营养物质和水分对韭菜迟眼蕈蚊成虫繁殖和寿命的影响*

周仙红[1**] 曹 雪[1] 沈一凡[2] 庄乾营[1]
张思聪[1] 于 毅[1***] 张安盛[1***]

（1. 山东省农业科学院植物保护研究所，山东省植物病毒学重点实验室，济南 250100；
2. 郯城县农业综合执法大队，临沂 276100）

摘 要 **【目的】** 研究韭菜迟眼蕈蚊 *Bradysia odoriphaga* 成虫对营养物质的选择补充习性，找出对其产卵繁殖起重要作用的关键因子，为其有效防控提供依据。**【方法】** 通过室内成虫单独配对试验，研究不同营养物质（花粉、蜂蜜、维生素、糖、醋、酒）和水分对韭菜迟眼蕈蚊成虫繁殖和寿命的影响。**【结果】** 随着花粉、蜂蜜和维生素浓度的增加，成虫的繁殖力下降；糖醋酒液单一成分和混合液对成虫繁殖和寿命的影响与水分相近；补充供试营养物质和水分对韭菜迟眼蕈蚊的繁殖力均明显高于干燥对照。补充水分的成虫繁殖力最高，产卵率超过 70%，单雌平均产卵量达 70 粒，雌雄成虫寿命最长均超过 3 d。土壤湿度对产卵有显著影响，土壤相对湿度为 40%和 50%时，成虫的落卵率超过 25%，落卵量大于 480 粒，显著高于其它湿度（$P<0.05$）。**【结论】** 水分是影响韭菜迟眼蕈蚊成虫繁殖和寿命的关键因子，供试的营养物质对韭菜迟眼蕈蚊繁殖没有促进作用，因此在韭菜迟眼蕈蚊成虫盛发期可以通过控制田间土壤湿度来影响韭菜迟眼蕈蚊繁殖。

关键词 韭蛆，营养物质，寿命，繁殖

Effects of supplementary nutrition and water on the reproduction and longevity of *Bradysia odoriphaga*

ZHOU Xian-Hong[1**] CAO Xue[1] SHEN Yi-Fan[2] ZHUANG Qian-Ying[1]
ZHANG Si-Cong[1] YU Yi[1***] ZHANG An-Sheng[1***]

(1. Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Science, Key Laboratory for Plant Virology of Shandong, Jinan 250100, China; 2. Agricultural Comprehensive Law Enforcement Unit of Tancheng, Linyi 276100, China)

Abstract **[Objectives]** To provide a theoretical basis for controlling *Bradysia odoriphaga* by managing natural environmental factors. [**Methods**] The effects of supplementary nutrition (pollen, honey, vitamin, sugar, acetic acid and ethanol), and water, on the reproduction and longevity of *B. odoriphaga* were assessed in the laboratory. **[Results]** Supplementary nutrition and water significantly improved adult reproduction and prolonged longevity compared to dry filter paper. Water had the greatest positive effect on reproduction and longevity; insects provided with water had an oviposition rate > 70%, fecundity per female > 70, and adult male and female longevity > 3 days. Soil moisture also significantly affected reproduction; the oviposition rate was higher when soil-RH was 40%-50%. **[Conclusion]** Water had the most important effect on the reproduction and longevity of *B. odoriphaga*, indeed, adults did not need any other nutrition. We can improve control of *B. odoriphaga* by controlling their access to water in the field.

Key words *Bradysia odoriphaga*, nutrition substance, longevity, reproduction

---

*资助项目 Supported projects：公益性行业（农业）科研专项（201303027）；山东省自然科学基金（ZR2014CQ049）

**第一作者 First author，E-mail：zhouxianhong82@163.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：robertyuyi@163.com；zhangansheng2003@163.com

收稿日期 Received：2016-11-01，接受日期 Accepted：2016-11-10

自然界中许多昆虫的成虫羽化后都具有补充营养的习性。鞘翅目、膜翅目、鳞翅目等多数昆虫在成虫羽化后需要补充营养才能促进生殖系统（高旭等，2009），特别是卵巢的良好发育（江幸福等，2015），从而达到性成熟，实现成功繁殖（江幸福等，2000；潘永振等，2000；林长春等，2003b；伍和平和李保平，2007）。补充营养物质可显著延长昆虫的寿命，从而增加产卵量，有利于种群的增殖和繁衍（梁光红等，2007；郭祥令等，2011）。已有研究发现植物汁液、蜜露和花粉等均可作为昆虫补充营养的营养源（高旭等，2009）；维生素是绝大部分昆虫生长发育所需的必须物质，维生素的缺乏会影响很多代谢过程，使昆虫的生长发育受阻、组织和细胞发生病变，维生素经常被添加于棉铃虫 *Helicoverpa armigera*（姜兴印等，2000）、稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis*（李传明等，2011）等害虫的人工饲料中。生产中可以用不同浓度配比的糖醋酒液对部分害虫进行诱杀，其中重要原因正是基于大部分昆虫具有补充营养的生活习性（鲍晓文，2010）。

韭菜迟眼蕈蚊 *Bradysia odoriphaga* Yang *et* Zhang，属双翅目，眼蕈蚊科，迟眼蕈蚊属，在中国大陆分布广泛（梅增霞等，2003），是我国特有的蔬菜害虫。该虫不仅能危害百合科、菊科、藜科、十字花科、葫芦科、伞形花科等 7 科 30 多种蔬菜（王萍等，2011a），还能危害食用菌（卢巧英等，2006）。韭菜迟眼蕈蚊幼虫在土壤中呈聚集分布（安立娜等，2014），主要聚集在韭菜鳞茎以及嫩茎处钻蛀取食，造成韭菜地下部分腐烂，地上部分轻者叶片瘦弱枯黄并逐渐倒伏，严重时整株死亡，防治难度大（王萍等，2011b；冯惠琴和郑方强，1987）。目前对韭菜迟眼蕈蚊的研究主要集中在形态特征、发生规律及如何安全有效的防控等方面，而对韭蛆成虫的补充营养习性及其对成虫的繁殖和寿命的影响的研究尚未见报道。本文探讨添加花粉、蜂蜜、维生素、糖、醋、酒 6 种营养物质和水分对韭菜迟眼蕈蚊成虫产卵及寿命的影响，探寻影响其产卵的关键营养因子，为田间有效防控韭菜迟眼蕈蚊产卵繁殖提供理论依据和数据支持。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

韭菜迟眼蕈蚊于 2003 年采自山东省寿光韭菜田，并于山东省农业科学院植物保护研究所养虫室内（(25±1) ℃，RH 75%±5%，L∶D=16∶8），用人工饲料（周仙红等，2015）连续多代饲养，每年 1~2 次采集田间种群对室内种群进行复壮，选择初羽化的健康成虫为试验用虫。

1.2 供试营养物质

花粉（油菜花粉，石城县康皇蜂业有限公司），洋槐蜂蜜（含量≥70%，江西意蜂实业有限公司），维生素（VC∶VE=1∶1）（VC：山东新华制药有限公司，VE：威海华新药业集团有限公司），绵白糖（山东省东方糖业有限公司），米醋（济南德馨斋食品有限公司），无水乙醇（AR：天津市富宇精细化工有限公司）。

1.3 试验方法

1.3.1 营养物质及糖醋酒液对韭菜迟眼蕈蚊成虫产卵的影响　以花粉（g）、蜂蜜（mL）、维生素（g）、绵白糖（g）、米醋（mL）、无水乙醇（mL）为营养物质，用蒸馏水配置营养物质溶液。其中花粉、蜂蜜、维生素（VC∶VE=1∶1）的供试浓度为 5%、10%和 15%，糖、醋、酒、糖醋酒混合溶液浓度分别为 3∶84、3∶81、1∶83、3∶3∶1∶80（王萍等，2011a）。

取直径 3.5 cm 培养皿，底部倒入 2 mm 厚 5%的琼脂液，待琼脂凝固后上铺滤纸，分别取蒸馏水或配制的溶液 120 μL 滴加到滤纸上，以无琼脂且不滴加任何液体的干燥处理为对照（CK），每个处理 3 组重复，每组重复 10 个培养皿；每皿放入 1 对韭菜迟眼蕈蚊成虫，将处理后的试虫放入（25±1）℃，RH 75%±5%，L∶D=16∶8 的养虫室内饲养，每隔 24 h 记录韭蛆成虫的产卵率（%）及产卵数量（粒），直至雌成虫死亡。试验过程中雄成虫先死亡时，及时补充新羽化的雄成虫。

1.3.2 营养物质及糖醋酒液对韭菜迟眼蕈蚊成虫寿命的影响　营养物质溶液配制和培养皿处

理方法同 1.3.1，每个处理 3 组重复，每组重复 10 头雌虫和雄虫，每皿放入 1 头成虫，每天观察直至成虫死亡，记录雄虫和雌虫的存活时间（d）。

1.3.3　土壤湿度对韭菜迟眼蕈蚊成虫产卵选择性的影响　将田园土放于塑料盒（底直径 7cm×高 6 cm×口直径 10 cm）内，土壤相对湿度（Soil relative humidity）设置为 10%、20%、30%、40%、50%、60%，田园土上铺干燥滤纸，在每盒内的滤纸上放 1 cm 韭菜假茎 2 段；将准备好的塑料盒放置于养虫笼（50 cm×40 cm×40 cm）中，并放入刚羽化的韭蛆雌雄成虫 200 对；每组处理重复 3 次；放入（25±1）℃，RH 75%±5%，L∶D=16∶8 的养虫室内，每隔 8 h 测定塑料盒内的土壤相对湿度，土壤相对湿度降低超过 5%时，用注射器从沿塑料盒边缘注入一定水分，保证土壤湿度的稳定；48 h 后统计每张滤纸上的落卵数量，计算落卵率。

1.4　数据处理

试验数据采用 SPSS17.0 统计软件进行分析，利用 Ducan's 新复极法进行处理间的差异显著性检验采用进行数据分析处理。

2　结果与分析

2.1　营养物质对韭菜迟眼蕈蚊成虫产卵的影响

表 1 结果表明，与 CK 干燥处理相比，添加营养物质溶液和蒸馏水会显著增加韭蛆成虫的产卵率和产卵数量。随着添加的营养物质浓度升高，其相应组的产卵率和产卵数量明显降低。其中浓度达到 15%时的 3 种营养物质都会显著降低成虫的产卵率（F=5.169，P=0.028）和产卵数量（F=19.464，P＜0.001），产卵率低至 60%以下，单雌产卵量在 40 粒左右。添加蒸馏水的处理显著高于其它处理组，其产卵率超过 70%，单雌产卵数量达 80 粒以上。

由表 2 结果可知，与 CK 干燥处理相比，添加醋和蒸馏水可以显著提高韭蛆成虫的产卵率。溶液添加后可以显著提高成虫的单雌产卵数量（F=2.570，P=0.084），但 4 种溶液和水之间差异不显著。与蒸馏水相比，糖醋酒液单一成分和混合液队韭蛆成虫的繁殖没影响。

2.2　营养物质对韭菜迟眼蕈蚊成虫寿命的影响

由表 3 结果可知，与 CK 干燥处理相比，添加溶液可以显著延长韭菜迟眼蕈蚊雌、雄成虫的寿命，其中添加水成虫寿命最长，雌虫寿命超过 2.5 d，雄虫寿命超过 3.5 d，明显长于添加 2 种营养物质（水和花粉：雌虫 F=27.239，P＜0.001；雄虫 F=16.335，P＜0.001。水和蜂蜜：雌虫 F=36.629，P＜0.001；雄虫 F=21.287，P＜0.001。水和维生素：雌虫 F=28.850，P＜0.001；雄虫 F=39.696，P＜0.001）；3 种营养物质的浓度间对韭菜迟眼蕈蚊雌雄成虫寿命没有显著性影响（花粉：雌虫 F=1.169，P=0.373；雄虫 F=0.300，P=0.751。蜂蜜：雌虫

表 1　不同营养物质及浓度对韭菜迟眼蕈蚊成虫产卵的影响

Table 1　Effects of different nutrition on reproduction of *Bradysia odoriphaga*

	营养物质 Nutrient	干燥 Dry	蒸馏水 Distilled water	浓度 Concentration		
				5%	10%	15%
产卵率（%） Reproduction rate (%)	花粉 Pollen	43.33±2.77 c	80.00±3.53 a	83.33±1.94 a	66.67±2.34 ab	53.33±5.33 bc
	蜂蜜 Honey	40.00±3.53c	86.67±2.34 a	63.33±2.34 b	53.33±6.73 bc	56.67±6.81 bc
	维生素 Vitamin	43.33±4.47 c	83.33±2.34 a	76.67±4.07 a	73.33±4.47 a	46.67±2.77 bc
单雌产卵量（粒） Number of eggs laid per female	花粉 Pollen	21.44±3.91 c	70.34±4.34 a	42.80±3.08 b	46.29±1.55 b	39.50±3.24 b
	蜂蜜 Honey	21.18±3.70 c	72.31±4.35 a	63.88±4.83 a	64.67±9.37 a	40.06±3.33 b
	维生素 Vitamin	21.71±3.94 c	72.98±5.02 a	59.50±3.06 a	42.01±2.92 b	44.45±6.65 b

表中数值为平均值±标准误，同行数据后标有不同字母表示同一行之间差异显著（P<0.05）。表 3 同。

Data are mean±SE, and followed by the different lowercase letters in the same line indicate significant difference at 0.05 level. The same as Table 3.

表 2 糖醋酒溶液对韭菜迟眼蕈蚊成虫产卵的影响
Table 2 Effects of sugar-acetic acid-ethanol water solutions on reproduction of *Bradysia odoriphaga*

营养物质 Nutrient	产卵率（%） Reproduction rate (%)	单雌产卵量（粒） Number of eggs laid per female
糖 Sugar	56.67±2.98 ab	82.47±7.34 b
醋 Acetic acid	80.00±7.08 b	80.66±9.67 b
酒 Ethanol	53.33±6.73 ab	70.63±2.24 b
混 Mixture	60.00±7.67 ab	74.42±2.90 b
水 Distilled water	73.33±9.30 b	79.17±4.01 b
干燥 Dry	46.67±5.33 a	27.28±7.25 a

表中数值为平均值±标准误，同列数据后标有不同字母表示同一列之间差异显著（P<0.05）。表 4，表 5 同。
Data are mean±SE, and followed by the different lowercase letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same as Table 4, Table 5.

F=1.015，P=0.417；雄虫 F=0.394，P=0.691。维生素：雌虫 F=0.194，P=0.829；雄虫 F=0.296，P=0.754）。

有表 4 可知，与 CK 干燥处理相比，添加溶液的处理会显著延长韭菜迟眼蕈蚊雌雄成虫的寿命，其中添加水延长成虫寿命最长，成虫寿命超过 3 d；与添加水相比，添加糖、醋、酒及混合溶液的成虫寿命明显缩短。补充其它供试物质溶液，韭菜迟眼蕈蚊成虫寿命反而缩短。

实验结果说明水分是成虫影响韭菜迟眼蕈蚊成虫寿命延长的关键因子。

2.3 土壤湿度对韭菜迟眼蕈蚊成虫产卵的影响

由表 5 可知，土壤相对湿度对韭菜迟眼蕈蚊成虫的产卵选择性有一定的影响，土壤相对湿度在 40%和 50%时的韭菜迟眼蕈蚊落卵率和落卵数量最高，落卵率超过 25%，落卵数量超过 480 粒，显著高于其它处理。土壤相对湿度过低和过高都不利于韭菜迟眼蕈蚊的产卵。

表 3 不同营养物质对韭菜迟眼蕈蚊成虫寿命的影响
Table 3 Effects of different nutrition on adult longevity of *Bradysia odoriphaga*

性别 Sex	营养物质 Nutrient	成虫寿命 Adult's lifetime (d)				
		CK (Dry)	蒸馏水 Distilled water	浓度 Concentration		
				5%	10%	15%
雄虫 Male	花粉 Pollen	1.30±0.33 c	3.57±0.26 a	2.93±0.12 b	3.20±0.21 b	2.83±0.19 b
	蜂蜜 Honey	1.33±0.10 c	3.80±0.06 a	2.87±0.13 b	3.17±0.20 b	2.93±0.12 b
	维生素 Vitamin	1.36±0.15 c	3.63±0.24 a	2.63±0.18 b	2.70±0.17 b	2.57±0.09 b
雌虫 Female	花粉 Pollen	1.34±0.14 c	3.07±0.28 a	2.57±0.12 ab	2.47±0.07 b	2.57±0.12 b
	蜂蜜 Honey	1.40±0.11 c	2.77±0.09 a	2.33±0.12 b	2.46±0.09 ab	2.37±0.12 b
	维生素 Vitamin	1.33±0.09 c	3.27±0.19 a	2.43±0.12 b	2.40±0.21 a	2.57±0.15 b

表 4 糖醋酒液对韭菜迟眼蕈蚊雌雄成虫寿命的影响
Table 4 Effects of sugar-acetic acid-ethanol water solutions on adult longevity of *Bradysia odoriphaga*

营养物质 Nutrient	成虫寿命 Adult's lifetime (d)	
	雄虫 Male	雌虫 Female
糖 Sugar	3.23±0.13 a	2.83±0.09 b
醋 Acetic acid	3.10±0.21 a	2.47±0.03 c
酒 Ethanol	2.60±0.06 b	2.60±0.15 bc
混 Mixture	2.47±0.03 b	2.50±0.12 c
水 Distilled water	3.33±0.15 a	3.37±0.19 a
CK (Dry)	1.29±0.18 c	1.34±0.13 d

表 5 土壤湿度对韭菜迟眼蕈蚊成虫产卵的影响
Table 5 Effects of soil relative humidity on reproduction of *Bradysia odoriphaga*

土壤相对湿度 Soil-RH	落卵率（%） Oviposition rate (%)	落卵数量（粒） Number of eggs
10%	5.58±0.39 a	103.00±5.00 a
20%	7.85±0.60 ab	145.00±14.00 ab
30%	22.46±1.73 c	414.50±12.50 c
40%	28.56±2.18 d	527.00±14.00 d
50%	26.20±1.25 d	483.50±13.50 d
60%	9.35±0.79 b	172.50±16.50 b

3　讨论

自然状态下，大部分昆虫成虫期都需要补充营养物质才能发挥其最大的生殖潜力，促进其繁衍和增值、扩大种群数量和规模（鲍晓文，2010；江幸福等，2015）。昆虫种类不同，成虫期营养对其生殖和寿命的影响亦不同。成虫期或产卵前期较长的昆虫，补充营养对其成虫正常生殖行为是必需的，如补充营养对梨小食心虫（鲍晓文，2015）、松褐天牛（林长春等，2003a； 2003b）、斑痣悬茧蜂（伍和平和李保平，2007）、槐栎象（高旭等，2009）、柑橘凤蝶（孔海龙等，2008）、寄生蜂（梁光红等，2007 ;伍和平和李保平，2007；朱楠等，2007）等成虫的产卵量、卵孵化率和成虫寿命等均有显著的促进影响。但对于成虫期较短的昆虫，补充营养对其成虫生殖的影响并不明显。如补充营养对甜菜夜蛾、非洲粘虫（江幸福等，2000）等成虫的产卵量、卵孵化率和成虫寿命等均无显著影响。研究表明韭菜迟眼蕈蚊成虫不取食、但可以饮水，且成虫期短，雌虫一般产卵当天死亡（汪玉新，2007）。本文实验也证明了这一结论，与添加蒸馏水相比，其它供试物质的添加对韭菜迟眼蕈蚊成虫寿命反而产生不利的影响，其中花粉、蜂蜜和维生素产生的不利影响较大，糖醋酒液等产生的不利影响较小。本文研究发现，与干燥状态相比，添加糖醋酒液一定程度上延长韭菜迟眼蕈蚊成虫的寿命并可以增加其平均单雌产卵量，揭示了为什么田间可以利用糖醋酒液引诱韭菜迟眼蕈蚊成虫。尽管补充营养对韭菜迟眼蕈蚊成虫的生殖行为和寿命并不是必需的，但同样会对韭菜迟眼蕈蚊成虫的繁殖力产生一定程度的影响，其中水分的补充是影响韭菜迟眼蕈蚊种群动态的重要因素，而产生这些差异的机理尚不明确，有待进一步研究。

土壤水分含量对韭菜迟眼蕈蚊的发生发展规律有重要的影响，土壤湿度是影响韭菜迟眼蕈蚊能否生长发育及发生程度的先决条件和重要因素（党志红等，2001）。韭菜迟眼蕈蚊的各个虫态都适宜隐蔽在湿润的环境中，韭菜地中地面经常保持湿润时则韭菜迟眼蕈蚊虫口数量高，不同质地的土壤中韭菜迟眼蕈蚊发生程度的顺序为中壤土＞轻壤土＞砂质土（翟旭等，1988），这是由于中壤土易于保持一定的土壤水分，从而为其生存提供了良好的栖息地。本文通过室内试验?研究水分和营养物质对韭菜迟眼蕈蚊成虫产卵及寿命的影响，明确了水分是产卵和寿命影响最重要的因子，同时进一步明确了不同的土壤相对湿度对其产卵的影响。韭菜迟眼蕈蚊成虫的补充水分就可以正常进行交配进而产下有效卵的行为对其环境适应能力以及种群繁衍具有重要意义，也是其容易大规模发生的原因之一。因此田间防治时，可以通过控制韭菜迟眼蕈蚊成虫时期韭菜田及周边环境湿度，一定程度上可望达到控制其种群数量的目的。先前研究发现糖醋酒液对韭菜迟眼蕈蚊成虫具有一定的吸引作用，虽然不足以控制成虫（周仙红等，2016）。但在田间可使用糖醋酒液预测预报韭菜迟眼蕈蚊成虫发生期及发生高峰，本研究结果为在成虫期通过降低韭菜田土壤湿度提高糖醋酒液的诱杀效果提供了理论依据。

参考文献 (References)

An LN, Zhao X, Dong LX, Lu WY, Dong JZ, Wei GS, 2014. Bioactivity and safety evaluation of veratrine 0.5% SL against *Bradysia odoriphaga*. *Agrochemicals*, 53(12): 924–926. [安立娜, 赵鑫, 董立新, 路文雅, 董建臻, 魏国树, 2014. 0.5%藜芦碱可溶液剂对韭蛆的生物活性及安全性评价. 农药, 53(12): 924–926.]

Bao XW, 2010. Effects of complementary nutriments and short-time treatment on adult's reproduction and longevity of oriental fruit moth, *Grapholita molesta* Busck. Master dissertation. Yangling: Northwest A & F University. [鲍晓文, 2010. 补充营养和短期高温对梨小食心虫生殖及成虫寿命的影响. 硕士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学.]

Dang ZH, Dong JC, Gao JL, Jia HM, Zhang KM, 2001. Biology and injury of *Bradysia odoriphaga* on leek in different type of cultivation. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 24(4): 65–68. [党志红, 董建臻, 高占林, 贾海民, 张克锦, 潘文亮, 2001. 不同种植方式下韭菜迟眼蕈蚊发生为害规律的研究. 河北农业大学学报, 24(4): 65–68.]

Feng HQ, Zheng FQ, 1987. The study of occurrence regularity and control on *Bradysia odoriphaga*. *Journal of Shandong Agricultural University*, 18(1): 71–80. [冯惠琴, 郑方强, 1987. 韭蛆发生规律及防治研究. 山东农业大学学报, 18(1): 71–80.]

Gao X, Cao L, Xiao ZS, Pan HC, 2009. Effects of supplementary nutrition on adult lifetime of acorn weevils (*Curculio haroldi*). *Chinese Bulletin of Entomology*, 46(5): 718–722. [高旭, 曹林,

肖治术, 潘红春, 2009. 补充营养对棉铃象成虫寿命的影响. 昆虫知识, 46(5): 718–722.]

Guo XL, Wang DS, He YR, Luo YL, 2011. Effects of different nutritional resources on longevity and fecundity of *Trichogrammatoidea bactrae* Nagaraja. *Chinese Journal of Biological Control*, 27(4): 448–452. [郭祥令, 王德森, 何余容, 罗永丽, 2011 不同营养源对卷蛾分索赤眼蜂寿命和生殖力的影响. 中国生物防治学报, 27(4): 448–452.]

Jiang XF, Luo LZ, Hu Y, 2000. Effects of nutrition during adult stage on reproduction and flight capacity. *Acta Phytophylacica Sinica*, 27(4): 327–332. [江幸福, 罗礼智, 胡毅, 2000. 成虫期营养对甜菜夜蛾生殖和飞行的影响. 植物保护学报, 27(4): 327–332.]

Jiang XF, Yao R, Zhang L, Cheng YX, Liu YQ, Luo LZ, 2015. Effects of supplementary nutrition on adult reproduction and longevity of *Athetis lepigone* (Möschler). *Plant Protection*, 42(6): 1004–1008. [江幸福, 姚瑞, 张蕾, 程云霞, 刘彦群, 罗礼智, 2015. 补充营养对二点委夜蛾成虫生殖与寿命的影响. 植物保护学报, 42(6): 1004–1008.]

Jiang YX, Wang KY, Yi MQ, 2000. The study on improved artificial diet of *Helicoverpa armigera* Hübner. *Entomological Knowage*, 37(3): 183–185. [姜兴印, 王开运, 仪美芹, 2000. 棉铃虫人工饲料概述. 昆虫知识, 37(3): 183–185.]

Kong HL, Liang XC, Luo YZ, 2008. Effects of supplementary nutriments on the egg maturation and the longevity of the male swallowtail butterfly, *Papilio Xuthus* Linnaeus (Lepidoptera: Papilionidae). *Journal of Yunnan Agricultural University*, 3(23): 179–183. [孔海龙, 梁醒财, 罗佑珍, 2008. 补充营养对柑橘凤蝶卵成熟和雄虫寿命的影响. 云南农业大学学报, 3(23): 179–183.]

Li CM, Xu J, Yang YJ, Qi JH, Zheng XS, Wang Y, Liu Q, Lv ZX, 2011. Growth and reproduction of *Cnaphalocrocis medialis* fed on improved artificial diet. *Chinese Rice Science*, 25(3): 321–325. [李传明, 徐健, 杨亚军, 祁建杭, 郑许松, 王艳, 刘琴, 吕仲贤, 2011. 人工饲料饲养稻纵卷叶螟的生长发育与繁殖. 中国水稻科学, 25(3): 321–325.]

Liang GH, Chen JH, Huang JC, 2007. Effects of nutrition supplementary on the development, survival and reproduction of *Psyttalia incise*. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University* (*Natural Science Edition*), 1(3): 12–15. [梁光红, 陈家骅, 黄居昌, 2007. 补充营养对切割潜蝇茧蜂的生长发育与繁殖的影响. 福建农林大学学报(自然科学版), 1(3): 12–15.]

Lin CC, Lai MH, Lu G, Cai DY, Zhou CM, Zhao MN, 2003b. Effects of supplementary nutrition on adult reproduction of *Monochamus alternatus* Hope. *Forest Research*, 16(4): 398–403. [林长春, 赖明惠, 陆高, 蔡道尧, 周成枚, 赵绵年, 2003b. 补充营养材料对松褐天牛雌成虫繁殖力的影响. 林业科学研究, 16(4): 398–403.]

Lin CC, Lu G, Zhou CM, Zhao MN, 2003a. Effects of supplementary nutrition on adult lifetime of *Monochamus alternatus* Hope. *Forest Research*, 16(1): 69–74. [林长春, 陆高, 周成枚, 赵绵年, 2003a. 补充营养材料对松褐天牛成虫存活期的影响. 林业科学研究, 16(1): 69–74.]

Lu QY, Zhang WX, Guo WL, Zhang Y, 2006. A preliminary study on distributing phase and sampling methods of *Braidysia olaiphage* larva in Chinese chive Field. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 15(2): 75–77. [卢巧英, 张文学, 郭卫龙, 张毅, 2006. 韭菜迟眼蕈蚊幼虫田间分布型及抽样技术研究初报. 西北农业学报, 15(2): 75–77.]

Mei ZX, Wu QJ, Zhang YJ, Hua L, 2003. The biology, ecology and management of *Bradysia odoriphaga*. *Entomological Knowledge*, 40(5): 396–398. [梅增霞, 吴青君, 张友军, 花蕾, 2003. 韭菜迟眼蕈蚊的生物学、生态学及其防治. 昆虫知识, 40(5): 396–398.]

Pan YB, Chen ZQ, Liao S, 2000. Effects of supplementary nutrition on adult lifetime and reproduction of *Plutella xylostella* (Linnaeus). *Yunnan Agricultural Science and Technology*, (4): 17–18. [潘永振, 陈宗麒, 缪森, 2000. 补充营养对小菜蛾寿命及繁殖力的影响. 云南农业科技, (4): 17–18.]

Wang P, Qin YC, Pan PL, Li PY, 2011a. The analysis of the volatile component from the sugar-acetic acid–ethanol water solutions and their trapping effects on *Bradysia odoriphaga*. *Journal of Plant Protection*, 38(6): 513–520. [王萍, 秦玉川, 潘鹏亮, 李鹏燕, 2011a. 糖醋酒液对韭菜迟眼蕈蚊的诱杀效果及其挥发物活性成分分析. 植物保护学报, 38(6): 513–520.]

Wang P, Qin YC, Zhu D, Li PY, Xie JJ, Geng YG, 2011b. Toxicity determination of biopesticide against *Bradysia odoriphaga* and its control effect in field. *China Plant Protecyion*, 31(5): 40–42. [王萍, 秦玉川, 朱栋, 李鹏燕, 谢建军, 耿以工, 2011b. 生物农药对韭菜迟眼蕈蚊的毒杀作用及田间药效. 中国植保导刊, 31(5): 40–42.]

Wang YX, 2007. Survival characteristics and reproductive characteristics of *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang. Master dissertation. Tai'an: Shan Dong Agricultural University. [汪玉新, 2007. 韭菜迟眼蕈蚊生物学特性与生殖特性的研究. 硕士学位论文. 泰安: 山东农业大学.]

Wu HP, Li BP, 2007. Influence of supplementary food on longevity and feeding behavior of *Meteorus pulchricornis* (Hymenoptera: Braconidae). *Chinese Journal of Biological Control*, 23(2): 184–187. [伍和平, 李保平, 2007. 补充营养对斑痣悬茧蜂寿命和取食行为的影响. 中国生物防治, 23(2): 184–187.]

Zhai X, Zhong JX, Guo DM, 1988. The study of *Bradysia odoriphaga*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 25(4): 212–215. [翟旭, 仲济学, 郭大鸣, 1988. 韭菜迟眼蕈蚊研究初报. 昆虫知识, 25(4): 212–215.]

Zhou XH, Zhang SC, Zhuang QY, Zhai YF, Yu Y, 2016. Comparison of treating methods on *Bradysia odoriphaga* adults under different cultivation patterns. *Plant Protection*, 42(1): 243–248. [周仙红, 张思聪, 庄乾营, 翟一凡, 于毅, 2016. 不同栽培模式下韭菜迟眼蕈蚊诱集方法比较. 植物保护, 42(1): 243–248.]

Zhou XH, Zhang SC, Zhuang QY, Zhang AS, Li LL, Men XY, Zhai YF, Yu Y, 2015. Screening and evaluation of the artificial diets of *Bradysia odoriphaga* Yang et Zhang (Diptera: Sciaridae). *Acta Entomologica Sinica*, 58(11): 1245–1252. [周仙红, 张思聪, 庄乾营, 张安盛, 李丽莉, 门兴元, 翟一凡, 于毅, 2015. 韭蛆人工饲料配方筛选及饲养效果比较. 昆虫学报, 58(11): 1245–1252.]

Zhu N, Zheng L, Liu S, Wang YB, Zhang HQ, Wei GS, 2007. Effect of photoperiod and adult supplementary nutrition on development of *Encarsia formosa* Gahan. *Chinese Journal of Biological Control*, 23(3): 290–291. [朱楠, 郑礼, 刘顺, 王玉波, 张海强, 魏国树, 2007. 光周期及成虫期补充营养对丽蚜小蜂生长发育的影响. 中国生物防治, 23(3): 290–291.]