



广东省农业科学院农业资源与环境研究所  
Institute of Agricultural Resources and Environment, GDAAS

# 生物有机肥与酸性土壤改良剂 协同防控香蕉枯萎病的研究

黄建凤

广东省农业科学院农业资源与环境研究所

2019年8月8日

# 报告内容

- 研究背景及意义
- 研究内容及结果
- 主要结论

# 一、研究背景及意义

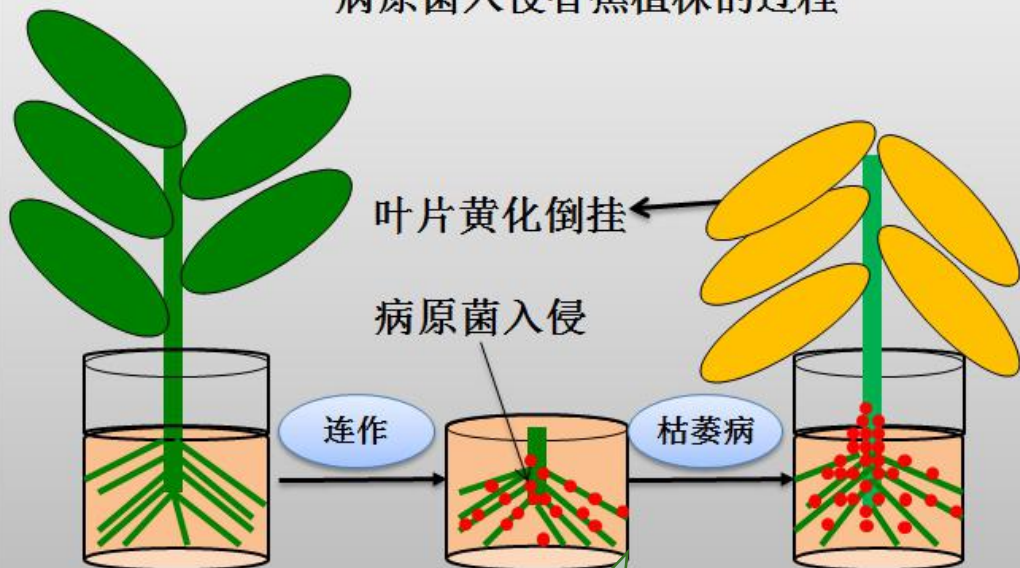
香蕉枯萎病 (*Fusarium oxysporum* f sp. *cubense*) 又名香蕉巴拿马病和黄叶病, 是由古巴尖孢镰刀菌侵染引起的一种靠土壤和苗木传播的真菌性及毁灭性土传病害, 感病香蕉植株成片枯黄、甚至死亡, 严重影响香蕉种植业的可持续发展。

广东是全国香蕉主产区之一, 当地土壤普遍偏酸性, 蕉园中的过度使用化肥加剧了土壤酸化, 使其土壤生态遭到破坏, 病原菌数量增加, 病害加重。

*Fusarium oxysporum* f sp. *cubense*



### 病原菌入侵香蕉植株的过程



协同合作

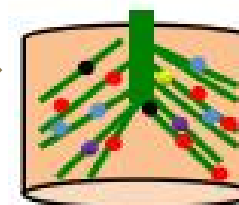
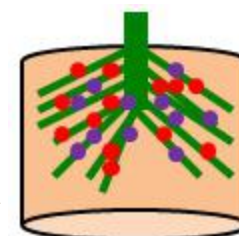
防控FOC  
入侵?

生物防控

生防菌、生物有机肥等

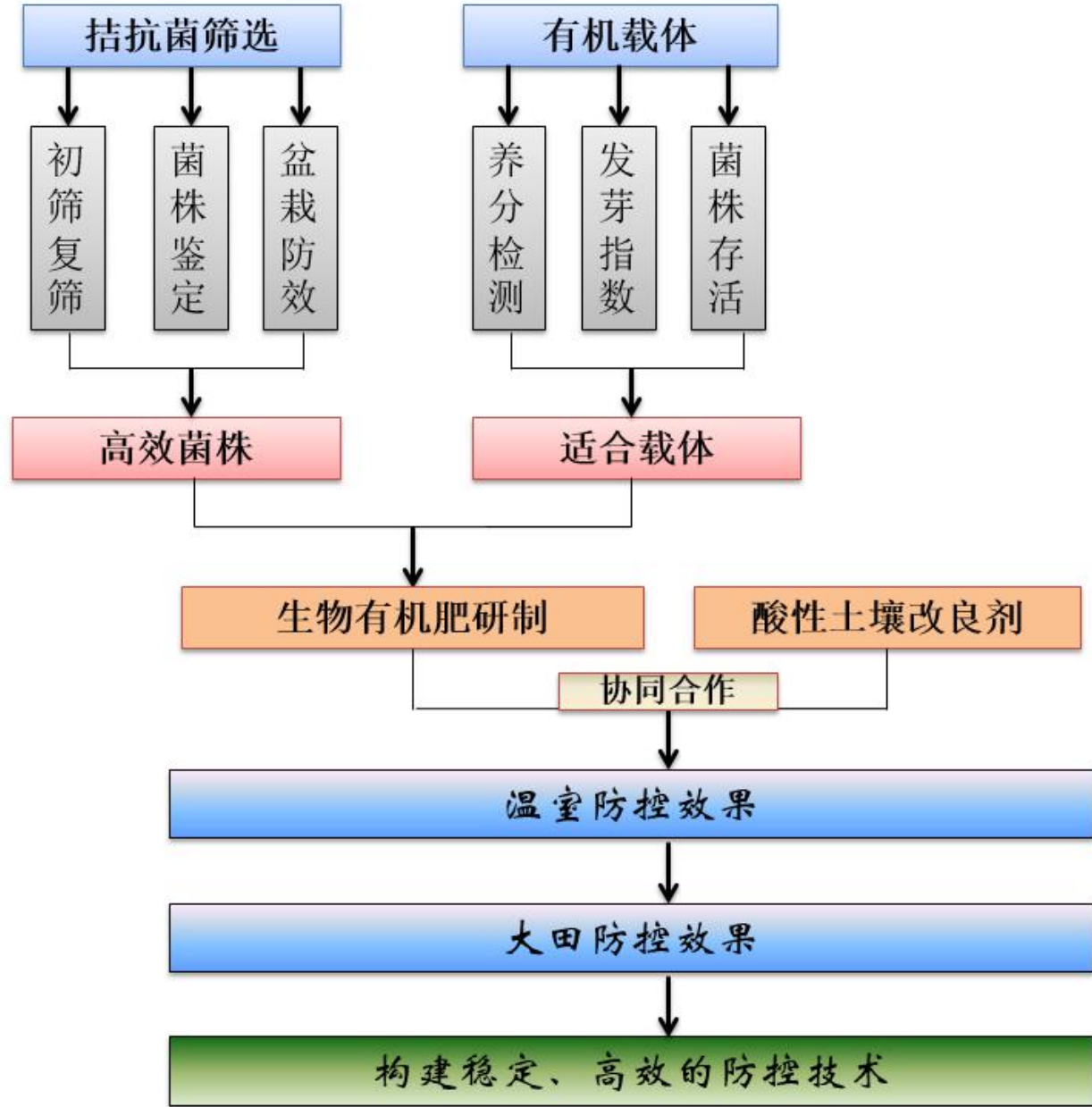
土壤改良

碱性肥料、石灰等





# 技术路线

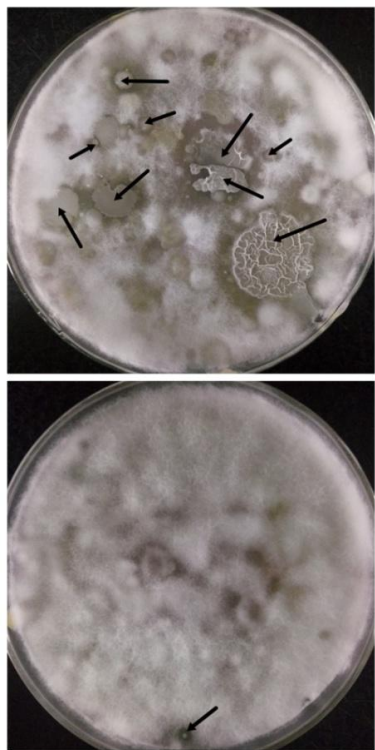


## 二、研究内容及结果

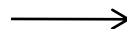
- ✦ 拮抗菌筛选及防效
- ✦ 协同防控的盆栽效果
- ✦ 拮抗菌对病原菌的毒理效应
- ✦ 田间试验

# (一) 拮抗菌筛选及防效

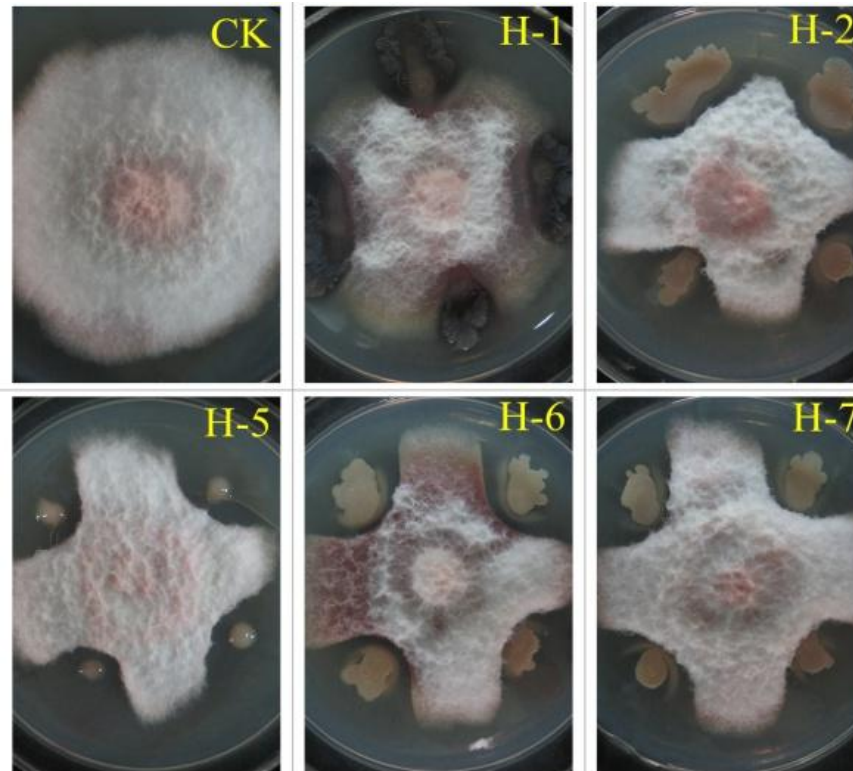
## 1、拮抗菌筛选



初筛



复筛



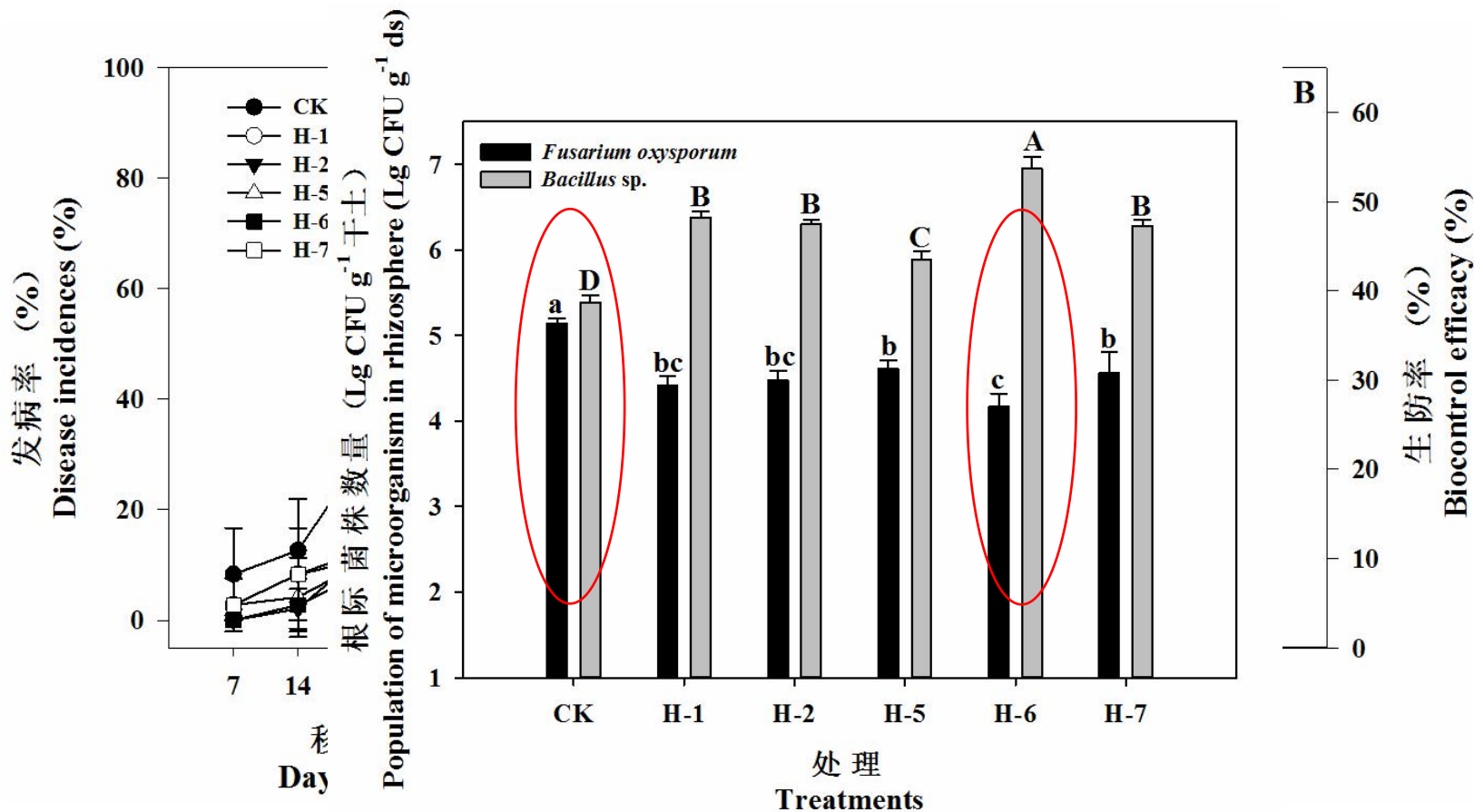
菌株编号	鉴定名称	GenBank登录号
H-1	枯草芽孢杆菌 <i>Bacillus subtilis</i>	KX791427
H-2	枯草芽孢杆菌 <i>Bacillus subtilis</i>	KX791428
H-5	多粘芽孢杆菌 <i>Paenibacillus polymyxa</i>	KX791429
H-6	贝莱斯芽孢杆菌 <i>Bacillus velezensis</i>	KX845681
H-7	解淀粉芽孢杆菌 <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	KX791430

## 2、拮抗菌防效

试验处理:

(1) CK: 只接病原菌 (Foc); (2) H-1: 接Foc和H-1; (3) H-2: 接Foc和H-2; (4) H-5: 接Foc和H-5; (5) H-6: 接Foc和H-6; (6) H-7: 接Foc和H-7;

每个处理10盆, 每盆装15 Kg土, 种1棵苗。移栽一周后, 灌根法接入Foc, 使每盆Foc的终浓度为 $10^5$  cfu  $g^{-1}$ 干土。2天之后灌根法接入拮抗菌并使其终浓度为 $10^7$  cfu  $g^{-1}$ 干土。接菌后每天记录植株发病情况, 考察各处理的生防效果。





## (二) 协同防控的盆栽效果

试验材料

生物有机肥

单菌+牛粪堆肥 (BIO6)

复合菌+牛粪堆肥 (BIOs)

酸性土壤改良剂

有机改良剂 (OF)

无机改良剂 (IASA)

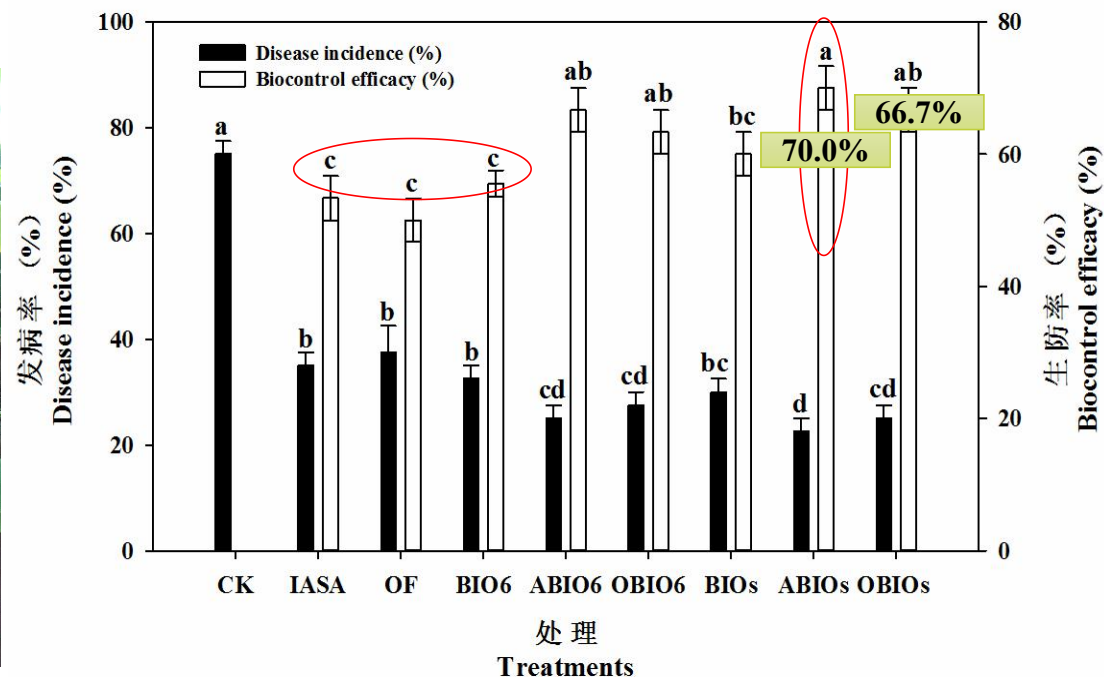
处理	有机质 (%)	全氮 (%)	全P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	全K <sub>2</sub> O (%)	水分 (%)	pH
BIO6	55.29	2.96	0.95	1.43	40.04	7.63
BIOs	56.05	2.81	1.05	1.35	40.0	7.58
OF	48.74	1.66	0.78	1.13	39.64	8.24
IASA	-	-	3.08	2.93	-	10.4

试验处理:

- (1) CK, 化肥处理; (2) IASA: 单施无机改良剂; (3) OF: 单施有机改良剂; (4) BIO6: 单施生物有机肥BIO6; (5) ABIO6: 无机改良剂与生物有机肥BIO6协同处理; (6) OBIO6: 有机改良剂与生物有机肥BIO6协同处理; (7) BIOs: 单施生物有机肥BIOs; (8) ABIOs: 无机改良剂与生物有机肥BIOs协同处理; (9) OBIOs: 有机改良剂与生物有机肥BIOs协同处理。

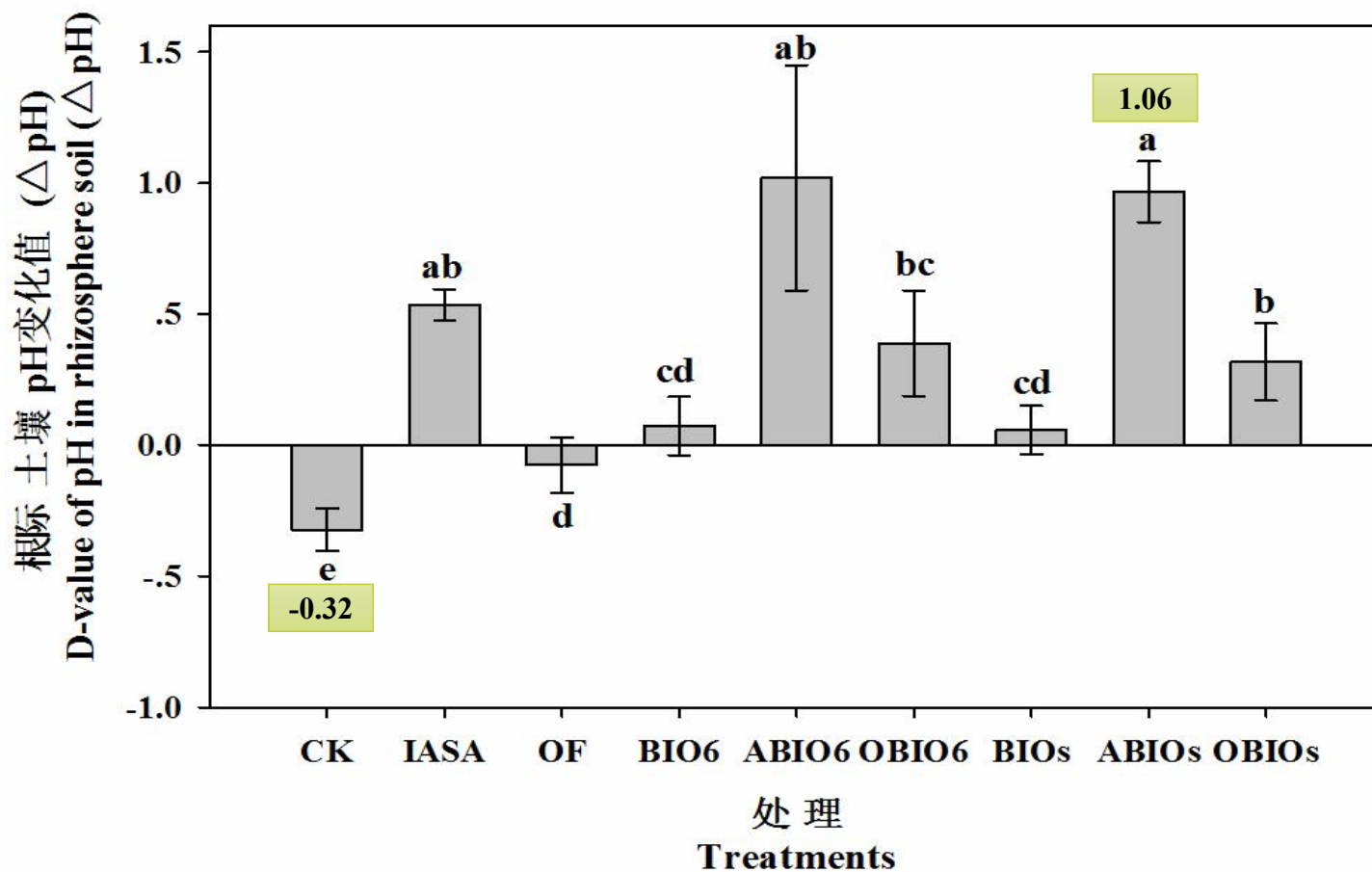
移栽前2周, 在土壤中拌入有机或无机改良剂 (0.5%); 移栽时, 拌入生物有机肥 (0.5%)。各处理养分用化肥补齐。

供试蕉苗品种为巴西蕉, 土壤为病原土, 初始pH为4.5, Foc初始浓度为10<sup>5</sup> cfu g<sup>-1</sup>干土。每个处理10盆, 每盆装15 Kg土, 种1棵苗。

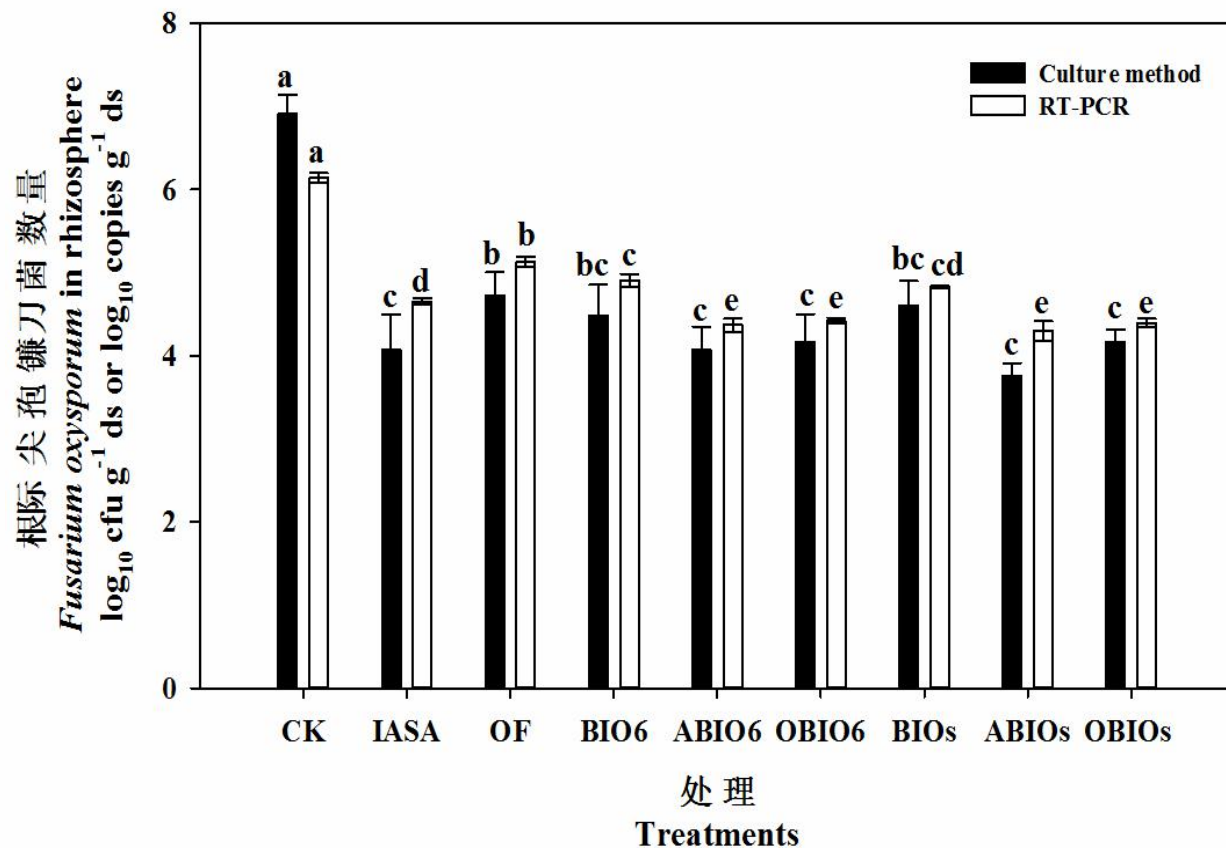
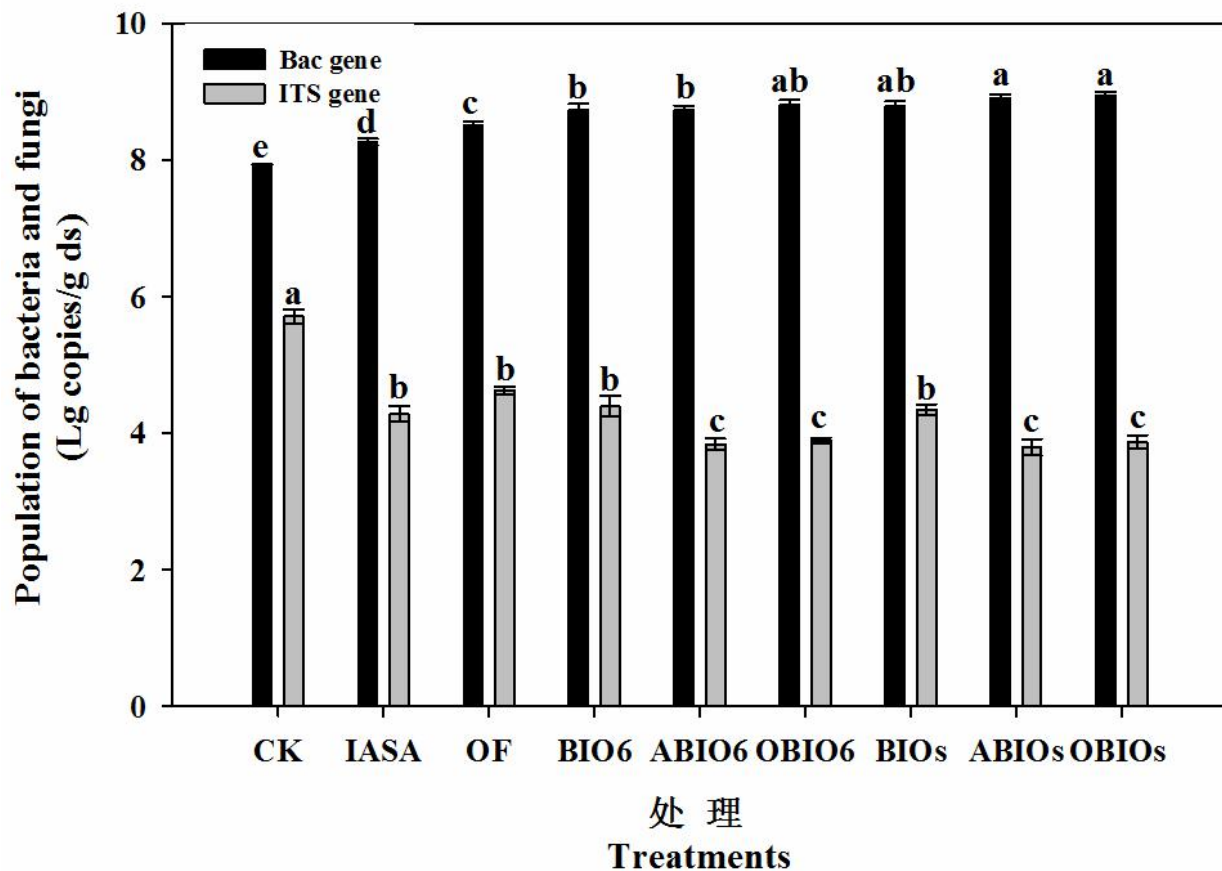


## (二) 协同防控的盆栽效果

协同处理对土壤pH的影响



## 协同处理对土壤微生物数量的影响



协同处理对可显著改善土壤酸碱环境，使土壤细菌数量增加，而真菌数量减少，病原菌数量也显著降低。

## 相关性分析

变量/Variable	DI	FocR	Bacteria	fungi	$\Delta$ pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	OM	DOC
DI	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-
FocR	0.909 <sup>a</sup> 0.0003 <sup>b*</sup>	1.0	-	-	-	-	-	-	-
Bacteria	-0.406 0.3	-0.188 0.603	1.0	-	-	-	-	-	-
fungi	0.899 0.0004*	0.994 4.15E-09*	-0.231 0.52	1.0	-	-	-	-	-
$\Delta$ pH	-0.743 0.01*	-0.779 0.008*	0.443 0.2	-0.77 0.009*	1.0	-	-	-	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	-0.786 0.007*	-0.781 0.008*	0.555 0.09	-0.804 0.005*	0.657 0.04*	1.0	-	-	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	0.808 0.005*	0.864 0.001*	-0.307 0.39	0.854 0.002*	-0.728 0.02*	-0.847 0.002*	1.0	-	-
OM	-0.898 0.0004*	-0.871 0.001*	0.584 0.08	-0.898 0.0004*	0.716 0.02*	0.93 0.0001*	-0.838 0.002*	1.0	-
DOC	-0.884 0.0007*	-0.816 0.004*	0.512 0.13	-0.829 0.003*	0.617 0.06	0.904 0.0003*	-0.900 0.0004*	0.925 0.0001*	1.0

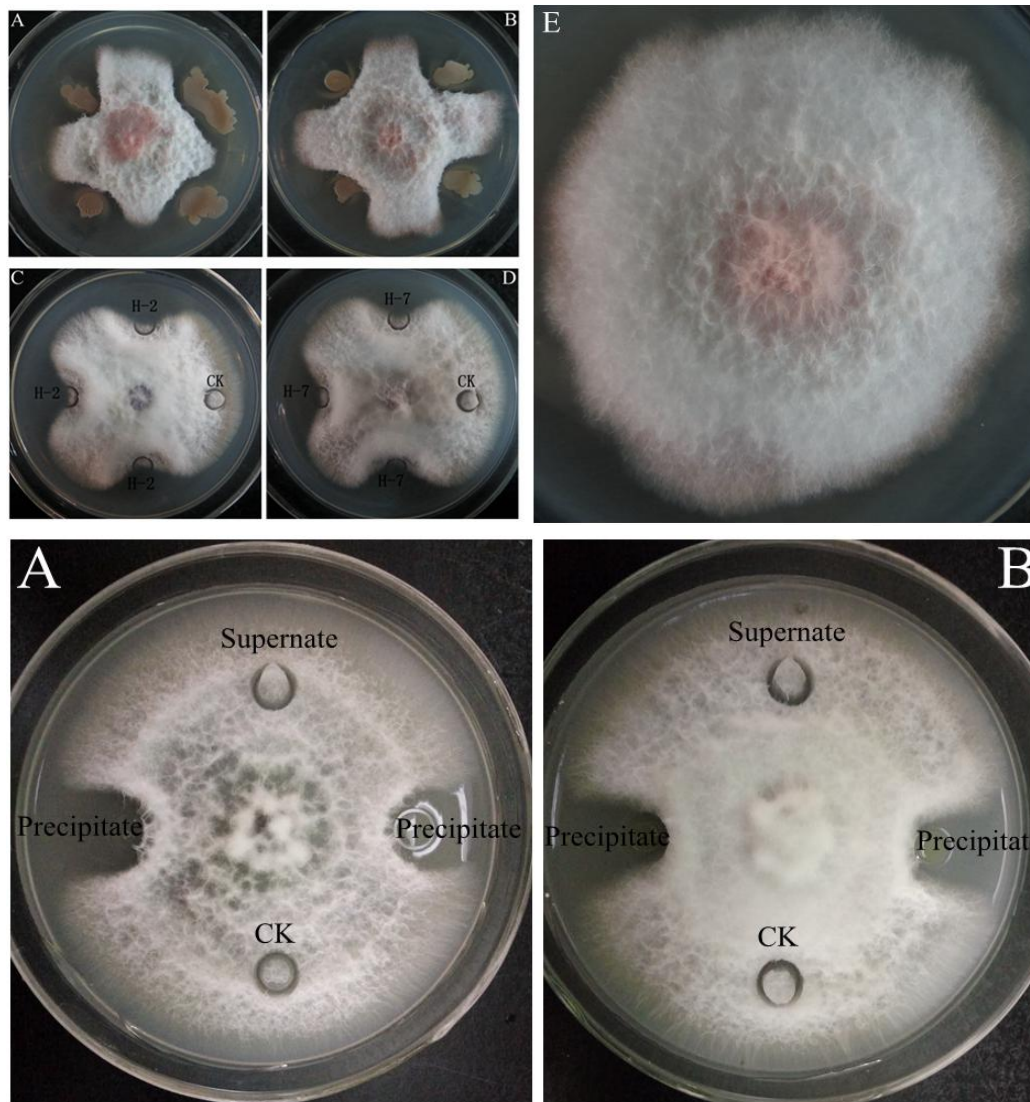
香蕉枯萎病发病率与根际病原菌数量、真菌数量、土壤NO<sub>3</sub>-N含量呈显著正相关，而与土壤 $\Delta$ pH、NH<sub>4</sub>-N、OM和DOC含量呈显著负相关。



### (三) 拮抗菌对病原菌的毒理效应

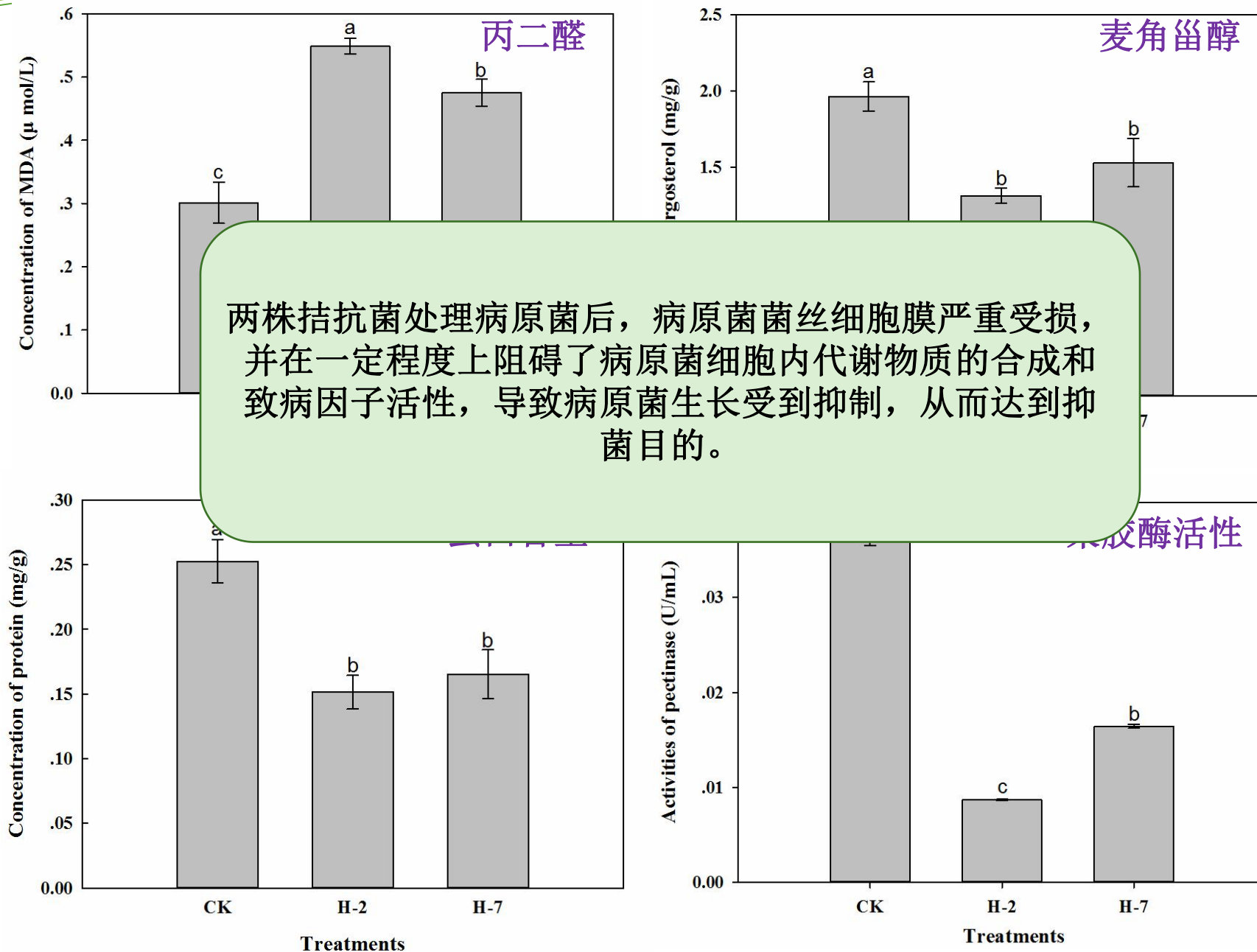
供试菌株: H-2: *Bacillus subtilis*  
H-7: *Bacillus amyloliquefaciens*

酸  
沉  
淀  
粗  
提



# (三) 拮抗菌对病原菌的毒理效应

拮抗菌对病原菌生长及代谢的影响





## (四) 田间试验

试验地点：广州市番禺区东涌镇小乌村

蕉苗品种：巴西蕉，新苗；

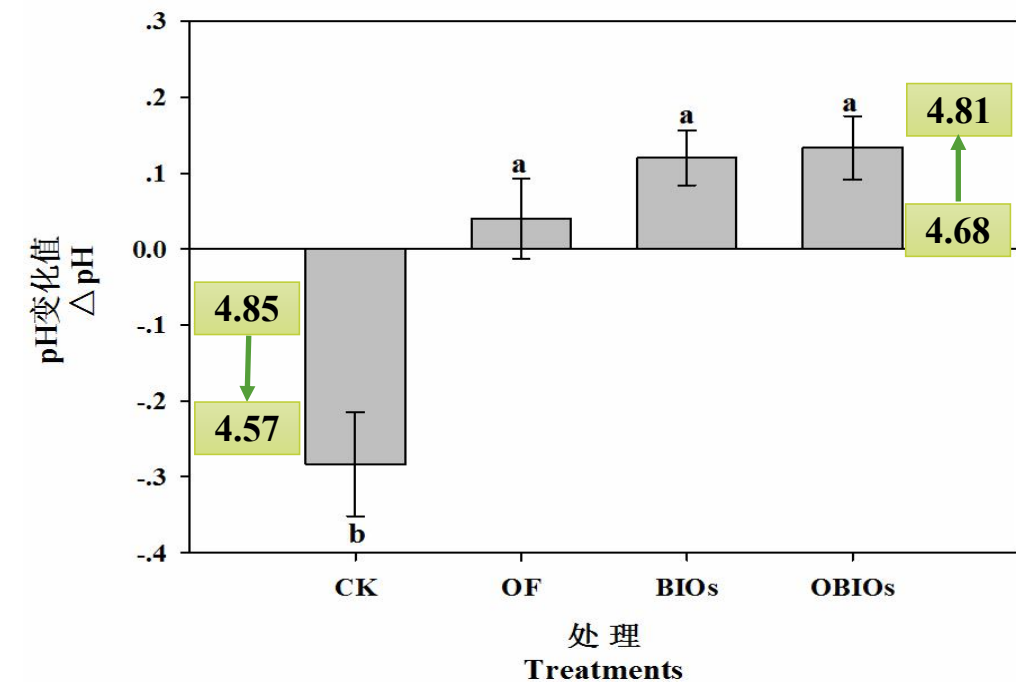
试验处理：（1）CK：常规施肥；（2）OF：单施有机改良剂；（3）BIOs：单施生物有机肥；  
（4）OBIOs：有机改良剂与生物有机肥协同。

有机肥和生物有机肥的施用量为5 Kg/株，作为基肥施入，后期管理与常规处理一致。

共两季：第一季周期为2017.3-2018.2；第二季为第一季留芽处理，至2018.11月收获。



## (四) 田间试验



各处理可显著增加土壤pH和各生长期指标，最终显著提高香蕉产量。

处理	营养生长期			孕蕾期			断蕾期			收获期
	株高 (cm)	茎围 (cm)	青叶数	株高 (cm)	茎围 (cm)	青叶数	株高 (cm)	茎围 (cm)	青叶数	产量 (斤/株)
CK	133.5±0.3c	36.2±0.5b	11±0.1a	240.3±2.0a	58.0±6b	13±0.1a	252.7±9b	62.2±9a	10±0.1a	38.8±0.9b
OF	138.2±0.9b	37.8±4a	11±0.1a	243.3±0.0a	61.2±7a	13±0.2a	255.9±6a	62.5±3a	11±0.1a	43.2±0.5b
BIOs	139.0±0.8b	37.3±2a	12±0.3a	243.1±2.0a	60.9±6a	13±0.1a	256.9±7a	63.1±3a	11±0.1a	44.6±0.6b
OBIOs	142.6±0.8a	38.4±3a	11±0.2a	242.8±0.0a	60.9±9a	13±0.1a	254.8±9ab	62.8±0a	10±0.3a	45.5±1.1b



# 三、主要结论



盆栽试验表明，生物有机肥与酸性土壤改良剂协同应用能显著增强对香蕉枯萎病的防控效率，田间应用能显著改善土壤酸性环境，增加香蕉产量。



通过提高香蕉根际土壤pH值，可使其往不利于病原真菌而有利于生防细菌生长的方向发展，从而保障拮抗菌与病原菌的竞争，抑制病原菌生长。



拮抗菌抑制病原菌生长的部分机理在于，拮抗菌的代谢产物可在一定程度上阻碍病原菌胞内代谢物质的合成和致病因子活性，并使菌丝细胞膜严重受损，从而导致病原菌生长受到抑制。

请各位专家批评指正！  
谢谢！