

郭建伟, 罗冰, 杨丽芬, 等. 草果果腐病拮抗产芽孢细菌的筛选与鉴定[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(10): 176–179.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.10.055

草果果腐病拮抗产芽孢细菌的筛选与鉴定

郭建伟^{1,2}, 罗冰¹, 杨丽芬¹, 杨建¹, 田学军¹, 刘艳红¹, 胡锐菊¹

(1. 红河学院云南省高校农作物优质高效栽培与安全控制重点实验室, 云南蒙自 661100;

2. 中国科学院新疆生态与地理研究所干旱区生物地理与生物资源重点实验室, 新疆乌鲁木齐 830011)

摘要:以草果果腐病镰刀菌作为指示菌筛选拮抗产芽孢细菌, 结果表明健康果实比患病果实的细菌多样性高, 但相对抑制率 $\geq 35\%$ 的高拮抗菌株均分离自病果, 并通过形态学及生理生化特征鉴定出 8 株枯草芽孢杆菌、1 株解淀粉芽孢杆菌、1 株嗜碱芽孢杆菌、1 株花园芽孢杆菌、1 株苛求芽孢杆菌及 3 株革兰氏阳性产芽孢球菌。

关键词:镰刀菌; 产芽孢细菌; 草果生物防治

中图分类号: S432.4⁺2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)10-0176-03

草果 (*Amomum tsaoko* Crevost et Lemaire), 又名草豆蔻, 多年生常绿丛生草本植物, 隶属姜科豆蔻属, 主要分布我国云南、广西和贵州等省(区)局部地区; 果实性温、浓香, 具有健胃、消食、顺气、祛寒湿等药效, 也是上好的烹调佐料^[1]。云南南部、东南部和西南部的亚热带雨林种植广泛, 萎蔫病、叶斑病、疫病等常见病害日益引起研究者的关注^[2-4]; 另据本团队调查, 花腐病、果腐病、立枯病在云南红河州的屏边、元阳、绿春均有暴发, 其中果腐病已遍及文山、红河、绿春、金屏、屏边多个县(区)的草果产区, 常导致果穗腐烂、脱落, 果实腐烂, 叶片枯死, 其病原菌为镰刀菌 (*Fusarium* sp.)。

产芽孢细菌, 尤其是药用植物内生菌在植物病害生物防治和促进植物生长方面有着重要的应用价值^[5]; 这类细菌突出的特征是能产生耐热抗逆的芽孢, 有利于生防菌剂的生产、剂型加工及在环境中存活、定殖与繁殖^[6]; 目前应用广泛的产芽孢细菌种类有枯草芽孢杆菌 (*Bacillus subtilis*)、多黏芽孢杆菌 (*B. polymyxa*)、蜡状芽孢杆菌 (*B. cereus*)、蜡状芽孢杆菌蕈状变种 (*B. cereus* var. *mycoides*) 等^[7]。因而, 本研究拟从草果根际土壤及果实分离耐高温 (80 ℃ 恒温处理 30 min) 细菌, 继而筛选对果腐病镰刀菌具有高拮抗活性的菌株, 再进行形态学及生理生化特征鉴定, 重点筛选芽孢杆菌为后续生防菌剂的开发提供菌株来源。

1 材料与方法

1.1 供试材料

病原菌: 草果果腐病镰刀菌 (*Fusarium* sp.) 菌株 F1。

供试土样及草果果实: 供试土样于 2011 年 10 月采自云

南省红河州金屏县马鞍底乡草果种植区的患病植株根际, 以无菌铲子刮去表层土壤, 每个样点取 15~30 cm 深度的草果根际土 30 g; 供试草果果实于 2012 年 7—8 月采自屏边县石寨村、白沙村、仓房村、新现村及蒙自市岗坛子。

培养基: PDA、LB、硝酸盐还原试验培养基、淀粉水解试验培养基、葡萄糖蛋白胨液体培养基、西蒙氏柠檬酸盐培养基、牛奶培养基等^[8]。

1.2 试验方法

1.2.1 耐高温细菌的分离、纯化 土样细菌分离: 将土壤样品磨碎、混匀、过筛 (100 目), 每份样品取 2 g 细土样放入盛有 18 mL 无菌水并带有玻璃珠的三角烧瓶中, 120 r/min 室温振荡 1 d, 使土样分散并与水混合, 置于 80 ℃ 水浴 30 min 以杀死微生物菌体和其他杂菌保留芽孢^[9]。热处理后静置 5 min, 吸取 1 mL 土壤悬液加入盛有 9 mL 无菌水的大试管中充分混匀, 再吸取 1 mL 加入另一盛有 9 mL 无菌水的大试管中摇匀, 以此类推制成 10^{-1} 、 10^{-2} 、 10^{-3} 、 10^{-4} 、 10^{-5} 等不同稀释度的土壤溶液^[8]。取各梯度土壤悬液涂布于 LB 培养基中, 每个梯度 3 次重复, 置于 32 ℃ 恒温培养箱中培养 48 h。

果实内生细菌的分离: 剪取健康草果或果腐病病果的健康部位, 采用郭建伟等的方法^[9]进行表面消毒, 即先以 75% 乙醇消毒 5 min, 再转入 10% 次氯酸钠溶液中消毒 8 min, 冲洗 2~3 遍后用无菌剪刀剪取 5 g, 放入研钵中加入少量无菌水、石英砂快速研磨, 研磨之后放入无菌烧杯中加 20 mL 无菌水溶解, 置于 80 ℃ 水浴 30 min^[10]。热处理后静置 5 min, 取上清液 30 μ L 稀释 100 倍 (相当于总共稀释 500 倍) 后取 30 μ L 涂布于牛肉膏蛋白胨培养基中, 每份样品 3 个重复, 置于 32 ℃ 恒温培养箱中培养 48 h。

纯化: 待长出菌落后, 根据菌落边沿是否整齐、光滑、中央是否突起、正反面颜色挑取不同的菌体划线, 35 ℃ 恒温培养 24~48 h 后根据菌落形态及镜检菌体形态确定是否为纯菌落, 若不纯则继续划线分离。

1.2.2 根腐病拮抗菌株的筛选 将细菌纯菌株以三点接种法与病原菌接在加有蛋白胨的 PDA 培养基上, 28 ℃ 恒温培养 7 d; 测量抑菌圈半径 (抑菌圈半径是病原菌菌落半径减去病原菌接种点到凹痕的距离), 以不接种细菌的平板作对照

收稿日期: 2014-10-09

基金项目: 云南省红河州人民政府生物创新办委托项目“草果良种选育和丰产示范基地建设项目”; 红河学院硕士点植物保护一级学科建设项目; 红河学院大学生科技创新基金 (编号: SZ1210)。

作者简介: 郭建伟 (1979—), 男, 河南兰考人, 博士, 讲师, 主要从事植物病原菌的分离及其防治研究。E-mail: gjwk475301@163.com。

通信作者: 杨建, 硕士, 讲师, 主要从事应用微生物研究, E-mail: yj_biology2@126.com; 刘艳红, 博士, 教授, 主要从事环境生物多样性及保护研究, E-mail: kidliu1968@126.com。

测量病原菌半径,根据测量结果计算相对抑菌率(相对抑菌率=抑菌圈半径/病原菌半径 $\times 100\%$)^[11]。

1.2.3 根腐病高拈抗菌株的形态及生理生化鉴定 对相对抑菌率 $\geq 35\%$ 的拈抗菌株进行革兰氏染色、芽孢染色、耐盐、耐高温、V. P 试验、厌氧性试验、柠檬酸盐利用试验、接触酶试验、硝酸盐还原试验、淀粉水解试验、酪素水解试验等形态观察及生理生化特征鉴定^[8]。

2 结果与分析

2.1 耐高温细菌的分离

从采集自不同地方的草果果实及土壤样品中经 80 ℃ 处理、稀释涂布、划线培养等方法共分离纯化得到 208 株细菌。由表 1 可见,健康果实比病果的细菌数量更为丰富;细菌分布具有一定的地方差异性,屏边县白沙村健康果实、病果的细菌多样性最高,新现村健康果实、病果的细菌多样性最低。

表 1 草果不同产地样品细菌分离结果

样品来源	健康果实(A)		病果(B)		病株根际土(C)		菌株总计
	样品数 (个)	菌株数 (株)	样品数 (个)	菌株数 (株)	样品数 (个)	菌株数 (株)	
屏边石寨村	1	15	3	34	0	0	49
屏边白沙村	1	19	2	23	0	0	42
屏边新现村	1	8	3	17	0	0	25
屏边仓房村	1	16	3	25	0	0	31
蒙自岗坛子	1	13	2	20	0	0	33
金平马鞍底	0	0	0	0	3	28	28
总计	5	71	13	119	3	28	208

注:屏边、蒙自、金平均为红河州辖区县。

2.2 根腐病拈抗菌株的筛选

经对峙培养法,从 208 株细菌中筛选出 35 株具有一定抑菌活性的菌株,其中屏边石寨村草果果实细菌中筛选到 8 株拈抗菌,6 株相对抑菌率 $\geq 35\%$;白沙村筛选到 7 株拈抗菌,3 株相对抑菌率 $\geq 35\%$;新现村筛选到 2 株拈抗菌,1 株相对抑菌率 $\geq 35\%$;仓房村筛选到 5 株拈抗菌,2 株相对抑菌率 $\geq 35\%$;蒙自岗坛子村草果果实细菌筛选到 5 株拈抗菌,2 株相对抑菌率 $\geq 35\%$;金平县马鞍底乡果梗、果实均感染果腐病镰刀菌的根际土壤细菌中筛选到 8 株拈抗菌,相对抑菌率均低于 35% (表 2)。相对抑菌率 $\geq 35\%$ 的拈抗菌株均分离自患病草果果实,可能因为健康草果样品较少、细菌多样性高但优势种群少,不利于拈抗菌株的筛选。

2.3 果腐病高拈抗菌株的鉴定

参照文献[8],经形态学与生理生化鉴定,PSB-1、PSB-2、PSB-13、PSB-17、PBB-11、PCB-9、PCB-10、MGB-6 等 8 株菌为枯草芽孢杆菌(*B. subtilis*),PBB-19 初步鉴定为解淀粉芽孢杆菌(*B. amyloliquefaciens*),PSB-8 初步鉴定为嗜碱芽孢杆菌(*B. alcalophilus*),MGB-7 初步鉴定为花园芽孢杆菌(*B. horti*),MGB-16 初步鉴定为苛求芽孢杆菌(*B. fastidious*);另有 PSB-31、PBB-12、PXB-14 等 3 株菌,均产圆形或椭圆形芽孢,革兰氏阳性、接触酶、硝酸盐还原、V. P 反应、淀粉水解、酪素水解均为阳性,能耐 5% NaCl 及 40 ℃ 以上高温,除 PXB-14 柠檬酸盐反应阴性外其余 2 株为阳性,仅能鉴定到革兰氏阳性产芽孢球菌(如表 3 所示),具体属、种分类地位尚须进一步研究。

表 2 不同产地来源的拈抗菌株

菌株编号	菌株来源	相对抑菌率 (%)	淀粉水解圈 直径(mm)	酪素水解圈 直径(mm)
PSJ-5	屏边石寨村健康	24.6	ND	ND
PSJ-11	屏边石寨村健康	12.3	ND	ND
PSB-1	屏边石寨村病果	39.4	14.6	13.5
PSB-2	屏边石寨村病果	36.4	15.0	14.3
PSB-8	屏边石寨村病果	61.3	0	9.0
PSB-13	屏边石寨村病果	69.7	9.3	8.6
PSB-17	屏边石寨村病果	35.5	12.5	12.5
PSB-31	屏边石寨村病果	40.3	15.9	3.8
PBJ-2	屏边白沙村健康	11.2	ND	ND
PBJ-6	屏边白沙村健康	19.8	ND	ND
PBJ-13	屏边白沙村健康	24.3	ND	ND
PBJ-18	屏边白沙村健康	10.8	ND	ND
PBB-11	屏边白沙村病果	45.2	16.1	12.0
PBB-12	屏边白沙村病果	61.3	13.5	7.3
PBB-19	屏边白沙村病果	38.7	13.9	0
PXJ-7	屏边新现村健康	20.3	ND	ND
PXB-14	屏边新现村病果	47.2	12.0	12.7
PCJ-3	屏边仓房村健康	18.3	ND	ND
PCJ-4	屏边仓房村健康	26.4	ND	ND
PCJ-15	屏边仓房村健康	12.7	ND	ND
PCB-9	屏边仓房村病果	40.0	13.0	11.0
PCB-10	屏边仓房村病果	67.7	6.0	7.9
MGJ-5	蒙自岗坛子健康	20.8	ND	ND
MGJ-8	蒙自岗坛子健康	28.6	ND	ND
MGB-6	蒙自岗坛子病果	35.5	6.5	12.0
MGB-7	蒙自岗坛子病果	69.2	11.0	7.9
MGB-16	蒙自岗坛子病果	65.2	17.0	0
JMBT-1	金平马鞍底病土	13.4	ND	ND
JMBT-2	金平马鞍底病土	16.7	ND	ND
JMBT-4	金平马鞍底病土	20.6	ND	ND
JMBT-6	金平马鞍底病土	23.4	ND	ND
JMBT-8	金平马鞍底病土	26.8	ND	ND
JMBT-10	金平马鞍底病土	10.6	ND	ND
JMBT-12	金平马鞍底病土	14.7	ND	ND

注:ND 表示未检测。

本研究以 80 ℃ 处理 30 min 筛选草果果腐病产芽孢拈抗菌,筛选到的 15 株相对抑制率 $\geq 35\%$ 的拈抗菌株均能产芽孢,表明这种筛选产芽孢细菌的方式是有效的。

3 结论与讨论

内生菌定植于植物组织内部不易受环境条件影响而成为重要的微生物农药、增产菌,根际微生物是定植于植物根际能直接或间接促进植物生长的微生物^[12]。由于草果在根际萌花并结果,草果果实极易受到周围及根际土壤、果实表面微生物的影响,因而本研究为扩大筛选防治草果果腐病并利于加工生防菌剂的菌株来源,选择健康及患病草果、病株根际土壤筛选耐高温细菌,从 13 份样品中共筛选到 208 株细菌,35 株对果腐病镰刀菌具有一定的室内抑制作用,其中相对抑制率 $\geq 35\%$ 的有 15 株,经鉴定均能产芽孢,大部分属于芽孢杆菌属甚至枯草芽孢杆菌,这与陈波等的研究结果^[13]基本一致但有所差异。差异的原因可能在于:一是采样地点环境及管理的差异性,本研究中草果种植于保留松树等部分山林树种或具有人工栽培旱冬瓜作为遮阴植物的山坡,与同因镰刀菌引起的香蕉种植园相比排水性好却极少施肥,对土壤微生物及草果果实内生、附生微生物种群的人为干扰较少;二是分离样品的差异性,本研

表 3 草果果腐病高拮抗产芽孢细菌的生理生化特征

测试指标	PSB - 1	PSB - 2	PSB - 8	PSB - 13	PSB - 17	PSB - 31	PBB - 11	PBB - 12
3% NaCl	+	+	+	+	+	+	+	+
5% NaCl	+	+	+	+	+	+	+	+
7% NaCl	-	+	+	+	-	+	+	+
10% NaCl	-	-	-	-	-	-	+	+
10 ℃	-	-	-	-	-	-	-	-
30 ℃	+	+	+	+	+	+	+	+
40 ℃	+	+	+	+	+	+	+	+
50 ℃	-	-	-	-	-	-	-	-
革兰氏染色	+, 杆状	+, 杆状	+, 杆状	+, 杆状	+, 杆状	+, 球形	+, 杆状	+, 球形
芽孢染色	+, 圆形	+, 圆形	+, 椭圆形	+, 圆形	+, 圆形	+, 椭圆形	+, 圆形	+, 椭圆形
硝酸盐还原反应	+	+	-	+	+	+	+	+
V. P 试验	+	+	-	+	+	+	+	+
厌氧性试验	-	-	-	-	-	-	-	-
柠檬酸盐利用	+	+	-	+	+	+	+	+
淀粉水解	+	+	+	+	+	+	+	+
接触酶试验	+	+	+	+	+	+	+	+
D - 葡萄糖产酸	+	+	+	+	+	+	+	+
D - 甘露醇产酸	+	+	+	+	+	+	+	+
D - 木糖产酸	+	+	+	+	+	+	+	+
D - 果糖产酸	+	+	+	+	+	+	+	+
酪蛋白水解	+	+	-	+	+	+	+	+
氧化酶	+	+	+	+	+	+	+	+

测试指标	PBB - 19	PXB - 14	PCB - 9	PCB - 10	MGB - 6	MGB - 7	MGB - 16
3% NaCl	+	+	+	+	+	+	+
5% NaCl	+	+	+	+	+	+	+
7% NaCl	+	-	+	+	+	+	+
10% NaCl	-	-	-	-	-	-	+
10 ℃	-	-	-	-	-	-	-
30 ℃	+	+	+	+	+	+	+
40 ℃	+	+	+	+	+	+	+
50 ℃	-	-	-	-	-	-	-
革兰氏染色	+, 杆状	+, 球形	+, 杆状	+, 杆状	+, 杆状	+, 杆状	+, 杆状
芽孢染色	+, 椭圆形	+, 椭圆形	+, 圆形	+, 圆形	+, 圆形	+, 椭圆形	+, 椭圆形
硝酸盐还原反应	+	+	+	+	+	+	-
V. P 试验	+	+	+	+	+	+	+
厌氧性实验	-	-	-	-	-	-	-
柠檬酸盐利用	+	-	+	+	+	+	-
淀粉水解	+	+	+	+	+	+	-
接触酶试验	+	+	+	+	+	+	+
D - 葡萄糖产酸	+	+	+	+	+	+	+
D - 甘露醇产酸	+	+	+	+	+	+	+
D - 木糖产酸	+	+	+	+	+	+	+
D - 果糖产酸	+	+	+	+	+	+	+
酪蛋白水解	+	+	+	+	+	+	+
氧化酶	+	+	+	+	+	+	+

注:“+”表示呈阳性,“-”表示呈阴性。

究采用草果果实、病株根际土壤分离耐高温拮抗微生物,比后者香蕉健康及枯萎病植株根际细菌的丰度高但排除了葡萄球菌属等不产孢细菌类群。在产芽孢细菌的分离技术与王松等的研究^[5]相比,本研究先采用高温处理去除其他非产芽孢细菌的干扰,分离效率更高,但后者在分离细菌后进行芽孢染色观察排除非产芽孢细菌的干扰,也提高了分离效率,若结合 2 种处理筛选拮抗产芽孢细菌,可能分离效率更高。

PSB - 8、PSB - 13、PBB - 12、PCB - 10、MGB - 7、MGB - 16对草果果腐病镰刀菌的相对抑菌率均大于 60%,除

PBB - 12外均属于芽孢杆菌属,而 PBB - 12 属于革兰氏阳性产芽孢球菌,既具有高拮抗性又都具有可抗逆境的芽孢,便于开发抗逆性强、耐贮存的生防菌剂,因而均具有较好的应用前景。有研究表明大量的根际有益微生物具有固氮、解磷、产生植物激素等促进植物生长和防治病害的能力,内生细菌主要为兼性内生的土壤细菌,目前还不清楚其促生长机制是单个微生物还是多种微生物类群的作用^[14]。本研究虽未从病株根际土壤筛选到高拮抗性的产芽孢细菌,但数量多达 8 株,因而根际土壤拮抗产芽孢细菌也具有一定的应用潜能。

何佳昱,丁明亚,杨志辉,等. 2012 年河北省围场县马铃薯晚疫病病菌表型及基因型分析[J]. 江苏农业科学,2015,43(10):179-182.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.10.056

2012 年河北省围场县马铃薯晚疫病病菌表型及基因型分析

何佳昱¹, 丁明亚², 杨志辉¹, 朱杰华¹

(1. 河北农业大学植物保护学院, 河北保定 071001; 2. 河北省围场县马铃薯研究所, 河北围场 068550)

摘要:对 2012 年采自河北省围场县永和栈、银窝沟、克勒沟、小苇子沟、扣花营 5 个地点的 60 株晚疫病病菌测定了其交配型、甲霜灵抗性、mtDNA 单倍型、SSR 基因型,结果表明,60 株晚疫病病菌全部为 A1 交配型,甲霜灵高抗菌株 58 株,占 96.67%;敏感菌株 2 株,占 3.33%。采用以 PCR 方法为基础的 mtDNA 单倍型检测新方法共鉴定出 I R₃、II R₃、II R₂ 3 种 mtDNA 单倍型。其中, I R₃ 单倍型为该群体的优势单倍型,占 80.0%; II R₃、II R₂ 分别占 18.3%、1.7%。同时,还利用具有多态性的 8 对引物测定了该群体的 SSR 基因型,共检测到 18 个等位基因、5 种基因型。SSR 聚类结果表明,SSR 基因型与菌株对甲霜灵抗性有一定相关性,而与交配型和地理来源无相关性。围场县晚疫病菌群体结构比较简单,遗传多样性程度较低。

关键词:致病疫霉;甲霜灵抗性;mtDNA 单倍型;SSR 基因型

中图分类号: S435.32 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)10-0179-04

河北省围场县是中华人民共和国农业部命名的第一批国家级马铃薯生产基地县,是“中国马铃薯之乡”,马铃薯年种植面积稳定在 30 000 hm²,年产鲜薯 5 亿~6 亿 kg,年产值 3 000 万~4 000 万元^[1]。由于马铃薯晚疫病的发生与流行,马铃薯产量损失约 4 500 kg/hm²,经济损失超过

2 000 元/hm²^[2]。晚疫病的发生与流行和病菌群体遗传结构变化有密切联系^[3-5]。了解一个区域晚疫病病菌的群体结构是制定该地区晚疫病防控技术的理论基础。2000 年,朱杰华等在围场县首次发现了晚疫病病菌 A2 交配型^[6]。2002 年,王文桥等在围场县再次发现 A2 交配型,但之后检测中并未发现 A2 交配型^[7-8]。2006 年,姚国胜等报道,围场县甲霜灵高抗菌株占被测菌株的 88.5%^[9]。2012 年,王文桥等发现,河北省甲霜灵抗性菌株所占比例由 2007 年的 100% 降为 2008 年的 66.4%,2009 年又回升为 74.2%^[8]。为了更好地揭示晚疫病的群体结构、动态变化,国内学者采用了分子技术对其进行研究^[10]。2000 年,朱杰华等采用 RAPD 方法研究了 DNA 多态性与 A2 交配型之间的关系,认为两者之间具有一定的相关性,各地的晚疫病病菌系出现不同程度的群体分化现象^[11]。2008 年,杨志辉等利用 12 对 AFLP 引物组合对

收稿日期:2014-10-13

基金项目:公益性行业(农业)科技专项(编号:201303018);现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-10-P12)。

作者简介:何佳昱(1990—),女,河北石家庄人,硕士研究生,研究方向为植物病害生物防治与分子植物病理学。E-mail:hejiayuh@163.com。

通信作者:朱杰华,博士,教授,博士生导师,研究方向为植物病原真菌与真菌病害。E-mail:zhujiehua356@126.com;杨志辉,教授。E-mail:bdyhz2002@aliyun.com.cn。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京:化学工业出版社,2009:223.
- [2] 汤桑梓,胡光辉,阮玉灿,等. 文山州草果萎蔫性病害病原研究[J]. 西部林业科学,2011,40(1):57-61.
- [3] 张云霞,鲁海菊,陈润琼,等. 草果叶斑病和枫香干腐病的病原菌鉴定[J]. 云南农业大学学报,2005,20(3):438-440.
- [4] 鲁海菊,张云霞,刘卫,等. 草果疫病初步研究[J]. 云南农业大学学报,2007,22(5):773-775.
- [5] 王松,游玲,李涛,等. 香樟产芽孢内生细菌的系统发育多样性[J]. 微生物学通报,2010,37(8):1123-1129.
- [6] Elliott M L, des Jardin E A, Batson W E, et al. Viability and stability of biological control agents on cotton and snap bean seeds[J]. Pest Management Science, 2001, 57(8): 695-706.
- [7] 李凯,袁鹤. 植物病害生物防治概述[J]. 山西农业科学,

2012, 40(7): 807-810.

- [8] 东秀珠,蔡妙英. 常见细菌系统鉴定手册[M]. 北京:科学出版社,2001:1-425.
- [9] 郭建伟,郭娟,刘艳红,等. 草果果腐病拮抗内生菌的筛选与初步鉴定[J]. 江苏农业科学,2014,42(8):116-117.
- [10] 曾艳华,温文达,张杰良,等. 纳豆芽孢杆菌的筛选与鉴定[J]. 现代食品科技,2009,25(6):681-683.
- [11] 汪军,黄俊生. 植物内生菌研究技术及应用研究进展[J]. 广西热带农业,2008(5):18-20.
- [12] 严婉荣,赵廷昌,肖彤斌,等. 生防细菌在植物病害防治中的应用[J]. 基因组学与应用生物学,2013,32(4):533-539.
- [13] 陈波,黄霄,刘小玉,等. 不同香蕉枯萎病区土壤细菌群落多样性[J]. 应用生态学报,2013,24(8):2281-2286.
- [14] 胡桂萍,尤民生,刘波,等. 水稻茎部内生细菌及根际细菌与水稻品种特性的相关性[J]. 热带作物学报,2010,31(6):1026-1030.