

# 甜菜夜蛾人工饲料的研究<sup>\*</sup>

李广宏 陈其津 庞 义

(中山大学生物防治国家重点实验室, 广州 510275)

**摘 要** 研究了营养对甜菜夜蛾生长发育的影响, 从 28 种不同的人工饲料配方中, 筛选出一种有利于甜菜夜蛾生长发育的人工饲料. 饲养结果表明, 该饲料具有饲养效率高、产卵量多、历期短等特点, 并连续饲养 15 代. 同时还研究了胆固醇、氯化胆碱及复合维生素对甜菜夜蛾的生长发育的影响, 实验表明, 胆固醇、氯化胆碱对甜菜夜蛾卵的形成及发育起重要作用, 是人工饲料中不可缺少的 2 种成分.

**关键词** 甜菜夜蛾, 人工饲料, 饲养

**分类号** Q 96

甜菜夜蛾 (*Spodoptera exigue* Hubner) 原在我国是一种偶发性食叶害虫. 近年来, 它已逐渐上升为多种蔬菜的重要害虫, 而且多类化学农药均已对其失去防治效果, 目前被广泛使用的生物农药 Bt (*Bacillus thuringensis*) 也对其无效<sup>[1,2]</sup>. 因此, 寻找其它有效的防治方法是十分必要的. 研究表明, 甜菜夜蛾核型多角体 (简称 SeNPV) 能有效防治甜菜夜蛾<sup>[2,3]</sup>. 但要大量生产 SeNPV, 首先就必须解决甜菜夜蛾人工饲料饲养的问题. 目前已报道的甜菜夜蛾人工饲料主要有 4 种<sup>[4-7]</sup>, 其中 Shorey 等<sup>[4]</sup>的甜菜夜蛾等 9 种夜蛾科昆虫的人工饲料, 成分比较简单, 缺点是饲养效率低, 继代数少; Cobb 等<sup>[5]</sup>研究的人工饲料继代数多, 但成分非常复杂, 而且饲养 5 代后有 2.3% 的幼虫变为畸形; Wakamura<sup>[6]</sup>以及乌晓天<sup>[7]</sup>等报道的 2 种人工饲料, 前者饲养的甜菜夜蛾, 虽然单雌产卵量高, 但 2 种饲料均存在着连续饲养代数少的缺点. 本文在前人研究的基础上, 通过比较不同的营养对甜菜夜蛾生长发育的影响, 筛选出一种更有利于甜菜夜蛾生长发育的人工饲料; 同时研究了胆固醇、氯化胆碱和复合维生素对甜菜夜蛾生长发育的影响.

## 1 材料与方 法

- (1) 虫源: 供试甜菜夜蛾采自广州市蔬菜科学研究所蔬菜生产基地, 在室内饲养 2 代, 并经检查为健康的甜菜夜蛾.
- (2) 饲料配方: 见表 1.
- (3) 饲料配制: 将称好的黄豆粉、麦麸、酵母粉和酪蛋白用 50 mL 水调匀, 另用 40 mL

<sup>\*</sup> 国家“九五”重点科技攻关专题 (96-C01-02-04) 和广东省自然科学基金 (960075) 资助项目

收稿日期: 1997-12-26 李广宏, 男, 33 岁, 博士研究生

水加热溶解琼脂 (剩余的 10 mL 水灭菌后用于溶解抗坏血酸等成分), 将溶化的琼脂倒入上面调匀的糊状物中, 混合均匀, 在 105 Pa 压力下消毒 30 min, 取出后立即加入防腐剂, 并不断搅拌, 待温度降为 60°C 左右时, 加入胆固醇以及用无菌水溶解的抗坏血酸和氯化胆碱溶液, 充分搅拌后, 迅速倒入盛饲料的容器内, 冷却至室温, 然后贮藏于 4°C 冰箱中备用.

(4) 饲养方法: ① 卵消毒: 在卵孵化前 1 d, 将其放入  $h=5\%$  的甲醛溶液中消毒 15 min, 用无菌水漂洗干净, 晾干. ② 幼虫饲养: 将 30 头初孵幼虫接入直径为 13 cm 高 4 cm 的圆形塑料盒中 (单头饲养时接于胶卷盒中), 待幼虫生长到三龄初时, 再分接在 2 个盒中饲养, 直到幼虫接近化蛹, 然后将老熟幼虫转入另一个装有湿沙的饲养盒中化蛹. 记录幼虫存活率、幼虫历期、化蛹率等. 实验重复 3 次. ③ 成虫产卵: 在蛹羽化前 2 d, 将其自沙内取出, 区分雌、雄后称重. 然后随机抽取 5 对蛹, 分对放入 5 个内壁附有白纸, 直径为 7 cm 高 10 cm 的玻璃瓶中羽化, 剩余的蛹也让其羽化, 统计羽化率. 瓶中蛹羽化后, 立即加入 15% 的蜂蜜供成虫补充营养, 成虫产卵后, 每日取出产有卵块的白纸, 统计产卵数, 雌、雄成虫寿命, 卵孵化率等.

(5) 饲养条件: 温度 ( $27 \pm 1$ ) °C, 相对湿度 65% ~ 75%, 光周期 14: 10 (L: D).

(6) 胆固醇、氯化胆碱和复合维生素对甜菜夜蛾生长发育的影响: 将甜菜夜蛾在未添加胆固醇和氯化胆碱的饲料中连续饲养 3 代, 第 4 代的初孵幼虫一部分继续在此饲料上饲养, 另一部分转接到添加了胆固醇、氯化胆碱和复合维生素的人工饲料 (简称 3DLH) 饲养, 比较 2 种饲料对甜菜夜蛾生长发育的影响. 用添加了胆固醇和复合维生素的人工饲料饲养 1 代甜菜夜蛾, 第 2 代的初孵幼虫分别饲喂添加了胆固醇 (3D)、氯化胆碱 (3L)、复合维生素 (3H) 以及胆固醇+氯化胆碱 (3DL) 4 种饲料, 连续饲养 2 代, 比较各成分对甜菜夜蛾生长发育的影响.

表 1 28 种甜菜夜蛾人工饲料主要成分<sup>1)</sup>

Tab. 1 Main composition of 28 artificial diets for *Spodoptera exigua* g

饲料 编号	黄豆 粉	麦麸	啤酒 酵母	干酪 素	蔗糖	葡萄 糖	饲料 编号	黄豆 粉	麦麸	啤酒 酵母	干酪 素	蔗糖	葡萄 糖
1	10	6	4	6			15	15	6	4			
2	10	6	4	8			16	20	6	4			
3	10	6	4	4			17	10	6	8			
4	10	6	4	5	4		18	10	6	12			
5	10	6	4 <sup>2)</sup>	5	4		19	10	6	16			
6	10	6	4 <sup>2)</sup>	5		4	20	10	6	4			2
7	10	6	4	5		4	21	10	6	4			4
8	10	6	4 <sup>2)</sup>	2	4		22	10	6	4			6
9	10	6	4 <sup>2)</sup>	2		4	23	10	6	4		2	
10	10	6	4 <sup>2)</sup>	4	2		24	10	6	4		4	
11	10	6	4 <sup>2)</sup>	4		2	25	10	6	4		6	
12	10	6	4 <sup>2)</sup>				26	10	0	4			
13	10	6	4				27	10	8	4			
14	5	6	4				28	10	10	4			

1) 每种饲料均加入 100 mL 水; 2) 啤酒酵母高压灭菌后加入

## 2 结果与分析

### 2.1 28 种配方饲养效果的比较

由表 2 可知, 饲料中黄豆粉、酵母粉含量的增加, 甜菜夜蛾幼虫存活率、化蛹率下降,

幼虫期延长, 蛹畸形率提高 (见 14~ 19号饲料); 随麦麸数量的增加, 幼虫存活率、化蛹率提高, 幼虫期缩短, 蛹畸形率下降 (见 26~ 28号饲料), 但饲养效果均不如本实验室原来使用的 13号饲料 (下称基础饲料), 导致这种结果的原因, 作者认为主要是大幅度地增加黄豆粉和酵母粉后, 饲料含水量少, 尤其是酵母粉增加后, 饲料粘性增加, 保水性差, 因此, 饲养效果不理想. 在基础饲料中分别加入不同数量的蔗糖或葡萄糖, 结果各配方的幼虫存活率显著下降, 仅为 50%~ 60%, 幼虫期比基础饲料延长 1~ 2 d, 但蛹质量增加 (见 20~ 25号饲料), 说明高糖饲料不利于甜菜夜蛾的正常生长发育. 在基础饲料中添加适量的干酪素后, 甜菜夜蛾产卵数量明显增加, 幼虫期缩短, 幼虫、蛹、成虫的存活率高, 无或少畸形蛹, 但干酪素添加过多时, 甜菜夜蛾蛹质量和成虫产卵量反而下降, 成虫寿命缩短 (1~ 3号饲料), 说明饲料中蛋白质含量过高, 反会增加甜菜夜蛾的代谢负担, 同时也说明甜菜夜蛾正常发育与繁殖要求的蛋白质含量远比碳水化合物高. 如果在基础饲料中加入不同比例的酪蛋白和糖, 其结果均比单一添加酪蛋白的饲养效果差 (见 4~ 11号饲料). 酵母粉在高压灭菌后加入饲料中, 其结果更有利于甜菜夜蛾的生长发育, 但饲养效果不特别明显. 以上的试验证明: 用 3号饲料饲养的甜菜夜蛾, 不仅存活率高, 而且幼虫期、蛹期 (包括前蛹期, 雌虫 7 d, 雄虫 8 d) 较短, 产卵量多. 因此, 作者认为 3号饲料是一种有利于甜菜夜蛾生长发育的人工饲料配方.

表 2 28种人工饲料配方饲养甜菜夜蛾的结果

Tab. 2 Rearing data of *Spodoptera exigua* on 28 artificial media

饲料 编号	孵化 率 %	幼虫存 活率 %	幼虫 期 /d	化蛹 率 %	蛹畸 形率 %	羽化 率 %	蛹质量 /mg			成虫寿命 /d		产卵 量 粒
							雌	雄	雌	雄		
1	83.2	93.3	8.8±0.8	96.3	0	100.0	108.8±14.8	101.3±11.5	9.8±1.9	10.5±2.1	1 207.8	
2	86.5	100.0	9.4±1.0	96.7	3.3	100.0	99.9±11.9	102.0±7.8	10.8±1.3	9.3±1.8	1 150.2	
3	85.0	93.3	9.5±2.1	92.6	0	100.0	121.2±14.3	108.6±10.9	12.2±2.3	11.0±2.8	1 452.2	
4	82.4	96.7	9.9±1.4	96.7	31.0	90.0	103.3±10.6	99.5±9.2	10.4±2.0	14.8±2.4	1 178.0	
5	76.5	93.3	9.6±1.0	90.0	26.9	90.0	115.5±16.7	104.5±10.3	9.3±0.4	11.5±1.7	1 193.8	
6	81.5	96.7	9.1±1.0	96.7	20.7	95.7	118.9±12.7	108.7±9.1	6.2±2.1	10.6±4.1	904.0	
7	86.1	100.0	9.3±2.1	100.0	23.3	87.0	114.2±14.1	106.0±13.2	9.6±2.4	11.6±6.7	1 161.5	
8	84.9	76.7	9.0±1.4	88.0	21.7	83.3	120.0±18.1	112.7±12.7	8.8±1.8	11.0±2.6	1 259.8	
9	76.9	86.7	9.3±1.7	86.7	7.7	83.3	115.8±21.3	115.5±13.0	8.2±2.0	9.8±2.2	1 115.5	
10	72.4	96.7	9.4±0.9	100.0	0	100.0	123.0±13.9	111.0±8.9	8.8±0.4	10.3±1.3	1 303.5	
11	75.4	90.0	9.4±0.9	100.0	0	100.0	126.3±15.5	106.3±17.8	7.6±2.0	10.0±2.0	989.5	
12	78.0	93.3	9.7±1.6	92.9	7.1	88.0	111.8±10.5	114.4±16.6	10.0±1.9	11.2±1.5	963.6	
13	78.9	90.0	10.5±1.3	96.3	11.5	82.6	117.1±13.7	108.9±11.2	10.8±2.1	12.3±2.7	967.5	
14	-	96.7	11.5±1.4	86.2	44.0	92.3	127.3±15.9	105.0±16.8	7.0±2.2	8.0±3.2	963.0	
15	-	86.7	12.4±1.5	76.9	50.0	100.0	104.5±4.0	111.0±18.9	10.2±1.3	10.7±2.1	1 024.0	
16	-	26.7	13.4±1.0	37.5	66.7	-	-	-	-	-	-	
17	86.3	90.0	12.0±1.5	82.1	56.5	93.1	111.9±11.8	101.7±17.9	7.3±1.7	9.3±3.3	1 399	
18	-	83.3	12.2±2.1	64.0	56.3	-	116.5±11.5	122.0±4.6	-	-	-	
19	-	63.3	13.2±3.1	43.3	85.7	-	113.0±16.0	107.0±2.4	-	-	-	
20	-	56.7	11.8±1.5	94.1	0	-	144.9±18.7	134.4±23.0	-	-	-	
21	-	56.7	11.9±1.3	88.2	13.3	-	137.9±12.3	130.0±15.2	-	-	-	
22	-	66.7	13.2±1.5	95.0	0	-	149.8±19.7	133.0±17.4	-	-	-	
23	-	46.7	11.7±1.5	70.0	0	-	129.3±20.8	125.7±19.1	-	-	-	
24	-	56.7	12.2±1.5	78.6	18.2	-	142.0±20.0	152.2±13.7	-	-	-	
25	-	53.3	13.2±1.3	90.0	0	-	153.2±12.5	115.5±5.6	-	-	-	
26	-	56.7	13.8±1.0	94.1	81.3	-	117.8±13.4	119.5±14.5	-	-	-	
27	-	80.0	12.0±1.8	87.5	28.6	-	111.9±12.5	96.4±11.1	-	-	-	
28	-	86.7	11.8±1.2	100.0	23.1	-	110.0±7.0	93.6±8.9	-	-	-	
白菜叶	76.5	86.7	12.7±0.8	95.0	0	86.7	63.4±13.9	63.7±11.2	9.3±0.4	11.8±2.0	732.5	

## 2.2 胆固醇、氯化胆碱和复合维生素对甜菜夜蛾生长发育的影响

从表 3 可见, 在没有加入胆固醇和氯化胆碱的饲料中连续饲养 3 代后, 甜菜夜蛾的卵孵化率大幅度下降, 第 4 代仅为 4.2%, 而第 4 代用添加了胆固醇、氯化胆碱和复合维生素的饲料饲养的甜菜夜蛾, 卵孵化率提高到 79.7%。从分别添加胆固醇、氯化胆碱、胆固醇 + 氯化胆碱、复合维生素 4 种饲料连续饲养 2 代的结果可知, 胆固醇、氯化胆碱对甜菜夜蛾的卵形成以及卵的正常发育起重要作用, 复合维生素作用较小。因此, 在饲料中加入一定数量的胆固醇以及氯化胆碱是必需的。

表 3 胆固醇、氯化胆碱、复合维生素对甜菜夜蛾生长发育的影响

Tab. 3 Effect of cholesterol, choline chloride and vitamin mix on the development of *Spodoptera exigua*

饲料 编号	代别	幼虫存 活率 %	幼虫 期 /d	化蛹 率 %	羽化 率 %	孵化 率 %	蛹质量 /mg			成虫寿命 /d		产卵 量 粒
							雌	雄	雌	雄		
3		90.0	9.2 ± 1.1	85.2	100.0	4.17	121.3 ± 15.8	108.6 ± 11.3	12.3 ± 2.1	11.8 ± 3.1	1 413.5	
3DHL		75.0	8.6 ± 0.7	93.3	100.0	79.7	128.8 ± 18.0	105.7 ± 13.4	7.8 ± 0.8	11.3 ± 1.3	1 365.2	
3D	1	84.0	8.7 ± 1.5	81.0	100.0	89.3	131.7 ± 16.2	105.3 ± 15.2	8.8 ± 0.8	10.6 ± 1.7	1 501.0	
3D	2	89.5	9.2 ± 1.2	88.2	100.0	89.9	118.3 ± 15.1	111.0 ± 5.9	9.3 ± 0.9	12.7 ± 1.9	1 422.3	
3L	1	75.0	9.3 ± 1.5	93.4	92.9	88.1	126. ± 6.3	123.2 ± 13.9	10.3 ± 1.1	12.8 ± 1.1	1 482.0	
3L	2	80.0	9. ± 0.9	87.5	100.0	83.9	109. ± 15.4	108.3 ± 12.9	9.0 ± 0.8	15.0 ± 2.2	1 087.7	
3H	1	84.0	9. ± 1.9	81.0	100.0	73.2	123. ± 14.9	109.0 ± 12.0	8.0 ± 2.1	10.8 ± 3.8	1 347.8	
3H	2	85.0	8.6 ± 1.5	82.4	100.0	49.1	116.4 ± 17.3	111.3 ± 12.6	7.0 ± 0	9.0 ± 3.6	994.7	
3DL	1	92.0	8.7 ± 1.1	95.7	91.3	81.8	139.4 ± 27.2	116.2 ± 29.2	10.5 ± 2.1	10.8 ± 0.4	1 508.8	
3DL	2	94.7	8.9 ± 0.9	87.5	100.0	90.1	116.5 ± 7.0	111.3 ± 13.2	8.8 ± 1.3	10.7 ± 3.4	1 370.0	

## 2.3 室内连续继代饲养和虫种的衰退

从连续 15 代饲养的结果分析, 前 11 代各实验指标基本保持稳定, 但 12 代时, 成虫寿命突然缩短, 产卵量和孵化率下降, 到第 14 代仅有 30 多粒卵孵化, 而基础饲料 13 代已无 1 粒卵孵化。为检查甜菜夜蛾究竟是因人工饲料营养, 或是由于室内长期同系交配而引起衰退, 作者将第 12 代成虫所产的卵孵化后, 部分幼虫转用苋菜叶连续饲养 2 代。经分析该虫种衰退的主要原因应是室内长期同系交配的结果。因为甜菜夜蛾如果是因人工饲料营养失去平衡而引起衰退, 那么, 苋菜叶饲养的第 2 代在卵孵化率及蛹质量等指标上应比第 1 代有所提高, 但饲养的结果表明, 苋菜叶饲养的 2 代和人工饲料饲养的第 13, 14 代相似, 均随代数的增加, 卵孵化率、蛹质量和成虫寿命迅速下降, 所以, 作者认为该虫种衰退的主要原因是室内长期同系交配的结果, 而不是饲料营养所造成。

## 3 讨论

Goh<sup>[8]</sup>曾用人工饲料连续饲养了 10 代甜菜夜蛾, 从饲养结果看, 前 5 代孵化率、化蛹率、羽化率没有受到影响, 但蛹质量从第 2 代开始下降, 到第 5 代时, 雌虫蛹质量已从第 1 代的 102.7 mg 下降为 92.4 mg, 雄虫从 110.4 mg 减轻为 87.5 mg, 每头雌虫产卵量从第 1 代 1 050.3 粒减少为 441.4 粒, 到第 10 代每头雌虫产卵量仅有 323.0 粒, 并且有 44.5% 的雌虫不能产卵。此外, 乌晓天<sup>[6]</sup>研究的饲料饲养 3 代就表现出衰退; Wakamura<sup>[7]</sup>的饲料饲养 7 代后也开始衰退; Shorey<sup>[4]</sup>饲料因仅饲养 1 代, 其连续饲养效果未得到证明。与这些饲料比较, 本饲料尽管只饲养了 15 代, 但饲养代数大大多于上述饲料, 而且连续饲养时间已达 1 a, 因此, 本饲料完全能够为 *Se*NPV 杀虫剂的工厂化生产提供良好的虫源。

甜菜夜蛾是一种对蛋白质数量及质量要求比较高的昆虫, 在饲料中添加一定数量的酪

蛋白, 虽然对甜菜夜蛾的生长发育起到了明显的促进作用, 但同时增加了饲料成本, 那么, 与本实验室原用饲料比较, 究竟饲养成本如何, 还需根据甜菜夜蛾对 2 种饲料的取食数量以及饲养效率作综合评估, 此外, 如何再进一步全面调整饲料中黄豆粉、酵母粉及麦麸的比例, 从而既达到大幅度提高饲料中的蛋白质含量, 同时又要有利于甜菜夜蛾的生长发育, 尚需今后作进一步研究. 胆固醇和氯化胆碱对甜菜夜蛾卵的形成及发育起着重要作用, 进一步研究其机制, 这对深入了解营养与甜菜夜蛾生理代谢间的关系, 延缓甜菜夜蛾室内种群衰退具有重要意义.

### 参 考 文 献

- 1 戴淑慧, 杨亚萍. 甜菜夜蛾的生物学特性及防治. 植物保护, 1993, 19 (2): 20~ 21
- 2 Gelernter W D, Toscano N C, Federici B A. Comparison of nuclear polyhedrosis virus and chemical insecticides for control of the beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) on head lettuce. J Econ Entomol, 1986, 79: 714~ 717
- 3 Smits P H, Vlak J M. Biological activity of *Spodoptera exigua* nuclear polyhedrosis virus against *S. exigua* larvae. J Invertebr Pathol, 1988, 51: 107~ 114
- 4 Shorey H H, Hale R L. Mass-rearing of the larvae of nine noctuid species on a simple artificial medium. J Econ Entomol, 1965, 58: 522~ 524
- 5 Cobb P P, Bass M H. Beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae): a laboratory rearing technique. J GA Entomol Soc, 1975, 10: 190~ 191
- 6 乌晓天, 朱耀沂. 天然以及人工饲料饲养甜菜夜蛾 (*Spodoptera exigua* Hubner) 之发育比较. 中华昆虫, 1992, 12: 109~ 120
- 7 Wakwmura S. Rearing of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) on an artificial diet in the laboratory. JPN J Appl Entomol Zool, 1988, 32: 329~ 331
- 8 Goh H G, Lee S G, Choi Y M, et al. Effect of rearing generation and extract of host plant on the oviposition of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). Res Rep Rural Dev Adm, 1991, 33: 48~ 52

## Studies of Artificial Diets for the Beet Armyworm, *Spodoptera exigua*

Li Guanghong\* Chen Qijin Pang Yi

**Abstract** The effect of nutrition on the development of the beet armyworm, *Spodoptera exigua*, was studied. An artificial diet, satisfactorily supported the development of larvae of the beet armyworm, was selected from 28 different artificial media. The rearing results showed that the mean larvae survival, pupal survival and adult emergency were 89.0%, 93.6% and 94.1% for *Spodoptera exigua* reared on this diet. Compared with previous records, the larvae and pupal durations were shorter and each adult female laid more eggs. 15 consecutive generations of the beet armyworm had been reared on this diet. The effects of cholesterol, choline chloride and vitamin mix on the development of the beet armyworm were also studied. The results showed that cholesterol and choline chloride played important roles in embryogenesis and egg development. Cholesterol and choline chloride had been considered necessary to be added to the diet, but vitamin mix unnecessary.

**Keywords** Beet armyworm, *Spodoptera exigua*, artificial diet, rearing

\* State Key Laboratory for Biocontrol, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China