

二点委夜蛾幼虫虫龄的测定*

李召波^{1**} 李静雯¹ 赵楠² 于毅¹ 张安盛¹ 翟一凡¹ 李丽莉^{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. 莱州市农业技术推广站, 莱州 261400)

摘要 【目的】二点委夜蛾 *Athetis lepigone* (Möschler), 属鳞翅目夜蛾科。我国于 2005 年 7 月在河北省夏玉米田首次发现。近年来, 该虫发生范围不断扩大, 为害日益加重, 因此应制定科学有效的防治策略。幼虫的虫龄和龄期测定是害虫预测预报以及制定科学防治策略的重要依据。【方法】本文通过测量二点委夜蛾幼虫头壳宽度、体长、体重, 对幼虫虫龄的划分进行了研究。根据所测数据的频次分布图及 Dyar 定律推测幼虫虫龄数, 并运用 Crosby 生长法则和线性回归的方法进行验证。【结果】经测量, 幼虫头壳宽度值呈现出 5 个明显的集中区, 1~5 龄幼虫头壳宽度分别为 0.50~0.62、0.64~0.76、0.82~0.94、1.00~1.12、1.24~1.40 mm。幼虫体长呈现出 4 个较明显的集中区, 分别为 2.00~6.50、7.50~12.50、14.50~17.50、18.50~23.00 mm。而实际观察测得 1~5 龄幼虫体长范围分别为 1.96~3.60、2.78~4.10、3.98~6.20、5.38~12.48、14.06~22.96 mm。1~5 龄幼虫体重范围分别为 <0.0001、0.0003~0.0009、0.0005~0.0036、0.0027~0.0240、0.0337~0.1332 g。【结论】研究结果表明, 幼虫头壳宽度可用于分龄, 二点委夜蛾幼虫共分为 5 龄。头壳宽度 y 与幼虫虫龄 x 的回归方程为 $y=0.4579e^{0.2121x}$ 。幼虫体长和体重在各龄间重叠度较大, 不宜用于幼虫虫龄的划分。

关键词 二点委夜蛾, 龄期, 头壳宽度, 体长, 体重

Determination of the larval instars of *Athetis lepigone* (Möschler)

LI Zhao-Bo^{1**} LI Jing-Wen¹ ZHAO Nan² YU Yi¹ ZHANG An-Sheng¹
ZHAI Yi-Fan¹ LI Li-Li^{1***}

(1. Key Laboratory for Plant Virology of Shandong, Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China; 2. Laizhou Municipal Bureau of Agriculture, Laizhou 261400, China)

Abstract [Objectives] *Athetis lepigone* (Möschler) (Lepidoptera: Noctuidae) was first discovered in China in a summer maize field in Hebei Province in 2005 July. The range of *A. lepigone* in China has expanded in recent years and the species is causing progressively more damage. Development of scientific control strategy for this pest is therefore timely. Determination of the larval instars and stadia is an important foundation for pest forecasting and the development of an effective control strategy. [Methods] Instars of *A. lepigone* were studied by measuring head capsule width, body length and body weight. A frequency distribution analysis and the Dyar's rule were used to determine the number of larval instars, which was tested using Crosby's growth rule and linear regression. [Results] We found that the larvae of *A. lepigone* could separated by head capsule width into 5 instars, and that the range of head capsule width from the 1st to 5th instar was 0.50-0.62, 0.64-0.76, 0.82-0.94, 1.00-1.12, and 1.24-1.40 mm, respectively. Larvae could be separated into 4 groups on the basis of body length, the range of each group being 2.00-6.50, 7.50-12.50, 14.50-17.50, and 18.50-23.00 mm. However, our practical observations indicate that the larval body length of the 1st to 5th instar ranged from 1.96-3.60, 2.78-4.10, 3.98-6.20, 5.38-12.48, and 14.06-22.96 mm, respectively. The range of larvae body weight from the 1st to 5th instar was <0.0001, 0.0003-0.0009, 0.0005-0.0036, 0.0027-0.0240, and 0.0337-0.1332 g. [Conclusion] The results indicate that head capsule width can be used for the separation of instars, and that the larvae of *A. lepigone* have 5 instars. The relationship between head capsule width (y)

* 资助项目: 农业公益性行业科研专项 (201303026)

**E-mail: lizhaobo521@126.com

***通讯作者, E-mail: zbsli3@163.com

收稿日期: 2013-12-24, 接受日期: 2014-04-10

and instar (x) can be described by the linear regression equation: $y=0.4579e^{0.2121x}$. Identification of instars on the basis of body length and body weight was unreliable due to the large degree of overlap in these measures.

Key words *Athetis lepigone*, stadium, head capsule width, body length, body weight

二点委夜蛾 [*Athetis lepigone* (Möschler)] 属鳞翅目 Lepidoptera 夜蛾科 Noctuidae, 委夜蛾属。据报道分布在日本、朝鲜、西伯利亚等亚洲地区和瑞典、芬兰等欧洲地区(姜京宇等, 2008)。我国于 2005 年 7 月在河北省首次发现二点委夜蛾危害玉米, 2011 年在黄淮海夏玉米区严重发生(姜玉英等, 2011), 幼虫为害玉米造成叶片缺刻破损, 茎基部被蛀孔、咬断, 植株倒伏以致枯死, 发生严重地区, 玉米植株危害率达 90% 以上(李丽莉等, 2012)。准确掌握幼虫虫龄, 是进一步研究其生物学特性、发生规律的重要基础, 更是预测预报及选择合适的防治时机的重要依据。因此, 我们选择测定二点委夜蛾幼虫的头壳宽度、体长和体重 3 种易于观测的生物学指标, 分析其生长发育规律以确定幼虫龄数。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

试虫为本实验室室内长期饲养的品系。饲养条件为: 温度 $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$, 相对湿度 $70\% \pm 10\%$, 光周期 L:D=14.5:9.5, 单头指型管人工饲料饲养。

1.2 测定方法

选取同一时间孵化、健壮的初孵幼虫移入 $2\text{ cm} \times 9\text{ cm}$ 的指型管中用人工饲料单头饲养, 每天定时观察, 临蜕皮前 1 h 观察 1 次, 选取同一时间蜕皮的幼虫移至另外的指型管中饲养, 幼虫孵化后当天测量体长, 体重, 每次蜕皮后的当天测量体长、体重, 并收集蜕下的头壳, 测量头壳最宽处。每次测量不少于 20 头, 幼虫体长和头壳宽度采用 50 分度的游标卡尺测量, 体重采用 CP214 电子天平(奥豪斯仪器(上海)有限公司, 实际分度值 0.0001 g)进行称量。

戴氏法则 Dyar's rule (或戴氏定律 Dyar's law) 认为鳞翅目幼虫各龄间头壳宽度按一定几何级数增长(雷朝亮和荣秀兰, 2011)。Crosby 生长法则是用于虫龄划分验证的经验公式, 该法则认为, Crosby 指数(绝对值)大于 10% 表明分龄指标的分组不合理。应用 Brooks 指数、Crosby 指数和线性回归的方法验证分龄的合理性。

Brooks 指数 $= x_n / x_{n-1}$ (x_n 和 x_{n-1} 分别表示 n 龄和 $n-1$ 龄幼虫各个测量指标的平均值)。

Crosby 指数 $= (b_n - b_{n-1}) / b_{n-1}$ (b_n 和 b_{n-1} 分别表示第 n 和 $n-1$ 个 Brooks 指数)。

1.3 数据统计

将各龄幼虫测定指标与相应龄数进行回归分析, 计算回归方程进一步验证分龄的合理性。各龄幼虫测定指标进行 One-way ANOVA 方差分析, 采用 Duncan's 多重比较法。所有数据分析借助 SPSS16.0 软件完成。

2 结果与分析

2.1 幼虫头壳宽度频次分布

将测量所得的幼虫头壳宽度值按一定组距, 整理成由小到大排列的频次分布表, 绘制幼虫头壳宽中值与频次关系图, 如图 1 所示: 二点委夜蛾幼虫头壳宽度中值呈现出 5 个明显的集中区。根据 Dyar 定律得出, 二点委夜蛾幼虫共 5 个虫龄。其中 1 龄幼虫头壳宽度范围为 0.50~0.62 mm, 平均为 0.56 mm; 2 龄幼虫头壳宽度范围为 0.64~0.76 mm, 平均为 0.70 mm; 3 龄幼虫头壳宽度范围为 0.82~0.94 mm, 平均为 0.88 mm; 4 龄幼虫头壳宽度范围为 1.00~1.12 mm, 平均为 1.05 mm; 5 龄幼虫头壳宽度范围为 1.24~1.40 mm, 平均为 1.32 mm。将幼虫头壳宽度测定值、Brooks

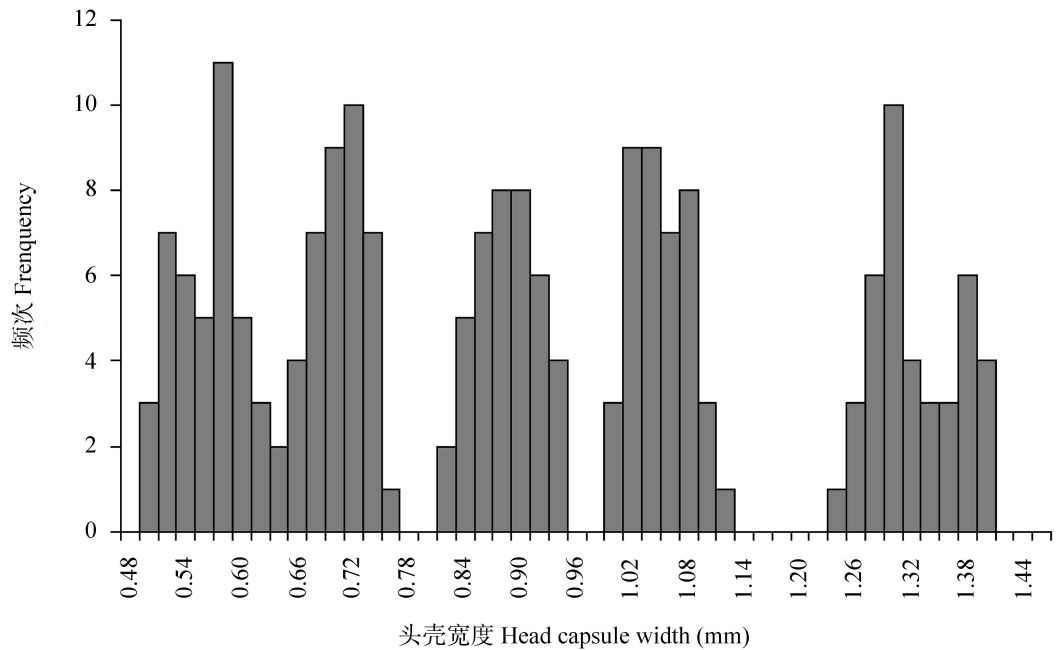


图 1 二点委夜蛾幼虫头壳宽度频次分布图
Fig. 1 Frequency histogram of head capsule width of *Athetis lepigone* larvae

表 1 二点委夜蛾幼虫头壳宽度测定值结果
Table 1 Measurements of head capsule width when larvae of *Athetis lepigone* are divided into five instars

虫龄 Instar	统计量 Number of samples	极值 Extremum (mm)	均值 Mean ± SE (mm)	Brooks 指数 Brooks' ratio	Crosby 指数 Crosby' s ratio
1	40	0.50-0.62	0.56±0.006 e	—	—
2	40	0.64-0.76	0.70±0.005 d	1.254	—
3	40	0.82-0.94	0.88±0.005 c	1.258	0.003
4	40	1.00-1.12	1.05±0.005 b	1.188	-0.056
5	40	1.24-1.40	1.32±0.007 a	1.260	0.061

各龄间头壳宽度采用 Duncan's 多重比较进行方差分析，相同字母者表示差异不显著 ($P \geq 0.05$)，下表同。
Data followed by the same letters are not significantly different by Duncan's multiple range test ($P \geq 0.05$). The same below.

指数和 Crosby 指数列于表 1，结果显示头壳宽度的 Crosby 指数均小于 10%，表明二点委夜蛾幼虫分为 5 龄是合理的。

2.2 幼虫虫龄和头壳宽度回归分析

将二点委夜蛾幼虫头壳宽度与龄级进行回

归分析。结果表明，二者呈指数关系， $r^2=0.9979$ ，大于 0.8，说明幼虫头壳宽度与龄级有显著的相关关系，进一步证明根据头壳宽度值来确定二点委夜蛾幼虫的虫龄是合理的（图 2）。

* 资助项目：农业公益性行业科研专项（201303026）
**E-mail: lizhaobo521@126.com
***通讯作者，E-mail: zbsli3@163.com
收稿日期：2013-12-24，接受日期：2014-04-10

2.3 幼虫体长频次分布

将测量所得的幼虫体长值按一定组距, 整理成由小到大排列的频次分布表, 绘制幼虫体长中值与频次关系图, 如图 3 所示: 二点委夜蛾幼虫中值呈现出 4 个较明显的集中区。第 1 个体长范围为 2.00~6.50 mm, 平均为 4.25 mm; 第 2 个幼虫体长范围为 7.50~12.50 mm, 平均为

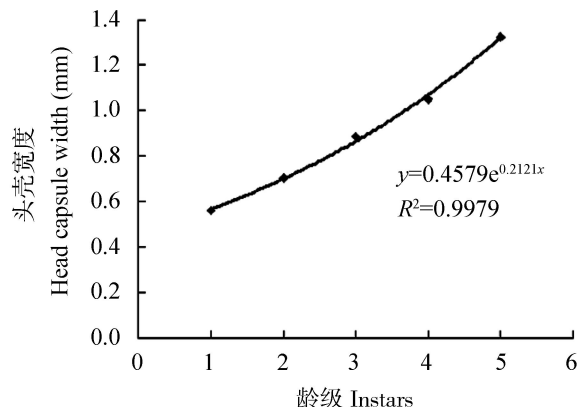


图 2 二点委夜蛾幼虫龄级与头壳宽度的回归关系

Fig. 2 Regression relationship between instars and head capsule width of *Athetis lepigone* larvae

10.00 mm; 第 3 个幼虫体长范围为 14.50~17.50 mm, 平均为 16.00 mm; 第 4 个幼虫体长范围为 18.50~23.00 mm, 平均为 20.75 mm。但是本试

验实际观察结果显示二点委夜蛾幼虫分为 5 龄, 将幼虫体长测定值、Brooks 指数和 Crosby 指数列于表 2, 结果显示体长的 Crosby 指数均大于 10%, 表明幼虫体长不宜用于虫龄的划分。

2.4 幼虫体重的测定

单头二点委夜蛾初孵幼虫在分度值为 0.0001 g 的电子天平上无法准确测出体重。5 龄幼虫体重显著大于 2 龄、3 龄和 4 龄幼虫, 而 2 龄、3 龄和 4 龄幼虫间无显著性差异 ($F=93.316$, $df=3, 85$, $P<0.001$) (表 3)。

3 讨论

在幼虫虫龄划分的研究中, 头壳宽度是最常用的划分指标, 已被许多研究证明是准确的 (Got, 1988; Strand, 1990; 孙艳娟等, 2009; 王小艺等, 2012), 主要原因是头壳骨化程度高, 各龄幼虫头壳宽度不同, 而同龄幼虫头壳宽度大致固定。二点委夜蛾幼虫头壳宽度随虫龄的增加而增大, 且各龄幼虫间的头壳宽度没有出现交错现象 (表 2)。各龄幼虫的头壳宽度存在显著差异 ($F=2816$, $df=4, 195$, $P<0.001$)。幼虫头壳宽度与虫龄呈指数相关关系, 关系式为 $y=0.4579e^{0.2121x}$, 符合戴氏法则 (图 2)。因此, 在生产实践中, 头壳宽度可用来区分二点委夜蛾幼虫虫龄。

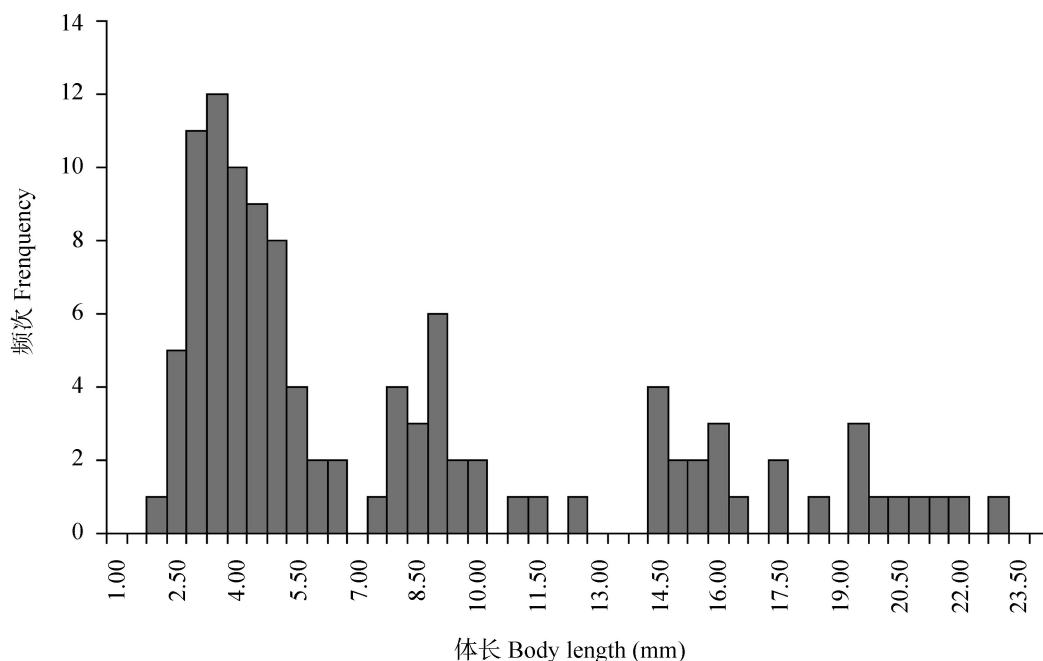


图 3 二点委夜蛾幼虫体长频次分布图
Fig. 3 Frequency histogram of body length in *Athetis lepigone* larvae
表 2 二点委夜蛾幼虫体长测定值结果
Table 2 Measurements of body length of *Athetis lepigone* larvae

虫龄 Instar	统计量 Number of samples	极值 Range (mm)	均值 Mean±SE (mm)	Brooks 指数 Brooks' ratio	Crosby 指数 Crosby's ratio
1	20	1.96-3.60	2.79±0.449 d	—	—
2	21	2.78-4.10	3.47±0.402 d	1.246	—
3	20	3.98-6.20	4.81±0.533 c	1.384	0.111
4	24	5.38-12.48	8.61±1.616 b	1.790	0.293
5	24	14.06-22.96	17.43±2.709 a	2.025	0.132

表 3 二点委夜蛾幼虫体重测定值结果
Table 3 Measurements of body weight of *Athetis lepigone* larvae

虫龄 Instar	统计量 Number of samples	极值 Range (g)	均值 Mean±SE (g)
1	—	—	<0.0001
2	21	0.0003-0.0009	0.0006±0.0000 b
3	20	0.0005-0.0036	0.0013±0.0002 b
4	24	0.0027-0.0240	0.0104±0.0011 b
5	24	0.0337-0.1332	0.0694±0.0064 a

幼虫体长也随着虫龄的增加而增大,但是各龄幼虫间体长有重叠现象(表 2)。1 龄和 2 龄幼虫体长没有显著性差异,但是 1~2 龄与 3 龄、4 龄、5 龄间存在显著性差异($F=357.247$, $df=4$, 104 , $P<0.001$)。幼虫体长由于变异较大,不宜作为虫龄划分的指标,但在生产实践中,体长最易于观察,仍不失为区分低龄幼虫和高龄幼虫的辅助参照指标(姜京宇等, 2011)。

幼虫体重同样随着虫龄的增加而增大,各龄幼虫间体重也有重叠现象(表 3)。本次试验的体重数据是在幼虫蜕皮当天测得,是龄期初的体重。如要分析体重与虫龄间的关系,还需要在幼虫期每天测量体重以获得更为详细的测定结果。5 龄初幼虫体重显著大于 2 龄、3 龄和 4 龄初幼虫,推测幼虫的暴食期产生于 4 龄,所以生产中应在二点委夜蛾幼虫 4 龄前进行有效的防治。

国内关于二点委夜蛾分龄的研究已有报道,结果不尽相同。江幸福等(2011)在温度为(26±1)℃,相对湿度 70%左右,光周期 L:D=14:10,人工饲料饲养条件下,根据头壳宽度、体长、体

重测得二点委夜蛾幼虫共 5 龄。我们在温度(26±1)℃,相对湿度 70%±10%,光周期 L:D=14.5:9.5,人工饲料饲养条件下,根据头壳宽度测得二点委夜蛾幼虫共 5 龄,与江幸福等(2011)的研究结果一致,但其未提供具体数据。而马继芳等(2012)对室内人工饲料饲养二点委夜蛾幼虫进行系统观察,发现幼虫蜕皮 5 次共 6 龄,但未描述其饲养条件。

Hutchinson 等(1997)认为环境因子对昆虫的龄数产生重要的影响。秦厚国等(2002)研究结果表明,温度对斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* Fabricius 幼虫虫龄有显著影响,在 15℃、19℃低温下部分幼虫蜕皮 6~7 次,达 7~8 龄,而在 29~34℃高温下只有少数幼虫蜕皮 6 次,达 7 龄。在 15℃低温下 6 龄个体仅占 44.6%,7 龄以上个体占 55.4%,其中 8 龄个体达 14.6%;而 29~34℃下 6 龄个体占 83.4%~85.7%,7 龄个体仅占 16.6%~14.3%,无 8 龄个体。吕仲贤等(1996)发现取食甜玉米和饲料玉米的亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (Guenée) 幼虫有 5 个虫龄,

而取食棉花的亚洲玉米螟幼虫虫龄增加至 6 龄。朱俊洪等(2005)也发现相似的现象,取食不同食料植物的斜纹夜蛾幼虫所经历的虫龄不同,取食蓖麻、豇豆和番木瓜的斜纹夜蛾幼虫均为 6 龄,而取食香蕉的斜纹夜蛾幼虫为 7 龄。另外,光周期也会影响昆虫虫龄,Fantinou 等(1996)发现,在长日照条件下,粉茎螟 *Sesamia nonagrioides* 经过 6 次蜕皮后化蛹,但在短日照条件下蜕皮次数增多。我们的数据是在室内恒定的温湿度和光周期条件下,并用人工饲料饲养获得的,至于田间的二点委夜蛾幼虫实际的虫龄数的确定还需要进行田间数据的采集。

本文对二点委夜蛾头壳宽度、体长和体重的测定为其生物学研究提供了重要的试验素材,关于食物、温度、光周期等环境因子是否对二点委夜蛾头壳宽度、龄数产生影响有待于进一步研究。

参考文献 (References)

- Fantinou AA, Tsitsipis JA, Karandinos MG, 1996. Effects of short-and long-day photoperiods on growth and development of *Sesamia nonagrioides* (Lepidoptera: Noctuidae). *Entomol. Soc. Am.*, 25(6): 1337-1343.
- Got B, 1988. Determination of instar of the European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) based on a distribution model of head capsule widths. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 81(1): 91-98.
- Hutchinson JMC, McNamara JM, Houston AI, Vollrath F, 1997. Dyar's rule and the investment principle: optimal moulting strategies if feeding rate is size-dependent and growth is discontinuous. *Phil. Trans. Royal Soc. London B*, 352(1349): 113-138.
- Strand MR, 1990. Characterization of larval development in *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 83(3): 538-544.
- 江幸福, 姚瑞, 林珠凤, 张蕾, 罗礼智, 2011. 二点委夜蛾形态特征及生物学特性. 植物保护, 37(6): 134-137. [JIANG XF, YAO R, LIN ZF, ZHANG L, LUO LZ, 2011. Morphological and biological characteristics of *Athetis lepigone*. *Plant protection*, 37(6): 134-137.]
- 姜京宇, 李秀芹, 许佑辉, 李智慧, 张志英, 许昊, 2008. 二点委夜蛾研究初报. 植物保护, 34(3): 123-126. [JIANG JY, LI XQ, XU YH, LI ZH, ZHANG ZY, XU H, 2008. Preliminary studies on *Athetis (proxenus) lepigone*. *Plant Protection*, 34(3): 123-126.]
- 姜京宇, 李秀芹, 刘莉, 许昊, 张志英, 安丽云, 2011. 二点委夜蛾的检测技术初报. 植物保护, 37(6): 141-143. [JIANG JY, LI XQ, LIU L, XU H, ZHANG ZY, AN LY, 2011. Preliminary report monitoring technology of *Athetis lepigone*. *Plant Protection*, 37(6): 141-143.]
- 姜玉英, 龚一飞, 姜京宇, 2011. 二点委夜蛾测报技术初探. 中国植保导刊, 31(8): 17-19. [JIANG YY, GONG YF, JIANG JY, 2011. Preliminary report on forecast technology of *Athetis lepigone*. *China Plant Protection*, 31(8): 17-19.]
- 雷朝亮, 荣秀兰, 2011. 普通昆虫学. 2 版. 北京: 中国农业出版社. 109. [LEI CL, RONG XL, 2011. General Entomology. Version 2. Beijing: Chins Agriculture Press. 109.]
- 李丽莉, 赵楠, 石洁, 王振营, 于毅, 张思聪, 张安盛, 门兴元, 周仙红, 2012. 秸秆还田与药剂处理对夏玉米田二点委夜蛾发生数量的影响. 山东农业科学, 44(9): 95-97. [LI LL, ZHAO N, SHI J, WANG ZY, YU Y, ZHANG SC, ZHANG AS, MEN XY, ZHOU XH, 2012. Effects of straw returning and chemical control on number of *Athetis lepigone* Möschler in summer maize fields. *Shandong Agricultural Sciences*, 44(9): 95-97.]
- 吕仲贤, 杨樟法, 胡萃, 1996. 寄主植物对亚洲玉米螟取食、生长、发育和生殖的影响. 植物保护学报, 23(2): 126-130. [LV ZX, YANG ZF, HU C, 1996. Effect of host plants on feeding, growth, development and fecundity of *Ostrinia furnacalis* (Guenée). *Acta Phytophylacica Sinica*, 23(2): 126-130.]
- 马继芳, 李立涛, 王新玉, 甘耀进, 董志平, 2012. 二点委夜蛾幼虫的形态特征、生活习性及其为害损失研究. 中国植保导刊, 32(5): 16-19. [MA JF, LI LT, WANG XY, GAN YJ, DONG ZP, 2012. Studies on Morphological characteristics, biological habits and damage of *Athetis lepigone*. *China Plant Protection*, 32(5): 16-19.]
- 秦厚国, 叶正襄, 丁建, 黄水金, 罗任华, 2002. 温度对斜纹夜蛾发育、存活及繁殖的影响. 中国生态农业学报, 10(3): 76-79. [QIN HG, YE ZX, DING J, HUANG SJ, LUO RH, 2002. Effect of temperature on the development, survival and fecundity of *Spodoptera litura* Fabricius. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 10(3): 76-79.]
- 孙艳娟, 韦金英, 杨振德, 李明, 韦泳丽, 韦海花, 2009. 油桐尺蠖幼虫龄期的划分. 昆虫知识, 46(4): 892-895. [SUN YJ, WEI JY, YANG ZD, LI M, WEI YL, WEI HH, 2009. Classification on larvae instars of *Buzura suppressaria*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 46(4): 892-895.]
- 王小艺, 杨忠岐, 唐艳龙, 姜静, 杨远亮, 高纯, 2012. 栗山天牛幼虫龄数和龄期的测定. 昆虫学报, 55(5): 575-584. [WANG XY, YANG ZQ, TANG YL, JIANG J, YANG YL, GAO C, 2012. Determination of larval instar number and duration in the oak longhorn beetle, *Massicus raddei* (Coleoptera: Cerambycidae). *Acta Entomologica Sinica*, 55(5): 575-584.]

朱俊洪, 张方平, 任洪刚, 2005. 四种食料植物对斜纹夜蛾生长发育及营养指标的影响. 昆虫知识, 42(6): 643–646. [ZHU JH, ZHANG FP, REN HG, 2005. Development and nutrition of

Prodenia litura on four food plants. *Chinese Bulletin of Entomology*, 42(6):643-646.]