DOI:10.16779/j.cnki.1003-5508.2015.02.029

蜀柏毒蛾的生物学特性与防治技术研究进展

邹智勇,李 锋
(南江县林业局,四川 南江 636600)

摘 要: 蜀柏毒蛾是四川省第一大食叶害虫,近年来在四川省造成严重的经济损失。本文综述了蜀柏毒蛾的生物学特性及危害特征,总结了运用物理防治、化学防治、生物防治和化学生态学防治等方法防治该害虫的研究进展,并对蜀柏毒蛾的研究进行了展望。

关键词: 蜀柏毒蛾; 生物学特性; 防治; 研究进展
中图分类号: S763 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-5508(2015)02-0122-05

Advances in Research on Biological Characteristics and the Control Technology of *Parocneria orienta*

ZOU Zhi-yong LI Feng
(Forestry Bureau of Nanjiang County, Nanjiang 636000, China)

Abstract: *Parocneria orienta* is one of the most serious pests to the forest of Sichuan province. It has caused severe economic losses in Sichuan. This paper deals with the research advances of several control methods, including physical control, chemical control, biological control and chemical ecology control, and then forecasts the studies of *Parocneria orienta*.

Key words: *Parocneria orienta*, Biological characteristics, Control, Research advances

1 蜀柏毒蛾寄主及危害特点

1.1 寄主范围及发生原因

蜀柏毒蛾是四川省森林第一大食叶害虫,主要危害柏木(*Cupressus funebris* Endl),在食物缺乏时危害侧柏(*Platycladus orientalis* Franco)、桧柏(*Sabina chinensis* (Linn.) Ant.)、墨西哥柏(*Cupressus lusitanica* Miller)和千头柏(*Platycladus orientalis* cv. sieboldii)等柏科植物,以鳞叶为食。

蜀柏毒蛾猖獗的原因主要有两个方面:一是气候因素,蜀柏毒蛾对气候适应性极强,5 ℃~35 ℃均可正常发育,犹以气温17 ℃~32.6 ℃和相对湿度75%~94%为幼虫生长发育最适。冬干春旱,气温高,雨量少时往往大面积发生;二是由于化学及有机农药的不合理使用,导致天敌种类和数量迅速下降,蜀柏毒蛾在无天敌控制时,种群数量剧增,造成大发生。

1.2 危害特征

蜀柏毒蛾的幼虫专食柏木鳞叶,离开柏木就会死亡,当幼龄幼虫飘落在其它植物上时,一部分不再移动而逐渐死掉,另一部分则经过爬行来寻求它所需要的食物,如果没有找到它所需要的食物,最终也将死亡。取食时间一般在上午10时~11时,午后5时~7时。在柏木林内一般先食阳坡沟河两岸,后食阴坡高山;先食嫩叶,后食老叶,最后逐株食光。越冬代比第一代幼虫危害更为猖撅,整个幼虫取食危害期为110 d~130 d。

在同一林区,不同年龄的柏木受害程度不同,就单株而言,刚长成的嫩稍最先遭到危害。以幼虫危害,仅取食鳞叶或嫩枝,受害鳞叶枯萎变黄,并逐渐脱落,影响柏木正常生长发育。大范围危害成灾时,

收稿日期:2014-12-01
作者简介:邹智勇(1976-),男,工程师,大专学历,从事营造林和森林保护工作。

柏木鳞叶被成片吃光,形似火烧,严重的还被啃食细枝嫩皮,造成林木死亡。蜀柏毒蛾幼虫被家禽和牲口取食后可直接致死,而且毒蛾粪便掉进水井后导致用水村民腹泻、幼虫毒毛引起人的手、眼等处红肿的事件时有发生,严重影响农业生产和生活。

1.3　对柏木林健康的影响评价

文亮[1]研究了蜀柏毒蛾危害对柏木林景观健康的影响: 通过对在实验地及其它柏木林区进行抽样调查表明,蜀柏毒蛾危害造成柏木树冠鳞叶损失30%时,将对柏木林景观健康产生显著影响。采用专家评判法进行蜀柏毒蛾危害对柏木林材积损失、地表径流、柏木林冠截留、景观价值多项指标进行综合评价,得到蜀柏毒蛾危害对柏木林健康影响的评价指数: 柏木林健康对于蜀柏毒蛾危害的最大忍受限度为 37.6976%,超过此数值时,柏木林的健康就会受到影响。37.6976%也表示蜀柏毒蛾危害林冠的防治指标。

2　蜀柏毒蛾生物学特性

2.1　蜀柏毒蛾形态特征

(卵扁圆形,直径 0.9 mm ~ 1.0 mm,背面中央有一圆形或倒三角形凹陷。②幼虫 7 龄,体长随虫龄增加而增加,老熟幼虫平均 21.93 mm。③蛹平均长 14.22 mm。④雌虫,平均体长 14.3 mm,平均翅展 41.7 mm; 触角栉齿状,褐色; 颜色较浅,斑纹清晰; 后翅灰白色,外缘褐色或黑褐色。⑤雄虫平均体长 13.3 mm,平均翅展 36.8 mm; 触角羽毛状,黑褐色; 前翅白色或褐色,中区和外区密布褐色、灰白色条形斑,基线不清晰,亚基线斑点状,内横线和中横线锯齿状,缘毛白色和褐色相同; 后翅黑褐色,基半部色浅,缘毛白色或褐色[2]。

2.2　生活史及生活习性

2.2.1　生活史

蜀柏毒蛾在四川、福建 1 年发生均 2 代,以幼虫或卵越冬。幼虫取食物危害历时较长。由于四川南北气候不同,发生期差异较大,蜀柏毒蛾越冬代成虫 5 月中旬开始羽化,羽化盛期为 5 月下旬至 6 月上旬,6 月中旬为羽化末期。第一代蜀柏毒蛾在 9 月上旬开始羽化,10 月中旬为羽化末期期,羽化盛期在 9 月下旬至 10 月上旬。蜀柏毒蛾在福建发生期与在四川略有不同。一般 3 月上旬至 6 月中旬为越冬代发生期,危害盛期从 4 月下旬至 5 月上旬。5 月中旬至 10 月下旬为第一代发生期。危害盛期从 8 月下旬到 9 月上旬。

2.2.2　生活习性

蜀柏毒蛾成虫白天静伏,黄昏后活动。雌雄交配时间多在早 8 时到晚 8 时之间,产卵数在 300 粒左右,最高达 645 粒,最低 126 粒。雌蛾 3 d 内将腹中 85% 的卵产出体外,产卵时用脚伏在枝叶上,从腹部尾端伸出产卵管向下弯曲,将卵产在鳞叶小枝上或枝干的分叉处,同时分泌少量的粘液把卵粘结成卵块。产出后的卵粒经过 10 d 左右就孵化出幼虫。越冬代的卵块变为灰白色后需在气温下降到 10℃左右才开始孵化。孵化后的卵壳极易脱落,孵化孔一般在卵的侧面。越冬代孵化气温而以 5 ℃ ~ 12 ℃之间孵化较盛。第一代蜀柏毒蛾的卵以 22 ℃ ~27 ℃孵化的数量较多。相对湿度在 80% 左右时孵化的数量较多。

蜀柏毒蛾幼虫寿命平均 100 d ~ 107.5 d。越冬代成虫寿命为 3 d ~ 10 d,平均 6.5 d。越冬代初孵化的幼虫离开卵壳后经过 2d 或更多的时间开始取食。1 龄 ~ 3 龄幼虫取食甚微,虫龄达到 4 龄以后取食量逐日增加。化蛹前 3 d,食量逐日下降,化蛹时停止取食。越冬代幼虫发育的最佳时期 4 月中旬和下旬。第一代蜀柏毒蛾的幼虫孵化后,经过几小时开始活动。首先吃去卵壳的一部分,若遇风吹动枝叶或震动则吐丝下垂,借风力以达到迁移,找到适当的柏木鳞叶后经过 1h – 3h 即取食鳞叶的尖端。第一代幼虫各龄期长短各不一致,一到四龄是比较有规律,每一龄期相差的天数不大,司龄到五龄时,由于处于气温最高的季节,幼虫的龄期有显著差异,最短的 8 d,最长的 30 d。幼虫停止取食后,身体逐渐缩短,吐出少量的丝粘结枝叶,作成简单的蛹室,准备化蛹。经过预蛹期 1 d ~ 3 d,即脱皮化蛹。脱皮后即将简单的蛹室破坏,仅余极少量的丝钩粘在尾刺上,致使蛹体倒悬于枝叶上。越冬代的化蛹以温度 20 ℃ ~ 22 ℃,湿度 80% 最为适宜,蛹期平均 15.6 d。第一代化蛹所需温度以 18 ℃ ~ 22 ℃为最适宜,湿度与越冬代相近似,蛹期平均 12.5 d。

3　防治方法

森林害虫的发生往往是森林生态系统内部出现了问题,如天然林前期超负荷砍伐、大面积种植人工纯林、长期不合理使用农药等。中国森林病虫害防治普遍存在的突出问题之一是重治不重防。从根本上实现森林病虫害的主动防治,应从以下几点着手:

一是在森林培育过程中，在营林的各个环节中，科学有效的进行选种、育苗、选地、造林、经营、抚育；二是在森林采伐中，注意保障树木的健康生长，减少病虫来源，协调各生物间关系，提高树木抗性；三是要遵循森林可持续发展的观点。森林病虫害的防治工作应实现以生态学为基础，以营林技术为主要手段的森林病虫害的综合治理。

3.1 营林技术措施

①应以森林健康的理论作为指导，把营林防治措施作为基础，制订合理的造林规划。

②造林时不应造纯林，而应以混交林为主，实施近天然林经营模式，使林分中各种生物间相互制约作用增强，森林生态环境趋于稳定。

③培育抗病树种、品种，提高林木自身抗病虫能力，建立可持续发展的人工林经营模式，提高森林自身防灾控灾的能力。

④在林间开展成林间伐和幼林抚育的工作，伐除林分内的弱小及衰弱木，保留合理的立木密度，促进松树的健康生长和发育。

⑤建立森林病虫害的监测预报体系，确定病虫害的管理防治指标，及时防范，减少危害和损失，将森林病虫害控制在经济允许水平之下[3]。

3.2 化学防治措施

目前，全球农作物每年因病虫草鼠的危害损失产量约占产量的三分之一，如不采取以化学防治为主的植保措施，损失将成倍增加。从林业病虫害防治领域来看，化学农药能迅速、有效的预防和控制有害生物对农作物的侵染和危害，如果正确、合理的使用，它将在保障林业生产的同时，还能够有效或减轻病虫鼠草的危害[4]。

近年来，新一代化学农药已逐渐克服了传统农药的诸多弊端，并向着高效、高选择性、低毒、低风险性[5]的方向发展，更加注重与环境的相容性和与人的和谐。国内针对蜀柏毒蛾也有相关的研究。常国彬[6]等利用静电喷雾48%噻虫啉悬浮剂和2%噻虫啉微胶囊悬浮剂防治蜀柏毒蛾的林间试验表明，48%噻虫啉悬浮剂4 000倍液和2%噻虫啉微胶囊悬浮剂2 000倍液可作为静电喷雾蜀柏毒蛾4、5龄幼虫的适宜药液浓度。常国彬[7]等还在室内测定了5%甲维盐可湿性粉剂和5%阿维杀铃脲悬浮剂对蜀柏毒蛾2龄幼虫的生物活性——触杀和胃毒作用，并进行了林间防治试验。室内试验结果表明，两种药剂对蜀柏毒蛾具有很强的杀虫活性和速效性，药后3h的校正死亡率均在84%以上。林间防治试验结果表明，两种药剂对蜀柏毒蛾具有很好的防治效果，且持效期长。

化学防治蜀柏毒蛾的重点是越冬代幼虫。对重虫区或常灾区，在3月中旬至4月中旬和7月中旬至8月中旬未造成灾害之前选用30%的敌百虫粉剂、50%马拉硫磷、亚胺硫磷1 000倍液或90%晶体敌百虫、80%敌敌畏1 000倍～1 500信液等防治越冬代和第1代幼虫。然而化学防治分别存在毒性大、残留多和抗药性的问题，而且使用化学防治对柏木林区内的养蚕具有极大的影响。

3.3 生物防治措施

生物防治是利用有益生物或其他生物来抑制或消灭有害生物的一种防治方法。近年来，国内外都非常重视害虫综合防治，主张以生物防治作为综合防治的主要内容。本文主要从以下几个方面来概述国内外利用生物防治措施防治蜀柏毒蛾的研究概况。

3.3.1 天敌

保护和利用天敌是害虫生物防治的主要措施。利用天敌防治害虫不污染环境，对人、畜、植物安全；对害虫不产生抗性；对其它益虫一般情况下都无害或危害较轻；不干扰其他防治措施，因此天敌防治害虫在综合防治中没有不良副作用，容易与其他措施相配合，能长期有效的控制害虫，并通过传播和繁殖，扩大受益面积[8]。目前已知蜀柏毒蛾天敌55种[9]，其中天敌昆虫17种，天敌蜘蛛26种，天敌鸟类8种，虽然种类较多，但可以广泛应用于蜀柏毒蛾防治的还未有报道。

3.3.2 生物农药

生物农药是指直接利用生物生产的生物活性物质或生物活体作为农药，以及人工合成的与天然化合物结构相同的农药。生物农药具有生产原料来源广泛，对非靶标生物安全、毒副作用小、对环境兼容性好等特点，已成为全球农药产业发展的新趋势[10]。

3.3.2.1 植物源杀虫剂

植物是天然产物农药的宝库，据Ahmed1985年的资料，全世界已报道过的1 600多种具有控制有害生物的高等植物，其中具有杀虫活性的1 005种，杀螨活性的39种，杀线虫剂活性的108种；对昆虫具有拒食活性的384种，忌避活性的279种，引诱活性的28种，引起昆虫不育的4种[11]。目前，多的主要是楝科（如印楝、川楝、苦楝等）和卫矛科（如苦皮藤等）植物的提取物。

目前有关利用植物源杀虫剂防治蜀柏毒蛾的研究已经有了一定进展，特别是对楝科植物提取物的研究，陈小平[12]等研究了印楝素乳油对蜀柏毒蛾的毒杀左右，室内试验结果表明，0.3% 印楝素乳油对蜀柏毒蛾具有很强的毒杀活性和一定生长发育抑制作用。林间试验结果表明，0.3% 印楝素乳油对蜀柏毒蛾具有良好的防治效果。蒲兴平[13]研究了苦参碱乳油防治蜀柏毒蛾药效试验，试验结果表明，苦参碱乳油杀虫剂对蜀柏毒蛾幼虫毒杀效果良好，其防治效果接近川保Ⅲ号杀虫粉，可在生产中广泛推广应用。陈小平[14]等测定了乌头乙醇提取物对蜀柏毒蛾的生物活性：毒力测定表明，提取物对蜀柏毒蛾有较高毒力，24 h 致死中浓度 LC_{50} 为16 819 μg·g^{-1}。室内试验表明 800 μg·g^{-1} 和 600 μg·g^{-1} 两个剂量对蜀柏毒蛾均有明显的药效，且随着施药时间的增加，死亡率逐渐增大，施药 72 h 后的校正虫口退减率分别达到 100% 和 95.13%，这一结果与 0.3% 印楝素乳油1 200倍液无显著差异。这些条件使将乌头开发成一种新型杀虫植物成为可行。然而要想将乌头提取物成功地开发成植物源农药，广泛应用于农林生产，仍需对其杀虫活性成分、毒理及其作用机理、防治谱、残留效果、环境安全等方面进行系统的研究。笔者随后将对以上几方面进行系统研究，也将陆续报道相关研究结果。

3.3.2.2　细菌类杀虫剂

目前国内外应用最为广泛的微生物杀虫剂为 Bt 制剂，即苏云金芽孢杆菌。我国从上世纪 50 年代开始研究 Bt 杀虫剂，获得了较长时期的项目支持和产业发展，已形成较大的产业规模。苏云金杆菌主要通过口腔感染，杀死昆虫可以有细菌本身的活动引起，更重要的是菌体产生的毒素作用。毒素不仅能帮助细菌入侵，而且可以使害虫在短时间内中毒死亡[15~16]。

研究发现，以 Bt 菌剂为代表的多种细菌类杀虫剂对蜀柏毒蛾有不错的防治效果。冯清[17]等用含菌量为 4.3×10^6 cfu/ml 和 8.6×10^5 cfu/ml 的 Bacillussubtilis PRS5 菌剂和毒力效价为 16 IU/mg 的 Bt 菌剂防治蜀柏毒蛾 4 龄幼虫，最终防效分别达 96.7%、82% 和 82.8%。显示出 2 种菌剂在防治蜀柏毒蛾中具有可喜的应用前景。冯波[18~19]等测定了一株缺陷假单胞菌对蜀柏毒蛾 2 龄幼虫的毒力作用，虽该菌对幼虫毒力不是很强，但对对蜀柏毒蛾幼虫取食具有明显的抑制作用，残存种群雌蛾产卵量和卵的孵化率等种群质量显著下降。缺陷假单胞菌在杀死部分幼虫后还残留了一定数量的低质量种群，这就为天敌昆虫提供食物来源，在一定程度上维持了天敌种群的稳定性，这对保护柏木林生物多样性具有意义。

3.3.2.3　病毒类杀虫剂

昆虫病毒类杀虫剂研究始于 20 世纪 70 年代。病毒对害虫具有专一性，能造成流行病，因此对目标害虫有持续控制效果。目前病毒产品应用较多的有苹果蠹蛾颗粒体病毒、舞毒蛾核多角体病毒等。核多角体病毒（Nucleo polyhedrosis Virus）是发现最早、分布最广、数量最多的一类杆状病毒。当前国际上已注册用于防治森林害虫的 NPV 病毒有 3 种。

赵小东[20]等对蜀柏毒蛾核型多角体病毒（*Parocneria orienta* Nuclear polyhedrovirus，简称 PaorNPV）形态结构、结构多肽、限制性内切酶图谱等特性进行了研究。采用不连续系统垂直板 SDS-PACE 分析了 PaorNPV 的多角体蛋白、病毒粒子结构多肽。应用 5 中限制性内切酶对 PaorNPV 基因组 DNA 进行了酶切分析。

文亮研究了对蜀柏毒蛾核型多角体病毒增效的添加剂，说明若在相同 PoNPV 浓度情况下，添加了 1% VBL、灭幼脲、敌百虫后，防治效果成倍地增加了[21]。周建华等使用用 1% TinopalLPW 荧光增白剂作为蜀柏毒蛾核型多角体病毒增效剂对蜀柏毒蛾 2 龄幼虫进行室内毒力测定，结果表明除 9.0×10 Opm/hm^2 + 1% TinopalLPW 表现出显著的增效作用[22]。

3.4　化学生态防治措施

化学生态学（Chemical Ecology）属于生态学与化学的交叉学科，是当前生态学领域最活跃的分支学科之一。昆虫化学生态学是化学生态学在昆虫生态学领域的具体体现，也是化学生态学的重要组成部分，多数与昆虫外激素、社会性化学信息素、昆虫－寄主植物或拟寄生物－寄主的化学相互作用有关[23~24]。

近年来，国内外提出关于利用昆虫性信息素来监测以及防治害虫的新策略，应用昆虫性信息素监测害虫发生和消长情况，具有灵敏度高、准确性好、操作简便、高效经济、无毒、不杀伤天敌等特点，在世界各国已得到普遍承认。到目前已鉴定和合成了 1 000多种害虫的性诱剂[25]，其中有些已在测报和防治上大面积推广应用。但是国内外至今仍然没有关于蜀柏毒蛾的性信息素相关生物学及其应用方面的研究。

目前应用性信息素防治鳞翅目害虫的技术已较为成熟，对于蜀柏毒蛾性信息素已经有了初步的研究。张坤胜[26]等研究了蜀柏毒蛾生殖行为及其性信息素的产生与释放节律，研究结果表明：羽化当天的雌蛾体内性信息素含量较低，第 2 天最高，以后逐日下降；2 日龄蜀柏毒蛾处女雌蛾性信息素的产生量从早上 7:00 起逐渐增加，8:30 ~ 9:30 最高，9:30 后逐渐减小。雄蛾对处女雌蛾腺体提取物的触角电位反应在 8:30 ~ 9:00 最强，说明 8:30 ~ 9:00 是雌蛾产生和释放性信息素的高峰期。试验研究结果可为开展蜀柏毒蛾性信息的鉴定和合成，及其在种群监测和治理中的应用研究提供实验基础和依据。

4 小结

目前对于蜀柏毒蛾的防治，基本上是采用的化学防治，不仅残留大也杀死了大部分天地昆虫，破坏了柏木林内的生态和生物多样性，而任何单一措施都难以取得长期而理想的效果。所以应充分考虑植物、昆虫和天敌之间的复杂关系，采取综合治理的对策。本文系统总结了蜀柏毒蛾的生物学特性及危害特征，阐述了有关蜀柏毒蛾的防治方法及相关的研究进展，旨在为制定科学合理的控制及预防蜀柏毒蛾提供依据和参考。

参考文献：

[1] 文亮. 蜀柏毒蛾危害对柏木林健康影响评价 [D]. 四川农业大学，2007.

[2] 何礼. 蜀柏毒蛾生物学特性及防治 [J]. 昆虫知识，1998，35(2)：90 ~ 93.

[3] 叶建仁. 中国森林病虫害防治现状与展望 [J]. 南京林业大学学报，2000，24(6)：1 ~ 5.

[4] 周明国. 中国植物病虫害化学防治研究(第一卷) [M]. 北京：中国农业科技出版社，1933.

[5] 郑永权，孙海滨，董丰收，等. 高效低风险是农药发展的必由之路 [J]. 植物保护，2012，38(2)：1 ~ 3.

[6] 常国彬，熊慧龙，徐志伦，等. 噻虫啉防治马尾松毛虫和蜀柏毒蛾的林间试验 [J]. 中国森林病虫，2012，31(2)：43 ~ 45.

[7] 常国彬，刘金燕，熊慧君，等. 两种杀虫剂对蜀柏毒蛾的生物活性和林间防效 [J]. 中国森林病虫，2011，30(6)：43 ~ 45.

[8] 邱式邦，杨怀文. 生物防治 - 害虫综合防治的重要内容 [J]. 植物保护，2007，33(5)：1 ~ 6.

[9] 何礼. 蜀柏毒蛾天敌的初步研究 [J]. 昆虫天敌，1992，14(3)：133 ~ 137.

[10] 邱德文. 我国生物农药现状分析与发展趋势 [J]. 植物保护，2007，33(5)：29 ~ 32.

[11] 赵善欢. 植物化学保护 [M]. 北京：中国农业出版社，2000.

[12] 陈小平，崔永三，赵博光，等. 印楝素乳油对蜀柏毒蛾的生物活性及林间防效 [J]. 中国森林病虫，2008，27(4)：29 ~ 30.

[13] 蒲兴平，段守荣，李斌. 苦参碱乳油防治蜀柏毒蛾药效试验 [J]. 四川林业科技，2005，26(6)：68 ~ 69.

[14] 陈小平，李斌，陈小波，等. 乌头提取物对蜀柏毒蛾生物活性研究 [J]. 中国森林病虫，2007，26(6)：

[15] 杨谦. 植物病原菌抗药性 [M]. 北京：科技出版社，2003.

[16] 喻子牛. 微牛物农药及其产业化 [M]. 北京：科学出版社，2000.

[17] 冯清，刘万金，李涛. PRS5 微生态菌剂和 B. t. 制剂防治蜀柏毒蛾试验 [J]. 四川林业科技，2002，23(4)：69 ~ 71.

[18] 冯波，周建华，郭亨孝. 一株蜀柏毒蛾无芽胞杆菌病原的鉴定与毒力研究 [J]. 林业科学，2009，11(11)：104 ~ 108.

[19] 冯波. 一株蜀柏毒蛾无芽孢杆菌病原的生理生化特性与应用研究 [D]. 四川农业大学，2008.

[20] 赵小东，周建华，丁清泉. 蜀柏毒蛾核型多角体病毒结构多肽及基因组酶切分析 [J]. 中国病毒学，2000，15(3)：249 ~ 254.

[21] 文亮，周建华，郭亨孝，等. 几种对蜀柏毒蛾核型多角体病毒增效的添加剂研究 [J]. 林业科学研究，2009，22(6)：878 ~ 882.

[22] 周建华，胡应之，肖育贵，等. 荧光增白剂 Tinopal LPW 对蜀柏毒蛾核型多角体病毒增效作用研究 [J]. 中国病毒学，2006，21(3)：273 ~ 276.

[23] 黄新培. 昆虫化学生态学研究进展 [J]. 北京农业大学学报，1991，17(4)：103 ~ 11.

[24] 张新虎，沈慧敏，黄高宝. 植物与昆虫化学生态学研究现状与展望 [J]. 甘肃农业大学学报，2006，41(1)：116 ~ 121.

[25] Foster SP. Neural inactivation of sex pheromone production in mated lightbrown apple moths, *Epiphyaspost vittana* (Walker). *J. Insect Physiol*, 1993, 39 (3): 267 ~ 273.

[26] 张坤胜，杨伟，卓志航，等. 蜀柏毒蛾生殖行为及性信息素产生与释放节律 [J]. 昆虫学报，2012，55(1)：46 ~ 54.