

寄主植物种类对美国白蛾生长发育及繁殖的影响

臧红霞¹ 王强² 张婕³ 刘近媛¹

1.泗阳县林业科技推广中心, 江苏 宿迁 223800

2.泗阳县林业产业发展服务中心, 江苏 宿迁 223800

3.宿迁市林业技术指导中心, 江苏 宿迁 223800

[摘要]美国白蛾 (*Hyphantria cunea*) 是我国重大检疫性外来入侵害虫, 其寄主广、繁殖力强、传播速度快、抗性及适生性强, 能够危害多种植物, 也是当前中国唯一被农业和林业共同列为检疫对象的有害昆虫。围绕寄主植物对美国白蛾幼虫生长发育、成虫繁殖性能的影响展开系统分析, 结果显示桑树、悬铃木、白蜡为美国白蛾最优适宜寄主, 杨树、柳树属于次适宜寄主, 银杏、侧柏为典型拒食型抗性寄主, 能够有效阻隔幼虫持续取食危害。寄主植株营养禀赋与次生防御代谢物质是调控该虫生长繁殖的核心内在机制。基于此, 通过林地林分结构优化配置、虫情精细化监测预警、定向生物防控技术集成应用, 可构建美国白蛾可持续生态长效治理体系。

[关键词]美国白蛾; 寄主植物; 龄期发育; 繁殖适合度

DOI: 10.33142/nsr.v3i2.19998

中图分类号: S435.4

文献标识码: A

The Influence of Host Plant Species on the Growth, Development, and Reproduction of the *Hyphantria Cunea*

ZANG Hongxia¹, WANG Qiang², ZHANG Jie³, LIU Jinyuan¹

1. Siyang County Forestry Science and Technology Promotion Center, Suqian, Jiangsu, 223800, China

2. Siyang County Forestry Industry Development Service Center, Suqian, Jiangsu, 223800, China

3. Suqian Forestry Technology Guidance Center, Suqian, Jiangsu, 223800, China

Abstract: *Hyphantria cunea* is a major quarantine invasive pest in China. It has a wide host range, strong reproductive capacity, fast transmission speed, strong resistance and adaptability, and can harm various plants. It is also the only harmful insect in China that is jointly listed as a quarantine target by agriculture and forestry. A systematic analysis was conducted on the effects of host plants on the growth and development of *Hyphantria cunea* larvae, as well as the reproductive performance of adults. The results showed that mulberry trees, plane trees, and white wax were the most suitable hosts for *Hyphantria cunea*, while poplar and willow trees were secondary suitable hosts. Ginkgo biloba and Platycodon grandiflorus were typical anti feeding hosts that could effectively block the continuous feeding harm of larvae. The nutritional endowment of host plants and secondary defense metabolites are the core intrinsic mechanisms regulating the growth and reproduction of this insect. Based on this, a sustainable and long-term ecological management system for the *Hyphantria cunea* can be constructed through the optimization and configuration of forest stand structure, fine monitoring and early warning of insect infestation, and integrated application of targeted biological control technology.

Keywords: *Hyphantria cunea*; host plants; age development; reproductive fitness

引言

美国白蛾原产于北美洲, 1979 年在我国辽宁省丹东市首次发现, 此后在我国发生范围不断扩大, 以幼虫取食植物叶片为主, 并且对行道树危害程度不断增加^[1]。美国白蛾是一种典型的多食性害虫, 寄主十分广泛, 世界范围内寄主植物多达 630 余种, 成为威胁华东地区园林绿化、

防护林生态安全的首要入侵害虫^[2]。江苏在 2010 年监测到该害虫已经在野外稳定繁衍定居, 借着绿化苗木跨省调运、沿海防护林连续成片的寄主林木, 不断往南蔓延扩散。根据 2024—2025 年固定监测地块的调查数据, 苏北防护林里树木遭受虫害的植株比例每年上涨 7.4%, 部分区域第二代幼虫集中爆发, 造成严重虫害^[3]。按照寄主适配性

相关理论,树木体内的营养成分和次生代谢物质,会直接改变害虫自身的能量摄取与分配方式,进而影响它从虫卵到成虫整个生长世代的存活、繁殖能力。目前国内外相关研究大多以北方温带林木作为试验对象,缺少针对江苏本土常用绿化树种开展的害虫完整世代繁殖特性系统研究。因此,开展美国白蛾取食多种寄主植物的生长发育变化和繁殖研究是非常必要的,为解析美国白蛾幼虫对多种寄主植物的适应性提供理论基础,同时,也为在园林绿化过程中有效管理美国白蛾危害提供生态防控思路。

1 寄主植物对美国白蛾幼虫生长发育的影响

1.1 对幼虫发育历期与体重的影响

不同寄主植物叶片的营养基质水平,直接调控美国白蛾幼虫发育进度与生物量累积效率。桑树、悬铃木、白蜡、榆树为高适配寄主,叶片营养组分均衡,可溶性蛋白、可溶性糖及含水量指标优越,幼虫取食同化效率高、生理代谢速率旺盛,发育历期缩短,末龄幼虫鲜重提升、蛹化存活率更高^[4];杨树、柳树、臭椿归为次适生寄主,叶片营养配比失衡,且富集抗虫次生代谢产物,幼虫营养摄入匮乏、体内代谢通路受抑,发育历期显著延长,末龄虫体生物量偏低、个体长势衰弱,部分个体出现发育阻滞或致死现象,种群发育同步性明显降低。

1.2 对幼虫存活率的影响

寄主植物的叶片质地、营养均衡性与次生毒素含量是调控美国白蛾幼虫种群存活适合度的核心限制因子。桑、二球悬铃木叶片角质层薄、薄壁组织占比高,适口性与消化利用率优异,内源碳氮营养配比协调,防御型次生毒素本底浓度处于极低阈值,幼虫持续取食后种群存活指数稳定高于 90%,为其种群爆发增殖的高适配宿主树种。多数适生与非适生寄主叶片木质素与粗纤维积累量偏高,机械抗性强,同时单宁、萜类、生物碱等抗虫次生代谢产物富集,对幼虫形成持续性生理胁迫效应:一方面抑制中肠蛋白酶、淀粉酶等消化酶活性,阻断碳水与蛋白营养同化通路;另一方面外源毒素持续蓄积引发细胞氧化损伤,削弱虫体免疫调控与逆境耐受能力。多重生物胁迫协同作用下,幼虫蜕皮激素调控紊乱、生长发育畸化风险升高,自然种群校正死亡率持续攀升,无法构建可持续繁殖的虫源种群基底^[5]。

1.3 对幼虫取食量与补偿效应的影响

美国白蛾经长期协同进化演化出取食补偿对策,以此抵御劣质寄主的营养胁迫。在桑树、悬铃木等营养配比均衡的适宜寄主植物上,幼虫取食节律平稳、摄食阈值适中,可缩短幼虫历期,野外暴露窗口期大幅压缩。而在杨树、

柳树等次适生寄主上,幼虫通过提升摄食速率、拓宽取食生态位、提高总摄食量弥补营养亏缺。该代偿摄食机制虽可缓解养分限制胁迫,保障部分个体完成世代发育,但生存代价突出:补偿摄食显著延长幼虫野外存续周期,使其长期处于生境胁迫下,遭受天敌捕食、寄生的种群死亡率上升,进而抑制害虫种群扩张进程。

2 寄主植物对美国白蛾成虫繁殖能力的影响

2.1 对成虫产卵量的影响

寄主植物的营养差异对雌蛾产卵量影响极为显著。在桑树、悬铃木等优质适宜寄主上完成幼虫发育的个体,幼虫期营养积累充足,体内脂肪体、蛋白质、糖类等生殖相关营养储备丰富,成虫生殖系统发育完善,雌蛾产卵能力极强,单雌产卵量普遍可达 800~1000 粒以上,是美国白蛾种群爆发的核心繁殖基础。与之相反,在杨树及田间杂草等次适宜、劣质寄主上发育的幼虫,受营养匮乏与毒素累积影响,蛹期发育质量差,羽化后的成虫生殖系统发育不完善,体内营养储备不足以支撑高强度繁殖活动。数据显示,此类寄主培育的雌蛾单雌产卵量较适宜寄主种群下降 30%~50%,繁殖能力大幅衰退,无法支撑种群大规模爆发,仅能维持零星种群繁衍。

2.2 对卵孵化率的影响

母体营养状况直接决定虫卵的营养储备与胚胎发育质量,是影响卵孵化率与孵化整齐度的核心因素。在适宜寄主上发育羽化的雌蛾,母体生理状态优良,所产卵粒饱满、营养充足、胚胎发育完整,虫卵孵化率高,且孵化时间集中、整齐度好,子代幼虫初始种群质量优异,为后续虫害扩散危害提供良好基础。而劣质寄主培育的雌蛾,自身营养不足、生理机能较弱,产下的卵粒普遍存在干瘪、营养缺失、胚胎发育不全等问题。此类虫卵孵化率显著降低,同时孵化时间参差不齐,孵化周期跨度大,大量虫卵无法正常完成胚胎发育,出现死卵、瘪卵现象,极大削弱了子代种群的存续能力,从源头抑制害虫种群数量增长。

2.3 对成虫寿命与交配成功率的影响

幼虫期的营养积累水平直接决定成虫体型大小、体能储备与生理活性。取食桑树、悬铃木等优质寄主羽化的成虫,体型硕大、体态健壮,体内脂肪与能量储备充足,抗逆性更强,成虫寿命更长。充足的寿命为成虫求偶、交配、产卵提供了充足的时间保障,交配行为完成度高,种群交配成功率显著提升。取食劣质次适宜寄主的成虫,体型瘦小、能量储备匮乏、生理活性低,成虫寿命显著缩短,有效繁殖周期大幅压缩。同时,体能不足会导致成虫求偶能

力下降、交配行为受阻，交配成功率明显降低，进一步减少有效产卵个体，多重抑制种群繁殖效率。

3 美国白蛾常见寄主植物的适宜性分级

寄主植物的适宜性分级是依据美国白蛾取食偏好、幼虫生长发育状态、种群存活率、成虫繁殖能力及田间实际危害程度建立的综合评价体系，是区分害虫核心虫源寄主、次要寄主与抗性寄主的重要依据，具体分级结果见表 1。

表 1 美国白蛾常见寄主植物的适宜性分级

适宜性等级	代表植物
最适宜寄主	桑树、悬铃木、白蜡、臭椿（部分种群）
适宜寄主	榆树、槭树、苹果、梨、樱桃、紫叶李
次适宜寄主	杨树、柳树、刺槐、紫穗槐
不适宜/拒食寄主	银杏、侧柏、圆柏、苦楝

美国白蛾四级寄主适宜性梯度，可完整反映其寄主偏好与生态适配规律，构建起“核心爆发-稳定维持-缓冲留存-阻隔抑制”的层级调控体系。最适宜寄主营养适配性高、抗逆性弱，是虫害暴发的核心诱因，为春季幼虫首发危害树种，是田间重点监测靶标；适宜寄主可承接扩散虫源，支撑害虫世代繁衍与种群稳态存续；次适宜寄主适配性有限，仅可维持零星虫口基数，构成林间潜在虫源库；不适宜寄主依靠物理结构与次生代谢抗虫机制，阻滞害虫定殖扩散，形成天然生态阻隔屏障。该分级体系证实美国白蛾具备较强生态可塑性，可通过取食补偿、发育节律及生理代谢调整适配不同寄主环境。其适配存在明确生态阈值，仅能在最适至次适宜寄主范围内完成完整世代延续，无法突破不适宜寄主的防御体系。该机制精准阐释了不同林分虫害危害差异的核心机理，可为靶向监测及差异化绿色防控提供科学依据。

4 寄主植物影响美国白蛾生长繁殖的内在生理机制

4.1 营养物质的限制机制

叶片营养组分是支撑美国白蛾生长代谢的物质基础，其中氮含量、水分含量与碳氮比是限制害虫发育的关键因子。氮是昆虫体内蛋白质合成、组织分化、蜕皮生长及生殖系统构建的核心元素，叶片氮素水平直接决定幼虫生长速率与生物量积累效率。桑树、悬铃木、白蜡等最适宜寄主的叶片氮含量高、水分充沛、碳氮比适中，营养结构高度适配美国白蛾的代谢需求，能够为幼虫快速生长、频繁蜕皮、体能储备提供充足原料，同时为成虫生殖发育积累营养基础，保障高存活率与高繁殖力。而杨树、柳树等次适宜寄主叶片普遍存在氮含量偏低、碳氮比失衡的问题，

营养供给不足直接限制幼虫蛋白质合成与能量代谢，导致生长缓慢、发育滞后、体型弱小。营养缺陷的影响贯穿幼虫至成虫整个世代，最终表现为成虫繁殖能力下降、子代质量降低，形成全世代的种群适合度下降。

4.2 次生代谢物质的防御机制

植物为抵御植食性昆虫取食，可合成单宁、生物碱、酚类、酚苷等多种次生代谢物质，形成化学防御体系，对美国白蛾产生显著的抗虫效果。优质适宜寄主的次生抗虫物质含量极低，不会对害虫代谢产生抑制作用，利于害虫正常生长繁殖。杨树等次适宜寄主叶片富含酚苷类物质，该类物质可显著抑制美国白蛾幼虫中肠消化酶的活性，降低幼虫对食物的消化利用率，阻断营养吸收，最终导致幼虫生长缓慢、发育不良，同时持续影响成虫生殖性能，造成繁殖力显著下降。含高浓度单宁、生物碱的植物可通过破坏虫体代谢平衡、引发氧化应激、损伤肠道组织等方式，大幅提升幼虫死亡率，抑制种群繁衍。银杏、侧柏等不适宜寄主的高毒次生物质可直接阻断害虫取食与发育，表现出强烈的拒食与杀虫作用。

5 基于寄主适配性的防控应用建议

5.1 优化营林措施

连片规模化栽植桑树、悬铃木等美国白蛾偏好寄主树种是该虫害在局部区域大规模暴发的关键诱因。所以在美国白蛾常年高发、灾情严重的区域，要严控桑树、悬铃木、白蜡等易感树种大面积纯林的营造，从根源上切断害虫充足食源与栖息场所，减少虫害滋生基础。同时调整林地种植布局，全面推行多树种混交造林。在虫害重点区域穿插栽种银杏、侧柏、圆柏、苦楝等美国白蛾不喜取食的抗虫树种，分段打造防虫隔离林带与生态缓冲屏障。这类搭配能割裂害虫扩散通道，整片林地适合虫害生存的条件大幅下降，破坏其持续繁衍的环境。依靠树种合理搭配形成制衡虫害的生态体系，从长期层面遏制虫口数量持续累积，避免虫害集中大规模爆发，降低后续防治压力。

5.2 开展精准监测预警

不同寄主上美国白蛾的发生时序与危害程度差异显著，最适宜寄主是虫害爆发的先行载体。在春、夏两代害虫关键发生期，应转变全域盲目监测模式，实行靶向重点监测，将桑树、悬铃木、白蜡等指示性优质寄主作为核心监测对象，加密巡查频次，重点排查卵块、网幕、初孵幼虫等早期虫态，实现早发现、早预警、早处置。同时兼顾次适宜寄主的常态化排查，杜绝次要寄主留存虫源，引发虫害反弹复发。

5.3 提升生物防治效能

周氏啮小蜂是美国白蛾的优势寄生性天敌,其防治效果与寄主虫体的发育质量密切相关。适宜寄主上发育的美国白蛾蛹体饱满、营养充足、发育质量高,可为周氏啮小蜂提供优质的繁育载体,显著提升天敌的寄生率、羽化率与种群活力。因此,在开展生物防治释放天敌时,优先选择桑树、悬铃木等优质寄主上的美国白蛾虫蛹作为中间寄主,最大化保障生物防治效果,提升天敌定殖能力,实现持续控害。

6 结论

寄主植物类型是调控美国白蛾种群消长的核心关键因子,桑树、悬铃木为美国白蛾的最优寄主,其营养禀赋优异、适口性极高,是诱发虫害大规模爆发的主要诱因;榆树、苹果等树种可稳定支撑害虫种群存续,维持虫群基数平稳;杨树、柳树等次适宜寄主对害虫生长繁育存在一定抑制效应,仅能作为虫害存续的缓冲树种;银杏、侧柏等非适宜寄主具备较强的抗虫特性,可应用于林地生态防虫体系构建。寄主植物主要通过自身营养供给与次生代谢物质合成的双重机制,调控美国白蛾的生长、发育与繁殖。

在虫害防控工作中,可通过优化林地植被配置与营林结构,重点强化核心易感寄主的虫情动态监测,靶向实施生物防治措施,精准管控优质寄主的种植分布,从源头遏制虫源积累与扩散,实现科学化虫害管控。

[参考文献]

- [1]王启英.美国白蛾的危害及绿色防控技术探讨[J].江西农业,2026(5):175-177.
- [2]孙东岳,项颖颖.美国白蛾的生物特性与综合防控措施[J].果树资源学报,2025,6(3):88-90.
- [3]李萍.寄主植物对美国白蛾生长发育和生理酶活性的影响[D].长春:东北师范大学,2025.
- [4]丁珂新.美国白蛾危害对桑树、榆树化学防御的诱导及互作机制[D].长春:东北林业大学,2025.
- [5]杨素玲,赵永昂.淮安区美国白蛾发生规律以及生活史调查[J].中国林副特产,2022(6):22-24.

作者简介:臧红霞(1978—),女,江苏省宿迁人,高级工程师,南京农业大学园艺专业毕业,现就职于泗阳县林业科技推广中心,从事林业工作。