



农业资源与环境学报

中文核心期刊
中国科技核心期刊

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT

欢迎投稿 <http://www.aed.org.cn>

我国蔬菜废弃物资源化利用技术分析及展望

刘佳豪, 姚昕, 翟胜, 孙树臣, 杨伟鹏, 魏蓉, 陈锦秀, 丁新惠, 田晓飞

引用本文:

刘佳豪, 姚昕, 翟胜, 等. 我国蔬菜废弃物资源化利用技术分析及展望[J]. 农业资源与环境学报, 2020, 37(5): 636–644.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13254/j.jare.2019.0267>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

城乡有机废弃物资源化利用现状及展望

李龙涛, 李万明, 孙继民, 褚飞, 饶中秀, 黄凤球

农业资源与环境学报. 2019, 36(3): 264–271 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2018.0150>

山西省种养废弃物构成及资源化利用潜力研究

杜艳玲, 周怀平, 程曼, 解文艳, 杨振兴, 郭晋, 吕倩倩, 王志伟

农业资源与环境学报. 2019, 36(3): 329–336 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2018.0161>

不同蔬菜种类的产废比例及性状分析

韩雪, 常瑞雪, 杜鹏祥, 李季, 李彦明

农业资源与环境学报. 2015(4): 377–382 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2014.0345>

基于微生物电解池利用有机废弃物产氢研究进展

余银生, 刘春波, 胥腾飞, 宋子琛, 张文翌, 王永忠

农业资源与环境学报. 2015(4): 327–331 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2015.0021>

蚯蚓生物消解尾菜废弃物工艺参数优化

王海候, 孟祥国, 金梅娟, 施林林, 周新伟, 陆长婴, 沈明星

农业资源与环境学报. 2019, 36(5): 694–702 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2018.0384>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

刘佳豪, 姚昕, 翟胜, 等. 我国蔬菜废弃物资源化利用技术分析及展望[J]. 农业资源与环境学报, 2020, 37(5): 636–644.

LIU Jia-hao, YAO Xin, ZHAI Sheng, et al. Analysis and prospects for resource utilization of vegetable waste in China[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2020, 37(5): 636–644.



开放科学 OSID

我国蔬菜废弃物资源化利用技术分析及展望

刘佳豪, 姚昕, 翟胜, 孙树臣, 杨伟鹏, 魏蓉, 陈锦秀, 丁新惠, 田晓飞*

(聊城大学环境与规划学院, 山东 聊城 252000)

摘要:分析了蔬菜废弃物来源及特点,介绍了蔬菜废弃物好氧堆肥、“菜-饲-肥”和“菜-虫-饲-肥”种养结合、“菜-炭-肥”还田改土、“菜-沼-肥”能源利用和“菜-菌-肥”综合利用等全量资源化利用模式,探讨了蔬菜废弃物全量资源化利用的瓶颈问题及发展方向,以期蔬菜废弃物的无害化处理和资源化利用提供参考。

关键词:蔬菜废弃物;资源化利用;循环利用;技术模式

中图分类号:X712

文献标志码:A

文章编号:2095-6819(2020)05-0636-09

doi: 10.13254/j.jare.2019.0267

Analysis and prospects for resource utilization of vegetable waste in China

LIU Jia-hao, YAO Xin, ZHAI Sheng, SUN Shu-chen, YANG Wei-peng, WEI Rong, CHEN Jin-xiu, DING Xin-hui, TIAN Xiao-fei*

(School of Environment and Planning, Liaocheng University, Liaocheng 252000, China)

Abstract: The sources and characteristics of vegetable waste were discussed in the present study. The technical features, advantages, and disadvantages of different vegetable waste resource utilization modes, including aerobic composting of vegetable waste, association between "waste-fodder-fertilizer" and "waste-worm-fodder-fertilizer" planting and breeding, "waste-biochar-fertilizer" returning and soil amelioration, "waste-biogas-fertilizer" energy utilization, and "waste-mushroom-fertilizer" integrated utilization modes were analyzed. Furthermore, the limiting factors and development directions of the full utilization of vegetable waste were discussed. These can provide a scientific basis for resource utilization of vegetable waste in China.

Keywords: vegetable waste; resource utilization; recycling; mode

蔬菜废弃物是指在蔬菜生产及收获、贮存、销售、加工等过程中被丢弃的无商品价值的根、茎、叶、烂果及尾菜等。2008—2018年我国蔬菜年产量呈逐年增加的趋势(图1),按废弃物量占蔬菜总量30%估算^[1],2018年我国蔬菜废弃物总量高达2.45亿t。由于蔬菜废弃物具有含水率高、易腐烂且经济价值较低等特点,多被作为垃圾在地头、路边堆积,其在堆积腐烂过

程中会滋生蚊蝇、传播细菌,产生的渗滤液会随雨水流入水体,造成污染^[2]。

近年来,因蔬菜废弃物堆放导致的环境问题日益突出,我国科技工作者在蔬菜废弃物无害化处理和资源化利用方面开展了一系列工作。陈琳等^[3]针对废弃物厌氧发酵易酸化的特点,筛选出CH₄/CO₂作为发酵体系酸化失稳预警指标。杨帆等^[4]以新鲜番茄秧

收稿日期:2019-05-20 录用日期:2019-07-29

作者简介:刘佳豪(1998—),男,山东威海人,本科生,主要从事新型肥料研发和有机废弃物资源化利用方面研究。E-mail:ljh17852261297@163.com

*通信作者:田晓飞 E-mail:tianxiaofei624@163.com

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金(41807092,41701243);山东省高等学校科学技术计划项目(J18KA173);聊城大学博士科研启动基金(318051839,318051748)

Project supported: The Young Scientists Fund of the National Natural Science Foundation of China(41807092,41701243); Project of Shandong Province Higher Educational Science and Technology Program(J18KA173); Scientific Research Foundation for PhD of Liaocheng University(318051839,318051748)

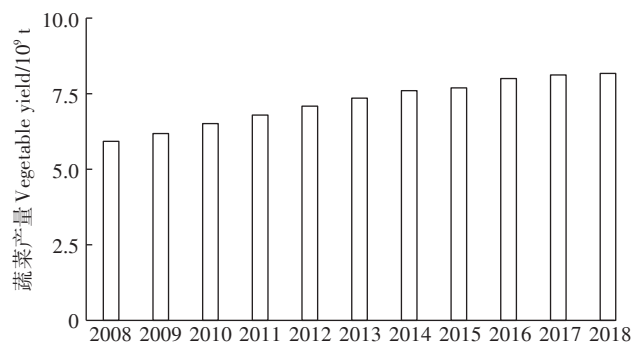


图1 2008—2018年我国年蔬菜产量变化

Figure 1 Changes of total vegetable yield per year in China from 2008 to 2018

为原料,探明了蚯蚓辅助堆肥体系能够降低堆肥过程中氮素损失和温室气体排放量,但对于不同蔬菜废弃物资源化利用模式运行体系的报道还有待进一步梳理。同时,随着时间推移,新的蔬菜废弃物利用方式被报道,有必要重新评估不同资源化利用模式的特点及限制因素。

因此,本文结合国内外研究报道,对蔬菜废弃物的来源与特点等进行了综合分析,综述了蔬菜废弃物好氧堆肥、“菜-饲-肥”种养结合、“菜-炭-肥”还田改土、“菜-沼-肥”能源利用和“菜-菌-肥”综合利用等多种资源化利用模式的技术特点及适用性,探讨了我国蔬菜废弃物资源化利用的瓶颈问题及发展方向,以期蔬菜废弃物资源化利用提供参考。

1 蔬菜废弃物来源及特点

蔬菜废弃物产地主要集中在蔬菜产区、蔬菜集散地和蔬菜加工场等。蔬菜生产区废弃物主要产生在整枝打杈、病虫害防治和收获拉秧等阶段。以辣椒为例,辣椒坐果、收获阶段无食用价值的叶片和茎秆干物质质量占干物质总量的42%~60%^[5]。蔬菜集散地废

弃物主要为批发或农贸市场中不易运输、质量不佳或滞销腐烂的蔬菜。以日平均蔬菜交易量达500 t的聊城市永安农产品批发市场为例,按蔬菜加工包装和运输消费阶段折损比分别为2%和8%估算^[6],其日蔬菜废弃物产量达到10~50 t。蔬菜加工场的废弃物主要产生于蔬菜入市前的加工、餐饮行业及家庭食用前加工等过程,如家庭蔬菜存储过程导致的品相变差、腐烂的蔬菜等。

与其他有机废弃物相比,蔬菜废弃物具有含水率高、保存周期短、不易运输、易腐烂且北方地区生产高峰期多处于高温季节等特点。腐烂的蔬菜废弃物为病害微生物的繁殖与传播提供条件。同时,蔬菜废弃物营养成分(可消化蛋白、纤维素、半纤维素和矿物质等)含量高,具有较高的资源化再利用潜力。以聊城市为例,2016年全市蔬菜总产量超过1 702万t,按1 t蔬菜废弃物提供237 kWh电能计算^[7],聊城市每年产生的蔬菜废弃物可以发电 7.11×10^9 kWh,相当于120万t普通标煤。因此,蔬菜废弃物既是重要的环境污染源,也是储量巨大的可再生资源。

2 不同蔬菜废弃物资源化利用模式

蔬菜废弃物不宜长途运输,经济价值低且易腐烂,地下填埋或地上堆积自然消解是目前最主要的处理方式。虽然填埋法操作简单、省时省工,但仅解决了蔬菜废弃物造成的表观环境问题,随着时间的推移会产生地下水、土壤和空气污染等问题^[8],也造成了大量生物质资源的浪费。

2.1 蔬菜废弃物好氧堆肥模式

好氧堆肥处理模式是在好氧条件下通过微生物降解蔬菜废弃物,将大分子物质转化为易生物降解的小分子物质的过程,所得肥料应用于农业生产,实现全量肥料化利用(图2)。杨岩等^[9]探明了磷酸钙能够

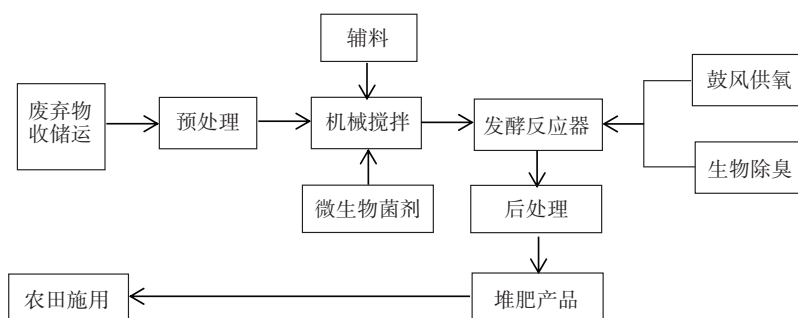


图2 蔬菜废弃物好氧堆肥处理模式示意图

Figure 2 Diagram of the vegetable waste aerobic composting

减少生菜废弃物堆肥过程中的氮素损失,促进腐熟。蔬菜废弃物堆肥产品施用农田后能够改善土壤理化性状,促进作物生长和改善品质。孔涛等^[10]证明了白菜废弃物堆肥能够促进小白菜增产,同时提高可溶性糖、可溶性蛋白含量。李剑等^[11]研究表明蔬菜废弃物堆肥显著降低了土壤pH值,提高了土壤有机质和碱解氮含量。北京市农业机械试验鉴定推广站将蔬菜废弃物与畜禽粪污进行联合好氧堆肥,目前已经在北京顺义区、房山区和怀柔区等蔬菜产区进行推广应用,效果良好^[12]。

尽管好氧堆肥可以将蔬菜废弃物中的有机物质转变为腐殖质,处理步骤简单且适用于各类蔬菜废弃物资源化利用,但蔬菜废弃物含水率高,堆肥过程中需要添加膨松填充物调节含水率,增加堆肥成本^[9]。此外,好氧发酵过程中菌种鉴定、堆肥工艺和机理等方面研究还不完善^[13],细化好氧堆肥过程的关键影响因子参数值,开展配套装备研发,实现对堆肥进程的控制和堆肥质量的预测是蔬菜废弃物好氧堆肥及其推广应用面临的重要问题。

2.2 “菜-饲-肥”种养结合模式

“菜-饲-肥”种养结合模式是指将蔬菜废弃物通过为牲畜提供粗饲料的方式,转化为肉、奶等产品,实现过腹增值;牲畜排出的粪便经发酵堆肥还田,实现种植业和养殖业的有机结合(图3)。张继等^[14]以高山娃娃菜废弃物为原料,添加麸皮进行固体混合菌联合发酵,开发出优质蛋白饲料。Das等^[15]利用废弃的胡萝卜、西葫芦秧、西红柿秸秆等制备饲料并饲喂公牛,发现公牛的消化率、生长性能和健康状况与喂食普通饲料处理无显著差异。兰州市农业科技研究推广中心利用青贮技术将花椰菜废弃物制作成青贮饲料并

用于奶牛饲养,在兰州市榆中县定远镇进行的应用示范取得较好效果^[16]。

“菜-饲-肥”种养结合模式能够实现蔬菜废弃物的高值化和资源化利用,但用作饲料的蔬菜废弃物洁净程度要求较高且必须不含有害物质。实际生产中,菜农倾倒的废弃物大多掺杂着塑料吊绳、农药包装袋等杂物。另外,携带病虫害的废弃物直接饲养畜禽,可能会危害动物健康^[17],限制了“菜-饲-肥”种养结合模式的应用推广。

2.3 “菜-虫-饲-肥”种养结合模式

针对“菜-饲-肥”种养结合模式的局限性,“菜-虫-饲-肥”种养结合模式将蔬菜废弃物作为食腐性生物(蚯蚓、黄粉虫、蛭螂、黑水虻和蝇蛆等)食物来源,将其转化为高蛋白饲料用于畜禽养殖;畜禽粪便等经堆肥处理后用于农业生产(图4)。以蚯蚓为例,50条蚯蚓在4周的时间内可将6.5 kg蔬菜废弃物转化为腐殖质,生物降解率达到75.0%^[18]。蚯蚓粪作为蚯蚓消化蔬菜废弃物产生的均匀颗粒,能够提高土壤肥力,改良土壤结构^[19]。此外,蚯蚓粪中的细菌、真菌等微生物能够产生赤霉素、细胞分裂素等^[20],促进作物生长。

我国从20世纪70年代开始利用食腐性生物处理有机废弃物,其中北京市海淀区上庄乡蚯蚓处理垃圾项目取得了一定的效果,为利用蚯蚓处理各种蔬菜废弃物以及蚯蚓产物的综合利用提供了基础。但总体而言,利用蚯蚓等食腐性生物处理蔬菜废弃物在我国普及程度不高。此外,食腐性生物处理蔬菜废弃物并不能完全彻底地消除病原菌、重金属等有害物质,只是降低其有效性或吸收积累在体内^[21],利用食腐性生物处理蔬菜废弃物的效果及其产物利用的安全性还

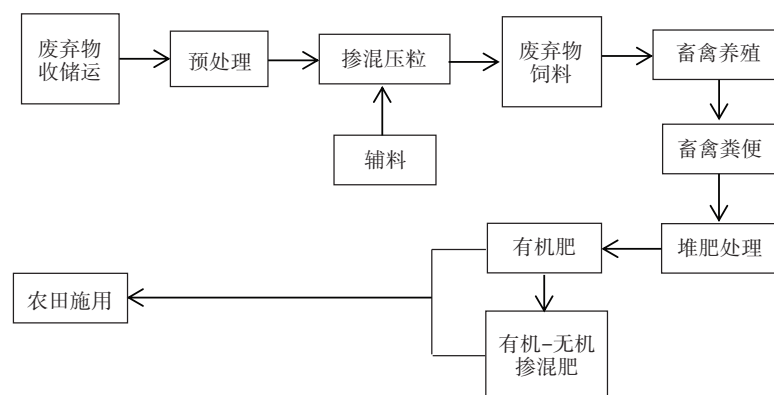


图3 蔬菜废弃物“菜-饲-肥”种养结合模式示意图

Figure 3 Diagram of the "waste-fodder-fertilizer" mode for vegetable waste utilization

需要进一步验证。

2.4 “菜-炭-肥”还田改土模式

“菜-炭-肥”还田改土模式是在限氧或无氧条件下通过热裂解技术将蔬菜废弃物转化为生物质炭,并应用于农业生产,实现蔬菜废弃物全量资源化利用的模式(图5)。以辣椒秸秆为例,根据热裂解温度的变化(300~650 ℃),生物质炭生成率可以达到23.8%~44.6%。生物质炭含碳量高且稳定,在土壤中可以显著减少CO₂和CH₄等温室气体的排放,是应对全球气候变化的有效增汇减排手段^[22]。生物质炭直接还田或制备为炭基肥后施入农田均可以提高土壤肥力,实现作物高产优质^[23-24]。因此,将蔬菜废弃物制备成生物质炭既实现了资源化利用又减少了温室气体排放,是蔬菜废弃物利用的新途径^[25]。

寿光市华源秸秆利用有限公司利用高温碳化技术将茄子、辣椒、西红柿等蔬菜废弃物转化为生物质炭,2015年总加工量达到2万t,有效解决了秸秆垃圾的无害化处理问题^[26]。但蔬菜废弃物制备生物质炭要求原料木质化程度较高,且水分含量要低于10%^[27],而新鲜的蔬菜秸秆含水量都在50%~60%之间,而燃煤加热方式烘干成本较高,传统晾晒占地面积大,加之蔬菜生产季节性强且废弃物易腐烂,因而很难在蔬菜生产旺季找到足够的闲置土地进行处理。

2.5 “菜-沼-肥”能源生态模式

“菜-沼-肥”能源生态模式是通过厌氧发酵的形式利用蔬菜废弃物制取沼气能源,同时将产生的沼渣、沼液等用于农业生产(图6),具有效益高、清洁能源可回收的优势。蔬菜废弃物营养物质丰富、含水率

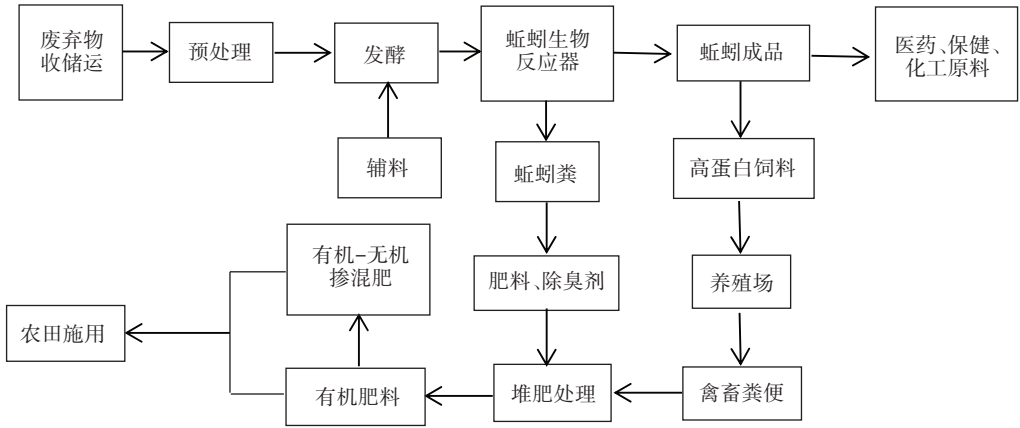


图4 以蚯蚓为例的“菜-虫-饲-肥”种养结合模式示意图

Figure 4 Diagram of the "waste-insect-fodder-fertilizer" mode for vegetable waste utilization, using earthworm as an example

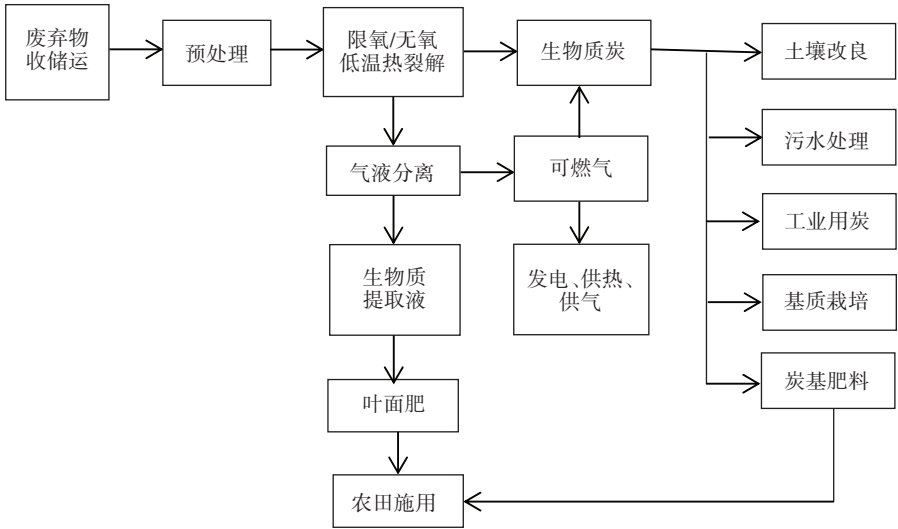


图5 蔬菜废弃物“菜-炭-肥”还田改土模式示意图

Figure 5 Diagram of the "waste-biochar-fertilizer" mode for vegetable waste utilization

高、总固体含量低(约10%),无需添加氮源即可通过厌氧发酵产生沼气^[28]。刘荣厚等^[29]以废弃的甘蓝菜叶为发酵原料,通过自行设计的小型沼气发酵装置证明蔬菜废弃物所产沼气中甲烷最高含量达到42.81%。2018年云南省嵩明县废弃果蔬规模化大型生物天然气工程项目开工运行,项目能够实现年处理果蔬废弃物39.6万t,年产生生物天然气565万m³,有效解决了当地蔬菜废弃物的处理问题。

但实际生产中,叶菜类废弃物中纤维素含量较低,厌氧消化时水解速率过快,抑制了产甲烷菌的活性,破坏产甲烷阶段的反应^[30]。木质素含量过高的茄果类废弃物由于有机物质处于高聚合状态会抑制微生物分解,降低厌氧发酵的水解速率,延缓沼气产生速率^[31],限制了“菜-沼-肥”能源生态模式推广应用。

同时蔬菜废弃物发酵产沼气工艺对装置要求苛刻^[32],高效反应器的开发和应用成为其能源化利用的关键。

2.6 “菜-菌-肥”基质利用模式

“菜-菌-肥”基质利用模式是将蔬菜废弃物经发酵后制成食用菌栽培基质,食用菌采收后的废弃菌棒(渣)经热裂解或堆肥处理后归还农田的多级循环利用技术(图7)。食用菌栽培消耗蔬菜废弃物量大,培养一季蘑菇可以消耗大约20倍的蔬菜废弃物^[33]。赵秀芳等^[34]采用大蒜秆为主料进行香菇栽培试验,生物转化率可达98%,且可减少生产过程中的杂菌污染。此外,经菌体分解后菌棒(渣)中有效态的氮、磷含量显著增加^[35],增强了其资源化利用潜力。研究表明,施用平菇菌渣有机肥显著提高了番茄可溶性糖、可溶性固形物和维生素C含量,降低了硝酸盐含

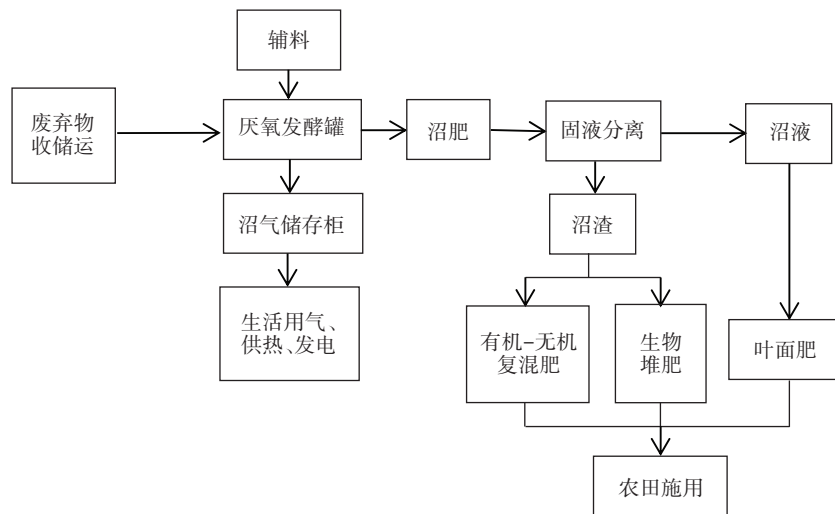


图6 蔬菜废弃物“菜-沼-肥”能源生态模式示意图

Figure 6 Diagram of the "waste-biogas-fertilizer" mode for vegetable waste utilization

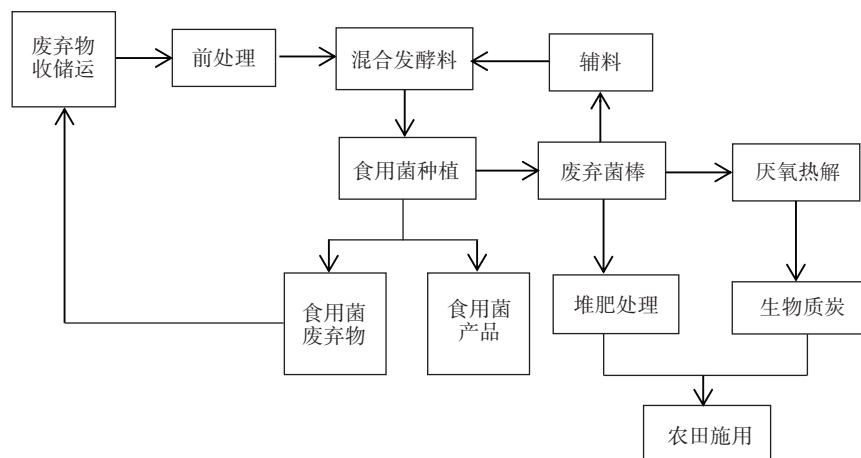


图7 “菜-菌-肥”基质利用模式示意图

Figure 7 Diagram of the "waste-mushroom-fertilizer" mode for vegetable waste utilization

量^[36]。

蔬菜废弃物经处理后具备作为食用菌生产原料的潜质,但不同来源蔬菜废弃物理化性状差异较大,同时病虫害防治措施导致蔬菜废弃物存在农药残留风险^[37],其作为食用菌栽培原料所生产产品的安全性还有待评估。此外,蔬菜废弃物用于食用菌栽培的配方和技术标准尚不统一,现有研究仍处于探索阶段,与规模化推广应用相距甚远。

2.7 其他资源化利用模式

蔬菜废弃物含有丰富的有机质和氮磷钾等营养元素,将其粉碎并经生物分解、发酵等过程可制成营养土或育苗基质。有效成分提取也是蔬菜废弃物资源化利用的新途径,Stefano 等^[38]以番茄皮渣为原料提取活性多糖,并通过抗氧化活性分析证明了所获多糖的生物性能,但受提取率及废弃物中有效成分含量的影响,该利用方式对技术水平和提取工艺要求较高,应用并不广泛。此外,蔬菜废弃物原位好氧发酵能够有效解决冬季大棚 CO₂ 亏缺的问题,蔬菜生物量显著提高 115%~322%^[39]。另外,Donato 等^[40]使用来自农贸市场的胡萝卜、番茄及柠檬等废弃物,代替合成培养基进行极端微生物培养,也取得了较好的应用效果。

3 资源化利用瓶颈问题及发展方向

蔬菜废弃物存在多种资源化利用模式,但其自身特性限制了利用的规模化程度(图 8)。第一,蔬菜废弃物产量季节性变化明显。以聊城市为例,2016 年全年蔬菜总产量超过 1 702 万 t,其中生产旺季 5—8 月总产量接近 1 000 万 t,废弃物总量接近 300 万 t。

蔬菜废弃物的规模化处理需要持续稳定的原料供应,而废弃物易腐烂、难以长期储存的特点一方面加重了蔬菜生产旺季废弃物处理压力,另一方面在生产淡季蔬菜废弃物原料供应不足,导致限产或停产,造成设备场地荒废。第二,蔬菜废弃物分布相对集中,但收集、储运和分拣问题仍是制约其资源化利用的一大难题。目前蔬菜废弃物多随意堆积、倾倒在道路两边,增加了收集、储运难度和利用成本。蔬菜废弃物的规模化处理需要使其聚集,而聚集的过程会增加运输成本,加重生产主体的经济负担。第三,蔬菜废弃物经济价值低,分类耗时耗力,部分民众的垃圾分类意识薄弱,导致蔬菜废弃物分类程度不高。生产有机肥、饲料的企业要求蔬菜废弃物中不能掺杂杂物,但实际堆放的蔬菜废弃物中多掺杂塑料吊绳、地膜、铁丝、农药包装袋等。废弃物处理机构将废弃物汇集之后进行初步分拣与均质化,增加了企业的分拣成本。第四,成熟且经济可行的蔬菜废弃物资源化利用模式推广实践不足,路边堆放自然消解或填埋等传统处理方式仍较盛行,各级政府难以通过市场化运作和社会化服务模式实现蔬菜废弃物处理的持续运行,这些都是蔬菜废弃物资源化利用亟待解决的瓶颈问题。

蔬菜废弃物除部分发生病虫害组织外基本无毒害,但在病虫害防治过程中不合理用药增加了废弃物中农药残留风险^[41]。如果蔬菜废弃物中残留的农药在资源化利用过程中不能被完全分解,会随着物质循环进入人体或其他生态系统,但目前我国蔬菜废弃物的检测及利用的风险评估环节仍较薄弱,蔬菜废弃物能否被直接用于饲料生产或堆肥的安全评价体系有待完善^[42],应加强评价方法、快速检测方法的研究,并

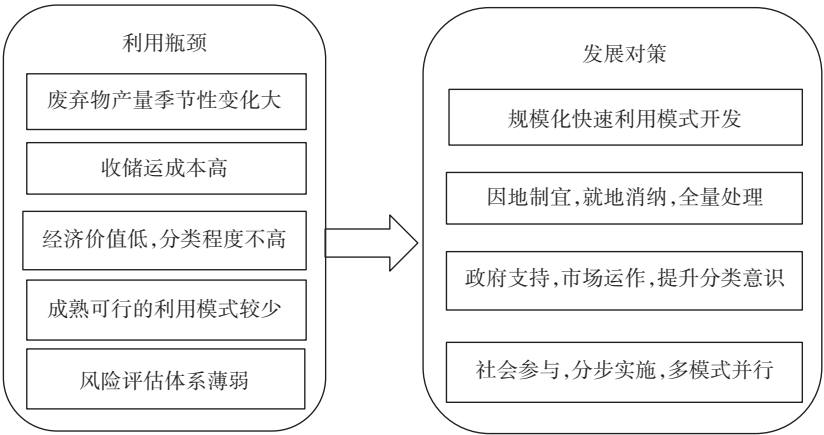


图 8 蔬菜废弃物资源化利用瓶颈问题及发展策略示意图

Figure 8 Diagram of the bottleneck problems and countermeasures for vegetable waste utilization

强化废弃物源头管理。

近年来,我国在蔬菜废弃物资源化利用方面开展了大量研究,已有部分利用模式进行了规模化生产和推广,但不同利用模式发展方向有所差异。蔬菜废弃物好氧堆肥模式操作简单、技术相对成熟且适用于各类蔬菜废弃物规模化处理,但堆肥产品品质与堆肥处理过程所添加的菌剂种类密切相关,开展好氧堆肥菌种鉴定、堆肥机理及工艺开发应作为今后研究重点。“菜-饲-肥”和“菜-虫-饲-肥”种养结合模式能够实现蔬菜废弃物的过腹还田,提高蔬菜废弃物资源化利用效率和经济效益,但由于饲料准公共产品的特性,对原材料安全性要求较高,蔬菜废弃物及其产品的安全性检测及利用风险评估有待加强。“菜-炭-肥”还田改土模式将生物质炭化并以稳定的碳形式固定形成生物质炭产品,但蔬菜废弃物高含水量的特点导致炭化预处理阶段能耗高,未来的研究应注重低成本炭化工艺及设备的研发。另外,“菜-沼-肥”能源生态模式可以很好解决能源的可持续性,但蔬菜废弃物的选择及生产工艺有待进一步探讨。

因此,创新蔬菜废弃物资源化利用模式,解决现有资源化利用方法投资大、难以持续运行的难题,探索并推广蔬菜废弃物规模化、无害化、全量化综合利用的资源利用模式将是今后蔬菜废弃物利用的重要方向。同时,以蔬菜废弃物就地消纳、能量循环、综合利用为主线,开展政府支持、市场运作、社会参与、分步实施的方式构建蔬菜废弃物资源化利用的有效治理体系,并且通过试点形成可复制、可推广、可持续的蔬菜废弃物资源化利用模式和机制,将是未来我国蔬菜产业发展的重要课题。

参考文献:

- [1] 宋玉晶,柴立平.我国蔬菜废弃物综合利用模式分析——以寿光为例[J].中国蔬菜,2018(1):12-17.
SONG Yu-jing, CHAI Li-ping. Comprehensive analysis of the vegetable waste utilization model in China: Taking Shouguang as an example [J]. *China Vegetables*, 2018(1):12-17.
- [2] 王海候,何胥,陶玥玥,等.炭基辅料对羊粪好氧堆肥中氮素损失的影响[J].农业环境科学学报,2019,38(4):928-936.
WANG Hai-hou, HE Xu, TAO Yue-yue, et al. Effect of carbonaceous amendment on nitrogen loss during the aerobic composting of sheep manure[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2019, 38(4):928-936.
- [3] 陈琳,李东,文昊深,等.蔬菜废弃物中温厌氧发酵酸化失稳预警指标筛选[J].农业工程学报,2017,33(1):225-230.
CHEN Lin, LI Dong, WEN Hao-shen, et al. Screening of early warning indicators of instability in anaerobic digestion of vegetable waste under mesophilic condition[J]. *Transactions of the CSAE*, 2017, 33(1):225-230.
- [4] 杨帆,李国学,江滔,等.蚯蚓辅助堆肥处理蔬菜废弃物及其温室气体减排效果[J].农业工程学报,2012,28(16):190-196.
YANG Fan, LI Guo-xue, JIANG Tao, et al. Vermicomposting treatment of vegetable waste and its greenhouse gas emissions[J]. *Transactions of the CSAE*, 2012, 28(16):190-196.
- [5] 张萌,肖厚军,赵欢,等.贵州黄壤区辣椒干物质、氮素积累与分配及氮素利用对新型肥料的响应[J].应用生态学报,2016,27(9):2983-2990.
ZHANG Meng, XIAO Hou-jun, ZHAO Huan, et al. Responses of dry matter, nitrogen accumulation and distribution and nitrogen utilization of pepper to new-type fertilizers in Guizhou yellow soil[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2016, 27(9):2983-2990.
- [6] FAO. Global food losses and food waste: Extent, causes and prevention [EB/OL]. [2019-05-20]. <http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.htm>.
- [7] 王亚利,杨光,熊才耘,等.蔬菜废弃物蚯蚓堆肥对鸡毛菜生长的影响[J].农业环境科学学报,2017,36(10):2129-2135.
WANG Ya-li, YANG Guang, XIONG Cai-yun, et al. Effect of vegetable waste vermicompost on the growth of *Brassica chinensis*[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2017, 36(10):2129-2135.
- [8] Ghanem I I I, Gu G W, Zhu J F. Leachate production and disposal of kitchen food solid waste by dry fermentation for biogas generation[J]. *Renewable Energy*, 2001, 23(3/4):673-684.
- [9] 杨岩,孙钦平,李妮,等.不同过磷酸钙添加量对蔬菜废弃物堆肥的影响[J].农业资源与环境学报,2017,34(1):66-72.
YANG Yan, SUN Qin-ping, LI Ni, et al. Effects of different addition amounts of superphosphate on vegetable waste compost[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2017, 34(1):66-72.
- [10] 孔涛,李勃,柯杨,等.蔬菜废弃物堆肥对设施蔬菜产量和土壤生物特性的影响[J].中国土壤与肥料,2017(5):157-160.
KONG Tao, LI Bo, KE Yang, et al. Effect of vegetables waste compost on protected vegetable yield and soil microbial property[J]. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, 2017(5):157-160.
- [11] 李剑.蔬菜废弃物堆肥技术参数的优化研究[D].上海:上海交通大学,2011.
LI Jian. Optimization of technical parameters of vegetable waste composting[D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2011.
- [12] 滕飞,杨立国,李治国,等.北京市农业废弃物综合利用典型模式及发展建议[J].农业工程,2015,5(S2):43-46.
TENG Fei, YANG Li-guo, LI Zhi-guo, et al. Typical model and development suggestions of comprehensive utilization for agricultural residue in Beijing City[J]. *Agricultural Engineering*, 2015, 5(S2):43-46.
- [13] Chang R X, Li Y M, Li J, et al. Influences of the thermophilic period on biodegradation and nitrogen loss in stimulated vegetable waste composting[J]. *Global Ecology and Conservation*, 2019, 18:e00623.
- [14] 张继,武光朋,高义霞,等.蔬菜废弃物固体发酵生产饲料蛋白[J].西北师范大学学报:自然科学版,2007,43(4):85-89.
ZHANG Ji, WU Guang-peng, GAO Yi-xia, et al. Feeding-protein

- producing by solid-fermentation from vegetable wastes[J]. *Journal of Northwest Normal University (Natural Science)*, 2007, 43(4):85-89.
- [15] Das N G, Huque K S, Amanullah S M, et al. Feeding of processed vegetable wastes to bulls and its potential environmental benefit[J]. *Animal Nutrition*, 2019, 5:87-94.
- [16] 王朝霞. 兰州高原夏菜:尾菜变“废”为“宝”[N]. 甘肃日报, 2012-04-01(015).
- WANG Zhao-xia. Silage summer wasting vegetables: Changes from “waste” to “resource”[N]. *Gansu Daily*, 2012-04-01(015).
- [17] Loh T C, Thu T V, Foo H L, et al. Effects of different levels of metabolite combination produced by *Lactobacillus plantarum* on growth performance, diarrhea, gut environment and digestibility of post weaning piglets[J]. *Journal of Applied Animal Research*, 2013, 41(2):200-207.
- [18] 张涛, 李素艳, 孙向阳, 等. 磷石膏、红糖等对蚯蚓改良滨海盐土的促进作用[J]. 土壤学报, 2017, 54(1):255-264.
- ZHANG Tao, LI Su-yan, SUN Xiang-yang, et al. Effect of amendments of phosphogypsum and brown sugar on earthworms ameliorating coastal saline soil[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2017, 54(1):255-264.
- [19] Huang K, Li F S, Wei Y F, et al. Effects of earthworms on physico-chemical properties and microbial profiles during vermicomposting of fresh fruit and vegetable wastes[J]. *Bioresource Technology*, 2014, 170:45-52.
- [20] Fernández-Gómez M J, Nogales R, Insam H, et al. Continuous-feeding vermicomposting as a recycling management method to revalue tomato-fruit wastes from greenhouse crop[J]. *Waste Management*, 2010, 30:2461-2469.
- [21] 贾秀英, 李喜梅, 杨亚琴, 等. Cu、Cr(VI)复合污染对蚯蚓急性毒性效应的研究[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(1):31-34.
- JIA Xiu-ying, LI Xi-mei, YANG Ya-qin, et al. Acute toxicological effects of Cr(VI) and Cu single and combined pollution on earthworm *Eisenia foetia*[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2005, 24(1):31-34.
- [22] Lehmann J. A handful of carbon[J]. *Nature*, 2007, 447(7141):143-144.
- [23] Yu X J, Tian X F, Lu Y Y, et al. Combined effects of straw-derived biochar and bio-based polymer-coated urea on nitrogen use efficiency and cotton yield[J]. *Chemical Speciation & Bioavailability*, 2018, 30(1):112-122.
- [24] 潘根兴, 张阿凤, 邹建文, 等. 农业废弃物生物黑炭转化还田作为低碳农业途径的探讨[J]. 生态与农村环境学报, 2010, 26(4):394-400.
- PAN Gen-xing, ZHANG A-feng, ZOU Jian-wen, et al. Biochar from agro-byproducts used as amendment to croplands: An option for low carbon agriculture[J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2010, 26(4):394-400.
- [25] 肖婧, 徐虎, 蔡岸冬, 等. 生物质炭特性及施用管理措施对作物产量影响的整合分析[J]. 中国农业科学, 2017, 50(10):1827-1837.
- XIAO Jing, XU Hu, CAI An-dong, et al. The characteristics of biochar and the meta-analysis of the effects of application management measures on crop yield[J]. *Scientia Agricultural Sinica*, 2017, 50(10):1827-1837.
- [26] 寿光市政府网. 寿光探索秸秆综合利用之道[EB/OL]. (2016-09-24). http://xxgk.shouguang.gov.cn/JXJ/201612/t20161214_1783889.htm.
- General Office of the Shouguang City. The comprehensive utilization of straw[EB/OL]. (2016-09-24). http://xxgk.shouguang.gov.cn/JXJ/201612/t20161214_1783889.htm.
- [27] 邱良祝, 朱脩玥, 马彪, 等. 生物质炭热解炭化条件及其性质的文献分析[J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23(6):1622-1630.
- QIU Liang-zhu, ZHU Xiu-yue, MA Biao, et al. Literature analysis on properties and pyrolyzing conditions of biochars[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, 2017, 23(6):1622-1630.
- [28] Lindner J, Zielonka S, Oechsner H, et al. Effect of different pH-values on process parameters in two-phase anaerobic digestion of high-solid substrates[J]. *Environmental Technology*, 2015, 36(1/2/3/4):198-207.
- [29] 刘荣厚, 王远远, 孙辰, 等. 蔬菜废弃物厌氧发酵制取沼气的试验研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(4):209-213.
- LIU Rong-hou, WANG Yuan-yuan, SUN Chen, et al. Experimental study on biogas production from vegetable waste by anaerobic fermentation[J]. *Transactions of the CSAE*, 2008, 24(4):209-213.
- [30] Bouallagui H, Touhami Y, Ben C R, et al. Bioreactor performance in anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes[J]. *Process Biochemistry*, 2005, 40(3):989-995.
- [31] Triolo J M, Sommer S G, Möller H B, et al. A new algorithm to characterize biodegradability of biomass during anaerobic digestion: Influence of lignin concentration on methane production potential[J]. *Bioresource Technology*, 2011, 102(20):9395-9402.
- [32] Ganesh R, Torrijos M, Sousbie P, et al. Single-phase and two-phase anaerobic digestion of fruit and vegetable waste: Comparison of start-up reactor stability and process performance[J]. *Waste Management*, 2014, 34(5):875-885.
- [33] 高旺盛. 我国循环农业的原理、模式与技术途径[C]//中国农作制度研究进展2008. 北京:中国农学会, 2008.
- GAO Wang-sheng. Principles, models and technical approaches of circular agriculture in China[C]//Research progress of agricultural system in China 2008. Beijing:China Agricultural Society, 2008.
- [34] 赵秀芳, 赵彦杰. 大蒜秸秆栽培香菇试验[J]. 食用菌, 2006, 28(1):18-19.
- ZHAO Xiu-fang, ZHAO Yan-jie. Experiment on cultivation of mushroom with garlic straw[J]. *Edible Fungi*, 2006, 28(1):18-19.
- [35] 王海候, 何胥, 陶玥玥, 等. 添加不同粒径炭基辅料改善猪粪好氧堆肥质量的效果[J]. 农业工程学报, 2018, 34(9):224-232.
- WANG Hai-hou, HE Xu, TAO Yue-yue, et al. Improving pig manure aerobic composting quality by using carbonaceous amendment with different particle sizes[J]. *Transactions of the CSAE*, 2018, 34(9):224-232.
- [36] 陈力硕, 姚秀萍, 于立芝. 有机基质在中国蔬菜育苗中的应用研究[J]. 农学学报, 2016, 6(10):54-57.
- CHEN Li-shuo, YAO Xiu-ping, YU Li-zhi. Organic substrate application in vegetable seedling raising in China[J]. *Journal of Agronomy*,

- 2016, 6(10):54-57.
- [37] 雷锦桂, 刘朋虎, 江枝和, 等. 秀珍菇新菌株营养成分及其重金属与农药残留量分析[J]. 农业环境科学学报, 2017, 36(9): 1741-1745.
- LEI Jin-gui, LIU Peng-hu, JIANG Zhi-he, et al. Safety evaluation of heavy metals and pesticide residues and nutrient analysis of a new mutant strain of *Pleurotus geesteranus*[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2017, 36(9): 1741-1745.
- [38] Stefano D D, Tommonaro G, Simeon V, et al. A polysaccharide from tomato (*Lycopersicon esculentum*) peels affects NF-kappaB activation in LPS-stimulated J774 macrophages[J]. *Journal of Natural Products*, 2007, 70(10): 1636-1639.
- [39] 都韶婷, 单英杰, 张树生, 等. 农业有机废弃物发酵 CO₂ 施肥在大棚生产上的应用及其环境效应[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(2): 510-514.
- DU Shao-ting, SHAN Ying-jie, ZHANG Shu-sheng, et al. Application of CO₂ enrichment by agricultural wastes composting in green-houses and its environmental benefits[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, 2010, 16(2): 510-514.
- [40] Donato P D, Fiorentino G, Anzelmo G, et al. Re-use of vegetable wastes as cheap substrates for extremophile biomass production[J]. *Waste & Biomass Valorization*, 2011, 2(2): 103-111.
- [41] 刘勇, 李凡, 李月月, 等. 侵染我国主要蔬菜作物的病毒种类、分布与发生趋势[J]. 中国农业科学, 2019, 52(2): 239-261.
- LIU Yong, LI Fan, LI Yue-yue, et al. Identification, distribution and occurrence of viruses in the main vegetables of China[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2019, 52(2): 239-261.
- [42] 唐明灯, 李盟军, 王艳红, 等. 猪场废弃物对 Cd 超标土壤生菜生长及 Cd 含量的影响[J]. 农业环境科学学报, 2016, 35(3): 558-564.
- TANG Ming-deng, LI Meng-jun, WANG Yan-hong, et al. Effects of pig farm wastes on growth and Cd concentrations of lettuce grown in a cadmium polluted soil[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2016, 35(3): 558-564.

《植物遗传资源学报》2021 年征订启事

《植物遗传资源学报》是中国农业科学院作物科学研究所和中国农学会主办的学术期刊, 中国科技核心期刊、全国中文核心期刊、中国科学引文数据库(CSCD)核心期刊, 被国内多家数据库收录, 被 CA 化学文摘(美)(2014)、JST 日本科学技术振兴机构数据库(日)(2018) 收录, 荣获 2015 年度中国自然资源学会高影响力十佳期刊。据《中国科技期刊引证报告》(核心版)统计: 在农艺学类 22 种期刊中, 2019 年《植物遗传资源学报》的影响因子、总被引频次和综合评价总分排名均有所提升, 核心影响因子为 1.344, 比 2018 年提高 15.96%, 排名稳居第 2。在 2018 年中国科学文献计量评价研究中心发布的《世界学术期刊学术影响力指数(WAJCI)年报》中, 《植物遗传资源学报》在农艺学 102 种期刊中排名 49, 入选 Q2 区。

报道内容为有关植物遗传资源基础理论研究、应用研究方面的研究成果、创新性学术论文和高水平综述或评论。如种质资源的考察、收集、保存、评价、利用、创新, 信息学、管理学等; 起源、演化、分类等系统学; 基因发掘、鉴定、克隆、基因文库建立、遗传多样性研究等。

双月刊, 大 16 开本, 320 页, 彩色铜版纸印刷。定价 68 元, 全年 408 元。各地邮局发行。邮发代号: 82-643。国内统一连续出版物号 CN11-4996/S, 国际标准连续出版物号 ISSN1672-1810。本刊编辑部常年办理订阅手续, 如需邮挂每期另加 3 元。

地 址: 北京市中关村南大街 12 号《植物遗传资源学报》编辑部

邮 编: 100081

电 话: 010-82105794 010-82105795

网 址: www.zwyczy.cn

E-mail: zwyczyxb2003@163.com zwyczyxb2003@sina.com

微信 ID: 植物遗传资源学报

作者 QQ 群: 372958204