

吴晓宗,曾 强,李红丽,等. 拮抗菌生物有机肥对植烟土壤和烟草青枯病的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(15):88-91.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.15.022

拮抗菌生物有机肥对植烟土壤和烟草青枯病的影响

吴晓宗^{1,3}, 曾 强², 李红丽², 李小龙², 王淑玉¹, 沈建平², 王 岩¹

(1. 郑州大学化工与能源学院, 河南郑州 450001; 2. 福建省烟草公司邵武分公司, 福建邵武 354000;

3. 郑州轻工业学院食品与生物工程学院, 河南郑州 450002)

摘要:以常规施肥为对照,比较分析移栽前、团棵期、旺长期、成熟期 4 个生长阶段施用拮抗菌生物有机肥对烟株根际与非根际土壤养分、微生物数量及烟草青枯病的影响。结果表明,与常规施肥相比,施用生物有机肥的土壤 pH 值有所降低,根际土壤碱解氮、速效磷的含量有所升高,非根际土壤的碱解氮含量没有明显变化,根际与非根际土壤的细菌数量均低于常规施肥;施用生物有机肥的烟草青枯病发病率、病情指数比常规施肥低,烟株移栽 95 d 时的防效为 31.43%;烟叶产量、上等烟的比例高于常规处理,产值增加 3 039.30 元/hm²。

关键词:生物有机肥;土壤微生物;土壤养分;烟草;青枯病

中图分类号: S572.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)15-0088-03

烟草青枯病是由青枯雷尔氏菌(*Ralstonia solanacearum*)引起的土传病害,其发生不仅与高温高湿的气候有关,还与土壤种类、土壤养分、连作情况、移栽时期、中期管理等有关,难以进行有效防治^[1-3]。近年来,人们选育出对病原菌具有拮抗效果的微生物,并制成生物有机肥用来防治土传病害,不仅能改变土壤微生物区系、增加有益微生物数量、增强烟株抗病性,而且能改善植物根际的微生态环境,促进根系生长和对养分的吸收,同时还可以改善和修复土壤生态环境、减少化肥和农药的使用,突破了有机肥传统的肥料效果,得到广泛的应用^[4-5]。本试验是将从福建省邵武市青枯病发病严重的原位土壤中筛选出拮抗菌^[6]制成拮抗菌生物有机肥,考查施用该生物有机肥对邵武地区烟草生长环境的影响及防治青枯病的效果,为抗青枯病生物有机肥的进一步应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 拮抗菌生物有机肥的配制

拮抗菌生物有机肥由福建省邵武烟草公司提供。有机肥为秸秆与动物粪便按 8:2 混合的堆肥;拮抗微生物菌剂 T5 由郑州大学提供,其基本生物性状见文献^[6],在堆肥温度降至 40 ℃ 以下时进行接种,接种量为 10⁸ CFU/g。

1.2 试验设计

试验于 2014 年 3—8 月在邵武市徐溪村青枯病常发烟田进行,该地块 2012 年、2013 年连续 2 年青枯病发病非常严重。试验设 2 个处理:处理 1 为常规施肥(对照),即施烟叶专用肥+化肥+有机肥;处理 2 施生物有机肥,即施烟叶专用

肥+化肥+生物有机肥。烟叶专用肥、化肥的施用量一致,N:P₂O₅:K₂O 比例为 1:0.8:2.7,折算为纯氮用量 136.35 kg/hm²;生物有机肥的施用量与常规有机肥的施用量相等。完全随机区组设计,重复 3 次,每小区面积为 132 m²,设有保护行,烟株的种植密度为 1.65 万株/hm²,株行间距为 0.5 m×1.2 m。施肥在植烟移苗前进行,采用分层方法施肥,其他大田管理措施按邵武市优质烟生产技术规程进行。

1.3 测定内容及方法

分别在烟株移栽前、团棵期(移栽后 35 d)、旺长期(移栽后 60 d)、采摘期(移栽后 90 d),采用 5 点取样法,随机选取长势良好的烟株,去除烟株根部表层土,将烟株连根拔起,抖掉根系外围土,取紧贴根表附近的土样,同时在附近未种烟草的同一处理地块取非根际土样^[7];采用稀释平板法测定土壤微生物数量^[8],细菌、真菌、放线菌分离培养基分别为牛肉膏蛋白胨琼脂、马铃薯蔗糖琼脂、高氏 1 号琼脂,采用电位法测定 pH 值,分别采用碱解扩散法、火焰分光光度计法、酸性氟化铵法测定土壤的碱解氮、速效钾、速效磷的含量^[9-10]。分别在烟株移栽后 85、95、105 d,依据《烟草病虫害分级及调查方法》(GB/T 23222—2008)记录青枯病的病情级数,以株为单位分组调查病害严重程度,统计发病率、病情指数与防控效果,计算公式为

发病率 = (病株数/总株数) × 100% ;

病情植株 = \sum (病情级数 × 相应的病株数) / (最大病情级数 × 调查总株数) × 100% ;

防控效果 = (对照病情指数 - 处理病情指数) / 对照病情指数 × 100% 。

1.4 数据统计分析

采用 Excel 2007、SPSS 19.0 软件对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 施肥对根际与非根际土壤 pH 值的影响

土壤 pH 值是影响土壤养分转化及有效性的决定因素之一,同时对土壤微生物数量和种类也会产生影响,是影响烟草

收稿日期:2016-05-07

基金项目:福建省烟草公司南平市公司科技项目(编号:NYK2012-14-3);河南省重点科技攻关(编号:132102110050)。

作者简介:吴晓宗(1981—),男,山西应县人,博士,讲师,主要从事微生物研究。Tel:(0371)67781062;E-mail:wuxzong@126.com。

通信作者:李红丽,博士,讲师,主要从事环境微生物技术研究。Tel:(0371)67781062;E-mail:lihonglihn@zzu.edu.cn。

生长发育、烟叶产量和品质的重要因素^[11]。有研究表明,福建烟区土壤以酸性为主,pH 值在 3.5~7.0 之间,大多土壤的 pH 值低于 5.5^[12-13]。由图 1 可知,随烟株生长发育,2 种施肥处理的土壤 pH 值呈先升后降趋势,烟株旺长期达到最大值;烟株根际土壤的 pH 值高于非根际土壤,说明烟株根系在生长过程中会分泌碱性物质以提高根际土壤 pH 值,或是根系分泌的生物酶可以破开土壤胶体吸附的氢离子以减少酸性物质的形成;处理 2 根际与非根际土壤的 pH 值在烟株团棵期、旺长期、采摘期均低于处理 1,尤其在旺长期,处理 2 根际土壤的 pH 值为 5.43,明显低于处理 1 根际土壤 pH 值(5.63),说明施用拮抗生物有机肥可降低烟株生长土壤的 pH 值。

2.2 施肥对土壤养分的影响

优质烤烟生产通常要求土壤氮素和有机质含量适中,磷、钾及微量营养元素含量丰富。土壤养分的变化尤其是烟株根际土壤养分的变化,往往会造成根际微生物区系的变化,对烟株抵抗青枯病造成一定的影响^[14-15]。由表 1 可知,根际土壤在烟株移栽前到团棵期,由于根系对肥料的吸收和聚集,除处理 1 的碱解氮含量变化不显著外,其他各处理的碱解氮、速效

表 1 施肥对根际土壤养分的影响

处理	烟株生长时期	根际土壤养分含量 (mg/kg)			非根际土壤养分含量 (mg/kg)		
		碱解氮	速效磷	速效钾	碱解氮	速效磷	速效钾
1	移栽前	128.20 ± 7.72b(b)	43.28 ± 3.34d(c)	160.78 ± 10.71d(a)	128.20 ± 7.72b(b)	43.28 ± 3.34d(c)	160.78 ± 10.71d(a)
	团棵期	129.54 ± 11.83b(b)	65.54 ± 6.14c(c)	336.96 ± 29.87b(a)	172.90 ± 16.33a(b)	67.84 ± 7.31c(c)	344.38 ± 22.97b(a)
	旺长期	153.32 ± 12.92a(b)	73.38 ± 6.19a(b)	450.23 ± 34.31a(a)	171.51 ± 17.07a(b)	76.48 ± 8.39b(c)	370.86 ± 26.44a(a)
	采摘期	148.03 ± 8.21a(b)	65.01 ± 6.01b(b)	291.48 ± 16.96c(a)	156.82 ± 15.24a(b)	62.97 ± 5.97a(c)	246.24 ± 20.76c(a)
2	移栽前	127.90 ± 7.46c(b)	43.12 ± 3.31c(c)	162.28 ± 10.33c(a)	127.90 ± 7.46b(b)	43.12 ± 3.31c(c)	162.28 ± 10.33c(a)
	团棵期	185.48 ± 15.21a(b)	67.57 ± 7.09b(b)	302.87 ± 27.36b(a)	177.10 ± 15.97a(b)	61.08 ± 4.36c(c)	301.86 ± 24.24b(a)
	旺长期	169.38 ± 14.75b(b)	80.94 ± 8.53a(b)	436.12 ± 48.74a(a)	187.13 ± 17.86a(b)	73.51 ± 7.12a(b)	427.73 ± 35.03a(a)
	采摘期	162.44 ± 10.58b(b)	72.03 ± 7.84a(b)	270.33 ± 16.13b(a)	186.18 ± 18.18a(b)	65.27 ± 5.75b(c)	262.39 ± 20.01c(a)

注:表中数据为平均值 ± 标准差。同列数据后不带括号的相同小写字母表示同一处理不同时期的同一养分含量间差异显著($P < 0.05$),同行数据后带括号的相同小写字母表示根际或非根际同一时期不同养分间的含量差异显著($P < 0.05$)。

2.3 施肥对土壤微生物的影响

土壤微生物的种类、数量与土壤种类、气候条件等当地自然生态及轮作、施肥等农业生产措施密切相关,当这些生态条件或农业措施发生改变时,土壤微生物的种类和数量也会相应发生变化^[16]。由表 2 可见,使用拮抗生物有机肥,对土壤微生物细菌、真菌和放线菌的数量产生较大影响;在健康烟株生长期,2 个处理土壤的细菌数量呈逐渐增大趋势,各生长期的细菌数量均显著高于移栽前($P < 0.05$);根际土壤的细菌数量高于非根际土壤,说明根际土壤微生物区系的细菌更为活跃;处理 2 的根际土壤细菌数量低于同期的处理 1,可能是因为处理 1 的青枯病发生相对较重,诱导拮抗菌成为根际优势菌;随健康烟株的生长,处理 1 根际、非根际土壤的真菌数量呈先升后降趋势,并在旺长期数量相对最多,处理 2 根际、非根际土壤的真菌数量变化较小,说明烟株生长过程中,施用生物有机肥可使土壤碳素和能源利用较为稳定;放线菌数量比烟株移植前有不同程度提高,这是由于放线菌与土壤腐殖质含量有关,可以利用烟株的根系纤维素,但这种数量变化在统计学上意义相对不大。

2.4 施肥对烟株青枯病发病的影响

由表 3 可知,发病烟田中施入拮抗生物有机肥,青枯病的发生有明显减轻,处理 2 的发病率、病情指数均低于处理 1;

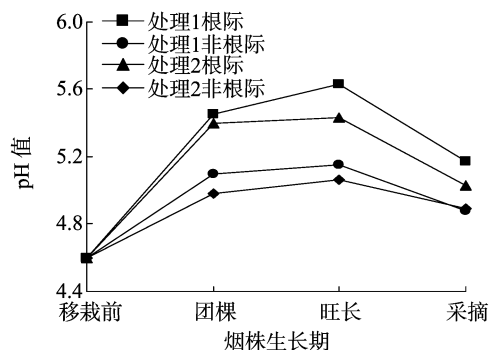


图 1 施肥对烟株土壤 pH 值的影响

磷、速效钾的含量都显著高于移栽前($P < 0.05$);除处理 2 的碱解氮含量在团棵期时相对最高,为 185.48 mg/kg 外,2 个处理土壤其他养分含量均在旺长期时相对最高,且显著高于移栽前和团棵期($P < 0.05$);处理 2 各生长阶段根际土壤的碱解氮和速效磷含量高于处理 1,而速效钾含量低于处理 1。对烟株非根际土壤而言,各生长期的速效磷、速效钾含量呈先增后减趋势外,碱解氮含量差异不显著,变化趋势平缓。

移栽后 85 d,处理 2 烟株的发病率、病情指数、防控效果分别为 21.33%、6.37%、10.41%,移栽后 95 d 的防控效果为 31.43%,说明施用生物有机肥不仅可有效抑制烟草青枯病的发生,还能降低烟株的病情指数,提高防控效果,这可能是因为烟草根际土壤从施肥中获得青枯病拮抗菌,并具有一定的定殖能力,给烟株根际提供较大数量的有益拮抗菌群,在根际微生物区系中形成相对规模的优势菌。

2.5 各处理经济性状对比

由表 4 可见,处理 2 的烟叶产量、上等烟比例、平均单叶质量、经济效益均高于处理 1,说明施用拮抗生物有机肥,可明显提高烟叶种植的经济效益,增效达 3 039.30 元/hm²,有较高的应用价值。

3 结论与讨论

青枯病怕碱喜酸,易在偏酸性的土壤中发病,有研究表明,土壤理化性状尤其是 pH 值与烟草青枯病的发生有密切关系^[17],调节土壤酸碱度可防控青枯病的发生^[18];而施用拮抗菌制成的生物有机肥对植物病害具有良好的防控效果,不仅满足植物的生长需要,还为拮抗菌提供足够的营养物质,使其在根际土壤微生物区系中更易成为优势菌^[19-20]。本试验施用拮抗生物肥,并未导致土壤 pH 值的降低,其对青枯病明

表 2 施肥对土壤微生物数量变化的影响

处理	烟株生长时期	细菌数量(×10 ⁶ CFU/g)		真菌数量(×10 ⁴ CFU/g)		放线菌数量(×10 ⁴ CFU/g)	
		非根际	根际	非根际	根际	非根际	根际
1	移栽前	0.33 ±0.05d	0.33 ±0.05e	1.71 ±0.12c	1.69 ±0.09d	1.37 ±0.21d	1.36 ±0.20c
	团棵期	4.73 ±0.51c	8.93 ±0.23c	3.47 ±0.31b	2.80 ±0.26c	2.27 ±0.31ab	1.43 ±0.13c
	旺长期	13.13 ±0.58b	13.73 ±0.31b	5.80 ±0.53a	8.20 ±0.62a	2.47 ±0.22a	3.20 ±0.20b
	采摘期的健康烟株	14.73 ±0.50a	19.13 ±0.70a	3.73 ±0.42b	5.87 ±0.51b	2.07 ±0.21b	3.20 ±0.28b
	采摘期的发病烟株	4.67 ±0.31c	3.33 ±0.31d	1.87 ±0.15c	1.13 ±0.12e	1.47 ±0.11c	3.80 ±0.16a
2	移栽前	0.34 ±0.03e	0.33 ±0.02e	1.74 ±0.13b	1.75 ±0.15b	1.39 ±0.11d	1.35 ±0.23d
	团棵期	3.27 ±0.50c	5.87 ±0.50c	1.13 ±0.19c	1.93 ±0.22b	1.13 ±0.11c	1.73 ±0.18c
	旺长期	6.47 ±0.31b	8.33 ±0.23b	1.47 ±0.21b	3.27 ±0.50a	1.47 ±0.12c	2.93 ±0.23b
	采摘期的健康烟株	12.80 ±1.00a	13.46 ±0.31a	2.47 ±0.33a	3.20 ±0.20a	2.47 ±0.15a	1.80 ±0.20c
	采摘期的发病烟株	2.46 ±0.23d	3.80 ±0.53d	2.27 ±0.23a	0.67 ±0.03c	2.20 ±0.12b	3.47 ±0.13a

注:同列数据后不同小写字母表示同一处理间烟株不同生长时期的微生物数量差异显著($P<0.05$)。

表 3 施肥对移栽后烟株青枯病发病的影响

处理	移栽后 85 d			移栽后 95 d			移栽后 105 d		
	发病率 (%)	病情指数 (%)	防控效果 (%)	发病率 (%)	病情指数 (%)	防控效果 (%)	发病率 (%)	病情指数 (%)	防控效果 (%)
1	24.67	7.11		44.67	16.96		62.67	44.00	
2	21.33	6.37	10.41	32.67	11.63	31.43	51.33	35.48	19.36

表 4 2 种施肥处理的烟叶经济性状对比

处理	产量 (kg/hm ²)	产值 (元/hm ²)	上等烟比例 (%)	平均单叶质量 (g)
1	1 985.40	5 3863.95	59.50	7.89
2	1 986.15	5 6903.25	60.79	7.94

注:烟叶价格按《国家发展改革委国家烟草专卖局关于 2014 烟叶收购价格的通知》执行。

显的抑制主要是通过拮抗菌促进烟草根际微生物群落发生多样性变化而获得,这与王丽丽等的研究结果^[21-22]一致。

肥料中硝态氮和铵态氮的适当配比可有利于烟株对氮素的吸收;钾的吸收主要是根际的钾,非根际区的钾必须迁移至根际才可被吸收利用;磷的吸收在整个生长过程中相对持续稳定。有试验表明,南平市邵武地区的烟田土壤已呈现出土壤供氮、供钾能力降低,而供磷能力增加的趋势^[14]。根际土壤对植物的影响比非根际土壤更为明显^[23],养分含量变化较大,这是由于植物根系与根际土壤养分交换更为频繁。施用生物有机肥,土壤的理化性质发生改变,烟草的生长环境得到改善,随烟株的生长发育,其根际土壤碱解氮、速效磷含量都高于常规施肥。

生物防治青枯病等土传病害,土壤微生物区系的动态变化更为重要,烟株生长期内土壤细菌数量增大,表明烟株的发育生长良好,根系发育旺盛。试验结果表明,烟株生长期不同处理的细菌数量表现出先增加后减少的变化趋势,这与罗明等研究结论^[24]相类似。随烟株生长发育,施用生物有机肥的根际和非根际土壤真菌数量没有较大变化,说明烟株生长过程中,生物有机肥的加入使土壤碳素和能源利用较为稳定。烟株发病后,由于放线菌与土壤腐殖质含量有关,发病株的根际土壤放线菌数量有一定增加。通过对土壤微生物数量的测定分析,可以初步了解生物有机肥对土壤微生物区系的影响,下一步可通过基于宏基因组数据的根际微生物群落结构分析,更深层次地了解生物有机肥防治青枯病的机理。

总之,有机肥与拮抗青枯病的微生物结合制成生物有机肥,在为烟株生长提供营养的同时,可使青枯病的发病率、病情指数较常规施肥有明显下降,移栽后 95 d 对青枯病的防控效果达到 31.43%;施用生物有机肥,烟叶产量、上等烟比例都高于常规施肥,产值提高了 3 039.30 元/hm²,经济性状较佳,具有良好的应用价值。

参考文献:

[1] 霍沁建,张 深,王若焱. 烟草青枯病研究进展[J]. 中国农学通报,2007,23(8):364-368.

[2] Liu Y X, Shi J X, Feng Y G, et al. Tobacco bacterial wilt can be biologically controlled by the application of antagonistic strains in combination with organic fertilizer[J]. Biology and Fertility of Soils, 2013,49(4):447-464.

[3] 孔凡玉. 烟草青枯病的综合防治[J]. 烟草科技,2003(4):42-43,48.

[4] 徐健钦,徐 智,宋建群,等. 不同有机肥对烤烟生长发育、产质量及青枯病的影响[J]. 云南农业大学学报,2013,28(1):118-123.

[5] Yong L, Dong Z. Integrated control and research advance on tobacco bacterial wilt disease[J]. South China Agriculture, 2011,12(5):43-45.

[6] 李清飞,李红丽,王 岩,等. 烟草青枯病原菌的分离及其拮抗菌的筛选[J]. 河南农业科学,2006(1):51-53.

[7] 殷全玉,王 岩,郭夏丽,等. 烤烟根际和非根际土壤微生物典型相关分析[J]. 中国烟草科学,2013,34(4):9-15.

[8] 赵 斌,何绍江. 微生物学实验[M]. 北京:科技出版社,2002.

[9] 闫金玉. 烟草化学[M]. 郑州:郑州大学出版社,2002.

[10] 鲁如坤. 土壤农业分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,1999.

[11] 黄 婷,周冀衡,李 强,等. 不同海拔高度植烟土壤 pH 值分布情况及其与土壤养分的关系——以云南省曲靖市为例[J]. 土壤通报,2015,46(1):105-110.

李静泉,高 坤,许继飞,等. 土壤芽孢杆菌 NDD-1 及其拮抗菌短小芽孢杆菌 NDY-10 的分离、鉴定和抑菌特性[J]. 江苏农业科学,2017,45(15):91-95.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.15.023

土壤芽孢杆菌 NDD-1 及其拮抗菌短小芽孢杆菌 NDY-10 的分离、鉴定和抑菌特性

李静泉¹,高 坤¹,许继飞¹,张志磊²,赵 吉¹

(1. 内蒙古大学环境与资源学院/内蒙古自治区环境污染控制与废物资源化重点实验室,内蒙古呼和浩特 010021;

2. 包头市机动车排气检测管理中心,内蒙古包头 014060)

摘要:从内蒙古大唐国际托总托发电有限责任公司储煤区土壤样品中筛选到 1 株拮抗菌株 NDY-10 及被其抑制的菌株 NDD-1。通过菌落形态和显微镜观察,结合 16S rRNA、*gyrB* 基因比对分析对菌株进行鉴定;采用牛津杯法对菌株 NDY-10 进行抑菌谱试验;通过紫外线照射、不同温度、不同 pH 值等处理对菌株 NDY-10 发酵上清液对菌株 NDD-1 的抑菌活性及稳定性进行研究。结果表明,经鉴定,菌株 NDY-10、NDD-1 分别为短小芽孢杆菌(*Bacillus pumilus*)、土壤芽孢杆菌(*Solibacillus* sp.)。短小芽孢杆菌 NDY-10 对土壤芽孢杆菌 NDD-1、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌的抑制作用依次减弱,而对枯草芽孢杆菌、酵母菌、青霉菌没有抑制作用;短小芽孢杆菌 NDY-10 发酵上清液抑菌活性受热处理影响较大,受紫外线照射处理影响较小,在 pH 值为 5~9 范围内保持较高的稳定性。首次报道了短小芽孢杆菌对土壤芽孢杆菌的抑菌作用。

关键词:短小芽孢杆菌;土壤芽孢杆菌;分离;鉴定;抑菌;特性

中图分类号:Q93-331 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2017)15-0091-05

由于短小芽孢杆菌(*Bacillus pumilus*)在植物病害防治^[1-3]、微生物制剂^[4-5]、水环境保护^[6-8]等方面具有巨大的应用潜力,因此近年来逐渐成为研究热点。已有研究表明,短小芽孢杆菌对多种病原性微生物具有抑菌作用。郑敏筛选出 1 株短小芽孢杆菌,在平板试验中对芒果炭疽病原菌的抑

制率为 88.87%,在活体试验中该菌株的抑菌率高于 80%,可有效降低芒果自然腐烂^[9]。胡晓璐等以水稻稻瘟病菌(*Magnaporthe grisea*)为试验菌株,发现短小芽孢杆菌 DX01 对水稻稻瘟病菌孢子萌发的抑制率为 36%^[10]。Ghasemi 等从伊朗高盐环境中筛选出 1 株短小芽孢杆菌,发现它可分泌 2 种几丁质酶(ChiS、ChiL),可抑制多种植物病原菌^[11]。于婷等对分离出的短小芽孢杆菌 BSH-4 菌株及其抗菌蛋白进行抑菌谱研究,发现它对 8 种常见蔬菜病原真菌具有抑制作用,其中对黄瓜蔓枯病菌、番茄早疫病病菌和黄瓜立枯病菌具有较高的抑菌活性^[12]。彭虹旻对筛选出具有抑菌活性的短小芽孢杆菌 4D-14 进行研究,确定其分泌的抗菌物质为小肽类,受蛋白酶影响不大,具有较高的热稳定性^[13]。颜爱勤等的研究表明,短小芽孢杆菌 JK-SX001 菌株产

收稿日期:2016-03-28

基金项目:内蒙古自治区自然科学基金(编号:2014BS0309);内蒙古自治区重大基础研究开放课题(编号:30500-515330304);内蒙古大学高层次人才科研启动项目(编号:30105-135102)。

作者简介:李静泉(1983—),男,河北邯郸人,博士,讲师,主要从事环境微生物方面的研究。E-mail:ljq198327@163.com。

通信作者:赵 吉,博士,教授,博士生导师,主要从事环境微生物、微生物生态方面的研究。E-mail:ndzj@imu.edu.cn。

[12]张书泰,杨秋明,陈 钦,等. 福建南平不同植烟土壤微生物数量与养分状况分析[J]. 中国农学通报,2014,30(31):76-81.

[13]梁颂捷,林 毅,朱其清,等. 福建植烟土壤 pH 值与土壤有效养分的相关性[J]. 中国烟草科学,2001,22(1):25-27.

[14]陈朝阳,吴 平,陈星峰,等. 南平市植烟土壤氮、磷、钾养分状况与演变趋势[J]. 中国农学通报,2011,27(25):68-76.

[15]李 玥,赖勇林,王 军,等. 不同养分缺乏对烤烟根系形态及营养生长的影响[J]. 中国烟草科学,2015,36(2):60-65.

[16]徐 洁,罗华元,常寿荣,等. 烟草根际土壤微生物区系分析及其相关性研究[J]. 西南农业学报,2011,24(6):2279-2284.

[17]谭 军,王昌军,孟贵星,等. 恩施植烟土壤理化性状对烟草青枯病发生影响的初步分析[J]. 中国烟草科学,2012,33(6):93-96.

[18]施河丽,向必坤,彭五星,等. 调节植烟土壤酸度防控烤烟青枯

病[J]. 中国烟草学报,2015,21(6):50-53.

[19]何 凯,石纹豪,李振轮. 生物有机肥防治植物土传病害研究进展[J]. 河南农业科学,2014,43(6):1-5.

[20]徐文静,靳晓东,杨秋生. 植物根际微生物的影响因素研究进展[J]. 河南农业科学,2014,43(5):6-12.

[21]王丽丽,石俊雄,袁赛飞,等. 微生物有机肥结合土壤改良剂防治烟草青枯病[J]. 土壤学报,2013,50(1):150-156.

[22]陈巧玲,胡 江,汪汉成,等. 生物有机肥对盆栽烟草根际青枯病原菌和短小芽孢杆菌数量的影响[J]. 南京农业大学学报,2012,35(1):75-79.

[23]殷金玉,王 岩,郭夏丽,等. 延边地区植烟土壤微生物根际效应分析[J]. 中国烟草学报,2011,17(6):60-65.

[24]罗 明,文启凯. 不同用量的氮磷无机肥对棉田土壤微生物区系及活性的影响[J]. 土壤通报,2000,31(2):67-69.