

生物有机肥对防治山药根茎腐病和促进山药生长的研究^①

马田田, 杨兴明, 沈其荣, 陈 巍*

(南京农业大学江苏省固体有机废弃物资源化高技术研究重点实验室, 南京 210095)

摘要:为了探讨生物有机肥(BOF)对山药根茎腐病的防治效果和促生效果,在山药根茎腐病重发地块进行了田间小区试验。结果表明:施用生物有机肥的处理 T1(CK+450 kg/hm² BOF)、T2(CK+750 kg/hm² BOF)和 T3(CK+1050 kg/hm² BOF)与 CK 相比,山药根茎腐病斑的长度分别减小了 65.1%、77.2%、78.0%,病斑所占的比例分别下降了 67.6%、80.0%、81.7%,对山药根茎腐病有很好的防治效果;山药块茎的鲜重分别增加了 15.2%、32.0%、37.1%,块茎长度分别增加了 6.0%、11.3%、19.5%,块茎粗分别增加了 10.9%、23.6%、50.9%,山药产量提高了 15.3%、32.2%、37.3%;T1、T2 和 T3 与 CK 相比,细菌的数量分别增加 1.04、1.31、1.41 倍、放线菌的数量分别增加 1.09、1.18、1.71 倍,真菌的数量分别减少了 21.9%、46.9%、50.0%,从而改善土壤微生态环境。施用生物有机肥不仅可以明显减少山药根茎腐病的发生,同时对山药有较强的促生效果,具有广阔的应用前景。

关键词:生物有机肥;山药;根茎腐病;生长

中图分类号:S144;S632.1

山药(*Dioscorea opposita* Thunb) 原名薯蓣,薯蓣科薯蓣属作物,为一年生或多年生缠绕性藤本植物。山药分药用和食用两大类,其营养价值和药用价值均高,是药食同源的保健食品原料之一,也是我国重要的特产出口蔬菜之一。种植山药的经济效益是种植小麦、玉米的 8~10 倍,成为农民增收的一个亮点,在我国很多地方都有大面积种植^[1]。

近几年来,随着山药种植效益的提高,农民为了追求一时利益,连年重茬种植山药,导致山药连作障碍凸显。在山东单县地区,山药根茎腐病(俗称黑皮病)较为严重,有的地块发病率会达到 80%。山药根茎腐病的病菌以菌丝体或菌核在土壤中或病残体上越冬,可以在土壤中存活 2~3 年,通过土壤、雨水和施用带病菌的肥料传播^[2]。发病症状是病菌侵染地下根系和块茎:侵染根系使得根系变黑,严重时造成根系死亡;侵染块茎是从山药嘴子开始的,初期时在块茎上形成不规则褐色斑点,后期斑点扩大继而形成深褐色长形病斑,严重时导致块茎腐烂。高温高湿条件下容易发病,干旱时发病轻,重茬地、田间积水时发病重。山药根茎腐病会严重影响山药产量和经济效益^[3],因此为了防治山药根茎腐病,农民大量使用农药,不仅导致土壤退化、土壤肥力下降、土壤生态功

能下降,还对农产品安全和农业的可持续发展构成了威胁和挑战^[4]。施肥防病是近几年发展起来的前沿研究技术,通过施用有机肥、堆肥等改善土壤微生态环境,提高土壤微生物多样性指数,提高土壤的健康质量指标^[5],为防治作物土传病害提供了一种新思路。微生物肥料具有肥效高、本身无毒不污染环境、成本低可节约能源等特点,是化学肥料最有效的替代品。合理开发和利用微生物肥料,是我国农业可持续发展的重要途径^[6]。

在山药的研究方面,目前人们主要集中于山药的栽培技术、病害防治药剂筛选、药理和营养价值^[7]等方面,而没有对生物防治山药根茎腐病的报道。Okigbo^[8-9]报道了在山山药贮藏期 5 个月内接种枯草芽孢杆菌不仅可以显著减少白山药块茎表面的真菌类群和数量,还可以减轻山药块茎在贮藏过程中的腐烂程度。Swain 等^[10]从牛粪中筛选到的几株枯草芽孢杆菌可以抑制山药块茎腐烂病原菌的生长,减轻块茎腐烂程度。为了探讨生物有机肥对山药根茎腐病的防治效果,本课题组于 2010 年在山东重发病田进行试验,以为生物有机肥的推广和山药土传病害的防治提供理论依据,为农业可持续健康发展提供一条可行途径。

基金项目:公益性行业(农业)科研专项经费项目(201103004)资助。

* 通讯作者(chenwei@njau.edu.cn)

作者简介:马田田(1987—),女,山东泰安人,硕士研究生,主要从事微生物肥料研究。E-mail: mtt0329@163.com

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试作物为山药, 品种是怀山药九斤黄。

供试肥料为江苏新天地生物工程中心研发的“爸爱我”生物有机肥(BOF), 含有机质 296 g/kg、N 23.5 g/kg、 P_2O_5 26.7 g/kg、 K_2O 30.5 g/kg, 抗病菌种有效活菌数 0.5 亿/g, 由江苏省固体有机废弃物资源化高技术重点实验室提供。

试验地点是山东省菏泽市单县莱河镇张海村 地块连作山药 5 年, 根茎腐病发病率为 100%。供试土壤为沙壤, pH 7.9, 全氮 0.67 g/kg, 有机质 18.9 g/kg, 速效磷 10.75 g/kg, 速效钾 105.6 g/kg。

1.2 试验设计

试验共设 4 个处理, 3 次重复, 12 个小区, 随机区组排列。每个小区面积为 20 m²。

各试验处理为: 对照 CK: 常规施肥; 处理 T1: CK+450 kg/hm² BOF; 处理 T2: CK+750 kg/hm² BOF; 处理 T3: CK+1 050 kg/hm² BOF。其中常规施肥为: 基肥(鸡粪 60 000 kg/hm²、饼肥 1 050 kg/hm²、磷酸二铵 375 kg/hm²、硫酸钾 375 kg/hm²), 追肥(磷酸二铵 375 kg/hm²、硫酸钾 375 kg/hm²、尿素 375 kg/hm²)。BOF 全部用作基肥, 分两次施入, 在打沟时按 300 kg/hm² 施入, 其余在种植山药时滤沟施入。

山药于 2010 年 4 月 27 日种植, 山药株距为 0.3 m, 行距为 1 m, 种植密度为 30 000 株/hm²。常规田间管理, 于 2010 年 9 月 8 日进行采样分析。

1.3 指标测定

1.3.1 鲜重、长度、茎粗以及病斑长度的测定 采样时, 在每个小区随机挖出 3 棵山药, 量取每株山药块茎的鲜重、长度、茎粗以及病斑长度。块茎长度是从山药嘴子开始量起, 选择粗细均匀的一段量取直径作为茎粗, 病斑长度是量取发病植株从发病部位到不

发病部位的长度。病斑所占百分比是指病斑长度与山药块茎总长的比值。

1.3.2 山药根际土微生物数量的测定 采集山药 0~20 cm 根, 抖至不再落土, 作为根际土, 用于微生物计数。微生物计数采用稀释平板计数法, 其中细菌采用牛肉膏蛋白胨培养基, 真菌采用马丁氏孟加拉红培养基, 放线菌采用高氏 1 号培养基^[11]。

1.3.3 山药产量的测定 山药的产量是根据每个小区的产量, 换算成每公顷的产量。

1.4 数据处理与分析

试验数据用 Microsoft Excel 2003 对数据进行处理和绘图, 采用 SPSS 13.0 统计分析软件对数据进行差异显著性检验(LSD 法)。

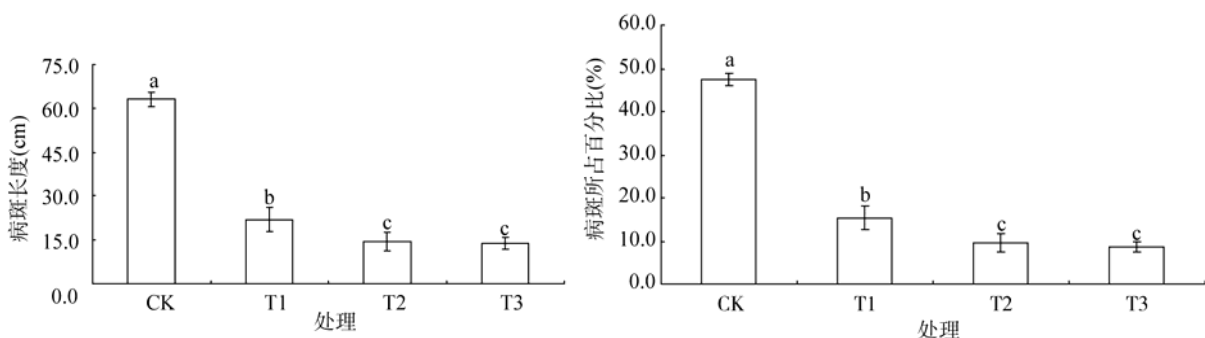
2 结果与分析

2.1 施用生物有机肥对山药根茎腐病的防治效果

大田试验表明, 不同用量的生物有机肥对山药根茎腐病均有不同程度的防治效果。由图 1 可以看出, 随着生物有机肥施入量的增加, 山药块茎病斑长度减小, 山药根茎腐病病斑所占百分比呈下降趋势。与 CK 相比, 施用生物有机肥的处理 T1、T2 和 T3 的病斑长度分别减小了 65.1%、77.2% 和 78.0%, 病斑所占百分比分别下降了 67.6%、80.0% 和 81.7%, 差异均达到显著水平。与 T1 相比, 处理 T2 和 T3 的防治效果也达到显著水平, 而 T2 与 T3 之间差异不显著。由此可见, 施用生物有机肥对山药根茎腐病有很好的防治效果, 以 T3(生物有机肥施用量为 1 050 kg/hm²) 效果最好。

2.2 施用生物有机肥对山药块茎生长的影响

由表 1 可以看出, 随着生物有机肥施入量的增加, 山药块茎的鲜重、茎粗和长度均呈增加趋势。与 CK 相比, 处理 T1、T2 和 T3 的块茎鲜重分别增加了



(图中字母不同表示处理间差异达到 $P < 0.05$ 显著水平, 下同)

图 1 生物有机肥对山药根茎腐病病斑长度和病斑所占百分比的影响

Fig.1 Effects of bio-organic fertilizer on length and percentage of yam root and stem rot disease spot

15.2%、32.0% 和 37.1%，茎粗分别增大了 10.9%、23.6% 和 50.9%，块茎长度分别增加了 6.0%、11.3% 和 19.5%，均达到显著差异。处理 T2 与 T1 相比，山药块茎鲜重和茎粗有显著差异，块茎长度差异不显著；处理 T3 与 T2 相比，山药块茎鲜重和茎粗差异不显著，块茎长度达到显著差异。所有处理中，T3(生物有机肥施用量为 1 050 kg/hm²)的山药鲜重、长度和茎粗都最优。

表 1 施用生物有机肥对山药生长的影响
Table 1 Effects of bio-organic fertilizer on growth of yam

处理	鲜重(kg/株)	长度(m)	茎粗(cm)
CK	1.97 ± 0.10 c	1.33 ± 0.03 c	5.50 ± 0.18 c
T1	2.27 ± 0.05 b	1.41 ± 0.05 b	6.10 ± 0.31 b
T2	2.60 ± 0.07 a	1.48 ± 0.01 b	6.80 ± 0.28 a
T3	2.70 ± 0.05 a	1.59 ± 0.02 a	7.30 ± 0.23 a

2.3 施用生物有机肥对山药产量的影响

从图 2 可以看出,不同生物有机肥用量对山药产量影响很大。施用生物有机肥可显著提高山药的产量。与 CK 处理相比,处理 T1、T2 和 T3 分别增收 15.3%、32.2% 和 37.3%。而处理 T2 和 T3 的产量差异不显著,但处理 T3 的产量最高,为 81 000 kg/hm²。

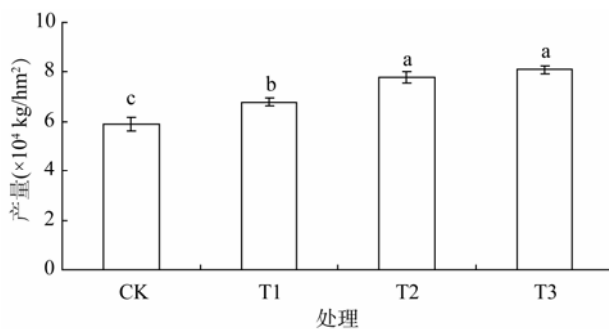


图 2 施用生物有机肥对山药产量的影响
Fig.2 Effects of bio-organic fertilizer on yield of yam

2.4 施用生物有机肥对土壤中微生物数量的影响

土壤微生物数量及其活性是土壤肥力的重要指标之一,从微生物种类来讲,细菌和放线菌种类多、数量多,对植物健康更加有利^[12]。由表 2 看出,细菌和放线菌的数量随着生物有机肥施入量的增加而增加,真菌的数量呈现相反趋势。与 CK 相比,处理 T1、T2 和 T3 的细菌数量分别增加了 1.04、1.31 和 1.41 倍;放线菌的数量分别增加了 1.09、1.18 和 1.71 倍;真菌数量分别下降 21.9%、46.9% 和 50.0%。处理 T1 与 CK 相比,细菌、真菌和放线菌的数量差异不显著。处理 T2、T3 和 CK 相比,三大类群微生物

的数量都有显著差异。处理 T3 和 T2 相比,细菌与真菌数量没有差异,而放线菌的数量差异显著。

表 2 施用生物有机肥对土壤微生物数量的影响
Table 2 Effects of bio-organic fertilizer on quantity of soil microbes

处理	细菌 (×10 ⁶ cfu/g 土)	真菌 (×10 ³ cfu/g 土)	放线菌 (×10 ⁵ cfu/g 土)
CK	5.4 ± 0.8 b	3.2 ± 0.6 a	4.5 ± 0.2 c
T1	5.6 ± 0.4 b	2.5 ± 0.4 ab	4.9 ± 0.1 bc
T2	7.1 ± 0.2 a	1.7 ± 0.2 b	5.3 ± 0.2 b
T3	7.6 ± 0.9 a	1.6 ± 0.3 b	7.7 ± 0.3 a

3 讨论

3.1 生物有机肥对山药根茎腐病和生长的影响

土传病害是制约大田作物产量和连作的重要障碍因子,其发生与土壤环境和施肥密切相关^[13]。已经有研究表明,施用生物有机肥在西瓜^[14]、黄瓜^[15]、番茄^[16]、棉花^[17]等作物上有显著的防病效果和促生效果。凌宁等^[14]研究指出,拮抗微生物与适合其生长的有机肥结合施入土壤,能使拮抗菌存活时间更长,更易在土壤中形成优势种群,以致在西瓜根系表面形成“生物防御层”,有效地抑制或者抵抗病原菌的侵染;另外,施用生物有机肥可以显著促进西瓜植株生长,增加其产量。本研究表明,施用生物有机肥对山药根茎腐病有很好的防治效果,对山药生长有明显的促进作用。这可能是因为“爸爱我”生物有机肥中含有大量高效拮抗菌群,在山药根际定殖后,保护山药根系免受病原菌的侵害,从而减轻山药根茎腐病的发生,使得山药更健康地生长。

3.2 生物有机肥对山药根际土壤微生物数量的影响

土壤微生物的多样性影响土壤生态系统的结构、功能及过程,是维持土壤生产力的重要组分^[18]。植物土传病害的生物防治在一定程度上依赖于土壤微生物的群体作用,当土壤微生物群落结构越丰富、物种越均匀、多样性越高时,对抗病原菌的综合能力越强^[12]。连作障碍土壤中微生物区系的变化表现为细菌种群和数量的减少,而真菌种群和数量增加^[19]。向土壤中施加有益微生物可以在一定程度上改变微生物群体的平衡,使其朝着对作物有利的群落结构转化^[20]。胡元森等^[21]试验指出,黄瓜连作引起细菌和放线菌数量减少,其中细菌减幅较大,每茬一次都使其数量成倍递减。何欣等^[22]的研究表明,营养钵育

苗施用生物有机肥能改善香蕉根际土壤微生物的群落结构:连作情况下,对照处理细菌和放线菌大幅减少,真菌和尖孢镰刀菌的数量大幅增加;施用生物有机肥的处理香蕉根际细菌和放线菌数量都显著增加,真菌和尖孢镰刀菌的数量大大减少。本研究表明施用生物有机肥的处理与不施用的处理相比,土壤中细菌增加了1.04~1.41倍,放线菌的数量增加了1.09~1.71倍,真菌的数量减少了21.9%~50.0%。土壤有益微生物的数量增加,有害真菌的数量减少,提高了土壤微生物多样性,从而有利于连作土壤朝着健康的方向发展,达到防治山药土传病害的效果。

参考文献:

- [1] 高国栋, 赵冰. 中国山药产业现状浅谈[J]. 作物研究, 2007(3): 179-181
- [2] 乔存金, 王宜昌, 孔维起, 朱利生, 谷项. 山药栽培常见病及防治技术[J]. 植保技术, 2005(6): 14-15
- [3] 贾海民, 鹿秀云, 陈丹, 李术臣. 麻山药根腐病发生规律及其防治技术[J]. 北方园艺, 2011(1): 159-160
- [4] 吕爱英, 王永歧, 沈阿林, 王守刚, 薛毅芳. 6种微生物肥料在不同作物上的应用效果[J]. 河南农业科学, 2006(4): 49-51
- [5] Janvier C, Villeneuve F, Alabouvette C, Edel-hermann V, Mateille T, Steinberg C. Soil health through soil disease suppression: Which strategy from descriptors to indicators[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2007, 39: 1-23
- [6] 吴建峰, 林先贵. 我国微生物肥料研究现状及发展趋势[J]. 土壤, 2002, 34(2): 68-72
- [7] 何海玲, 单承莺, 张卫明, 张玖. 山药的研究进展[J]. 中国农学通报, 2009, 25(9): 91-96
- [8] Okigbo RN. Mycoflora of tuber surface of white yam (*Dioscorea rotundata* Poir) and postharvest control of pathogens with *Bacillus subtilis*[J]. Mycopathologia, 2002, 156: 81-85
- [9] Okigbo RN. Biological control of postharvest fungal rot of yam (*Dioscorea* spp.) with *Bacillus subtilis* R[J]. Mycopathologia, 2005, 159: 307-314
- [10] Swain MR, Ray RC, Nautiyal CS. Biocontrol efficacy of *Bacillus subtilis* strains isolated from cow dung against postharvest yam (*Dioscorea rotundata* L.) Pathogens[J]. Curr. Microbiol., 2008, 57: 407-411
- [11] 沈萍, 范秀荣, 李广武. 微生物学实验[M]. 3版. 北京: 高等教育出版社, 1999
- [12] 蔡燕飞, 廖宗文, 章家恩, 孔维栋, 何成新. 生态有机肥对番茄青枯病及土壤微生物多样性的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14(3): 349-353
- [13] 李胜华, 谷丽萍. 有机肥配施对番茄土传病害的防治及土壤微生物多样性的调控[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(4): 965-969
- [14] 凌宁, 王秋君, 杨兴明, 徐阳春, 黄启为, 沈其荣. 根际施用微生物有机肥防治连作西瓜枯萎病研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(5): 1136-1141
- [15] Zhang SS, Raza W, Yang XM, Hu J, Huang QW, Xu YC, Liu XH, Ran W, Shen QR. Control of fusarium wilt disease of cucumber plants with the application of a bio-organic fertilizer[J]. Biol. Fertil. Soils, 2008, 44: 1073-1080
- [16] 朱震, 陈芳, 肖同建, 王小慧, 冉炜, 杨兴明, 沈其荣. 拮抗菌生物有机肥对番茄根结线虫的防治作用[J]. 应用生态学报, 2011, 22(4): 1033-1038
- [17] 程凯, 江欢欢, 沈标, 徐阳春, 沈其荣, 杨兴明. 棉花黄萎病拮抗菌的筛选及其生物防治效果[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(1): 166-174
- [18] 杨芳, 徐秋芳. 土壤微生物多样性研究进展[J]. 浙江林业科技, 2002, 22(6): 39-55
- [19] 张慧, 杨兴明, 冉炜, 徐阳春, 沈其荣. 土传棉花黄萎病拮抗菌的筛选及其生物效应[J]. 土壤学报, 2008, 45(6): 1095-1101
- [20] Avis TJ, Gravel V, Antoun H, Tweddell RJ. Multifaceted beneficial effects of rhizosphere microorganisms on plant health and productivity[J]. Soil Biol. Biochem., 2008, 40(7): 1733-1740
- [21] 胡元森, 刘亚峰, 吴坤, 窦会娟, 贾新成. 黄瓜连作土壤微生物区系变化研究[J]. 土壤通报, 2006, 37(1): 126-129
- [22] 何欣, 郝文雅, 杨兴明, 沈其荣, 黄启为. 生物有机肥对香蕉植株生长和香蕉枯萎病防治的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(4): 978-985

Effects of Bio-organic Fertilizer on Controlling Root and Stem Rot and Promoting Growth of Yam

MA Tian-tian, YANG Xing-ming, SHEN Qi-rong, CHEN Wei*

(*Jiangsu Province Key Laboratory for Organic Solid Waste Utilization, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China*)

Abstract: Root and stem rot of yam is a main soil-borne disease which severely inhibits the development of yam production industry in China. A field plot experiment was carried out to study the effects of bio-organic fertilizer on the suppression on root and stem rot of yam and plant growth. The results indicated that bio-organic fertilizer could control root and stem rot of yam by reducing the length and the percentage of disease spot. The length of the disease spot of yam tuber in the treatments T1 (CK+450 kg/hm² BOF), T2 (CK+750 kg/hm² BOF) and T3 (CK+1050 kg/hm² BOF) were reduced by 65.1%, 77.2% and 78.0%, the percentage of disease spot were reduced by 67.6%, 80.0% and 81.7% respectively compared with CK. Bio-organic fertilizer could promote the growth of yam, compared with CK the fresh weight of yam tuber in the treatments T1, T2 and T3 were increased by 15.2%, 32.0% and 37.1%, the length of yam tuber were increased by 6.0%, 11.3% and 19.5%, the diameter of yam tuber were increased by 10.9%, 23.6% and 50.9%, the yield of yam were also raised by 15.3%, 32.2% and 37.3% respectively. Soil microbial environment was improved, the amounts of soil bacteria and actinomyces in the treatments of T1, T2 and T3 were increased evidently by 1.04, 1.31, 1.41 times and 1.09, 1.18, 1.71 times, while that of soil fungi was decreased by 21.9%, 46.9% and 50.0% respectively compared with CK. Bio-organic fertilizer has wide application prospects on yam because of its disease-control and growth-promotion.

Key words: Bio-organic fertilizer, Yam, Root and stem rot, Growth