# 不同寄主植物对黏虫体内能源物质的影响

韩海斌[1]， 谭 瑶[2]， 李艳艳[2]， 高书晶[1]， 徐林波[1]， 刘爱萍[1*]， 王丹阳[1]

(1. 中国农业科学院草原研究所，呼和浩特 010010；2. 内蒙古农业大学农学院，呼和浩特 010018)

**摘要** 黏虫 *Mythimna separata* Walker 是一种世界性害虫。为了明确不同寄主植物对黏虫幼虫体内能源物质的影响，选取了玉米、小麦、燕麦、老芒麦 4 种黏虫的禾本科寄主植物对黏虫进行饲喂，并测定黏虫 3、4、5 龄期幼虫体内的可溶性蛋白、可溶性糖及甘油酯的含量；测定了 4 种寄主植物粗蛋白及粗纤维的含量，并与黏虫能源物质含量进行了相关性分析。结果表明，喂食燕麦的黏虫体内可溶性蛋白含量达到 263.84 μg/mg，显著高于其他 3 种植物($P<0.05$)；喂食 4 种植物黏虫体内甘油酯含量为 106.69～152.23 μg/mg，没有显著差异($P>0.05$)；喂食玉米的黏虫体内可溶性糖含量为 68.64 μg/mg，显著低于其他 3 种植物($P<0.05$)。寄主植物粗蛋白含量与黏虫体内能源物质含量均呈正相关关系，寄主植物粗纤维含量与黏虫体内能源物质含量均呈负相关关系。说明不同寄主对黏虫幼虫体内能源物质有显著影响，且与饲喂的寄主植物所含物质含量具有显著的相关性。

**关键词** 黏虫； 寄主植物； 能源物质； 相关分析

**中图分类号：** S 433.4 **文献标识码：** A **DOI：** 10.16688/j.zwbh.2018165

# Influences of different host plants on the energy substances of *Mythimna separata* Walker

HAN Haibin[1]， TAN Yao[2]， LI Yanyan[2]， GAO Shujing[1]， XU Linbo[1]， LIU Aiping[1]， WANG Danyang[1]

(1. *Institute of Grassland Research, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hohhot* 010010, *China*;
2. *College of Agriculture, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot* 010018, *China*)

**Abstract** *Mythimna separata* Walker is a worldwide pest. In order to determine the effects of different host plants on the energy substances in the larvae, four Gramineae host plants of maize, wheat, oat and siberian wildrye grass were selected to feed the insects. The contents of soluble protein, soluble sugar and glyceride in the larvae of 3rd, 4th and 5th instar were determined; the content of crude protein and crude fiber in 4 host plants were determined, and the correlation analysis was also performed with the content of the energy materials in *M. separata*. The results showed that the content of soluble protein in *M. separata* fed with oat was 263.84 μg/mg, significantly higher than that of the other three host plants ($P<0.05$), but the content of glycerin in *M. separata* fed with the four plants was 106.69—152.23 μg/mg, without significant difference ($P>0.05$). The soluble sugar content was 68.64 μg/mg in *M. separata* fed with corn, significantly lower than that fed with the other three plants ($P<0.05$). There was a positive correlation between crude protein content in the host plant and energy content in *M. separata*, and a negative correlation between the crude fiber content in the host plant and the energy in *M. separata*.

**Key words** *Mythimna separata*; host plant; energy substance; correlation analysis

黏虫 *Mythimna separata*(Walker)是鳞翅目 Lepidoptera 夜蛾科 Noctuidae 的一种世界性害虫，具有迁飞性、突发性、暴发性和毁灭性的为害特点，在我国及亚洲其他国家为害较为严重[1]。黏虫幼虫常成群迁徙，啃食作物叶片，对迁入地作物造成危害。由于其危害的严重性，所以在我国很早就对其生物学特性[2]、迁飞规律[3]、飞行生物学[4]等进行了初步研究。20 世纪 90 年代以来，围绕黏虫的暴发及迁飞，学者们对其内在调控机制进行了探究，明确了幼虫密度较高、幼虫期饥饿、短光照和高温等因素是诱导成虫迁飞行为发生的主要原因[5-11]。Jiang 等[12]发现在黏虫羽化后 24 h 的关键时期内，还存在

**收稿日期：** 2018-04-11 **修订日期：** 2018-05-09
**基金项目：** 国家重点研发计划(2017YFD0201000，2017YFE0104900)；“948”重点项目(2016-X48)；中央级公益性科研院所基本科研业务费项目(1610332016021，1610332017002)；内蒙古自然科学基金(2015MS0388)
* 通信作者 E-mail：liuaiping806@sohu.com

迁飞型向居留型转化的不可逆的第 2 次调控机制，从而系统揭示了黏虫迁飞为害的内在原因与适应机制。同时，由于黏虫繁殖能力强，较易人工饲养，所以常作为寄生及捕食性天敌昆虫扩繁的替代寄主，用以人工大规模扩繁天敌昆虫，对靶标害虫进行防治。所以为了更好地人工饲养黏虫，本文对黏虫能源物质指标与寄主植物的关系进行了研究。

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。昆虫体内主要的能源物质包括可溶性蛋白质、可溶性糖、脂肪等。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，是至关重要的营养物质，还是昆虫各种细胞和亚细胞膜结构的重要组成部分。吴孔明和郭予元[13]对棉铃虫飞翔的能源物质及消耗进行了研究，发现初羽化个体的能源储备主要为甘油酯；甘油酯和糖原是棉铃虫飞翔的能源物质，蛋白质含量和飞行活动无明显的相关关系。王梦圆等[14]对伞裙追寄蝇飞行动态能耗进行了研究，得出伞裙追寄蝇飞行过程先消耗糖原，之后再利用甘油酯作为其能源提供。关于黏虫的能源物质也有一些研究，李克斌和罗礼智[15]研究了不同幼虫密度对黏虫成虫能源物质的影响，得出幼虫密度不仅影响到初羽化成虫能源物质的含量，而且也可能影响到成虫能源物质特别是甘油酯的代谢。蔡彬等[16]分析了温、湿度对黏虫成虫飞行能源物质利用的影响，发现温、湿度对成虫飞行能源物质消耗有显著影响。昆虫的行为与体内能源物质息息相关，对于植食性昆虫来说，寄主植物是其获取能源物质的直接来源。

昆虫从植物获得食料是最原始的生态关系，植物所含的营养成分是昆虫生长发育和繁殖的必要条件。本试验主要是探讨不同龄期黏虫体内能源物质含量，以及食物中蛋白质与纤维素的含量与黏虫体内能源物质的关系，从而为深入开展黏虫的营养生态学研究奠定基础，为寄主昆虫及天敌昆虫大规模扩繁提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

#### 1.1.1 供试昆虫

黏虫幼虫均选用‘辽单青贮 625’玉米叶在实验室内饲喂扩繁，选用连续培养的第 9 代幼虫进行本试验。采用不同寄主植物对黏虫幼虫进行饲喂，将孵化出的 1 龄幼虫移至铺有滤纸的幼虫饲养盒中，每盒 30 头，每日两次往饲养盒中放置寄主植物并取出残渣，幼虫 2 龄以后每日清理盒中粪便。分别对 3、4、5 龄期的幼虫能源物质进行提取。

#### 1.1.2 供试植物

选用无农药包衣的青贮玉米 *Zea mays* L.（‘辽单青贮 625’）、小麦 *Triticum aestivum* L.（‘内麦 5 号’）、燕麦 *Avena sativa* L.（‘贝勒’）、老芒麦 *Elymus sibiricus* Linn.（野生品种）4 种禾本科植物在室内育苗架上进行种植（温度 25℃ ±1℃，湿度为 30%～40%），并饲喂不同龄期黏虫。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 黏虫可溶性蛋白质含量的测定

参照 Bradford 的考马斯亮蓝 G-250 法测定蛋白质的含量。用牛血清蛋白制作标准曲线。分别取 3 龄幼虫 8 头，加入冰冷磷酸缓冲液 2 mL，4 龄 4 头、加入冰冷磷酸缓冲液 4 mL，5 龄 3 头，加入冰冷磷酸缓冲液 3 mL，于冰水浴中匀浆。匀浆液于高速离心机10 000 g，4℃离心 10 min，取上清液作提取液[17]，加 1%考马斯亮蓝试剂 5 mL，混合均匀，25℃水浴 5 min，室内平衡后与 595 nm 测定 OD 值。每个处理 3 次重复。根据制作的标准曲线计算出蛋白质含量。

#### 1.2.2 黏虫可溶性糖含量的测定

采用蒽酮比色法，用葡萄糖制作标准曲线。取 3 龄幼虫 8 头，加去离子水 1 mL；4 龄幼虫 4 头，加去离子水 1 mL；5 龄幼虫 3 头，加去离子水 3 mL。于冰水浴中匀浆。匀浆液于冷冻高速离心机上，15 000 r/min，25℃离心 10 min，取上清液作提取液[17]。根据标准曲线计算糖含量。

#### 1.2.3 黏虫幼虫甘油酯含量测定

参照 Bligh & Dyer 的乙酰丙酮法测定甘油酯含量，以三油酸甘油酯标准液作标准曲线。按 3 龄幼虫 8 头，加去离子水 1 mL；4 龄幼虫 4 头，加去离子水 1 mL；5 龄幼虫 3 头，加去离子水 3 mL，匀浆。匀浆液于高速冷冻离心机上，15 000 r/min，25℃离心 10 min，取上清液作提取液。取 0.05 mL 样品加入 3 mL 提取剂，充分混匀，加 0.5 mL 的0.04 mol/L 硫酸溶液，静置分层，吸取 0.5 mL 上清液于另一试管中，加入 1.5 mL 皂化剂，摇匀，65℃水浴保温

5 min,再加入 1 mL 氧化剂、1 mL 乙酰丙酮试剂,摇匀后再次置于 65℃水浴 10 min。以事先配制好的标准液为对照,于紫外分光光度计中420 nm处比色,测定 OD 值,计算甘油酯含量。

**1.2.4** 寄主植物蛋白及粗纤维提取

委托内蒙古农牧渔业生物实验研究中心对 4 种黏虫寄主植物的粗蛋白及粗纤维进行测定,测定方法参照国家标准(GB/T 6432-1994、GB/T 6434-20)。

**1.2.5** 数据统计分析

对测定所得数据采用 DPS 软件进行统计分析,经方差分析测定其显著性并进行 Duncan 氏多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 取食不同寄主植物黏虫幼虫体内蛋白含量

取食不同寄主植物的不同龄期黏虫幼虫体内蛋白含量测定结果(表 1)表明,取食燕麦的 3、4、5 龄幼虫体内蛋白含量均高于取食其他寄主植物,含量分别为 224.87、303.95、262.70 μg/mg,且差异显著($P<0.05$)。3 龄黏虫取食老芒麦时体内蛋白含量最低,为 129.27μg/mg;4 龄及 5 龄黏虫取食玉米时体内的蛋白含量最低,分别为 163.73 μg/mg 和 188.80 μg/mg。说明喂食燕麦能够显著增加黏虫幼虫体内蛋白含量。

**表 1 取食不同寄主植物各龄期黏虫幼虫体内能源物质的含量**[1)]

**Table 1 Contents of energy substances in larvae of *Mythimna separata* at different ages on different host plants**

| 寄主植物 Host plant | 蛋白/μg·mg$^{-1}$ Protein | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 3 龄 3rd instar | 4 龄 4th instar | 5 龄 5th instar | 均值 Mean |
| 小麦 Wheat | (188.14±9.62)abAB | (201.32±23.43)cBC | (218.28±12.00)bBC | (202.58±9.19)bB |
| 玉米 Corn | (161.31±13.72)bAB | (163.73±17.81)cC | (188.80±2.00)cC | (171.28±7.86)bB |
| 老芒麦 Siberian wildrye grass | (129.27±10.99)bB | (253.38±8.67)bAB | (233.10±11.37)bAB | (205.25±19.91)bB |
| 燕麦 Oat | (224.87±29.69)aA | (303.95±1.85)aA | (262.70±5.16)aA | (263.84±14.36)aA |
| 寄主植物 Host plant | 甘油酯/μg·mg$^{-1}$ Glyceride | | | |
| | 3 龄 3rd instar | 4 龄 4th instar | 5 龄 5th instar | 均值 Mean |
| 小麦 Wheat | (104.34±13.50)abA | (175.34±11.38)aA | (147.92±14.87)aA | (142.53±12.30)aA |
| 玉米 Corn | (78.33±17.80)bA | (95.53±12.49)bcB | (146.21±7.99)aA | (106.69±12.19)aA |
| 老芒麦 Siberian wildrye grass | (212.16±70.46)aA | (90.05±0.88)cB | (154.48±13.40)aA | (152.23±27.20)aA |
| 燕麦 Oat | (134.35±5.98)abA | (120.97±2.85)bB | (143.17±10.36)aA | (132.83±4.80)aA |
| 寄主植物 Host plant | 可溶性糖/μg·mg$^{-1}$ Soluble sugar | | | |
| | 3 龄 3rd instar | 4 龄 4th instar | 5 龄 5th instar | 均值 Mean |
| 小麦 Wheat | (220.81±26.40)bAB | (136.66±33.04)aA | (271.39±4.80)aA | (209.62±22.32)aA |
| 玉米 Corn | (71.94±13.47)cC | (46.55±1.88)bA | (87.43±18.22)bB | (68.64±8.28)bB |
| 老芒麦 Siberian wildrye grass | (268.11±17.40)aA | (71.78±2.37)abA | (298.99±15.68)aA | (212.96±35.99)aA |
| 燕麦 Oat | (215.12±9.80)bB | (98.24±22.46)abA | (272.10±21.32)aA | (195.16±27.15)aA |

1) 同列数据后标有不同字母表示差异显著。
Different letters in the same column indicate significant difference.

### 2.2 取食不同寄主植物黏虫幼虫体内甘油酯含量

取食不同寄主植物的不同龄期黏虫幼虫体内甘油酯含量测定结果(表 1)表明,3 龄幼虫取食老芒麦时体内甘油酯含量最高,为 212.16 μg/mg,饲喂玉米时体内甘油酯含量最低,为 78.33 μg/mg;4 龄黏虫取食小麦时体内甘油酯含量最高,为 175.34 μg/mg,与取食其他植物有显著差异($P<0.05$),取食老芒麦时黏虫体内甘油酯含量最低,为 90.05 μg/mg;5 龄黏虫取食老芒麦时体内甘油酯含量最高,为 154.48 μg/mg,取食燕麦时黏虫体内甘油酯含量最低,为 143.17 μg/mg。取食不同植物对黏虫体内甘油酯含量没有显著影响($P>0.05$)。

### 2.3 取食不同寄主植物黏虫幼虫体内可溶性糖含量

取食不同寄主植物的不同龄期黏虫幼虫体内可溶性糖含量测定结果(表 1)表明,3 龄黏虫幼虫取食老芒麦时体内可溶性糖含量最高,为 268.11 μg/mg,显著高于取食其他植物($P<0.05$),取食玉米时体内可溶性糖含量最低,为 71.94 μg/mg,与取食其他植物差异显著($P<0.05$);4 龄黏虫幼虫取食小麦时体内可溶性糖含量最高,为 136.66 μg/mg,取食玉米时体内可溶性糖含量最低,为46.55 μg/mg;5 龄黏虫幼虫取食老芒麦时体内可溶性糖含量最高,为 298.96 μg/mg,取食玉米时体内可溶性糖含量最

低，为 87.43 μg/mg。取食玉米的黏虫幼虫体内可溶性糖含量均值为 68.64 μg/mg，显著低于喂食其他植物时幼虫体内的可溶性糖含量（$P<0.05$）。

### 2.4 植物粗蛋白含量与黏虫能源物质相关分析

4 种植物粗蛋白含量与黏虫能源物质含量的相关分析结果（图 1）表明，寄主植物粗蛋白含量与黏虫体内能源物质含量均呈正相关关系，其中与可溶性蛋白含量和甘油酯含量呈极显著正相关（$P<0.01$），回归方程分别为 $y=2.793x+120.89$（$r=0.350\ 9$），$y=3.644\ 1x+16.34$（$r=0.902\ 3$）。寄主植物粗蛋白含量与可溶性糖含量也达到显著正相关（$P<0.05$）。回归方程为 $y=13.28x-255.64$（$r=0.932\ 8$）。

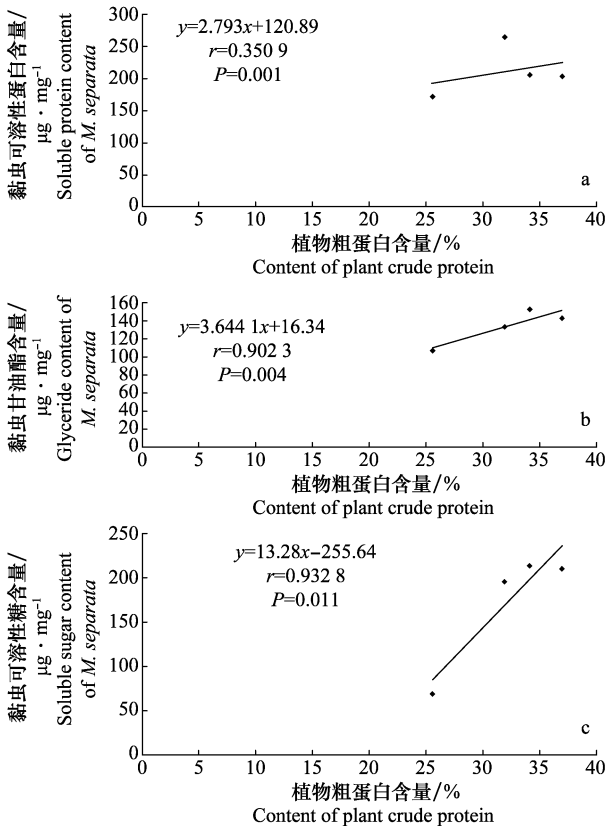



**图 1 植物粗蛋白与黏虫幼虫体内蛋白(a)、甘油酯(b)、可溶性糖(c)含量的相关分析**

**Fig. 1 Correlation analysis of protein (a), glyceride (b) and soluble sugar (c) contents in the larvae of *Mythimna separata* and plant crude protein**

### 2.5 植物粗纤维含量与黏虫能源物质相关分析

4 种植物粗纤维含量与黏虫能源物质的相关分析结果（图 2）表明，寄主植物粗纤维含量与黏虫体内能源物质含量均呈负相关关系，其中与可溶性蛋白含量和甘油酯含量呈极显著负相关（$P<0.01$），回归方程分别为 $y=-26.445x+626.39$（$r=-0.777\ 0$），$y=-13.974x+353.2$（$r=-0.809\ 2$）。与可溶性糖含量也达到显著负相关（$P<0.05$）。回归方程为 $y=-57.868x+1\ 081.1$（$r=-0.950\ 5$）。

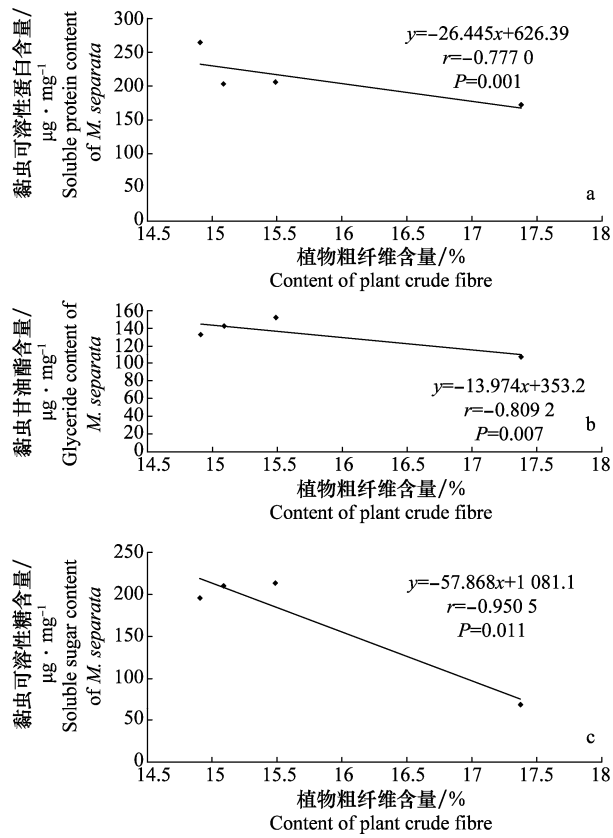



**图 2 植物粗纤维与黏虫幼虫体内蛋白(a)、甘油酯(b)、可溶性糖(c)含量的相关分析**

**Fig. 2 Correlation analysis of protein (a), glyceride (b) and soluble sugar (c) contents in the larvae of *Mythimna separata* and plant crude fibre**

## 3 讨论

昆虫从植物获得食料是最原始的生态关系，植物所含的营养成分是昆虫生长发育和繁殖的必要条件，同时植物为昆虫提供生境，影响昆虫对食料的选择，还对昆虫有生态保护作用。植物能为昆虫提供充分的营养成分[18-20]。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等生命过程中所需的能量。本试验对不同寄主植物对黏虫幼虫体内能源物质的影响进行了分析，发现饲喂寄主植物对黏虫体内蛋白含量的影响为燕麦＞老芒麦＞小麦＞玉米，喂食燕麦的黏虫体内蛋白含量达到 263.84 μg/mg，显著高于喂食其

他 3 种植物($P<0.05$);饲喂寄主植物对黏虫体内甘油酯含量的影响为老芒麦>小麦>燕麦>玉米,甘油酯含量在 106.69 μg/mg 到 152.23 μg/mg 之间,喂食 4 种植物之间没有显著差异;饲喂寄主植物对黏虫体内可溶性糖含量的影响为老芒麦>小麦>燕麦>玉米,喂食玉米的黏虫体内可溶性糖含量为 68.64 μg/mg,显著低于喂食其他 3 种植物($P<0.05$)。结果得出不同寄主植物对黏虫幼虫体内能源物质有显著影响,这与曹玲[17]对饲喂不同寄主植物甜菜夜蛾体内能源物质变化的研究结果一致。

目前对黏虫进行大规模扩繁都是采用人工饲料,但多代扩繁以后容易出现世代退化严重、体内能源物质变化明显、发育不一致等问题,如果想要得到世代性状相近,发育一致度较高的黏虫进行精确试验的时候,还是需要使用寄主植物直接对黏虫幼虫进行饲喂扩繁的方式。而目前使用寄主植物对黏虫进行饲养都是使用玉米植株作为黏虫产卵、幼虫饲养的场所及饲料。本试验结果得出饲喂玉米的黏虫幼虫体内所含的能源物质含量是最低的,可溶性蛋白为 171.28 μg/mg、甘油酯含量为 106.69 μg/mg、可溶性糖含量为 68.64 μg/mg。所以玉米不是最佳的黏虫扩繁植物;在黏虫幼虫 4 龄时,只有小麦能够提供给其充足的甘油酯和可溶性糖。根据本试验结果,我们提出一种较为科学的黏虫幼虫饲养方法设想,在黏虫 1～3 龄时使用燕麦加老芒麦进行饲喂;到 4 龄时使用燕麦加小麦饲喂;在 5 龄以后再用燕麦加老芒麦饲喂。使黏虫在整个幼虫发育期都有充分的能源物质供其正常活动、生长及发育。

昆虫的寄主植物由于营养物质构成不同对昆虫的生长发育及繁殖具有重要的影响[21],本试验对黏虫 4 种寄主植物粗蛋白及纤维素进行了测定,并与黏虫体内能源物质进行了相关性分析,得出寄主植物粗蛋白含量与黏虫体内能源物质含量均呈正相关关系,其中与可溶性蛋白含量和甘油酯含量呈极显著正相关($P<0.01$),结果与曹玲[17]利用 3 种不同寄主植物对甜菜夜蛾能源物质的影响的研究一致;寄主植物粗纤维含量与黏虫体内能源物质含量均呈负相关关系,其中与可溶性蛋白含量和甘油酯含量呈极显著负相关($P<0.01$)。说明黏虫幼虫体内能源物质含量与饲喂的寄主植物所含不同物质含量具有显著的相关性。

本试验在测定寄主植物中主要营养物质粗蛋白和纤维素含量的基础上,分析不同寄主对黏虫体内能源物质含量的影响及植物营养物质与黏虫体内能源物质的关系,提出黏虫幼虫精准饲养的方法,以供更好地阐明寄主植物与黏虫生长发育、运动迁移的关系,为黏虫的饲养生态学及可持续治理提供依据。

## 参考文献


[1] 曾娟,姜玉英,刘杰. 2012 年黏虫暴发特点分析与监测预警建议[J]. 植物保护,2013,39(2):117-121.

[2] 李光博. 我国粘虫研究概况及主要进展[J]. 植物保护,1993,19(6):2-4.

[3] 李光博,王恒祥,胡文绣. 粘虫季节性迁飞为害假说及标记回收试验[J]. 植物保护学报,1964,3(2):101-109.

[4] 张志涛,李光博. 粘虫飞翔生物学特性初步研究[J]. 植物保护学报,1985,12(2):93-100.

[5] 罗礼智,李光博,曹雅忠,等. 粘虫幼虫密度对成虫飞行与生殖的影响[J]. 昆虫学报,1995,38(1):38-45.

[6] 曹雅忠,罗礼智,郭军. 粘虫生殖和飞翔与幼虫期营养的关系[J]. 昆虫学报,1996,39(1):105-108.

[7] 曹雅忠,李光博,胡毅. 光周期对粘虫生殖与飞翔影响的初步研究[J]. 生态学报,1997,17(4):402-406.

[8] 江幸福,刘悦秋,罗礼智,等. 高温对粘虫未成熟期生长发育的影响[J]. 北京农学院学报,1998,13(2):20-26.

[9] 江幸福,罗礼智. 粘虫蛹期及成虫期环境温度对成虫飞行能力的影响[M]//陈晓峰. 生态环境研究与可持续发展. 北京:环境科学出版社,1997:274-280.

[10] 江幸福,罗礼智,胡毅. 饲养温度对粘虫蛾飞行与生殖能力的影响[J]. 生态学报,2000,20(2):288-299.

[11] 江幸福,蔡彬,罗礼智,等. 温、湿度综合作用对粘虫蛾飞行能力的影响[J]. 生态学报,2003,23(4):738-743.

[12] JIANG Xingfu, LUO Lizhi, ZHANG Lei, et al. Regulation of migration in the oriental armyworm, *Mythimna separata* (Walker) in China: A review integrating environmental, physiological, hormonal, genetic, and molecular factors [J]. Environmental Entomology, 2011, 40(3): 516-533.

[13] 吴孔明,郭予元. 棉铃虫飞翔的能源物质及消耗[J]. 昆虫学报,1998,41(1):15-20.

[14] 王梦圆,刘爱萍,韩海斌,等. 伞裙追寄蝇能源物质积累及其飞行动态能耗[J]. 草地学报,2016,24(4):901-905.

[15] 李克斌,罗礼智. 粘虫幼虫密度对成虫能源物质含量的影响[J]. 昆虫学报,1998,41(3):250-257.

[16] 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):1068-1074.

[17] 曹玲. 不同蛋白质含量的人工饲料对甜菜夜蛾能源物质的影响[J]. 西南师范大学学报,2007,32(1):102-106.

[18] 李志安,王伯荪. 关于植物营养生态学[J]. 生态科学,1999,18(4):43-47.

[19] 邱明生,徐学勤. 角倍蚜与其寄主间营养关系的研究[J]. 西南农业大学学报,1996,18(6):613-617.

[20] 侯茂林,盛承发. 食物对棉铃虫生长发育及繁殖的影响[J]. 昆虫学报. 2000,43(2):167-175.

[21] 滕海媛,王冬生,史苹香,等. 不同食物对甜菜夜蛾生长发育参数的影响[J]. 应用昆虫学报,2012,49(6):1474-1481.


(责任编辑:田　喆)