

郭凤柳,张海颖,李 勇,等. 马铃薯疮痂病拮抗菌株 B1 的鉴定及防效测定[J]. 江苏农业科学,2013,41(5):90-93.

# 马铃薯疮痂病拮抗菌株 B1 的鉴定及防效测定

郭凤柳,张海颖,李 勇,于秀梅,赵伟全,刘大群

(河北农业大学植物保护学院/河北省农作物病虫害生物防治工程技术研究中心,河北保定 071000)

**摘要:**对 1 株马铃薯疮痂病菌拮抗菌株 B1 进行了鉴定和盆栽防效试验。在采用皿内抑菌试验、管碟法确定了 B1 菌株对马铃薯疮痂病的抑制作用后,通过表型特征观察、生理生化测定和 16S rDNA 序列分析,对菌株进行了鉴定。结果表明,该菌的形态和生理生化特征与枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)一致,其 16S rDNA 序列与枯草芽孢杆菌的同源性高达 99%,因此将其鉴定为枯草芽孢杆菌。菌株 B1 的培养液经 80% 硫酸铵提取后,所得物质对部分马铃薯疮痂病菌也具有一定的拮抗作用。温室盆栽试验结果表明该菌株对马铃薯疮痂病防效较好。

**关键词:**马铃薯疮痂病;拮抗菌株;鉴定;枯草芽孢杆菌

**中图分类号:**S432.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2013)05-0090-04

马铃薯疮痂病是较难防治的土传病害,近年来该病在我国各马铃薯产区的发生日益严重。感病薯块表面形成凸起、凹陷或平状的痂状病斑,影响薯块的外观和市场竞争能力。马铃薯疮痂病可由多种植物病原链霉菌引起,这些病原链霉菌可以长期存活在植物病残体和土壤中,引起马铃薯疮痂病<sup>[1-2]</sup>,病情严重时会延迟马铃薯出苗,导致减产<sup>[3]</sup>。对于该病目前还缺乏安全有效的防治方法,很多发病地区尝试用多种化学农药防治该病,效果均不甚理想,同时造成了环境污染和生态系统的破坏<sup>[4]</sup>。本研究在前期马铃薯疮痂病菌研究的基础上<sup>[5-6]</sup>,对从土壤中获得 1 株对马铃薯疮痂病菌具有拮抗作用的菌株 B1 进行鉴定和分析,旨在获得马铃薯疮痂病的生防资源,探索马铃薯病害防治的新途径。

收稿日期:2013-02-23

基金项目:国家自然科学基金(编号:30700523);河北省高层次人才资助项目(编号:20120346);现代农业产业技术体系建设专项资金(编号:CARS-10-P12)。

作者简介:郭凤柳(1986—),女,河北辛集人,硕士研究生,研究方向为植物病害生物防治。Tel:(0312)7528502;E-mail:guofenglui160@126.com。

通信作者:赵伟全,博士,教授,主要从事植物病害生物防治与分子植物病理学的研究。E-mail:zhaowquan@yahoo.com.cn。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

土豆品种:荷兰 7 号。供试菌株:分离自土壤的 B1 菌株;马铃薯疮痂病菌 CPS-1(*S. scabies*)、CPS-2(*S. galilaeus*)、CPS-3(*S. acidiscabies*)、SHXHZ-3(*S. turgidiscabies*)、NM-10 菌株。以上菌株均为河北农业大学植物保护学院生防实验室保存。试剂:结晶紫、草酸铵、碘液、95% 乙醇、番红、孔雀绿、NaOH、过氧化氢、甲基红、肌酸、对二甲基苯甲醛、浓 HCl、石蕊、脱脂牛奶(国产分析纯);Taq DNA 聚合酶、dNTP、10×PCR Buffer(北京泽兴生物科技有限公司);通用引物(上海生工生物技术有限公司合成);PCR 产物纯化试剂盒(北京思语伟业生物有限公司);PGM-T 克隆试剂盒(大连宝生物化工有限公司)。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 拮抗菌菌株 B1 的鉴定

1.2.1.1 个体及群体的形态观察 (1)革兰氏染色:菌株 B1 在 PDA 培养基平板上培养 24 h 后,准备 1 块干净的载玻片,在载片上滴 1 滴水,接种环挑取 1 小块菌苔,于水滴边缘轻轻涂几下,在火焰上通过几次,以固定涂片,结晶紫液染色 1 min,用水冲净结晶紫液,滴加碘液并覆盖 1 min,水冲去碘

[6] Mound L A, Halsey S H. Whitefly of the world: a systematic catalogue of the Aleyrodidae (Homoptera) with host plant and natural enemy data wiley[M]. New York: John Wiley & Sons, 1978: 340.

[7] Antignus Y, Mor N, Benjoseph R, et al. Ultraviolet-absorbing plastic sheets protect crops from insect pests and from virus diseases vectored by insects[J]. Environ Entomol, 1996, 25(5): 919-924.

[8] Naranjo S E, Castle S J, de Barro P J, et al. Bemisia: bionomics and management of a global pest[M]. Heidelberg: Springer, 2010: 185-226.

[9] Duffus J E. Current topics in vector of squash leaf curl virus (SqLCV) research[M]. New York: Springer Verlag, 1987: 73-91.

[10] Bedford I D, Briddon R W, Brown J K, et al. Geminivirus transmission and biological characterisation of Bemisia tabaci (Gennadius) biotypes from different geographic regions[J]. Annals of Applied

Biology, 1994, 125(2): 311-325.

[11] Doukas D, Payne C C. Greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) dispersal under different UV-light environments[J]. Econ Entomol, 2007, 100(2): 389-397.

[12] Raviv M, Antignus Y. UV radiation effects on pathogens and insect pests of greenhouse-grown crops[J]. Photochemistry and Photobiology, 2004, 79(3): 219-226.

[13] Antignus Y, Nestel D, Cohen S, et al. Ultraviolet-deficient greenhouse environment affects whitefly attraction and flight-behavior[J]. Environmental Entomology, 2001, 30(2): 394-399.

[14] Antignus Y, Lachman O, Pearlsman M. Light manipulation by soil mulches protect crops from the spread of egomoviruses[C]. // Lima, Peru: Abstracts of the IX International Plant Virus Epidemiology Symposium, 2005.

液,将水甩干,用95%的乙醇脱色30 s,立即用水冲洗;番红复染1 min,用水洗净,风干,镜检。(2)芽孢染色:涂片后,用饱和的孔雀绿水溶液染色10 min,自来水冲洗,0.5%番红液复染1 min,水洗,吸干,镜检。

1.2.1.2 生理生化测定 过氧化氢酶的测定:取1块干净的载玻片,在上面滴1滴3%~10%的 $H_2O_2$ ,用接种针挑取培养了10~24 h的菌苔,在 $H_2O_2$ 溶液中涂抹,观察有无气泡产生。M. R 试验:将B1菌株接种于M. R-V. P液体培养基(活性物质胨5.0 g,葡萄糖5.0 g,NaCl 5.0 g,蒸馏水1 000 mL,pH值7.0~7.2)中,于培养箱28℃培养4~6 d后,在培养基中加入几滴甲基红,观察颜色变化。V. P 试验:将B1菌株接种于M. R-V. P液体培养基中,于培养箱28℃培养4~6 d后,取培养液2 mL与等量的40% NaOH溶液混合,加入少量肌酸,充分振荡在热水中稍加热,观察颜色变化。淀粉水解试验:在淀粉水解培养基(肉汤培养基中加入0.2%的淀粉)平板上点接B1菌株,于培养箱28℃培养2~4 d后,在平板上滴加碘液,以铺满菌落周围为度,观察现象。柠檬酸盐的利用:取幼龄菌种接种于含柠檬酸盐的培养基[柠檬酸钠2.0 g,NaCl 5.0 g, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  0.2 g,  $(NH_4)_2SO_4$  1.0 g,  $K_2HPO_4$  1.0 g,琼脂粉18~20.0 g,蒸馏水990 mL,加热溶解后加入1.0%溴百里酚兰水溶液]斜面上,于培养箱28℃培养3~7 d后,观察培养基颜色。明胶水解试验:将B1菌株菌株用穿刺法接种于明胶培养基(活性物质胨5.0 g,明胶120.0 g,蒸馏水1 000 mL,pH值7.0~7.2)的中央,其中1管不接菌作对照,于培养箱28℃培养7 d后,取出置于4℃冰箱10 min,观察培养基的变化。酪氨酸水解:将B1菌株点接在酪氨酸(*L*-酪氨酸0.5 g悬浮于10 mL蒸馏水中,肉汤琼脂10 mL,分别灭菌后混匀)平板上,于培养箱28℃培养7 d后,观察菌落周围培养基是否被水解而使培养基变透明。酪素水解试验:在酪素培养基(脱脂牛奶50 mL,琼脂18 g溶于50 mL蒸馏水中,分别灭菌后将两液混匀)平板上点接B1菌株,于培养箱28℃培养5 d后,观察菌落周围是否被分解而透明。靛基质试验:将B1菌株接种于活性物质胨水培养基中,适温培养2、4或7 d,将配好的试剂(对二甲氨基甲醛5 g溶于75 mL 95%乙醇和25 mL浓HCl中)沿管壁缓缓滴加数滴,观察颜色变化。在pH值5.7营养肉汤上的生长:接种于pH值5.7的营养肉汤培养基(活性物质胨10 g,葡萄糖20 g,蒸馏水1 000 mL,pH值5.7。培养基在121℃条件下灭菌20 min备用)中,28℃培养1~3 d后观察生长情况。耐盐性试验:在分别含2%、3.5%、5%、7%、10% NaCl的肉汤培养基中接种B1菌株,设阴性对照,于培养箱28℃培养7 d后,目测生长情况。生理生化测定项目按照《农药生物测定技术》<sup>[7]</sup>和《微生物分类学》<sup>[8]</sup>中的方法进行,培养基的配制参考《微生物培养基的制造与应用》<sup>[9]</sup>中的方法进行。

1.2.1.3 16S rDNA 序列分析 菌株B1在TSB(胰酪胨大豆胨肉汤培养基)中培养,基因组DNA的提取用煮沸裂解法提取,选用16S rDNA通用引物进行PCR扩增<sup>[10]</sup>。正向引物为27F:5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3';反向引物为1492R:5'-CTACGGCTACCTGTTACGA-3'。PCR反应体系(25 μL)为:10×PCR buffer 2.5 μL,27F 0.5 μL,1492R 0.5 μL,10 mmol/L dNTP 0.5 μL,DNA模板0.5 μL,Taq酶

(5 U/μL) 0.4 μL,ddH<sub>2</sub>O补足25 μL。PCR反应程序为:95℃预变性7 min;95℃变性1 min,50℃退火1 min,72℃延伸2 min,循环30次;72℃再延伸10 min。结果用1.5%的琼脂糖凝胶检测。PCR产物纯化与回收参照试剂盒说明书。回收的PCR片段直接与pMD19-T载体混合,16℃连接过夜。连接产物转化后的阳性克隆交上海生工生物工程技术服务有限公司测序。从GenBank数据库中调出相关属种菌株序列,利用DNASTar软件构建系统发育树。

## 1.2.2 菌株B1的拮抗作用

1.2.2.1 菌株B1的抑菌能力测定 采用纸碟法测定。将各疮痂病菌制成50 CFU/mL的孢子悬浮液,取30 μL均匀涂布于OMA(燕麦琼脂培养基)平板上作为指示菌。将B1菌株涂在PDA培养基平板上生长1~2 d后,用打孔器打取菌饼倒扣在涂有指示菌的平板中央,28℃恒温培养箱中培养,4 d后观察抑菌圈并测量其直径。

1.2.2.2 菌株B1无菌滤液抑菌能力测定 将B1菌悬液10 μL接种于100 mL燕麦液体培养基中,28℃200 r/min振荡培养,分别在2、3、4、5、6、7 d后收集滤液。培养的菌液在高速冷冻离心机上4℃、10 000 g离心10 min,取上清用0.45 μm细菌滤膜过滤除菌,得到其无菌滤液。采用管碟法<sup>[11]</sup>做抑菌试验,以马铃薯疮痂病菌为指示菌,测定菌株B1滤液的抑菌作用。在OMA平板上分别涂上马铃薯疮痂病菌,在PDA培养基上分别涂上番茄灰霉病菌、黄瓜蔓枯病菌、番茄溃疡病菌作为指示菌。在平板中央放1个牛津杯,轻微插入培养基中,牛津杯中加入140 μL无菌滤液,以非接菌燕麦培养基无菌滤液为对照,28℃恒温培养7 d后,测定抑菌圈的直径,并分析抑菌效果最好的培养时间。

1.2.2.3 菌株B1无菌滤液活性物质的提取及抑菌能力测定 将收集的抑菌效果最好的滤液取出200 mL放在烧杯中,将烧杯放在盛有冰块的大容器中确保温度为0℃,加入103.2 g  $(NH_4)_2SO_4$ 使浓度为80%<sup>[12]</sup>,用恒温磁力搅拌器搅拌至全溶(小烧杯依然在盛有冰块的大容器中,即0℃下操作),静置0℃过夜,4℃、12 000 g 30 min离心,分别收集沉淀和上清。沉淀用0.02 mol/L pH值7.5的磷酸盐缓冲液(称取 $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$  6.02 g和 $NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$  0.5 g以蒸馏水溶解定容到1 000 mL制成0.02 mol/L的浓度)溶解,将全部重悬沉淀和部分上清分别放入透析袋<sup>[13-15]</sup>,置于磷酸盐缓冲液中0℃透析,每6 h换1次缓冲液,透析48 h后转移到干净试管中,0℃保存用于生化测试。

1.2.2.4 菌株B1对马铃薯疮痂病的防效盆栽测试 选取健康的马铃薯块茎,表面用70%乙醇消毒,然后用清水冲洗干净,放置在28℃光照培养箱中催芽。待出芽后将马铃薯块茎切成留有1个芽眼的三角块,选取芽长相近的薯块置于滤纸上晾1 d,形成愈伤组织。然后将薯块芽眼朝上,播至蛭石:土壤=1:1的花盆(直径15 cm)中,在温室中培养,待薯苗长出后,选取长势一致的植株进行试验。将培养10 d的马铃薯疮痂病菌CPS-1、CPS-2、CPS-3、SHXHZ-3和NM-10分别制成 $10^5$  CFU/mL的菌悬液,在接种指示菌后的7、14、21 d分别接入150 mL B1菌悬液( $10^6$  CFU/mL),采用灌根法接种,每盆100 mL,同时设置清水对照和接菌对照,每个处理重复4次。待马铃薯收获后进行病害分级鉴定,并计

算病情指数和防治效果。

2 结果与分析

2.1 菌株 B1 的形态及生理生化特性观察结果

经各项生物学指标观察和测试,B1 菌株芽孢椭圆形,V. P 反应阳性,M. R 反应、靛基质试验阴性,能产生淀粉水解酶水解淀粉,能使明胶液化,能水解酪素,不能水解柠檬酸盐,

能使酪氨酸水解,能在含 2% ~ 7% 的肉汤培养基上生长,酸性营养肉汤(pH 值 5.7)不能生长(表 1)。依据《伯杰细菌鉴定手册》<sup>[16]</sup>和《常见细菌系统鉴定手册》<sup>[17]</sup>,结合 B1 菌株形态特征和生理生化指标的测定结果,用 DPS 数据处理系统做 0/1 聚类分析,发现该菌株与枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)基本一致。

表 1 B1 菌株与 *Bacillus subtilis* 的生理生化特性对比

菌株	过氧化氢酶测定	V. P 试验	淀粉水解	明胶液化	酪素水解	最高耐盐	7% M. R 试验	柠檬酸盐的利用	酪氨酸水解	靛基质试验	pH 值 5.7 营养肉汤
B1	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-
枯草芽孢杆菌	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-

注:“+”表示阳性;“-”表示阴性。

2.2 菌株 B1 16S rDNA 序列分析结果

以菌株 B1 的 DNA 为模板,PCR 扩增得到该菌株 1.6 kb 的 16S rDNA 序列片段,测序结果经校对后,在 GenBank 中经 BLAST 分析后发现,该序列与多株枯草芽孢杆菌的 16S rDNA 序列(登录号 GQ421472、AB018486)的同源性均达 99%,用 DNASTar 软件构建的系统发育树如图 1。根据菌株 B1 的生物学特征和 16S rDNA 的序列分析结果,将其鉴定为枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)。

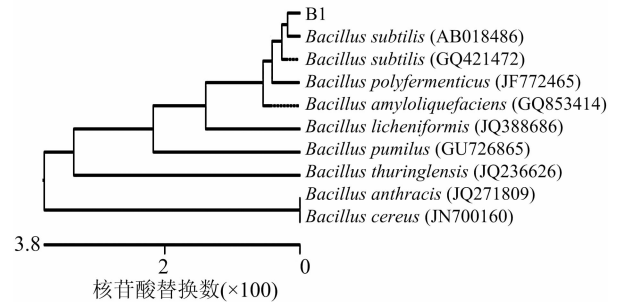
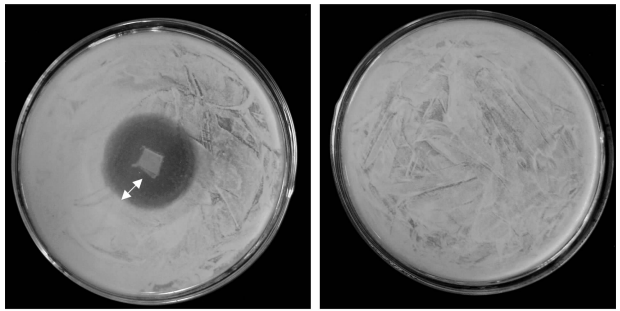


图 1 基于菌株 16S rDNA 序列构建的系统发育树

2.3 菌株 B1 对马铃薯疮痂病菌的抑菌活性

纸碟法测定结果表明,菌株 B1 对不同疮痂病菌均有一定的抑制能力,在测试菌株中抑菌效果最好的是 CPS-1 和 NM-10,抑菌圈直径为 18.36 mm;其次为 CPS-2,抑菌圈直径为 14.78 mm;然后是 CPS-3,抑菌圈直径为 13.11 mm;最后是 SHXHZ-3,抑菌圈直径为 10.43 mm。说明菌株 B1 对马铃薯疮痂病菌的抑菌效果较好(图 2)。



“↔”所示为抑菌带

图 2 菌株 B1 对疮痂病菌 CPS-1 的抑菌效果

2.4 菌株 B1 培养无菌滤液的抑菌效果

将菌株 B1 培养液经细菌滤膜抽滤后,所得无菌滤液对

疮痂病菌 CPS-1 和 CPS-3 具有一定的抑制作用(图 3)。其中对 CPS-1 的抑菌圈直径在 3 d 最大至 15.25 mm,5 d 为 14.72 mm,6 d 为 7.22 mm;对 CPS-3 的抑菌圈直径在 3 d 最大至 10.67 mm,5 d 为 5.53 mm,6 d 为 2.39 mm(表 2)。说明 B1 菌株可以产生胞外抑菌活性物质,但该抑菌活性物质的稳定性至 6 d 时大大下降;但无菌滤液对其他测试菌株抑制效果不明显,说明不同疮痂病菌存在较大差异,且 B1 菌株可能产生多种抑菌活性物质。

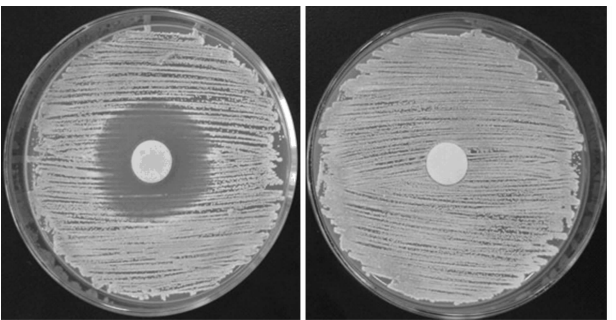


图 3 菌株 B1 无菌滤液对马铃薯疮痂病菌 CPS-1 的抑菌测试结果

表 2 不同培养时间的 B1 菌株滤液对马铃薯疮痂病菌抑菌带直径

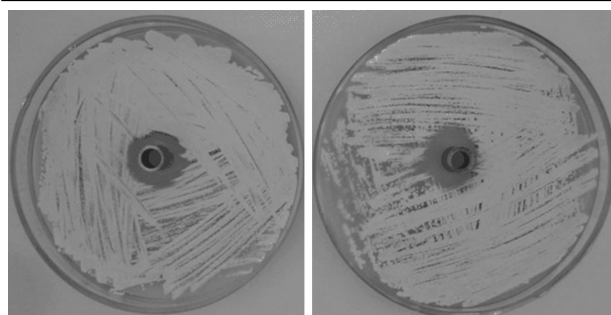
疮痂病菌	抑菌圈直径(mm)					
	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d
CPS-1	14.33	15.25	14.58	14.72	7.22	-
CPS-3	9.48	10.67	7.47	5.53	2.39	-

2.5 菌株 B1 培养液活性物质的测试效果

由于已确定菌株 B1 为枯草芽孢杆菌,对该类拮抗菌的很多研究证明其活性物质为蛋白类物质,因此本研究将无菌滤液用硫酸铵变性,高速冷冻离心机 10 000 g 离心 30 min 后,将收集到的沉淀用缓冲液溶解透析,测试对疮痂病菌的抑菌效果,结果表明对菌株 CPS-1 和 CPS-3 有抑菌作用,而对其他测试菌株无明显抑制效果(图 4)。

2.6 菌株 B1 对疮痂病的盆栽防效

为检测 B1 菌株对疮痂病菌的防效特进行盆栽试验。将不同的疮痂病菌接种至长势一致的马铃薯植株上,用 B1 菌株进行防治试验。结果表明菌株 B1 对各测试菌株均有一定防治效果,其中对 CPS-3 的防效最好,新生薯块没有病斑出现,对其他病菌的防效也较好,新生薯块仅有少量出现 1 ~ 2 个病斑;而接种疮痂病菌的对照均发病较重(图 5)。



A. 活性提取物

B. 无菌滤液

图4 B1菌株提取的活性物质对CPS-1的抑菌效果

A. 接种疮痂病菌CPS-3的  
新生薯块B. 菌株B1防治CPS-3后的  
新生薯块

图5 菌株B1对疮痂病的防效盆栽试验结果

### 3 讨论和结论

马铃薯疮痂病是生产中常见的经济性病害,目前对该病还缺乏高效稳定的防治方法。本研究对获得的1株疮痂病菌拮抗菌株B1进行了鉴定并进行了抑菌活性和盆栽防病测试,确定该菌株为枯草芽孢杆菌,且对马铃薯疮痂菌具有较好的抑菌活性。在对菌株鉴定过程中遵循目前常用的生物学特性结合分子特征的多项分类鉴定法则,将菌株B1鉴定为枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)。近年来对于该类菌株作为生防资源的研究较多,有些已成功应用于生产并取得了较好的防治效果。枯草芽孢杆菌对小麦全蚀病菌菌丝的生长有显著的抑制作用<sup>[18]</sup>。对该类菌株抑菌活性物质的研究也成为近年来研究的热点,枯草芽孢杆菌B-332被证实具有3种抑制稻瘟病菌的活性成分<sup>[19]</sup>;岳东霞等对黄瓜内生枯草芽孢杆菌B10的抗菌活性物质稳定性进行了测定<sup>[20]</sup>。马铃薯疮痂病作为土传病害在防治上尚无良策,在使用化学药剂效果不理想的情况下采用生物防治的手段是一个较好的研究方向。本研究在确定菌株B1对马铃薯疮痂病菌具有抑菌活性后,对其抑菌活性物质进行了初步分析,发现其培养液无菌滤液和蛋白提取液均表现出抑菌作用,说明该菌株具有一定的生防潜力。在抑菌测试时发现该菌株只对部分疮痂病菌表现出抑菌活性,因此在实际应用该生防菌株时要首先明确病原菌的种类,有针对性地选择使用。对该菌株的进一步深入研究,一方面有助于进一步了解疮痂病的生防机制,另一方面也有利于该芽孢杆菌生防制剂的开发利用研究与应用。

### 参考文献:

- [1] King R R, Lawrence C H, Clark M C. Correlation of phytotoxin production with pathogenicity of *Streptomyces scabies* isolates from scab infected potato tubers [J]. American Journal of Potato Research, 1991, 68: 675 - 680.
- [2] Hiltunen L, Laakso I, Chobot V, et al. The influence of thaxtomins in different combinations and concentrations on growth of micropropagated potato shoot cultures [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54 (9): 3372 - 3379.
- [3] Hiltunen L, Weckman A, Ylhainen A, et al. Responses of potato cultivars to the common scab pathogens, *Streptomyces scabies* and *S. turgidiscabies* [J]. Annals of Applied Biology, 2005, 146: 395 - 403.
- [4] 陈志谊, 徐志刚, 陆凡, 等. 拮抗细菌B-916对水稻植株的抗性诱导作用 [J]. 西南农业学报, 2001, 14 (2): 44 - 48.
- [5] 赵伟全, 杨文香, 李亚宁, 等. 中国马铃薯疮痂病菌的鉴定 [J]. 中国农业科学, 2006, 39 (2): 313 - 318.
- [6] 张萌, 赵伟全, 于秀梅, 等. 中国马铃薯疮痂病原菌16S rDNA的遗传多样性分析 [J]. 中国农业科学, 2009, 42 (2): 499 - 504.
- [7] 陈年春. 农药生物测定技术 [M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1991: 149 - 160.
- [8] 张纪忠. 微生物分类学 [M]. 上海: 复旦大学出版社, 1991: 62 - 73.
- [9] 陈天寿. 微生物培养基的制造与应用 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 425 - 436.
- [10] Polz M F, Harbison C, Cavanaugh C M. Diversity and heterogeneity of epibiotic bacterial communities on the marine nematode *Eubostriechus dianase* [J]. Applied Environmental Microbiology, 1999, 65: 231 - 240.
- [11] 杜立新, 冯书亮, 曹克强, 等. 枯草芽孢杆菌BS2208和BS2209菌株防治番茄灰霉病研究 [J]. 农药学报, 2004, 6 (3): 37 - 42.
- [12] Sturz V, Christie B R, Norwak J. Bacterial endophytes: potential role in developing sustainable systems of crop production [J]. Critical Review in Plant Sciences, 2000, 19 (1): 1 - 30.
- [13] 石晶盈, 陈维信, 刘爱媛. 植物内生菌及其防治植物病害的研究进展 [J]. 生态学报, 2006, 26 (7): 2395 - 2401.
- [14] 吴冠芳. 生物化学与分子生物学实验数据手册 [M]. 北京: 科学出版社, 2000: 119 - 132.
- [15] 杨正强, 张耀兮, 陈小静, 等. 华重楼内生菌SS02的分离与抗菌活性的初步研究 [J]. 微生物学通报, 2006, 33 (2): 54 - 58.
- [16] Buchanan R E, Gibbons N E. 伯杰细菌鉴定手册 [M]. 8版. 中国科学院微生物研究所伯杰细菌鉴定手册翻译组, 译. 北京: 科学出版社, 1984: 729 - 759.
- [17] 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.
- [18] 原丽, 石明旺, 杨运华, 等. 枯草芽孢杆菌对小麦全蚀病的抑制作用及防效 [J]. 河南科技学院学报, 2012, 41 (3): 39 - 42.
- [19] 刘雪, 田云龙, 闫丽, 等. 枯草芽孢杆菌B-332产抗稻瘟病菌的活性物质分析 [J]. 生物技术通报, 2012 (8): 189 - 193.
- [20] 岳东霞, 张要武, 刘玉凤. 黄瓜内生枯草芽孢杆菌B10抗菌活性物质稳定性研究 [J]. 天津农业科学, 2012, 18 (4): 4 - 6.