

生物有机肥对农田土壤特性、作物产量与品质影响的研究进展

庞勋¹, 梁冉¹, 刘继国¹, 张翰林^{2,3}, 郭瑞阳^{2,4}, 耿亚菲^{2,5}, 刘兆东², 耿立清⁶, 王艳芹^{2*}

¹山东庞大生物集团有限公司, 山东 菏泽

²山东省农业科学院农业资源与环境研究所, 农业农村部黄淮海平原农业环境重点实验室, 山东 济南

³山东建筑大学市政与环境工程学院, 山东 济南

⁴青岛农业大学资源与环境学院, 山东 青岛

⁵济南大学水利与环境学院, 山东 济南

⁶辽宁省农业科技成果转化服务中心, 辽宁 沈阳

收稿日期: 2023年3月18日; 录用日期: 2023年4月19日; 发布日期: 2023年4月26日

摘要

生物有机肥是新型环保高效的功能性肥料, 不仅能够为作物提供多种养分, 还会改善土壤微生物活性、改良土壤特性, 从而提高作物品质及产量。本文介绍了生物有机肥的概念, 总结了生物有机肥对土壤性质和作物生长的影响, 以及存在的问题。

关键词

生物有机肥, 土壤性质, 作物产量, 作物品质

Research Progress on Effects of Bio-Organic Fertilizer on Soil Characteristics of Farmland, Crop Yield and Quality

Xun Pang¹, Ran Liang¹, Jiguo Liu¹, Hanlin Zhang^{2,3}, Ruiyang Guo^{2,4}, Yafei Geng^{2,5}, Zhaodong Liu², Liqing Geng⁶, Yanqin Wang^{2*}

¹Shandong Pangda Biological Group Co., Ltd., Heze Shandong

²Key Laboratory of Agricultural Environment in Huang-Huai-Hai Plain, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Institute of Agricultural Resources and Environment, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan Shandong

³School of Municipal and Environmental Engineering, Shandong Jianzhu University, Jinan Shandong

*通讯作者。

文章引用: 庞勋, 梁冉, 刘继国, 张翰林, 郭瑞阳, 耿亚菲, 刘兆东, 耿立清, 王艳芹. 生物有机肥对农田土壤特性、作物产量与品质影响的研究进展[J]. 土壤科学, 2023, 11(2): 100-106. DOI: 10.12677/hjss.2023.112013

⁴College of Resources and Environment, Qingdao Agricultural University, Qingdao Shangdong

⁵School of Water Conservancy and Environment, University of Jinan, Jinan Shangdong

⁶Liaoning Agricultural Scientific and Technological Achievements Transformation Service Center, Shenyang Liaoning

Received: Mar. 18th, 2023; accepted: Apr. 19th, 2023; published: Apr. 26th, 2023

Abstract

Bio-organic fertilizer is a novel environmentally-friendly and functional fertilizer. It can not only provide a variety of nutrients for crops, but also improve soil microbial activity and soil properties, which improves crop quality and yield. This paper introduces the concept of bio-organic fertilizer, and its application in the production process, and summarizes the effects of bio-organic fertilizer on soil properties and crop growth, and the existing problem.

Keywords

Bio-Organic Fertilizer, Soil Property, Crop Yield, Crop Quality

Copyright © 2023 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

随着我国人口的不断增加和生活水平的提高,人们对粮食等农产品的需求逐渐增大。因此,需要更多的化肥为作物提供生长所需营养元素,化肥的大量使用对土地的危害也逐渐增大,各类土壤问题严重影响作物的生长[1]。因此在保证作物产量的同时减少农药化肥的使用是目前急需解决的问题。生物有机肥是一种新型的、高效的有机肥料,它不仅结合了有机肥和化肥的优点,而且还具备微生物菌肥的特点,活化土壤中的养分元素,增加作物的养分吸收,提高作物的产量和品质。生物有机肥中含有的微生物可以更好的分解农业废弃物产生的营养物质可以被植物吸收利用,既能解决农业废弃物造成的环境污染问题,又能改善作物生长[2]。因此生物有机肥是新型环保高效的功能性肥料。有研究表明[3],生物有机肥代替化肥可以有效增加香蕉的产量,并且品质也得到提高。胡现荣等研究发现[4],施用生物有机肥显著提高了水稻产量。也有研究发现[5],生物有机肥的施用可以提高土壤的养分含量,并且改善土壤微生物的多样性,增加土壤肥力。本文结合生物有机肥对土壤理化性质影响来分析其对作物产量和品质的影响因素和驱动因子。

2. 生物有机肥概述

生物有机肥是指以动植物残体(如禽畜粪便、农作物秸秆等)为主要原料,利用特定功能微生物经无害化处理、腐熟的有机物料复合而成的一类兼具微生物肥料和有机肥效应的肥料[6]。生物有机肥施用可提高作物根系活力来增加对土壤养分的吸收[7],同时降低病虫害的发生,改善作物品质。此外,生物有机肥施用能够增加土壤透气性和固持水分,改善土壤理化性质,促进土壤中的养分转化,提高土壤肥力。殷琳毅[8]等研究表明,施加生物有机肥代替化肥可增加土壤肥力,并提高作物产量和品质。

3. 生物有机肥对土壤特性的影响

生物有机肥富含有机碳、矿物元素与有益微生物，代替普通化肥施用能够改善土壤物理化学性质，提高土壤地力和丰富土壤微生物群落[9] [10]。

3.1. 生物有机肥对土壤物理性质的影响

3.1.1. 土壤含水率

土壤水分缺失会降低农作物气体交换率，严重影响作物光合作用和正常生理，造成农作物减产[11]。施用一定量的生物有机肥可有效控制土壤中的水分蒸发，增加土壤含水量[12]。吴红[13]等发现，随生物有机肥使用量的增加，各土层的蓄水能力逐渐地提高，其中施用量在 $40 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $60 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 以及 $80 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时，土壤 $0 \text{ cm}\sim 15 \text{ cm}$ 、 $15 \text{ cm}\sim 30 \text{ cm}$ 以及 $30 \text{ cm}\sim 45 \text{ cm}$ 土层的含水量分别出现最大值。刘立军在辽宁干旱地区施用不同生物有机肥，发现生物有机肥能够有效提高土壤含水量，其含水量较对照组提高了 16.05% [11]。

3.1.2. 土壤容重

土壤松紧适宜，有利于幼苗出土和根系正常生长。土壤容重可以反映土壤空隙状况等土质结构特征[14]。研究表明，施用生物有机肥会降低土壤容重，增加土壤空隙[15]。可艳军在冬小麦耕作地设置生物有机肥替代化肥氮处理，发现土壤容重随生物有机肥替代比例的增加呈现下降趋势，生物有机肥替代化肥配合深松对降低农田土壤容重的效果明显[16]。李倩倩在壤土土壤施加生物有机肥也得出了类似的结论[17]。

3.1.3. 土壤紧实度

土壤紧实度是衡量土壤紧实程度的一个重要参数，通常与土壤中的含水量、肥力等紧密相关，且对作物出苗和产量有着很大影响[18]。土壤紧实度过高，不利于土壤中有有机物的矿化，严重影响作物对土壤养分的利用[19]。石彦琴等[20]研究发现，不同类型的生物有机肥均能够有效改良土壤的紧实度，施用生物有机肥后， $0 \text{ cm}\sim 20 \text{ cm}$ 土层的紧实度较对照组出现明显的疏松状态。

3.2. 生物有机肥对土壤化学性质的影响

3.2.1. 土壤养分

施用生物有机肥能够为作物创造良好的养分条件，促进作物生长与发育。研究发现，腐熟牛粪施用可不同程度的增加土壤氮、有效钾以及有效磷含量，增加比例在 6.22%~11.6% [21] [22]。赵德英等使用不同改良剂对土壤进行改良时，羊粪对土壤的改良效果最好，有机质、碱解氮、速效磷和速效钾比对照分别提高 124.49%、26.86%、293.77%、181.48% [23]。张杰等[24]研究发现，红芸豆田间增施生物有机肥使土壤有机质、碱解氮、速效磷和速效钾含量分别增加 5.7%~24.7%、20.3%~31.5%、1.0%~23.0%、7.9%~31.8%。胡晓峰[25]等研究表明，不同溶磷菌生物有机肥可显著提高土壤有效磷含量，促进玉米苗生长。在姜莉莉等[26]研究中，草莓施用含高效固氮解淀粉芽孢杆菌的生物有机肥可减轻枯萎病发生，提高前期商品果产量和品质。

3.2.2. 土壤 pH

施用生物有机肥能够改善土壤 pH，促进土壤中的养分转率，利于作物生长[27]。李小飞等[28]研究表明，在盆栽条件下，施加 $25 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ~ $45 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 生物有机肥使得酸性土壤 pH 值提高了 0.97~1.12 单位，表现出良好的改良效果。

3.3. 生物有机肥对土壤生物学性质的影响

3.3.1. 微生物群落

生物有机肥施用能够改善土壤水分、营养、通气等环境条件，为微生物提供良好的生长环境，提高了土壤微生物代谢能力和功能多样性[29] [30]。在施用生物有机肥的土壤中，土壤微生物生态系统的稳定性和抑病性增强，从而提高土壤质量，减少病害的发生[31]。司海丽[32]等人利用 Biolog-ECO 法对微生物多样性进行分析，与不施肥处理相比，生物有机肥有效提高土壤微生物活性。

3.3.2. 酶活性

土壤酶是表征土壤质量和肥力水平的重要生物学指标，其活性代表了土壤物质的代谢水平，在一定程度上可以衡量作物对土壤养分的吸收利用状况[33]。施用生物有机肥显著提高了土壤中的超氧化物歧化酶和过氧化物酶活性，其增强比例在 18%~113% [34]。孟婷婷等人采用室内盆栽培养试验发现，蔗糖酶和过氧化氢酶活性呈增加趋势。除蔗糖酶外，有机碳组分间及有机碳组分与过氧化氢酶呈极显著正相关关系[35]。

4. 生物有机肥对作物产量品质的影响

作物生长包括营养生长和生殖生长，二者相互依存。施用生物有机肥能够改善土壤质量，对作物不同时期的生长都具有促进作用，从而提高作物产量和品质[36] [37]。

4.1. 生物有机肥对作物产量的影响

生物有机肥能够改善作物对养分的吸收，提高作物的产量[38] [39]。其作用机理主要有以下两方面：(1) 自身叠加效应能长期为土壤提供各种养分；(2) 富含有机质，作物可直接吸收其中的氮和磷，而且包含的一些特殊的微量元素保证了作物特定时期的生长，为作物增产打下了基础[40]。据报道，生物有机肥替代化肥提高了玉米的种子萌发指数、最终发芽率和发芽速度系数[41] [42]。刘明月等[43]研究发现，生物有机肥替代化肥分别使小麦和水稻的产量提高了 5.6%~13.2%和 0.2%~14.0%。邓接楼等[44]研究显示，与复合肥和尿素相比，生物有机肥更能促进小白菜的生长发育，小白菜生长量分别提高 5.4%、18.4%。

4.2. 生物有机肥对作物品质的影响

果蔬类作物品质的提升主要包括外观品质和口感两个方面。生物有机肥改善果蔬外观品质主要是通过减少病虫害的发生[36]，而改善果蔬口感是通过昼夜温差带来的糖分累积[45] [46]。宋桂柱[47]研究发现，使用生物有机肥替代化肥后，番茄的口感、商品性和品质都得到改善。罗亚平等[48]研究显示，施用生物有机肥能提高大白菜最外层叶片厚度、单株白菜重量和叶片的质量，减少病虫害的发生，提高大白菜商品价值和品质，施用生物有机肥同样能够提高西瓜的单果重量和外观形状，减少病虫害的发生，明显提高了西瓜的商品价值和品质。郭洁等[49]研究显示，在一定条件下，生物有机肥施用量与果实干物质、葡萄叶绿素含量和糖含量呈显著正相关，并在一定程度上降低葡萄酸度，改善口感和品质。孔祥波等[50]研究显示，施用生物有机肥可提高生姜根茎干物质以及挥发油含量，提高生姜品质。闫龙翔等[51]研究发现，施用生物有机肥能够增加黄瓜中维生素 C、可溶性糖和游离氨基酸含量，提高黄瓜品质。

5. 结论与展望

5.1. 结论

生物有机肥施用可以：(1) 提高土壤含水率、降低土壤容重和紧实度，改善土壤物理性质；(2) 可以平衡土壤碳氮比、改善土壤 pH，增加土壤中有效养分元素含量；(3) 提高土壤中的微生物活性和酶活性，

促进土壤中的养分转化。(4) 增强作物抗病性, 提高产品产量和品质改善。

5.2. 展望

利用废弃物生产生物有机肥是目前解决农业环境污染问题的重要举措之一。但在生物有机肥的生产过程中也存在很多问题, 例如: 用生活垃圾制备的生物有机肥可能含有重金属, 造成土壤重金属污染。动物粪便制备的生物有机肥可能含有过多的抗生素。因此, 未来应该加大生物有机肥生产技术的研发, 规范生物有机肥的生产销售渠道, 保证生物有机肥的质量, 加大对生物有机肥效果的宣传, 让农民能够认识到生物有机肥的优点, 促进生态环境建设, 实现农业生产生态绿色发展。

致 谢

本研究由山东省重大科技创新工程(2021CXGC010801), 国家自然科学基金青年基金(21806074), 江苏省自然科学基金(BK20180345), 山东省农业科学院农业科技创新项目(CXGC2023F03)联合资助。

参考文献

- [1] 潘晓东, 李品, 冯兆忠, 段昌群. 2000-2015 年中国地级市化肥使用量的时空变化特征[J]. 环境科学, 2019, 40(10): 4733-4742.
- [2] 杨克俊. 生物有机肥作用的研究与进展[J]. 农业开发与装备, 2021(2): 70-71.
- [3] Li, Z.D., Jiao, Y.Q., Yin, J., *et al.* (2021) Productivity and Quality of Banana in Response to Chemical Fertilizer Reduction with Bio-Organic Fertilizer: Insight into Soil Properties and Microbial Ecology. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **322**, Article ID: 107659. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107659>
- [4] 胡现荣, 范存敏, 吴萍萍, 王静, 李帆, 李敏. 不同种类有机肥对土壤养分及水稻产量的影响[J]. 现代农业科技, 2023(2): 1-4+8.
- [5] Pu, R.F., Wang, P.P., Guo, L.P., *et al.* (2022) The Remediation Effects of Microbial Organic Fertilizer on Soil Microorganisms after Chloropicrin Fumigation. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **231**, Article ID: 113188. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113188>
- [6] 农业部微生物肥料和食用菌菌种质量监督检验测试中心, 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所. NY. 884-2012. 生物有机肥[S]. 北京: 中华人民共和国农业部, 2012.
- [7] 孔庆波, 聂俊华, 张青. 生物有机肥对调亏灌溉下冬小麦苗期生长的影响[J]. 河南农业科学, 2005(2): 51-53.
- [8] 殷琳毅, 李进, 袁春新, 孙正国, 黄步高. 生物有机肥替代化肥对土壤及芥菜产量、品质的影响[J]. 中国瓜菜, 2023, 36(1): 85-89.
- [9] Qiu, M.H., Zhang, R.F., Xue, C., *et al.* (2012) Application of Bio-Organic Fertilizer Can Control Fusarium Wilt of Cucumber Plants by Regulating Microbial Community of Rhizosphere Soil. *Biology and Fertility of Soils*, **48**, 807-816. <https://doi.org/10.1007/s00374-012-0675-4>
- [10] Chao, X., Shen, Z.Z., Hao, Y.W., *et al.* (2019) Fumigation Coupled with Bio-Organic Fertilizer for the Suppression of Watermelon Fusarium Wilt Disease Reshapes the Soil Microbiome. *Applied Soil Ecology*, **140**, 49-56. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.04.007>
- [11] 刘立军. 不同改良剂对北方干旱地区土壤水分和养分的影响[J]. 吉林水利, 2017(5): 12-16.
- [12] 王利. 生物有机肥替代化肥对蔬菜生产的影响[J]. 农业科技通讯, 2020(10): 133-135.
- [13] 吴红, 刘海霞, 周明夏, 韩大勇. 羊粪还田对巨峰葡萄园土壤理化性质的影响[J]. 广东农业科学, 2018, 45(12): 38-43.
- [14] Sun, F.F. and Lu, S.G. (2014) Biochars Improve Aggregate Stability, Water Retention, and Pore-Space Properties of Clayey Soil. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, **177**, 26-33. <https://doi.org/10.1002/jpln.201200639>
- [15] Liu, Z.X., Chen, X.M., Jing, Y., *et al.* (2014) Effects of Biochar Amendment on Rapeseed and Sweet Potato Yields and Water Stable Aggregate in Upland Red Soil. *Catena*, **123**, 45-51. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.07.005>
- [16] 可艳军, 张雨萌, 郭艳杰, 张丽娟, 张子涛, 吉艳芝. 生物有机肥配合深松对农田土壤肥力和作物产量的影响[J/OL]. 中国农业科技导报: 1-10. <https://doi.org/10.13304/j.nykjdb.2022.0203>, 2023-02-13.
- [17] 李倩倩, 许晨阳, 耿增超, 张久成, 陈树兰, 王慧玲, 张妍, 负方悦, 杨林, 董胜虎. 生物炭对壤土土壤容重和团

- 聚体的影响[J]. 环境科学, 2019, 40(7): 3388-3396.
- [18] 徐爽, 阚雨晨. 不同肥力水平的土壤紧实度与含水量的相关度分析[J]. 中国农学通报, 2022, 38(36): 94-100.
- [19] Arvidsson, J. and Håkansson, I. (2013) Response of Different Crops to Soil Compaction: Short-Term Effects in Swedish Field Experiments. *Soil & Tillage Research*, **138**, 56-63. <https://doi.org/10.1016/j.still.2013.12.006>
- [20] 石彦琴, 陈源泉, 隋鹏, 聂紫瑾, 高旺盛. 农田土壤紧实的发生、影响及其改良[J]. 生态学杂志, 2010(10): 2057-2064.
- [21] 王静. 不同土壤改良物质对燕麦生长发育及土壤理化性状的影响[D]: [硕士学位论文]. 银川: 宁夏大学, 2019.
- [22] 宋以玲, 于建, 肖承泽, 陈士更, 李玉环, 苏秀荣, 丁方军. 腐熟牛粪对土壤理化性状和番茄产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(26): 122-125.
- [23] 赵德英, 徐锴, 袁继存, 程存刚, 王鹏程. 有机物料对土壤肥力因子及苹果幼树生长发育的影响[J]. 中国果树, 2015(6): 15-19.
- [24] 张杰, 陈鑫, 高芳芳, 马亚君, 刘燕燕, 武才女. 增施生物有机肥对红芸豆产量和品质的影响[J]. 作物杂志, 2021(3): 161-166.
- [25] 胡晓峰, 何元胜, 岳宁, 周佳, 陈俊秋, 弓新国, 徐阳春. 不同溶磷菌生物有机肥对玉米苗生长和土壤磷养分的影响[J]. 湖南农业科学, 2012(11): 74-77.
- [26] 姜莉莉, 王开运, 武玉国, 王开元, 方新军. 含高效固氮解淀粉芽孢杆菌生物有机肥在草莓上的应用效果[J]. 北方园艺, 2018(20): 7-12.
- [27] Qi, Y.B., Jiang, F.L., Zhou, R., et al. (2021) Effects of Reduced Nitrogen with Bio-Organic Fertilizer on Soil Properties, Yield and Quality of Non-Heading Chinese Cabbage. *Agronomy*, **11**, 2196. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112196>
- [28] 李小飞, 代兵, 何晓峰, 黄伟乐, 郑煜基, 梁金明, 杨国义, 陈能场. 施用生物有机肥可降低糙米 Cd 含量——盆栽试验与田间试验比较[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(8): 96-101.
- [29] 李志友. 生物有机肥对蓝莓根区土壤养分及微生物学特性的影响[J]. 水土保持研究, 2017, 24(2): 36-42.
- [30] 陈伟, 周波, 束怀瑞. 生物炭和有机肥处理对平邑甜茶根系和土壤微生物群落功能多样性的影响[J]. 中国农业科学, 2013, 46(18): 3850-3856.
- [31] 袁英英, 李敏清, 胡伟, 张静, 赵兰凤, 李华兴. 生物有机肥对番茄青枯病的防效及对土壤微生物的影响[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(7): 1344-1350.
- [32] 司海丽, 纪立东, 李磊, 勉有明, 朱英, 刘菊莲, 尚红莺, 杨洋. 生物有机肥对宁夏盐碱地土壤养分和生物学特性的影响[J]. 土壤, 2022, 54(6): 1124-1131.
- [33] Li, B.Y., Zhou, D.M., Cang, L., Zhang, H.L., Fan, X.H. and Qin, S.W. (2014) Soil Micronutrient Availability to Crops Affected by Long-Term Inorganic and Organic Fertilizer Applications. *Plant, Soil and Environment*, **60**, 198-203. <https://doi.org/10.17221/914/2013-PSE>
- [34] 鲁洪娟, 周德林, 叶文玲, 樊霆, 马友华. 生物有机肥在土壤改良和重金属污染修复中的研究进展[J]. 环境污染与防治, 2019, 41(11): 1378-1383.
- [35] 孟婷婷, 杨亮彦, 孔辉, 刘金宝. 生物有机肥施用量对土壤有机碳组分及酶活性的影响[J]. 北方园艺, 2022, 512(17): 86-91.
- [36] 张奇, 张振华, 陈雅玲, 卢信. 施用生物有机肥对土壤特性、作物品质及产量影响的研究进展[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(15): 71-76.
- [37] 马静. 生物有机肥对不同土壤生物活性和油菜产量品质的影响[D]: [硕士学位论文]. 晋中: 山西农业大学, 2017.
- [38] Bashan, Y., Holguin, G. and de-Bashan, L.E. (2004) Azospirillum-Plant Relationships: Physiological, Molecular, Agricultural, and Environmental Advances (1997-2003). *Canadian Journal of Microbiology*, **50**, 521-577. <https://doi.org/10.1139/w04-035>
- [39] Galindo, F.S., et al. (2020) Influence of Azospirillumbrasilense Associated with Silicon and Nitrogen Fertilization on Macronutrient Contents in Corn. *Open Agriculture*, **5**, 126-137. <https://doi.org/10.1515/opag-2020-0013>
- [40] 王书转. 长期施肥条件下土壤微量元素化学特性及有效性研究[D]: [博士学位论文]. 咸阳: 中国科学院研究生院(教育部水土保持与生态环境研究中心), 2016.
- [41] Aboukila, E.F., Nassar, I.N., Rashad, M., Hafez, M. and Norton, J.B. (2018) Reclamation of Calcareous Soil and Improvement of Squash Growth Using Brewers' Spent Grain and Compost. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, **17**, 390-397. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.09.005>

-
- [42] Gergana, D., Nikolova, D.G. and Kostov, S.S. (2020) Germination and Early Seedling Growth Characteristics of *Arachis hypogaea* L. under Salinity (NaCl) Stress. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, **85**, 113-121.
- [43] 刘明月, 张凯鸣, 毛伟, 居静, 宓文海, 赵海涛. 有机肥长期等氮替代无机肥对稻麦产量及土壤肥力的影响[J]. 华北农学报, 2021, 36(3): 133-141.
- [44] 邓接楼, 王艾平, 涂晓虹. 生物有机肥对小白菜产量和品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2006(17): 4359-4363.
- [45] 胡丽松, 吴刚, 郝朝运, 伍宝朵, 谭乐和. 菠萝蜜果实中糖分积累特征及相关代谢酶活性分析[J]. 果树学报, 2017, 34(2): 224-230.
- [46] 王惠聪, 黄辉白, 黄旭明. 荔枝果实的糖积累与相关酶活性[J]. 园艺学报, 2003(1): 1-5.
- [47] 宋银桂. 生物有机肥替代化肥对作物产量品质的影响分析[J]. 农业与技术, 2020, 40(6): 31-33.
- [48] 罗亚平, 李金城, 刘杰, 朱义年, 林炳营. 多元生物有机肥的特征及其施用效果[J]. 广西农业科学, 2006(2): 170-172.
- [49] 郭洁, 孙权, 张晓娟, 王锐, 王振平, 朱英. 生物有机肥对酿酒葡萄生长、养分吸收及产量品质的影响[J]. 河南农业科学, 2012, 41(12): 76-84.
- [50] 孔祥波, 徐坤, 尚庆文, 王玉霞. 生物有机肥对生姜生长及产量、品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2007, 208(2): 64-67.
- [51] 闫龙翔, 阚雨晨, 陈露, 王雨沁, 石磊, 陆利民, 杨业凤. 化肥减施条件生物有机肥对黄瓜生长、产量品质及抗病性的影响[J]. 上海农业学报, 2020, 36(2): 41-47.