

秦秦,孙丽娟,宋科,等.环境因子对光合细菌提升猪粪水肥效的影响[J].上海农业学报,2020,36(6):98-102

环境因子对光合细菌提升猪粪水肥效的影响

秦 秦^{1,2,3},孙丽娟^{1,2,3*},宋 科^{1,2,3},孙雅菲^{1,2,3},段海芹⁴,江建兵⁵,薛 永^{1,2,3**}

(¹上海市农业科学院生态环境保护研究所,上海 201403;²上海低碳农业工程技术研究中心,上海 201403;³上海农业环境保护监测站,上海 201403;⁴上海海洋大学,上海 201306;⁵安顺学院,安顺 561000)

摘要:以猪粪水为原料,研究温度、酸碱度和培养周期等环境因子对光合细菌提升猪粪水中营养元素(氮、磷)含量的影响及经光合细菌处理后猪粪水的应用效果。结果表明:温度对光合细菌处理的猪粪水中氮、磷含量无显著影响,而酸碱度能够显著影响光合细菌处理的猪粪水中氮素和磷素含量。培养周期对光合细菌处理的猪粪水中氮素含量影响不显著,但对磷素含量影响较为显著。在 30 ℃、pH 7.5 条件下,光合细菌处理 3 d,猪粪水中氮素含量最高,而在 30 ℃、pH 4.5 条件下,光合细菌处理 3 d 的猪粪水中磷素含量最高。经光合细菌处理的猪粪水稀释 100 倍和 1 000 倍后,可促使小青菜种子发芽和幼苗生长,其中,发芽率分别是对照(清水处理)的 1.02 倍和 1.32 倍,而幼苗根长、株高分别较对照提高了 14.94%—16.09%、26.07%—26.81%。与稀释 100 倍相比,稀释 1 000 倍的光合细菌猪粪水应用效果更好。

关键词:环境因子;猪粪水;光合细菌;肥效;小青菜

中图分类号:X713 文献标志码:A 文章编号:1000-3924(2020)06-098-05

Effect of environmental factors on the fertilizer efficiency of piggery wastewater treated by photosynthetic bacteria

QIN Qin^{1,2,3},SUN Lijuan^{1,2,3*}, SONG Ke^{1,2,3},SUN Yafei^{1,2,3},DUAN Haiqin⁴,
JIANG Jianbing⁵,XUE Yong^{1,2,3**}

(¹ Eco-Environmental Protection Research Institute, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201403, China; ² Shanghai Engineering Research Centre of Low-carbon Agriculture, Shanghai 201403, China; ³ Shanghai Environmental Protection Monitoring Station of Agriculture, Shanghai 201403, China; ⁴ Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; ⁵ Anshun University, Anshun 561000, China)

Abstract: The effect of temperature, pH value and culture period on the concentrations of nitrogen(N) and phosphorus(P) nutrition in the piggery wastewater treated by photosynthetic bacteria were studied. The results showed that the temperature had no significant effect on the N and P nutrition concentrations, while the pH value could significantly affect the concentrations of N and P nutrition in the piggery wastewater treated by photosynthetic bacteria. Although the effect of culture period on N nutrition content in piggery wastewater treated by photosynthetic bacteria was not significant, those had significant effect on the P nutrition content. Concretely, the photosynthetic bacteria treated piggery wastewater for 3 days had the highest N nutrition content at the condition of 30 ℃ and pH 7.5, while the photosynthetic bacteria treated piggery wastewater for 3 days had the highest P nutrition content at the condition of 30 ℃ and pH 4.5. After application of 100 and 1 000 times dilution of piggery wastewater treated by photosynthetic bacteria, the germination percentages of brassica chinensis seeds were 1.02 and 1.32 times higher than that applied with clean water(the control), while the root length and plant height of brassica chinensis seedlings were increased by 14.94%—16.09% and 26.07%—26.81%, respectively. Compared with the 100 times dilution, the 1 000 times dilution of piggery wastewater

收稿日期:2019-09-16

基金项目:国家科技重大专项(2017ZX07202004-004);上海市农业科学院卓越团队计划[2017(A-03)]

作者简介:秦秦(1987—),女,博士,助理研究员,研究方向为土壤生态修复与保育。E-mail:qinqin19870987@126.com

* 共同第一作者

** 通信作者, E-mail:exueyong@163.com

treated by photosynthetic bacteria had better effect on seed germination and seedling growth of brassica chinensis.

Key words: Environmental factors; Piggery wastewater; Photosynthetic bacteria; Fertilizer efficiency; Brassica chinensis

随着我国畜禽养殖业的迅猛发展, 畜禽粪便排放量剧增, 它所带来的环境污染问题也越来越突出。据估算, 2012 年畜禽粪便总产量可达 26.89 亿 t^[1], 已成为水环境污染的主要源头^[2-3]。另一方面, 畜禽粪便污水中丰富的氮、磷等营养物质也是较好的有机肥源, 可作为液体肥料用于提高土壤肥力^[4-5]。因此, 畜禽粪便肥料化处理一直受到学者们的广泛关注。

光合细菌是一类以光作为能源、可在厌氧光照或好氧黑暗条件下利用自然界中的有机物、硫化物、氨等作为供氢体兼碳源进行光合作用的微生物^[6], 在我国被广泛用于畜禽粪便污水处理等。张桂馥等^[7]研究表明, 猪粪水经光合细菌处理后, 其主要营养元素磷、钠增加较多。史家梁等^[4]研究证明粪便污水经光合细菌处理后可以全部转化为含有大量光合细菌的安全、优质和高效的有机肥料, 田间施用后可使青菜、莴笋、黄瓜增产 1.6%—50%。吴淑杭等^[8]利用光合细菌对猪粪水进行资源化处理, 将其转化成优质有机液肥, 番茄施用后, 增产效果显著。文珊^[9]和张正红等^[10]研究发现, 光合细菌还能够通过自身代谢处理猪粪水中卤代烃、芳香烃等诸多难降解的有机化合物, 减轻农田土壤有机污染。本研究以猪粪水为原料, 研究温度、酸碱度和培养周期等环境因子对光合细菌处理猪粪水中氮素、磷素的影响, 旨在为畜禽废水污染问题的解决提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试光合细菌液体菌剂购自江苏绿科生物技术有限公司, 细菌含量为 10 亿个/mL。供试小青菜种子(‘新夏青 3 号’)由上海市农业科学院设施园艺研究所提供。供试猪粪水采自上海市农业科学院庄行综合试验站养猪厂。猪粪水的基本理化性质如表 1 所示。

表 1 猪粪水的基本性质
Table 1 The piggery wastewater property

pH	总氮/(mg·L ⁻¹)	总磷/(mg·L ⁻¹)	硝氮/(mg·L ⁻¹)	氨氮/(mg·L ⁻¹)	活性磷酸盐/(mg·L ⁻¹)
7.80	399.61	60.71	58.57	66.85	44.40

1.2 不同环境因子对光合细菌提升猪粪水肥效的影响

1.2.1 温度

100 mL 猪粪水添加 0.1% 光合细菌液体菌剂后, 在光照强度为 3 000—3 500 lx、16 h 光照/8 h 黑暗条件下, 分别置于 25 °C、30 °C 和 35 °C 的光照培养箱中, 培养 5 d, 研究温度对光合细菌提升猪粪水肥效的影响。

1.2.2 酸碱度

100 mL 猪粪水添加 0.1% 光合细菌液体菌剂后, 分别调节 pH 至 4.5、5.5、7.5、8.5, 在光照强度为 3 000—3 500 lx、16 h 光照/8 h 黑暗条件下, 30 °C 培养 5 d, 研究 pH 对光合细菌提升猪粪水肥效的影响。

1.2.3 培养周期

100 mL 猪粪水添加 0.1% 光合细菌液体菌剂后, 在光照强度为 3 000—3 500 lx、16 h 光照/8 h 黑暗、30 °C 条件下, 分别培养 0 d、3 d、5 d、10 d、15 d、20 d、30 d, 研究培养周期对光合细菌提升猪粪水肥效的影响。

1.3 光合细菌处理的猪粪水对小青菜萌发及幼苗生长的影响

参考秦亚芬^[11]和梁肖娜^[12]的方法, 分别将光合细菌猪粪水液肥稀释 0 倍(未稀释)、10 倍、100 倍和 1 000 倍, 每种液肥稀释液中浸泡 40 粒小青菜种子, 以浸泡在蒸馏水的种子作为对照, 重复 3 次。8 h 后取出, 平放在铺有消毒、湿润的无菌滤纸的培养皿中, 置于 30 °C 恒温培养箱中, 24 h 后观察并记录萌发种子数目。向 500 mL 烧杯中(用消毒纱布将皿口绷紧)注入清水至与皿口相平, 各处理挑选 20 粒发芽种子, 将其平铺在纱布上, 将烧杯置于 30 °C 培养箱(16 h 光照/8 h 黑暗)下培养 7 d。随机挑选 10 株小青菜幼

苗测定根长、株高、鲜重、干重。

1.4 数据分析

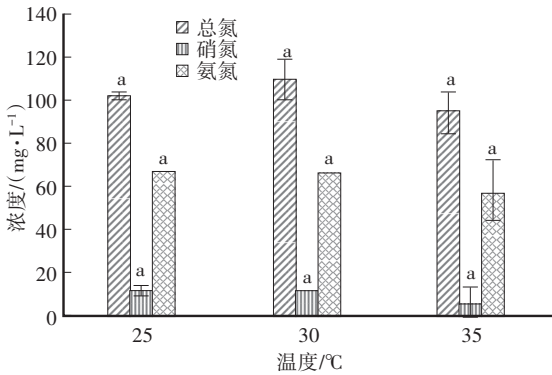
使用 Excel 2010 和 SPSS 18.0 软件进行统计分析,并采用多重比较法进行显著性检验,显著性水平为 0.05。

2 结果与分析

2.1 温度对光合细菌提升猪粪水肥效的影响

如图 1 所示,相比 25 °C 和 35 °C,在 30 °C 培养条件下,光合细菌处理后的猪粪水中氮素浓度最高。其中,总氮、硝氮和氨氮浓度分别为 109.78 mg/L、11.58 mg/L 和 66.50 mg/L,分别是 25 °C 和 35 °C 培养条件下猪粪水中氮素营养的 1.08 倍、1.02 倍、1.0 倍和 1.16 倍、2.18 倍、1.17 倍。但不同处理间的猪粪水中各类氮素含量无显著差异。

由图 2 可知,在 25 °C 条件下,光合细菌处理后的猪粪水中总磷浓度为 8.51 mg/L。随着温度升高,光合细菌处理后的猪粪水中总磷浓度逐渐下降,但不同处理间差异并不显著。光合细菌处理猪粪水中活性磷酸盐浓度呈先增加后下降的趋势。30 °C 条件下,猪粪水中活性磷酸盐浓度最高,分别是 25 °C 和 30 °C 培养的猪粪水中活性磷酸盐浓度的 1.30 倍和 1.14 倍,但差异并不显著。



不同字母表示处理间差异显著,下同

图 1 温度对光合细菌提升猪粪水氮素营养的影响

Fig. 1 The effect of temperature on the content of nitrogen nutrition in piggy wastewater treated by photosynthetic bacteria

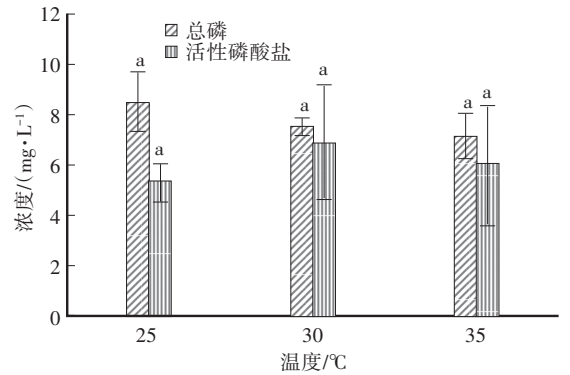


图 2 温度对光合细菌提升猪粪水磷素营养的影响

Fig. 2 The effect of temperature on the content of phosphorous nutrition in piggy wastewater treated by photosynthetic bacteria

2.2 酸碱度对光合细菌提升猪粪水肥效的影响

由图 3 所示,酸碱度显著影响光合细菌处理的猪粪水中总氮和硝氮浓度,但对氨氮浓度无显著影响。pH 从 4.5 升高至 7.5,光合细菌处理的猪粪水中总氮浓度显著上升,当 pH 从 7.5 升高至 8.5 时,猪粪水中总氮浓度虽然上升,但与 pH 7.5 时总氮浓度无显著差异。而随着 pH 升高,光合细菌处理的猪粪水中硝氮浓度呈现先上升后下降的趋势,pH 7.5 时光合细菌处理的猪粪水中硝氮浓度最高,分别比 pH 4.5、pH 5.5 和 pH 8.5 时高 137.24%、74.18% 和 7.67%。

由图 4 可知,不同 pH 条件下,光合细菌处理的猪粪水中磷素含量发生了显著变化。总体上,酸性条件下光合细菌处理猪粪水中总磷和活性磷酸盐浓度显著高于碱性条件下。pH 4.5 时,光合细菌处理的猪粪水中总磷和活性磷酸盐浓度最高,分别是 pH 5.5 时的 1.13 倍和 1.07 倍。

2.3 培养周期对光合细菌提升猪粪水肥效的影响

如图 5 所示,除培养 30 d 外,其余培养周期对光合细菌处理的猪粪水中总氮浓度整体无显著影响,培养 3—5 d 时,光合细菌处理的猪粪水中总氮浓度相对较高。培养 30 d 时,光合细菌处理的猪粪水中总氮浓度明显下降,与培养 5 d 相比,总氮浓度下降 8.82%。培养 20 d 时,光合细菌处理的猪粪水中硝氮浓度开始呈下降趋势,但不同培养天数对光合细菌处理猪粪水中硝氮浓度整体影响较小。培养时间超过 3 d,光合细菌处理的猪粪水中氨氮浓度开始显著下降,培养 15 d 时,氨氮浓度开始显著升高,除培养 30 d 外,其余各处理与经光合细菌处理 3 d 的猪粪水中氨氮浓度差异较小。

从图 6 可知,培养 3 d,光合细菌处理猪粪水中总磷浓度最高,培养 30 d,光合细菌处理的猪粪水中总

磷浓度最低,与培养 3 d 时相比,下降了 70.41%。光合细菌处理的猪粪水中活性磷酸盐浓度整体呈下降的趋势,培养 1 d 和 3 d 时猪粪水中活性磷酸盐浓度相对较高,分别为 44.40 mg/L 和 33.19 mg/L。

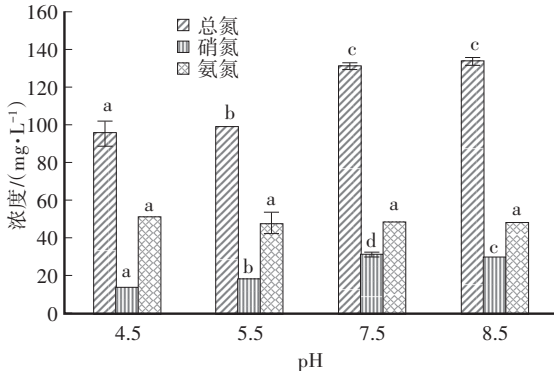


图3 酸碱度对光合细菌提升猪粪水氮素营养的影响

Fig.3 The effect of pH value on the content of nitrogen nutrition in piggy wastewater treated by photosynthetic bacteria

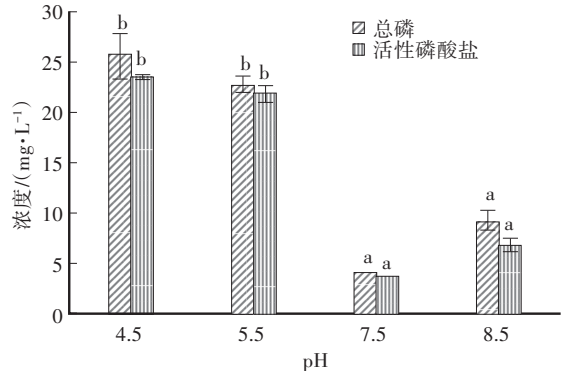


图4 酸碱度对光合细菌提升猪粪水磷素营养的影响

Fig.4 The effect of pH value on the content of phosphorous nutrition in piggy wastewater treated by photosynthetic bacteria

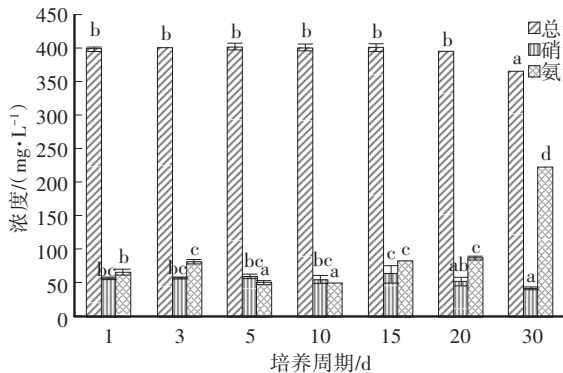


图5 培养周期对光合细菌提升猪粪水氮素营养的影响

Fig.5 The effect of culture period on the content of nitrogen nutrition in piggy wastewater treated by photosynthetic bacteria

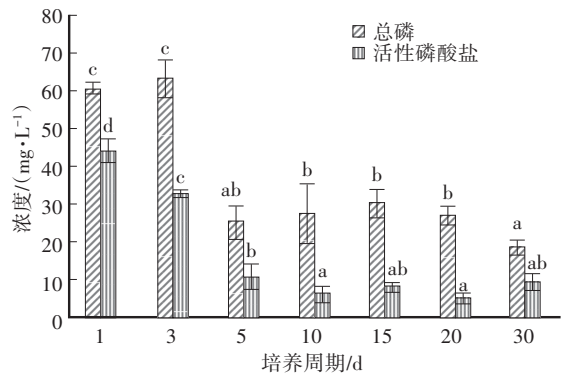


图6 培养周期对光合细菌提升猪粪水磷素营养的影响

Fig.6 The effect of culture period on the content of phosphorous nutrition in piggy wastewater treated by photosynthetic bacteria

2.4 光合细菌处理的猪粪水对小青菜种子萌发和幼苗生长的影响

如表 2 所示,100 倍和 1 000 倍稀释后的猪粪水处理的小青菜种子,其发芽率是对照的 1.02 倍和 1.32 倍,而 0 倍和 10 倍稀释的猪粪水处理的小青菜种子发芽率却显著低于对照。与对照相比,不同稀释倍数猪粪水处理的小青菜根长显著升高,0 倍、10 倍、100 倍和 1 000 倍稀释的猪粪水处理的小青菜幼苗根长分别提高了 42.77%、12.24%、14.94%、26.07%;100 倍和 1 000 倍稀释的猪粪水处理的小青菜幼苗株高均显著增加,分别提高了 16.08%、26.81%,其中 1 000 倍稀释处理幼苗株高最大,达 4.73 cm;1 000 倍稀释处理的小青菜幼苗鲜重和干重分别比对照提高了 15.79% 和 33.33%。

表 2 光合细菌处理的猪粪水对小青菜种子萌发和幼苗生长的影响

Table 2 The effect of piggy wastewater treated by photosynthetic bacteria on the seed germination and seedling growth of brassica chinensis

肥料处理	发芽率/%	根长/cm	株高/cm	鲜重/g	干重/g
对照	62.50 ± 10.61 c	6.29 ± 1.32 a	3.73 ± 0.12 b	0.032 ± 0.005 3 bc	0.002 7 ± 0.000 6 b
0 倍稀释	7.50 ± 7.07 a	8.98 ± 1.68 d	2.31 ± 0.32 a	0.021 ± 0.003 3 a	0.002 0 ± 0.000 6 a
10 倍稀释	43.75 ± 8.83 b	7.06 ± 1.46 bc	4.00 ± 0.20 b	0.030 ± 0.004 6 b	0.002 3 ± 0.000 5 ab
100 倍稀释	63.75 ± 1.77 c	7.23 ± 1.82 bc	4.33 ± 0.15 c	0.030 ± 0.003 7 b	0.002 5 ± 0.000 4 b
1 000 倍稀释	82.50 ± 0.00 d	7.93 ± 2.23 cd	4.73 ± 0.21 d	0.038 ± 0.004 4 c	0.003 6 ± 0.000 2 b

注:同列不同字母表示处理间差异显著

3 结论与讨论

通过微生物的降解转化作用,畜禽粪便可以实现循环利用,进而减轻对水环境的污染^[8]。光合细菌无论是在光照厌氧还是在黑暗好氧条件下,都具有降解高浓度有机废水(如畜禽粪污)的能力,同时光合

细菌还能产生诸多维生素、光合色素、辅酶 Q 和促生因子等活性物质,可明显促进农作物生长^[13-14]。探索光合细菌提升畜禽粪便污水肥效因子,提高畜禽粪便污水利用效率,对解决周边水环境污染、提高农作物产量和品质具有重要的现实意义。

3.1 光合细菌提升猪粪水氮素营养的最适环境因子

本研究中,温度对光合细菌处理的猪粪水中氮素含量总体无显著影响,但 30 ℃ 条件下,光合细菌处理的猪粪水中氮素含量比 25 ℃ 和 35 ℃ 条件下高,这可能是因为 30 ℃ 条件下光合细菌的光合速率较高^[15],进而影响猪粪水中氮素营养的合成所致。酸碱度显著影响光合细菌处理猪粪水中总氮和硝氮浓度,pH 7.5 时,经光合细菌处理的猪粪水中总氮和硝氮浓度最高。这可能是该 pH 条件适宜光合细菌生长,增强了光合细菌的固氮能力,提高了猪粪水中的氮素水平所致^[7]。

3.2 光合细菌提升猪粪水磷素营养的最适环境因子

活性磷酸盐是一种限制性磷素营养盐,可以被植物、细菌和藻类所利用。提升光合细菌处理的猪粪水中活性磷酸盐含量更有利于增加猪粪水中磷素营养利用效率。本研究中,温度对光合细菌处理的猪粪水中总磷和活性磷酸盐浓度影响不同。25 ℃ 条件下,光合细菌处理的猪粪水中总磷浓度最高,而 30 ℃ 培养的猪粪水中活性磷酸盐浓度最高。在 30 ℃ 条件下,当 pH 降至 4.5 时,经光合细菌处理的猪粪水中总磷和活性磷酸盐浓度最高。这可能是因为酸性条件下,光合细菌对活性磷酸盐的吸收能力降低,磷代谢能力减弱,生物体内储备的磷化物以可溶性盐的形式逆向释放所致^[16]。

3.3 光合细菌处理猪粪水的应用效果

光合细菌处理的猪粪水经适宜的倍数(即 100 倍和 1 000 倍)稀释能够显著促进小青菜种子萌发,其中,高稀释倍数的光合细菌处理的猪粪水对小青菜种子萌发促进效果最好,与秦亚芬等^[11]研究结果一致,这可能是因为低稀释倍数的光合细菌处理的猪粪水中活菌浓度较高,高浓度的活菌进入种皮后,活菌附着在胚上,破坏了胚的完整性,致使胚活力降低。在植株生长发育方面,光合细菌处理的猪粪水经适宜的倍数稀释能够促进小青菜的根长、株高、干重和鲜重,尤其是 1 000 倍的光合细菌处理的猪粪水对小青菜根长和株高有显著的促进作用,这可能是因为光合细菌提高了根系周围微生物活性,有效改善了植株根际环境,从而促进了植株生长发育,使得小青菜根长和株高显著提高^[17]。

参 考 文 献

- [1] 梁华东,何迅,巩细民,等. 中国畜禽粪便污染问题、无害化处理及开发生产有机肥料技术与政策[J]. 中国农学通报,2014,30(增刊):75-80.
- [2] 王钧. 畜禽养殖对环境的影响和防控措施[J]. 甘肃畜牧兽医,2017,47(5):50-51.
- [3] 姚丽华. 我国畜禽养殖污染现状分析及污染防治法律问题研究[J]. 科技资讯,2015(13):111-112.
- [4] 史家梁,朱核光. 粪便污水的光合细菌液肥化及其应用研究[J]. 应用与环境生物学报,1995,1(2):188-195.
- [5] 刘晓利,许俊香,王方浩,等. 我国畜禽粪便中氮素养分资源及其分布状况[J]. 河北大学学报,2005,28(5):27-32.
- [6] 金梅,刘磊,唐湘华,等. 光合细菌对畜禽粪便处理的应用前景[J]. 饲料研究,2010(11):72-74.
- [7] 张桂馥,邱德均,顾红娟. 利用光合细菌(PSB)处理粪水沼液效果的初步研究[J]. 中国沼气,1994,12(3):16-19.
- [8] 吴淑杭,徐亚同,凌云. 猪粪便生态型处理与资源化技术研究[J]. 农业环境科学学报,2006,25(增刊):168-171.
- [9] 文珊. 荚膜红细菌和生芽红细菌处理猪场沼液的研究[D]. 长沙:湖南大学,2017.
- [10] 张正红,何文辉,向天勇,等. 鸟粪石沉淀—光合细菌复合序批式生物膜反应器协同处理猪场沼液[J]. 环境污染与防治,2018,40(4):404-408.
- [11] 秦亚芬. 一种液体微生物菌剂的构建及其肥效的研究[D]. 临汾:山西师范大学,2016.
- [12] 梁肖娜,叶清,吴尚,等. 1 种新型鸡血液体肥料的肥效研究[J]. 河南农业科学,2018,47(2):58-62.
- [13] 杜近义,秦际威. 光合细菌的开发应用进展[J]. 生物学通报,1998,33(11):15-18.
- [14] 祝国芹,姜静颖. 高活性光合细菌的分离培养及应用[J]. 水产科学,1994,13(1):6-10.
- [15] 王立超,连岩,张志新. 温度、光照和 pH 之间的相互关系对光合细菌生长的影响[J]. 海洋湖沼通报,1997(4):28-31.
- [16] 任南琪,陈鸣岐. pH 对反硝化除磷的影响[J]. 黑龙江科技学院学报,2004,14(5):284-286.
- [17] 田俊岭,彭桂香,李永涛,等. 一种高效光合菌剂对辣椒生长及土壤微生物的影响[J]. 生物技术进展,2014,4(3):197-200.

(责任编辑:郭娇)