

全国中文核心期刊

ISSN 2095—039X
CN 11—5973/S

中国生物防治学报

CHINESE JOURNAL OF BIOLOGICAL CONTROL

第33卷 第6期 2017年12月

Vol.33 No.6 December 2017



中国农业科学院植物保护研究所 主办
中国植物保护学会

目次

• 生物农药与化学农药协同作用专栏 •

- “生物农药与化学农药协同作用”专栏引言 (725)
- 两种不同化学农药抗性背景小菜蛾对 BtCry1Ac 蛋白敏感度的比较
..... 许国升, 王翠翠, 张 贤, 束长龙, 李振宇, 史雪岩, 张 杰(726)
- 氯虫苯甲酰胺、阿维菌素与苏云金芽胞杆菌桶混对不同地区抗性小菜蛾的防治效果 胡 琥, 王晓辉,
孙刚忠, 周 莉, 潘 渝, 刘守德, 李 青, 金海燕, 尹 飞, 李振宇, 谌爱东, 谢圣华, 刘华梅(732)
- 对韭蛆高毒力 Bt 菌株与常用化学杀虫剂相容性研究 宋 健, 曹伟平, 杜立新(739)
- 金龟子绿僵菌 CQMa421 与杀虫剂、杀菌剂的兼容性 彭国雄, 谢佳沁, 夏玉先(747)
- 球孢白僵菌与三种农药对萝卜蚜的协同防治效果 ... 王 峰, 郑鹏飞, 农向群, 王广君, 曹广春, 张泽华(752)
- 两种杀虫剂复配的固体纳米分散体的增效研究 崔 博, 王春鑫, 吕 妍, 姚俊伟, 刘国强, 崔海信(760)

• 特邀综述 •

- 武夷菌素高产菌株选育及应用研究进展 葛蓓李, 刘炳花, 赵文珺, 麻金金, 施李鸣, 张克诚(767)

• 研究论文 •

- 四种 Bt 蛋白对六种重要鳞翅目害虫的杀虫活性评价 ... 刘 臣, 陈 琳, 王冰洁, 赵 曼, 梁革梅, 郭予元(774)
- 绿僵菌属 4 个生防潜力菌株的多基因鉴定
..... 王 峰, 刘 斌, 农向群, 鲁红学, 王广君, 曹广春, 刘少芳, 张泽华(780)
- 土壤细菌对土壤中绿僵菌孢子萌发的影响 张亚波, 吴小双, 叶碧欢, 王浩杰, 舒金平(788)
- 蝗虫微孢子 *TaqMan* 探针 Real-time PCR 检测新方法 扈鸿霞, 郑秋英, 叶小芳, 赵 贝, 季 荣(796)
- 绿眼赛茧蜂生物学特性及其对草地螟的控害作用 ... 李 倩, 程云霞, 罗礼智, 杜 芹, 江幸福, 张 蕾(803)
- 异色瓢虫对梨瘿蚊幼虫的捕食功能反应及捕食偏好
..... 杜 浩, 高旭辉, 刘 坤, 赵 广, 李 贞, 张青文, 刘小侠(811)
- 产生 ACC 脱氢酶的 PGPR 种衣剂对黄瓜细菌性茎软腐病的防治效果
..... 贺字典, 闫立英, 石延霞, 李宝聚, 高玉峰, 张明珠, 孙 健(817)
- 复合微生物菌剂对生菜根结线虫田间防治效果 杨 婷, 呼健洋, 林 斌, 向梅春(826)
- 多生育期小麦条锈病光谱波段优选及监测研究 刘 鹏, 张竞成, 杨娉婷, 王保通, 吴开华(833)

• 研究简报 •

- 柳杉毛虫的主要寄生性天敌种类调查
..... 林浩宇, 付烈庆, 林建辉, 华 银, 韩小红, 郑俊仙, 何 欢, 张飞萍, 梁光红(842)
- 16S rDNA 克隆文库方法分析中华通草蛉共生细菌组成
..... 赵 辉, 张 帅, 雒珺瑜, 张利娟, 王爱英, 崔金杰(849)
- 封面说明: 黄瓜细菌性茎软腐病的症状 贺字典摄(825)

产生ACC脱氨酶的PGPR种衣剂对黄瓜细菌性茎软腐病的防治效果

贺字典¹, 闫立英¹, 石延霞², 李宝聚^{2*}, 高玉峰¹, 张明珠¹, 孙健¹

(1. 河北科技师范学院, 秦皇岛 066004; 2. 中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

摘要: 为防治近几年越冬茬黄瓜上的新病害——细菌性茎软腐病, 从海边盐生植物根际土壤中富集培养、分离和鉴定了产 1-氨基环丙烷-1-羧酸 (ACC) 脱氨酶的植物根际促生菌 (PGPR), 共鉴定出了嗜麦芽寡养单胞菌 *Stenotrophomonas maltophilia*、土生拉乌尔菌 *Raoultella terrigena*、土壤杆菌 *Agrobacterium tumefaciens*、产酸克雷伯菌 *Klebsiella oxytoca*、成团泛菌 *Pantoea agglomerans*、产气肠杆菌 *Enterobacter aerogenes* 和克吕沃尔氏菌 *Kluyvera cryocrescens* 共 7 个种的 PGPR。测定了 ACC 脱氨酶活性, 其中嗜麦芽寡养单胞菌株 CRG-2, 产生 ACC 脱氨酶活性最高, 为 324.3 $\mu\text{mol}/(\text{mg}\cdot\text{h})$ 。将菌株 CRG-2 和枯草芽胞杆菌复配制成丸化种衣剂后, 测定了对黄瓜细菌性茎软腐病的田间防治效果。结果表明, 嗜麦芽寡养单胞菌和枯草芽胞杆菌复配后形成的种衣剂对黄瓜细菌性茎软腐病的田间防治效果达到 73.13%, 高于中生菌素防治效果 15.79%。由此可见该种衣剂有望在生产上用于防治黄瓜细菌性茎软腐病。

关键词: 植物根际促生菌 (PGPR); 嗜麦芽寡养单胞菌; ACC 脱氨酶; 黄瓜细菌性茎软腐病; 防治效果
中图分类号: S476 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9261(2017)06-0817-09

Bio-control of PGPR Seed Coating Producing ACC Deaminase to Cucumber Bacterial Stem Soft Rot Disease

HE Zidian¹, YAN Liying¹, SHI Yanxia², LI Baoju^{2*}, GAO Yufeng¹, ZHANG Mingzhu¹, SUN Jian¹

(1. Hebei Normal University of Science and Technology, Qinhuangdao 066004, China; 2. Institute of Vegetable and Flower, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: The plant growth promoting rhizo bacteria (PGPR) producing 1- amino cyclopropane-1- carboxylic acid (ACC) deaminase were isolated and identified from the rhizosphere soil of seashore halophytes in order to prevent and control cucumber bacterial stem soft rot, a new disease in winter greenhouse cucumber in recent years. 7 species of PGPR including *Stenotrophomonas maltophilia*, *Raoultella terrigena*, *Agrobacterium tumefaciens*, *Klebsiella oxytoca*, *Pantoea agglomerans*, *Enterobacter aerogenes* and *Kluyvera cryocrescens* were identified. The activity of ACC deaminase in *Stenotrophomonas maltophilia* CRG-2 was the highest, 324.3 $\mu\text{mol}/(\text{mg}\cdot\text{h})$ in 22 strains. At the same time, the biocontrol effect of biological seed-coating by mixing isolate strain CRG-2 and *Bacillus subtilis* with additives to cucumber bacterial stem soft rot were tested in the field. The control effect of the seed coating agent formed by the mixture of strain CRG-2 and *Bacillus subtilis* to cucumber bacterial stem soft rot reached 73.13% in the field, higher than zhongshengmycin with control effect of 15.79%. The encouraging effect of seeding coat on biological control suggested that it had the potential to be applied widely in the cucumber bacterial stem soft rot control in the future.

收稿日期: 2017-09-08

基金项目: 河北省科技支撑农业关键共性技术攻关专项 (17226914D); 秦皇岛市科技支撑计划项目 (2012YB002); 河北省现代农业产业技术体系蔬菜创新团队建设资助项目 (QN2015101)

作者简介: 贺字典, 博士, 教授, E-mail: zidianhe1972@163.com; *通信作者, 博士, 研究员, 博士生导师, E-mail: lbju88@caau.com.cn.

DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2017.06.015

Key words: plant growth promoting rhizobacteria (PGPR); *Stenotrophomonas maltophilia*; ACC deaminase; cucumber bacterial stem soft rot; control effect

河南扶沟、辽宁凌源、山东潍坊、山西晋中等黄瓜主产区大面积爆发细菌性茎软腐病以来^[1], 河北省秦皇岛市昌黎、山海关旱黄瓜生产基地, 承德市平泉、承德冬黄瓜种植区, 唐山市乐亭、滦南等黄瓜种植区也相继报道该病害大面积发生。黄瓜细菌性茎软腐病的黄瓜病茎和果实上出现流脓现象, 后期茎果腐烂整株死亡。黄瓜细菌性流胶病是由2种病害共同引起的, 分别是黄瓜细菌性角斑病和黄瓜细菌性茎软腐病, 造成这2种病害的病原菌分别为丁香假单胞菌流胶致病变种 *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*^[2]和胡萝卜软腐果胶杆菌巴西亚种 *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense*^[3], 其中胡萝卜软腐果胶杆菌侵染是黄瓜细菌性茎软腐病的主要病原菌, 占全部病原菌的66%。目前不仅没有针对黄瓜细菌性茎软腐病的生防制剂的相关研究, 而且市场上的防治细菌病害的化学杀菌剂和农用抗生素对该病害的防治效果均不理想^[4]。黄瓜细菌性茎软腐病菌主要靠种子携带传播, 可在种子内、外以及随病残体在土壤中越冬, 也可在非寄主作物上越冬。带菌种子一般在种子萌发时侵害子叶, 引起幼苗发病^[3], 消灭种子上的病原菌对控制该病的初侵染具有重要意义。

植物根际促生菌 (plant growth promoting rhizobacteria, PGPR) 是根际周围土壤中的一群自生细菌, 在乙烯生物合成的第二阶段与1-氨基环丙烷-1-羧酸 (ACC) 脱氨酶争夺底物 ACC, 将其分解成 α -丁酮酸和氨, 在一定程度上影响植物体内乙烯水平, 从而间接缓解了乙烯对植物的“三重反应”, 以促进植物根系的伸长, 来吸取更多的营养物质、水分以减轻植物病害等不良环境对植物产生的不利影响^[5-8]。滕松山等^[9]从盐生植物碱蓬内分离到的产生 ACC 脱氨酶活性内生细菌假单胞菌 *Pseudomonas* sp. SS12 对萝卜枯萎病菌 *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* 和黄瓜枯萎病菌 *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* 具有拮抗作用。Dixit 等^[10]表明施用产生 ACC 酶的种类芽胞杆菌 *Paenibacillus lentimorbus* 后, 番茄白绢病的病情指数从 87.22% 下降到 63.06%。

目前还没有针对黄瓜细菌性茎软腐病的 PGPR 生防菌剂相关研究的报道, 因此, 本文在调查黄瓜细菌性茎软腐病田间发病情况的基础上, 选用以 ACC 为唯一碳源的培养基快速筛选出了含有 ACC 脱氨酶的 PGPR, 针对黄瓜细菌性茎软腐病研制出相应的 PGPR 种衣剂, 测定了 PGPR 种衣剂对黄瓜细菌性茎软腐病的田间防治效果, 以期开发防治黄瓜细菌性茎软腐病的生防制剂。

1 材料与方法

1.1 供试病原菌

黄瓜细菌性茎软腐病菌胡萝卜软腐果胶杆菌 *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense*, 采集于河北省唐山市黄瓜细菌性茎软腐病病株, 按照柯赫氏法则进行病菌分离、培养, 采用鉴定形态学、生理生化和 16S rDNA 分子生物学鉴定胡萝卜软腐果胶杆菌。黄瓜细菌性角斑病菌流胶致病变种 *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* 为本实验室保存。

1.2 供试生防菌

枯草芽胞杆菌 *Bacillus subtilis*, 本实验室前期筛选, 用于防治丁香假单胞菌流胶致病变种引起的黄瓜细菌性茎软腐病的生防菌。

1.3 供试杀菌剂及药品

20%溴醇硝 WP, 辽宁省丹东市农药厂; 20%噻菌铜 SC, 浙江龙湾化工有限公司; 50%氯溴异氰尿酸 SP, 河南银田精细化工有限公司; 65%代森锌 WP, 青岛中达农业科技有限公司; 53.8%氢氧化铜 WG, 上海杜邦农化有限公司; 30%琥胶肥酸铜 WP, 齐齐哈尔华丰化工有限公司; 30%壬菌铜 ME, 西安近代农药科技股份有限公司; 80%乙蒜素 EC, 海南正业中农高科股份有限公司; 枯草芽胞杆菌, 中国农业科学院企高生物有限公司, 3%中生菌素 WP, 深圳诺普信农化股份有限公司 (对照药剂)。

硅藻土、木质素磺酸钠、聚乙烯醇、羧甲基纤维素钠均购自青岛优索科技有限公司; 无水硫酸钠, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 分析纯, 均购自天津化学试剂有限公司; 玉米粉等购自当地市场。

1.4 黄瓜细菌性茎软腐病田间调查

分别于 2014—2016 年在河北省承德市、秦皇岛市、唐山市的黄瓜种植点,调查黄瓜田间危害症状和发生程度。采用随机取样法,每个种植点调查 100 株植株,统计病害的发病率,发病率(%)=发病植株数/100×100。病害严重度划分标准:田间发病率在 30%以下为轻度危害;30%~60%为中度危害;60%以上为严重危害^[11]。

1.5 PGPR 的分离

从秦皇岛市黄金海岸海边盐碱地选择旺盛的盐生植物碱蓬、苍耳、芦苇和盐蒿根系周围 0~20 cm 深的土壤。按照四分法,每株采集 20 g 土壤,带回实验室,分离 PGPR。称取 1 g 土壤放入含 50 mL PAF 培养液(蛋白胨 10 g,酪蛋白水解物 10 g, MgSO_4 1.5 g, K_2HPO_4 1.5 g,甘油 10 mL, pH 7.5,蒸馏水 1000 mL)的三角瓶中,室温(21±1)℃振荡培养(200 r/min) 24 h, PGPR 的富集培养。第 2 d,转移 1 mL 菌悬液至另一个含有 50 mL PAF 培养液中,同等条件下培养 24 h。第 3 d,从 PAF 培养液中转移 1 mL 菌悬液至 50 mL DF 培养液(KH_2PO_4 4.0 g, Na_2HPO_4 6.0 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.2 g,葡萄糖 2.0 g,葡萄糖酸 2.0 mL,柠檬酸 2.0 g,硫酸铵 2.0 g, pH 7.2,蒸馏水 1000 mL,微量元素 0.1 mL,100 mL 微量元素中含 H_3BO_3 10 μg、 MgSO_4 11.2 μg、 ZnSO_4 124.6 μg、 CuSO_4 78.2 μg 和 MoO_3 10 μg)中,相同条件下培养 24 h。第 4 d,再转移 1 mL 菌悬液至 50 mL ADF(以 3.0 mmol/L ACC 代替 DF 培养基中的硫酸铵)培养液中,相同条件下培养 48 h,用于含 ACC 脱氨酶活性细菌的分离纯化。10 倍梯度稀释法稀释 ADF 培养液中菌悬液到 $10^3 \sim 10^7$ 倍后,吸取 1 mL 菌悬液涂布于 ADF 固体平板上,28℃恒温箱中培养 72 h,划线分离、纯化,将分离到的 PGPR 分别接种于 NB 培养液中,于 28℃、126 r/min 条件下振荡培养 24~36 h,按照比浊法利用紫外可见分光光度计测量各 PGPR 在 450 nm 下的吸光值后,确定细菌菌悬液浓度,用无菌蒸馏水调节 PGPR 浓度为 10^{10} CFU/mL,制备 PGPR 菌悬液备用。

1.6 PGPR 产生 ACC 脱氨酶活性测定

将纯化后的 PGPR 各菌株接种于 TSB(胰蛋白胨 17 g,大豆胨 3 g, NaCl 5 g,葡萄糖 2.5 g, K_2HPO_4 2.5 g, pH 7.5,蒸馏水 1000 mL)液体培养基中,28℃、200 r/min 振荡培养 24 h,4℃、5000 r/min 离心 10 min 收集菌体,弃上清,用 DF 液体培养基洗涤离心 2 次。将菌体重悬浮于 ADF 液体培养基,28℃、200 r/min 培养 24 h,以诱导产生 ACC 脱氨酶。4℃、9000 r/min 离心 10 min,弃上清,收集菌体并记录菌体重量。用 0.1 mol/L Tris-HCl 缓冲液(pH 7.6)将菌体离心洗涤 2 次,将菌体重悬于 600 mL 0.1 mol/L Tris-HCl 缓冲液(pH 8.5)中,加入 30 μL 甲苯,迅速振荡 30 s,破碎细胞,即为粗酶液。参照 Saleh^[12]方法 ACC 测定脱氨酶活性。以反应体系中每毫克菌体蛋白酶每小时催化 ACC 脱氨生成 α-丁酮酸的 μmol 量表示 ACC 脱氨酶活力,ACC 脱氨酶活力单位为 α-丁酮酸 μmol/(mg·h),3 次重复。

1.7 PGPR 鉴定

将 PGPR 菌株接种到 NA(牛肉膏 3.0 g, NaCl 5.0 g,蛋白胨 10.0 g,琼脂 20 g, pH 7.5,蒸馏水 1000 mL)平板上。根据 PGPR 的培养特征(菌落的颜色、大小、突起特征、边缘特征、表面光滑与否等)、形态学特征(革兰氏染色、芽孢染色等以及生理生化反应如氧化酶、接触酶、甲基红)进行鉴定^[13,14]。采用细菌提取试剂盒(天根生物科技有限公司)提取细菌基因组 DNA,以 DNA 为模板,用通用引物 27f(5'-AGAGTTTGTCTMTGGCTCAG-3')和 1492r(5'-GGTTAC CTTGTTACGACTT-3')对细菌性茎软腐病菌 DNA 的 16S rDNA 序列扩增。PCR 反应体系为 Premix 12.5 μL,10 μmol/L 引物各 1 μL,模板 DNA 1 μL,以 ddH₂O 补足至 25 μL。PCR 反应条件:94℃预变性 5 min;94℃变性 30 s,55℃退火 1 min,72℃延伸 2 min,35 个循环;72℃后延伸 10 min。扩增产物经 1%琼脂糖凝胶电泳分离鉴定,PCR 产物直接进行双向测序。将测序结果进行拼接后,取完整序列在 GenBank 上进行序列比对,参考相似度、同源性最高的菌株对目标菌株进行分类鉴定。

1.8 黄瓜细菌性茎软腐病菌菌悬液制备

将活化后的胡萝卜软腐果胶杆菌和丁香假单胞菌流注致病变种接种于 NB 液体培养基(牛肉膏 3.0 g, NaCl 5.0 g,蛋白胨 10.0 g, pH 7.5,蒸馏水 1000 mL)中,于 28℃、126 r/min 振荡培养 24~36 h,利用紫外可见分光光度计测量法测定病菌浓度,用无菌蒸馏水稀释病菌浓度至 10^8 CFU/mL。

1.9 PGPR 对黄瓜细菌性茎软腐病菌的生物活性测定

通过牛津杯法测定 PGPR 发酵液对胡萝卜软腐果胶杆菌和丁香假单胞菌流注致病变种的抑菌活性。吸取 100 μL 病原菌悬浮液于 NA 平板表面,用涂布器涂匀,在每个平板上放置 3 个牛津杯,往牛津杯中加入 100 μL 供试 PGPR 发酵液,以加入 3% 中生菌素可湿性粉剂 600 倍液为药剂对照,并设清水对照,重复 3 次。28 $^{\circ}\text{C}$ 恒温培养箱中培养,72 h 后测量抑菌圈直径。

1.10 PGPR 对黄瓜细菌性茎软腐病的盆栽防治效果

试验于河北科技师范学院生命科技学院智能院温室进行。将黄瓜种子先用 5% 次氯酸钠表面消毒后,再用 55 $^{\circ}\text{C}$ 温水温汤浸种,取出后置于铺有纱布的 25 $^{\circ}\text{C}$ 保温盒内过夜,催芽后播种于 8 cm $\times$ 10 cm 营养钵中,每钵 1 粒种子,每个处理 30 棵苗。当黄瓜长至两叶一心时利用针刺刷菌法接种,用毛刷蘸取 2 mL 胡萝卜软腐果胶杆菌菌悬液进行涂抹,最后用棉花包扎,利于保湿发病。于发病初期用电动喷雾器均匀定量喷雾。每个处理 50 mL PGPR 菌液,以 3% 中生菌素可湿性粉剂 600 倍液为药剂对照,并设清水对照和不接菌对照。等清水对照发病后,参照黄瓜角斑病、甜瓜果斑病(农业部农药检定所生测室,2004)病情指数^[15]制定黄瓜细菌性茎腐病病情指数分级标准:0 级:茎无发病情况;1 级:茎病斑面积占茎面积 10% 以下;2 级:茎病斑面积占茎面积 10%~30%;3 级:茎病斑面积占茎面积 30%~50%;4 级:茎病斑面积占茎面积 50% 以上至折断。根据黄瓜细菌性茎软腐病分级标准,调查黄瓜细菌性茎软腐病病情指数,计算防治效果。病情指数 = $100 \times \sum (\text{各级病茎数} \times \text{各级代表值}) / (\text{调查总株数} \times \text{最高级代表值})$; 防治效果 (%) = $(\text{清水对照区病情指数} - \text{处理区病情指数} / \text{清水对照区病情指数}) \times 100$ 。

1.11 PGPR 丸化种衣剂的制备

将 1.10 筛选出来的对黄瓜细菌性茎软腐病防治效果好的菌株 CRG-2 接种于 TSB 液体培养基中,28~30 $^{\circ}\text{C}$ 、120 r/min 振荡培养 24 h。将枯草芽胞杆菌接种 NB 培养基中,120 r/min 振荡培养 48 h,分别测定菌株 CRG-2 和枯草芽胞杆菌菌悬液 OD 值达到 0.8 以上(菌量在 1×10^{10} ~ 2×10^{10} CFU/mL)。将 61 g/L 菌株 CRG-2 和 61 g/L 的枯草芽胞杆菌菌悬液混合均匀后,与 1~2 g/L 腐殖酸、2~5 g/L 谷氨酸和 3~7 g/L 玉米粉组成的营养载体混合均匀,再用 600~800 g/L 灭菌的硅藻土进行吸附,加入 10~20 g/L 的羧甲基纤维素钠黏着剂、60~80 g/L 的木质素磺酸钠分散剂和少量的 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$,混合后置于 54 $^{\circ}\text{C}$ 恒温干燥箱中烘干研磨后过 200 目筛选形成菌粉。选择饱满黄瓜种子,用水浸湿保留表面的少许水分后,按种衣剂:种子 = 1:10 的比例倒入种衣剂,用振荡器不停振荡使种衣剂均匀包裹在种子表面。

1.12 PGPR 包衣种子对黄瓜细菌性茎软腐病的田间防治效果

按照 GB/T 17980.110-2004^[15]标准进行药效试验。试验于秦皇岛市昌黎县马坊营黄瓜温室进行,前期已发生黄瓜细菌性茎软腐病。试验田小区 1 m $\times$ 9 m,黄瓜株行距 20 cm $\times$ 35 cm,随机区组排列。试验设 PGPR 种衣剂、溴硝醇 500 倍液浸种、20% 噻菌铜 300 倍液浸种、65% 代森锌按种子重量的 0.3% 拌种、3% 中生菌素 600 倍液浸种、50% 氯溴异氰尿酸 1000 倍液浸种、80% 乙蒜素 5000 倍液浸种、枯草芽胞杆菌 800 倍拌种、清水对照和空白对照 10 个处理,每处理重复 3 次。试验期间未喷施其他农药进行病虫害防治,常规管理。整个生育期调查发病率和病情指数。防治效果计算方法同 1.10。

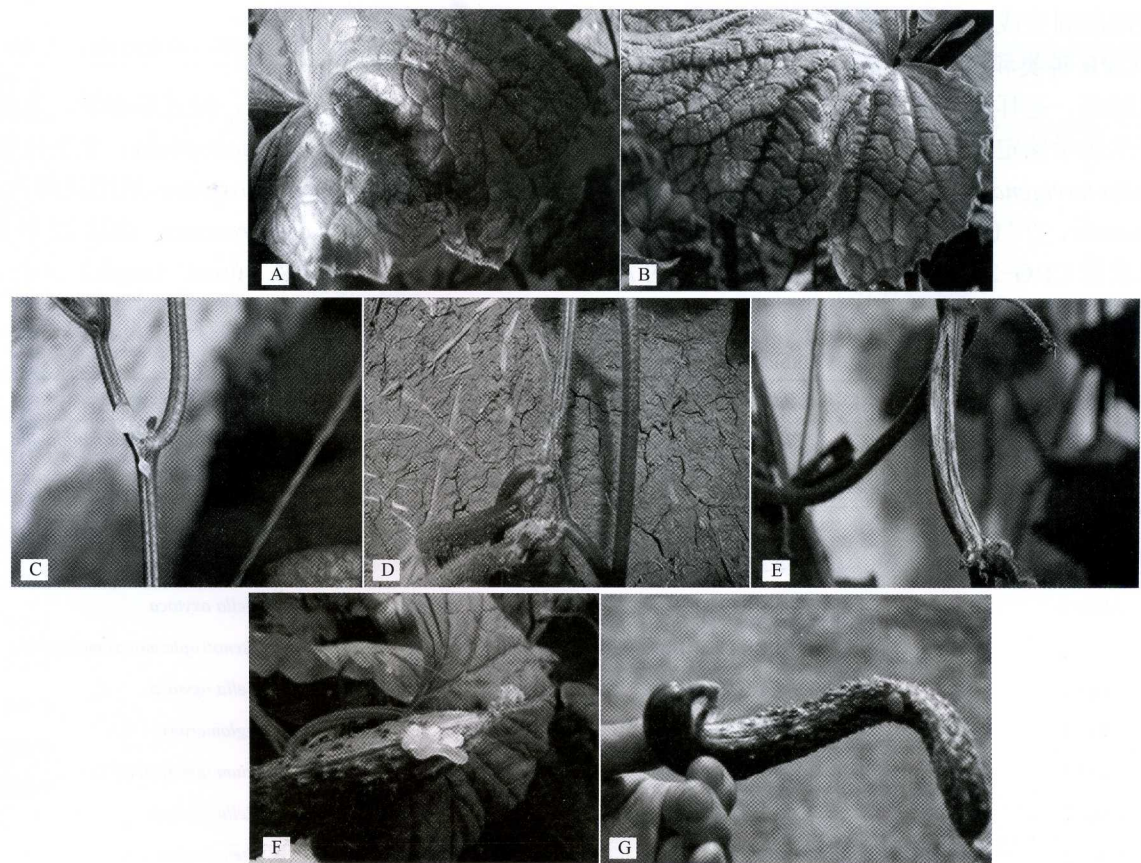
1.13 数据统计与分析

采用 Microsoft Excel 2003 和 SAS 9.1.3 软件对数据进行统计分析,采用单因素方差分析, LSD 法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 黄瓜细菌性茎软腐病田间症状

黄瓜细菌性茎软腐病严重度为中度严重,发病率普遍为 23.88%~71.75% (表 1)。发病初期,叶边缘有轻微褪绿症状,后出现水渍状腐烂,之后继续向叶柄处蔓延,蔓延过程中会出现“V”形病斑(图 1A、B),最后整个叶片腐烂萎蔫;并从裂缝处流出白色菌脓,干燥后发病部位有白痕或变褐变硬,严重时茎秆出现中空或腐烂(图 1C、D、E)。黄瓜果实发病后果实顶端变细,流出白色粘稠透明状的液滴(菌脓),



注：A，叶片背面病斑呈“V”字形发展；B，叶片中部发病、形成不规则形病斑；C，发病部位初期白色菌脓；D，发病后期流出的菌脓变成红褐色；E，发病部位后期腐烂开裂；F，发病果实表面流出白色菌脓；G，发病果实后期前端变细、腐烂。

Note: A, “V” lesion development on the back of leaves; B, Irregular lesion in the middle of leaves; C, White bacterial beads appear on the disease initial stage; D, Red-brown bacterial beads appear on the disease last stage; E, Rotten and cracked on the disease last stage; F, White bacterial beads appear on surface of cucumber fruits; G, cucumber fruits rotten and sharpen on the disease last stage.

图 1 黄瓜细菌性茎软腐病的症状

Fig. 1 Symptom of cucumber bacterial soft rot disease

表 1 黄瓜细菌性茎软腐病的田间发病情况

Table 1 Disease serious degree of cucumber bacterial stem soft rot in fields

地区 Zone	发病率 Plant incidence (%)	严重度 Disease serious degree
承德 Chengde	38.46±5.16 e	轻度危害
	51.85±3.27 c	中度危害
	57.69±5.44 b	中度危害
	46.15±8.16 d	中度危害
	57.69±1.09 b	中度危害
	70.37±5.12 a	重度危害
秦皇岛 Qinhuangdao	41.66±7.27 de	中度危害
	40.00±3.73 de	中度危害
	68.46±3.03 a	重度危害
	40.66±3.11 de	中度危害
唐山 Tangshan	23.88±4.35 f	轻度危害
	42.05±1.85 de	中度危害
	71.75±2.57 a	重度危害

注：不同小写英文字母表示在 0.05 水平上有显著性差异，下同。

Note: Different small letters indicate significant difference at the 0.05 level. The same as below.

后期液滴凝固变成红褐色,瓜条变软、腐烂(图1 F、G)。

2.2 PGPR 种类和 ACC 脱氨酶活性

从碱蓬、苍耳、芦苇和盐蒿 4 种植物根围土壤中共分离到 22 个 PGPR 菌株,经过形态学、生理生化和分子生物学鉴定,分属于 7 个细菌种:嗜麦芽寡养单胞菌 *Stenotrophomonas maltophilia*、土生拉乌尔菌 *Raoultella terrigena*、土壤杆菌 *Agrobacterium tumefaciens*、产酸克雷伯菌 *Klebsiella oxytoca*、成团泛菌 *Pantoea agglomerans*、产气肠杆菌 *Enterobacter aerogenes* 和克吕沃尔氏菌 *Kluyvera cryocrescens*。而这 22 种 PGPR 菌中以菌株 CRG-2 的嗜麦芽寡养单胞菌产生的 ACC 脱氨酶活性最高,为 324.3 $\mu\text{mol}/(\text{mg}\cdot\text{h})$ (表 2)。

表 2 PGPR 的种类和 ACC 酶活性
Table 2 Species of PGPR and their ACCase activity

PGPR 编号 Number	ACCase 活性 Activity $\mu\text{mol}/(\text{mg}\cdot\text{h})$	PGPR 种类 Species
AHG-1	78.2 $\pm$ 4.3 gh	嗜麦芽寡养单胞菌 <i>Stenotrophomonas maltophilia</i>
AHG-2	56.0 $\pm$ 5.9 i	土生拉乌尔菌 <i>Raoultella terrigena</i>
AHG-3	112.3 $\pm$ 10.1 f	土壤杆菌 <i>Agrobacterium tumefaciens</i>
AHG-4	188.3 $\pm$ 8.0 d	产酸克雷伯菌 <i>Klebsiella oxytoca</i>
AHG-5	90.3 $\pm$ 10.2 g	产酸克雷伯菌 <i>Klebsiella oxytoca</i>
AHG-6	65.0 $\pm$ 4.9 hi	嗜麦芽寡养单胞菌 <i>Stenotrophomonas maltophilia</i>
LWG-1	178.4 $\pm$ 7.9 d	产酸克雷伯菌 <i>Klebsiella oxytoca</i>
LWG-2	135.8 $\pm$ 7.9 ef	成团泛菌 <i>Pantoea agglomerans</i>
LWG-3	176.0 $\pm$ 3.8 d	土壤杆菌 <i>Agrobacterium tumefaciens</i>
CRG-1	223.8 $\pm$ 21.9 c	产酸克雷伯菌 <i>Klebsiella oxytoca</i>
CRG-2	324.3 $\pm$ 23.6 a	嗜麦芽寡养单胞菌 <i>Stenotrophomonas maltophilia</i>
CRG-3	300.3 $\pm$ 10.8 b	产酸克雷伯菌 <i>Klebsiella oxytoca</i>
CRG-4	297.5 $\pm$ 8.4 b	土壤杆菌 <i>Agrobacterium tumefaciens</i>
CRG-5	118.5 $\pm$ 12.5 f	产酸克雷伯菌 <i>Klebsiella oxytoca</i>
CRG-6	205.9 $\pm$ 12.7 c	产气肠杆菌 <i>Enterobacter aerogenes</i>
CRG-7	76.5 $\pm$ 9.0 gh	不动杆菌 <i>Acinetobacter junii</i>
CRG-8	145.6 $\pm$ 19.2 e	嗜麦芽寡养单胞菌 <i>Stenotrophomonas maltophilia</i>
JPG-2	201.6 $\pm$ 16.7 c	产气肠杆菌 <i>Enterobacter aerogenes</i>
JPG-3	87.5 $\pm$ 5.8 gh	产酸克雷伯菌 <i>Klebsiella oxytoca</i>
JPG-4	94.6 $\pm$ 3.5 g	黏质沙雷氏菌 <i>Serratia marcescens</i>
JPG-5	92.3 $\pm$ 6.8 g	泛菌属 <i>Pantoea agglomerans</i>
JPG-6	119.6 $\pm$ 10.5 f	克吕沃尔氏菌 <i>Kluyvera cryocrescens</i>

2.3 PGPR 对黄瓜细菌性茎软腐病菌的抑菌率

22 株 PGPR 菌中 14 株对丁香假单胞菌流注致病变种具有抑制作用,出现了明显的抑菌圈。其中菌株 JPG-6 对丁香假单胞菌抑菌圈直径达到 35.00 mm (表 3)。22 株 PGPR 中有 4 株对黄瓜细菌性茎软腐病菌具有明显抑制作用,出现了明显的抑菌圈。菌株 AHG-1、AHG-3、AHG-4 和 CRG-2 对黄瓜细菌性茎软腐病菌的抑菌圈直径分别为 35.00、26.67、45.00、48.33 mm (表 3)。

2.4 PGPR 对黄瓜细菌性茎软腐病的盆栽防治效果

以 9 种化学药剂为对照,PGPR 菌 CRG-2 对黄瓜细菌性茎软腐病防治效果为 61.82%,与溴硝醇、噻菌铜、氯溴异氰尿酸、乙蒜素的防效相当,而且显著高于中生菌素对黄瓜细菌性茎软腐病的防治效果,枯草芽胞杆菌对黄瓜细菌性茎软腐病的防治效果为 60%,也显著高于中生菌素的防治效果 (表 4)。

2.5 PGPR 种衣剂对黄瓜细菌性茎软腐病的田间防治效果

将 PGPR 中的菌株 CRG-2 和枯草芽胞杆菌复配后形成的种衣剂在温室条件下对黄瓜细菌性茎软腐病

表 3 PGPR 对胡萝卜软腐果胶杆菌和丁香假单胞菌的抑菌效果

Table 3 Antagonistic ability of PGPR to <i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>brasiliense</i> and <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>lachrymans</i>		
PGPR 编号 Number	抑菌圈直径 Inhibitory zone diameter (mm)	
	丁香假单胞菌流注致病变种 <i>P. syringae</i> pv. <i>lachrymans</i>	胡萝卜软腐果胶杆菌巴西亚种 <i>P. carotovorum</i> subsp. <i>brasiliense</i>
AHG-1	17.33±1.53 c	35.00±2.32 c
AHG-2	11.67±2.65	26.00±1.27 d
AHG-3	16.67±2.88 c	26.67±0.54 d
AHG-4	18.00±3.61 c	45.00±2.45 b
AHG-5	17.00±1.73 c	40.00±2.50
AHG-6	14.67±3.78 cd	8.33±0 f
LWG-1	9.33±0.32 f	0.00±0
LWG-2	15.00±2.00 cd	5.33±0.23 g
LWG-3	8.33±0.23 f	0.00±0
CRG-1	12.00±0.93 e	5.00±0.05 g
CRG-2	15.33±0.78 cd	48.33±2.45 a
CRG-3	8.00±0.92 f	16.00±1.25 e
CRG-4	16.00±0.41 c	15.00±0.45
CRG-5	5.33±0.05 g	5.00±0 g
CRG-6	14.33±0.05 d	5.00±0.04 g
CRG-7	13.67±1.15 de	4.00±0.71 g
CRG-8	23.00±0.23 b	46.67±2.34 ab
JPG-2	13.33±1.05 d	0.00±0 h
JPG-3	13.33±0.06 de	0.00±0 h
JPG-4	13.33±0.15 de	14.33±0.33 e
JPG-5	16.00±0.14 c	0.00±0 h
JPG-6	35.00±1.56 a	0.00±0 h

表 4 菌株 CRG-2 对黄瓜细菌性茎软腐病的盆栽防治效果

Table 4 Biocontrol effect of CR-2 to cucumber bacterial stem soft rot disease in pot		
杀菌剂 Fungicides	病情指数 Disease index	防治效果 Control effect (%)
PGPR 菌 CRG-2 <i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	28.63±1.78	61.82±2.56 ab
枯草芽胞杆菌 <i>Bacillus subtilis</i>	31.25±3.21	60.00±2.51 ab
琥胶肥酸铜 copper (succinate+glutarate+adipate)	46.43±3.24	40.58±3.78 d
氢氧化铜 copper hydroxide	43.75±4.13	44.00±2.65 c
代森锌 zineb	46.43±2.43	40.58±3.24 d
中生菌素 zhongshengmycin	33.33±2.14	57.34±2.67 b
壬菌铜 cuppric nonyl phenolsulfonate	50.00±2.56	36.00±2.54 e
溴硝醇 bronopol	28.57±1.23	63.43±3.12 a
噻菌铜 thiodiazole copper	29.17±2.13	62.67±2.44 ab
氯溴异氰尿酸 chloroisobromine cyanuric acid	28.57±3.12	63.43±4.12 a
乙蒜素 ethylicin	30.00±2.56	61.60±2.54 ab
不接种对照 No pathogen control	0.00±0	-
清水对照 Water control	75.00±3.23	-

的防治效果达到 73.13%，显著高于噻菌铜、乙蒜素等化学杀菌剂对黄瓜细菌性茎软腐病的防治效果，比噻菌铜对黄瓜细菌性茎软腐病防效高 7.49%，比乙蒜素的防效高 10.74%，比中生菌素的防效高 15.79%（表 5）。

表 5 PGPR 种衣剂对黄瓜细菌性茎软腐病的田间防治效果
Table 5 Control effect of PGPR seed coating to cucumber bacterial stem soft rot disease in field

杀菌剂 Fungicides	病情指数 Disease index	防治效果 Control effect (%)
PGPR 种衣剂 Seeding coat	20.56±2.51	73.13±2.54 a
代森锌 zineb	27.57±1.78	63.98±2.33c
中生菌素 zhongshengmycin	29.41±1.24	61.58±1.23 d
溴硝醇 bronopol	30.43±1.21	60.24±4.32 d
噻菌铜 thiodiazole copper	24.76±1.21	67.65±2.45 b
氯溴异氰尿酸 chloroisobromine cyanuric acid	28.43±1.21	62.85±3.24 cd
乙蒜素 ethylicin	26.58±1.65	65.27±2.22 b
不接种对照 No pathogen control	0.00±0	-
清水对照 Water control	76.54±2.43	-

3 讨论

19 世纪 60 年代美国人率先将种子丸粒化，进行种衣剂的推广使用以来，各国都在对不同种类作物包衣。如美国主要研究玉米、棉花、小麦、蔬菜种衣剂；荷兰和瑞士主要对蔬菜和花卉种子包衣；日本主要研制蔬菜和水稻种衣剂。到 2017 年我国登记用于杀菌的种衣剂主要有咯菌腈、吡·戊·福美双、精甲·咯菌腈、灭菌唑、枯草芽胞杆菌、苯醚甲环唑、五氯硝基苯、戊唑·福美双、噻菌酯、多·福、萎锈·福美双、多·咪鲜·甲霜等品种，主要用于防治枯萎病、根腐病、散黑穗病、腥黑穗病、立枯病等病害。但对黄瓜细菌性茎软腐病没有登记任何农药。目前在对黄瓜细菌性茎软腐病的病菌来源、传播途径等因素尚未明确的情况下，对黄瓜种子进行包衣保护种子免受外来病原菌的侵染是最经济有效的方法。芽胞杆菌 TS86 对西瓜和甜瓜幼苗细菌性果斑病的防病效果分别提高了 70.63%和 80.59%^[16]。芽胞杆菌对胡椒瘟病的防治效果达 76.86%^[17]。而且对于生物种衣剂来说，几种生防菌复配对病害的防治效果优于一种生防菌的防治效果。巨大芽胞杆菌 *B. megaterium*、简单芽胞杆菌 *B. simplex* 和费氏中华根瘤菌 *Sinorhizobium fredii* 和产黄青霉菌 *Penicillium chrysogenum* 进行多菌株复配生物种衣剂 SN101 对大豆胞囊线虫病防效达到 46.51%，显著高于商品种衣剂对照^[18]。由萎缩芽胞杆菌 *B. atrophaeus* 和枯草芽胞杆菌制备的种衣剂对大豆根腐病的防治效果分别达到 72.38%和 73.69%^[19]。

植物根际促生菌对病害的防治作用有很大一部分原因取决于其产生 ACC 脱氨酶活性的高低^[20]。此外还可以通过产生抗生素与分泌铁蛋白来抑制病原菌^[21]，解磷、固氮、产生植物激素、酶解降低乙烯水平等方式直接刺激和调节植物生长^[5]。本研究筛选到的 CRG-2 嗜麦芽寡养单胞菌产生的 ACC 脱氨酶活性达到 324.3 μmol/（mg·h），对黄瓜细菌性茎软腐病的田间防治效果达到 73.13%。对于该菌株是否存在其他抑菌机理还有待于进一步研究，而且该菌株能否与其他生防菌如木霉菌 *Trichoderma* 或化学农药混配制成种衣剂以提高对细菌性茎软腐病的防治效果也需要进一步研究。

参 考 文 献

[1] 李宝聚, 王莹莹, 孟祥龙. 注意防治黄瓜细菌性流胶病[J]. 中国蔬菜, 2015(4): 74-76.
[2] 王莹莹, 柴阿丽, 孙阳, 等. 天津河北 6 种黄瓜叶部病害的症状诊断及防治建议[J]. 中国蔬菜, 2016(3): 78-80.
[3] Meng X L, Chai A L, Shi Y X, et al. Emergence of bacterial soft rot in cucumber caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense* in China[J]. Plant Disease, 2017, 101: 279-287.
[4] 刘利强, 杨士玲, 陈强, 等. 30 亿个/g 甲基营养型芽胞杆菌可湿性粉剂防治黄瓜灰霉病田间药效试验[J]. 现代农业科技, 2014(9): 130, 133.
[5] 席先梅, 刘正坪. 促进小麦生长的根围细菌的筛选及初步鉴定[J]. 北京农学院学报, 2006, 21(2): 47-50.
[6] Muhammad Z H, Muhammad H F, Hussain M. Bacteria in combination with fertilizers promote root and shoot growth of maize in saline-sodic soil[J]. Brazilian Journal Microbiology, 2015, 46(1): 97-102.
[7] Wang C J, Yang W, Wang C, et al. Induction of drought tolerance in cucumber plants by a consortium of three plant growth-promoting rhizobacterium

- strains[J]. PLoS ONE, 2012, 7(12): 1-10.
- [8] Lim J H, Kim S D. Induction of drought stress resistance by multi-functional PGPR *Bacillus licheniformis* k11 in pepper[J]. Plant Pathology Journal, 2013, 29(2): 201-208.
- [9] 滕松山, 刘艳萍, 赵蕾蕾. 具 ACC 脱氨酶活性的碱蓬内生细菌的分离、鉴定及其生物学特性[J]. 微生物学报, 2010, 50(11): 1503-1509.
- [10] Dixit R, Agrawal L, Gupta S, *et al.* Southern blight disease of tomato control by 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase producing *Paenibacillus lentimorbus* B-30488[J]. Plant Signaling and Behavior, 2016, 11(2): 1-11.
- [11] 孟书元, 苏其茹, 杨杰华, 等. 李宝聚博士诊病手记(三十一) 河北廊坊广阳区蔬菜病害调查[J]. 中国蔬菜, 2011(1): 25-28, 61.
- [12] Saleh S S, Glick B R. Involvement of *gacS* and *rpoS* in enhancement of the plant growth promoting capabilities of *Enterobacter cloacae* CAL2 and UW4[J]. Canadian Journal of Microbiology, 2001, 47(8): 698-705.
- [13] 东秀珠, 蔡妙英. 常见细菌系统鉴定手册[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [14] 中科院微生物所编著. 一般细菌常用鉴定方法[M]. 北京: 科学出版社, 1978.
- [15] 农药田间药效试验准则(二)第 110 部分: 杀菌剂防治黄瓜细菌性角斑病[S]. GB/T 17980. 110-2004.
- [16] 李乐书, 葛艺欣, 田艳丽, 等. 防治瓜类细菌性果斑病(BFB)生物种衣剂的研制[J]. 农业生物技术学报, 2015, 23(12): 1649-1659.
- [17] 高圣风, 刘爱勤, 桑利伟, 等. 枯草芽孢杆菌 VD18R19 在胡椒上的定殖动态及促生作用和对胡椒瘟病的防治效果[J]. 中国生物防治学报, 2017, 33(5): 650-657.
- [18] 周园园, 王媛媛, 朱晓峰, 等. 生物种衣剂 SN101 的研制及其对大豆胞囊线虫病的防效[J]. 中国油料作物学报, 2014, 36(4): 513-518.
- [19] 朱文静, 伍辉军, 高学文. 芽孢杆菌对大豆根腐病防治效果研究[J]. 大豆科学, 2011, 30(4): 621-625.
- [20] Schwachtje J, Karojet S, Kunz S, *et al.* Plant-growth promoting effect of newly isolated rhizobacteria varies between two *Arabidopsis* ecotypes[J]. Plant Signaling and Behavior, 2012, 7(6): 623-627.
- [21] Brotman Y, Landau U, Cuadro A I, *et al.* *Trichoderma*-plant root colonization: escaping early plant defense responses and activation of the antioxidant machinery for saline stress tolerance[J]. PLoS Pathogens, 2013, 9(3): 1-15.

封面说明

黄瓜细菌性茎软腐病的黄瓜病茎和果实上出现流脓现象, 后期茎果腐烂整株死亡。胡萝卜软腐果胶杆菌巴西亚种 *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense* 是黄瓜细菌性茎软腐病的主要病原菌, 占全部病原菌的 66%。目前不仅没有针对黄瓜细菌性茎软腐病的生防制剂的相关研究, 而且市场上的防治细菌病害的化学杀菌剂和农用抗生素对该病害的防治效果均不理想。贺字典等调查黄瓜细菌性茎软腐病田间发病情况的基础上, 选用以 1-氨基环丙烷-1-羧酸 (ACC) 为唯一碳源的培养基快速筛选出了含有 ACC 脱氨酶的 PGPR, 针对黄瓜细菌性茎软腐病研制出相应的 PGPR 种衣剂, 测定了 PGPR 种衣剂对黄瓜细菌性茎软腐病的田间防治效果, 以期开发防治黄瓜细菌性茎软腐病的生防制剂 (正文见 817~825 页)。

CONTENTS

·INVITED REVIEW·

- Wuyiencinhigh-yield Strains Breeding and Application
 GE Beibei, LIU Binghua, ZHAO Wenjun, MA Jinjin, SHI Liming, ZHANG Kecheng (767)

·RESEARCH REPORTS·

- Comparison of Susceptibilities to Cry1Ac between Two Populations of *Plutella xylostella* with Different Resistance Backgrounds to Chemical Insecticides
 XU Guosheng, WANG Cuicui, ZHANG Xian, SHU Changlong, LI Zhenyu, SHI Xueyan, ZHANG Jie (726)
- Control Effects of Tank Mixtures of Chlorantraniliprole, Avermectin and *Bacillus thuringiensis* against *Plutella xylostella* in Different Areas
 HU Xiao, WANG Xiaohui, SUN Gangzhong, ZHOU Li, PAN Yu, LIU Shoude, LI Qing, JIN Haiyan, YIN Fei, LI Zhenyu, CHEN Aidong, XIE Shenghua, LIU Huamei (732)
- Compatibility of a Bt Strain of High Virulence against *Bradysia odoriphaga* Larvae with Commonly Used Chemical Pesticides
 SONG Jian, CAO Weiping, DU Lixin (739)
- Compatibilities of *Metarhizium anisopliae* CQMa421 with Insecticides and Germicides
 PENG Guoxiong, XIE Jiaqin, XIA Yuxian (747)
- Synergistic Effect of *Beauveria bassiana* and Three Pesticides on *Lipaphis erysimi*
 WANG Feng, ZHENG Pengfei, NONG Xiangqun, WANG Guangjun, CAO Guangchun, ZHANG Zehua (752)
- Synergistic Effect of Mixing Solid Nanodispersions of Two Insecticides
 CUI Bo, WANG Chunxin, LÜ Yan, YAO Junwei, LIU Guoqiang, CUI Haixin (760)
- Insecticidal Activity of Four Different Bt Toxins against Six Important Lepidopteran Pests
 LIU Chen, CHEN Lin, WANG Bingjie, ZHAO Man, LIANG Gemei, GUO Yuyuan (774)
- Multigene Identification of Four Potential Biocontrol Strains in *Metarhizium* Genus
 WANG Feng, LIU Bin, NONG Xiangqun, LU Hongxue, WANG Guangjun, CAO Guangchun, LIU Shaofang, ZHANG Zehua (780)
- Inhibition Effects of Soil Bacteria on Conidium Germination of *Metarhizium pingshaense*
 ZHANG Yabo, WU Xiaoshuang, YE Bihuan, WANG Haojie, SHU Jinping (788)
- Establishment of TaqMan Real-time PCR Method for Detection of *Paranosema locustae*
 HU Hongxia, ZHENG Qiuying, YE Xiaofang, ZHAO Bei, JI Rong (796)
- Biology and Bio-control Potential of *Zelex chlorophthalmus* (Hymenoptera: Braconidae), a Parasitoid of Beet Webworm, *Loxostege sticticalis* (Lepidoptera: Crambidae)
 LI Qian, CHENG Yunxia, LUO Lizhi, DU Qin, JIANG Xingfu, ZHANG Lei (803)
- Predation Functional Responses and Preference of *Harmonia axyridis* Pallas to *Contarinia pyrivora* Riley
 DU Hao, GAO Xuhui, LIU Kun, ZHAO Guang, LI Zhen, ZHANG Qingwen, LIU Xiaoxia (811)
- Bio-control of PGPR Seed Coating Producing ACC Deaminase to Cucumber Bacterial Stem Soft Rot Disease
 HE Zidian, YAN Liying, SHI Yanxia, LI Baoju, GAO Yufeng, ZHANG Mingzhu, SUN Jian (817)
- Field Experiment of Multi-microbial Agents against Root-knot Nematode *Meloidogyne incognita* on Lettuce
 YANG Ting, HU Jianyang, LIN Bin, XIANG Meichun (826)
- Analysis on Monitoring of Wheat Stripe Rust at Multiple Stages and Optimization of Bands for Disease Detection
 LIU Peng, ZHANG Jingcheng, YANG Pingting, WANG Baotong, WU Kaihua (833)
- SCIENTIFIC NOTES·
- Main Species of Parasitic Natural Enemy Insects within *Dendrolimus houi* (Lajonquiere) in the Forest of *Cryptomeria fortunei* (Hooibrenk)
 LIN Haoyu, FU Lieqing, LIN Jianhui, Hua Yin, Han Xiaohong, ZHENG Junxian, He Huan, ZHANG Feiping, LIANG Guanghong (842)
- Analysis of Endophytic Symbiotic Bacterial Composition in *Chrysoperla sinica* (Tjeder) Adults with 16S rDNA Clone Library
 ZHAO Hui, ZHANG Shuai, LUO Junyu, ZHANG Lijuan, WANG Aiyang, CUI Jinjie (849)

ISSN 2095-039X

刊号: ISSN 2095-039X
CN 11-5973/S代号: Code No. Q 812
国内邮发: 2-507

每册定价: 30.00 元



9 772095 039142