

蛴螬在秸秆生物降解中的应用潜力及机制研究

余宏伟, 李 威

合肥保护盾生态农业科技有限公司, 安徽 合肥

收稿日期: 2025年3月31日; 录用日期: 2025年5月29日; 发布日期: 2025年6月6日

摘 要

本文探讨了蛴螬(金龟子幼虫)在农作物秸秆处理中的潜在应用价值, 结合其生物学特性与秸秆降解需求, 分析了蛴螬对秸秆的分解能力及对土壤环境的综合影响。通过实验验证蛴螬对秸秆的消化效率, 并提出了基于蛴螬的秸秆资源化利用新模式, 提出“秸秆降解-蛴螬养殖-土壤改良”三位一体资源化循环模式路径。为秸秆无害化处理和农业生态循环提供新思路。

关键词

蛴螬, 秸秆处理, 生物降解, 资源化利用, 土壤改良

Research on the Application Potentiality and Mechanism of Grubs in the Biodegradation of Straw

Hongwei Yu, Wei Li

Hefei Protection Shield Ecological Agriculture Technology Co., Ltd., Hefei Anhui

Received: Mar. 31st, 2025; accepted: May 29th, 2025; published: Jun. 6th, 2025

Abstract

This article explores the potential application value of grubs (beetle larvae) in crop straw treatment, and analyzes their ability to decompose straw and their comprehensive impact on soil environment based on their biological characteristics and straw degradation requirements. Through experimental verification of the digestion efficiency of straw by grubs, a new model for straw resource utilization based on grubs was proposed, and a three-in-one resource recycling model path of “straw degradation - grub farming - soil improvement” was proposed. Provide new ideas for the harmless treatment of straw and agricultural ecological cycle.

Keywords

Grub, Straw Processing, Biodegradation, Resource Utilization, Soil Improvement

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

农作物秸秆是农业生产中产量最大的副产品之一,但其处理问题长期困扰农业可持续发展[1]。传统焚烧或还田方式易引发环境污染、病虫害滋生等问题。近年来,生物降解技术因其生态友好性备受关注[2],例如蚯蚓-微生物耦合系统已被证明可有效分解秸秆。然而,蛴螬作为地下害虫的代表,其食性与分解能力尚未被充分挖掘[3][4]。蛴螬是金龟子的幼虫,为多汁软体动物,脂肪和蛋白质含量达 51%,此外,还含有钙、钾、铁、锌、铝等多种微量元素以及动物生长必需的 16 种氨基酸,每 100 g 干品含氨基酸高达 874.9 mg,其各种营养成分居各类饲料之首。据测定,1 kg 蛴螬的营养价值相当于 25 kg 麦麸、20 kg 混合饲料和 1000 kg 青饲料的营养价值,被誉为“蛋白质饲料宝库”[5]。蛴螬是饲养家禽及鱼、龟、黄鳝、罗非鱼、牛蛙、娃娃鱼、蝎子、蜈蚣、蛇等特种养殖不可多得的极好饲料[6][7]。用蛴螬配合饲料喂幼禽,其成活率可达 95%以上,喂产蛋鸡产蛋量可提高 20%,用蛴螬喂养全蝎等野生药用动物,其繁殖率提高 2 倍[8][9]。同时,蛴螬在中药里被誉为具有破瘀、散结、止痛和解毒多重功效的良药。临床上,它常被用于治疗血瘀经闭、癥瘕、折伤瘀痛、痛风、破伤风、喉痹、痈疽以及丹毒等多种病症,疗效显著。蛴螬实物照片见图 1。



Figure 1. Physical photo of the grub

图 1. 蛴螬实物照片

蛴螬虽然身价不凡,但饲养极为简单,只要容器内壁光滑能防逃即可。成本低、经济效益高,10 m 内立体生产每月可出 200~400 kg。饲养蛴螬不受地区气候条件限制(在 5℃不会冻死)。只要掌握正确的饲养方法,其成功率达 90%。本研究旨在探究蛴螬对秸秆的降解潜力及其在农业废弃物资源化中的可行性。

2. 材料与方法

2.1. 实验设计

首先用秸秆粉碎机将秸秆切成 1~3 厘米的碎段(过细可能影响透气性),然后对切断的秸秆边喷水边翻堆,确保均匀湿润。若秸秆过干,可浸泡后沥干调节水分 60%~70%,最后采用微生物菌剂(如 EM 菌、酵母菌、纤维素分解菌)或者农家材料(如 5%麸皮 + 1%红糖,促进微生物繁殖)进行发酵。发酵过程为(1)

将粉碎秸秆与发酵剂混合均匀(按产品说明比例)。(2) 堆成高 1~1.5 米的梯形堆, 覆盖塑料膜保温保湿。
(3) 每隔 3~5 天翻堆 1 次(升温至 50~60℃后降温表示完成, 约 15~20 天), 备用。

设置对照组(玉米和小麦秸秆)与实验组(玉米和小麦秸秆 + 蛭螭), 每组重复 3 次。秸秆选用玉米、小麦等常见作物, 经粉碎后调整碳氮比至 25:1。蛭螭选取华北大黑鳃金龟幼虫, 密度为每公斤秸秆 50 头。

2.2. 测定指标

降解率: 通过质量损失法计算秸秆分解速率。

分解率(%) = $(1 - \text{剩余干重} / \text{初始干重}) \times 100\%$

酶活性分析: 测定蛭螭肠道内纤维素酶、半纤维素酶和木质素过氧化物酶活性, 进行蛭螭肠道微生物的分析, 以更全面地研究秸秆降解机制。

土壤改良效应: 处理后秸秆残体有机质、蛭螭代谢后的秸秆残体对土壤有机质、全氮、有效磷和微生物多样性微生物群落分析。

2.3. 生态风险评估

(1) 风险识别

明确蛭螭代谢产物的主要成分(如有机酸、酶类、氮磷代谢物等), 结合文献和实验分析其化学性质, 评估蛭螭代谢产物对土壤生态系统的潜在影响。

暴露途径: 评估代谢产物通过土壤 - 植物 - 微生物 - 地下水等多介质的迁移路径。

受体分析: 土壤微生物群落(细菌、真菌、线虫)、植物根系、地下水生物等。

(2) 暴露 - 效应评估

剂量 - 响应关系: 通过实验室模拟(如微宇宙实验)测定代谢产物对关键物种(如蚯蚓、固氮菌)的半数致死浓度(LC50)或生态阈值。

长期累积效应: 分析代谢产物在土壤中的半衰期及降解产物毒性。

(3) 风险表征

采用商值法(HQ)或概率模型, 量化风险等级(低/中/高), 结合不确定性分析(如蒙特卡洛模拟)。

3. 结果与讨论

3.1. 蛭螭对秸秆的降解效率

蛭螭对不同类型秸秆的降解效率见表 1 和图 2。

实验表明, 蛭螭在 7 天、15 天和 30 天内对玉米秸秆降解率分别是 18.5%、32.7%和 42.3 和%, 显著高于对照组(自然降解率分别是 3.2%、7.1%和 12.1%), 蛭螭在 7 天、15 天和 30 天内对小麦秸秆降解率分别是 16.9%、30.4%和 39.8%, 显著高于对照组(自然降解率分别是 2.8%、6.5%和 11.6%), 且玉米秸秆因纤维素含量更高, 降解率略高于小麦秸秆。

Table 1. Degradation efficiency of different types of straw by grubs

表 1. 蛭螭对不同类型秸秆的降解效率

处理组	秸秆类型	第 7 天降解率(%)	第 15 天降解率(%)	第 30 天降解率(%)
对照组	玉米秸秆	3.2 ± 0.5	7.1 ± 0.8	12.1 ± 1.2
蛭螭处理组	玉米秸秆	18.5 ± 2.1	32.7 ± 3.0	42.3 ± 3.5
对照组	小麦秸秆	2.8 ± 0.4	6.5 ± 0.7	11.6 ± 1.0
蛭螭处理组	小麦秸秆	16.9 ± 1.8	30.4 ± 2.6	39.8 ± 3.2

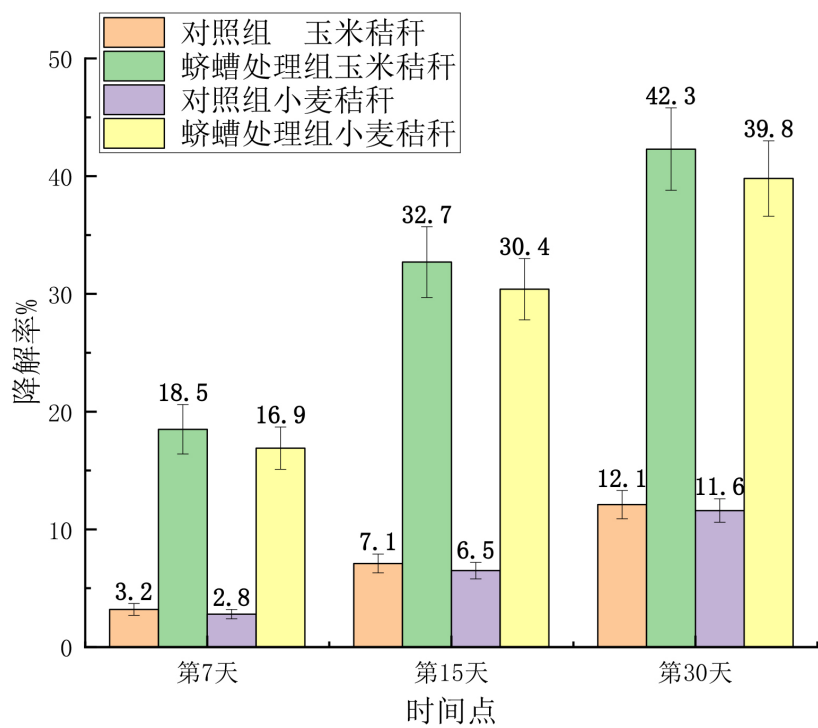


Figure 2. Degradation efficiency of different types of straw by grubs
图 2. 蛭螭对不同类型秸秆的降解效率

3.2. 酶活性

酶活性数据是衡量蛭螭肠道内特定酶(如纤维素酶、半纤维素酶等)对秸秆中复杂有机物分解能力的指标, 通过特异性抑制剂(如 EDTA 抑制金属酶)阻断某类酶活性, 观察降解率下降比例。蛭螭肠道酶活性检测分析结果数据见表 2。蛭螭肠道分泌的纤维素酶、半纤维素酶和木质素过氧化物酶的活性分别为达 35.2、22.7 和 5.1 U/mg, 降解贡献度分别为 68.5%, 26.3%和 5.2%, 这表明纤维素酶是主要降解驱动因子, 是主要贡献者, 说明蛭螭具备高效分解纤维素的生理基础并且肠道酶系协同作用于秸秆分解。根据实验数据推算, 纤维素酶活性每增加 1 U/mg, 降解率提升约 1.8%。

Table 2. Results of enzyme activity detection and analysis in the gut of grubs
表 2. 蛭螭肠道酶活性检测分析结果数据

酶类型	酶活性(U/mg)	降解率贡献度(%)
纤维素酶	35.2 ± 2.8	68.5
半纤维素酶	22.7 ± 1.9	26.3
木质素过氧化物酶	5.1 ± 0.6	5.2

3.3. 降解产物对土壤改良效应

蛭螭代谢后的秸秆残体对土壤有机质、全氮、有效磷和微生物多样性指数见表 3。表 3 可以看出, 蛭螭代谢后的秸秆残体对土壤有机质含量提升至 28.6 g/kg, 且富含氮、磷等养分, 全氮和有效磷的含量分别为 1.52 g/kg 和 34.7 mg/kg, 可直接作为有机肥还田。此外, 微生物多样性指数增大到 3.8。蛭螭生物量增长显著(平均增重 1.2 倍)每吨秸秆可产出蛭螭生物量约 20 kg(干重), 粗蛋白含量达 45%~50%, 符合饲料行业标准(GB/T 5915-2020)。可作为高蛋白饲料原料, 实现“秸秆-蛭螭-饲料”的循环利用。

Table 3. Organic matter, total nitrogen, available phosphorus, and microbial diversity index of straw residues after metabolism by grubs

表 3. 蛭螭代谢后的秸秆残体有机质、全氮、有效磷和微生物多样性指数

指标	处理前土壤	蛭螭处理组秸秆残体 + 土壤	对照组秸秆 + 土壤
有机质含量(g/kg)	12.4 ± 1.1	28.6 ± 2.3	18.9 ± 1.5
全氮含量(g/kg)	0.85 ± 0.1	1.52 ± 0.2	1.08 ± 0.1
有效磷(mg/kg)	15.3 ± 1.8	34.7 ± 3.1	21.5 ± 2.0
微生物多样性指数	2.1 ± 0.3	3.8 ± 0.4	2.6 ± 0.2

注：数据为处理后 30 天测定值，微生物多样性采用 Shannon 指数评估。

3.4. 生态风险与调控策略

尽管蛭螭具有降解优势，但其作为害虫可能威胁作物根系。可以通过以下措施控制风险：

(1) 源头控制

生物调控：天敌引入：投放蛭螭天敌(如寄生蜂、昆虫病原线虫)等生物防治手段，抑制蛭螭过度繁殖。降低种群密度，减少代谢产物释放。

植物源抑制剂：种植驱虫植物(如万寿菊、薄荷)，或施用植物提取物(如苦参碱)干扰蛭螭代谢。

实施步骤：

田间试验设计：设置对照组与处理组(天敌释放区、植物抑制剂区)，监测蛭螭数量及土壤代谢物浓度。

封闭式设施：采用防逃逸养殖池或立体养殖箱(如聚乙烯材质)，底部设置防渗层(厚度 ≥ 0.5 mm)，防止蛭螭逃逸至农田。

效果评估：每季度采样，通过 qPCR 检测微生物多样性变化，HPLC 分析代谢产物残留。

(2) 过程阻断

土壤改良：生物炭吸附：生物炭 + 微生物修复联合技术，实验室数据显示代谢产物降解率可达 70% 以上。施加 5%~10%生物炭(比表面积 ≥ 300 m²/g)，吸附代谢产物并促进降解。

微生物修复：接种降解菌(如假单胞菌属)，优化其生存条件(C/N 比、湿度)。联合昆虫病原真菌(如绿僵菌)进行种群调控，避免化学农药污染。

实施步骤：实验室筛选高效降解菌株，通过扩繁后与生物炭混合施用。

田间监测：定期测定土壤酶活性(脲酶、脱氢酶)及代谢产物降解率。

(3) 分区管理

按蛭螭生长周期(幼虫 - 蛹 - 成虫)分区养殖，成虫区设置产卵隔离网，避免成虫逃逸及过度繁殖。

(4) 受体保护

生态缓冲带：在风险区周边种植耐污染植物(如柳树、向日葵)，形成物理 - 生物屏障。

实施步骤：根系分泌物分析：验证植物对代谢产物的富集或转化能力。

4. 结论与展望

(1) 蛭螭在秸秆降解中具有显著效果展现出“变害为宝”的颠覆性潜力，首次将传统害虫蛭螭转化为秸秆降解的“生物工具”。

(2) 技术核心在于高效酶系驱动与资源化产物的多元输出，其代谢产物兼具土壤改良与饲料开价值。未来需进一步优化降解条件(如温湿度、秸秆预处理工艺)，并评估长期应用的生态安全性。

(3) 结合微生物协同技术，蛭螭或将成为秸秆资源化领域的新型生物工具，推动农业废弃物处理向高效、低碳方向转型。

(4) 实验周期较短，需验证长期应用对土壤微生物组的动态影响，规模化养殖的经济效益需进一步核算。

参考文献

- [1] 马三喜. 秸秆到底该怎么处理? [J]. 生态经济, 2024, 40(12): 9-12.
- [2] 刘伟, 赵艳. 蛴螬的养殖与开发[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(27): 13109-13110.
- [3] 李炜. 开发优质饲料: 蛴螬[J]. 农村新技术, 1995(11): 11-13.
- [4] 李大民. 蛴螬规模化生产对饲料行业的作用[J]. 畜牧兽医科学(电子版), 2021(23): 98-100.
- [5] Ding, Q., Lv, W., Xu, K.M., *et al.* (2013) Research of *Holotrichia diomphalia* Larvae Cultivation Technology with *Agaricus bisporus* Residues. *Agricultural Science & Technology*, **14**, 107-109.
- [6] 陈凡华, 潘玉文. 关于防治紫花苜蓿草蛴螬病虫害的防治措施[J]. 中国农村小康科技, 2004(3): 16-18.
- [7] 包玉霞. 种养结合型循环农业经济发展模式分析[J]. 山西农经, 2023(15): 163-165.
- [8] 王艳秋, 张洪国, 梁洪英, 等. 玉米秸秆饲料化技术的推广与应用[J]. 中国动物保健, 2023, 25(11): 73-74.
- [9] 刘小玲, 商贺利, 葛丽红, 等. 利用畜禽粪便和农作物秸秆生产有机肥技术[J]. 河北果树, 2023(2): 54-55.