

# 核桃害虫核桃举肢蛾及害虫预测预报的研究进展

刘敏锋<sup>1</sup>, 郑梦桃<sup>1</sup>, 李忠锋<sup>2</sup>, 王雨晨<sup>3</sup>, 王洋<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>商洛市气象局, 商洛市气候适应型城市重点实验室, 陕西 商洛

<sup>2</sup>商洛市林业局, 商洛市核桃研究所, 陕西 商洛

<sup>3</sup>西北大学, 生命科学学院, 陕西 西安

<sup>4</sup>商洛学院生物医药与食品工程学院, 商洛市中药材病虫害综合防治技术研究中心, 陕西 商洛

收稿日期: 2022年9月6日; 录用日期: 2022年10月5日; 发布日期: 2022年10月11日

## 摘要

核桃举肢蛾属鳞翅目举肢蛾科, 造成核桃果实发黑, 已经成为我国核桃主产区的主要害虫之一。本文通过查阅文献分析了核桃举肢蛾的形态特征、生活史以及性信息素等多个方面的研究, 比较了不同地区核桃举肢蛾的差异性, 并列举了近年来主要的防治手段, 其中生物防治成为国内外研究与开发的重点。针对利用气象因素在害虫预测预报中的研究进展, 提出进一步加快区域重要害虫的数据库建设对害虫的绿色防治和地方经济的高效发展具有重要意义。

## 关键词

核桃举肢蛾, 害虫防治, 性信息素, 害虫预测预报

# Research Progress on Walnut Pest *Atrijuglans hetaohei* Yang and Pest Forecasting

Minfeng Liu<sup>1</sup>, Mengtao Zheng<sup>1</sup>, Zhongfeng Li<sup>2</sup>, Yuchen Wang<sup>3</sup>, Yang Wang<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Shangluo Meteorological Bureau, Key Laboratory of Climate Resilient Cities of Shangluo City, Shangluo Shaanxi

<sup>2</sup>Shangluo Forestry Bureau, Shangluo Walnut Research Institute, Shangluo Shaanxi

<sup>3</sup>College of Life Science, Northwest University, Xi'an Shaanxi

<sup>4</sup>College of Biomedical and Food Engineering, Shangluo Technology & Research Institute of Integrated Pest Management for Chinese Herbs, Shangluo University, Shangluo Shaanxi

\*通讯作者。

文章引用: 刘敏锋, 郑梦桃, 李忠锋, 王雨晨, 王洋. 核桃害虫核桃举肢蛾及害虫预测预报的研究进展[J]. 农业科学, 2022, 12(10): 961-967. DOI: 10.12677/hjas.2022.1210134

## Abstract

*Atrijuglans hetaohei* Yang belongs to Heliodinidae of Lepidoptera, which causes the blackening of walnut fruits and has become one of the main pests in the main producing areas of walnut in our country. In this paper, the morphological characteristics, life history and sex pheromone of *A. hetaohei* Yang were analyzed through the literature review, and the differences in different areas were compared. The main control methods in recent years were listed, among which biological control has become the focus of research and development. In view of the research progress of using meteorological factors in pest prediction and forecasting, it is of great significance to further accelerate the construction of regional important pest database for the green pest control and the efficient development of local economy.

## Keywords

*Atrijuglans hetaohei* Yang, Pest Control, Sex Pheromone, Pest Prediction and Forecasting

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

核桃四大干果之王, 不仅具有营养价值, 而且还有很高的药用价值, 是陕西和新疆等地的重要经济作物[1]。近年来随着核桃的大量种植, 各产区核桃举肢蛾的危害也逐渐显露, 它们的幼虫会使核桃果实发黑并提前脱落, 果实受害率达到 70%~80%, 甚至高达 100% [2], 不但影响环境还造成了极大的经济损失。因此, 核桃举肢蛾作为害虫引起了广泛关注, 各界学者从生物学、性信息素、基因组学等多个方面展开研究, 为各地区制定核桃害的防治措施提供了理论基础。本文通过查阅文献分析了核桃举肢蛾的形态特征、生活史以及性信息素等多个方面的研究, 发现目前研究比较深入的主要集中在超微形态结构和线粒体基因组等方面, 而基于气象大数据的害虫预测预报分析相对研究不足。针对大数据技术在害虫预测预报中的广泛应用, 本文基于研究进展分析指出进一步加快区域重要害虫的数据库建设对害虫的绿色防治和地方经济的高效发展具有重要意义。

## 2. 核桃举肢蛾的生物学研究

### 2.1. 核桃举肢蛾形态特征

核桃举肢蛾是一种完全变态的昆虫, 整个生命周期经历了卵、幼虫、蛹、成虫四个阶段。因其停歇时生有环状黑色毛刺的后足胫、跗节会向侧后上方举起而得名[3]。

### 2.2. 核桃举肢蛾生活史及习性

核桃举肢蛾在我国各大核桃的主要产地因气候类型和地理特征不同, 发生状况也有些许差别。一般在河北、山西南部、陕西、湖北(海拔低于 1000 m 的地区)等地一年发生 1 代。例如山西运城, 5 月初羽

化, 5月中出土, 蛀蚀入果实1个多月, 7月初钻出果实, 蛀食果肉, 从果实上掉落到地面后结茧越冬[4]。而在河南、山西、陕西(海拔低于800 m的地区)、贵州、四川西部、湖北(海拔高于1000 m的地区)等地区一年发生2代[5]。在少数地区, 例如山东济南, 一年可发生3代, 越冬代成虫发生时间为5月中旬至6月中旬, 第1代成虫发生在6月下旬至7月下旬, 第2代成虫发生在8月上旬至9月上旬, 每代发育历期约40天[6]。明确不同地区核桃举肢蛾的发生规律, 可以更加高效的进行对核桃举肢蛾的防治工作, 在虫害发生期集中灭杀, 以保证核桃的良好生长。

核桃举肢蛾还有一个可利用的生物特性——趋光性, 它们白天多栖息在树叶背面或草丛中。在日落前1到2小时最为活跃, 此时为核桃举肢蛾求偶交配的高峰期[7]。利用这一特性不仅可以阻止它们交配产卵, 还可以对它们进行集中消灭, 人工制造光源, 吸引捕捉后集中处理。目前, 诱虫灯已经被广泛应用, 吸引害虫, 再集中消灭, 但当前这一技术仍存在一定问题。张锦芳等人在使用诱虫灯进行害虫治理时发现, 诱虫灯往往会吸引多种昆虫, 包括害虫和益虫, 因此如何设计只吸引一种害虫的诱虫灯这一问题还有待解决[7]。

### 3. 核桃举肢蛾的性信息素研究

#### 3.1. 昆虫性信息素

昆虫性信息素是由昆虫的某一性别的个体分泌于体外, 被同种异性个体的感受器所接受, 并引起异性个体产生一定的生殖行为反应的微量化学物质。它操作起来很简单, 防治效果好, 并且更加绿色环保, 因此可在农业防治上广泛使用[8]。

#### 3.2. 核桃举肢蛾性信息素生物学研究

##### 3.2.1. 核桃举肢蛾性接收与释放性信息素的部位

郝兴宇等人于2003年6月在山西省左权县山区核桃树下收集核桃举肢蛾的虫茧。他们将虫茧置于合适的环境下等待其自然羽化, 然后取其中没有发生交尾的雌蛾和雄蛾若干只, 模拟它们交尾时的状态, 剪下雌蛾在交尾时裸露的腹尖末端和雄蛾的头部, 然后进行扫描电镜观察。结果发现核桃举肢蛾雄蛾头部触角鞭节下部和中部正面密集分布有很多毛型感器, 不同类型的感受器可以选择性的接受某一不同类型的化学物质; 雌蛾腹尖末端具有可分泌性信息素的分泌腺[8] [9]。

由雌蛾释放的性信息素在空中扩散, 与雄蛾触角上的感受器接触, 在气味蛋白(OBPs)的协助下到达气味受体(ORs)并与之结合, 产生EAG反应, 刺激雄蛾飞向雌蛾与之交尾[9] [10]。同时气味分子在气味蛋白的作用下会迅速失活, 以保证昆虫在飞行过程中能根据空气中气味分子的变化进行实时的调节[11]。

##### 3.2.2. 核桃举肢蛾性信息素的组分与结构

对性信息素的提取和结构鉴定是对性信息素研究和利用的前提。阴文华运用溶剂提取法对雌虫性信息素进行提取, 对萃取后的溶液进行GC-MS分析。分析结果表明核桃举肢蛾性信息素成分中可能含有一个双键的不饱和直链十六碳烯醇、一个双键的不饱和直链十六碳烯醇乙酸酯和含两个碳碳双键的不饱和直链十六碳烯醇, 双键的位置还需要进一步的确定和研究[8], 并且在提取时仍存在一定问题, 如: 在对提取物进行GC-MS分析时, 溶剂峰不明显[8]。阴文华对此进行了分析并提出了建议, 可以尝试使用固相微萃取方法。

##### 3.2.3. 核桃举肢蛾性信息素的合成

李文海对核桃举肢蛾的性信息素通讯系统做了深入的研究, 对利用性信息素进行生物防治具有一定意义。他提取雄蛾触角的总RNA, 反转录合成cDNA, 将其进行克隆, 获得核桃举肢蛾PBP2基因, 再

将 PBP2 基因进行克隆, 获得 PBP2 基因的全长基因。在雄蛾触角上对 PBP2 基因进行免疫荧光定位, 确定了 PBP2 基因在雄蛾触角部分感器中有分布, 推测这些感器对 PBP2 进行了表达[10]。

#### 4. 核桃举肢蛾的基因组学研究

对于基因组学的研究, 线粒体基因组是较好的选择, 因为它遗传结构简单, 且不存在 DNA、内含子、转座子等的重复排列现象, 方便研究; 不易发生突变; 广泛存在, 易于提取和分离; 含有丰富的遗传信息, 便于群体分析, 也可用于系统进化发育树的重建和解决昆虫纲中较为模糊的进化关系; 所以对于昆虫基因层面的研究选取线粒体 DNA [12] [13]。

王琦琦对核桃举肢蛾线粒体全基因组进行了测序。为确定核桃举肢蛾的系统分类和系统发生关系, 以分析结果为基础, 利用最大似然法构建系统发育树, 结果表明, 核桃举肢蛾属于麦蛾总科[5]。

#### 5. 核桃举肢蛾的防治技术研究

##### 5.1. 害虫发生情况监测

相关研究表明, 采用筛茧法可以实现对核桃举肢蛾进行相对准确的监测。在每年的 4 月下旬至 6 月下旬, 阳坡和阴坡各选取若干树株进行观察, 每间隔 5 天进行一次筛茧, 每次筛茧 30 个, 当新鲜茧壳数达到 20% 时, 说明第一代成虫已经发育完全, 则应准备进行第一期组织喷药[14]。

##### 5.2. 物理防治

根据害虫的生活习性可以用一些无公害的物理防治措施, 实行起来也较为简单。比如: 人工捡果、摘虫果, 在核桃举肢蛾第一代幼虫蛀食核桃并造成提前落果时, 收集落果再集中统一处理, 这主要是为了破坏幼虫的越冬环境, 使它们不能成功羽化而死亡[15] [16]。

##### 5.3. 化学药剂防治

化学防治可分为地面防治和树上防治两种。陈邦清等人于 2018 年 12 月在兴山县一核桃园内对核桃举肢蛾进行了两次地面封杀, 于次年 4 月对成虫的羽化情况进行统计, 结果表明地面封杀的效果十分明显, 第一次封杀害虫致死率已达 100%。封杀所用到的化学药剂为毒死蜱颗粒(有效含量 3%, 按 1:10 兑细土撒施) 1 kg [17]; 树上防治在卵期和刚开始孵幼虫期要每隔 10~15 d 进行第一次药物喷洒, 连续喷施 2 次。常用药剂有 35% 氯虫苯甲酰胺水分散粒剂液、3% 中生菌素可湿性粉剂、250 g/L 吡唑醚菌酯乳油等 [17] [18] [19]。武海附等人针对喷药几次防治效果最佳这一问题在山东省泰安市核桃园进行实验, 他们用上述化学药剂分别对核桃树在 5 月下旬和 7 月下旬喷药 4 次、6 次和 8 次, 并喷洒清水作为对照组, 结果发现, 喷药组落果率均低于对照组, 而喷 4 次药的落果率又明显低于喷 6 次和 8 次, 喷 6 次和 8 次的落果率相差不大[20]。从结果也可以看出, 喷药次数与防治效果并不是正比例关系, 应该根据核桃举肢蛾的生活史, 在关键时期喷洒药物, 这样可以使药剂作用发挥到最大。使用药剂时, 在药效得到保证的前提下, 尽可能的减少喷洒药物的次数, 这样可以即可以减少开支, 又降低了农药对环境的破坏[21]。

##### 5.4. 生物防治

条件允许的情况下, 可在果园内种草, 散养鸡、鹅、鸭等, 在幼虫羽化期可消灭大量幼虫及成虫。或者利用核桃举肢蛾的天敌松毛虫赤眼蜂, 可以有效减少害虫数量。更加高效安全的生物学方法是利用昆虫性信息素对害虫进行防治, 将人工配制的性引诱剂挂于林间对雄蛾进行引诱, 降低雄蛾数量, 从而减少后代以达到防治效果。

## 6. 害虫预测预报研究进展

随着科技发展,在农业与林业方面,对于害虫的检测手段也相应的发展起来。天气因子是反映有害生物发展动向的主要控制因子,研究各种有害生物的天气特点,可据此评价一个区域对害虫群体发展的适应性,从而判断不适应气象条件引起的害虫群体的变动[1]。运用天气影响对农林业害虫发展进行了动态的预报,目前国内外研究学者大多是以农业危险性害虫的产生发展及其与大尺度天气背景、小尺度气象要素间的关联为研究切入点,主要运用了系统性研究和普查两种方式对病虫害暴发规律开展研究,并根据天气影响,预报了病虫害防治的出现日期和规模[4]。在预报到天气状况满足了害虫种群爆发的要求时,可以采取相应控制措施,能有效减少提前使用药剂的需求以及增强对害虫的全面防治效果等[2]。

近年来,在害虫预测预报领域,有关专家和植保工作人员开始运用现代非线性理论,发展了一系列新的害虫预测预报方法[22]。如人工神经网络(artificial neuralnet work, ANN)可以模拟人脑结构,其在医学、工程、地质灾害测报等多个领域取得了良好的效果[23] [24]。小波分析(waveletanalysis)已成功用于信号与图像压缩、工程技术、信号分析等方面[25] [26]。Zhang & Benveniste 提出一种新的神经网络[27],从而在信号处理、图像压缩、模式识别和系统辨识等领域开始应用[28] [29]。目前,人工神经网络和小波神经网络在害虫预测预报方面已有一定的应用[30] [31]。

## 7. 小结与讨论

当前,有关核桃举肢蛾的研究多集中在生活史、发生规律、性信息素等方面,有关其内部肠道微生物的研究却很少见。李冬鸿曾对形成“核桃黑”的原因进行调查,发现我国北方引起“核桃黑”的主要害虫有两种,一种为本文所阐述的对象-核桃举肢蛾,另一种是桃蛀螟幼虫[32]。虽然它们都对核桃有害,但它们的食性却相差很大,有研究表明这可能与它们的肠道细菌种类有关。王娇莉的研究结果表明昆虫肠道内菌群多样性差异不显著,但群落结构存在差异,优势菌群也有很大不同,这一发现对深入了解昆虫的选择性取食、寄主与微生物之间的关系探究具有一定的参考价值[32] [33]。由此可见,针对核桃举肢蛾危害的防治研究可以从其肠道内菌群多样性寻求突破口。

核桃举肢蛾每年发生的代数与其所在地区的气候类型和地理特性等密切相关[34]。前人开展了大量的核桃举肢蛾生活史、发生规律和形态学研究,但预测预报层面的研究还很缺乏。当前,一些现代科学技术正在飞速发展,一些与互联网、人工智能、大数据等相关的新型技术也被运用到农业方面,尤其是农作物的生产。因此进一步加快区域重要害虫的数据库建设将能够有效提高害虫预测预报的水平,对开展害虫绿色防治和促进地方经济的高效循环发展具有重要意义。

## 基金项目

本研究受商洛市气候适应型城市重点实验室开放研究基金(NO. SLSYS2019020)、商洛学院引进人才科研启动项目基金(NO. 17SKY014)和商洛市科技创新团队建设项目(NO. SK2018-03-03)支持。

## 参考文献

- [1] 李建军. 核桃主要害虫发生与防治技术研究[D]: [硕士学位论文]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2012.
- [2] 宋金东, 王渭农, 张宏建. 核桃举肢蛾药剂防治关键时期及综合测报技术[J]. 北方园艺, 2010(16): 161-162.
- [3] 高其富, 袭娟, 杨阜俊, 范海波. 核桃举肢蛾发生规律与周年防治简历[J]. 果农之友, 2019(11): 26-27.
- [4] 郑科, 贾佳. 山西运城核桃园主要害虫防治技术[J]. 果树实用技术与信息, 2021(6): 25-27.
- [5] 王琦琦. 核桃举肢蛾(*Atrijuglans hetaohei* Yang)线粒体基因组全序列测定及系统发育地位[D]: [硕士学位论文]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2016.



- [6] 高其富, 李发亮, 刘兰杰, 范海波, 隗学玲. 济南市章丘地区核桃举肢蛾研究成果与以往文献比较分析[J]. 现代农业科技, 2020(5): 112+114.
- [7] 卢春丽. 核桃举肢蛾的发生规律及防治技术[J]. 陕西农业科学, 2018, 64(12): 89-91.
- [8] 阴文华. 核桃举肢蛾 *Atrijuglans hetaohei* Yang 性信息素研究及几种候选化合物的合成[D]: [硕士学位论文]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2014.
- [9] 郝兴宇, 张金桐, 王瑞, 曹天文. 核桃举肢蛾性信息素通讯系统扫描电镜观察[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2005(4): 353-354.
- [10] 李文海. 核桃举肢蛾信息素结合蛋白 II 的基因克隆及免疫定位[D]: [硕士学位论文]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2015.
- [11] 陈丹丹. 核桃举肢蛾触角和足超微结构及气味结合蛋白筛选[D]: [硕士学位论文]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2017.
- [12] 李泽恺. 基于线粒体基因组的瘿蜂总科系统发育研究[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2021.
- [13] 苑晓伟. 基于线粒体基因组学的小叶蝉亚科亲缘关系及塔叶蝉生物地理学初探[D]: [硕士学位论文]. 贵阳: 贵州师范大学, 2020.
- [14] 杨小波, 赵淑香, 李忠锋. 核桃举肢蛾发生规律及防治技术[J]. 中国园艺文摘, 2013, 29(10): 207-208.
- [15] 裘娟, 高其富, 范海波, 隗学玲, 娄天坤. 核桃举肢蛾综合防治技术措施[J]. 果树资源学报, 2020, 1(5): 46-47.
- [16] 谷瑞民, 白岗栓, 席福民, 刘英俊. 陕西商洛核桃举肢蛾的发生与防治[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(15): 140-144+150.
- [17] 陈邦清, 王黎明, 易尚源, 彭刚志, 鲁晓雄. 不同措施对核桃举肢蛾田间防控效果研究[J]. 湖北林业科技, 2021, 50(4): 30-32.
- [18] 李改霞. 核桃主要病虫害发生与防治措施[J]. 种子科技, 2022, 40(12): 76-78.
- [19] 付彩霞, 张本玲. 核桃举肢蛾的发生与防治[J]. 现代农村科技, 2018(9): 27.
- [20] 武海斌, 付丽, 姜莉莉, 公义, 宫庆涛, 范昆. 泰安市核桃园主要病虫害发生情况及其化学防治用药流程[J]. 植物保护学报, 2020, 47(5): 1122-1130.
- [21] 朱志贤, 胡兴明, 于翠, 邓文, 黄俊斌. 荸荠枯萎病发生动态及防治技术[J]. 植物保护学报, 2018, 45(2): 307-314.
- [22] 张永生. 害虫预测预报方法的研究进展[J]. 湖南农业科学, 2009(7): 77-79.
- [23] Elsafi, S.H. (2014) Artificial Neural Networks (ANNs) for Flood Forecasting at Dongola Station in the River Nile, Sudan. *Alexandria Engineering Journal*, **53**, 655-662. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2014.06.010>
- [24] Gosukonda, R., Mahapatra, A.K., Liu, X.L. and Kannan, G. (2015) Application of Artificial Neural Network to Predict *Escherichia coli* O157:H7 Inactivation on Beef Surfaces. *Food Control*, **47**, 606-614. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.08.002>
- [25] Fairley, J.A., Georgoulas, G., Smart, O.L., Dimakopoulos, G., Karvelis, P., Stylios, C.D., Rye, D.B. and Bliwise, D.L. (2014) Wavelet Analysis for Detection of Phasic Electromyographic Activity in Sleep: Influence of Mother Wavelet and Dimensionality Reduction. *Computers in Biology and Medicine*, **48**, 77-84. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2013.12.011>
- [26] Kosek, W., Wn, K.A., Zbylut-Górska, M. and Popiński, W. (2014) Wavelet Analysis of the Earth Center of Mass Time Series Determined by Satellite Techniques. *Journal of Geodynamics*, **80**, 58-65. <https://doi.org/10.1016/j.jog.2014.02.005>
- [27] Zhang, Q.H. and Benveniste, A. (1992) Wavelet Networks. *IEEE Transactions on Neural Networks*, **3**, 889-898. <https://doi.org/10.1109/72.165591>
- [28] Xu, L.Q. and Liu, S.Y. (2013) Study of Short-Term Water Quality Prediction Model Based on Wavelet Neural Network. *Mathematical and Computer Modelling*, **58**, 807-813. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2012.12.023>
- [29] Guillermo, J.E., Castellanos, L.J.R., Sanchez, E.N. and Alanis, A.Y. (2015) Detection of Heart Murmurs Based on Radial Wavelet Neural Network with Kalman Learning. *Neurocomputing*, **164**, 307-317. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2014.12.059>
- [30] 靳然. 基于神经网络和支持向量机的麦蚜发生动态预测研究[D]: [博士学位论文]. 太原: 山西农业大学, 2017.
- [31] 陈恩会, 王炜, 张建军. BP 神经网络在病虫害预测预报中的应用简介[J]. 湖北植保, 2012(1): 41-44.
- [32] 王娇莉. 核桃举肢蛾 *Atrijuglans hetaohei* 和桃蛀螟 *Dichrocrocis punctiferalis* 幼虫肠道细菌组成及多样性研究[D]: [硕士学位论文]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2016.

- 
- [33] 王娇莉, 南小宁, 任争争, 明洁, 唐光辉. 核桃举肢蛾和桃蛀螟幼虫肠道细菌多样性的 PCR-DGGE 和 T-RFLP 分析[J]. 林业科学, 2016, 52(6): 76-85.
- [34] 田敏爵, 刘凤利, 董军强. 商洛地区核桃举肢蛾的生活史及防治[J]. 西北林学院学报, 2010, 25(2): 127-129.