

耿建建,赵艳,王蓓蓓,等. 稻秆淹水处理对高发病香蕉园土壤理化性状及病原菌的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(3):87-90.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.03.024

稻秆淹水处理对高发病香蕉园土壤理化性状及病原菌的影响

耿建建¹, 赵艳¹, 王蓓蓓¹, 卢明¹, 吴健川², 阮云泽¹

(1. 海南大学农学院, 海南海口 570228; 2. 海南万钟实业有限公司, 海南海口 570228)

摘要:采用室内模拟土壤添加稻秆后淹水的方法,通过对淹水处理期间土壤理化指标和尖孢镰刀菌数量的测定,研究了淹水期间不同稻秆用量对连作香蕉枯萎病高发香蕉园土壤性状和尖孢镰刀菌数量的影响。结果表明,与对照相比,常规淹水和淹水添加稻秆处理,均能明显降低土壤氧化还原电位(Eh)和尖孢镰刀菌数量,提高土壤pH值、有机质含量、有效磷含量、速效钾含量、有机酸浓度和 Fe^{2+} 的浓度。处理36 d后,常规淹水、淹水添加0.5%稻秆、淹水添加1.0%稻秆、淹水添加2.0%稻秆等处理土壤中尖孢镰刀菌数量分别比对照降低了18.62%、33.95%、39.51%、47.84%。因此,对香蕉枯萎病高发蕉园,可采用稻秆还田后淹水的方法降低土壤中尖孢镰刀菌数量。

关键词:稻秆;淹水;尖孢镰刀菌;连作香蕉园

中图分类号: S436.68⁺1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)03-0087-04

香蕉为我国最主要的热带、亚热带水果之一,主要分布在广东、广西、海南、福建、云南等省区。近年来,由尖孢镰刀菌古巴专化型(*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*)侵染引起的香蕉枯萎病在广东、海南等省大范围暴发,并迅速蔓延至云南、广西等省区,许多香蕉园植株发病率为10%~40%,严重的达90%以上,以致蕉园荒弃^[1]。据不完全统计,截至2011年,香蕉枯萎病在广东、海南等地影响蕉园面积达18万 hm^2 ,海南省2013年香蕉种植面积比2010年减少约50%^[2-3]。

香蕉枯萎病是一种典型的土传病害,其病原菌腐生能力强,可长期存活于土壤中,侵染源主要来自于带菌土壤、带菌的吸芽及病株残体。目前,许多化学药剂在室内条件下能够有效抑制香蕉枯萎病,但田间防效不理想^[4]。有研究表明,香蕉枯萎病的发病情况与蕉园土壤中尖孢镰刀菌的数量有关^[5],只有降低土壤中尖孢镰刀菌的数量才能有效预防和降低香蕉枯萎病的发病率。因此,研究有效、快速、安全、环保的方法降低高发枯萎病香蕉园土壤中尖孢镰刀菌的数量是预防香蕉枯萎病暴发的关键。

也有研究表明,淹水能够改变土壤理化性质及生物学性质^[6-7],水稻轮作同样能够有效缓解香蕉枯萎病的发生^[4],但在香蕉枯萎病发病率较高的地块,仅靠淹水或轮作水稻很难取得稳定高效的防控效果。本试验通过采用室内模拟土壤淹水的方法,研究不同稻秆用量对高发枯萎病香蕉园土壤中尖孢镰刀菌数量的降低效果,并研究其对土壤理化性质的影响,

为高发连作蕉园香蕉枯萎病的防控提供理论支持。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

盆栽试验土壤取自海南省万钟实业有限公司香蕉种植基地,该地块是香蕉连作5年,且枯萎病发病率大于50%,海相沉积物上发育的燥红土。土壤基本理化性质为:pH值为6.16,有机质含量为15.20 g/kg,全氮含量为1.17 g/kg,全磷含量为0.75 g/kg,全钾含量为32.06 g/kg。供试稻秆为常规籼稻D68成熟期茎秆,其总有机碳含量为389.90 g/kg,全氮含量为5.09 g/kg,全磷含量为1.03 g/kg,全钾含量为14.49 g/kg。

1.2 研究方法

1.2.1 试验处理 温室培养试验于2014年9月11日至10月17日在海南乐东黎族自治县香蕉枯萎病及热带经济作物土传病防控研究所温室内进行,温室中光照条件良好,白天温度为25~35℃。试验设5个处理,每个处理4次重复,具体处理方法如表1所示,每盆栽7.5 kg过2 mm筛的香蕉枯萎病发病土壤,稻秆烘干后用微型粉碎机粉碎,各处理稻秆添加量分别为0、0.375、0.750、1.500 g/盆,将稻秆与土壤充分混合均匀,保持淹水深度为5 cm。培养试验连续进行36 d,处理前期取样间隔为4 d,后期间隔为6 d,淹水结束后,倒掉上层清液,待各处理土样自然晾干后采集土壤样品测定相关指标。

表1 温室培养试验处理方法

处理	处理编号	发病土壤(kg/盆)	淹水深度(cm)	加入稻秆量(g/盆)
对照	CK	7.5	0	0
常规淹水	F	7.5	5	0
淹水添加0.5%稻秆	FS1	7.5	5	37.5
淹水添加1.0%稻秆	FS2	7.5	5	75.0
淹水添加2.0%稻秆	FS3	7.5	5	150.0

收稿日期:2015-12-31

基金项目:国家自然科学基金(编号:31372142、31572212);国家重点基础研究发展计划(编号:2015CB150530)。

作者简介:耿建建(1989—),男,山西洪洞人,硕士研究生,研究方向为香蕉枯萎病防治。E-mail:gengjengjian@163.com。

通信作者:阮云泽,博士,教授,主要从事土壤微生物区系及香蕉枯萎病综合防治研究。E-mail:ruanyunze1974@hainu.edu.cn。

1.2.2 测定项目与方法 土壤 pH 值、Eh 值使用中国科学院南京土壤研究所 QX6530 智能便携式酸度计原位测定;按常规方法^[8]分析土壤理化性状,采用重铬酸钾法测定土壤有机质含量,钼锑抗比色法测定土壤有效磷含量,火焰光度法测定土壤速效钾含量,碱解扩散法测定土壤碱解氮含量;土壤中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度采用连续流动分析仪 (Alliance - Futura, 法国) 测定;土壤中总有机酸浓度采用 Montgomery 比色法测定^[9];土壤中 Fe^{2+} 浓度采用邻菲罗啉比色法测定^[8]。

土壤尖孢镰刀菌数量采用选择性培养基 (K2 培养基) 涂布计数。K2 培养基^[10]: 1 g K_2HPO_4 、0.5 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、0.5 g KCl 、0.01 g $\text{Fe} - \text{Na} - \text{EDTA}$ 、2 g L -天门冬酰胺、10 g 半乳糖、16 g 琼脂,去离子水定容至 900 mL,高压灭菌后冷却至 60 °C,加入 100 mL 盐溶液 (0.9 g 五氯硝基苯 75% 可湿性粉剂、0.45 g Oxgall、0.50 g $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 、0.30 g 硫酸链霉素,用 10% 磷酸溶液调 pH 值至 3.8 ± 0.2)。

1.2.3 数据统计分析 数据统计分析使用 Excel 2007 和 SPSS 17.0,通过 Duncan 新复极差法检验处理间的差异性 ($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 稻秆淹水处理对土壤 Eh 值的影响

由图 1 可知,与对照相比,所有淹水处理土壤 Eh 值均明显降低,其中,淹水添加稻秆处理的土壤 Eh 值变化趋势基本一致,且比常规淹水处理低。处理 4 d 后,常规淹水处理土壤 Eh 值降低至 -66 mV,随淹水时间延长,Eh 值逐渐降低,处理 30 d 后无明显变化。相比常规淹水,淹水添加稻秆能够更加有效地降低土壤 Eh 值,淹水 4 d 后,淹水添加 0.5%、1.0%、

2.0% 稻秆处理土壤 Eh 值分别降低至 -363.25、-327.25、-298.00 mV,均显著低于常规淹水处理 ($P < 0.05$);淹水 36 d 后,3 个处理的 Eh 值分别为 -255.75、-281.00、-318.25 mV。研究结果表明,淹水培养过程中,淹水并添加稻秆比常规淹水更能迅速降低土壤 Eh 值,且处理结束时,添加 2.0% 稻秆的处理效果显著好于添加 0.5% 稻秆的处理效果。

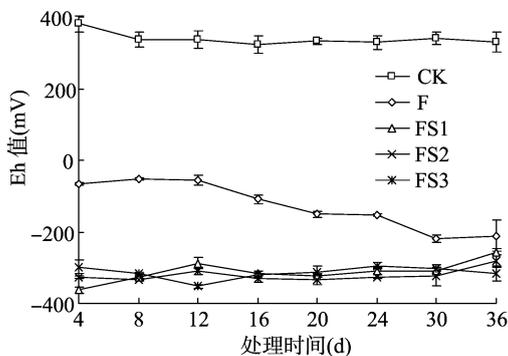


图1 各处理对土壤Eh值的影响

2.2 稻秆淹水处理对土壤基本理化性状的影响

由表 2 可知,与对照相比,相同淹水时间处理后,常规淹水及淹水添加稻秆处理均能显著引起土壤 pH 值、有机质含量、有效磷含量、速效钾含量的变化。常规淹水及淹水添加稻秆各处理土壤 pH 值分别比对照提高了 0.66、0.92、0.84、1.02,且淹水结束后,添加 2.0% 稻秆的处理土壤各测定指标均显著高于常规淹水处理 ($P < 0.05$),表明不同稻秆用量淹水条件下改变土壤 pH 值、有机质含量、碱解氮含量、有效磷含量、速效钾含量的效果不同。

表 2 各处理对土壤基本理化性状的影响

处理	pH 值	有机质含量 (g/kg)	碱解氮含量 (mg/kg)	有效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)
CK	5.93e	14.88d	38.71c	210.75c	133.82d
F	6.59d	18.31c	45.16bc	227.00b	229.02c
FS1	6.85b	22.07b	52.26ab	234.50b	231.32c
FS2	6.77c	23.23b	52.90ab	246.75a	333.42b
FS3	6.95a	29.80a	60.65a	255.00a	383.55a

注:同列不同小写字母表示处理之间差异显著 ($P < 0.05$)。

2.3 稻秆淹水处理对土壤中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度的影响

如图 2 所示,试验期间对照土壤中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度变化差异不明显。常规淹水处理 16 d 时, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度降至最低,比对照降低了 36.57%,而后又缓慢上升。淹水处理 4 d 时,添加 0.5%、1.0%、2.0% 稻秆各处理 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度比对照分别降低了 80.95%、78.87%、89.29%,随后缓慢上升。由图 3 可知,试验期间对照土壤中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度有下降趋势。常规淹水及淹水添加稻秆处理土壤中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度均降低,但添加稻秆处理降低的幅度较常规淹水大。处理结束时,淹水添加 0.5%、1.0%、2.0% 稻秆各处理土壤中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度无显著差异 ($P > 0.05$),分别比对照处理降低了 68.47%、70.64%、68.92%。试验结果表明,淹水处理结束时,不同稻秆用量处理间 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度无显著差异 ($P > 0.05$),但添加稻秆处理 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度均显

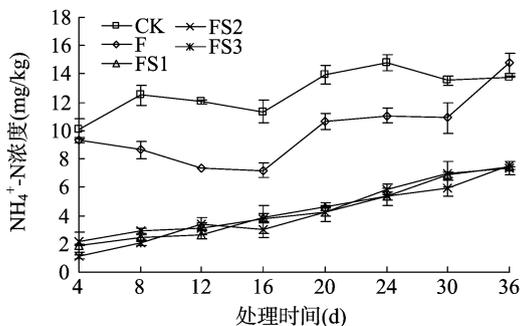
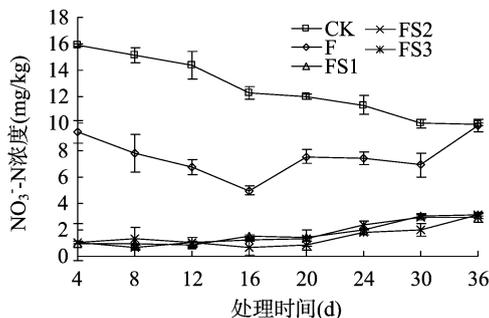
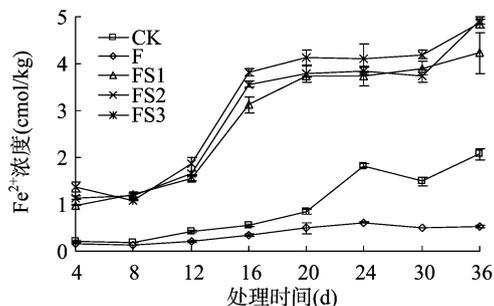


图2 各处理对土壤中NH4+-N浓度的影响

著于常规淹水处理 ($P < 0.05$)。

2.4 稻秆淹水处理对土壤有机酸浓度的影响

图 4 显示试验期间各处理土壤中有有机酸浓度的变化趋势。由图 4 可知,常规淹水及淹水添加稻秆处理土壤中有有机

图3 各处理对土壤中NO₃-N浓度的影响图5 各处理对土壤中Fe²⁺浓度的影响

酸浓度均高于对照处理,且处理期间稻秆添加量为2.0%时,土壤中有有机酸浓度均显著高于其他处理($P < 0.05$)。处理12 d,稻秆添加量为1.0%和2.0%时土壤中有有机酸浓度均达到最大值,分别为3.52、5.26 cmol/kg。随着淹水时间的延长,添加稻秆处理土壤中有有机酸浓度逐渐下降。在整个淹水期间,常规淹水及添加0.5%、1.0%、2.0%稻秆各处理土壤中有有机酸平均浓度分别为0.33、0.83、1.41、2.62 cmol/kg。结果表明,淹水处理期间,添加稻秆量为2.0%时土壤有机酸浓度均显著高于添加稻秆量为0.5%和1.0%的处理($P < 0.05$),说明不同稻秆用量对淹水条件下土壤有机酸浓度有一定的影响。

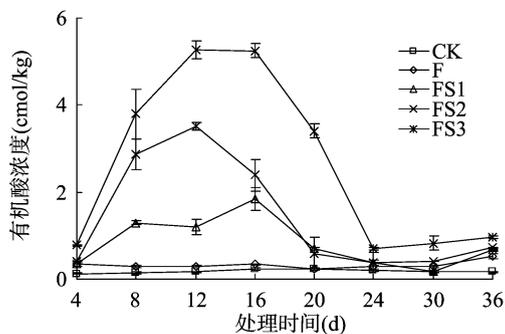


图4 各处理对土壤中有有机酸浓度的影响

2.5 稻秆淹水处理对土壤中Fe²⁺浓度的影响

由图5可知,试验期间各淹水处理的土壤中Fe²⁺浓度呈逐渐上升趋势,且淹水添加稻秆处理的土壤中Fe²⁺浓度显著高于常规淹水处理($P < 0.05$)。试验期间,对照中Fe²⁺浓度较低,平均浓度为0.37 cmol/kg。淹水处理36 d后,与对照相比,常规淹水及淹水添加稻秆量为0.5%、1.0%、2.0%的各处理土壤中Fe²⁺浓度分别增加了295.24%、704.76%、837.14%、826.67%。试验结果表明,土壤中Fe²⁺浓度随淹水时间延长而逐渐积累,且添加稻秆处理的土壤中Fe²⁺浓度显著高于常规淹水处理($P < 0.05$)。

2.6 稻秆淹水处理对土壤中尖孢镰刀菌数量的影响

图6为淹水结束(36 d)时,各处理对土壤中尖孢镰刀菌数量的影响。由图6可知,试验结束时,常规淹水及添加稻秆量为0.5%、1.0%、2.0%的各处理中尖孢镰刀菌数量均显著低于对照处理($P < 0.05$),分别降低了18.62%、33.95%、39.51%、47.84%,且淹水添加稻秆各处理土壤中尖孢镰刀菌数量显著低于常规淹水处理($P < 0.05$)。结果表明,同一淹水时间、相同淹水深度条件下,添加稻秆处理土壤中尖孢镰刀菌

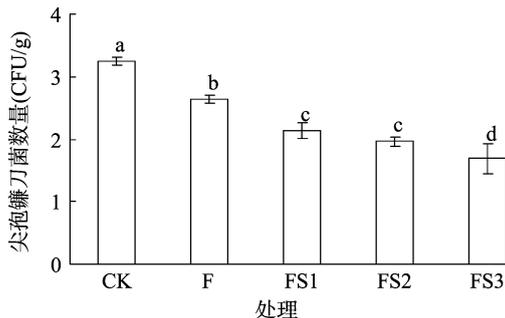
不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)

图6 各处理对土壤中尖孢镰刀菌数量的影响

数量显著低于常规淹水处理($P < 0.05$),且稻秆添加量为2.0%时,土壤中尖孢镰刀菌数量下降最为显著,这表明淹水添加稻秆处理能有效降低土壤中尖孢镰刀菌数量。

3 结论与讨论

由尖孢镰刀菌古巴转化型(*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*)引起的香蕉枯萎病,对我国香蕉产业发展已造成严重威胁,目前,我国香蕉生产上主要是通过种苗检疫、栽培管理、化学防治、生物防治、抗性育种等方法来抑制香蕉枯萎病的扩大蔓延^[11],但这些措施都无法在短时间内快速恢复高发病香蕉园的种植。有研究发现,淹水并添加有机物料创造的强还原条件可以有效、快速地改善土壤结构,抑制或杀死土壤中的病原微生物^[12-13],对控制土传病害的发生有很好的效果。

本研究采用常规淹水及淹水添加稻秆处理方法,发现海南省西南部香蕉枯萎病高发病蕉园土壤Eh值、pH值、有机质含量、有效磷含量、速效钾含量等呈现规律性变化趋势。处理期间,添加稻秆淹水能够有效降低土壤Eh值,且不同稻秆添加量各处理的Eh值变化趋势一致。处理结束后,土壤pH值、有机质含量、有效磷含量、速效钾含量、碱解氮含量等基本性状均高于对照处理,这与顾志光等的研究结果^[14]一致,通过不同秸秆用量和不同淹水时间处理均能降低土壤氧化还原电位,提高土壤有机质含量、有效磷含量、速效钾含量。试验期间,对照处理中NH₄⁺-N浓度无明显变化,淹水添加稻秆各处理中NH₄⁺-N浓度迅速下降,而后缓慢上升,金相灿等研究发现较长时间淹水造成的厌氧条件导致土壤中有机氮被氨化^[15],而NH₄⁺-N的积累有利于土壤抑病性的形成^[16]。淹水添加稻秆条件下,各处理中NO₃⁻-N浓度均明显下降,这与杨敏芳等的研究结果^[16]一致,表明土壤中添加有机物料能够降低其NO₃⁻-N含量。

有研究表明,当尖孢镰刀菌引起的香蕉枯萎病发病土壤

中病原菌浓度较高时,仅靠淹水处理并不能有效降低尖孢镰刀菌数量^[17-19]。本试验结果表明,淹水期间不同稻秆添加量处理土壤中有机的 Fe^{2+} 出现一定量的累积,且处理36 d后,淹水添加稻秆处理对尖孢镰刀菌的抑制效果显著好于常规淹水处理,其中稻秆添加量为0.5%、1.0%、2.0%的处理中尖孢镰刀菌数量分别比对照降低了33.95%、39.51%、47.84%。黄新琦等也研究发现,土壤淹水及添加高量秸秆处理条件下土壤中尖孢镰刀菌数量仅为处理前的2.88%^[20]。这可能是由于淹水添加稻秆形成的还原条件,导致土壤中 Fe^{2+} 、有机酸浓度升高,而 Fe^{2+} 、有机酸能够抑制土壤病原菌数量^[21-24],同时,淹水条件下土壤硫酸根等离子被还原过程中产生的 H_2S 等物质,也能够抑制土壤病原菌的数量和活性^[25]。辛侃等也研究发现,水稻轮作联合稻秆添加比未添加物料轮作水稻处理,尖孢镰刀菌数量下降了36.2%,且下茬香蕉枯萎病发病率降低了50%^[26]。

本研究发现,短期淹水添加稻秆能够有效降低高发病香蕉园土壤中尖孢镰刀菌数量,当稻秆添加量为2.0%时,降低效果最明显,为了进一步研究本试验结果在大田生产中的适用性,一些田间应用的机制还有待深入研究。

参考文献:

- [1] 谢梅琼,杨媚,杨迎青,等. 香蕉枯萎病菌的风险性分析[J]. 果树学报,2011,28(2):284-289.
- [2] 樊小林,李进. 碱性肥料调节香蕉园土壤酸度及防控香蕉枯萎病的效果[J]. 植物营养与肥料学报,2014,20(4):938-946.
- [3] 许林兵,黄秉智,吴元立,等. 中国香蕉枯萎病地区栽培种多样性生产分析与建议[J]. 福建农业科技,2011(1):33-36.
- [4] 王振中. 香蕉枯萎病及其防治研究进展[J]. 植物检疫,2006,20(3):198-200.
- [5] 何欣,黄启为,杨兴明,等. 香蕉枯萎病致病菌筛选及致病菌浓度对香蕉枯萎病的影响[J]. 中国农业科学,2010,43(18):3809-3816.
- [6] 常超,谢宗强,熊高明,等. 三峡水库蓄水对消落带土壤理化性质的影响[J]. 自然资源学报,2011,26(7):1236-1244.
- [7] Unger I M, Kennedy A C, Muzika R M. Flooding effects on soil microbial communities [J]. Applied Soil Ecology, 2009, 42(1): 1-8.
- [8] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2000:82-84.
- [9] 王卫东,谢小立,上官行健. 分光光度法测定水稻土中有机的研究[J]. 热带亚热带土壤科学,1993,2(3):162-170.
- [10] Sun E J, Su H J, Ko W H. Identification of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* race 4 from soil or host tissue by cultural characters [J]. Phytopathology, 1978, 68(11):1672-1673.
- [11] 卓国豪,黄有宝,吴运新,等. 香蕉枯萎病的综合防治技术[J]. 植物检疫,2003,17(5):279-280.
- [12] 陈敦忠,徐碧玉,金志强. 香蕉镰刀菌枯萎病的诊断及防治[J]. 热带农业科学,2005,25(2):53-57.
- [13] 朱同彬,张金波,蔡祖聪. 淹水条件下添加有机物料对蔬菜地土壤硝态氮及氮素气体排放的影响[J]. 应用生态学报,2012,23(1):109-114.
- [14] 顾志光,马艳,安霞,等. 麦秸淹水处理对连作土壤性状和辣椒疫病田间防控效果的影响[J]. 农业环境科学学报,2014,33(9):1762-1769.
- [15] 金相旭,崔哲,王圣瑞. 连续淹水培养条件下沉积物和土壤的氮素矿化过程[J]. 土壤通报,2006,37(5):909-915.
- [16] 杨敏芳,朱利群,韩新忠,等. 耕作措施与秸秆还田对稻麦两熟制农田土壤养分、微生物生物量及酶活性的影响[J]. 水土保持学报,2013,27(2):272-275.
- [17] Tenuta M, Lazarovits G. Soil properties associated with the variable effectiveness of meat and bone meal to kill microsclerotia of *Verticillium dahliae* [J]. Applied Soil Ecology, 2004, 25(3):219-236.
- [18] Stover R H. Fusarial wilt (Panama disease) of bananas and other *Musa* species [J]. Phytopathological Paper, Commonwealth Mycological Institute, 1962, 45(4):589-590.
- [19] Kaewpradit W, Toomsan A B B, Vityakon A P, et al. Regulating mineral N release and greenhouse gas emissions by mixing groundnut residues and rice straw under field conditions [J]. European Journal of Soil Science, 2008, 59(4):640-652.
- [20] 黄新琦,温腾,孟磊,等. 土壤快速强烈还原对于尖孢镰刀菌的抑制作用[J]. 生态学报,2014,34(16):4526-4534.
- [21] 唐罗忠,生原喜久雄,户田浩人,等. 湿地林土壤的 Fe^{2+} 、Eh及pH值的变化[J]. 生态学报,2005,25(1):103-107.
- [22] Momma N, Kobara Y, Momma M. Fe^{2+} , and Mn^{2+} , potential agents to induce suppression of *Fusarium oxysporum*, for biological soil disinfestation [J]. Journal of General Plant Pathology, 2011, 77(6):331-335.
- [23] 彭娜,王开峰,王凯荣,等. 不同水分管理下施用稻草对土壤有机酸和养分有效性的影响[J]. 土壤通报,2007,38(5):857-862.
- [24] Huang X Q, Wen T, Zhang J B, et al. Toxic organic acids produced in biological soil disinfestation mainly caused the suppression of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* [J]. BioControl, 2015, 60(1):113-124.
- [25] Agrios G N. Plant pathology [M]. 5th ed. London: Elsevier Academic Press, 2005.
- [26] 辛侃,赵娜,邓小垦,等. 香蕉-水稻轮作联合添加有机物料防控香蕉枯萎病研究[J]. 植物保护,2014,40(6):36-41.