

沼液施肥对黄瓜幼苗质量和土壤化学性状的影响

何自涵^{1,2}, 周艳丽^{1*}, 崔彦如³, 姜 鹏¹, 付煜心¹, 宋春雨¹

(1. 吉林农业大学园艺学院, 长春 130118; 2. 南充市农业科学院, 四川 南充 637000; 3. 吉林省农业科学院农村能源与生态研究所, 长春 130033)

摘 要:从肥料使用的角度, 阐明沼液对黄瓜生长质量及土壤化学性质的影响, 在不同浓度的处理中, 测定和分析黄瓜苗期沼液定期施肥处理幼苗生长形态、生理和土壤基本化学性状。结果表明: 沼液施肥显著提高幼苗株高、茎粗、根长, 40% 浓度沼液的壮苗指数比 CK 提高 21.5%; 不同沼液施肥明显提高黄瓜幼苗叶片叶绿素总量、净光合速率(P_n)、胞间 CO_2 浓度(C_i)、气孔导度(G_s)和蒸腾速率(T_r), 80% 沼液浓度叶绿素含量最高, 60% 浓度沼液的幼苗叶片气孔导度和蒸腾速率高于其他处理差异显著; 与 CK 相比, 沼液的施用可以提高可溶性蛋白、可溶性糖和根系活力; 沼液施肥显著提高黄瓜生长土壤的 pH、有机质质量分数、速效磷含量, 促进土壤有机质含量增加 3.77% ($P < 0.05$)。因此, 沼液施肥可明显提高黄瓜幼苗质量, 改善黄瓜根系土壤基本化学性状。

关键词:沼液施肥; 幼苗质量; 黄瓜; 生理特性; 土壤化学性状

中图分类号: S642.2

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2022)02-0124-05

Effects of Biogas Slurry Fertilization on Seedling Quality and Soil Chemical Properties of Cucumber

HE Zihan^{1,2}, ZHOU Yanli^{1*}, CUI Yanru³, JIANG Peng¹, FU Yuxin¹, SONG Chunyu¹

(1. College of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun 130118; 2. Nanchong Academy of Agricultural Sciences, Nanchong 637000; 3. Institute of Rural Energy and Ecology, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: In order to understand the effects of fertilization with biogas slurry of different concentrations on the growth quality of cucumber seedlings and soil chemical properties, the growth morphological indexes, physiological indexes and soil chemical indexes of cucumber seedlings treated with biogas slurry of different concentrations were measured. The results showed that biogas slurry fertilization significantly increased the plant height, stem diameter and root length of seedlings, and the strong seedling index of 40% biogas slurry was 21.5% higher than that of CK. Different biogas slurry fertilization significantly increased the total chlorophyll, P_n , C_i , G_s and T_r of cucumber seedlings. The chlorophyll content of 80% biogas slurry was the highest, G_s and T_r of seedlings with 60% biogas slurry changed significantly. Compared with CK, application of biogas slurry significantly increased soluble protein, soluble sugar and root activity. Fertilization with biogas slurry significantly increased pH, organic matter mass fraction and rapid available phosphorus content of cucumber growing soil, and promoted soil organic matter content to increase by 3.77% ($P < 0.05$), therefore, fertilization with biogas slurry can significantly improve the quality of cucumber seedlings and the basic chemical properties of cucumber root soil.

Key words: Biogas slurry fertilization; Seeding quality; Cucumber; Physiological property; Soil chemical character

国家“十三五”规划推动厌氧发酵产沼气, 其

收稿日期: 2019-12-08

基金项目: 吉林省科技攻关计划 (20140204020N Y)

作者简介: 何自涵 (1994-), 女, 在读硕士, 主要从事蔬菜栽培与生理生态等研究。

通讯作者: 周艳丽, 女, 博士, 副教授, E-mail: zhouyanli7427@163.com

研究结果可作为现代农业优化建设的重要途径。厌氧发酵作为发酵产沼气的主要方式之一, 多利用禽畜粪便、农作物秸秆投入生产。厌氧发酵包括湿法发酵和干法发酵, 湿法发酵的底物浓度条件基本为 8%~10%^[1], 而且规模化发酵含水率高于 90%, 导致发酵过程沼液的排放量大。干法发酵虽然可有效提高发酵底物的处理量, 含固率比湿法发酵增

加15%~30%,但是依然有大量沼液产生。

不同进料的发酵,产生的沼液养分含量有所差异,均可作为农业肥料使用。沼液中含有氮、磷、钾以及有机质等多种成分,有助于改良土壤结构^[2],提高土壤有机质含量^[3],利于作物吸收增强作物抗性,改变作物光合作用^[4],缩短植物生长周期,增加作物产量,防治作物疾病^[5-6]。沼液在玉米、水稻、大豆^[7-9]等粮食作物,毛竹^[10]、冰草、铁杆蒿^[11]等经济生态作物,番茄、西瓜、茄子、辣椒^[12-15]等蔬菜作物上均有较好的应用。

本试验利用厌氧发酵沼液施肥的方式,研究不同浓度沼液对黄瓜幼苗生长生理的影响,寻找

提高黄瓜幼苗生长质量的沼液施用浓度,探究沼液对黄瓜幼苗生长的影响规律,为沼液在蔬菜作物的栽培与应用提供依据。

1 材料与方

1.1 供试材料

沼液取自吉林省农业科学院沼气示范基地,沼气发酵池为单次进料经堆沤处理的纯牛粪,结束发酵后,取样置于4℃冰箱保存,沼液发酵条件和营养成分见表1。黄瓜(*Cucumis sativus* L.)种子为奇梦六号,是杂交一代极早熟品种,产地吉林省公主岭市。

表1 供试沼液基本性质

肥料	发酵条件			营养成分			
	含固率(%)	天数(d)	温度(℃)	全氮(%)	全磷(%)	全钾(%)	有机质(%)
沼液	8	40	35	0.26	0.14	0.55	0.126

1.2 试验方法

本试验育苗及定植基质按田园土:草炭:蚯蚓肥:牛粪=4:3:2:1的比例配制而成。选取形状饱满、大小均匀的黄瓜种子育苗,子叶出土14 d后定植。试验根据不同沼液浓度设置6个处理,CK(不含沼液)、A处理(沼液浓度20%)、B处理(沼液浓度40%)、C处理(沼液浓度60%)、D处理(沼液浓度80%)和E处理(沼液浓度100%)。于2018年5月2日在吉林省农业科学院试验基地大棚内进行,各处理均设三次重复,每个重复30株。每天17:00每株定时施用沼液20 mL至试验结束。

1.3 项目测定

1.3.1 样品采集

沼液施用20 d后,选择生长一致的黄瓜幼苗,用于生理指标测定;将泥土冲洗干净测定根系活力。取黄瓜根际10 cm以内的土壤用于土壤化学性质测定。

1.3.2 形态指标测定方法

株高、根长利用刻度尺测量,茎粗用数显游标卡尺测定,植株鲜重采用AUY220分析天平称量。

1.3.3 生理指标测定方法

于晴朗天气10:00左右,选取长势相同的植株叶片,采用LI-6400型便携式光合作用测定仪测定其光合特性。

叶绿素含量采用丙酮乙醇提取比色法测定^[16];可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定^[17];可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝G-250染色法测定^[18];丙二醛含量采用硫代巴比妥酸(TBA)比色法测

定^[19];根系活力采用 α -萘胺氧化显色法测定。

1.3.4 土壤化学性状测定方法

土壤样品置于室内自然条件下阴干后过筛,用四分法取样100 g,置于冰箱中待用。

土壤含水量使用YT-101数显鼓风干燥箱烘干后测定;土壤酸碱度采用SX-610型笔式pH计测定;土壤速效氮、速效磷和有机质采用STFW-3(111)型多功能土壤肥力速测仪测定。

1.4 数据分析

数据分类整理和图表制作采用Microsoft Excel 2013;使用软件SPSS 19.0进行方差分析和显著性分析。

黄瓜幼苗壮苗评估:壮苗指数=(茎粗/株高+地下干重/地上干重)×全株干重。

2 结果与分析

2.1 沼液施肥对黄瓜幼苗形态的影响

由表2可知,施用不同浓度的沼液对黄瓜幼苗形态有一定的影响,其中株高和茎粗高于CK,差异显著,地上干重高于CK,部分地下干重和壮苗指数高于CK。黄瓜幼苗的株高随沼液浓度的增加呈上升趋势,E处理最高,为15.20 cm;茎粗、根长均呈先上升后下降的趋势,其中C处理的茎粗达到5.40 mm,B处理的根长为8.37 cm;各处理的地上干重均高于CK;B、C、D处理的地下干重高于CK,差异不显著。与CK相比,各处理的壮苗指数差异虽不显著,但B、C、D处理高于CK,B处理壮苗指数高于E处理0.048,差异显著。

表2 黄瓜幼苗形态指标

处理	株高(cm)	茎粗(mm)	根长(cm)	地上干重(g)	地下干重(g)	壮苗指数
CK	9.64±0.33c	4.10±0.33b	5.33±0.18c	0.370±0.041b	0.075±0.034ab	0.107±0.026ab
A	12.52±0.66b	5.20±0.56a	6.97±0.12b	0.498±0.099ab	0.060±0.045b	0.092±0.005ab
B	14.14±0.65ab	5.30±0.36a	8.37±0.15a	0.415±0.039ab	0.089±0.002a	0.130±0.000a
C	14.50±0.57a	5.40±0.70a	7.27±0.20b	0.427±0.035a	0.081±0.005ab	0.119±0.004ab
D	14.86±0.87a	5.25±0.50a	5.90±0.25c	0.467±0.005a	0.080±0.003ab	0.112±0.002ab
E	15.20±0.53a	4.92±0.55a	5.70±0.10c	0.480±0.024a	0.058±0.001b	0.082±0.001b

注:表中数值为“平均值±标准误”,同列不同小写字母表示差异显著(P<0.05),下同

2.2 沼液施肥对黄瓜幼苗光合特性的影响

从表3可以看出,沼液浓度对黄瓜叶片光合色素含量也有影响。D处理的叶绿素总量高于其他处理,C、D、E处理分别较CK高4.32、5.46、3.91 mg·g⁻¹,差异显著;净光合速率(P_n)和胞间CO₂浓度(C_i)变化一致,随施用沼液浓度的提高而增加,各沼液处理组均显著高于CK,E处理的净光合速率和胞间CO₂浓度最高,

分别为16.28 μmol·m⁻²·s⁻¹和275.89 μmol·mol⁻¹,沼液浓度对胞间CO₂浓度的影响差异不显著;叶片气孔导度(G_s)和蒸腾速率(T_r)随沼液浓度的增加呈先升高再降低的趋势,各处理的气孔导度均显著高于CK,其中C处理显著提高25.35%,蒸腾速率的最大值出现在C处理,为7.10 mmol·m⁻²·s⁻¹,比CK显著提高29.80%。

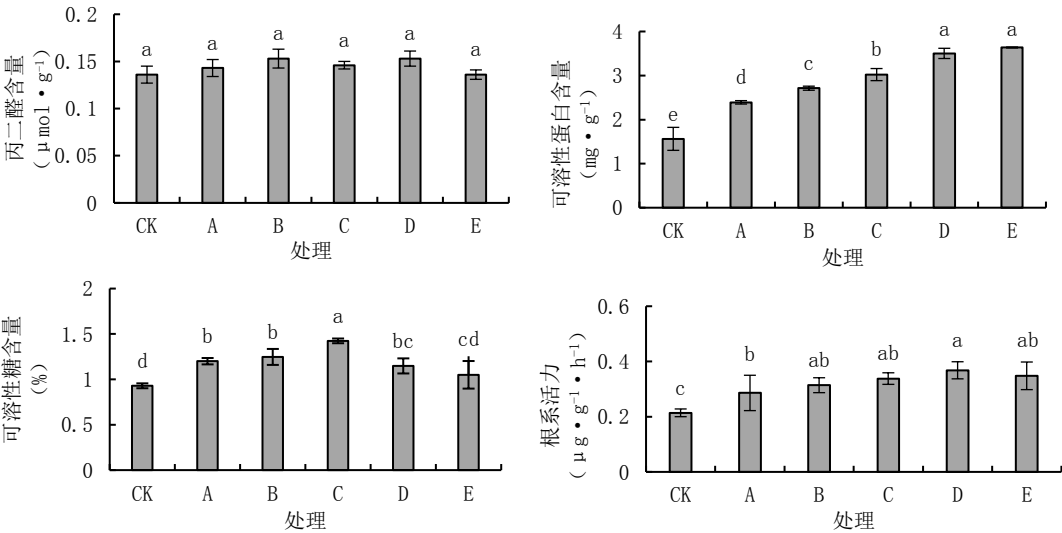
表3 黄瓜幼苗光合特性

处理	叶绿素总量(mg·g ⁻¹)	P _n (μmol·m ⁻² ·s ⁻¹)	C _i (μmol·mol ⁻¹)	G _s (mmolH ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹)	T _r (mmol·m ⁻² ·s ⁻¹)
CK	7.15±0.31c	12.98±0.18c	251.22±4.38b	204.63±2.65d	5.47±0.14d
A	9.17±0.75bc	14.79±0.4b	262.83±1.77a	225.13±2.90c	6.01±0.11cd
B	9.10±0.55bc	15.10±0.24ab	263.86±5.33a	242.11±3.46b	6.53±0.15abc
C	11.47±1.10ab	15.74±0.25ab	269.69±2.66a	256.5±3.44a	7.10±0.32a
D	12.61±1.17a	16.13±0.12a	273.23±3.31a	244.89±5.68b	6.85±0.14ab
E	11.06±0.29ab	16.28±0.19a	275.89±2.93a	219.33±2.51c	6.12±0.40bcd

2.3 沼液施肥对黄瓜幼苗生理的影响

如图1所示,随着沼液浓度的增加可溶性蛋白、可溶性糖含量以及根系活力均有所提高,对丙二醛含量影响不显著。沼液浓度的递增与可溶性蛋白含量增加的变化一致,各处理均显著高于

CK,A处理最低,B较A处理高差异显著;E处理含量最高,但与D处理差异不显著,E处理显著高于C处理。随沼液浓度的递增可溶性糖含量先增加后降低,C处理的含量最高,与CK相比差异显著,B处理与C处理差异显著,E处理含量最低,且



注:不同小写字母表示差异显著(P<0.05)

图1 黄瓜幼苗叶片丙二醛含量、可溶性蛋白含量、可溶性糖含量、根系活力的变化

与CK差异不显著,D处理次之,C处理的可溶性糖含量高于E处理0.374%,差异显著。沼液浓度对幼苗根系活力的影响与可溶性糖含量变化一致,与CK相比,各处理对幼苗根系活力的影响差异显著,含量从高到低依次为D、E、C、B、A处理,A较D处理含量少0.082 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$,差异显著。

2.4 沼液施肥对黄瓜根系土壤化学性状的影响

由表4可知,与CK相比,沼液施肥对pH变化和速效氮、速效磷、有机质含量的影响差异显著,低浓度沼液施肥对黄瓜根系土壤含水率的变化影响差异

不显著。随着沼液浓度的增加土壤含水率降低,E处理与CK相差1.12%,差异显著。沼液浓度对土壤酸碱度的影响与含水率变化相反,各处理均显著高于CK,其中A、B处理间,B、C处理间,C、D处理差异不显著。各处理的速效氮、速效磷和有机质含量与CK相比差异显著,速效氮含量随沼液施用浓度的递增呈现降低趋势,有机质含量变化与之相反。A处理的速效氮含量最高,为356.10 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,B处理速效磷含量最高,较CK高36.47 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,各处理的有机质含量差异显著,E处理含量最高,为9.47%。

表4 黄瓜幼苗根系土壤化学性状

处理	含水率(%)	酸碱度pH	速效氮($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	速效磷($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	有机质(%)
CK	9.69±0.41a	6.97±0.06d	377.77±7.74a	117.33±2.11e	5.70±0.10f
A	9.58±0.24a	7.10±0.10c	356.10±7.79b	142.30±2.81bc	6.23±0.06e
B	9.49±0.41ab	7.17±0.06bc	352.47±4.50b	153.80±4.37a	7.13±0.06d
C	9.30±0.55ab	7.23±0.06b	317.67±7.07c	144.63±4.20b	7.37±0.06c
D	8.89±0.20bc	7.27±0.06b	254.17±6.60d	137.50±2.55c	9.03±0.12b
E	8.57±0.10c	7.43±0.06a	241.83±4.38e	127.90±4.80d	9.47±0.06a

3 讨论与结论

沼液施用对植物形态变化有影响,不同施用量^[10]、施用方式^[20]、施用浓度^[12,21]对植株生长有不同程度的作用。随着沼液浓度的增加,本试验采用的沼液浓度对黄瓜幼苗的株高有促进作用,而茎粗和根长随沼液浓度的增加呈现先增加后降低的趋势。壮苗指数测定结果表明:100%浓度沼液降低黄瓜幼苗质量,40%浓度对幼苗质量提升最大,因此,在生产上可以选用40%浓度沼液进行育苗,以便培育壮苗。通过对黄瓜幼苗生理特性测定研究结果分析发现,试验采用的沼液浓度对可溶性糖含量、根系活力的影响基本呈现低浓度促进,高浓度抑制的趋势,60%浓度显著增加可溶性糖含量,80%浓度显著提高黄瓜根系活力。沼液处理可增加可溶性蛋白和可溶性糖含量,在一定浓度范围内随着浓度的提高而增加^[22-23],说明沼液能提高黄瓜幼苗叶片的渗透调节物质,这对生产上培育壮苗有重要意义。

沼液含有丰富的养分,可以提高植物光合作用,通过沼液施用提高光合速率,从而增加植物光合作用吸收的二氧化碳。本试验表明,不同沼液施肥明显提高黄瓜幼苗叶片叶绿素总量、净光合速率、胞间CO₂浓度、气孔导度和蒸腾速率,其中60%浓度的沼液显著提高黄瓜幼苗叶片气孔导度和蒸腾速率。魏彬萌等^[15]研究表明沼液灌溉

提高辣椒光合作用,与本研究结果一致。

沼液作为肥料^[24-25]不仅可以直接进入植物内部影响生理活动,还可以改变土壤养分含量结构。试验结果显示,土壤速效磷的含量最高增加了36.47 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,有机质的含量最多提高了3.77%,说明沼液可以增加土壤养分含量;但速效氮含量降低,可能是因为黄瓜生长发育吸收大量氮素;黄瓜生长土壤随沼液施肥浓度的增加由酸性向微碱性递变,说明沼液对土壤pH有改良作用,而原沼液的改良效果更明显,这与俞文仙等^[10]的研究结果一致,在生产上根据栽培土壤pH可适当施用沼液;王霞玲^[26]研究黄瓜节水灌溉表明不同灌溉方式会影响根系土壤含水率,渗灌使土壤含水率在黄瓜生长期呈先降低后增加的趋势,与试验采取的浇灌方式相同,试验表明土壤含水率由9.69%降至8.57%,说明不同浓度的沼液都可以降低土壤含水率,可能是由于土壤表层蒸腾作用的进行或者沼液中含有吸附物质,对于其中的机理还需要进一步研究。

沼液施用在生产上对黄瓜培育壮苗有重要意义。该研究通过施用不同浓度的沼液,筛选黄瓜幼苗生理生长指标,综合评价出该试验适宜黄瓜壮苗培育的沼液浓度为40%,具有一定的生产指导意义。

参考文献:

[1] Du Qian, Li Wenzhe, Jiang Haitao, et al. Effects of recycled di-

- gestive effluent on two-phase anaerobic digestion process of cow manure [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2011, 42(2):33-38.
- [2] 毕婷婷,尹芳,王翠仙,等.沼肥对我国农业可持续发展重要性研究[J].北方农业学报,2018,46(1):76-80.
- [3] 丁宣玮,顾雪,杨絮崴,等.厌氧发酵沼液的抑菌机理及其对土壤改良作用研究[J].中国农业信息,2015(14):25-26.
- [4] 李然,余雪标,高刘,等.灌溉畜禽粪便沼液肥对辣椒光合作用及产量的影响[J].热带生物学报,2017,8(1):37-41.
- [5] 田晓伟.沼液及不同药剂对温室番茄叶霉病的防效产量比较[J].中国沼气,2016,34(2):79-81.
- [6] 曹云,常志州,马艳,等.沼液处理对土壤辣椒疫霉菌抑制效果及土壤性状的影响[J].农业环境科学学报,2014,33(3):539-546.
- [7] 吴玉红,郝兴顺,崔平,等.沼液浸种对玉米种子萌发及幼苗生长的影响[J].中国沼气,2017,35(5):70-74.
- [8] 王桂良,寇祥明,张家宏,等.沼液替代化肥氮对水稻生长发育及稻米品质的影响[J].生态学杂志,2018,37(9):2672-2679.
- [9] 王卫平,朱凤香,陈晓旻,等.浇灌沼液对鲜食大豆产量、品质及土壤质量的影响[J].浙江农业科学,2013(3):276-278.
- [10] 俞文仙,陈双林,郭子武,等.沼液施肥对毛竹林竹子生长和土壤化学性状的影响[J].东北林业大学学报,2017,45(9):58-61.
- [11] 安韶山,李国辉,陈利顶.宁南山区典型植物根际与非根际土壤微生物功能多样性[J].生态学报,2011,31(18):5225-5234.
- [12] 徐艳玲.不同施入方式对番茄农艺性状及产量的影响[J].中国沼气,2015,33(3):83-86.
- [13] 周静,史向远,王保平,等.沼液营养液对设施西瓜生长的影响[J].北方园艺,2018(3):78-82.
- [14] 杨琦,张本凯,姚玉桂,等.施用沼肥对茄子田节肢动物群落结构与茄子产量的影响[J].中国生态农业学报,2011,19(1):42-46.
- [15] 魏彬萌,韩霖昌,王欢元,等.灌施沼液比例对石灰性土壤性质和辣椒生长的影响[J].中国土壤与肥料,2017(2):42-47.
- [16] 苏正淑,张宪政.几种测定植物叶绿素含量的方法比较[J].植物生理学通讯,1989(5):77-81.
- [17] 张志安,陈展宇.植物生理学试验技术[M].长春:吉林人民出版社,2008:100-108.
- [18] 李合生.植物生理生化试验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:182-185.
- [19] Buege J A, Aust S D. Microsomal lipid peroxidation[J]. Methods in Enzymology 1972, 52: 302-310.
- [20] 贾亮亮,赵京奇,杨晨璐,等.追施沼肥对番茄生长、产量和品质的影响[J].西北农业学报,2017,26(6):897-905.
- [21] 胡英.沼肥对马铃薯生长性状及产量影响的研究[J].吉林农业科学,2014,39(4):35-38.
- [22] 韩春叶,王崇华,田春丽,等.沼液与微肥配合喷施对大棚黄瓜产量及品质的影响[J].北方园艺,2017(3):61-65.
- [23] 何梅,江铮,许建,等.沼液叶面喷施对设施甜瓜产量和植株生理的影响[J].中国农学通报,2018,34(11):24-28.
- [24] Chen G, Zhao G H, Zhang H M, et al. Biogas slurry use as N fertilizer for two-season *Zizania aquatica* Turcz[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2017, 107: 303-320.
- [25] 宫国辉,孙凯,姜淑兰,等.沼肥与化肥对辣椒和番茄生长发育及品质的影响[J].东北农业科学,2017,42(2):34-38.
- [26] 王霞玲.节水灌溉方式对温室土壤水分及黄瓜生长发育的影响[D].长春:吉林农业大学,2016.

(责任编辑:王昱)

(上接第58页)

参考文献:

- [1] Kotroczo Z, Veres Z, Fekete I, et al. Soil enzyme activity in response to long-term organic matter manipulation[J]. Soil Biology & Biochemistry, 2014, 70(2):237-243.
- [2] Marx M C, Wood M, Jarvis S C. A microplate fluorimetric assay for the study of enzyme diversity in soils [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2001, 33(12/13):1633-1640.
- [3] 高惠民.农业土壤管理[M].北京:中国农业科技出版社,1988:107-123.
- [4] 郭华,陈俊任,钟斌,等.毛竹根际与非根际土壤重金属、理化性质及酶活性特征[J].生态学报,2017,37(18):6149-6156.
- [5] Angle J S, Baker A J, Whiting S N, et al. Soil moisture effects on uptake of metals by *Thlaspi*, *Alyssum* and *Berkheya*[J]. Plant and soil, 2003, 256(2): 325-332.
- [6] Caldwell B A. Enzyme activities as a component of soil biodiversity: A review[J]. Pedobiologia, 2005, 49(6): 637-644.
- [7] Tabatabal M A. Enzymes in the Environment[M]. New York: Marcel Dekker, 2002: 567-595.
- [8] 王巍巍,魏春雁,张之鑫,等.不同种稻年限盐碱地水田表层土壤酶活性变化及其与土壤养分关系[J].东北农业科学,2016,41(4):43-48.
- [9] 王阳,赵兰坡,朱孟龙,等.长期单施化肥对土壤有机质的影响[J].吉林农业科学,2015,40(1):45-50.
- [10] 蔡红,沈仁芳.改良茛三酮比色法测定土壤蛋白酶活性的研究[J].土壤学报,2005,42(2):306-313.
- [11] 李勇.试论土壤酶活性与土壤肥力[J].土壤通报,1989,20(4):190-193.
- [12] 李鹏程,董合林,刘敬然,等.棉田土壤酶活性对尿素用量的响应[J].棉花学报,2015,27(6):542-549.

(责任编辑:刘洪霞)