

白星花金龟资源价值的研究进展

宋家保

浙江师范大学生命科学学院, 浙江 金华

收稿日期: 2025年3月20日; 录用日期: 2025年4月18日; 发布日期: 2025年4月28日

摘要

白星花金龟是农业上常见的害虫, 在国内各个省份均有分布, 白星花金龟成虫危害多种农作物, 但其本身的资源价值不容忽视。白星花金龟本身也富含多种资源, 虫体可作为蛋白产品, 虫粪可作为肥料; 其幼虫蛴螬为腐食性昆虫, 能够转化多种醇化的农业废弃物。本篇文章对白星花金龟的生物学特性、转化农业废弃物、虫体虫粪资源价值及肠道微生物方面的研究成果进行了综述, 并对其在资源化利用方面和转化农业废弃物的应用前景做出了展望。

关键词

白星花金龟, 资源价值, 农业废弃物, 肠道微生物

Research Progress on Resource Value of *Protaetia brevitarsis*

Jiabao Song

College of Life Sciences, Zhejiang Normal University, Jinhua Zhejiang

Received: Mar. 20th, 2025; accepted: Apr. 18th, 2025; published: Apr. 28th, 2025

Abstract

Protaetia brevitarsis is a common pest in agriculture, which is distributed in various provinces in China. *P. brevitarsis* adults harm a variety of crops, but its own resource value cannot be ignored. The beetle itself is also rich in a variety of resources. The insect body can be used as a protein product, and the insect feces can be used as fertilizer. Its larvae are saprophagous insects, which can transform a variety of fermented agricultural wastes. In this paper, the biological characteristics of *P. brevitarsis*, the transformation of agricultural waste, the value of insect manure resources and the research results of intestinal microorganisms were reviewed, and its application prospects in resource utilization and transformation of agricultural waste were prospected.

Keywords

Protaetia brevitarsis, Resource Value, Agricultural Waste, Intestinal Microorganisms

Copyright © 2025 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

白星花金龟(*Protaetia brevitarsis*), 又名白星花金龟子、白星花金龟潜, 属于鞘翅目、金龟科的昆虫, 成虫以富含汁液的植物器官, 如玉米、葡萄和苹果等为食, 飞翔能力强具有易扩散的特性, 被定义为农业害虫[1]。幼虫具有强咬合力的口器和能够降解木质纤维素的肠道, 在自然界中以腐化的植物秸秆和畜禽粪便为食, 可以在无污染降解农业废弃物的同时, 将其转化为具有高蛋白质含量的虫体蛋白质产品; 生产的虫粪含有丰富的腐殖酸作为有机肥使用可促进植物生长, 减少土壤毒性[2]。目前, 使用白星花金龟转化处理农业废弃物已成为农业废弃物资源化利用的重要方式。

因此, 本文将从白星花金龟的生物学特性、转化农业废弃物能力、虫体价值、虫粪价值和肠道微生物的资源化利用方面进行综述, 为后续进一步研究利用白星花金龟提供依据。

2. 白星花金龟生物学特性

白星花金龟在我国的主要分布区域有东北、华北及东南沿海多个东部省份, 但近年来在新疆等内陆地区也能发现其踪迹。白星花金龟生存能力强, 能适应多种复杂的环境, 其隐藏在鞘翅下的内翅为其提供了优秀的飞行能力, 因此能进行长距离迁徙[3]。白星花金龟一生会经历卵、幼虫、蛹和成虫四种形态。卵的历期约为 10 d, 为圆形或椭圆形, 初期为乳白色, 中后期颜色加深, 逐渐转变为淡黄色, 同一成虫产的卵大小形状不一。幼虫俗称蛴螬, 幼虫历期约为 330 d, 刚孵化的幼虫全身为透明状, 随着日龄的增长, 身体先会变成乳白色, 最后会变成黄褐色。幼虫分为三个龄期, 通过蜕皮次数和头宽幼虫龄期, 蜕皮一次增长一个龄期, 但因为幼虫在富含腐殖质的基质中生存, 不易发现蜕掉的皮, 所以通常通过幼虫头宽判断龄期, 1 龄幼虫头宽 1 mm 左右, 2 龄 2 mm 左右, 3 龄 4 mm 左右, 通过腹部有无刻点判断幼虫性别, 2 龄后期的雌虫腹部末端无刻点, 雄虫腹部有刻点[4] [5]。在 3 龄末期, 幼虫不喜运动且进食量大大减少, 会从肛门处分泌出粘稠液体利用周围的基质结为土室化蛹, 白星花金龟蛹历期 30 d 左右, 蛹的内部光滑, 外面覆盖土室。刚羽化的成虫头部和腹部为黑褐色, 鞘翅部分为软状白色, 会先变成黄色, 最后转变为金属绿色或铜绿色, 硬度会逐渐增加最后变成“坚硬外壳”。体长一般在 20 mm 左右, 为椭圆形, 鞘翅上具有白色不规则的斑点, 因此得名“白星”。成虫通过腹部凹缝和掘土足判断性别, 雄性成虫腹部有明显的竖向凹缝, 雌性成虫含有一对大而有力的掘土足以便进入基质中产卵。白星花金龟成虫一般于 5、6 月份开始活动, 7~8 月为发生高峰期, 成虫在此期间交配产卵, 于 10 月底基本消失, 寿命为 40~60 d, 具有假死性, 遇到刺激时尾部会喷射出乳白色液体[6] [7]。

3. 白星花金龟转化农业废弃物能力

白星花金龟幼虫为腐食性蛴螬, 因其卓越的有机物转化能力而备受关注。研究表明, 该幼虫能够高效降解纤维素、半纤维素和木质素等难降解有机物质, 这一特性使其在农业废弃物资源化利用领域展现出巨大潜力。目前, 相关研究主要聚焦于其在农作物秸秆(如玉米秸秆、小麦秸秆)、食用菌废弃物(包括

香菇菌糠、木耳菌糠等)以及畜禽粪便(如猪粪、鸡粪、牛粪)等农业废弃物的转化应用[8]。白星花金龟幼虫对农业废弃物的转化利用具有多重效益:一方面有效缓解了农业废弃物造成的环境污染问题,另一方面实现了废弃物的高值化利用,显著提升了农业生产系统的物质循环效率,为可持续农业发展提供了新的技术路径。特别值得注意的是,该幼虫能够将低品质的农业废弃物转化为高附加值的虫体蛋白产品和富含腐殖酸的虫粪有机肥,不仅创新了农业废弃物无害化处理模式,还为农民开辟了新的增收渠道[9]。多项研究证实,在适宜环境条件下,白星花金龟幼虫对农业废弃物的转化效率尤为突出。实验数据显示:在28℃条件下,3龄幼虫对发酵25天的玉米秸秆转化率可达63.82%;而在27℃环境下,对发酵30天的牛粪利用率更是高达73.55% [10] [11]。此外,特定基质配比还能显著优化其生长发育性能,如在栎木木屑中添加5%桑叶可使幼虫发育历期缩短117天以上,同时提高12.3%的产卵量[12]。更值得关注的是,该幼虫对食用菌废弃物的转化还能有效降低其植物毒性,如木耳菌渣和香菇菌渣经其处理后毒性显著降低[13],进一步拓展了其在农业生态环境修复中的应用前景。

4. 白星花金龟幼虫虫体资源价值

白星花金龟幼虫虫体资源丰富,富含蛋白质和脂肪等物质。研究表明,幼虫虫体含有50.5%的蛋白质、13.5%的脂肪,其蛋白质含量与牛肉、猪肉和鸡肉相当,且蛋白质和脂肪的比值达到3.75,属于典型的高蛋白昆虫资源。此外,白星花金龟还含有8种人体必需氨基酸,其中谷氨酸含量最高(5.66 g/100g),而胱氨酸含量较低(0.17 g/100g),整体氨基酸组成均衡[14] [15]。因白星花金龟饲养过程中不会产生异味,且相对于传统饲料,鸡鸭等家禽对虫子的取食偏好更强,使用白星花金龟制作的蛋白饲料,在蛋白质含量方面优于传统的鱼粉饲料,因此白星花金龟常作为畜禽饲料使用[16]。韩国的食用昆虫市场潜力巨大,早在2016年韩国便将白星花金龟注册为食品原料,并作为蛋白质和脂肪产品使用[17]。此外,通过GC-MS技术还从幼虫鉴定出多种脂肪酸,其中油酸含量最高为60.38%,与棕榈酸、棕榈油酸和亚油酸占氨基酸总量的90% [18]。

白星花金龟幼虫虫体含有多种生物活性物质,具有抗炎镇痛、杀菌、创伤修复等多种功能。研究表明,将幼虫提取物应用在高脂血症的大鼠体内可以降低其胆固醇水平,改善血清抗凝活性[19]。使用白星花金龟幼虫提取物饲喂小鼠发现可以显著降低葡萄糖含量,具有抑制血糖升高,保护胰脏的功能[20]。幼虫体内含有五种吡啶生物碱,能够抑制血小板聚集,表明白星花金龟可作为抗血栓药物开发使用[21]。此外,还有研究发现白星花金龟幼虫含有能够溶解纤维蛋白凝块的丝氨酸蛋白酶,能够解决心血管疾病问题,蛭螯水提物还具有提高天冬氨酸转氨酶、丙氨酸转氨酶和磷性磷酸酶活性、诱导肿瘤和癌症细胞、减少三甲基锡对细胞毒性的功能[22] [23]。这些发现为白星花金龟幼虫在疾病预防和治疗中的应用提供了科学依据,展现了其在生物医药领域的广阔前景。

5. 白星花金龟幼虫粪砂资源价值

白星花金龟幼虫粪砂呈颗粒状,多为黑色或深褐色,无异味。含有大量的腐殖酸和氮磷钾等植物必需元素,可以提高土壤肥力,促进植物生长。

研究发现,白星花金龟幼虫充分具有极高的肥料价值,其有机质含量可达59.91%、其中氮(14.46%)、磷(19.59%)、钾(20.25%)含量显著高于常规有机肥料[24]。在农业生产实践中,白星花金龟幼虫粪砂中对作物的生长发育和抗逆能力的提升效果显著,樱桃萝卜栽培试验表明,在一定施用范围内,虫粪添加量与植株生物量呈正相关关系,随着虫粪施用比例的增加,樱桃萝卜地上部和地下部鲜重均显著提高[25]。使用虫粪在低温条件下种植辣椒发现可以显著提高辣椒的全株干重量和壮苗指数,说明虫粪可以提高植物的抗寒能力[26]。将虫粪作为生物有机肥施加在生菜园中发现,每亩可增加800 kg的产量,表明在蔬

菜种植过程中将虫粪作为有机肥使用可以取得较好的效果[27]。此外还有研究发现在土壤中施加白星花金龟虫粪还可以吸收土壤中的铜离子和镉离子，起到保护植物健康的作用[28]。

虫粪中不仅含有丰富的营养元素，同时也含有大量的微生物，研究表明虫粪会对周围环境中的微生物造成影响，并进一步发现了虫粪中有芽孢杆菌等多种对农业有益的微生物，有助于提高植物的抗病性，促进植物生长[29]。

6. 白星花金龟幼虫肠道微生物研究

在自然界，昆虫消化降解木质纤维素的现象是罕见的，而白星花金龟消化降解农业废弃物主要是依赖其富含木质纤维素降解微生物的肠道。白星花金龟消化降解木质纤维素的部位位于中肠和后肠，中肠是最长的部位，是一个高碱性环境，有助于溶解有机物；后肠又名发酵室，是一个增大的腔室状结构，是消化的主要场所，这样的肠道结构有利于幼虫消化农业废弃物[30]。在白星花金龟肠道微生物相关研究的过程中发现，其肠道中含有大量微生物，对其进行分离鉴定发现白星花金龟肠道中的主要优势菌群是厚壁菌门和拟杆菌门等能够降解木质纤维素的菌群，且白星花金龟幼虫通过集合多种不同菌群共同分解木质纤维素，以提高其的消化降解效率[31]。纤维素和半纤维素是通过糖苷酶水解通路降解的，木质素是通过芳香类化合物降解途径降解的，研究发现，中肠芳香类化合物降解途径丰度较高，而后肠中糖苷酶水解通路丰度较高，结合肠道不同部位的功能分析，推测白星花金龟幼虫主要通过中肠消化降解木质素，后肠消化降解纤维素和半纤维素[32]。

7. 结论和展望

目前，关于白星花金龟的生物学特性已形成较为系统的认识，但现有研究多集中在其发生规律和成虫防止等方面，而对其幼虫潜在的资源价值尚未给予足够重视，为了更好地利用这种昆虫，本文提出如下建议：(1) 人工发育技术优化：白星花金龟具有生活史周期长、各发育阶段历期久等特点，建议系统研究不同环境因子对其生长发育的影响，明确各虫态发育的最适条件，建立高效的人工繁育技术体系。(2) 农业废弃物利用方面，我国作为农业大国，农业废弃物资源庞大且种类多样，鉴于白星花金龟幼虫的腐食性特性，可将其与农业废弃物处理相结合。建议深入研究不同种类废弃物的最适转化条件，建立标准化处理工艺，实现“以虫治废”的生态循环模式。(3) 虫体资源深度开发，白星花金龟幼虫本身是一种不可多得的虫体蛋白，目前对虫体的研究集中在幼虫提取物方面，除了具有营养价值，还可当作药物使用，建议开展精深加工技术研究，以分离鉴定其药用活性成分，开发功能性食品，探究其药理作用机制。(4) 虫粪资源化利用，白星花金龟幼虫虫粪与肥料配合施用可显著提升作物品质和产量。建议系统研究虫粪的理化特性、养分组成及施用技术，开发新型生物有机肥料。(5) 肠道微生物组学研究，白星花金龟幼虫肠道含有多种木质素、纤维素降解菌，与其强咬合力的口器协同作用，使其具备高效降解农业废弃物的能力，因此可以采用宏基因组学等技术全面解析其肠道微生物组成，可对其过程进行详细地阐述。

基于白星花金龟的生物学特性，可构建“农业废弃物-昆虫转化-虫体利用-虫粪还田”的生态循环模式。这一模式不仅为农业害虫的资源化利用提供新途径，也为传统农牧业转型升级提供重要参考，具有广阔的生态和经济效益，值得深入研究。

参考文献

- [1] 李莎. 中国星花金龟属, 带花金龟族, 弯腿金龟族的分类学研究(鞘翅目: 金龟科: 花金龟亚科) [D]: [博士学位论文]. 北京: 中国科学院大学, 2025.
- [2] Sim, Y.S., Cho, D.H. and Lee, B.S. (2025) Amelioration of Alcoholic Hepatic Steatosis in a Rat Model via Consumption of Poly- γ -Glutamic Acid-Enriched Fermented *Protaetia brevitarsis* Larvae Using *Bacillus Subtilis*. *Foods*, **14**, 861-861.

- <https://doi.org/10.3390/foods14050861>
- [3] Wu, H., Cui, Z., Huang, X., Dhillon, K., Kong, F., Wang, Z., *et al.* (2024) Spontaneous Color Preferences and Associative Learning in *Protaetia brevitarsis* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Insects*, **15**, Article 780. <https://doi.org/10.3390/insects15100780>
- [4] 嵇保中, 刘曙雯, 张凯. 昆虫学基础与常见种类识别[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [5] Jia, Z., Fang, H. and Jiang, L. (2020) Morphological Description of the White Grub *Melolontha incana* (Coleoptera: Scarabaeidae: Melolonthinae: Melolonthini). *Microscopy Research and Technique*, **84**, 921-928. <https://doi.org/10.1002/jemt.23653>
- [6] 索中毅, 白明, 李莎, 等. 白星花金龟名称考证及其在新疆的危害[J]. 北方果树, 2015, 38(3): 1-3.
- [7] Zhang, X., Wang, L., Liu, C., Liu, Y., Mei, X., Wang, Z., *et al.* (2021) Identification and Field Verification of an Aggregation Pheromone from the White-Spotted Flower Chafer, *Protaetia brevitarsis* Lewis (coleoptera: Scarabaeidae). *Scientific Reports*, **11**, Article No. 22362. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-01887-y>
- [8] Hwang, J., Choi, E.H., Park, B., Kim, G., Shin, C., Lee, J.H., *et al.* (2023) Transcriptome Profiling for Developmental Stages *Protaetia brevitarsis seulensis* with Focus on Wing Development and Metamorphosis. *PLOS ONE*, **18**, e0277815. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277815>
- [9] Kwak, K., Aktaruzzaman, M., Kim, E., Kim, S.Y., Hong, S., Park, J.Y., *et al.* (2021) Identification and Characterization of *Metarhizium majus* Isolated from the Edible Insect *Protaetia brevitarsis* in Korea. *Entomological Research*, **51**, 602-609. <https://doi.org/10.1111/1748-5967.12554>
- [10] 杨诚, 刘玉升, 徐晓燕, 等. 白星花金龟幼虫对醇化玉米秸秆取食效果的研究[J]. 环境昆虫学报, 2015, 37(1): 122-127.
- [11] 杨柳, 张广杰, 徐韬, 等. 白星花金龟幼虫对不同农业有机废弃物的转化力研究[J]. 新疆农业大学学报, 2019, 42(3): 189-193.
- [12] Moon, H.C., Lim, J.R., Park, N.Y., *et al.* (2019) Effects of Diets Added with Mulberry Cake on Development and Oviposition of White-Spotted Flower Chafer, *Protaetia brevitarsis* (Coleoptera: Cetoniidae). *International Journal of Industrial Entomology*, **39**, 60-66.
- [13] Li, Y., Fu, T., Geng, L., Shi, Y., Chu, H., Liu, F., *et al.* (2019) *Protaetia brevitarsis* Larvae Can Efficiently Convert Herbaceous and Ligneous Plant Residues to Humic Acids. *Waste Management*, **83**, 79-82. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.11.010>
- [14] Du, B., Xuan, H., Geng, L., Li, W., Zhang, J., Xiang, W., *et al.* (2022) Microflora for Improving the Auricularia Auricula Spent Mushroom Substrate for *Protaetia brevitarsis* Production. *iScience*, **25**, Article 105307. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.105307>
- [15] Wei, P., Li, Y., Lai, D., Geng, L., Liu, C., Zhang, J., *et al.* (2020) *Protaetia brevitarsis* Larvae Can Feed on and Convert Spent Mushroom Substrate from Auricularia Auricula and Lentinula Edodes Cultivation. *Waste Management*, **114**, 234-239. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.009>
- [16] 杨诚, 刘玉升, 徐晓燕, 等. 白星花金龟幼虫资源成分分析及评价[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2014, 45(2): 166-170.
- [17] Kim, S.-M., An, C.-W. and Han, J.-A. (2019) Characterization and Application of the Proteins Isolated from Edible Insects. *Korean Journal of Food Science and Technology*, **51**, 537-542.
- [18] Nikkiah, A., Van Haute, S., Jovanovic, V., Jung, H., Dewulf, J., Cirkovic Velickovic, T., *et al.* (2021) Life Cycle Assessment of Edible Insects (*Protaetia brevitarsis seulensis* Larvae) as a Future Protein and Fat Source. *Scientific Reports*, **11**, Article No. 14030. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93284-8>
- [19] Son, J. and Chung, T. (2024) *In vivo* Efficacy Evaluation of White-Spotted Flower Chafer (*Protaetia brevitarsis seulensis*) Extract for Improving Blood Circulation. *Entomological Research*, **54**, e12754. <https://doi.org/10.1111/1748-5967.12754>
- [20] Park, Y.M., Noh, E.M., Lee, H.Y., *et al.* (2021) Anti-Diabetic Effects of *Protaetia brevitarsis* in Pancreatic Islets and a Murine Diabetic Model. *European Review for Medical & Pharmacological Sciences*, **25**, 7508-7515. https://doi.org/10.26355/eurrev_202112_27450
- [21] Ahn, E., Myung, N., Jung, H. and Kim, S. (2019) The Ameliorative Effect of *Protaetia brevitarsis* Larvae in HFD-Induced Obese Mice. *Food Science and Biotechnology*, **28**, 1177-1186. <https://doi.org/10.1007/s10068-018-00553-w>
- [22] Hwang, D., Goo, T. and Yun, E. (2020) *In vitro* Protective Effect of Paste and Sauce Extract Made with *Protaetia brevitarsis* Larvae on HepG2 Cells Damaged by Ethanol. *Insects*, **11**, Article 494. <https://doi.org/10.3390/insects11080494>
- [23] Im, A., Yang, W., Park, Y., Kim, S.H. and Chae, S. (2018) Hepatoprotective Effects of Insect Extracts in an Animal

- Model of Nonalcoholic Fatty Liver Disease. *Nutrients*, **10**, Article 735. <https://doi.org/10.3390/nu10060735>
- [24] 刘业超, 王庆雷, 刘雪英, 等. 白星花金龟幼虫粪中除氮菌的筛选与鉴定[J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2025, 45(1): 174-180.
- [25] 刘福顺, 冯晓洁, 席国成, 等. 白星花金龟幼虫粪对樱桃萝卜生长情况的影响[J]. 湖北农业科学, 2018, 57(4), 44-46:
- [26] 赖德强, 王庆雷, 吴娱, 等. 白星花金龟幼虫粪对低温条件下辣椒苗期发育的影响[J]. 北方园艺, 2019(8): 63-66.
- [27] Jung, K., Kim, J., Lee, S., Jang, D., Yoo, B., Bea, S., *et al.* (2022) Effects of *Protaetia brevitarsis* Larvae Manure Application on Lettuce Growth and Soil Chemical Properties. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, **55**, 80-85. <https://doi.org/10.7745/kjsf.2022.55.1.080>
- [28] Zhang, M., Tang, Z., Zhao, Y., Wang, X. and Xu, X. (2020) Study on the Adsorption Properties of Different Insect Feces on Cu^{2+} and Cd^{2+} . *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **450**, Article 012124. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/450/1/012124>
- [29] Xuan, H., Gao, P., Du, B., Geng, L., Wang, K., Huang, K., *et al.* (2022) Characterization of Microorganisms from *Protaetia brevitarsis* Larva Frass. *Microorganisms*, **10**, Article 311. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10020311>
- [30] Lemke, T., Stingl, U., Egert, M., Friedrich, M.W. and Brune, A. (2003) Physicochemical Conditions and Microbial Activities in the Highly Alkaline Gut of the Humus-Feeding Larva of *Pachnoda ephippiata* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Applied and Environmental Microbiology*, **69**, 6650-6658. <https://doi.org/10.1128/aem.69.11.6650-6658.2003>
- [31] Wang, K., Gao, P., Geng, L., Liu, C., Zhang, J. and Shu, C. (2022) Lignocellulose Degradation in *Protaetia brevitarsis* Larvae Digestive Tract: Refining on a Tightly Designed Microbial Fermentation Production Line. *Microbiome*, **10**, Article No. 90. <https://doi.org/10.1186/s40168-022-01291-2>
- [32] 魏盼盼. 白星花金龟幼虫处理木耳和香菇菌渣的研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2020.