

芽孢杆菌对菜心种子萌发及幼苗生长的影响

陈国军¹, 李鹏燕², 刘丽媛³, 陈桂贤¹, 韩群鑫³, 陈伟平², 胡君易¹, 林庆胜^{2*} (1. 中山市农业科技推广中心, 广东中山 528400; 2. 广东省农业科学院植物保护研究所, 广东广州 510640; 3. 仲恺农业工程学院, 广东广州 510225)

摘要 [目的]研究芽孢杆菌对菜心种子萌发及幼苗生长的影响, 为利用根围促生细菌芽孢杆菌研发十字花科蔬菜微生物种子包衣技术提供科学依据。[方法]通过菜心种子萌发试验, 统计分析其根长、株高、发芽率和发芽势, 观察菜心幼苗生长情况。[结果]采用的 6 种芽孢杆菌均具有提高菜心种子的发芽率、发芽势以及促进幼苗生长的作用。最终筛选出对菜心幼苗生长有良好促进效果的芽孢杆菌及其最适处理浓度是枯草芽孢杆菌(湖北)10 000 倍液和枯草芽孢杆菌(河北)10 000 倍液。[结论]根围促生细菌芽孢杆菌对菜心种子萌发和幼苗生长有促进作用, 可以作为十字花科蔬菜种子丸粒化包衣的材料。

关键词 根围促生细菌; 芽孢杆菌; 种子萌发; 种子丸粒化; 菜心

中图分类号 S634.5 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)07-0129-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.07.031



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of *Bacillus* on Seed Germination and Seedling Growth of Flowering Cabbage

CHEN Guo-jun¹, LI Peng-yan², LIU Li-yuan³ et al (1. Zhongshan Agricultural Science and Technology Extension Center, Zhongshan, Guangdong 528400; 2. Plant Protection Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Science, Guangzhou, Guangdong 510640; 3. Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou, Guangdong 510225)

Abstract [Objective] Effects of *Bacillus* on seed germination and seedling growth of flowering cabbage were studied, in order to provide a scientific basis for the development of the coating technology of cruciferous vegetable seeds by the plant growth-promoting rhizobacteria *Bacillus*. [Method] Through the seed germination test of Chinese cabbage, the root length, plant height, germination rate and germination potential of Chinese cabbage were statistically analyzed, the growth of Chinese cabbage seedlings was observed. [Result] The six *Bacillus* strains used in the experiment all had the effects of increasing the germination rate and germination potential of Chinese cabbage seeds and promoting the growth of seedlings. Finally, *Bacillus* which could promote the growth of cabbage seedlings and its optimum treatment concentration were 10 000 times of *Bacillus subtilis* (Hubei) and 10 000 times of *Bacillus subtilis* (Hebei) [Conclusion] The plant growth-promoting rhizobacteria *Bacillus* can promote the seed germination and seedling growth of *Brassica campestris* and can be used as the coating material for the seeds of cruciferous vegetables.

Key words Plant growth-promoting rhizobacteria; *Bacillus*; Seed germination; Seeding growth; Flowering cabbage

芽孢杆菌是植物根围促生菌中应用广泛的生防细菌, 具有耐性好、抗逆性强、稳定性高, 且来源广泛等特点。芽孢杆菌具有固氮活性和解磷活性, 可以改变土壤中氮和磷元素的形态, 以便于植物的吸收, 还可以合成植物激素等对植物生长有直接作用的物质来刺激和调节植物的生长状况^[1]; 间接作用是某些芽孢杆菌可以产生抗生素等抑制病虫害的发生或减轻植物病虫害对植物的危害^[2]。芽孢杆菌不仅促进植物生长, 而且对植物病虫害的防控也有较好的效果, 是优良的生防菌株。

植物根围促生细菌可以通过多种指标达到促进重要农作物生长, 如提高种子萌发率、增加作物产量和改善作物质量等, 为可持续农业发展作出贡献。1978 年首次报道了从马铃薯中分离出的植物根围促生菌后, 现已证实有 20 多个种属根际微生物具有促进植物生长和防控病虫害的能力, 其中芽孢杆菌属是研究最多且广泛应用于生物防治的细菌。目前, 有关促生细菌对植物促生作用的研究主要在水稻^[3]、小

麦^[4]、菜心^[5]、马铃薯^[6]等农作物中。澳大利亚研发的 *B. subtilis* A13 对作物种子进行处理后, 可以显著增加胡萝卜、燕麦以及花生的产量^[7]。郭芳芳等^[8]研究发现多黏芽孢杆菌对番茄幼苗的生长具有促进作用。何红等^[9]筛选出的内生枯草芽孢杆菌 BS-2 对植物的生长有促进作用。江苏省农业科学院植保所^[10]分离得到的解淀粉芽孢杆菌 B1619 对番茄的生长发育具有促进作用。朱忠彬等^[11]研究的烟草根际生防菌株短芽孢杆菌 DZQ3, 对烟草的生长发育具有促进作用。目前, 已报道用于生物防治的芽孢杆菌主要有枯草芽孢杆菌、短小芽孢杆菌、多黏芽孢杆菌等^[12]。有生物防治潜力的这些芽孢杆菌最后通常被开发成某种生防制剂。最早用于商业生产的枯草芽孢杆菌能有效抑制植物的病原菌, 在防治土传病害中有良好的效果。尹汉文等^[13]对枯草芽孢杆菌的研究中发现其可以很好地提高黄瓜的耐盐性。由南京农业大学研究发现的“麦丰宁”以及江苏省农业科学院植保所研究的 B916^[14], 均具有促生、防治小麦纹枯病, 且帮助植物提高抗逆性的能力。美国研发的 QST71 和德国研发的 KFZB24 主要针对真菌病害的防治。随着现代生物科学技术的发展, 像芽孢杆菌这些有益的植物资源微生物将是未来微生物制剂研究的重要对象, 也是未来研究者在微生物学、植物学和植物保护等不同领域的多学科研究热点。微生物种衣剂是种苗健康研究的前沿领域, 合适菌株的筛选是微生物种衣剂研发的关键问题, 该研究筛选合适的十字花科作物促

基金项目 广东省重点领域研发计划(2019B020218009); 国家重点研发计划(2019YFD1002100); 中山市社会公益科技研究项目(2019B2021); 广东省农业科学院学科领域拓展研究(农机农艺结合方向)项目(202036); 广州市科技特派员项目(GZ-KTP201919); 广东省农业科学院“十四五”学科团队建设项目(202105TD)。

作者简介 陈国军(1969—), 男, 浙江杭州人, 农艺师, 从事农业技术研究与推广。* 通信作者, 研究员, 从事昆虫毒理学与有害生物抗药性、种子丸粒化包衣研究。

收稿日期 2021-06-21

生菌株,解决十字花科作物微生物种衣剂研究中的关键问题。

菜心(*Brassica campestris* L.)又称菜薹,属十字花科芸薹属,其食用口感好而深受大众喜爱,生长周期较短,且一年四季均可播种,是广东等地的主产蔬菜之一。笔者选用6种芽孢杆菌,研究其各稀释浓度菌处理组对菜心种子的促进效果,找出能够显著促进菜心种子萌发及幼苗生长的芽孢杆菌及其浓度,以期为芽孢杆菌在十字花科作物种子丸粒化包衣加工中的应用提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 种子。试验所用菜心为45 d油青甜菜心。

1.1.2 芽孢杆菌。6种芽孢杆菌分别为解淀粉芽孢杆菌,500亿CFU/g,用量 10^5 CFU/g土壤,华南农业大学;胶冻样类芽孢杆菌,100亿CFU/g,河北保定绿谷生物科技有限公司;地衣芽孢杆菌,1000亿CFU/g,100倍稀释,河北保定绿谷生物科技有限公司;枯草芽孢杆菌(河北),河北沧州兴业生物技术有限公司;固体乳酸芽孢杆菌,河北沧州兴业生物技术有限公司;枯草芽孢杆菌(湖北),湖北农业科学院。

1.2 试验方法

1.2.1 菜心种子处理。选取成熟饱满的菜心种子,用18目的筛子筛过后,再用0.2%高锰酸钾溶液消毒15 min,最后用清水清洗2次后风干待用^[15]。

1.2.2 芽孢杆菌悬液制剂的配制。每种芽孢杆菌各稀释1000、10000、100000倍,每个处理重复3次。首先根据第一个处理浓度配制母液,然后再按照不同的比例进行梯度稀释。

1.2.3 播种。采用先播种再加药的方法,堆叠2层滤纸,并使用0.2 mL 96孔半裙式PCR板按压滤纸打孔,将圆滑的种子固定在滤纸上。取足够数量的培养皿,在每个培养皿中放置2张压孔后的滤纸,完全覆盖培养皿。在每个培养皿中分别有序地、均匀地放置80粒菜心种子,然后向每个培养皿中

加入10 mL混合溶液或水,最后分别盖上培养皿。将所有种子放置在恒温箱中(温度25℃,湿度65%,光照12 h:12 h)。3 d后,将培养皿的盖子掀开,然后每天往培养皿中加2次水,以在培养皿中保持适量的水,保持幼苗的正常生长和发育。

1.3 测定指标与方法 播种后,每天记录菜心种子的发芽数。根据公式计算播种后3 d的发芽率(GR)和播种后2 d的发芽势(GE),判断发芽速度和整齐度,这既能够表示菜心种子本身的生活能力^[16],同时也能够反映菜心种子本身的质量。测定菜心种子播种后5 d的株高和根长作为统计标准。从各芽孢杆菌处理组中的3次重复中,选取培养皿中的1/4角落的菜心种子用于测定。

测定指标计算公式:

$$\text{发芽率}(GR) = \frac{G_t}{T} \times 100\%$$

$$\text{发芽势}(GE) = \frac{G_2}{T} \times 100\%$$

式中, G_t 表示t时间内发芽的种子总数, T 表示供试种子总数, G_2 表示前2 d的发芽数,以芽长超过种子的1/2作为发芽标准^[17]。

1.4 数据处理 用SPSS 19.0软件统计分析所得数据,用Duncan's检验方差的显著性差异,用Excel和GraphPad Prism 6.0软件制作表格。

2 结果与分析

2.1 芽孢杆菌对菜心种子发芽率和发芽势的影响 由表1可知,不同芽孢杆菌溶液处理2 d后,菜心种子的发芽率大部分达90.00%以上,发芽势大部分达80.00%以上。地衣芽孢杆菌100000倍液的发芽率和发芽势均显著低于对照,其余均与对照无显著差异。对于同一芽孢杆菌,发芽率和发芽势并未表现出与芽孢杆菌浓度有明显相关关系,但总体而言,经芽孢杆菌处理后的大部分种子的发芽率和发芽势有所提

表1 不同芽孢杆菌溶液处理2 d后菜心种子的发芽率和发芽势

Table 1 Germination rate and germination potential of *Brassica campestris* seeds treated with different *Bacillus* solution for 2 days %

种类 Species	处理 Treatment	发芽率 Germination rate	发芽势 Germination potential
	对照 CK	90.42±2.73 bc	82.92±7.23 bc
解淀粉芽孢杆菌 <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	稀释1000倍液	93.75±0.72 bc	89.58±2.73 c
	稀释10000倍液	94.58±0.42 bc	89.17±1.50 bc
	稀释100000倍液	91.67±2.53 bc	86.25±2.17 bc
胶冻样类芽孢杆菌 <i>Paenibacillus kribbensis</i>	稀释1000倍液	95.00±2.50 c	92.92±1.50 c
	稀释10000倍液	90.00±2.17 bc	73.75±14.22 ab
	稀释100000倍液	92.92±0.42 bc	91.67±1.10 c
地衣芽孢杆菌 <i>Bacillus licheniformis</i>	稀释1000倍液	92.50±0.72 bc	90.83±1.50 c
	稀释10000倍液	92.92±0.83 bc	89.17±0.83 bc
	稀释100000倍液	72.50±4.02 a	62.92±3.41 a
枯草芽孢杆菌(河北) <i>Bacillus subtilis</i> (Hebei)	稀释1000倍液	87.50±4.02 b	80.00±2.89 bc
	稀释10000倍液	96.25±0.72 c	94.17±1.10 c
	稀释100000倍液	91.67±2.20 bc	85.42±2.53 bc
固体乳酸芽孢杆菌 <i>Bacillus lactate solid</i>	稀释1000倍液	94.17±1.10 bc	82.50±2.50 bc
	稀释10000倍液	94.17±0.83 bc	87.50±2.89 bc
	稀释100000倍液	92.50±1.44 bc	87.92±2.32 bc
枯草芽孢杆菌(湖北) <i>Bacillus subtilis</i> (Hubei)	稀释1000倍液	94.17±1.67 bc	92.50±0.72 c
	稀释10000倍液	96.67±0.42 c	91.25±2.17 c
	稀释100000倍液	91.67±3.97 bc	81.67±8.97 bc

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column represented significant difference ($P<0.05$)

高,但无显著差异。从数值上看,枯草芽孢杆菌(湖北)10 000 倍液、枯草芽孢杆菌(河北)10 000 倍液和胶冻样类芽孢杆菌 1 000 倍液的发芽率和发芽势较高。

2.2 芽孢杆菌对菜心幼苗根长和株高的影响 由表 2 可知,不同芽孢杆菌溶液处理 5 d 后,地衣芽孢杆菌 100 000 倍液的平均根长最短,且株高最矮,但与对照无显著差异;枯草芽孢杆菌(湖北)10 000 倍的平均根长最长,达 8.30 cm,平均

株高也较高,达 3.33 cm。差异显著性分析结果表明,除固体乳酸芽孢杆菌 1 000 倍液外,其他处理平均株高与对照无显著差异,胶冻样类芽孢杆菌(100 000 倍液)、固体乳酸芽孢杆菌(1 000 倍液、10 000 倍液)、枯草芽孢杆菌(河北)、枯草芽孢杆菌(湖北)的平均根长与对照差异显著,均具有明显的促进根长的作用。

表 2 不同芽孢杆菌溶液处理 5 d 后菜心种子的株高和根长

Table 2 Plant height and root length of *Brassica campestris* seeds treated with different *Bacillus* solution for 5 days

cm

种类 Species	处理 Treatment	平均株高 Average plant height	平均根长 Average root length
	对照 CK	2.76±0.17 abc	3.12±0.33 ab
解淀粉芽孢杆菌 <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	稀释 1 000 倍液	2.98±0.14 abc	5.09±0.30 bcde
	稀释 10 000 倍液	2.50±0.21 ab	4.05±0.31 bc
	稀释 100 000 倍液	3.51±0.10 bc	4.61±0.34 bcde
胶冻样类芽孢杆菌 <i>Paenibacillus kribbensis</i>	稀释 1 000 倍液	2.39±0.15 ab	4.36±0.25 bcd
	稀释 10 000 倍液	3.21±0.37 bc	4.16±0.25 bcd
	稀释 100 000 倍液	2.32±0.11 ab	6.17±1.10 defg
地衣芽孢杆菌 <i>Bacillus licheniformis</i>	稀释 1 000 倍液	3.64±0.79 bc	4.53±0.64 bcde
	稀释 10 000 倍液	2.93±0.14 abc	4.76±0.26 bcde
	稀释 100 000 倍液	1.83±0.12 a	1.61±0.21 a
枯草芽孢杆菌(河北) <i>Bacillus subtilis</i> (Hebei)	稀释 1 000 倍液	3.54±0.46 bc	5.29±1.32 cde
	稀释 10 000 倍液	2.84±0.18 abc	5.31±0.40 cde
	稀释 100 000 倍液	3.18±0.52 bc	5.63±0.46 cdef
固体乳酸芽孢杆菌 <i>Bacillus lactate solid</i>	稀释 1 000 倍液	5.23±0.75 d	6.55±0.31 efgh
	稀释 10 000 倍液	3.88±0.99 c	7.50±1.71 fgh
	稀释 100 000 倍液	2.52±0.12 ab	4.64±0.38 bcde
枯草芽孢杆菌(湖北) <i>Bacillus subtilis</i> (Hubei)	稀释 1 000 倍液	2.89±0.35 abc	7.95±0.85 hi
	稀释 10 000 倍液	3.33±0.38 bc	8.30±0.45 i
	稀释 100 000 倍液	3.31±0.16 bc	5.90±0.35 cdef

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column represented significant difference ($P<0.05$)

3 讨论

该研究筛选出能够有效促进菜心生长的芽孢杆菌及其最适浓度,为十字花科作物微生物种衣剂的研究提供理论基础,虽然大部分芽孢杆菌处理组在试验的第 2 天能显著提高菜心种子的发芽率。但随着试验时间的增加,大部分处理组菜心种子的发芽率与清水对照组差异不显著,甚至有小部分处理组的发芽率受到抑制。大部分芽孢杆菌处理组菜心种子的发芽势比清水对照组高,小部分处理组的发芽势受到抑制。与清水对照组相比,6 种芽孢杆菌各稀释浓度的处理组大多数对菜心幼苗的株高、根长有促进作用但促进效果并不协同。部分芽孢杆菌处理组虽然对菜心幼苗的平均株高起到显著提高的作用,但未能成功同时显著提高菜心幼苗的平均根长。根部的发展对于植物生长极其重要,因为它是吸收营养物质和水分的部位,所以即使株高提高,但根部发展不好,植物的营养水分吸收能力不强,抵抗不良环境的能力差,导致其在实际生产中效果不好,其经济价值也不会很大。因此需要综合平均株高、平均根长和发芽势这 3 个形态指标,选出对菜心生长发育有明显促进作用的芽孢杆菌及其最佳浓度。

4 结论

试验证明根围促生细菌芽孢杆菌对菜心种子萌发和幼苗生长有促生作用,可以作为十字花科作物种子丸粒化包衣的微生物活性菌株。综合发芽率、发芽势、株高和根长指标来看,最终筛选出对菜心幼苗生长有良好的促进效果的芽孢杆菌及其最适处理浓度:枯草芽孢杆菌(湖北)10 000 倍液和枯草芽孢杆菌(河北)10 000 倍液。

参考文献

- [1] SHARIFI M, GHORBANLI M, EBRAHIMZADEH H. Improved growth of salinity-stressed soybean after inoculation with salt pre-treated mycorrhizal fungi [J]. *Journal of plant physiology*, 2007, 164(9): 1144-1151.
- [2] 高学文,姚仕义, HUONG P, 等. 基因工程菌枯草芽孢杆菌 GEB3 产生的脂肽类抗生素及其生物活性研究[J]. *中国农业科学*, 2003, 36(12): 1496-1501.
- [3] LIU B, QIAO H P, HUANG L L, et al. Biological control of take-all in wheat by endophytic *Bacillus subtilis* E1R-j and potential mode of action [J]. *Biological control*, 2009, 49(3): 277-285.
- [4] 李晔,田红琳,张丕辉. 玉米内生菌研究进展[J]. *作物研究*, 2017, 31(6): 709-712.
- [5] 田宏先,崔林,王秀英,等. 马铃薯内生促生菌的促生长作用[J]. *山西农业科学*, 2003, 31(1): 28-30.
- [6] 龙苏,李法峰,陈明,等. 固氮球形芽孢杆菌与巨大芽孢杆菌的混合增效作用[J]. *核农学报*, 2000, 14(6): 337-341.

(下转第 136 页)

数和总种数的64%和68%。近年来,校园发生的食叶害虫曲纹紫灰蝶、橙带蓝尺蛾、棉大卷叶螟等,对苏铁、罗汉松、扶桑、黄金榕等园林植物造成严重危害;发生的刺吸性害虫榕管蓟马、紫薇长斑蚜、灰同缘小叶蝉、考氏白盾蚧、矢尖蚧等,对垂叶榕、大花紫薇、秋枫、灰莉、米仔兰等造成严重危害;发生的地下害虫金龟子幼虫、白蚁、红火蚁等对植物根系和枝

干造成较大危害;发生的钻蛀性害虫樟帕透翅蛾、双钩异翅长蠹、小圆胸小蠹等造成樟树、垂叶榕死亡,相思拟木蠹蛾使阴香长势衰弱。螨类害虫在多种花木发生危害,高温干燥天气易暴发成灾。蜗牛、蛭螭等软体动物取食多种草花植物,阴雨天气发生量大。

表4 揭阳职业技术学院校园园林植物钻蛀性害虫种类

Table 4 Species of boring pests of campus garden plants in Jieyang Polytechnic

序号 No.	种类 Species	危害植物 Harmful plants	危害程度 Degree of harm
1	相思拟木蠹蛾 <i>Squamura discipuncta</i>	阴香、荔枝	++
2	荔枝蒂蛀虫 <i>Conopomorpha sinensis</i>	荔枝、龙眼	++
3	樟帕透翅蛾 <i>Paranthrenella cinnamoma</i>	樟树	+
4	金蜂透翅蛾 <i>Nokona pilamicola</i>	不详	+
5	星天牛 <i>Anoliophora chinensis</i>	榔榆、相思树	+
6	桑天牛 <i>Apriona germari</i>	榔榆、桑树、枇杷	+
7	长角凿点天牛 <i>Stromatium longicorne</i>	桑树	+
8	叉尾吉丁天牛 <i>Niphona furcata</i>	竹子	+
9	双钩异翅长蠹 <i>Heterobostrychus aequalis</i>	桑树、芒果、榕树	+
10	小圆胸小蠹 <i>Euwallacea fornicatus</i>	榕树	+

注:危害程度分为轻微、中等、严重3个等级,分别用“+”“++”和“+++”表示

Note: The degree of harm was divided into three levels; slight, medium and serious, which were expressed by “+” “++” and “+++”, respectively

139种害虫中,只有17种造成严重危害,占比12.2%,此类害虫需要及时喷药防控,其他害虫可采用物理防治、生物防治等绿色防控措施控制种群数量。调查发现,校园中瓢虫、草蛉、螳螂、猎蝽、食虫虻、步甲、姬蜂等天敌昆虫常见,在少施农药的管理模式中形成了生态平衡,但这种平衡对突然暴发的虫害如橙带蓝尺蛾、朱红毛斑蛾等失去防御能力,所以养护单位要加强校园园林植物养护工作,定期巡查虫害发生情况,当虫害大发生时必须及时用药进行干预,才能保持校园植物的景观效果。

校园人口居住密度高,园林植物对校园人居环境影响大,虫害的防控既要及时有效,也要注意师生健康生活要求。建议校园园林植物虫害的防控采用“以人为本,综合防治”的策略,重视天敌保护,加强日常巡查,必要时采取化学防控措施。

参考文献

[1] 刘建敏,李志勇,耿凤梅. 河北政法职业学院校园园林植物病虫害调查

初报[J]. 黑龙江农业科学, 2010(3): 62-66.

[2] 纪丹虹,蔡选光,纪燕玲,等. 潮汕地区乡土阔叶树种主要害虫种类调查研究[J]. 防护林科技, 2019, (2): 33-35, 43.

[3] 揭育泽,徐金柱,秦长生,等. 广东省重要景观树种病虫害初步调查[J]. 广东林业科技, 2015, 31(2): 130-135.

[4] 王旭,顾茂彬. 南岭主要蝴蝶种类及其寄主[J]. 浙江林业科技, 2016, 36(4): 37-45.

[5] 林伟,蒋露,徐浪,等. 红树害虫斑点广翅蜡蝉研究进展[J]. 中国森林病虫, 2017, 36(6): 29-32.

[6] 包春泉,李明良,张敏,等. 樟树透翅蛾生物学特性及综合防治技术[J]. 浙江林业科技, 2013, 33(1): 52-58.

[7] 朱雪皎,张晴雪,刘志韬,等. 灰同缘小叶蝉危害特征与识别[J]. 河北林业科技, 2014(3): 5-6, 36.

[8] YU T T, GAO L, KALLIES A, et al. A new species of the genus *Paranthrenella* Strand, 1916 (Lepidoptera: Sesiidae) from China[J]. Zootaxa, 2021, 4920(1): 123-130.

[9] 杨子琦,曹华国. 园林植物病虫害防治图鉴[M]. 北京:中国林业出版社, 2019.

[10] 吴时英,徐颖. 城市森林病虫害图鉴[M]. 2版. 上海:上海科学技术出版社, 2019.

[11] 徐公天,杨志华. 中国园林害虫[M]. 北京:中国林业出版社, 2007.

(上接第131页)

[7] 许煜泉,高虹,童耕雷,等. 假单胞菌株JKD-2分泌铁载体抑制稻瘟病菌[J]. 微生物学通报, 1999, 26(3): 180-183.

[8] 郭芳芳,谢镇,卢鹏,等. 一株多粘类芽孢杆菌的鉴定及其生防促生效果初步测定[J]. 中国生物防治学报, 2014, 30(4): 489-496.

[9] 何红,蔡学清,关雄,等. 内生菌BS-2菌株的抗菌蛋白及其防病作用[J]. 植物病理学报, 2003, 33(4): 373-378.

[10] 杨晓云,陈志谊,蒋盼盼,等. 解淀粉芽孢杆菌B1619对番茄的促生作用[J]. 中国生物防治学报, 2016, 32(3): 349-356.

[11] 朱志彬,吴秉奇,丁延芹,等. 短链芽孢杆菌DZQ3对烟草的促生及系统抗性诱导作用[J]. 中国烟草科学, 2012, 33(3): 92-96, 106.

[12] 陈海英,廖富蕻,林健荣,等. 拮抗细菌在植物病害防治中的应用及展

望[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(20): 8690-8691, 8706.

[13] 尹汉文,郭世荣,刘伟,等. 枯草芽孢杆菌对黄瓜耐盐性的影响[J]. 南京农业大学学报, 2006, 29(3): 18-22.

[14] 张学君,凌宏通,李洪连,等. 生物农药麦丰宁B₃对小麦纹枯病菌的抑制作用[J]. 植物病理学报, 1994, 24(4): 361-366.

[15] 周会平,魏丽萍. 不同生长调节剂处理对三种绿肥种子发芽率的影响[J]. 热带农业科技, 2012, 35(1): 8-10.

[16] 刘彬,金燕,王桂英. 化学药剂包衣对菜心种子发芽率的影响[J]. 上海蔬菜, 2018(5): 46-47.

[17] 王进朝. 种子的检验与贮藏原理[J]. 现代农村科技, 2013(12): 70-71.