

# 前 言



昆虫是地球上种类最多、数量最大的动物类群，据统计，全世界已记载的昆虫达到100万种以上，占动物物种总数的2/3以上。随着科学技术的进步和人类对昆虫研究的深入，越来越多的昆虫成为有利于人类生产、生活的资源昆虫，与人类的生活息息相关，为农业、畜牧业及医药等行业的发展做出了巨大的贡献。资源昆虫是指虫体本身或其产物、行为直接或间接为人类所利用，具有特殊的利用价值，能够产生显著的经济、社会和生态效益。根据其利用方式的差异，资源昆虫又可分为饲用昆虫、食用昆虫、药用昆虫、观赏昆虫、传粉昆虫、天敌昆虫、法医昆虫、工业原料昆虫等。

药用昆虫是指直接或间接利用昆虫虫体或其产物等入药，对人体有滋补和治疗等功效的昆虫类群。我国是应用昆虫作药物最早的国家之一，据考证，我国最古老的中药方面的著作是公元前1世纪至公元前2世纪的《神农本草经》，书中已记载中药昆虫10余种。我国传统中医药中有不少昆虫作为药用材料配方而直接入药，许多药用昆虫不但可以治疗疾病，还具有食疗保健的作用。一些昆虫既是食品，又是滋补和保健良药。国人食用昆虫历史悠久，有食药同源、寓医于食的传统。目前，我国可利用的药用昆虫资源种类偏少，常用的也就几十种，故药用昆虫种类开发的潜力巨大。随着高新技术的应用，昆虫活性物质得以分离纯化和人工合成，昆虫体内一些在医学或其他特殊领域有重要价值的酶、激素、色素、蛋白质和脂肪等的工厂化生产及昆虫活性物质资源库的建立等都是亟须重点研究解决的问题。

九香虫作为我国传统的药用昆虫，始载于明代李时珍所著的《本草纲目》，其药性温、味咸，是药食兼可的中药。其作为食品气香味美，营养价值极高，已成为新一代的保健食品；作为药品用于中医临床，疗效确切，尤其在治疗肝胃气滞所致的胸胁胀痛、肾阳不足的阳痿早泄等症及癌症疼痛等方面具有独特的疗效，常配伍应用。随着药食应用的日益广泛，九香虫药用与食用的价值逐年提

升,进一步加强其药化、药理研究,明确药效物质基础,将会更大地发挥其资源利用价值。

编写本书的目的是为了系统总结九香虫的研究概况,促进我国开发利用药用昆虫事业的发展,加快中药现代化、产业化的进程,为更有效地利用九香虫提供理论和实验依据。本书从昆虫、食用和药用3个角度全面系统地介绍了九香虫,内容翔实、通俗易懂,是开展九香虫相关研究的重要参考书目。

本书在贵州省教育厅重大项目“药用九香虫高产养殖关键技术研究及其功能性产品开发”(黔教合重大专项字[2014]031)及贵州省组织部“西部之光”项目的资助下完成,在此表示感谢。

侯晓晖

2018年4月30日

# 目 录



<b>第一章 九香虫概述</b> .....	<b>1</b>
一、研究的历史与现状.....	1
二、分类与地理分布.....	2
三、形态特征与生活习性.....	2
四、营养成分.....	2
五、药理作用.....	3
六、临床应用.....	4
七、市场前景.....	5
<b>第二章 九香虫的形态特征及生物学特性</b> .....	<b>7</b>
一、形态结构特征.....	7
二、生物学特征.....	9
三、防治与利用.....	12
<b>第三章 药用蟋类及其伪品的鉴别</b> .....	<b>14</b>
一、药用蟋类品种.....	14
二、市场上常见伪品种类及鉴定方法.....	16
<b>第四章 九香虫的人工养殖</b> .....	<b>23</b>
一、人工养殖条件.....	23
二、人工饲料.....	26
三、引诱剂开发.....	26
<b>第五章 九香虫的营养成分</b> .....	<b>38</b>
一、脂肪油.....	38
二、蛋白质.....	41
三、维生素.....	42
四、多糖.....	43
五、无机元素.....	44
<b>第六章 九香虫的小分子化合物</b> .....	<b>49</b>
一、小分子化合物提取与分离.....	50

二、小分子化合物结构鉴定	50
<b>第七章 九香虫的防御性物质</b>	<b>55</b>
一、防御性物质成分	55
二、防御性物质药理活性	56
三、九香虫的处理方法	58
<b>第八章 九香虫的代谢产物</b>	<b>61</b>
一、九香虫的抗菌肽	61
二、九香虫的内生真菌次生代谢物质	66
<b>第九章 九香虫对生殖系统损伤的保护作用</b>	<b>69</b>
一、生殖功能方面	70
二、生殖能力方面	71
三、形态学变化	71
四、抗氧化应激作用	72
五、细胞凋亡	73
六、信号通路	74
<b>第十章 九香虫的抗癌作用</b>	<b>77</b>
一、九香虫不同提取物对癌细胞的作用	78
二、九香虫抗菌肽对癌细胞的作用	81
三、九香虫提取物的抗突变作用	82
<b>第十一章 九香虫的镇痛作用</b>	<b>84</b>
一、镇痛的常用研究方法	85
二、镇痛后行为学变化	85
三、镇痛后疼痛相关受体变化	86
<b>第十二章 九香虫的抗菌作用</b>	<b>91</b>
一、九香虫血淋巴制备	92
二、九香虫血淋巴原血抗菌谱测定	92
三、九香虫血淋巴原血的最小抑菌浓度测定	92
四、不同方法提取的血淋巴抑菌活性比较	93
<b>第十三章 九香虫的抗凝血作用</b>	<b>96</b>
一、九香虫水煎液制备	96
二、毛细玻璃管法测定小鼠全血凝血时间	96
三、家兔血小板聚集实验	97
四、体外溶血与聚集实验	97
<b>第十四章 九香虫的促进有效成分转化作用</b>	<b>99</b>
一、紫芝发酵工艺	99

---

二、九香虫对紫芝活性物质产量的影响·····	99
三、九香虫提高紫芝活性物质产量的有效成分研究·····	100
<b>第十五章 九香虫的其他作用·····</b>	<b>103</b>
一、抗糖尿病肾病·····	103
二、促进成体神经干细胞增殖·····	104



## 第一章

# 九香虫概述

九香虫是我国传统的药用昆虫，为蝽科昆虫九香虫 *Coridius chinensis* (Dallas) 的干燥全虫，俗称“打屁虫”“屁巴虫”等。《中华人民共和国药典》(2010年版)记载，九香虫归肝、脾、肾经，具有理气止痛、温中助阳的功效。中医临床多用于主治胃寒胀痛、肝胃气痛、肾虚阳痿、腰膝酸痛等症，因其具有壮阳功效，常见于中药方剂中，如三育散、紫石黄助阳方、舒肝乌龙丹等。九香虫广泛分布于我国南方地区，贵州作为其主产区之一具有分布范围广、资源丰富等优势，当地流传着“有钱吃鹿茸，无钱吃打屁虫”和“吃了屁巴虫，滋补赛参茸”等俗谚，民间素有食用九香虫的习俗。因此，无论是作为药用昆虫还是保健食品，九香虫都具有良好的应用前景。

### 一、研究的历史与现状

明代医药学家李时珍所著的《本草纲目》中记载：“九香虫，产于贵州永宁卫赤水河中。大如小指头，状如水龟，身青黑色。至冬伏于石下，土人多取之，以充人事。至惊蛰后即飞出，不可用矣。主治膈腕滞气，脾肾亏损，壮元阳。”《中药大辞典》记载，九香虫对于神经性胃病、精神忧郁而致的胸口痛、脾肾阳虚的腰膝酸软乏力、阳痿、遗尿等症有显著疗效。《本草新编》也记载，九香虫乃虫中之至佳者，入丸、散中以扶正最宜，但不宜入于汤剂，以其性滑，恐动大便耳；其亦兴阳之物，然非人参、白术、巴戟天、肉苁蓉、破故纸（补骨脂）之类，亦未见其大效也。《中华人民共和国药典》记载，九香虫性味咸、温，归肝、脾、肾经，具理气止痛、温中助阳的功效。

随着中药现代化研究和虫药研究的不断深入，九香虫已成为治疗多种疾病的重要药物，如各类疼痛（包括痛经、心绞痛等）、胃炎、阳痿不育、肝炎、肝癌、神经衰弱等。目前，关于九香虫的研究主要集中在生物学、生态学、营养物质及活性成分、药理作用、临床应用及人工养殖等多个方面，上述研究工作将为其在药用和保健领域的深度开发利用奠定基础。

## 二、分类与地理分布

九香虫 *Coridius chinensis* (Dallas) 隶属于半翅目 Hemiptera、异翅亚目 Heteroptera、蝽科 Pentatomidae、兜蝽属 *Coridius*，其分类地位在不同学者的著作中有所变更，如南开大学萧采瑜所著《中国蝽类昆虫鉴定手册》中将九香虫归属于蝽科 Pentatomidae、兜蝽亚科 Dinidorinae、兜蝽属 *Aspongopus*，而林敏鉴等在《中国兜蝽科昆虫名录》中又将其归属在兜蝽亚科 Dinidorinae、兜蝽属 *Coridius* 中，中文属名虽然不变，但是拉丁学名发生改变。同时，国际上权威的蝽类昆虫研究网站也将九香虫划分在兜蝽属 *Coridius* 中。近年来，国内外发表的关于九香虫的学术论文非常多，两个学名 *Aspongopus chinensis* (Dallas) 和 *Coridius chinensis* (Dallas) 都多次出现，且以前者居多，学名误用现象严重。

九香虫在世界动物地理区划分中属东洋区系，主要产于我国及东南亚部分国家（越南、老挝等），我国见于贵州、云南、四川、广西、安徽、江苏、福建、浙江、江西、湖南、湖北、广东、台湾等地，以贵州、四川等地为主产区。

## 三、形态特征与生活习性

九香虫是一种会飞的紫黑色略带铜色光泽的昆虫，虫体状如水黽，呈椭圆形，指甲般大小，长 1.7 ~ 2.2cm、宽 1.0 ~ 1.2cm；头小，呈三角形，复眼突出、卵圆形，单眼 1 对，橙黄色，喙较短，触角 5 节，末端呈橘黄色或黄色，可作为近缘种鉴定的明显特征之一；前胸背板前狭后宽，表面密布细刻点，并有黑色褶皱，小盾片大，翅 2 对，前翅为半鞘翅，棕红色，翅末为膜质，足 3 对，后足最长；腹面黄色，密布细刻及皱纹，后胸腹板近前缘区有 2 个臭孔，位于后足基节前外侧。

每年的春夏季节，九香虫会在农作物的茎叶上吸食浆液，若人们不小心碰到它，其便放出一种奇臭难闻的气体，使人避而远之，因而有了臭板虫、屁巴虫、打屁虫、臭大姐等诸多臭名。由于九香虫中油脂较丰富，一经炒熟，即是一种香美可口、养生延年的药用美食，又赢得“九香虫”的美称。九香虫分布的地区，当地人有取食九香虫的习俗，多在每年 10 月至次年 3 月前捕捉，置于容器内加酒少许将其闷死，亦可置沸水中烫死，再取出干燥，可生用或用文火微炒后食用。除了作为药用保健食品外，九香虫还是为害农作物的害虫，可寄生于南瓜、冬瓜、西瓜、丝瓜等葫芦科植物，亦可使豆类、茄科、桑、玉米、柑橘等植物受害。

## 四、营养成分

一直以来，九香虫在民间作为保健食品为人们所食用，主要是因其含有



大量的营养物质及天然活性产物，人们常说的九香虫油即脂肪酸，如硬脂酸、棕榈酸、油酸等，而九香虫的臭味来源于醛或酮类物质。刘伦沛等对九香虫干燥虫体的粗蛋白、粗脂肪、微量元素、维生素、氨基酸含量进行测定，结果如下：①九香虫中粗蛋白的含量达44.3%，并检出含精氨酸、赖氨酸、丙氨酸、苏氨酸、甘氨酸、缬氨酸、丝氨酸、脯氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、甲硫氨酸、组氨酸、苯丙氨酸、谷氨酸、天冬氨酸、胱氨酸、酪氨酸、色氨酸18种氨基酸，其中8种人体必需氨基酸占氨基酸总量的29.9%，加上酪氨酸和胱氨酸则可达42.38%，联合国粮食及农业组织/世界卫生组织（FAO/WHO）模式下必需氨基酸中建议加上后两种；儿童生长发育必需的组氨酸和精氨酸含量达11%；鲜味氨基酸天冬氨酸、谷氨酸、丙氨酸与甘氨酸含量达15.5%。因此，九香虫既能提供人体必需的氨基酸，又具有良好的口感。②九香虫中粗脂肪占其干重的53.0%，油脂中含有12种脂肪酸，不饱和脂肪酸含量占总油脂的57.1%，包括十四碳一烯酸（C14:1）、软脂油酸（C16:1）、油酸（C18:1）、亚油酸（C18:2）、芥酸（C22:1）与二十二碳二烯酸（C22:2）6种，其中亚油酸和二十二碳二烯酸为人体不能合成的脂肪酸。③九香虫中微量元素以铁的含量相对较多，达到202.5mg/kg，其次是锌，为68.37mg/kg，铜的含量相对较少，为19.12mg/kg，符合人体对微量元素的分配要求。④九香虫中还含有维生素A、维生素E、维生素B<sub>1</sub>和维生素B<sub>2</sub>等维生素，以维生素A的含量最高。

另外，不同学者对九香虫中微量元素砷的含量进行测定，通过对不同样本的抽检，发现砷的质量分数在一定范围内浮动，可能与不同地域、不同时间及环境污染程度不同有关。由于九香虫是重要的虫类中药，其有毒有害微量元素的检测是非常必要的。

## 五、药理作用

九香虫作为我国传统中药多用于治疗阳痿、血管瘤、疼痛等疾病，随着中药研究的现代化及科学机制的逐渐揭示，九香虫被应用在多个方面。

1. 抗菌作用 九香虫有良好的抗菌作用，体外实验中对金黄色葡萄球菌、伤寒沙门菌、甲型副伤寒沙门菌、福氏志贺菌等具有抗菌效应，且对其血淋巴分离提纯获得一种小分子肽，对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌均有良好的抑菌作用。

2. 抗癌作用 九香虫作为复方香龙散（由半夏、天龙、九香虫、白术等组成）的组方，通过血清药理学的方法发现其可诱导人胃癌细胞凋亡，主要作用于癌细胞的DNA复制期。另外，单独使用九香虫，通过不同提取试剂获得九香虫的不同部位，可以对多种癌细胞产生抑制增殖及促进凋亡的作用。

3. 镇痛作用 中药九香岩痛宁（由鼠妇、九香虫、延胡索等组成）可有效提高小鼠痛阈，降低腹腔PGE<sub>2</sub>的含量，有明显的镇痛作用；由广木香、九香虫等

组成的中成药证明具有较强的解痉止痛效应。

虽然九香虫在抗菌、抗癌和镇痛等方面具有良好的应用，但仍存在两方面不足，一方面为药理研究主要针对的是含有九香虫的复方，缺乏对九香虫单味中药的研究；另一方面为对发挥上述药理作用的有效活性成分研究不足，如果确定并提取相关活性物质会对九香虫的广泛应用产生积极影响，因此，在今后的工作中开展相关研究很有必要。

## 六、临床应用

九香虫有多种药用功效，其功能主治为理气止痛、温中助阳，既能行气止痛，适用于胸膈气滞、脘腹胀痛；又能温肾助阳，适用于腰膝酸软、阳痿早泄。因此，现代中医用九香虫配伍其他中药可用于治疗胃痛、痛经、癌痛、遗精和阳痿等病。

1. 治疗阳痿肾虚 九香虫有温肾壮阳之功，用于肾阳不足、命门火衰之阳痿、腰膝冷痛，可单用炙热嚼服、研末服，或配伍淫羊藿、杜仲、巴戟天等同用。九香虫汤（由九香虫、枸杞、淫羊藿组成）对肾虚不育有一定的疗效；组方（由九香虫、熟地黄、杜仲、狗脊、益智仁、桑寄生等组成）对肾气亏损、腰膝酸痛等具有良好的治疗效果。

2. 治疗胸胁脘腹痛 九香虫气香走窜，有温通利膈、行气止痛之功，适用于肝气郁滞之胸胁胀痛，或肝胃不和之胃脘疼痛，可与香附、延胡索、郁金等同用，若中焦寒凝气滞之胃寒疼痛，可与木香、延胡索、厚朴等同用。乌龙丸（由九香虫、车前子、陈皮、白术、杜仲组成，见于《摄生众妙方》）对膈间滞气、肝肾亏损有良好的治疗效果；止痛灵（由九香虫、广木香等组成）临床用于胃肠疼痛、胆绞痛等，止痛效果良好；《吉林中草药》中蜜丸（由九香虫、全蝎等组成）对胸胁肋痛有疗效；组方（由九香虫、陈皮、砂仁、人参组成）对胃脘滞痛、胸膈胀满有益；以九香虫为主药，佐以理气之品，对肝胃气痛经常发作者，收效颇佳且疗效稳固。

3. 治疗痛经 疏肝止痛汤（由九香虫、白芍、延胡索、丹参、益母草、郁金等组成）用于治疗青春期痛经，有良好的治疗效果；温经拈痛胶囊（由九香虫、肉桂、小茴香、当归、五灵脂、香附、延胡索、冰片组成）用于治疗寒凝血瘀型痛经疗效颇佳。

4. 其他 据文献报道，利用九香虫与其他药物配伍使用还可用于治疗慢性喘息性支气管炎、溃疡性慢性结肠炎、萎缩性胃炎、病毒性肝炎、冠心病、急性胆囊炎、胰腺炎、肝郁湿热之胸胁疼痛、月经量少、盆腔炎性包块、子宫肌瘤、卵巢囊肿等病，组方组成颇多。

## 七、市场前景

随着对九香虫的研究逐渐深入,市场应用范围不断扩大,九香虫的需求量日益增加的同时其资源逐渐枯竭,导致九香虫的价格逐年攀升。据笔者在贵州中药材市场调研,2000年九香虫的平均市场价仅为35元/千克,后以每年10%~20%的比例逐年上涨,至2010年后更是呈倍数趋势上涨,2018年的市场价稳定在每千克1000元左右,但每年产新前价格会略有提升,而新货上市期间价格会出现大幅滑落,后续再逐渐回升。此外,全国各地中药材市场上每年的九香虫售价大体上持平,有个别地区市场价格偏高或略低,如2010年下半年贵州黔东南、四川彭州、安徽亳州等地价格在300~380元/千克,而湖北襄阳地区则高达600~700元/千克。虽然九香虫价格基本处于平稳增长状态,但时而出现价格飞涨,时而又出现价格跳水。究其原因,价格下降主要是因为往年价格过高,刺激主、副产区加大采集量,导致货量剧增难以消化,同时该产品销量小又极难保管,一旦库存积压就会给采购商和经营者带来较大麻烦,价格出现下滑便不足为奇了。

九香虫为野生稀缺药材,原主产于四川宜宾、合川、灌县、彭县<sup>①</sup>及贵州习水、赤水等地,特别是四川的嘉陵江和贵州的赤水河两地产能更为集中。目前,九香虫资源供需矛盾突出,野生资源逐年下降,因而人工养殖九香虫具有良好的商业前景。虽然九香虫的大规模人工养殖尚未成功,但是小规模实验室或人工大棚养殖已经实现,待后续扩大规模、降低成本、提高产量,期待早日实现规模化人工养殖九香虫。

### 参 考 文 献

- 郭振中.1987.贵州农林昆虫志[M].贵阳:贵州人民出版社:141-149.
- 洪月光,张敬.2000.九香岩痛宁治疗癌痛疗效观察[J].河北中医药学报,15(1):19-20.
- 江苏新医学院.1986.中药大辞典(上册)[M].上海:上海科学技术出版社:45-46.
- 林敏鉴,章士美,林征.2000.中国兜蝽科昆虫名录[J].江西植保,23(1):17-19.
- 刘伦沛,郁建平.2008.九香虫的营养成分分析与评价[J].食品科学,29(2):406-410.
- 孟景春.1996.九香虫为治血管瘤专药[J].江苏中医,17(6):24.
- 潘大理,王律修.1987.九香虫外涂治疗血管瘤[J].中医杂志,(11):40.
- 宋钧鹏.2007.九香虫新货少价将涨[N].中国中医药报.
- 萧采瑜,任树芝,郑乐怡,等.1977.中国蝽类昆虫鉴定手册(半翅目:异翅亚目)[M].北京:科学出版社,1:69-72.

<sup>①</sup> 彭县,四川省旧县名,即今县级彭州市(成都市代管)。

- 徐波, 朱光辉, 夏金堂, 等.2007.中药癌痛克对人肝癌细胞HepG2增殖、凋亡及Rb基因表达的影响[J].中国组织工程研究与临床康复, 11(12): 2253-2256.
- 杨勤建, 雷良蔚, 潘希雄, 等.1999.中药复方香龙散(含药血清)诱导人胃癌细胞凋亡的研究[J].湖北中医学院学报, 1(1): 43-45.
- 杨惟义.1962.中国经济昆虫志(半翅目: 蝽科)[M].北京: 科学出版社, 2: 46-52.
- 张颖, 陈建伟, 高源.2009.九香虫资源鉴定、化学、药理与药食应用研究[J].亚太传统医药, 17(6): 24.

## 第二章

# 九香虫的形态特征及生物学特性

### 一、形态结构特征

九香虫属于不完全变态类昆虫，发育经历卵、若虫和成虫三个时期，其中若虫期又分为1龄、2龄、3龄、4龄和5龄五个龄期。

1. 卵（图版 I A, III G） 九香虫卵为短圆柱形，长1.0 ~ 1.2mm、宽1.0 ~ 1.1mm、高1.0 ~ 1.1mm。初产时卵壳湿润，颜色偏暗、淡绿，干燥后呈白色，四周边缘处略带黄白色，中央部分由于卵壳内部的物质衬托颜色较深。随着卵的发育，逐渐变为暗红色、黑色，直至若虫孵化。卵壳薄，表面网纹隐约可见，构造复杂。九香虫的卵属于真卵盖卵，卵盖位于卵的前极，近圆形，卵孵化好后卵盖打开、末端连接，若虫即可破壳而出。

通过环境扫描电镜可观察到卵壳表面的细微结构，其表面花纹构造复杂、特异，具受精孔和气孔结构（图版 III G）。卵壳的赤道带由单排排列的帽状突起组成，其内为受精孔兼气孔，圆帽状突起为疏松的海绵状结构，突出于卵壳表面，保护其内的受精孔（图版 III L）。受精孔位于卵中线上，其帽的开口朝向卵的上端，与卵纵轴平行，利于精子顺利进入卵内。另外，卵的表面具有多种突起类型，包括棒状、棘状、脊状、勺状及不规则形突起，其中棒状突起粗长且稀疏，棘状突起小尖且致密，上述突起规则地分布在整個卵壳表面（图版 III H ~ K）。卵的前极沿边缘一圈表面突起较中央稀疏，似鸟巢，以棒状和脊状突起居多，为卵盖破裂的缝隙所在位置。卵的四周以勺状、脊状和不规则形突起为主，其间散在、均匀分布有大量气孔，气孔似火山口，边缘不规则、中空状。

2. 若虫 共五个龄期。

(1) 1龄若虫（图版 I B, II A ~ B）：长2.0 ~ 4.0mm，宽1.5 ~ 2.5mm。初孵若虫呈红色，以后颜色逐渐加深至暗红色，最后变为黑色。头、胸部背面黑色，胸部腹面两侧、触角（除末节端半部为黄色外）、足及喙均为黑褐色至黑色，复眼及腹部红棕色至黑色。头部梯形，胸部宽大，前胸背板前侧角末端圆，向外斜伸成白色薄片状，各胸节侧缘有后弯的黑刺，黑刺基部有时为白色。腹部

侧缘具黄白色小斑，腹基侧缘各有一个黑色小刺，腹部中央具大黑斑数块，腹背3~6节间的黑斑上各有臭腺孔一对。腿节背腹面各具两列细刺，胫节及跗节具细毛，爪黄色。

(2) 2龄若虫(图版 I C, II C~D): 长4.0~6.0mm, 宽3.0~4.5mm。触角1~3节棕黑色, 末节基部黑色, 其余部分黄色, 末端色稍深。头、胸背腹面均具微皱, 并有金绿色或金黄色闪光, 前胸背板中线两侧有明显的缺环形凹陷, 中胸两侧亦有凹陷区。胸部侧缘具白色宽边, 其边缘为波浪形, 各胸足腿节端部腹面有显著的圆形白斑。腹部背面两侧各有一行圆形白斑, 腹面中央有黑斑5个。其余特征与1龄若虫相似。

(3) 3龄若虫(图版 I D, II E~F): 长6.0~8.0mm, 宽5.0~6.5mm。喙第1节基部及末节尖端黑色, 其余均具黄色, 有透明感。胸部背面黑色, 侧缘具白边; 各足基节有黄色环圈, 腿节基部及中、后足胫节基半部黄色, 其余部分均为黑褐色。腹部侧缘黄斑的边缘黑色部分较宽, 腹面中央5枚黄斑的两侧常为黑色。其余部分均似2龄若虫。

(4) 4龄若虫(图版 I E, II G~H): 长8.0~11.0mm, 宽5.0~7.0mm, 体背胸部黑褐色带金属光泽, 腹部赭绿色无光泽。头部侧叶长于中叶, 翅芽伸出不明显, 第1腹节中央有1枚乳白色斑点, 腹部两侧各有一列乳白色斑点, 较中央斑点略小。胸部腹面两侧黑绿色, 各胸足间灰黑色, 似被有白粉, 各胸足除胫节端部及跗节为黑色外, 其余均为黄色, 腿节具灰黑色斑, 胫节具黑刺。腹部腹面灰黄色, 腹中区的斑块黄色, 镶有褐色细边。腹部背面侧缘黄色, 各节上有弧形黑斑。

(5) 5龄若虫(图版 I F, II I~J): 长15.0~17.0mm, 宽10.0~11.5mm。头、胸部背板及侧板、腹部背板均具黑褐色斑块, 有金属光泽。腹部背面及腹面两侧灰黑色, 腹面中央黄白。头基部复眼内侧有一个“八”字形印痕, 触角除末节大半为黄色外, 其余均为黑褐色, 第2、3节较扁。喙末端黑色, 头及胸部背面横皱明显, 小盾片两侧角处具数条光滑的黑色条痕, 翅芽伸达第1腹节。腹部背面两侧各有一列乳白色小斑, 腹面中央无黑斑, 腹部侧缘黑斑呈肾形。

通过环境扫描电镜观察各龄期若虫的触角表面细微结构, 发现共有4种类型的触角感器。由于九香虫若虫各龄期的触角感器类型及形态与成虫期近似, 故九香虫的触角感器种类、形态、超微结构等描述见下文成虫部分。

3. 成虫(图版 I G, II K~L) 雄虫长18.0~21.0mm, 宽9.5~12.0mm, 雌虫长19.0~21.5mm, 宽11.0~13.0mm。椭圆形, 背面较平, 腹面显著隆起。黑褐色, 略带光泽。头部狭尖, 略呈三角形, 头部侧叶长于中叶。复眼突出, 卵圆形, 位于近基部两侧; 单眼1对, 橙黄色。喙较短, 触角5节, 第5节端部约4/5为橙黄色, 其余各节均为黑褐色; 第1节较粗, 圆筒形, 其余4节较细



长而扁,第2节长于第3节。前胸背板发达,前窄后宽,中偏后部隆起,前半部斜向前方,前缘凹进,后缘略拱出,中部横直,侧角显著,表面分布横脊,波纹状。后胸腹板近前缘区具2个臭孔,位于后足基前外侧,当九香虫受刺激时臭气由此放出。小盾片较宽大,前端平直、末端钝圆,两侧凹陷,具明显的横纹。翅2对,前翅为半鞘翅,革质部分位于前3/5,为黑褐色,膜质部分位于后2/5,为暗褐色,具密集纵脉,后翅黄褐色。翅展开后可见腹部背面为橘黄色或橙红色,两侧缘具一窄边,腹部侧接缘各节背面和腹面中央均具一黄色至橘色的横点,腹部腹面密布细刻及皱纹,两侧颜色较深,中央部位常为深红褐色。足3对,后足最长,跗节3节。雌虫后足胫节内侧具一椭圆形灰乳白色凹陷,长约2/5胫节长度。雄虫尾器端缘弧形,中央为弓凸。雌虫生殖节末端两侧突起,中央为凹陷状结构。

通过环境扫描电镜观察成虫触角的表面细微结构,可见其上密布感器,各种感器多分布于触角的侧面和腹面,背面分布较少(图版ⅢA)。总体来看,九香虫触角上至少分布有4种类型的感器,即毛形感器、刺形感器、弯钩形感器和膨大形感器,由于电镜拍摄的角度、昆虫标本材料限制等问题,目前发现的可能仅是九香虫触角感器的部分类型,有待后续深入研究。

(1)毛形感器:该型感器是九香虫触角上分布最广、数量最多的一种,各节均有分布,感器之间在形态、大小上略有差异,基部直径为 $1.5 \sim 1.8\mu\text{m}$ ,长 $25 \sim 30\mu\text{m}$ ,一般生长于隆起的凹窝中,细长、前倾,略呈弧形弯曲(图版ⅢD~E)。

(2)刺形感器:该型感器呈刚毛状,着生于凹窝中,较毛形感器粗大,基部直径为 $2.8 \sim 3.3\mu\text{m}$ ,长 $65 \sim 72\mu\text{m}$ ,端部尖锐,垂直或前倾着生于触角上,主要位于触角末节,具有感受机械刺激的功能(图版ⅢE~F)。

(3)弯钩形感器:该型感器呈弯钩形状、长短不一,着生于凹窝内,比毛形感器略小,端部呈弯钩形,略向前倾斜,数量少,仅见于触角末节(图版ⅢF)。

(4)膨大形感器:该型感器形态极为特殊,在蝽科触角感器中未见报道,属九香虫触角感器中所独有,呈刚毛状,着生于凹窝中,较毛形感器粗大,基部直径为 $1.5 \sim 3.0\mu\text{m}$ ,长 $32 \sim 53\mu\text{m}$ ,端部尖锐,中部膨大呈圆球状,直径为 $3.5 \sim 5.8\mu\text{m}$ ,此类感器形态变化范围较大,有些感器的中部膨隆不明显,并未达到球形。垂直或前倾着生于触角上,位于除触角末节以外的其他4节,具体功能尚不明确(图版ⅢB~D)。

## 二、生物学特征

1.生活史 通过长期对贵州遵义地区九香虫进行野外观察和室内养殖,以及查阅文献资料报道,获得九香虫的年生活史(表2-1)。自然条件下,九香虫一年

发生一代，越冬成虫于次年4月上、中旬开始活动，5月上旬迁至南瓜苗上，5月底开始交配，6月上旬至7月下旬为交配产卵的高峰期，产卵活动会一直持续到8月中旬，6月上旬至8月下旬陆续孵化出若虫。越冬成虫于6月中旬至8月中旬陆续死亡，而新一代若虫于7月底至9月中、下旬羽化为成虫（图版 I J），9月下旬至10月上旬（农历八月十五前后）陆续进入越冬状态，成虫陆续迁飞至越冬场所，如河滩鹅卵石块下、瓦片土块下和竹筒瓦缝等处。有报道称，九香虫成虫越冬的成活率在98.2%以上。

表2-1 九香虫的生活史

世代	1~3月			4月			5月			6月			7月			8月			9月			10~12月					
	E	M	L	E	M	L	E	M	L	E	M	L	E	M	L	E	M	L	E	M	L	E	M	L			
越冬代	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+									
				/+	/+	/+																					
第一代							•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•									
										-	-	-	-	-	-	-	-	-									
																+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

注：+成虫；（）越冬；•卵；-若虫；E，上旬；M，中旬；L，下旬。

自然条件下，贵州遵义地区的5龄若虫一般在7、8月羽化为成虫，直至次年6、7月份成虫完成交尾后开始陆续死亡。笔者对九香虫进行实验室养殖，研究发现九香虫的卵期为8~12天；若虫期为50~80天，其中1龄若虫为16~23天，2龄若虫为7~9天，3龄若虫7~11天，4龄若虫6~11天，5龄若虫13~22天；成虫期为320~350天。魏超等根据野外采集的若虫进行人工饲养观察，计算九香虫雌虫和雄虫的平均寿命分别为 $(342.94 \pm 11.35)$ 天和 $(331.76 \pm 7.65)$ 天。

2. 习性 笔者根据在室内和室外对九香虫的习性观察及魏超等的报道，下面对九香虫交配和产卵的过程及聚集、趋光和冬眠等习性进行详细描述，有助于对九香虫的生物学习性有更深刻的了解和认识。

(1) 交配：自然条件下，九香虫的交配行为在每年的5月底至8月初，高峰期主要在6~7月，少数会发生在8月。交尾季种群雌雄比约为1:1，有多次交尾、多次产卵的习性，每日16:00~22:00为一天中交尾发生的主要时段，20:00~21:00达到交尾的最高峰。交尾时雄虫首先对雌虫进行追逐，并用触角对雌虫的腹部反复进行拍打，雌虫若不同意进行交配，会迅速爬离；雌虫若同意交配，则会在原地不动等待交配的开始。随后，雄虫会爬上雌虫背部，慢慢调整方向，将其尾部对准雌虫尾部，然后再慢慢从雌虫背部下来，将外生殖器伸入雌虫体内。交尾时雌虫尾部在上，雄虫尾部在下（图版 I H），平均交尾时间为 $(8.92 \pm 1.97)$  h（雌虫和雄虫在1:1的情况下）。据观察，交配开始的主导权在