

# 海洋多粘类芽孢杆菌 L<sub>1</sub>-9 菌株对黄瓜的促生作用和诱导抗性研究

王 希, 刘 佳, 暴增海, 马桂珍, 王淑芳

(淮海工学院 海洋学院, 江苏 连云港 222005)

**摘 要:**以黄瓜种子为试材,采用盆栽法研究了 L<sub>1</sub>-9 菌株发酵液浸泡黄瓜种子后,对黄瓜幼苗的根长、须根数、黄瓜枯萎病发生的影响,并测定了黄瓜根组织的过氧化物酶(POD)、苯丙氨酸解氨酶(PAL)、超氧化物歧化酶(SOD)和多酚氧化酶(PPO)4 种防御酶的酶活性变化。结果表明: L<sub>1</sub>-9 菌株发酵液浸泡黄瓜种子,可促进黄瓜须根的增加和根伸长,对黄瓜枯萎病具有明显的防治效果;浸种处理后黄瓜幼苗根部 PAL、POD、PPO、SOD 4 种酶活性明显高于对照,4 种酶活性高峰期不同,表明 L<sub>1</sub>-9 菌株发酵液浸泡种子能够明显诱导黄瓜对枯萎病的抗性。

**关键词:**多粘类芽孢杆菌 L<sub>1</sub>-9 菌株;促生作用;诱导抗性

**中图分类号:**S 642. 204<sup>+</sup>. 1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)21-0133-05

多粘类芽孢杆菌(*Paenibacillus polymyxa*)中很多菌株及其发酵液对黄瓜及番茄枯萎病<sup>[1]</sup>、番茄灰霉病<sup>[2]</sup>、番茄青枯病<sup>[3]</sup>、黄瓜苗期猝倒病和中期枯萎病<sup>[4]</sup>、稻瘟病<sup>[5]</sup>有良好的防治效果,并能促进黄瓜、番茄、大豆、水稻的生长,诱导植物产生抗病性,且有学者从多粘类芽孢杆菌中分离到生长素和细胞分裂素,并认为此 2 种物质可能是其具有促生性的物质基础<sup>[6-7]</sup>。

L<sub>1</sub>-9 菌株是从连云港海域海泥中分离获得的多粘类芽孢杆菌<sup>[8]</sup>,该菌株对多种植物病原真菌和细菌有抑制作用,其发酵液能显著提高小麦种子的发芽率、发芽势、出苗率以及小麦幼苗的株高、根长、干重,促进小麦幼苗的生长,对小麦根腐叶枯病和小麦赤霉病番茄早疫病具有较好的防病效果<sup>[9-10]</sup>,能够产生几丁质酶、葡聚糖酶、蛋白酶和纤维素酶等细胞壁水解酶<sup>[11]</sup>和抗菌蛋白<sup>[12]</sup>,具有一定的开发潜力。该研究采用 L<sub>1</sub>-9 菌株的发酵液处理黄瓜种子,测定黄瓜幼苗根的伸长和须根数,以及黄瓜出苗后过氧化物酶(POD)、苯丙氨酸解氨

酶(PAL)、超氧化物歧化酶(SOD)、多酚氧化酶(PPO)的活性变化规律,揭示来自海洋的 L<sub>1</sub>-9 菌株对黄瓜枯萎病的防治作用及其对黄瓜幼苗的促生作用和防御酶活性的诱导作用,旨在为 L<sub>1</sub>-9 菌株的防病作用机理研究以及生防制剂的研制提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试菌株:L<sub>1</sub>-9 菌株,分离于连云港海域海泥,由淮海工学院海洋学院实验室保存。供试病原菌:黄瓜枯萎病菌(*Fusarium oxysporum*),由该实验室保存。黄瓜种子:品种为“金盛达四号”,南京金盛达种子有限公司生产,购于连云港市农科院种子中心。L<sub>1</sub>-9 菌株、黄瓜枯萎病菌活化培养基:PDA 培养基。L<sub>1</sub>-9 菌株发酵培养基:PD 液体培养基。黄瓜枯萎病菌扩繁培养基:麦粒 40 g,水 60 mL,砂 100 g,pH 自然。

### 1.2 试验方法

1.2.1 黄瓜枯萎病菌接种物的制备 装有 200 g 麦粒砂培养基的 250 mL 三角瓶中接种培养 4 d、直径 5 mm 的黄瓜枯萎病菌菌苔 6 块,28℃恒温培养 5 d,按 1:1 比例与无菌细砂混匀粉碎,即为黄瓜枯萎病菌接种物。

1.2.2 L<sub>1</sub>-9 菌株发酵液的制备 将 2 mL 无菌 PD 加入到培养 24 h 的 L<sub>1</sub>-9 菌株斜面内,制成菌悬液,倒入装有 100 mL 无菌 PD 培养基的 500 mL 三角瓶中,28℃,180 r/min 振荡培养 24 h,即为发酵液。

1.2.3 黄瓜种子的处理 将表面消毒好的黄瓜种子用新鲜的 L<sub>1</sub>-9 菌液浸泡,28℃保温 24 h,以灭过菌的 PD 培养基作为空白对照。

**第一作者简介:**王希(1993-),女,江苏苏州人,本科,研究方向为海洋微生物利用。E-mail:1374457257@qq.com.

**责任作者:**暴增海(1962-),男,河北沧州人,硕士,教授,现主要从事植物病害生物防治等研究工作。E-mail:baozh2008@aliyun.com.

**基金项目:**江苏省高校自然科学资助项目(12KJA210001);江苏省农业科技支撑资助项目(BE2012375);连云港市科技局农业攻关资助项目(CN1207);国家级大学生实践创新训练计划资助项目(G201411641105002);江苏省“十二五”高等学校水产类重点专业资助项目。

**收稿日期:**2014-08-10

1.2.4 黄瓜枯萎病菌的接种及黄瓜种子的播种 采用室内营养钵播种黄瓜种子。每个口径为 10 cm 的营养钵装无菌土 200 g, 分别播种 PD 培养基和  $L_1-9$  菌液浸泡的种子 5 粒, 采取上覆下垫方式接种黄瓜枯萎病菌接种物 5 g, 共 3 个处理:  $L_1-9$  菌液浸种、 $L_1-9$  菌液浸种同时接种黄瓜枯萎病菌、PD 培养基浸种并接种黄瓜枯萎病菌, 以 PD 培养基浸种不接种为对照(CK)。播种当天开始每隔 2 d 取样, 测定黄瓜的根长及其须根数目, 取黄瓜的根组织, 参照文献[13-15]的方法测定不同防御酶活性, 13 d 后调查黄瓜枯萎病的发病率, 计算防病效果。

## 2 结果与分析

### 2.1 $L_1-9$ 菌液对黄瓜幼苗根长及须根数的影响

由表 1 可知, 播种后前 3 d, 空白对照的根长最长, 其次是  $L_1-9$  菌液浸种处理, 但不同处理间差异较小, 均未达到显著水平。第 5 天  $L_1-9$  菌液浸种处理的根长最长, 达 7.41 cm, 其次是空白对照和既浸种又接种病菌的处理的根长分别为 6.59 cm 和 6.35 cm, 单独接种黄瓜

枯萎病菌的处理根长最短为 5.10 cm,  $L_1-9$  菌液浸种处理与其它处理差异达到了显著水平, 空白对照和既浸种又接种病菌的处理之间差异不显著。第 7 天后空白对照和  $L_1-9$  菌液浸种处理的根长生长迅速, 不同处理之间的差异达到了极显著水平, 表明  $L_1-9$  菌液浸种处理能促进黄瓜根的生长。

由表 2 可知, 不同处理的黄瓜须根数有所不同, 第 1 天不同处理的须根数没有显著差异, 第 3 天空白对照、浸种与既浸种又接种病菌 3 个处理的须根数较高, 显著高于单独接种病菌的处理, 但三者之间差异未达到显著水平。第 5~7 天浸种处理和空白对照显著高于单独接种病菌和既浸种又接种病菌处理, 浸种处理高于空白对照, 但未达显著水平。第 9 天后浸种处理的须根数最多, 显著高于对照以及其它处理, 既浸种又接种病菌处理显著高于单独接种病菌处理, 表明  $L_1-9$  菌液浸种处理促进黄瓜须根数的增多。

表 1 不同处理的黄瓜根长

Table 1 The length of cucumber root under different treatments

处理 Treatment	1	3	5	7	9	11	13
$L_1-9$ 菌液浸种 The fermented liquid by soaking	2.53a	5.23a	7.41a	9.47A	10.62A	10.86A	11.92A
对照 CK	2.65a	5.47a	6.59b	8.38B	9.52B	10.13B	10.67B
$L_1-9$ 菌液浸种+接种黄瓜枯萎病菌 The fermented liquid by soaking+inoculation of <i>Fusarium oxysporum</i>	2.59a	4.91a	6.35b	6.86C	7.31C	7.82C	8.29C
接种黄瓜枯萎病菌 Inoculation of <i>Fusarium oxysporum</i>	2.56a	4.87a	5.10c	5.23D	5.40D	5.74D	5.94D

注: 不同小写字母表示显著差异, 大写字母表示差异极显著, 下同。

表 2 不同处理的黄瓜须根数

Table 2 The number of cucumber fibrous roots under different treatments

处理 Treatment	1	3	5	7	9	11	13
$L_1-9$ 菌液浸种 The fermented liquid by soaking	5a	9a	23a	38a	51a	51a	51a
对照 CK	4a	9a	21a	34a	37b	39b	39b
$L_1-9$ 菌液浸种+接种黄瓜枯萎病菌 The fermented liquid by soaking+inoculation of <i>Fusarium oxysporum</i>	4a	8a	18b	21b	23b	23c	22b
接种黄瓜枯萎病菌 Inoculation of <i>Fusarium oxysporum</i>	4a	5b	13b	15c	14c	12d	12c

### 2.2 $L_1-9$ 菌液对黄瓜枯萎病的防治作用

由表 3 可知, 接种黄瓜枯萎病菌的黄瓜幼苗在第 5 天主根末端为黄色, 腐烂, 其后烂根逐渐加重, 呈现明显的枯萎病症状, 用  $L_1-9$  菌液处理种子并接种黄瓜枯萎病

菌的处理, 其幼苗的烂根程度和发病率明显低于单独接种病原菌的处理, 防治效果达 64.71%, 表明  $L_1-9$  菌株发酵液对黄瓜枯萎病具有明显的防治作用。

表 3 不同处理黄瓜枯萎病的发病率

Table 3 The disease incidence of cucumber fusarium wilt under different treatments

处理 Treatment	发病率 Morbidity/%	防治效果 Control efficiency/%
对照 CK	0	—
$L_1-9$ 菌液浸种 The fermented liquid by soaking	0	—
接种黄瓜枯萎病菌 Inoculation of <i>Fusarium oxysporum</i>	34	—
$L_1-9$ 菌液浸种+接种黄瓜枯萎病菌 The fermented liquid by soaking+inoculation of <i>Fusarium oxysporum</i>	12	64.71

### 2.3 $L_1-9$ 菌液对黄瓜根部 PAL、POD、PPO、SOD 活性的影响

#### 2.3.1 PAL 活性

由图 1 可知, 播种后第 1 天不同处

理的 PAL 活性明显不同,  $L_1-9$  菌株浸种处理的 PAL 活性最高, 其次是浸种+接种组, 二者均高于对照, 单独接种病原菌的 PAL 活性低于对照, 随后的第 3、5 天不同处

理的 PAL 活性均明显下降,其后 PAL 活性升高,第 7 天对照的 PAL 活性达到最高,第 9~11 天不同处理 PAL 活性逐渐下降,第 13 天不同处理的 PAL 活性接近于 0。1~5 d 单独接种病原菌的处理组 PAL 活性均低于对照,9~13 d 接种处理的 PAL 活性高于对照组。 $t$  检验结果表明, $L_1-9$  菌株浸种处理第 1 天 PAL 活性显著高于空白对照,第 7 天浸种处理的 PAL 活性明显低于对照,二者差异达到极显著水平。

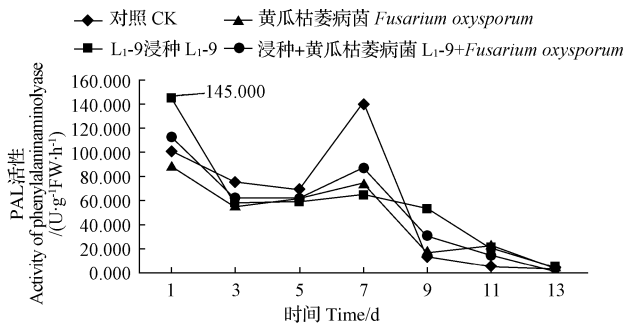


图 1 不同处理和时间黄瓜根组织 PAL 活性

Fig. 1 Activity of phenylalaninaminolyase of cucumber root tissue under different treatments and time

2.3.2 POD 活性 由图 2 可知,除单独接种病原菌的第 3 天外不同处理的 POD 活性均高于对照,对照的 POD 活性在第 7 天达到最高,处理的 POD 活性最高时间为第 9 天。第 1 天时  $L_1-9$  菌液浸种+接种处理的 POD 活性最高,其次是单独接种病原菌的处理,1 d 后不同处理的 POD 活性均下降,第 3~5 天 POD 活性变化较小,7~9 d 不同处理 POD 活性明显提高,第 9 天时 POD 活性达到最高,不同处理的 POD 活性明显不同,单独接种病原菌和接种病原菌+浸种处理的 POD 活性最高,二者之间差异不显著,但与对照和  $L_1-9$  菌液浸种处理之间达到了极显著水平,但  $L_1-9$  菌液浸种处理显著高于对照,第 11 天不同处理 POD 活性均迅速下降,第 13 天 POD 活性变化较平缓。表明不同处理均可提高 POD 活性。

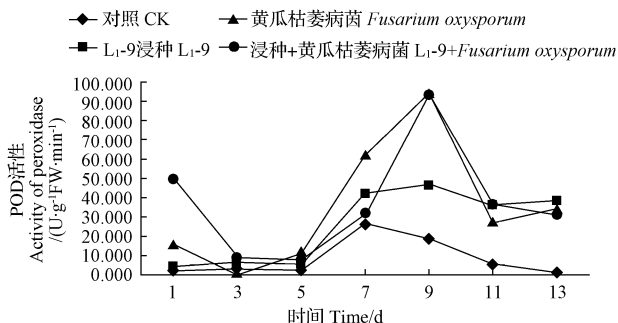


图 2 不同处理和时间黄瓜根组织 POD 活性

Fig. 2 Activity of peroxidase of cucumber root tissue under different treatments and time

2.3.3 PPO 活性 由图 3 可知,播种后第 1~3 天,不同处理的 PPO 活性无明显变化,第 5 天除浸种处理

PPO 活性有所增加,其它处理 PPO 活性均明显下降,第 7 天不同处理的 PPO 活性均达到最高,浸种+接种处理的 PPO 活性高于其它 3 个处理,对照、 $L_1-9$  菌液浸种处理及接种处理的 PPO 活性基本一致,随后不同处理 PPO 活性均下降,对照的 PPO 活性第 9~11 天下降较少,而第 11~13 天 PPO 活性下降幅度高于其它处理;第 9~13 天浸种处理与接种处理的 PPO 活性基本一致, PPO 活性均低于对照。浸种处理和对照 PPO 活性第 7 天最高,达到  $15.000 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW} \cdot \text{min}^{-1}$ ,第 9 天浸种处理 PPO 活性极显著高于对照,1~5 d 对照的 PPO 活性下降明显,浸种处理的 PPO 活性变化较小。单独接种病原菌处理的 PPO 活性第 7 天最高,达到  $14.667 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW} \cdot \text{min}^{-1}$ ,略低于对照组,第 9 天接种处理的 PPO 活性显著高于对照,之后均低于对照。浸种+接种处理的 PPO 活性第 7 天达  $17.000 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW} \cdot \text{min}^{-1}$ ,第 9 天的 PPO 活性显著高于对照。第 1~3 天浸种+接种处理的 PPO 活性变化较小,对照 PPO 活性下降明显;第 5 天 PPO 活性均明显下降,浸种+接种 PPO 活性下降最快。以上结果表明, $L_1-9$  菌液浸种、单独接种病原菌以及接种+浸种均能提高黄瓜幼苗的 PPO 活性。

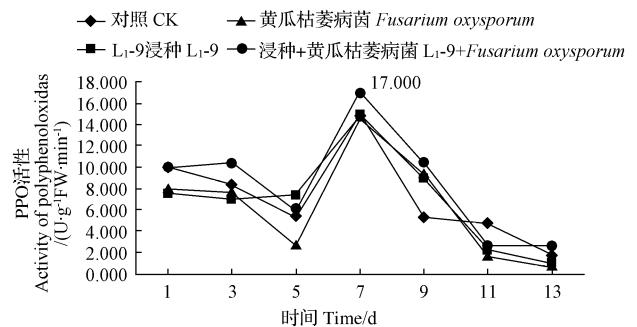


图 3 不同处理和时间黄瓜根组织 PPO 活性

Fig. 3 Activity of polyphenoloxidase of cucumber root tissue under different treatments and time

2.3.4 SOD 活性 由图 4 可知,第 1~3 天不同处理的 SOD 活性差异较小,第 1 天浸种+接种处理的 SOD 活性达较高,为  $23.462 \text{ U/g}$ ,显著高于对照组,对照的 SOD 活性最低,第 3 天浸种处理的 SOD 活性最高,达到最高为  $23.377 \text{ U/g}$ ,其次是单独接种病原菌的处理,第 5 天 SOD 活性均开始下降,但浸种处理的 SOD 活性明显高于对照和其它处理,第 7 天对照的 SOD 活性上升,明显高于不同处理,浸种处理的 SOD 活性低于对照但高于其它处理,所有处理的 SOD 活性持续下降,第 9~13 天单独接种病原菌的处理已无 SOD 活性,其它处理 SOD 活性也较低,而对照维持较高的 SOD 活性。表明浸种处理 3~5 d 对黄瓜幼苗的 SOD 活性有明显的诱导作用,其后诱导作用消失。



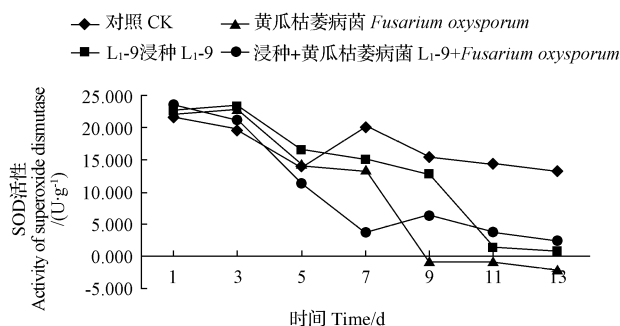


图4 不同处理和时间黄瓜根组织 SOD 活性

Fig. 4 Activity of superoxide dismutase of cucumber root tissue under different treatments and time

### 3 结论与讨论

L<sub>1</sub>-9 菌株菌液浸种对黄瓜幼苗的生长具有明显的促进作用,降低黄瓜枯萎病的发病率,提高黄瓜根部 PAL、PPO、POD、SOD 等防御酶活性,不同酶的诱导时间不同,SOD、PAL 酶最先被诱导,其次是 PPO、POD 酶,说明 4 种酶在黄瓜生长时期发挥作用的时间不同。植物体内防御酶活性的提高是生防微生物的防病作用机制之一。多粘类芽孢杆菌 W3、Y2 和地衣芽孢杆菌 W10 菌株培养液和去菌液对番茄植株抗灰霉病有较强的诱导作用<sup>[2]</sup>,生防细菌 LM23 菌悬液浸种、浸芽和浇苗处理,对水稻的生长具有促进作用,并对超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和过氧化物酶 3 种保护酶具有诱导表达作用<sup>[5]</sup>。

PPO、POD 主要参与植物酚类氧化为醌以及木质素的合成,醌对病原菌具有毒害作用,而木质素能增加细胞的厚度,对病原物有抵抗作用<sup>[16]</sup>。PAL 作为苯丙烷类代谢途径抗菌物质合成过程中关键酶和限速酶,被认为是植物的防御酶之一<sup>[17]</sup>,在植物的抗病过程中至关重要,可被光、病原物、激素、生防菌等多种因素诱导,催化植保素和木质素等抗性物质的合成,在植物抗病过程中起着化学屏障作用,其酶活性的高低可作为植物抗病性的生化指标<sup>[18]</sup>。SOD 第一个参与清除 O<sub>2</sub><sup>-</sup>,降低氧化胁迫作用<sup>[19]</sup>。该试验结果表明,L<sub>1</sub>-9 菌株菌液浸种、单独接种病原菌、L<sub>1</sub>-9 菌株菌液浸种后接种病原菌等不同处理均可提高黄瓜体内几种防御酶活性。有关生防微生物对植物防御酶诱导作用的研究国内外报道较多,但有

关来自海洋的生防微生物提高植物体内防御酶活性的报道较少。

### 参考文献

- [1] 陈雪丽,王光华,金剑,等.多粘类芽孢杆菌 BRF-1 和枯草芽孢杆菌 BRF-2 黄瓜和番茄枯萎病的防治效果[J].中国生态农业学报,2008,16(2):446-450.
- [2] 童蕴慧,郭桂萍,徐敬友,等.拮抗细菌对番茄植株抗灰霉病的诱导[J].中国生物防治,2004,20(3):187-189.
- [3] 徐玲,王伟,魏鸿刚,等.多粘类芽孢杆菌 HY96-2 对番茄青枯病的防治作用[J].中国生物防治,2006,22(3):216-220.
- [4] 张震,炳欣,景权.瓜土传病害拮抗菌分离鉴定及其生物活性测定[J].浙江农业学报,2004,16(3):151-155.
- [5] 宋永燕,李平,李妹晋,等.生防细菌 LM-3 对水稻的促生性和诱导抗性研究[J].西南农业学报,2006,19(3):438-441.
- [6] Leubn M, Heulin T, Hartmann A. Production of auxin and other indolic and phenolic compounds by *Paenibacillus polymyxa* strains isolated from different proximity to plant roots[J]. FEMS Microbiol Ecol, 1997, 22: 325-334.
- [7] Timmusk S, Nicander B, Granhall U, et al. Cytokinin production by *Paenibacillus polymyxa* [J]. Soil Biol Biochemistry, 1999, 31:1847-1852.
- [8] 马桂珍,孔德平,王增池,等.抗植物病原真菌海洋细菌的抗菌作用研究[J].吉林农业大学学报,2009,31(1):8-12.
- [9] 马桂珍,王淑芳,暴增海,等.多粘类芽孢杆菌 L<sub>1</sub>-9 菌株对番茄早疫病的抑菌防病作用[J].中国蔬菜,2010(12):55-59.
- [10] 马桂珍,暴增海,王淑芳.海洋细菌 L<sub>1</sub>-9 菌株对小麦的促生防病作用研究[J].中国生物防治学报,2011,27(2):228-232.
- [11] 夏振强,暴增海,周超,等.抗真菌海洋细菌 L<sub>1</sub>-9 菌株的几种胞外酶活性测定[J].河南农业科学,2009(7):74-77.
- [12] 马桂珍,王淑芳,暴增海,等.海洋多粘类芽孢杆菌 L<sub>1</sub>-9 菌株抗菌蛋白的分离纯化及其抗菌作用[J].食品科学,2010,31(17):335-339.
- [13] 高增贵,陈捷,刘军华,等.拮抗内生细菌 B20-006 菌株对玉米主要防御酶系的影响[J].植物病理学报,2007,37(1):102-104.
- [14] 马桂珍,暴增海,刘云鹤,等.粘帚霉生防菌株发酵液对大豆幼苗中几种防御酶活性的影响[J].吉林农业大学学报,2007,29(3):267-270.
- [15] 孙红伟,路兴波,杨崇良,等.不同抗性玉米品种接种甘蔗花叶病毒 (SCMV) 后 4 种防御酶活性变化研究[J].植物病理学报,2006,36(2):181-184.
- [16] 刘秋,刘长建,王艳颖.龟裂链霉菌发酵液活性组分 SN06 对番茄主要防御酶系的影响[J].江苏农业科学,2004(3):48-52.
- [17] 梁建根,张建萍,竺利红,等.促生菌 NK1 诱导白菜幼苗对炭疽病抗性的研究[J].园艺学报,2008,35(4):595-598.
- [18] 马俊彦,杨汝德,敖利刚.植物苯丙氨酸解氨酶的生物研究进展[J].现代食品科技,2007,23(7):71-74.
- [19] 张淑红,高宝嘉,温秀军.枣疯病过氧化物酶及苯丙氨酸解氨酶的研究[J].植物保护,1995(30):59-62.

## Study on Promoting Ability and Induced Resistance of Marine *Paenibacillus polymyxa* Strain L<sub>1</sub>-9 in Cucumber

WANG Xi, LIU Jia, BAO Zeng-hai, MA Gui-zhen, WANG Shu-fang

(College of Marine Science, Huaihai Institute of Technology, Lianyungang, Jiangsu 222005)

# 杰效力与常规杀菌剂混用防治葡萄病害的 节本增效作用研究

李宝燕, 王英姿, 王培松, 栾炳辉

(烟台市农业科学研究院, 山东 烟台 265500)

**摘要:**以“蛇龙珠”葡萄为试材,通过田间试验研究了农药增效剂杰效力与常规杀菌剂混用后对葡萄病害的防治效果。结果表明:与常规杀菌剂混用后,杰效力能够增强杀菌剂药效,降低20%喷雾量,具有节本增效作用。

**关键词:**杰效力;常规杀菌剂;葡萄病害;节本增效

**中图分类号:**S 436.631.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)21-0137-03

葡萄在我国种植广泛,是山东烟台的主要经济作物之一。对产量影响较大,发生面广、危害严重的葡萄病害主要有葡萄霜霉病、白腐病、炭疽病3种。其中葡萄霜霉病危害葡萄叶片、嫩梢、果实等幼嫩组织,造成叶片焦枯,果穗枯死,降低产量,影响品质,并且导致枝条发育不充实,冬芽不饱满,影响翌年产量;葡萄白腐病主要危害果穗、穗轴、果粒、枝蔓和叶片,病害严重时穗轴极易与木质部分离脱落、全穗腐烂,病果受震脱落严重;葡萄炭疽病主要危害果粒,造成果粒腐烂<sup>[1-3]</sup>。每年因对上述病害的管理不当或防治不及时,造成的葡萄产量损失达15%~50%,严重年份高达80%以上,甚至绝收<sup>[1-3]</sup>。

**第一作者简介:**李宝燕(1983-),女,山东济南人,博士研究生,农艺师,现主要从事植物病虫害防治技术等研究工作。E-mail:by-li1314@163.com.

**基金项目:**国家公益性行业(农业)科研专项资助项目(201203035);山东省现代农业技术体系水果创新团队岗位专家资助项目(SDAIT-03-021-09);山东省中青年科学家科研奖励基金(博士基金)资助项目(BS2013NY016)。

**收稿日期:**2014-05-27

生产上防治上述葡萄病害主要以化学药剂防治为主<sup>[4]</sup>,由于病害在生长季可重复侵染,需要长期大量使用化学药剂进行防护,但因果农过分依赖某些高效农药并连年大量使用,不注意轮换交替用药,导致抗性发生发展。同时由于长期连续使用单一化学农药,破坏了生态环境,果品中常规杀菌剂残留较高,直接影响着果品质量和后续加工产品的安全性及市场占有率,并对人体健康构成潜在危害性。因此,如何提高农药的利用率,在作物生长周期内减少农药使用次数及农药使用量成为科研工作者亟需解决的重要问题,而有效助剂与常规农药混用是提高农药利用率的有效方法之一。

杰效力是由美国通用电器公司(GE)生产的一种有机硅助剂,主要功能成分为烷氧基改性聚三硅氧烷,是一种能大大降低水表面张力的物质。加入药液中,能很大程度上降低药液的表面张力,帮助药液完成在植物表面的粘附和向植物体内渗透,并增强药剂抗雨水冲刷能力,从而达到提高效果、省水省工的目的<sup>[5]</sup>。

为了研究杰效力能否提高防治葡萄霜霉病、白腐病、炭疽病的化学药剂功效,减少农药用量,该试验将杰效力与不同杀菌剂混用后对葡萄霜病害进行防治,并

**Abstract:** Taking *Paenibacillus polymyxa* as material, the promoting ability and disease prevention effect of L<sub>1</sub>-9 on cucumber were studied under the treatment with soaking seeds by the Oxford cup method. The length of cucumber seedlings root, the number of fibrous roots and the inhibition of fusarium wilt of cucumber were measured. At the same time, four defense enzymes in cucumber roots as phenylalaninaminolyase (PAL), peroxidase (POD), polyphenoloxidase (PPO) and superoxide dismutase (SOD) were studied. The results showed that L<sub>1</sub>-9 fermentation broth could promote the increase of fibrous roots and elongation of root, and had an obvious effect on fusarium wilt of cucumber; the activity of PAL, POD, PPO and SOD in cucumber seedlings roots after soaking treatments was significantly higher than control treatment. These demonstrated that strain L<sub>1</sub>-9 could induce cucumber's resistance to fusarium wilt under the treatment as soaking seeds.

**Keywords:** *Paenibacillus polymyxa* L<sub>1</sub>-9 strain; promotion; induced resistance