

曹 群, 丁文娟, 赵兰凤, 等. 生物有机肥对冬瓜枯萎病及土壤微生物和酶活性的影响[J]. 华南农业大学学报, 2015, 36(2): 36-42.

生物有机肥对冬瓜枯萎病及土壤微生物和酶活性的影响

曹 群, 丁文娟, 赵兰凤, 刘小锋, 柳 影, 李华兴
(华南农业大学 资源环境学院, 广东 广州 510642)

摘要:【目的】研究生物有机肥对冬瓜枯萎病的防治效果及对土壤微生物菌群和土壤酶活性的影响.【方法】将生防菌剂与腐熟有机肥按比例混合制成生物有机肥(BOF),通过盆栽试验对生物有机肥防治冬瓜枯萎病的效果进行验证.【结果和结论】生物有机肥可以降低枯萎病的发生率,且随着施用量的增加效果越显著.将不施肥加病原菌处理(CPC)的防效指定为0时,施用生物有机肥的3个处理(BOF1、BOF2、BOF3)防效分别是42.27%、52.92%和70.15%,均高于防效为31.91%的有机肥处理(OF);在有效养分相同的情况下,BOF2处理的植株株高、茎粗、叶宽和鲜质量均高于OF处理,达到显著水平,表现出明显的促生效果;施用生物有机肥后,土壤中细菌和放线菌的数量增加,真菌和尖孢镰刀菌(病原菌)的数量减少,土壤脲酶、酸性磷酸酶、过氧化氢酶和蔗糖酶的活性均高于不施肥不加病原菌(CK)和CPC处理.表明生物有机肥能提高土壤酶活性、调节土壤微生物菌落结构、改善土壤结构和肥力状况,同时减少病害的发生.

关键词:生物有机肥;冬瓜枯萎病;土壤微生物;土壤酶活性
中图分类号:S144;S436.42 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-411X(2015)02-0036-07

Effects of biological organic fertilizer on wax gourd wilt disease, microorganism and enzyme activities in soil

CAO Qun, DING Wenjuan, ZHAO Lanfeng, LIU Xiaofeng, LIU Ying, LI Huaxing
(College of Natural Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract:【Objective】To research the effects of the biological organic fertilizer(BOF) on controlling wax gourd wilt disease, microorganism and enzyme activities in soil.【Method】The biological organic fertilizer(BOF) was made by mixing the mature compost with functional bacteria in proportion to identify the effects in pot experiment.【Result and conclusion】The occurrence of wax gourd wilt disease decreased by applying BOF, and along with the increasing amount of fertilizer application, the efficacy was more significant. When the disease-control effect of CPC treatment was assigned as 0, the disease-control effects of the treatments of BOF1, BOF2 and BOF3 were 42.27%, 52.92% and 70.15%, respectively, which were higher than that of disease-control effect(31.91%) of organic fertilizer treatment; With the same amount of effective nutrients, the height, stem diameter, leaf width, and fresh mass of plant in BOF2 treatment were significantly higher than that of OF treatment, which indicated that the BOF could promote the growth of wax gourd. The number of bacteria and actinomycets in soil increased significantly by BOF, while the amount of fungi and *Fusarium oxysporum* in soil decreased. Urease, acid phosphatase, catalase and invertase activities in soil of BOF were higher than those of CK and CPC treatment. The results

showed that BOF could improve soil enzyme activities, adjust soil microbial community structure, improve the soil quality and fertility conditions, hence decrease the occurrence of the wax gourd wilt disease.

Key words: biological organic fertilizer; wax gourd wilt disease; soil microorganism; soil enzyme activity

冬瓜 *Benincasa hispida* Cogn. 为葫芦科草本植物,喜温耐热,产量高,耐贮运,是夏秋季重要蔬菜品种之一,仅广东、广西冬瓜年种植面积可达4万 hm^2 ^[1],然而近年来冬瓜枯萎病危害严重,一般发病率为20%~30%,严重的高达50%~80%,成为毁灭性灾害^[2].有关黄瓜、甜瓜、西瓜等瓜类枯萎病的研究早在20世纪70年代已有报道^[3-4],1985年Gertagh等^[5]报道导致冬瓜枯萎病的病原物是一种新的专化型——冬瓜枯萎病菌专化型 *Fusarium oxysporum* Schl. f. sp. *benincasae*.此后,谢双大等^[6]、曾华兰等^[7]和孙妍芳等^[2]均对冬瓜枯萎病菌的遗传特性及生物学特性进行了研究.帅正彬^[8]和陈云呈^[9]研究了防治枯萎病的方法,如农业防治上,选用抗病良种、轮作、嫁接换根等;化学防治如种子消毒、培养无病瓜苗等.生物防治具有无污染、不杀伤天敌、不会(或较少)产生抗药性、有利于人畜安全及环境保护、兼防兼治,且符合有机农业的发展要求,备受人们重视^[10].目前生物方法防治枯萎病在很多瓜类上均有研究,如黄瓜^[11]、甜瓜^[12]、苦瓜^[13]等,但冬瓜枯萎病的生物防治在国内鲜见报道.

生物有机肥是指将具有特定功能的微生物与腐熟的有机肥复合而成的一类兼具微生物肥料和有机肥效果的新型肥料.既有利于增产、改善农产品品质^[14],又可培肥土壤、调节土壤微生物结构^[15]、提高土壤酶活性^[16-17],从而改善作物根际土壤微生态环境,增强抗病力.本文通过盆栽试验研究生物有机肥对冬瓜枯萎病的防治效果,探讨施用生物有机肥对土壤微生物和土壤酶活性的影响及与防病效果的关系,为利用生物途径防治冬瓜枯萎病提供理论依据.

1 材料与方法

1.1 材料

菌种 AF11b,为华南农业大学资源环境学院土壤微生物学实验室采用利福平标记的解淀粉芽孢杆菌 *Bacillus amyloliquefaciens*,该菌株抗利福平质量浓度为100 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ^[18].冬瓜枯萎病菌 *F. oxysporum* Schl. f. sp. *benincasae*,由华南农业大学植物病理系王振中教授提供.冬瓜种子由广东省农业科学院蔬菜研究所瓜类研究室提供.

有机肥:由广州市永雄生物科技有限公司提供,以米糠、豆粕、玉米粉、花生麸等高纤维有机物为原

材料,添加固氮菌群、解磷细菌群和解钾细菌群等多种植物促生菌(Plant growth promoting rhizobacteria, PGPR),全N、全P、全K和有机质质量分数分别为41.6、7.5、16.5和678.5 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$,pH5.13.生物有机肥:将有机肥与菌种按100:1(100 g有机肥:1 mL菌液)混合而成,功能菌(AF11b)4.2 $\times 10^9$ cfu $\cdot \text{mL}^{-1}$.

供试土壤:由赤红壤发育而成的水稻土,采自华南农业大学农场.土壤pH 6.16,有机质为29.3 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$,碱解氮(N)为92.40 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,有效磷(P)为50.02 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾(K)为179.53 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

1.2 试验设计

试验于2013年3月20日—5月24日在华南农业大学塑料网室内进行.共设置6个处理:1)不施肥,不加病原菌(CK);2)不施肥,加病原菌(CPC);3)施有机肥,加病原菌,1 kg土施N 0.2 g(OF);4)施低量生物有机肥,加病原菌,1 kg土施N 0.1 g(BOF1);5)施中量生物有机肥,加病原菌,1 kg土施N 0.2 g,与OF处理等养分量(BOF2);6)施高量生物有机肥,加病原菌,1 kg土施N 0.3 g,肥料均作基肥一次与土壤混均施入(BOF3).种植60 d后收获,每盆种植1株冬瓜,每个处理15盆,共3个重复.不同处理的其他管理措施一致.

将完全长出2片子叶的冬瓜幼苗移栽到试验盆中,待其长出4~5片真叶,除CK处理外,其他处理均采用伤根法接入病原菌,接种量约5 $\times 10^6$ mL⁻¹^[19].

1.3 测定项目及方法

1.3.1 病情调查 从各处理出现发病情况起,每隔10 d调查1次,共调查5次.冬瓜枯萎病按发病严重程度分为5级^[7]:0级健株,无症状;1级病株25%以下叶片发病;2级病株26%~50%叶片表现症状;3级病株51%~90%叶片表现症状;4级病株几乎所有叶片表现症状,植株枯死或急性凋萎死亡.

病情指数 = $[\sum(\text{病级株数} \times \text{代表数值}) / (\text{株数总和} \times \text{发病最重级的代表数值})] \times 100$,

防病效果 = $[(\text{对照病情指数} - \text{处理病情指数}) / \text{对照病情指数}] \times 100\%$.

1.3.2 生物量调查 移栽第60天收获,分别测定株高、茎粗、叶宽和鲜质量.株高用卷尺测量从地面至主茎顶端生长点的高度;主茎直径采用游标卡尺测定距离茎基部2 cm处的直径;叶宽统一测定倒数

第 5 片叶;鲜质量用百分之一天平称量^[20].

1.3.3 土壤微生物数量测定 采用稀释涂平板法测定土壤中细菌、真菌、放线菌、尖孢镰刀菌数量. 细菌培养用牛肉膏蛋白胨培养基,放线菌培养用高氏 1 号培养基,真菌培养用孟加拉红培养基,尖孢镰刀菌培养用尖孢镰刀菌选择性培养基^[21]. 冬瓜苗移栽时(0 d)取根际土样 1 次,生长期间每隔 20 d 取土样 1 次,共取 4 次根际鲜土样. 尖孢镰刀菌数量从幼苗长出 4~5 片叶接入病原菌后开始测定,每隔 20 d 取土样 1 次,共取 3 次根际鲜土样.

1.3.4 土壤酶活性测定 脲酶活性测定采用靛酚蓝比色法,酸性磷酸酶活性测定采用氯代二溴对苯醌亚胺比色法,蔗糖酶活性测定采用 3,5-二硝基水杨酸(DNS)比色法,过氧化氢酶活性测定采用高锰酸钾滴定法^[22].

1.4 统计方法

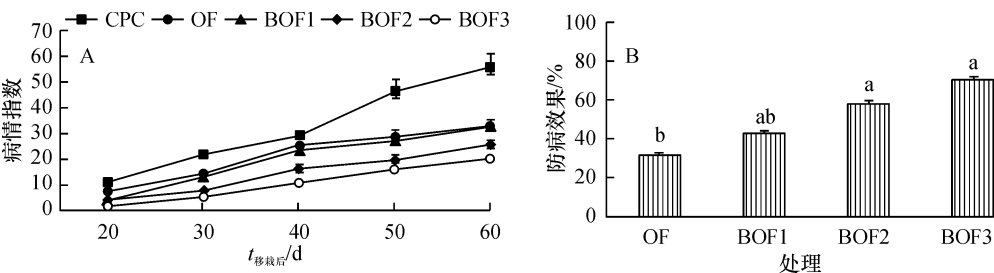
利用SAS9.0软件对数据进行统计分析,采用

Duncan’s 法对数据进行差异显著分析,图表用 Excel 2007 进行制作.

2 结果与分析

2.1 生物有机肥对冬瓜枯萎病的防治效果

CPC 处理发病时,幼苗顶端有失水现象. 在接入病原菌后第 14 天(即移栽 20 d)开始发病,至第 60 天,CPC 处理的病情指数一直保持最高;生物有机肥施用量越高,病情指数越低,防病效果越好,说明施用生物有机肥对冬瓜枯萎病的防治具有显著效果. 各处理病情指数随着冬瓜的生长都在上升,第 60 天调查时,CPC 处理病情指数达到 55.36(图 1A). 将 CPC 处理防效指定为 0,OF 处理防效为 31.91%,BOF1、BOF2 和 BOF3 处理防效分别为 42.27%、57.92% 和 70.15%(图 1B). 在等养分条件下,BOF2 处理的病情指数比 OF 处理下降了 26.01%,说明生物有机肥的防病能力显著高于有机肥.



B 图柱子上凡是有有一个相同小写字母者,表示差异不显著(P>0.05,Duncan’s 法).

图 1 不同处理对冬瓜枯萎病病情指数和防病效果的影响

Fig.1 Influences of different treatments on the index of wax gourd wilt disease and disease-control effect

2.2 生物有机肥对冬瓜生物量的影响

从表 1 可以看出,移栽第 60 天时,CK 处理在株高、茎粗、叶宽、鲜质量方面均高于 CPC 处理,说明枯萎病的发生影响了冬瓜的生长. OF 处理和 3 个 BOF 处理的各项生物量指标均高于 CPC 处理,说明有机肥和生物有机肥均有促生作用,在养分条件相同的

条件下,BOF2 处理的株高、茎粗、叶宽和鲜质量比 OF 处理分别高 17.12%、10.15%、13.32% 和 8.03%,说明生物有机肥在促进冬瓜生长方面比有机肥更加显著;生物有机肥处理施肥量越高,促生效果越好.

表 1 不同处理对冬瓜生物量的影响¹⁾

Tab.1 Effects of different treatments on the biomass of wax gourd

处理	株高/cm	茎粗/mm	叶宽/cm	鲜质量/g
CK	170.84 ± 10.29 de	8.97 ± 0.14d	15.33 ± 0.60 cd	163.62 ± 5.16c
CPC	156.61 ± 4.01e	8.99 ± 0.20d	14.41 ± 0.63d	130.42 ± 3.59d
OF	196.13 ± 11.04 cd	9.56 ± 0.25 cd	16.14 ± 0.48 bc	166.59 ± 4.67c
BOF1	203.81 ± 6.65 bc	9.75 ± 0.16c	17.28 ± 0.39 ab	173.83 ± 5.00c
BOF2	229.71 ± 11.00 ab	10.53 ± 0.36b	18.29 ± 0.39a	181.14 ± 5.08 ab
BOF3	232.97 ± 9.80a	11.40 ± 0.31a	19.59 ± 0.38a	191.40 ± 4.68a

1) 表中数据为 3 次重复的平均值 ± 标准误,同列数据后凡是有有一个相同小写字母者,表示差异不显著(Duncan’s 法, P>0.05).

2.3 生物有机肥对土壤中主要微生物菌群数量的影响

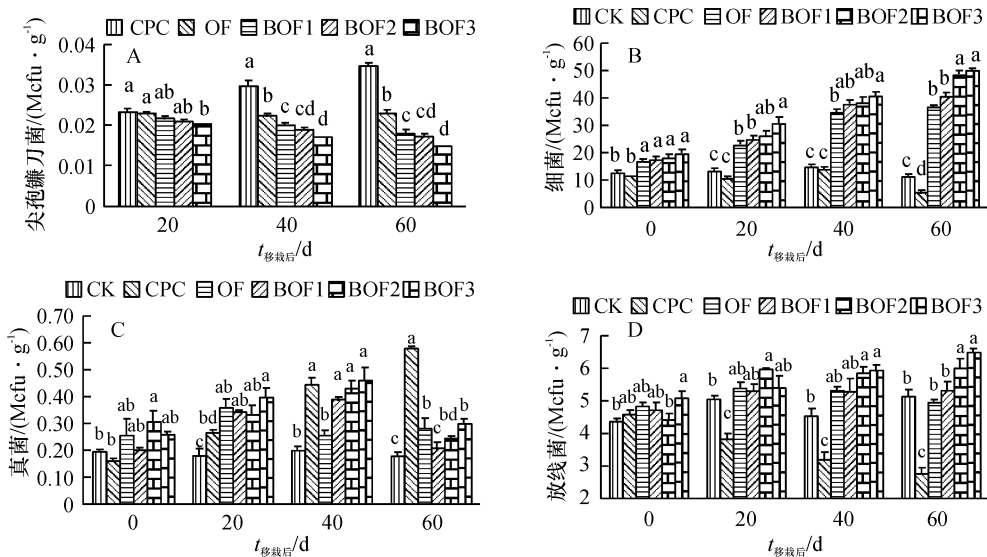
2.3.1 尖孢镰刀菌数量 从图2A可以看出,经过3次采样检测,生物有机肥处理都不同程度地降低了尖孢镰刀菌的数量.在有效养分相同的情况下,第40天和第60天检测时,BOF2处理土壤中尖孢镰刀菌数量显著低于OF处理,说明生物有机肥中的功能菌可以有效抑制土壤中尖孢镰刀菌的增长,降低感病概率,且各生物有机肥处理土壤中尖孢镰刀菌的数量随着施肥量的增加而减少.

2.3.2 细菌数量 从图2B可以看出,OF处理和3个生物有机肥处理的土壤中细菌含量均高于CK处理和CPC处理,并随着移栽天数的增加呈上升趋势,说明有机肥和生物有机肥都能够促进细菌的繁殖,在有效养分相同的情况下,BOF2处理土壤中细菌含

量显著高于OF处理,说明生物有机肥比有机肥能更有效地增加土壤中细菌的数量.

2.3.3 真菌数量 从图2C可以看出,CPC处理土壤中真菌含量呈上升趋势,3个不同用量生物肥处理在第40天时,土壤中真菌含量达到最高,随后逐渐减少,在第60天测定时,OF处理真菌含量高于BOF2处理,但差异不显著.

2.3.4 放线菌数量 从图2D可以看出,3个生物有机肥处理在移栽后第20—60天采样测定的土壤中放线菌含量均高于其他处理,CPC处理随着移栽天数的增加土壤中放线菌含量逐渐下降,说明生物有机肥可以促进放线菌的繁殖;BOF1处理和OF处理4次测定结果差异不显著,但生物有机肥施肥量越大,放线菌含量越高.



各图中相同移栽时间不同柱子上凡是有有一个相同小写字母者,表示差异不显著($P>0.05$, Duncan's 法).

图2 不同处理对土壤中尖孢镰刀菌、细菌、真菌及放线菌数量的影响

Fig.2 Effects of different treatments on the amount of *Fusarium oxysporum* , bacteria, fungi and actinomycetes in soil

2.3.5 土壤中主要微生物菌群数量与病情指数的相关分析 统计各处理的病情指数,并结合4次采样所测得的土壤主要微生物菌群数量进行相关性分析,结果(表2)表明,尖孢镰刀菌与病情指数、真菌呈极显著的正相关,真菌与病情指数呈显著正相关,说明土壤中尖孢镰刀菌的存在是引起冬瓜枯萎病的

主要因素,并且土壤中真菌含量的增多会增加病害的发生.土壤中放线菌与病情指数呈极显著负相关,细菌与病情指数呈负相关,但并不显著,细菌与放线菌数量均与土壤中尖孢镰刀菌的数量呈极显著负相关性,说明土壤中细菌和放线菌数量的增加有利于降低病害的发生.

表2 病情指数与土壤中主要微生物菌群数量的相关分析¹⁾

Tab.2 Correlation analysis of disease index and the number of soil microorganisms

相关因子	病情指数	尖孢镰刀菌	细菌	真菌	放线菌
病情指数	1				
尖孢镰刀菌	0.679 **	1			
细菌	-0.044	-0.826 **	1		
真菌	0.286 *	0.535 **	0.113	1	
放线菌	-0.408 **	-0.839 **	0.702 **	-0.215	1

1) “*”、“**”分别表示0.05、0.01的相关水平.

2.4 生物有机肥对土壤酶活性的影响

2.4.1 脲酶活性 土壤中脲酶是唯一对尿素的转化具有重大影响的酶^[23]. 土壤存在着能生成脲酶的微生物,在土壤中添加能促进微生物活动的有机物质能使土壤中的脲酶活性增强^[24]. 由表 3 可见,在冬瓜整个生长期不同施肥处理脲酶活性变化相似,呈现先降低后上升的趋势,第 60 天时 CPC 处理比 CK 处理的脲酶活性稍低,说明病原菌会影响土壤脲酶的活性. 3 个不同用量生物肥处理在第 1 次采样

时脲酶活性高于其他 3 个处理,这可能是由于生物有机肥的施用刺激了土壤中脲酶的活性. 在第 20 天,各处理的脲酶活性降低可能与植株发病有关,至第 60 天,3 个不同用量生物肥处理和 OF 处理脲酶活性均高于 CK 和 CPC 处理,说明施用生物有机肥和有机肥均可以提高土壤中脲酶活性,生物有机肥在提高土壤脲酶活性方面的作用较有机肥更明显,且随着生物有机肥用量的增加而提高.

表 3 不同处理对土壤中脲酶活性的影响
Tab.3 Effects of different treatments on enzyme activities of urease in soil

处理	不同移栽天数的脲酶活性 ¹⁾ /(mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹)			
	0 d	20 d	40 d	60 d
CK	85.6±2.6b	47.9±8.0 cd	97.8±19.3b	151.8±2.2a
CPC	81.1±1.2b	56.5±2.2 cd	115.7±2.7b	128.1±1.7ab
OF	102.2±14.2 ab	79.6±7.3b	186.8±38.8a	145.1±23.7a
BOF1	118.2±7.0a	45.3±2.5d	105.7±19.7b	135.2±35.6a
BOF2	130.1±3.7a	62.2±1.0c	134.3±13.5 ab	174.6±8.7a
BOF3	127.5±17.8a	139.5±7.3a	139.0±16.5 ab	186.8±9.5a

1)表中数据为 3 次重复的平均值±标准误,同列数据后凡是有一个相同小写字母者,表示差异不显著(Duncan's 法, $P>0.05$)

2.4.2 酸性磷酸酶活性 磷酸酶主要来源于植物根系和土壤微生物的分泌物,对土壤中有有机磷的水解有重要贡献,其活性的高低甚至可以用作诊断植株磷素丰缺的指标^[25]. 由表 4 可见,CPC 处理在第 40 天后的酸性磷酸酶活性可能由于发病严重的原因持续下降;3 个不同用量生物肥处理的变化趋势相

似,在第 40 天土壤酸性磷酸酶的活性下降到最低,至第 60 天,3 个不同用量生物肥处理酸性磷酸酶的活性差异不显著,OF 处理的酸性磷酸酶活性比 3 个不同用量生物肥处理低,说明生物有机肥中的功能菌能够在抵抗植株发病的情况下提高土壤中酸性磷酸酶活性.

表 4 不同处理对土壤中酸性磷酸酶活性的影响
Tab.4 Effects of different treatments on enzyme activities of acid phosphatase in soil

处理	不同移栽天数的酸性磷酸酶酶活性 ¹⁾ /(mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹)			
	0 d	20 d	40 d	60 d
CK	373.1±4.0a	350.3±2.3ab	345.2±4.6ab	349.8±9.5a
CPC	369.9±7.7a	356.2±3.4a	343.3±0.09b	348.2±2.8a
OF	375.9±4.2a	355.1±11.0a	341.0±0.38b	344.1±1.6a
BOF1	373.5±6.5a	360.7±5.0a	355.8±0.34a	357.9±4.9a
BOF2	366.8±0.7a	354.0±4.6a	346.6±2.0ab	358.3±3.4a
BOF3	361.5±4.3ab	327.2±20.7b	351.2±0.76ab	357.9±7.7a

1)表中数据为 3 次重复的平均值±标准误,同列数据后凡是有一个相同小写字母者,表示差异不显著(Duncan's 法, $P>0.05$).

2.4.3 过氧化氢酶活性 过氧化氢酶可促进土壤中多种化合物的氧化,防止过氧化氢酶积累对生物体造成毒害. 过氧化氢酶活性与好氧微生物数量、土壤肥力密切相关,它可以表示土壤氧化过程的强度^[26]. 由表 5 可见,不同施肥处理对土壤过氧化氢

酶活性的影响总体呈上升趋势,其中 BOF1 处理的过氧化氢酶活性一直高于其他处理. 所有处理在后期过氧化氢酶活性无显著差异,说明生物有机肥和有机肥对过氧化氢酶的活性影响较小.

表 5 不同处理对土壤过氧化氢酶活性的影响¹⁾

Tab.5 Effects of different treatments on enzyme activities of catalase in soil

处理	不同移栽天数的过氧化氢酶活性/(mL·g ⁻¹ ·d ⁻¹)			
	0 d	20 d	40 d	60 d
CK	1.61 ± 0.03b	1.78 ± 0.00bc	2.01 ± 0.02a	2.21 ± 0.17a
CPC	1.63 ± 0.02b	1.84 ± 0.05ab	1.99 ± 0.01a	2.11 ± 0.02a
OF	1.61 ± 0.01b	1.71 ± 0.03c	2.02 ± 0.03a	2.08 ± 0.05a
BOF1	1.74 ± 0.01a	1.88 ± 0.02a	2.04 ± 0.00a	2.33 ± 0.10a
BOF2	1.58 ± 0.03b	1.83 ± 0.01ab	1.97 ± 0.01a	2.09 ± 0.05a
BOF3	1.61 ± 0.04b	1.82 ± 0.01ab	1.87 ± 0.04b	2.09 ± 0.02a

1)表中数据为3次重复的平均值±标准误,同列数据后凡是有一个相同小写字母者,表示差异不显著(Duncan's法, $P>0.05$).

2.4.4 蔗糖酶活性 蔗糖酶可使不能直接被植物吸收的蔗糖分解成葡萄糖和果糖,活性大小可以间接表征土壤中有有机碳的转化情况^[27],也可以作为评价土壤熟化程度和土壤肥力水平的一个指标^[22].由表6可见,移栽后40~60 d,3个不同用量生物肥处理和OF处理的土壤蔗糖酶活性均高于CK和CPC处理,其中土壤蔗糖酶活性随着生物有机肥施用量的增加而提高,至第60天,OF处理和3个不同用量生物肥处理的土壤蔗糖酶活性比CPC处理分别高68.58%、61.95%、86.29%和96.59%.说明生物有机肥和有机肥均能提高土壤中蔗糖酶的活性,且生物有机肥的施用量越高,效果越明显.

表 6 不同处理对土壤蔗糖酶活性的影响

Tab.6 Effects of different treatments on enzyme activities of invertase in soil

处理	不同移栽天数的蔗糖酶活性 ¹⁾ /(mg·g ⁻¹ ·d ⁻¹)			
	0 d	20 d	40 d	60 d
CK	2.53 ± 0.08bc	1.71 ± 0.08b	2.16 ± 0.11e	2.05 ± 0.16cb
CPC	2.22 ± 0.19cd	2.67 ± 0.12a	2.34 ± 0.04de	1.88 ± 0.05c
OF	3.29 ± 0.13a	2.78 ± 0.05a	4.43 ± 0.32a	4.17 ± 0.28a
BOF1	2.75 ± 0.00b	2.55 ± 0.34a	2.82 ± 0.12 cd	3.04 ± 0.75 ab
BOF2	2.83 ± 0.07 ab	2.87 ± 0.18a	3.04 ± 0.18cb	3.50 ± 0.13a
BOF3	2.01 ± 0.30d	2.87 ± 0.09a	3.38 ± 0.03b	3.70 ± 0.24a

1)表中数据为3次重复的平均值±标准误,同列数据后凡是有一个相同小写字母者,表示差异不显著(Duncan's法, $P>0.05$).

3 讨论和结论

本研究结果表明,施用生物有机肥可以有效防治冬瓜枯萎病,生物有机肥的施用量越高,其防治效果越好,这与任爽等^[13]对苦瓜枯萎病及高雪莲等^[12]对甜瓜枯萎病的研究结果一致. BOF3 的防效达到70.15%,比BOF1和BOF2分别提高了27.88%和12.20%,这可能与生物有机肥中拮抗菌能在植物根表或根内定殖有关^[18],也可能是由于拮抗菌直接的抑菌作用^[28].生物有机肥的施用对冬瓜的生长有明显的促生效果,使冬瓜的抗病性增强.

与单接病原菌处理比较,生物有机肥的施入显著提高了土壤中细菌和放线菌的数量,降低了真菌的数量,显著降低了土壤中尖孢镰刀菌的数量,这与以往的研究结果一致^[10, 12-13].生物有机肥调节和改善了土壤中微生物菌落结构,从而起到防病、抑病的作用.这与生物有机肥中的功能菌能够有效抑制尖

孢镰刀菌和真菌的生长有关.

土壤酶在生态系统的有机质分解和养分循环所必须的催化反应中起重要作用^[29].已有研究表明,土壤酶与土壤肥力直接相关^[17, 30-31],还有人建议将土壤蔗糖酶、脲酶、磷酸酶、过氧化氢酶4种酶作为评价土壤肥力的指标^[24].本研究结果表明,施用生物有机肥能够提高上述这4种酶的活性,但并没有因为生物有机肥施用量的变化而表现出一定的规律性,这与任爽等^[13]的研究结果一致,即随着施肥量的增加,酶的活性也逐渐增强且存在差异.施用生物有机肥以后,土壤中4种土壤酶活性均高于其他处理,可能是生物有机肥提高了土壤中微生物的多样性,有益于微生物繁殖,使土壤微生物的代谢更加旺盛,从而提高了土壤酶的活性.

施用生物有机肥可显著提高土壤中细菌和放线菌的数量,提高土壤酶的活性,降低真菌的数量和土壤中尖孢镰刀菌的数量,促进冬瓜生长,显著降低了

冬瓜枯萎病的发病率. 研究结果可为利用生物有机肥防治冬瓜枯萎病提供参考.

参考文献:

- [1] 谢大森,何晓明,何素娟,等. 冬瓜枯萎病菌与节瓜枯萎病菌的差异比较[J]. 华南农业大学学报,2006, 27(2): 45-47.
- [2] 孙妍芳,李爱华. 尖孢镰刀菌冬瓜专化型鉴定初报[J]. 陕西农业科学,1995, 5(26): 92-95.
- [3] 吴营昌,王守正. 瓜类枯萎病菌尖孢镰孢专化型研究初报[J]. 河南农业大学学报,1996, 30(1): 89.
- [4] 戚佩坤. 瓜类枯萎病菌专化型研究简介[J]. 华南农业大学学报,1995, 16(4): 110-114.
- [5] GERLAGH M, ESTER A. *Fusarium oxysporum* f. sp. *benincasae*, a new adaptation of *Fusarium oxysporum* to a cucurbitaceous crop[J]. Mededelingen van Faculteit Landbouwetenschappen Rijksuniversiteit Gent, 1985, 50(3b): 1045-1048.
- [6] 谢双大,朱天圣,虞皓,等. 冬瓜与节瓜枯萎病菌专化型鉴定[J]. 植物病理学报,1994, 24(3): 244.
- [7] 曾华兰,叶鹏盛,何炼. 冬瓜品种抗枯萎病鉴定及方法研究[C].//中国植物病理学会. 中国植物病理学会学术年会论文集. 北京:中国植物病理学会, 2004: 5.
- [8] 帅正彬. 冬瓜枯萎病的防治方法[J]. 农家科技, 1996(1): 42.
- [9] 陈云呈. 冬瓜枯萎病的发生与综合防治[J]. 福建农业, 2008(5): 25.
- [10] 袁英英,李敏清,胡伟,等. 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.
- [11] 张树生,梅淑芳,赵华. 生物有机肥缓解黄瓜枯萎病的生物效应[J]. 浙江农业科学,2011, 5(5): 52.
- [12] 高雪莲,邓开英,张鹏,等. 不同生物有机肥对甜瓜土传枯萎病防治效果及对根际土壤微生物区系的影响[J]. 南京农业大学学报, 2012, 35(6): 55-60.
- [13] 任爽,柳影,曹群,等. 不同用量生物有机肥对苦瓜枯萎病防治及土壤微生物和酶活性的影响[J]. 中国蔬菜, 2013(10): 56-63.
- [14] 何随成,江志阳,尹微,等. 生物有机肥对提高土壤肥力及作物品质等综合效果研究[J]. 腐植酸, 2006, 1(1): 39-44.
- [15] 赵兰凤,胡伟,刘小锋,等. 生物有机肥对香蕉根际土壤生物多样性的影响[J]. 华南农业大学学报, 2013, 34(2): 144-148.
- [16] 张静,杨江舟,胡伟,等. 生物有机肥对大豆红冠腐病及土壤酶活性的影响[J]. 农业环境科学学报,2012, 31(3): 48-54.
- [17] 张鹏,贾志宽,路文涛,等. 不同有机肥施用量对宁南旱区土壤养分、酶活性及作物生产力的影响[J]. 植物营养与肥料科学,2011,17(5): 1122-1130.
- [18] 胡伟,赵兰凤,张亮,等. 香蕉枯萎病生防菌 AF11 的鉴定及其定殖研究[J]. 中国生物防治学报, 2012, 28(3): 387-393.
- [19] 谢大森,何晓明,何素娟. 冬瓜,节瓜枯萎病菌人工接种技术研究[J]. 广西农业生物科学, 2003, 22(2): 92-95.
- [20] 王艳霞. 生物复混肥的肥效及其对土壤微生物生态的影响[D]. 广州:华南农业大学, 2005.
- [21] 韩宝坤,杜艳华. 非无菌操作下分离尖孢镰刀菌的培养基[J]. 植物病理学报, 2001, 31(4): 373.
- [22] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986: 274-323.
- [23] 王冬梅,王春枝,韩晓日,等. 长期施肥对棕壤主要酶活性的影响[J]. 土壤通报,2006, 37(2): 263-267.
- [24] 周礼恺. 土壤酶学[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [25] 刘芷宇. 植物的磷素营养和土壤磷的生物有效性[J]. 土壤, 1992, 24(2): 97-101.
- [26] 樊军,郝明德. 黄土高原旱地轮作与施肥长期定位试验研究: I: 长期轮作与施肥对土壤酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料科学, 2003, 9(1): 9-13.
- [27] FORMAN R T. Some general principles of landscape and regional ecology[J]. Landsc Ecol, 1995, 10(3): 133-142.
- [28] 张慧,杨兴明,冉炜,等. 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.
- [29] ALLISON V J, CONDRON L M, PELTZER D A, et al. Changes in enzyme activities and soil microbial community composition along carbon and nutrient gradients at the Franz Josef chronosequence, New Zealand[J]. Soil Bio Biochem, 2007, 39(7): 1770-1781.
- [30] 丁雷,李俊华,赵思峰,等. 生物有机肥和拮抗菌对土壤有效养分和土壤酶活性的影响[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(3): 504-510.
- [31] 张炎华,吴敏,何鹏. 土壤酶活性与土壤肥力关系的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(34): 1113-1114.

【责任编辑 周志红】