

# 不同蛋白质含量的人工饲料 对甜菜夜蛾能源物质的影响<sup>①</sup>

曹 玲, 刘 怀\*, 张 彬, 王进军

西南大学 植物保护学院 重庆市昆虫学与害虫控制重点实验室, 重庆 400716

**摘要:**研究了不同蛋白质含量饲料对于甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* (Hübner) 幼虫能源物质的影响. 实验结果表明, 随着蛋白质含量的增加, 幼虫体内的可溶性蛋白、多糖贮存量、甘油三酯贮存量随之增加; 但幼虫体内的甘油三酯贮存量增加到一定程度后又开始降低. 同一蛋白质含量的人工饲料饲养的甜菜夜蛾幼虫体内的能源物质的含量随幼虫的生长发育而增加显著. 食料蛋白质含量的增高对甜菜夜蛾的能源物质增长有促进作用.

**关键词:**甜菜夜蛾; 营养生态学; 能源物质

**中图分类号:**S433.4

**文献标识码:**A

甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* (Hübner) 属于鳞翅目夜蛾科, 是 1 种世界性分布、间歇性大发生的杂食性害虫, 是世界性的重要农业害虫之一. 它具有分布范围广、寄主多、迁飞扩散能力强、喜温且耐高温等特性. 该虫属多食性昆虫, 可取食 35 科 108 属 138 种植物, 其中大田作物 28 种, 蔬菜 32 种. 20 世纪 80 年代以前, 甜菜夜蛾在我国仅是 1 种偶发性害虫, 很少造成危害, 但自 80 年代中后期以来, 甜菜夜蛾在我国发生危害范围逐渐扩大, 特别是近年来连续暴发成灾, 已上升为多种蔬菜的重要害虫, 且难于防治<sup>[1,2]</sup>. 近年来, 随着甜菜夜蛾危害的日益严重, 关于甜菜夜蛾的研究逐渐增多, 但对甜菜夜蛾营养生态学却鲜有系统的研究<sup>[3,4]</sup>. 本实验通过改变昆虫生长发育所需主要营养物质之一蛋白质的含量, 研究不同蛋白质含量对甜菜夜蛾能源物质的影响, 以供更好地阐明能源物质与甜菜夜蛾生长发育、繁殖、越冬、及其远距离迁飞行机制提供理论依据.

## 1 材料与方 法

### 1.1 虫 源

用于本实验的试虫为固定人工饲料配方饲养的继代试虫.

### 1.2 实验人工饲料的配制

以本实验室人工饲料配方为基础稍作改动(表 1), 在其它营养成分保持不变的情况下, 通过改变配方中酵母粉+纤维素的比例达到调节的蛋白质含量而形成不同处理, 使每 100 g 人工饲料中的总蛋白质含量分别为 14, 16, 20, 24, 28 g(表 2)(参照吴坤君、李明辉的方法)<sup>[3]</sup>.

① 收稿日期: 2006-09-28

基金项目: 重庆市科委自然科学基金重点项目(2005BA1014); 重庆市教委科学技术项目(KJ 060302).

作者简介: 曹 玲(1982-), 重庆人, 硕士研究生, 主要从事昆虫生态及害虫控制研究.

通讯作者: 刘怀, 西南大学植物保护学院.

表 1 供试人工饲料配方

Table 1 The Component and Dosage of Artificial Diets

| 成 分     | 用量/g  | 蛋白质含量/g | 成 分         | 用量/g |
|---------|-------|---------|-------------|------|
| 玉米粉     | 92.5  | 8.4     | 对羟基苯甲酸甲酯    | 5    |
| 黄豆粉     | 93.7  | 37      | 维生素 C+维生素 B | 8.75 |
| 面 粉     | 250   | 25      | 肌 醇         | 0.4  |
| 琼 脂     | 31.25 |         | 胆固醇         | 0.25 |
| 山梨酸钾    | 2.5   |         | 水           | 875  |
| 酵母粉+纤维素 | 100   |         |             |      |

表 2 供试人工饲料蛋白质含量不同处理中酵母粉与纤维素含量

Table 2 The Yeast and Fibrin Concentration of the Artificial Diets

| 处 理  | 酵母粉/g  | 纤维素/g  | 100 g 人工饲料中的蛋白质含量/g |
|------|--------|--------|---------------------|
| 处理 1 | 11.693 | 88.307 | 14                  |
| 处理 2 | 23.374 | 76.626 | 16                  |
| 处理 3 | 46.772 | 53.228 | 20                  |
| 处理 4 | 70.158 | 29.842 | 24                  |
| 处理 5 | 93.496 | 6.504  | 28                  |

### 1.3 饲养方法

采用肖伟的甜菜夜蛾人工饲养方法<sup>[4]</sup>, 取刚孵化的幼虫随机接种在供试人工饲料上, 每个蛋白质处理接种 10 杯, 每杯接种幼虫 5 头. 饲养直至化蛹. 成虫用枪灯罩配对饲养, 喂以 10% 的蜂蜜水. 整个实验在 (25±1) °C、L:D=14:10 的光周期下进行. 每天观察幼虫和蛹的发育进度. 化蛹后称重, 成虫羽化后测定其产卵能力.

### 1.4 试验方法

#### 1.4.1 可溶性蛋白质含量的测定

参照 Bradford (1976) 的考马斯亮蓝 G-250 法测定蛋白质含量的测定. 用牛血清白蛋白制作标准曲线. 测定时, 分别取甜菜夜蛾幼虫 2 龄 16 头、3 龄 8 头、4 龄 4 头、5 龄 4 头, 加 pH 7.0、0.04 mol/L 的磷酸缓冲液于冰水浴中匀浆, 匀浆液于 10 000 g、4 °C 离心 15 min, 取上清液 0.1 mL, 加 1% 考马斯亮蓝试剂 5 mL, 混合均匀, 25 °C 条件下水浴 5 min, 室温平衡后于 595 nm 处测其 OD 值, 测 3 次, 重复 3 次, 取平均值. 根据制作的标准曲线, 计算出待测液中蛋白质含量, 将测定结果转换成 mg/头.

#### 1.4.2 可溶性糖的测定

采用蒽酮比色法. 用葡萄糖制作标准曲线. 测定时, 分别挑取各龄甜菜夜蛾幼虫, 加入 6 N 过氯酸 4 mL, 充分匀浆, 匀浆液于 15 000 r/min、25 °C 条件下离心 10 min, 上清液待测. 根据制作的标准曲线, 将测定结果转换成 mg/头.

#### 1.4.3 甘油酯含量的测定

本研究采用重复性较好的乙酰丙酮法. 参照 Bligh&Dyer(1959) 的方法, 测定时, 分别挑取各龄甜菜夜蛾幼虫, 提取虫体内总的脂类物质, 将抽提的脂类物质再经过皂化、氧化和显色等步骤, 将最终生成物在 420 nm 处比色, 测定 OD 值. 以三油酸甘油酯标准液作标准对照, 按下式计算甘油三酯的含量: 甘油三酯浓度 (mmol/L) = 待测管 OD 值 / 标准对照管 OD 值. 最终将测定结果转换成 mg/头.

## 2 结果与分析

### 2.1 不同蛋白质含量的人工饲料对甜菜夜蛾幼虫蛋白质的影响

甜菜夜蛾 2 龄、3 龄、4 龄、5 龄幼虫体内可溶性蛋白的贮存量(表 3). 方差分析测验结果表明: 随人工饲料中蛋白质含量的增多, 2 龄、3 龄、4 龄、5 龄的甜菜夜蛾幼虫体内的可溶性蛋白的贮存量增加显著. 甜菜夜蛾 3 龄幼虫、4 龄幼虫体内的可溶性蛋白的贮存量在各处理间差异均十分显著, 而 2 龄、5 龄的甜菜夜蛾幼虫体内的可溶性蛋白的贮存量在处理 3 和处理 4 间、处理 4 和处理 5 间未达显著水平.

此外, 同一蛋白质含量的人工饲料饲养的甜菜夜蛾幼虫体内的可溶性蛋白的贮存量随幼虫龄期增加显著增加.

表 3 不同蛋白质含量的人工饲料对甜菜夜蛾幼虫蛋白质贮存量的影响

Table 3 The Artificial Diets with Different Protein Levels on Larval Soluble Protein of the *spodoptera exigua*

| 虫 龄 | 处理 1/mg·头 <sup>-1</sup>      | 处理 2/mg·头 <sup>-1</sup>      | 处理 3/mg·头 <sup>-1</sup>      | 处理 4/mg·头 <sup>-1</sup>       | 处理 5/mg·头 <sup>-1</sup>       |
|-----|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 2 龄 | 0.158 5±0.007 8 <sup>a</sup> | 0.262 5±0.003 4 <sup>b</sup> | 0.296 2±0.002 5 <sup>c</sup> | 0.298 8±0.001 1 <sup>cd</sup> | 0.301 9±0.003 9 <sup>de</sup> |
| 3 龄 | 0.380 7±0.002 3 <sup>a</sup> | 0.904 2±0.001 4 <sup>b</sup> | 1.003 4±0.001 9 <sup>c</sup> | 1.024 4±0.001 0 <sup>d</sup>  | 1.051 5±0.006 1 <sup>e</sup>  |
| 4 龄 | 1.281 1±0.008 2 <sup>a</sup> | 2.335 5±0.002 3 <sup>b</sup> | 2.588 5±0.002 9 <sup>c</sup> | 2.645 5±0.003 2 <sup>d</sup>  | 2.684 1±0.007 4 <sup>e</sup>  |
| 5 龄 | 2.184 4±0.012 4 <sup>a</sup> | 2.896 6±0.016 9 <sup>b</sup> | 3.095 9±0.010 6 <sup>c</sup> | 3.127 8±0.007 2 <sup>cd</sup> | 3.171 8±0.028 3 <sup>de</sup> |

注: 表中同行字母相同表示差异不显著( $p < 0.05$ ).

### 2.2 不同蛋白质含量的人工饲料对甜菜夜蛾幼虫可溶性糖的影响

甜菜夜蛾 2 龄、3 龄、4 龄、5 龄幼虫体内可溶性糖的贮存量(表 4).

表 4 不同蛋白质含量的人工饲料对甜菜夜蛾幼虫可溶性糖贮存量的影响

Table 4 The Artificial Diets with Different Protein Levels on Larval Glycogen of the *spodoptera exigua*

| 虫 龄 | 处理 1/mg·头 <sup>-1</sup>      | 处理 2/mg·头 <sup>-1</sup>       | 处理 3/mg·头 <sup>-1</sup>       | 处理 4/mg·头 <sup>-1</sup>       | 处理 5/mg·头 <sup>-1</sup>       |
|-----|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 2 龄 | 0.172 5±0.003 0 <sup>a</sup> | 0.164 1±0.001 0 <sup>a</sup>  | 0.167 7±0.001 5 <sup>a</sup>  | 0.169 1±0.005 0 <sup>a</sup>  | 0.170 3±0.001 7 <sup>a</sup>  |
| 3 龄 | 0.524 1±0.003 1 <sup>a</sup> | 0.566 2±0.000 9 <sup>ab</sup> | 0.573 7±0.002 9 <sup>bc</sup> | 0.583 3±0.002 5 <sup>cd</sup> | 0.589 8±0.003 0 <sup>de</sup> |
| 4 龄 | 1.291 9±0.000 3 <sup>a</sup> | 1.814 2±0.006 8 <sup>bc</sup> | 1.890 6±0.008 9 <sup>c</sup>  | 1.656 9±0.079 1 <sup>bc</sup> | 1.538 5±0.014 8 <sup>ab</sup> |
| 5 龄 | 2.556 4±0.030 9 <sup>a</sup> | 3.350 3±0.024 3 <sup>b</sup>  | 3.728 6±0.027 2 <sup>c</sup>  | 4.053 9±0.024 8 <sup>d</sup>  | 4.053 9±0.014 2 <sup>e</sup>  |

注: 表中同行字母相同表示差异不显著( $p < 0.05$ ).

方差分析测验结果表明: 随人工饲料中蛋白质含量的增多, 2 龄的甜菜夜蛾幼虫体内的可溶性糖的贮存量增加不显著. 甜菜夜蛾 5 龄幼虫体内的可溶性糖的贮存量在各处理间差异均十分显著, 而 3 龄的甜菜夜蛾幼虫体内的可溶性糖的贮存量在处理 1 和处理 2 间、处理 2 和处理 3 间、处理 3 和处理 4 间、处理 4 和处理 5 间未达显著水平而在其他处理间均达显著水平; 而 4 龄的甜菜夜蛾幼虫体内的可溶性糖的贮存量在处理 1 和处理 5 间、处理 2 和处理 5 间、处理 4 和处理 5 间、处理 2 和处理 4 间未达显著水平而在其他处理间均达显著水平.

此外, 同一蛋白质含量的人工饲料饲养的甜菜夜蛾幼虫体内的可溶性糖的贮存量随幼虫的龄期增加显著增加.

### 2.3 不同蛋白质含量的人工饲料对甜菜夜蛾幼虫甘油酯的影响比较

甜菜夜蛾 2 龄、3 龄、4 龄、5 龄幼虫体内甘油三酯的贮存量(表 5). 方差分析测验结果表明: 随人工饲料中蛋白质含量的增多, 2 龄、3 龄、4 龄的甜菜夜蛾幼虫体内的甘油三酯的贮存量增加显著, 但到增加一

定程度后又开始降低显著。甜菜夜蛾 5 龄的甜菜夜蛾幼虫体内甘油三酯的贮存量的变化也是一样, 但甜菜夜蛾 5 龄的甜菜夜蛾幼虫体内甘油三酯的贮存量在处理 1 和处理 2 间、处理 2 和处理 4 间、处理 3 和处理 4 间、处理 4 和处理 5 间未达显著水平。

此外, 同一蛋白质含量的人工饲料饲养的甜菜夜蛾幼虫体内的甘油三酯的贮存量随幼虫的龄期增加显著增加。

表 5 不同蛋白质含量的人工饲料对甜菜夜蛾幼虫甘油酯贮存量的影响

Table 5 The Artificial Diets with Different Protein Levels on Larval Triglyceride of the *spodoptera exigua*

| 虫 龄 | 处理 1/mg · 头 <sup>-1</sup>    | 处理 2/mg · 头 <sup>-1</sup>    | 处理 3/mg · 头 <sup>-1</sup>    | 处理 4/mg · 头 <sup>-1</sup>     | 处理 5/mg · 头 <sup>-1</sup>     |
|-----|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 2 龄 | 0.116 9±0.002 0 <sup>a</sup> | 0.137 6±0.002 8 <sup>b</sup> | 0.188 9±0.002 4 <sup>e</sup> | 0.155 7±0.002 9 <sup>d</sup>  | 0.147 8±0.001 8 <sup>c</sup>  |
| 3 龄 | 0.534 5±0.002 8 <sup>a</sup> | 0.637 9±0.009 7 <sup>b</sup> | 0.843 6±0.008 0 <sup>e</sup> | 0.757 7±0.004 6 <sup>d</sup>  | 0.685 0±0.009 5 <sup>c</sup>  |
| 4 龄 | 1.370 5±0.019 4 <sup>a</sup> | 1.492 5±0.021 8 <sup>b</sup> | 2.175 9±0.001 2 <sup>e</sup> | 1.874 0±0.011 5 <sup>d</sup>  | 1.721 0±0.010 2 <sup>c</sup>  |
| 5 龄 | 2.736 9±0.012 3 <sup>a</sup> | 2.839 5±0.026 4 <sup>a</sup> | 3.532 0±0.614 0 <sup>e</sup> | 3.218 1±0.042 8 <sup>bc</sup> | 2.991 1±0.020 5 <sup>ab</sup> |

注: 表中同行字母相同表示差异不显著( $p < 0.05$ )。

### 3 讨 论

昆虫生命活动需要的能量大部分来自贮存在体内的能源物质中的化学能。在正常情况下, 昆虫消耗的主要能源物质是糖类, 而脂肪和氨基酸仅在昆虫长期飞行或饥饿等特殊条件下, 才能被进一步消耗。脂肪酸是昆虫体内的主要储备能源, 是昆虫各种细胞和亚细胞膜结构的重要组成部分。在大多数昆虫中, 绝大部分的脂肪酸是以甘油三酯的形式贮存在脂肪体内的, 利用时再转化成甘油二酯; 另外一部分是以磷脂和固醇酸的形式存在于生物膜中<sup>[6,7]</sup>。脂肪酸还是昆虫体内至关重要的营养物质。蛋白质是构成昆虫身体最基本的组成成分。在昆虫的生长发育过程中, 经过蛋白酶作用分解成各种氨基酸。在外界不良环境因子(包括杀虫剂)的胁迫下, 上述 3 种物质的积累或利用可能会发生变化, 从而影响到昆虫对不良因子的忍耐能力<sup>[8,9]</sup>。此外能源物质的贮量还与繁殖、越冬、及其远距离迁飞行有着密切关系。昆虫通过复杂的代谢作用, 不仅把营养物质转变成自身身体的构成成分, 而且还要储存能源物质, 以便提供昆虫在繁殖、越冬、及其远距离迁飞行等生命过程中所需的能量。蔡彬等系统研究了不同温、湿度对粘虫蛾飞行能源物质消耗的影响, 结果表明, 温、湿度对成虫飞行能源物质消耗有显著影响<sup>[10]</sup>。李克斌等采用吊飞试验及相关生理生化的方法, 研究了成虫甘油酯和糖原积累的时间动态及不同日龄成虫飞行后能源物质的变化。发现甜菜夜蛾的飞行既能利用脂类, 也能利用糖类作为飞行能源, 甘油酯是甜菜夜蛾贮备和飞行的主要能源物质<sup>[11]</sup>。

本实验关于甜菜夜蛾取食不同蛋白质含量条件下对能源物质的影响研究所得到的结论为: 1、甜菜夜蛾幼虫体内可溶性蛋白、甘油三酯和多糖的贮存量随人工饲料中蛋白质含量的增多而增加显著, 但增加到一定程度后又开始降低。说明甜菜夜蛾幼虫体内储存的能源物质随人工饲料中蛋白质含量的增多而增加是有一定的限制。2、甜菜夜蛾幼虫体内储存的能源物质的含量随生长发育而增加。

在实验室条件下蛋白质影响甜菜夜蛾能源物质, 原因可能是以下几个方面: 1、蛋白质是昆虫虫体的主要组成成分。2、蛋白质摄入量可能会间接影响甜菜夜蛾的生理机制。

关于甜菜夜蛾营养生态学的研究还需要进一步扩展和深入。不但要得出几种营养对于甜菜夜蛾危害的影响的规律性结论, 也要与化学生态学和分子生态学相结合, 在更广的角度和更深的层次上了解昆虫营养对昆虫种群动态的影响。

### 参考文献:

[1] 冯殿英. 甜菜夜蛾生物学特性及防治研究[J]. 山东农业科学, 1995, 4: 39-41.

[2] 刘万才, 姜玉英, 汤金仪. 我国甜菜夜蛾的发生现状及治理对策[J]. 中国农学通报, 1998, 14(3): 41-42.

- [3] 吴坤君, 李明辉. 棉铃虫营养生态学研究: 取食不同蛋白质含量饲料时的种群生命表[J]. 昆虫学报, 1993, 36(1): 21—28.
- [4] 吴坤君, 李明辉. 棉铃虫营养生态学研究: 食物中糖含量的影响[J]. 昆虫学报, 1992, 35(1): 47—52.
- [5] 肖伟, 邓新平, 刘怀. 甜菜夜蛾幼虫饲养技术的改进[J]. 昆虫知识, 2005, 42(5): 581—583.
- [6] Stanley—Samuelson D W, Jurenka R A, Cripps C, *et al.* Fatty acids in insects: Composition, metabolism and biological significance[J]. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 1998, 9: 1—33.
- [7] Buchner J S, Hagen M M. Triacylglycerol and phospholipid fatty acids of the silverleaf whitefly: Composition and biosynthesis[J]. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 2003, 53: 66—79.
- [8] 程伟霞, 王进军, 陈志永. 杀虫剂胁迫下嗜卷书虱和嗜虫书虱能源物质的代谢比较[J]. 动物学研究, 2005, 26(5): 545—550.
- [9] 肖英方, 张存政, 顾正远, 等. 褐飞属两种生物型体内能源物质及有关酶类的比较[J]. 江苏农业学报, 2001, 17(3): 176—179.
- [10] 蔡彬, 江幸福, 罗礼智, 等. 温、湿度对粘虫蛾飞行能源物质利用的影响[J]. 生态学报, 2002, 22(7): 1 068—1 074.
- [11] 李克斌, 高希武, 曹雅忠, 等. 甜菜夜蛾能源物质积累及其飞行能耗与动态[J]. 植物保护学报, 2005, 32(1): 13—17.

## Influence of Protein Content in Artificial Diets on the Larval Energy Substances in Beet Armyworm, *Spodoptera Exigua* (Hübner)

CAO Ling, LIU Huai\*, ZHANG Bin, WANG Jin—jun

*School of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400716, China*

**Abstract:** In a laboratory experiment, larval glycogen, soluble protein and triglyceride of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner), increased with protein in the artificial diets within the range of the protein concentrations used, and larval triglyceride increased with protein in the artificial diets to a certain point, followed by a decline. With similar protein content in the diets, larval energy substances increased with the development of the larvae. Higher protein content in the diet promoted the increase of energy substances in this insect species.

**Key words:** *Spodoptera exigua* (Hübner); nutritional ecology; energy substance

责任编辑 夏娟