应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2019, 56(5): 1019–1025. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2019.112

九香虫滞育期脂肪、糖类和蛋白质含量的变化规律*

吴有芳** 周汶桢 赵 帅 金道超 郭建军***

（贵州大学昆虫研究所，贵州山地农业病虫害重点实验室，贵阳 550025）

摘 要 **【目的】** 研究九香虫 *Aspongopus chinensis* Dallas 滞育期体内的脂肪、糖类（总糖、糖原、海藻糖）、蛋白质含量的变化，探索体内营养物质变化与九香虫滞育的关系。**【方法】** 本研究利用索氏提取法、蒽酮比色法和 BCA 蛋白定量试剂盒分别测定了九香虫滞育期（10 月-次年 4 月）和滞育解除后（次年 5 月）其体内的脂肪、糖类和蛋白质含量变化。**【结果】** 九香虫滞育期脂肪含量随着时间推移逐渐降低，到滞育后期（4 月）脂肪含量最低为 19.51%，与滞育初期（10 月）的 40.55%相比存在显著性差异（$P<0.05$）；糖类在滞育初期（10 月）开始积累，直至 11 月后不断减少至 4 月，滞育解除后（5 月）糖类的含量又显著增高（$P<0.05$）；蛋白质含量从滞育初期（10 月）开始缓慢增加，直至 3 月开始下降，滞育解除后蛋白质含量显著低于滞育期（$P<0.05$）。**【结论】** 九香虫滞育期体内脂肪、糖类和蛋白都发生了不同程度的变化。脂肪含量降低，糖类的含量先升后降，蛋白质含量先增后减是九香虫滞育过程中主要的生理特征。

关键词 九香虫；滞育；脂肪；糖类；蛋白

Changes in the fat, carbohydrate and protein content of *Aspongopus chinensis* during diapause

WU You-Fang** ZHOU Wen-Zhen ZHAO Shuai JIN Dao-Chao GUO Jian-Jun***

(Institute of Entomology, Guizhou University, The Provincial Key Laboratory for Agricultural Pest Management of Mountainous Region, Guiyang 550025, China)

Abstract **[Objectives]** To investigate changes in the fat, carbohydrate and protein content of *Aspongopus chinensis* during diapause. **[Methods]** The fat, carbohydrate and protein content of *A. chinensis* were measured using Soxhlet extraction, anthrone colorimetric measurement and a BCA protein assay kit, respectively, from October (the beginning of diapause) to May (the end of diapause). **[Results]** The fat content of *A. chinensis* decreased gradually during diapause to a minimum in April (19.51%), which was significantly lower ($P<0.05$) to that in the early stage of diapause (October) (40.55%). The carbohydrate content of *A. chinensis* increased in the early stage of diapause until November, then decreased until April, a significant ($P<0.05$) increase compared to when diapause terminated in May. The protein content of *A. chinensis* slowly increased from the early stage of diapause (October), began to decline in March, and reached its lowest level in May, which was significantly lower than that during diapause ($P<0.05$). **[Conclusion]** The fat, carbohydrate and protein content of *A. chinensis* change to different degrees during diapause and these changes are major physiological characteristics of the diapause process.

Key words *Aspongopus chinensis*; diapause; fat; carbohydrates; protein

---

*资助项目 Supported projects：国家自然科学基金项目（81360612）；贵州省优秀青年科技人才培养对象专项资金项目（黔科合人字［2015］25 号）

**第一作者 First author，E-mail：wyfang236598@163.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：jjguo@gzu.edu.cn

收稿日期 Received：2018-07-20；接受日期 Accepted：2018-10-13

滞育在昆虫中普遍存在，是昆虫为了度过不良环境，使自身的活动时期与适宜的环境保持同步并保留种群的一种生理适应机制（王满囷和李周直，2004；Harsimran *et al.*，2017）。昆虫在滞育过程中其体内物质会发生一系列的变化，包括水分、脂肪、蛋白质、糖类、酶、核酸等物质的含量和种类的变化；昆虫通过这些变化来调节昆虫的滞育，并通过营养物质的利用，积累和转化对昆虫滞育产生影响（王满囷和李周直，2004；任小云等，2016）。关于昆虫滞育期间脂肪、糖类、蛋白质已有很多人做过相关研究。棉铃虫 *Heliothis armigera* 的脂肪和糖原含量明显减少，蛋白质含量增加（张韵梅，1994）；麦红吸浆虫 *Sitodiplosis mosellana* 则是在越冬、越夏开始总糖，海藻糖的含量增高，蛋白质则减少（仵均祥，2002）。草地螟 *Loxostege sticticalis*、二化螟 *Chilo suppressalis* 滞育幼虫总蛋白含量显著高于非滞育幼虫（张健华等，2012；杨光平等，2013）；滞育的枯叶蛱蝶 *Kallima inachus* 体内的糖原和海藻糖较高，而非滞育虫体内的糖原和海藻糖则较低（易传辉等，2009a）；滞育七星瓢虫 *Coccinella septempunatata* 的总糖、糖原、脂肪远高于滞育解除组（任小云等，2015）。不同滞育昆虫在滞育期体内的营养物质的变化都有差异。

九香虫 *Aspongopus chinensis* Dallas，1851 隶属于昆虫纲 Insecta 半翅目 Hemiptera 兜蝽科 Dinidoridae（彩万志等，2011），是传统的药食两用资源昆虫，现代医学证明其具有良好的抑菌、抗癌作用和医学保健价值，社会需求日增（潘大理，1987；林普莲，2005；吴玛莉和金道超，2005；张笠和郭建军，2011）。九香虫生长发育过程中存在严重的越冬滞育，自当年的 10 月份开始越冬滞育，到次年的 5 月份结束（魏超等，2015），滞育期长达 7 个月，严重制约了其有效利用。为了明确九香虫滞育期脂肪、蛋白质、糖类等物质的变化，探索营养变化与滞育的关系，本文主要是对滞育期九香虫体内的脂肪、蛋白质、糖类物质的变化进行研究，探索九香虫滞育期间的生理特征及这些物质变化与滞育之间的联系；为以后研究九香虫滞育生理提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

滞育九香虫于 2017 年 10 月-2018 年 4 月采自贵州习酒镇赤水河畔石块下（106°10′E，28°09′N）。在这期间，每个月定点取样，直至九香虫越冬滞育结束。滞育解除九香虫于 2018 年 5 月采自贵州习酒镇南瓜上。

1.2 脂肪含量的测定

采用索氏提取法，将待测九香虫样品 60 ℃干燥 72 h，至恒重后磨碎，称重（g），放入脱脂滤纸包中，置于脂肪测定仪（型号 SZF-06A，北京伯迈科技有限公司）的抽提器中。实验前先对提取瓶烘干称重得到重量 A（g），在提取瓶中放入 50 mL 石油醚。水浴加热到 80 ℃，抽提 4 h，待抽提结束，回收石油醚，将提取瓶放入恒温箱内，烘干水分。再次称提取瓶重量得到重量 B（g）。3 次重复。

$$\text{虫体脂肪含量（\%）}=\frac{(\mathrm{B}-\mathrm{A})(\mathrm{g})}{\text{虫重}(\mathrm{g})}\times 100\text{。}$$

1.3 糖类物质含量测定

糖类物质的测定参照仵均祥（2002）的方法，进行了部分修改。

1.3.1 标准曲线制作 取 6 只试管，分别加入 0.1 mg/mL 葡萄糖标准溶液 0、0.1、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mL。不足 1 mL 的以 10%三氯乙酸补足，加入临时配好的蒽酮试剂 4 mL，迅速浸于冰水中冷却，待加完后一起放入沸水浴中煮沸 10 min，取出后用自来水冲冷，室温平衡 20 min 后，在 620 nm 下用分光光度计（型号 723PC，上海舜宇恒平科学仪器有限公司）测吸光度 OD 值；重复 3 次。以标准葡萄糖含量作横坐标，以吸光值作纵坐标，作标准曲线。

1.3.2 总糖的提取 取采集到的九香虫样本 2 头，用蒸馏水清洗、擦干、称重后，加入 1 mL 10%三氯乙酸和石英砂研磨，充分匀浆。转入 10 mL 离心管中，用 2 mL 10%三氯乙酸洗净研钵。混匀后 5 000 r/min 离心 10 min。上清液转入另一

个 10 mL 离心管中，用 1 mL 10%三氯乙酸洗涤沉淀，合并上清液。样本稀释后，进行比色测定。每个处理重复 3 次。

1.3.3　糖原和海藻糖的提取　处理方式同总糖提取，得到上清液后加入无水乙醇 16 mL，4 ℃冰箱过夜后取出，10 000 r/min 离心 20 min，取出上清液 取 1 mL 上清液加入 0.15 mol·L^{-1} H_2SO_4 1 mL，沸水水解 10 min。冷却后加入 30% KOH 1 mL 沸水煮 10 min。冷却后进行比色测定。（经过处理能将 1-磷酸葡萄糖等水解，并使一切还原糖破坏，海藻糖损失约 1%）。离心后的沉淀经稀释后，进行比色测定，测定糖原含量。

$$\text{虫体糖含量}(\mu g\cdot mg^{-1}) = \frac{\text{从标准曲线中查得的糖含量}(\mu g\cdot mL^{-1})\times\text{样品稀释量}(mL)}{\text{虫重}(mg)}$$

1.4　蛋白含量的测定

将待测九香虫整虫放入 10 mL 注射器中挤压，用离心管收集九香虫内容物，在 4 ℃，12 000 r/min 离心 15 min。得到上清液用于测蛋白。

利用 BCA 法测定九香虫的蛋白浓度。参照 BCA 蛋白定量试剂盒说明书制作标准曲线，将九香虫上清液稀释 100 倍加入酶标孔板中，每孔 25 μL，设置 3 个重复孔，每孔加入 200 μL 已配制好的 BCA 工作液。放入 37 ℃环境下，孵育 30 min。冷却至室温，在 562 nm 波长检测吸光度 OD 值。根据标准曲线计算九香虫总蛋白浓度。

1.5　数据统计与分析

实验数据应用 SPSS19.0 软件进行单因素方差 ANOVA 分析。采用 Excel 2007 软件绘图。

2　结果与分析

2.1　九香虫滞育期脂肪含量变化

脂肪含量测定结果显示，九香虫在越冬滞育期其脂肪含量逐渐降低（图 1）。10 月刚进入越冬时脂肪含量显著高于其他滞育时期（$P<0.05$），脂肪含量为 40.55%。到滞育后期减少至 19.51%；滞育解除后脂肪含量显著低于 10-12 月份脂肪含量（$P<0.05$），脂肪含量为 26.56%。结果表明九香虫在进入越冬滞育前会先储存大量的脂肪用作滞育期间代谢消耗和御寒。脂肪在滞育期主要作为能源物质被消耗。

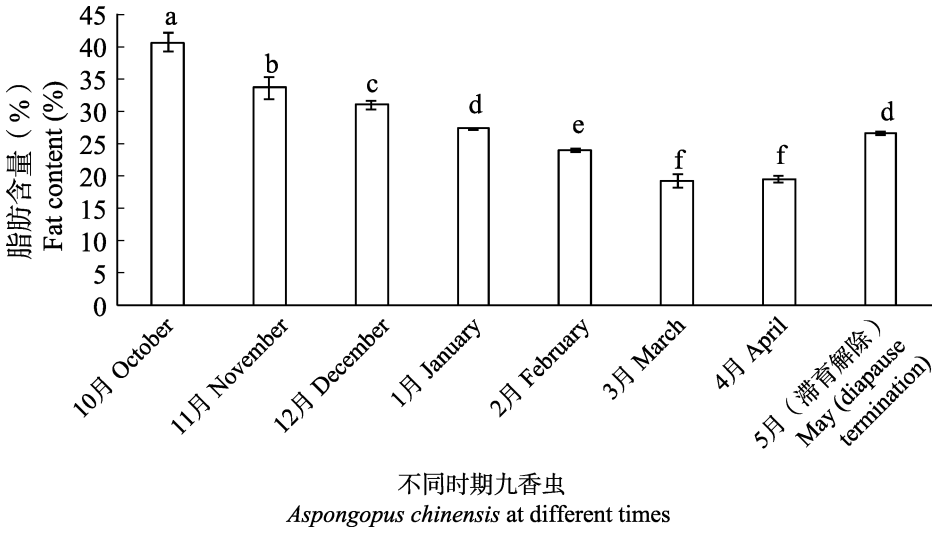

图 1　滞育期及滞育解除九香虫脂肪含量变化

Fig. 1　Variation of fat content in diapause and termination of diapause *Aspongopus chinensis*

图中数据为平均值±标准误，柱上标有不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著（$P<0.05$）。下图同。

Data are mean±SE. Histograms with different small letters indicate significant difference at 0.05 level ($P<0.05$). The same below.

2.2 九香虫滞育期糖类物质含量变化

糖类物质测定结果显示，九香虫在滞育期间，11 月的总糖含量与其他月份相比，差异显著（$P<0.05$）；除 11 月之外，滞育期间其他月份总糖含量虽然有变化，但差异不显著（$P\geqslant0.05$）。滞育期间不同时期，九香虫体内糖原和海藻糖都有差异。滞育解除后九香虫体内总糖、海藻糖、糖原含量显著高于滞育九香虫（$P<0.05$）（表 1）。

滞育期间不同时期九香虫及滞育解除九香虫体内糖类物质发生了变化（图 2）；九香虫在越冬过程中，体内的糖类物质总体是一个先增加，后降低的过程；10-11 月糖类物质经历了一个积累过程。在这期间总糖、海藻糖，糖原都有了明显的增加。总糖由 241.09 μg·g^{-1} 增加至 510.37 μg·g^{-1}，海藻糖由 45.90 μg·g^{-1} 增加至 143.80 μg·g^{-1}，糖原由 13.11 μg·g^{-1} 增加至 130.01 μg·g^{-1}，11 月后糖类物质下降，呈现出一个糖类物质代谢消耗的过程。海藻糖总体呈现的是先上升，后下降，再积累，再下降的过程；糖原则是滞育初期（10-11 月）积累，之后逐渐降低（12-3 月），滞育后期（4 月）增高。滞育解除后九香虫体内的总糖、海藻糖、糖原都明显高于滞育期。

表 1 滞育期及滞育解除九香虫糖类物质含量均值

Table 1 Mean value of carbohydrates in diapause and termination of diapause *Aspongopus chinensis*

组别 Groups	总糖 Carbohydrates (μg·g^{-1})	海藻糖 Trehalose (μg·g^{-1})	糖原 Glycogen (μg·g^{-1})
10 月 October	241.09±5.86c	45.90±2.54d	13.11±1.64e
11 月 November	510.37±16.68b	143.80±4.11b	130.01±10.10b
12 月 December	309.34±0.77c	97.92±13.52c	60.92±3.54c
1 月 January	266.80±16.24c	61.74±2.53d	39.22±2.51d
2 月 February	278.21±13.19c	69.44±0.93cd	24.10±1.16e
3 月 March	308.12±0.44c	76.88±1.92cd	23.69±1.41e
4 月 April	238.17±1.35c	59.05±3.64d	43.38±1.49d
滞育解除（5 月）May (diapause termination)	822.32±53.62a	272.57±24.84a	178.48±2.24a

表中数据为平均数±标准误，同一列数据后标有不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著（$P<0.05$）。

Data are mean±SE, and followed by the different lowercase letters in the same column are significant difference at 0.05 level ($P<0.05$).

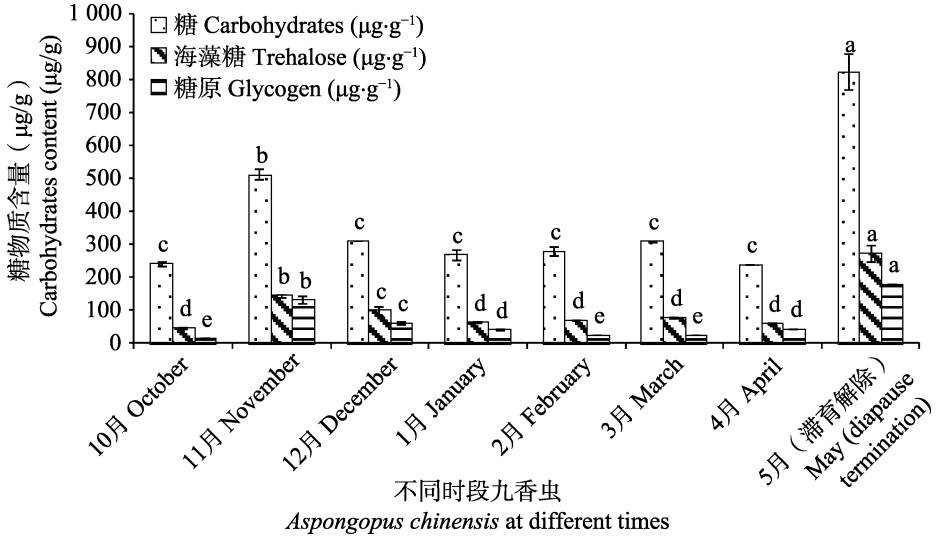

图 2 滞育期及滞育解除九香虫糖物质含量变化

Fig. 2 Variation of carbohydrates content in diapause and termination of diapause *Aspongopus chinensis*

2.3　九香虫滞育期蛋白含量变化

蛋白质含量测定结果显示，滞育期间九香虫体内蛋白含量是一个先升增加后降低的过程（图 3）。滞育初期（10 月）开始缓慢增加，10 月蛋白质含量为 177.26 μg·μL^{-1}，1 月增加到 196.09 μg·μL^{-1}，2 月和 3 月蛋白含量与 1 月无显著差异（P<0.05）；滞育后期（4 月）蛋白质含量降低为 183.88 μg·μL^{-1}；滞育解除后，九香虫体内蛋白质含量显著低于滞育期（P<0.05），减少至 154.37 μg·μL^{-1}。

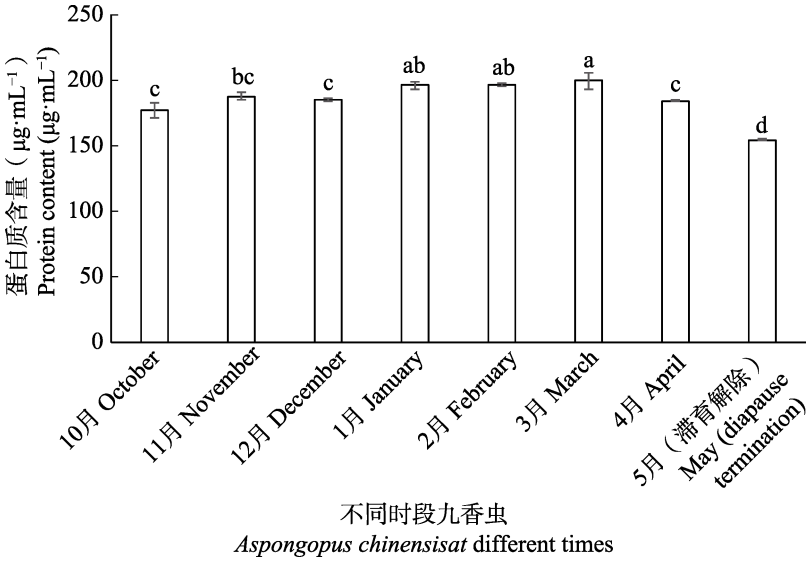

图 3　滞育期及滞育解除九香虫蛋白质含量变化

Fig. 3　Variation of protein content in diapause and termination of diapause *Aspongopus chinensis*

3　结论与讨论

滞育期间昆虫会在体内合成和积累各种抗寒物质，如糖类、脂肪、蛋白质、氨基酸和其他小分子营养物质；以增强自身抵抗能力从而安全度过不良环境（Lee，1991；Hahn and Denlinger，2007）。本研究结果显示，九香虫滞育和滞育解除后体内的脂肪、糖类、蛋白质变化存在着显著差异。

脂肪：九香虫脂肪含量随着滞育时间的延长逐渐降低，滞育前期的脂肪含量显著高于滞育后期和滞育解除后。该变化也同样发生在其他一些滞育性昆虫体内，中华通草蛉 *Chrysoperla sinica* 越冬成虫体内脂肪含量越冬前期达到最高，随后又逐渐降低（郭海波，2003）；枯叶蛱蝶 *Kallima inachus* 越冬成虫脂肪较高，初期积累后期逐渐降低（易传辉等，2009b）梨小食心虫 *Crapholitha molesta* 滞育幼虫的体内脂肪含量明显高于非滞育幼虫（郭婷婷等，2013）。因而可知，脂肪在九香虫滞育过程中主要作为能源物质储存，用于代谢消耗，以确保九香虫有足够的能量度过滞育期的不良环境。

糖类：九香虫在滞育过程中糖类物质是一个先增加和减少的变化趋势，在滞育解除后糖类显著增高。海藻糖是一种贮藏性碳水化合物，应激代谢的重要产物，作为昆虫的血糖，不仅参与能量代谢，还与昆虫的抗性和滞育有关（秦加敏等，2015）。糖原则是主要的能量物质，其作用与脂肪类似（丁惠梅等，2011）。九香虫滞育初期糖原和海藻糖存在一个储存过程，后逐渐减少。且糖原减少较多，海藻糖则变化不大；且在整个过程中糖原和海藻糖的变化趋势一致。这与柑橘凤蝶 *Papilio xuthus* 滞育期间的糖原和海藻糖变化趋势相似（易传辉等，2009a）。九香虫滞育过程糖原和海藻糖的总体变化趋势都是先上升后下降；但在下降的这段时期（11-4 月）糖原和海藻糖又有一些变化：海藻糖 10-11 月积累，11-1 月下降，2-3 月又开始积累，4 月减少；而糖原则

在 10-11 月积累，12-3 月逐渐下降，到 4 月则开始增加；糖原含量明显比海藻糖含量降的快，并且海藻糖在后期变化不大（1-4 月）；这说明糖原可能与脂肪一样作为能源储备，参与九香虫体内能量代谢。而海藻糖则可能作为保护剂与糖原相互转化，参与了九香虫的滞育调节。

蛋白：九香虫滞育期蛋白含量先增后减，呈“倒 U 型”变化，这与赤松毛虫 *Dendrolimus spectabilis* 越冬幼虫体内蛋白含量变化相似（韩瑞东等，2005）。很多昆虫滞育阶段的蛋白含量高于非滞育阶段；二化螟 *Chilo suppressalis* 和草地螟 *Loxostege sticticalis* 进入滞育期蛋白含量显著高于非滞育期（杨光平等，2013）；麦红吸浆虫 *Sitodiplosis mosellana* 在离开麦穗进入滞育期阶段蛋白含量迅速增加（仵均祥，2002）。九香虫和其他一些昆虫在滞育期蛋白含量增加，说明滞育期昆虫积累蛋白，可能是通过提高蛋白含量来增加自己的御寒能力。九香虫在滞育期蛋白含量增加，猜测也许九香虫滞育期间产生了一些与滞育相关的蛋白质参与了该过程；关于增加了的蛋白的含量、种类和功能，还须进一步确定。

参考文献 (References)

Cai WZ, Pang XF, Hua BZ, Liang GW, Song DL, 2011. General Entomology. Beijing: China Agriculture Press. 318–327. [彩万志, 庞雄飞, 花保祯, 梁广文, 宋敦伦, 2011. 普通昆虫学, 北京: 中国农业大学出版社. 318–327.]

Ding HM, Ma G, Wu SA, Zhao F, Ma CS, 2011. A literature review on changes of small molecules of diapause insects during overwintering period. *Journal of Environmental Entomology*, 48(4): 1060–1070. [丁惠梅, 马罡, 武三安, 赵飞, 马春森, 2011. 滞育昆虫小分子含量变化研究进展. 应用昆虫学报, 48(4): 1060–1070.]

Guo HB, 2003. Physiological and biochemical mechanism of adult overwintering and diapause of *Chrysoperla sinica* (Tjeder). Master thesis. Taian: Shandong Agricultural University. [郭海波, 2003. 中华通草蛉成虫越冬与滞育的生理生化机制. 硕士学位论文. 泰安: 山东农业大学.]

Guo TT, Ling F, Zhang SY, Yu Y, Li LL, Xu YY, 2013. The super-cooling ability and biochemical substances in diapausing and non-diapausing larvae of *Grapholitha molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(6): 1514–1518. [郭婷婷, 凌飞, 张顺益, 于毅, 李丽莉, 许永玉, 2013. 梨小食心虫滞育与非滞育幼虫过冷却能力与体内主要生化物质含量. 应用昆虫学报, 50(6): 1514–1518.]

Hahn DA, Denlinger DL, 2007. Meeting the energetic demands of insect diapause: Nutrient storage and utilization. *Journal of Insect Physiology*, 53(8): 760–733.

Harsimran KG, Gaurav G, Gurminder C, 2017. Insect diapause: A review. *Journal of Agricultural Science and Technology*, (7): 454–473.

Han RD, Sun XG, Xu YY, Zhang WG, 2005. The biochemical mechanism of cold-hardiness in overwintering larva of *Dendrolimus spectabilis* Butler (Lepidoptera: Lasiocampidae). *Acta Ecologica Sinica*, 25(6): 1352–1356. [韩瑞东, 孙绪艮, 许永玉, 张卫光, 2005. 赤松毛虫越冬幼虫生化物质变化与抗寒性的关系. 生态学报, 25(6): 1352–1356.]

Lee RE, 1991. Principle of Insect Cold Hardiness//Lee RE Jr, Denlinger DL (eds.). Insects at Low Temperature. New York: Chapman and Hall. 17–46.

Lin PL, 2005. Observation on the treatment of 23 cases of cancer pain by *Aspongonpus chinensis*. *Journal of Fujian College of Traditional Chinese Medicine*, 15(Suppl.): 123–124. [林普莲, 2005. 九香虫抗癌定痛散治癌痛 23 例观察. 福建中医学院学报, 15(增刊): 123–124.]

Qin JM, Luo SD, He SY, Wu J, 2015. Researching in characters and functions of trehalose and trehalase in insects. *Journal of Environmental Entomology*, 30(1): 163–169. [秦加敏, 罗术东, 和绍禹, 吴杰, 2015. 昆虫海藻糖与海藻糖酶的特性及功能研究. 环境昆虫学报, 30(1): 163–169.]

Pan DL, Wang LX, 1987. *Aspongonpus chinensis* external treatment of hemangioma. *Journal of Traditional Chinese Medicine*, (11): 40. [潘大理, 王律修, 1987. 九香虫外涂治疗血管瘤. 中医杂志, (11): 40.]

Ren XY, Qi XY, An T, Han YH, Chen HY, Zhang LS, 2016. Research on the accumulation, transformation and regulation of nutrients in diapause insects. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(4): 685–695. [任小云, 齐晓阳, 安涛, 韩艳华, 陈红印, 张礼生, 2016. 滞育昆虫营养物质的积累、转化与调控. 应用昆虫学报, 53(4): 685–695.]

Ren XY, Zhang LS, Qi XY, An T, Han YH, Chen HY, 2015. Metabolic adaption and evaluation of cold hardiness on diapausing ladybird, *Coccinella septempunctata* L. *Journal of Environmental Entomology*, 37(6): 1195–1202. [任小云, 张礼生, 齐晓阳, 安涛, 韩艳华, 陈红印, 2015. 滞育七星瓢虫的代谢适应与抗寒性评. 环境昆虫学报, 37(6): 1195–1202.]

Wang MQ, Li ZZ, 2004. The research advance of insect diapause. *Journal of Nanjing Forestry University* (*Natural Sciences Edition*),

28(1): 71–76. [王满囷, 李周直, 2004. 昆虫滞育的研究进展. 南京林业大学学报(自然科学版), 28(1): 71–76.]

Wei C, Shu GZ, Luo HS, Guo JJ, 2015. Morphological and biological characteristics of *Aspongonpus chinensis*. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 34(4): 26–30. [魏超, 舒国周, 罗会嵩, 郭建军, 2015. 九香虫的形态特征和生物学特性. 山地农业生物学报, 34(4): 26–30.]

Wu JX, 2002. Relationship between diapause and changes of chemical substances in the whaetblossom midge, *Sitodiplosis mosellana* (Diptera: Cecidomyiidae). Doctor dissertation. Shaanxi: North West Agriculture and Forestry University. [仵均祥, 2002. 麦红吸浆虫滞育与化学物质变化研究. 博士学位论文. 陕西: 西北农林科技大学.]

Wu ML, Jin DC, 2005. The antibacterial activity of the haemolymph and the purified haemo-protein from *Asporgopus chinesis*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 42(3): 315–318. [吴玛莉, 金道超, 2005. 九香虫血淋巴及其纯化蛋白抑菌活性的研究. 昆虫知识, 42(3): 315–318.]

Yang GP, Liu YT, Hou ML, 2013. Changes of the protein and nucleic acid contents and the activities of protective enzymes in diapausing larvae of the rice stem borer, *Chilo supprressalis* (Lepidoptera: Crambidae). *Acta Entomologica Sinica*, 56(3): 251–256. [杨光平, 刘玉娣, 侯茂林, 2013. 二化螟滞育幼虫的蛋白和核酸含量以及保护酶活性的变化. 昆虫学报, 56(3): 251–256.]

Yi CH, Chen XM, Shi JY, Zhou CL, 2009a. Change of carbohydrate contents in the non-diapause and over-winter adult of *Kallima inachus*. *Guangdong Agricultural Sciences*, (10): 162–164. [易传辉, 陈晓鸣, 史军义, 周成理, 2009a. 枯叶蛱蝶非滞育成虫和越冬成虫体内糖类物质含量变化. 广东农业科学, (10): 162–164.]

Yi CH, Chen XM, Shi JY, Zhou CL, 2009b. Change of fat contents in the non-diapause and over-winter adult of *Kallima inachus*. *Shandong Forestrys Science and Techbology*, (3): 44–46. [易传辉, 陈晓鸣, 史军义, 周成理, 2009b. 枯叶蛱蝶非滞育成虫和越冬成虫脂肪含量变化. 山东林业科技, (3): 44–46.]

Zhang JH, Luo LZ, Jiang XF, Zhang L, 2012. Changes in protein and nucleic acid contents in diapause larvae of the beet webworm, *Loxostege sticticalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Acta Entomologica Sinica*, 55(2): 156–161. [张健华, 罗礼智, 江幸福, 张蕾, 2012. 草地螟滞育幼虫的蛋白和核酸含量变化. 昆虫学报, 55(2): 156–161.]

Zhang L, Guo JJ, 2011. Study on the resources and utilization of *Aspongonpus chinensis*. *Journal of Southwest China Normal University* (*Natural Science Edition*), 36(5): 151–155. [张笠, 郭建军, 2011. 九香虫资源及其利用研究. 西南师范大学学报(自然科学版), 36(5): 151–155.]

Zhang YM, 1994. Study on the changes of contents of fat, glycogen and others biochemical in diapaosis of *Hilothis armigera* pupa. *Jounral of Shandong Agricultural University*, 25(2): 147–150. [张韵梅, 1994. 棉铃虫蛹在滞育中脂肪、糖原等生化成分含量变化的研究. 山东农业大学学报, 25(2): 147–150.]