

黑水虻堆肥法处理鸡粪和污泥及其微生物群落变化

张雷^{1*} 黄元²

1. 泰州福克兴生物科技有限公司 江苏泰州 225300

2. 河南省新蔡县农业综合行政执法大队 河南驻马店 463500

摘要: 以新鲜鸡粪和污泥混合饲养黑水虻, 观察黑水虻生活状态以及虫砂中微生物群落的变化。通过黑水虻存活状态可以确定, 鸡粪和污泥按照 1: 1 的方式混合, 可以将其作为黑水虻的食物来源。而纯污泥对黑水虻具有毒性, 无法采用黑水虻堆肥法处理。同时可以观察到, 采用混合物饲养 15 天的黑水虻个体重量达到 28.17mg, 与纯鸡粪养殖的黑水虻体型相差不大。通过研究不同原料所产生的虫砂的微生物群落可以看到, 饲喂混合物的虫砂微生物群落多样性更为复杂, 其他类型的微生物占比达到 70.54%, 远高于纯污泥的 17.86% 和鸡粪养殖的 26.18%。并且其优势菌占比远低于其他两种类型。Bacteroidales 为数量最多的菌, 仅占 4.49%, Thauera 仅占 3.22%。而在纯鸡粪处理组种, Pseudogracilibacillus (12.56%), Virgibacillus (10.21%), Bacillus-Bacillaceae (8.18%), Oceanobacillus (7.0%), 均远高于混合物料组。在纯污泥组中 Corynebacterium (23.1%), Jeotgaliococcus (9.01%), Brachybacterium (8.07%), Enterococcus (4.43%), Aerococcus (4.65%), Escherichia (4.25%), 同样远超过混合组。并且优势菌群几乎没有交叉, 这表明, 黑水虻依赖的长期生存的环境和食物对虫砂的微生物群落造成的影响是多变的。

关键词: 黑水虻; 虫砂; 微生物群落; 鸡粪; 污泥

黑水虻堆肥技术是一种利用黑水虻幼虫摄食、消化有机肥将其转变为虫砂和黑水虻幼虫产品的技术。最近几年, 该技术广泛用于餐厨垃圾处理行业和畜禽粪便行业 (1, 2)。

同时黑水虻幼虫已经逐渐开发出昆虫油脂、昆虫蛋白等多种产品上市。该技术越发被世界各个领域认可 (3, 4)。污泥和畜禽粪便是世界上产量最多的有机废弃物之二, 占据了我国有机废弃物总量的大半。随着新国标的实行, 污泥被禁止作为堆肥的直接原料。挖掘新的污泥处理技术是环保行业急需解决的问题。多种有机废弃物混合处理是目前主流的发展方向, 比如药渣与污泥混合堆肥, 餐厨垃圾和污泥联合堆肥以及畜禽粪便与污泥联合堆肥等 (5, 6, 7)。本研究采用鸡粪和污泥混合黑水虻堆肥的方法, 从黑水虻存活、重量角度来评判黑水虻商业化的问题, 从虫砂微生物群落来判断虫砂安全性的问题, 以为污泥混合黑水虻堆肥技术提供有用的信息。

1. 实验

1.1 原料 鸡粪来源于泰州市姜堰区大伦镇家禽养殖厂, 污泥购自武汉齐信环保有限公司出售的好养活性污泥, 黑水虻虫卵购自泰州佑农环保产业科技有限公司。

1.2 环境 实验地点为: 泰州市姜堰区大伦镇家禽养殖厂废弃鸡棚。实验时间为 2022 年 5-6 月。

1.3 方法 实验设置三组, 分别为纯鸡粪组、纯污泥组和鸡粪-污泥混合组。鸡粪与污泥的混合比例为 1: 1。将物料倾倒在养殖槽内, 养殖槽为 800*400*400mm (长-宽-高) 的塑料箱, 布料的深度为 10cm。每箱物料重量约为 25kg, 每箱物料添加 25g 虫卵。

分别于第 5、10、15d 选择一箱进行黑水虻幼虫计数和计重。第 15d 后, 实验结束。从每个实验组中采集 50g 样品, 用液氮冷冻后, 进行基因组检测。基因组检测服务由上海美吉生物医药科技有限公司提供。

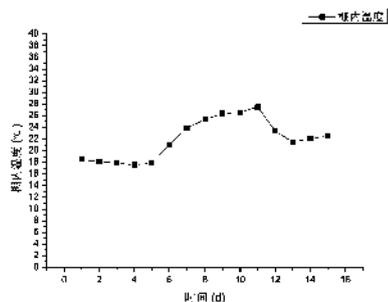


图 1. 养殖棚环境温度

2. 结果与分析

2.1 养殖环境

室温环境普遍低于黑水虻生长最温度，幼虫生长速度会受到影响。

2.2 黑水虻存活率

纯鸡粪中黑水虻存活率基本不变，维持在 99%。而纯污泥中，黑水虻死亡严重，第 15 天时，仅剩 5.4% 存活。鸡粪与污泥混合物中存活率虽然不及纯鸡粪，但是仍然维持在 90% 以上。在鸡粪 - 污泥混合物中，黑水虻可以利用鸡粪进行生长，从而不至于饿死。但污泥对于黑水虻还是存在一定负面影响，混合物培养条件下，仍有 7.2% 的黑水虻死亡，远高于纯鸡粪组的 1.1%。

表 1. 各组黑水虻存活率

原料	纯鸡粪	纯污泥	鸡粪 - 污泥混合物
5d 存活率 /%	99.7	64.1	95.2
10d 存活率 /%	99.9	14.9	93.2
15d 存活率 /%	98.9	5.4	92.8

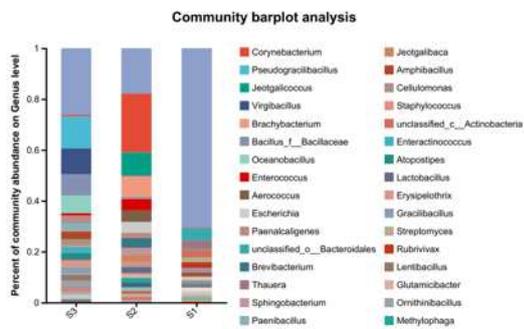
2.3 黑水虻体重

纯鸡粪与鸡粪 - 污泥混合物表现一致，纯鸡粪组中第 15d 黑水虻体重是第 5d 的 6.15 倍，混合物组中则是 6.64 倍。但混合物中黑水虻幼虫的体型比纯鸡粪组小一些。纯污泥组的黑水虻幼虫不仅死亡率非常高，存活下来的黑水虻幼体体型也非常幼小。

表 2. 各组黑水虻个体均重

原料	纯鸡粪	纯污泥	鸡粪 - 污泥混合物
5d/mg	5.01	1.97	4.24
10d/mg	9.12	2.84	7.26
15d/mg	30.81	4.27	28.17

2.4 微生物群落



S3: 黑水虻处理后的纯鸡粪; S2: 黑水虻处理后的纯污泥; S1: 黑水虻处理后的污泥鸡粪混合物;

图 2. 不同组别虫砂中微生物群落

Corynebacterium 是 S2 中占比最高的菌类，但是在其他两类样品中，含量 (S3) 0.59%，(S1) 0.09%。左侧 16 种菌类是三种样品中总体占比最高的。

使用黑水虻处理纯鸡粪的样品中，Pseudogracilibacillus (12.56%)，Virgibacillus (10.21%)，Bacillus-Bacillaceae (8.18%)，Oceanobacillus (7.0%)，Enterococcus (0.88%)，Paenaltcaligenes (2.52%)，Paenibacillus (3.14%)，其他总共菌种占比 26.18%。

黑水虻处理纯污泥的样品中，Corynebacterium (23.1%)，Jeotgaliococcus (9.01%)，Brachyobacterium (8.07%)，Enterococcus (4.43%)，Aerococcus (4.65%)，Escherichia (4.25%)，Brevibacterium (3.71%)，Sphingobacterium (2.69%)，Paenaltcaligenes (2.16%)，其他总共菌种占比 17.86%。

在污泥和鸡粪混合物处理的污泥中 Bacteroidales (4.49%)，Thauera (3.22%)，其他总共菌种占比 70.54%。

3. 结论与讨论

许多研究表明污泥难以用于黑水虻养殖。但其致死原因是絮凝剂的存在还是缺乏可被利用的营养，还有待考证。污泥作为生产量最大的有机废弃物之一，对其资源化路径的探讨层出不穷。新国标出现后，污泥被禁止直接作为堆肥的原料。这导致很多污泥难以被有效处理。多种有机废弃物混合处理是目前最常用的解决污泥问题的办法。本研究中通过将污泥和鸡粪按 1:1 混合后，其 15 天存活率为 92.8%，虽低于鸡粪的 98.9%，但在工业上已经可以接受。另外，经过混合物 15 天的培养黑水虻均重达到 28.17mg/只，与纯鸡粪培养获得的 30.81mg/只。虽然混合物的黑水虻总产量低于鸡粪组，但污泥处置可获得额外的处置费，从而弥补了其黑水虻养殖的亏损。采用污泥和鸡粪混合物培养具有一定可行性。

通过对不同处理原料的虫砂中微生物群落的研究可以看到混合物中微生物的复杂程度远高于单一的鸡粪和污泥。在纯鸡粪和纯污泥中我们可以看到绝大多数的菌落是中立微生物，但混合物中杂菌数量非常多，不能排除其中存在致病菌。混合物虫砂需要进一步无害化处理，降低潜在致病菌风险。

参考文献

[1] 安新城, 李军, 吕欣. 黑水虻处理养殖废物的研究现

状. 环境科学与技术 [J], 2010, 33(3), 4.

[2] 柴志强, 朱彦光. 黑水虻在餐厨垃圾处理中的应用. 科技展望 [J], 2016, 26(022): 321-321.

[3] 徐歆歆, 王文韬, 吉红. 黑水虻油脂的提取及理化性质分析 [J]. 饲料工业, 2022, 012:043.

[4] 许彦腾, 张建新, 宋真真, 孙勇. 响应面法优化黑水虻幼虫蛋白质提取工艺. 昆虫学报, 2014, 57(4): 10.

[5] 陈希. 青霉素菌渣与城市污泥混合堆肥处理工艺研究 [D]. 哈尔滨工业大学博士论文, 2014

[6] 曹秀芹, 刘超磊, 朱开金, 等. 微生物菌剂强化餐厨垃圾和污泥联合堆肥 [J]. 环境工程学报, 2022(002):016.

[7] 吴魏兵. 蚯蚓对畜禽粪便的选择性及其处理畜禽污水处理厂污泥效果的研究 [D]. 四川农业大学硕士论文, 2014.