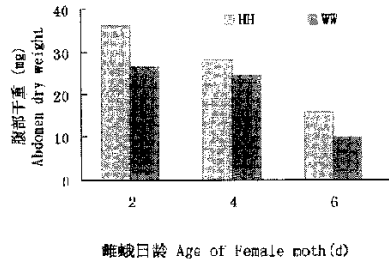


图 4 喂以 10% 蜂蜜溶液和清水时棉铃虫雌蛾的腹部干重

Fig. 4 Dry weight of CBW female abdomens when fed with 10% honey solution or water

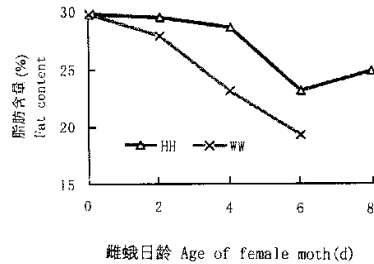


图 5 喂 10% 蜂蜜和清水时棉铃虫雌蛾的脂肪百分含

Fig. 5 Percent of fat content of CBW female moths fed with 10% honey solution or water

- [10] Topper C P. Nocturnal behavior of adult *Heliothis armigera* (Hubner) (Lepidoptera : Noctuidae) in the sudan Gezira and pest control implications. *Bull. ent. Res.* , 1987 , **77** : 541 ~ 554 .
- [11] 吴孔明 , 郭予元 . 食物质量对棉铃虫繁殖的影响 . 昆虫知识 , 1996 , **33** (4) : 203 ~ 205 .
- [12] Colvin J and Gatehouse A G. The reproduction-flight syndrome and the inheritance of tethered-flight activity in the cotton-bollworm moth , *Heliothis armigera* . *Physiol. Entomol.* , 1993a , **18** : 16 ~ 22 .
- [13] Willers J L , Schneider J C and Ramaswamy S B. Fecundity , longevity and caloric patterns in female *Heliothis virescens* : changes with age due to flight and supplemental carbohydrate. *J. Insect Physiol.* , 1987 , **33** (11) : 803 ~ 808 .
- [14] 吴坤君 , 龚佩瑜 , 李秀珍 . 棉铃虫成虫期的呼吸代谢及其能量消耗 . 生态学报 , 1985 , **5** (2) : 147 ~ 156 .
- [15] Wu K J and Gong P Y. A new and practical artificial diet for the cotton bollworm. *Entomologia Sinica* , 1997 , **43** (3) : 277 ~ 282 .
- [16] StatSoft Inc. *STATISTICA for Windows* . Tulsa , OK : StatSoft , Inc. 1995 .
- [17] 南京农业大学主编 . 土壤农化分析 . 北京 : 农业出版社 , 1989 .
- [18] 吴孔明 , 郭予元 . 营养和幼期密度对棉铃虫飞翔能力的影响 . 昆虫学报 , 1997 , **40** (1) : 51 ~ 57 .
- [19] Boggs C L and Ross C L. The effects of adult food limitation on life history traits in *Speyeria mormonia* (Lepidoptera : Nymphalidae). *Ecology* , 1993 , **74** (2) : 433 ~ 441 .

