餐厨垃圾制备土壤营养液工艺探索

熊子皓[1]，徐　畅[1]，朱增义[1,2]，赵子豪[1]，何　鑫[1]，吴　舒[1]

（1. 河北环境工程学院 河北省农业生态安全重点实验室，河北 秦皇岛　066102；
2. 北京佰能蓝天科技股份有限公司，北京　100080）

［摘　要］以餐厨垃圾为原料，通过微生物菌解技术，将其转化为菌解稀释液，再对稀释液进行好氧发酵，制备可用于农田灌溉的土壤营养液。将餐厨垃圾倒入含有大量微生物的生化反应仓，微生物将餐厨垃圾中的易分解有机物快速分解，初级分解产物随喷淋水流出生化反应仓，形成菌解稀释液，菌解稀释液在曝气池经过低成本好氧生物处理。结果表明，经好氧生物处理后，菌解稀释液的浊度、电导率、微生物数量发生显著变化，其中pH逐渐趋于中性，COD显著降低，电导率显著增加，说明好氧生物处理使得菌解稀释液中的有机物被充分的矿质化分解，释放出氮、磷、钾、钙、镁等矿质元素和多种氨基酸，该工艺处理过程获得的营养液符合国家标准GB 5084—2021《农田灌溉水质标准》。

［关键词］餐厨垃圾；菌解；土壤营养液
［中图分类号］S145.2　　［文献标志码］A　　［文章编号］2097-4566（2024）12-0023-06

Exploration of soil nutrient solution preparation from kitchen waste

XIONG Zihao[1], XU Chang[1], ZHU Zengyi[1,2], ZHAO Zihao[1], HE Xin[1], WU Shu[1]

(1. *Hebei Key Laboratory of Agroecological Safety, Hebei University of Environmental Engineering, Qinhuangdao* 066102, *China*; 2. *Beijing Bestpower Bluesky Engineering Co., Ltd., Beijing* 100080, *China*)

Abstract: The soil nutrient solution which can be used for farmland irrigation is prepared by converting kitchen waste into bacterial dilution solution by microbial hydrolysis technology and then treated by aerobic fermentation. The kitchen waste is poured into the biochemical reaction bin which contains a large number of microorganisms, the microorganisms decomposes the easily decomposed organic matter quickly, and the primary decomposition products is discharged from the biochemical reaction bin with the spray water to form the bacterial dilution solution. The dilution solution is collected in the aeration tank and subjected to low-cost aerobic biological treatment. After aerobic biological treatment, the turbidity, conductivity and microbial count of the bacterial hydrolysate show significant changes, with pH gradually approaching neutrality, COD significantly decreasing, and conductivity significantly increasing. This indicates that aerobic biological treatment enables the organic matter in the bacterial hydrolysate to be fully mineralized and decomposed, releasing mineral elements such as nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and various amino acids. The soil nutrient solution obtained by this process meets the requirements of national standard GB 5084—2021 *Standard for irrigation water quality*.

Key words: kitchen waste; bacteriolysis; soil nutrient solution

0　引言

据联合国粮食及农业组织估计，全球每年约产生13亿t餐厨垃圾，占人类粮食消费总量的1/3。随着我国城镇化进程加快，餐饮业发展迅猛，2021年，我国产生城市生活垃圾27 097.2万t，其中餐厨垃圾占37%～62%[1-3]。餐厨垃圾含有大量有机物、粗蛋白和丰富的微量元素，同时也含有一定的油脂和盐分，具有良好的资源利用价值，但若处理不当，运输或露天堆放时，会滋生大量细菌、蚊蝇，不仅会产生酸臭气味和渗滤液，对周围环境造成严重污染，而且其变质后会加速病原体传播，给环境带来二次污染[4]。

［收稿日期］2024-09-14；　［修回日期］2024-11-11

［作者简介］熊子皓（2003-），男，河北唐山人，环境生态工程专业在读本科生，研究方向为餐厨垃圾资源化及液体肥料制备。
E-mail：2504109593@qq.com

［通信作者］吴　舒（1985-），男，河北秦皇岛人，博士，高级工程师，主要从事农业资源与环境/新型肥料研发方面的研究。
E-mail：qhdwushu@163.com

［基金项目］2023年度河北省教育厅创新创业类社会实践项目（序号421）；2024河北省大学生创新创业训练计划项目（S202451721031）

餐厨垃圾中富含植物生长发育所必需的氮、磷、钾等元素[5-6]，是制作有机肥料或有机-无机混合肥料的原料之一[7-8]。我国现行的有机肥料标准（NY/T 525—2021）已将餐厨垃圾（经分类和陈化）列入评估类原料[7-8]，经安全性评价后可生产商品有机粉体或颗粒肥[9-10]。但采用餐厨垃圾制备土壤营养液的研究却鲜有报道。

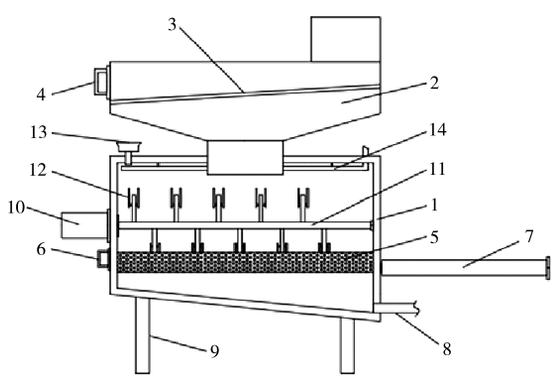
目前餐厨垃圾以厌氧微生物发酵资源化为主，但是其在产生沼气的同时，也会残余大量的沼液，目前沼液多作为污水进行处理，污水处理行业已经成为第五大碳排放行业，占全社会碳排放总量的3.3%[5]。中华人民共和国国家发展和改革委员会及住房和城乡建设部印发的《“十四五”城镇生活垃圾分类处理设施发展规划》中明确指出着力解决好厌氧工艺中沼液等产物在农业生产中应用的“梗阻”问题，实现餐厨垃圾处理向低运行成本的现代化处理系统方向改进[6]。

本研究针对餐厨垃圾水含量大的特点自主研发餐厨菌解液土壤营养液。将餐厨垃圾倒入含有大量微生物的生化反应仓，微生物将餐厨垃圾降解并释放出氮、磷、钾、钙、镁等矿质元素和多种氨基酸，菌解液被稀释后，经过低成本好氧生物处理，调整pH、COD、浊度、电导率、微生物数量、养分形态等指标，形成符合国家标准GB 5084—2021《农田灌溉水质标准》的营养液，可直接用于灌溉。该营养液中含有大量的微生物群落，全水溶，适合水肥一体化设施农业，如喷灌和滴灌；可增加土壤中有效磷含量[11]，也可作为微生物的载体，如溶磷菌[12]，提高土壤有效磷的含量；也可添加大量营养元素、腐植酸、功能活性物质等制备成功能性液态肥料。

1　实验过程

1.1　固体餐厨垃圾菌解制备菌解稀释液

固体餐厨垃圾的菌解在生化反应仓[13]中进行，生化反应仓包括处理箱和进料斗，进料斗安装在处理箱的上方，内部设有倾斜设置的筛分格栅，进料斗靠近筛分格栅水平高度较低一端的侧壁上设有第一阀门；处理箱的内部设有搅拌系统，搅拌系统的下方设有筛板，筛板一侧的处理箱的侧壁上开设有第二阀门，另一侧的侧壁上设有气缸，气缸固定在处理箱的外壁上，气缸的伸缩端贯穿处理箱的侧壁后连接有推板，推板的底部紧挨筛板；处理箱的内部顶端设有喷淋系统，底部设有污水管道；处理箱的顶部设有填充口。生化反应仓结构见图1。生化反应仓中初级菌解产物随喷淋水进入过滤系统，大块餐厨垃圾返回反应仓继续菌解，滤液流出生化反应仓进入曝气池。生化反应仓中的微生物制剂以芽孢杆菌GN19和酿酒酵母为主，具备高效降解淀粉、纤维素、脂肪和蛋白质的功能，将大分子营养物质水解成小分子物质、CO_2和水。菌剂负载于纳米复合填料上，能够长期稳定地保持降解酶活性，纳米复合填料具有的纳米孔荷电富集效应，能够有效借助亚10 nm活性粒子富集微生物必需的磷源、氮源和有机质，实现微生物-纳米粒子协同高效降解餐厨垃圾。



1-处理箱；2-进料斗；3-筛分格栅；4-第一阀门；5-筛板；6-第二阀门；7-气缸；8-污水管道；9-支撑腿；10-伺服电机；11-转轴；12-搅拌杆；13-填充口；14-喷淋管

图1　生化反应仓结构

Fig. 1　Structure of biochemical reaction bin

1.2　菌解稀释液好氧生物处理

反应仓滤液（菌解液）被收集到曝气池中，添加微生物菌剂，输入碳源和氮源，调节菌解稀释液的C与N质量比，并通入压缩空气，鼓入的空气不仅为菌解液输入氧气，同时能够充分地搅拌菌解液，控制反应温度为25 ~ 35 ℃。定期检测菌解液的pH、COD、电导率、浊度等指标，当指标满足GB 5084—2021《农田灌溉水质标准》时，停止曝气，作为土壤营养液，存储备用。

2　结果与表征

2.1　土壤营养液制备过程中pH变化趋势

GB 5084—2021的pH限值为5.5 ~ 8.5，而生化反应仓中的菌解稀释液pH为4.8，不能够直接用于田间灌溉。反应初期的几个小时，餐厨垃圾被微生物菌解溶液偏酸性主要有两个原因：一是餐厨垃圾本身含有较多的有机酸，例如水果残渣中的果酸等，分解初期有机酸被释放使溶液呈酸性；二是微生物发酵过程中会产生酸性代谢产物，例如乳酸菌发酵会产生乳酸，可快速降解的有机物质如淀粉等

降解产物也是有机酸，这些有机酸初期不断积累，也会导致溶液pH下降[14-16]。将生化反应仓流出的菌解稀释液曝气处理，并控制温度和供给营养盐分，一方面能够继续降解残留在菌解稀释液中的有机物如蛋白质等，另外，大量小分子有机酸和醇也可被微生物利用。曝气时间对菌解液pH的影响见图2。由图2可知，随着反应的持续进行，pH呈上升趋势，pH ＞7.6后基本趋于稳定，这说明餐厨垃圾中的蛋白质等有机物质降解释放出NH_3，以及有机酸的消耗导致菌解液的pH上升。

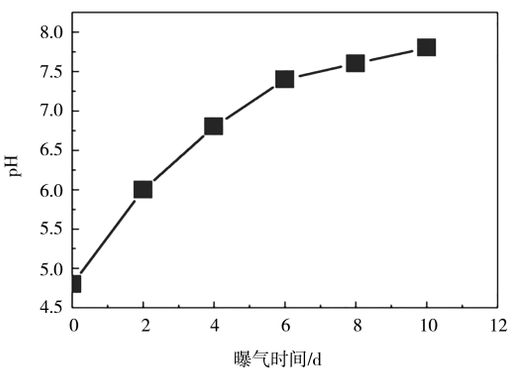


图2　曝气时间对菌解液pH的影响

Fig. 2　Effect of aeration time on pH value of bacterial hydrolysate

2.2　土壤营养液ρ(COD)变化趋势

生化反应仓产出的菌解稀释液ρ(COD)为780 mg/L，显著高于GB 5084—2021基本控制项目限值(150 mg/L)要求，这是由于餐厨垃圾在生化反应仓中停留时间较短，且物料成分复杂，与微生物之间的反应不够充分，大量有机物质未分解，导致菌解稀释液ρ(COD)较高。

这些有机物质被水稀释后，进入曝气阶段，均匀分布在液相中，微生物能够与残留的有机物质充分反应并将其降解[17-18]，曝气时间对菌解液ρ(COD)的影响见图3。由图3可知，随着反应时间延长，ρ(COD)逐渐下降至80 mg/L，这一趋势与电导率的变化趋势对应。

曝气为微生物提供了充足的氧气，好氧微生物在有氧环境下活性增强，新陈代谢加快，能够大量繁殖并高效地分解滤液中的各种有机物。这些有机物在微生物的作用下被转化为二氧化碳、水和其他无机物等简单的物质，从而减少了滤液中有机物的含量，导致ρ(COD)下降。糖类物质被微生物分解为二氧化碳和水，蛋白质被分解为氨基酸后进一步被氧化分解等。

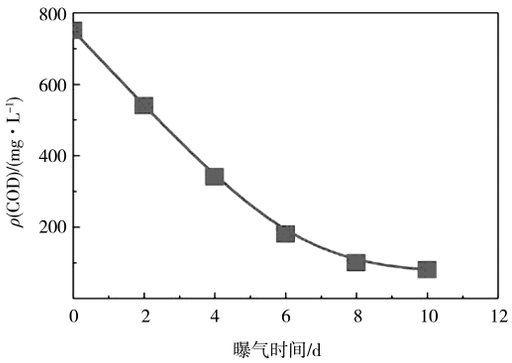


图3　曝气时间对菌解液ρ(COD)的影响

Fig. 3　Effect of aeration time on ρ(COD) of bacterial hydrolysate

2.3　土壤营养液电导率变化趋势

曝气时间对菌解液电导率的影响见图4。餐厨垃圾含有丰富的有机质、大量元素（氮、磷、钾）以及微量元素[19]，其中淀粉能够在生化反应仓中快速降解，而纤维素、蛋白质等有机成分在生化反应仓中来不及降解，以有机形态进入曝气处理阶段，此时菌解液中的无机离子浓度很低，电导率为650 μS/cm，随着曝气阶段反应条件的优化，微生物活性增强，有机物分解反应得到强化，电导率逐渐增加至1 500 μS/cm，证明微生物在分解餐厨垃圾时，会将有机物质中的矿物质元素以无机盐的形式释放出来。蛋白质等有机成分中含有氮、磷、硫等元素，在微生物的分解代谢过程中，这些元素会转化为铵盐、磷酸盐、硫酸盐等无机盐进入滤液中。随着曝气过程的进行，微生物活动持续，更多的无机盐被释放，从而导致滤液中的离子浓度增加，电导率上升[20-21]。

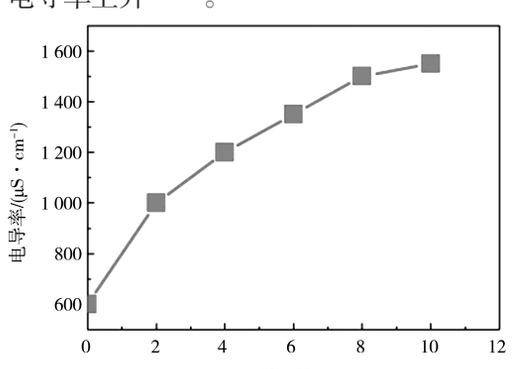


图4　曝气时间对菌解液电导率的影响

Fig. 4　Effect of aeration time on the conductivity value of bacterial hydrolysate

2.4　土壤营养液浊度变化趋势

曝气时间对菌解液浊度的影响见图5。由图5

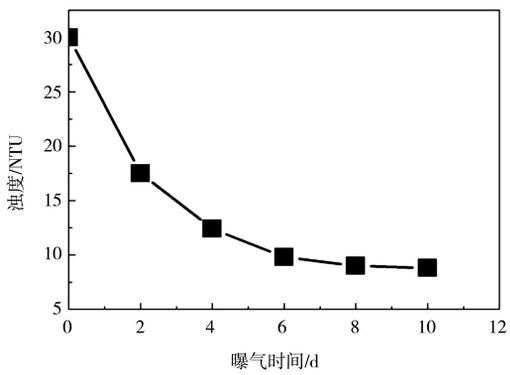


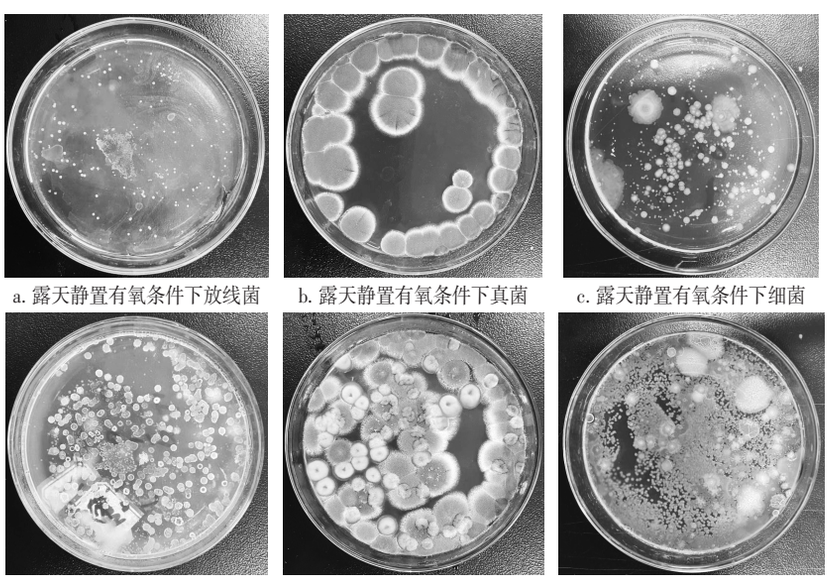
图 5　曝气时间对菌解液浊度的影响

Fig. 5　Effect of aeration time on turbidity of bacterial hydrolysate

可以看出，随着曝气时间延长，菌解液的浊度显著降低。起始阶段，生化反应仓形成的菌解液中含有大量不溶于水的有机物质，这些物质在液相中能够被微生物逐步分解并生成溶于水的小分子有机物和矿质离子，使浊度逐渐下降，液体逐渐清澈，这一现象与菌解液电导率升高以及 COD 下降成对应关系，同时也说明菌解液中富含的养分为水溶性的。

2.5　土壤营养液微生物菌落数变化趋势

菌解稀释液经过曝气处理后形成土壤营养液，评价曝气对菌解稀释液中微生物菌落数的影响，采用微生物平板菌落计数法对培养皿中菌落数进行计数。菌解稀释液中含有细菌、真菌、放线菌，由于菌解液中含有大量的有机物质，曝气阶段添加营养盐和氧气等，优化了微生物的生存条件，因此，微生物繁殖代谢更加旺盛，显著提升了菌解液中细菌、真菌、放线菌的菌落数，不同处理下微生物菌落数量对比如图 6 所示。也正是因为微生物的分解作用得到强化，导致菌解液 pH 升高、COD 下降、电导率升高，以及浊度显著下降。应用显微镜观察到，曝气处理后的菌解液中微生物数量显著增加，如图 7 所示。

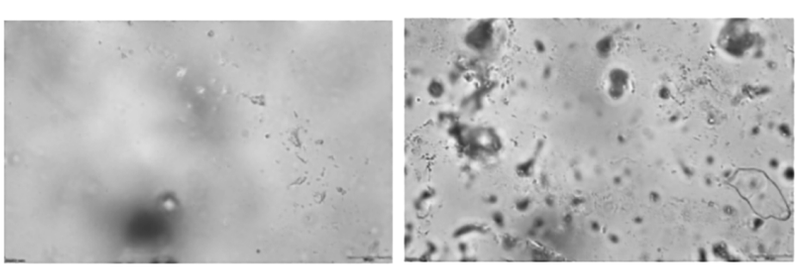


a. 露天静置有氧条件下放线菌　b. 露天静置有氧条件下真菌　c. 露天静置有氧条件下细菌

a. 充分曝气富氧条件下放线菌　b. 充分曝气富氧条件下真菌　c. 充分曝气富氧条件下细菌

图 6　不同处理下微生物菌落数量对比

Fig. 6　Comparison of microbial colony count under different treatments



a. 生化反应仓中菌解液　b. 曝气处理后的菌解液

图 7　显微镜下菌解液的微生物形态

Fig. 7　Microbial morphology of bacterial hydrolysate

2.6　土壤营养液对土壤肥力的提升

餐厨垃圾富含的有机质、氮磷钾以及微量元素被释放，因此形成的土壤营养液中富含NH_4^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}、K^+、$H_2PO_4^-$，好氧发酵得到的土壤营养液异味显著低于厌氧发酵形成的沼液。经过秦皇岛清宸环境检测技术有限公司化验，土壤营养液指标均符合GB 5084—2021《农田灌溉水质标准》基本控制项目限值的要求。依托河北省有机蔬菜生产技术集成示范基地开展农化效果实验，化学肥料减量30%，等质量氮磷钾由土壤营养液中的氮磷钾替代，以冲施的方式进行灌溉，并评价对羽衣甘蓝、百日草、菜用甘薯的增产提质效果，实验结论显示其对农作物产量和品质均有正向促进作用，这可能是土壤营养液中不仅含有氮、磷、钾养分，还富含钙、镁以及多种微量元素。土壤酶活性是土壤生物活性与土壤肥力的重要指标，餐厨垃圾制成的土壤营养液可有效促进土壤中微生物的繁殖代谢[22]，同时扩繁了有益微生物。土壤酶活性反映土壤微生物对有机物质的分解能力和土壤的生物化学过程，与对照组不施肥仅灌溉自来水相比，应用餐厨垃圾制备的土壤营养液灌溉羽衣甘蓝，土壤蛋白酶活性、土壤蔗糖酶活性、土壤过氧化氢酶活性和土壤脲酶活性分别提高了50.501 μg/（g·24 h）、2.028 mg/（g·24 h）、0.160 mL/（g·h）、0.022 mg/（g·24 h），这也证实了其能够提高土壤微生物活性。

3　结论

餐厨垃圾经过菌解和菌解稀释液的曝气、C与N质量比调节、温控等处理工艺，餐厨垃圾中的淀粉、蛋白质、纤维素等有机物质被分解并释放出大量有益的矿质离子，形成的土壤营养液富含大量的有益微生物，pH、COD、电导率等指标得到显著改良，w（水不溶物）＜0.5%，适用于滴灌和喷灌系统，且符合GB 5084—2021《农田灌溉水质标准》标准要求。相比餐厨垃圾厌氧发酵沼气工程产生的沼液，该好氧发酵工艺过程制备的土壤营养液无明显异味，适合大面积田间推广施用，配合化学肥料施用，可减量30%的化学肥料，并且能够提高土壤微生物酶活性，增加土壤肥力。

4　发展与建议

我国餐厨垃圾处理技术基础相对薄弱，相关人才和经验缺乏，餐厨垃圾处理行业起步较晚[23]。该技术填补了餐厨垃圾以土壤营养液为资源化方向的空白，土壤营养液可作为追肥，用于经济作物，定期灌溉，而传统堆肥法处理餐厨垃圾形成的粉状或颗粒状有机肥仅适合一次性基施，且肥效缓慢，烘干过程能耗高。该技术无需烘干等工艺步骤，采用微生物菌解处理，能源消耗低，替代部分化学肥料，节能减排，减肥增效；处理成本低，充分利用了餐厨垃圾高水含量、低污染物、高养分含量的特点。

［参考文献］

［1］ 石磊.餐厨垃圾厌氧处理及资源化利用[J].中国资源综合利用，2024,42(10):136-138.
SHI L. Anaerobic treatment and resource utilization of kitchen waste[J]. China Resources Comprehensive Utilization, 2024,42(10):136-138.

［2］ 强敬雯,王晚晴,唐曼玉,等.厨余垃圾厌氧消化对沼气微生物及环境的影响[J].中国农业科技导报,2024,26(6):159-169.
QIANG J W, WANG W Q, TANG M Y, et al. Effects of anaerobic digestion of kitchen waste on biogas microorganisms and environment [J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2024,26(6):159-169.

［3］ 胡钢,孙建亭,刘思源,等.厨余垃圾湿式与干式厌氧消化处理全链条碳排放比较分析[J].环境生态学,2024,6(5):146-150.
HU G, SUN J T, LIU S Y, et al. Full-chain carbon emission comparison analysis of wet and dry anaerobic digestion of kitchen waste[J]. Environmental Ecology, 2024,6(5):146-150.

［4］ 曹铭芮,刘围,吴畏,等.厨余垃圾好氧堆肥技术研究进展[J].生物加工过程,2024,22(4):395-402,411.
CAO M R, LIU W, WU W, et al. Research progress on aerobic composting technology of kitchen waste [J]. Chinese Journal of Bioprocess Engineering, 2024,22(4):395-402,411.

［5］ 廖利,张如月,廖筱锋.“双碳”战略背景下我国厨余垃圾处理技术选择[J].工业安全与环保,2023,49(1):102-106.
LIAO L, ZHANG R Y, LIAO X F. Selection of kitchen waste treatment technology in China under the background of carbon peak and carbon neutralization strategy[J]. Industrial Safety and Environmental Protection, 2023,49(1):102-106.

［6］ 熊亭.厨余沼液资源化利用研究进展分析[J].科技创新与应用，2022,12(16):61-63.
XIONG T. Analysis of research progress on resource utilization of kitchen waste digestate [J]. Technology Innovation and Application, 2022,12(16):61-63.

［7］ 李丹,王京文,袁杭杰,等.餐厨废弃物土壤调理剂对土壤理化性状及水稻产量的影响[J].农学学报,2023,13(6):39-42.
LI D, WANG J W, YUAN H J, et al. Effects of food waste soil conditioners on soil physicochemical properties and rice yield [J]. Journal of Agriculture, 2023,13(6):39-42.

［8］ 胡山鹰.生态产业在中国[J].磷肥与复肥,2023,38(10):刊首页.
HU S Y. Ecological industry in China [J]. Phosphate & Compound Fertilizer, 2023,38(10):Issue of home page.

［9］ 刘旭杰,严旖旎,单海勇,等.我国新型肥料产业现状与发展展望[J].磷肥与复肥,2024,39(2):1-5.
LIU X J, YAN Y N, SHAN H Y, et al. Current situation and development outlook of new type fertilizer industry in China[J]. Phosphate & Compound Fertilizer,2024,39(2):1-5.

［10］ 张芳,屈素斋.硝化抑制剂和脲酶抑制剂在高温堆肥中的应用

研究进展[J].磷肥与复肥,2022,37(6):14-17,30.
ZHANG F, QU S Z. Application of nitrification inhibitor and urease inhibitor in high temperature composting[J]. Phosphate & Compound Fertilizer, 2022,37(6):14-17,30.

[11] 徐四新,严谨,诸海焘,等.餐厨有机肥对设施菜地土壤理化性质的影响[J].浙江农业科学,2024,65(1):90-94.
XU S X, YAN J, ZHU H T, et al. Effect of kitchen organic fertilizer on the physical and chemical properties of soil in protected vegetable fields[J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2024,65(1):90-94.

[12] 范贝贝,韩国荣,潘成杰,等.基于餐厨沼液的液态肥料利用现状与展望[J].浙江农业科学,2024,65(9):2219-2223.
FAN B B, HAN G R, PAN C J, et al. Current status and prospects of liquid fertilizer utilization based on kitchen waste digestate[J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences,2024,65(9):2219-2223.

[13] 河北环境工程学院.一种就地高效降解餐厨垃圾的生化处理设备:CN112893403A[P].2021-06-04.
Hebei University of Environmental Engineering. A biochemical treatment equipment for efficient on-site degradation of kitchen waste:CN112893403A[P].2021-06-04.

[14] 邵毅恒,杨宁,赵玥,等.餐厨垃圾生物减量菌种筛选及加菌方式优化[J/OL].化工进展. https://doi.org/10.16085/j.issn.1000-6613.2023-1974.
SHAO Y H, YANG N, ZHAO Y, et al. Screening of food waste biodegradation bacterial and optimization of inoculation methods[J/OL]. Chemical Industry and Engineering Progress. https://doi.org/10.16085/j.issn.1000-6613.2023-1974.

[15] 张敏,孔祥平,叶牧,等.微生物预处理餐厨垃圾对黑水虻生长发育的影响[J].生物加工过程,2023,21(6):662-669,701.
ZHANG M, KONG X P, Y M, et al. Effects of microbial pretreatment of food waste on growth and development of black soldier fly (*Hermetia illucens*, L.)[J]. Chinese Journal of Bioprocess Engineering, 2023,21(6):662-669,701.

[16] 金宁,姜慧敏,任苗苗,等.餐厨垃圾酸碱度对黑水虻灭活致病菌效率影响[J].大连理工大学学报,2023,63(3):265-273.
JIN N, JANG H M, REN M M, et al. Food waste pH effect on inactivation efficiency of pathogenic bacteria by black soldier fly larvae[J]. Journal of Dalian University of Technology, 2023,63(3):265-273.

[17] 宫亚斌,詹偶如,吴昊,等.餐厨垃圾"中高温"厌氧发酵及其微生物群落演替研究[J/OL].环境工程.https://link. cnki. net/urlid/11.2097.X.20240815.1418.006.
GONG Y B, ZHAN O R, WU H, et al. Research on anaerobic fermentation and microbial community succession of food waste at "intermediate temperatures"[J/OL]. Environmental Engineering. https://link. cnki. net/urlid/11.2097.X.20240815.1418.006.

[18] 武林,董容莉,耿学海,等.不同浓度餐厨垃圾高温厌氧消化研究[J].中国沼气,2024,42(3):44-51.
WU L, DONG R L, GENG X H, et al. Study on thermophilic anaerobic digestion of food waste with different concentrations[J]. China Biogas, 2024,42(3):44-51.

[19] 沈如梦,蔡凡凡,金琰,等.单菌和混合菌发酵餐厨垃圾产乳酸研究[J].北京化工大学学报(自然科学版),2024,51(4):23-34.
SHEN R M, CAI F F, JIN Y, et al. Lactic acid production by single bacterial and mixed bacterial fermentation of food waste[J]. Journal of Beijing University of Chemical Technology (Natural Science Edition), 2024,51(4):23-34.

[20] 周扬.微生物辅助黑水虻幼虫处理有机固废全资源化研究[D].沈阳:沈阳工业大学,2023.
ZHOU Y. Study on the full resource treatment of organic solid waste by the larvae of black soldier fly assisted by microorganisms [D]. Shenyang: Shenyang University of Technology, 2023.

[21] 朱启敏.西北地区二月兰的生物学特性和栽植管理技术——以银川市唐徕公园为例[J].种子科技,2022,40(3):79-81.
ZHU Q M. Biological characteristics and planting management techniques of orychophragmus violaceus in northwest China—taking Tanglai Park in Yinchuan city as an example[J]. Seed Science and Technology, 2022,40(3):79-81.

[22] 钱耀洲,姚洪根,陆建富,等.餐厨垃圾的无害化干热水解生物转化处理方法:CN108746156A[P].2018-11-06.
QIAN Y Z, YAO H G, LU J F, et al. Harmless dry thermal hydrolysis and biological conversion treatment method of food waste:CN108746156A[P]. 2018-11-06.

[23] 李莹.在城乡融合发展中全面推进乡村振兴:核心任务、突出问题与关键举措[J].河南社会科学,2024,32(6):85-92.
LI Y. Comprehensively promoting rural revitalization with urban-rural integrated development: key tasks, outstanding problems and key initiatives[J]. Henan Social Sciences, 2024,32(6):85-92.