



ISSN 0529-1542
CN 11-1982/S

植物保护

Plant Protection

全国中文核心期刊
中国科技核心期刊
RCCSE中国核心学术期刊
CSCD来源期刊



(卷终)

ISSN 0529-1542



9 770529 154201



主办

中国植物保护学会
China Society of Plant Protection
中国农业科学院植物保护研究所
Institute of Plant Protection, CAAS

6

第46卷

2020年12月

目 次

专论与综述

警惕检疫性有害生物马铃薯孢囊线虫 (*Globodera rostochiensis* 和 *G. pallida*) 入侵我国 彭 焕, 刘 慧, 江 如, 等(1)
我国甘薯脱毒种薯种苗繁育存在的问题及建议 张振臣(10)

研究报告

荧光假单胞菌 CZ 菌株定殖及抗病毒活性研究 曲潇玲, 张俊英, 刘笑玮, 等(14)
泰安樱桃根癌病致病菌分离及生物型鉴定 魏艳丽, RYDER Maarten, 李红梅, 等(22)
粗角梯天牛形态特征与感器的超微结构 尹宁娜, 赵昱杰, 赵 宁, 等(30)
百合新病原菌假短孢弯孢生物学特性及其对杀菌剂的敏感性 李润根, 卢其能, 何 咪, 等(41)
滇重楼稻曲拟盘多毛孢叶斑病原鉴定及其生物学特性测定 何 翔, 李 翱, 李 楚, 等(47)
我国河南和甘肃地区梨树根癌病原菌鉴定 杨 雯, 张志想, 李世访(55)
河南省首次发现梨孢镰刀菌引起的小麦赤霉病 徐 飞, 王俊美, 杨共强, 等(60)
平贝母鳞茎腐烂病原菌鉴定和药剂筛选 王 爽, 李新民, 刘春来, 等(65)
PWL 基因家族在黑龙江省水稻稻瘟病菌中的分布与变异 孟 峰, 靳学慧, 张亚玲(71)
瘦蚊科 3 种昆虫核糖体 DNA 的克隆及序列分析 段 云, 郭 培, 巩中军, 等(77)
淡翅小花蜂对黄胸驹马的捕食功能反应与搜寻效应 邱海燕, 付步礼, 马晓彤, 等(84)
安徽省稻曲病气象等级预报方法研究—以池州为例 岳 伟, 伍 琼, 陈 曦, 等(90)
内生菌荧光假单胞菌 DLJ1 和蜡状芽胞杆菌 SZ5 对南方根结线虫胁迫下辣椒植株抗性与产量品质的影响 杨亚茹, 郭少星, 闫淑珍, 等(96)
红棕象甲触角感器的超微结构 段云博, 朱晓珍, 叶家桐, 等(103)
3 种绿肥对黏虫营养生理的影响 吴菲菲, 张 蕾, 程云霞, 等(111)
我国草地贪夜蛾应急化学防控风险评估及对策 潘兴鲁, 董丰收, 芮昌辉, 等(117)
澧县“红地球”葡萄表面黑色组曲霉种群结构及产毒情况研究 页 非, 黄晓庆, 王忠跃, 等(124)
温度对黄芪根瘤象成虫繁殖与寿命的影响 刘月英, 罗进仓, 张大为, 等(131)

实验方法与技术

桃褐腐病菌对多菌灵抗性的 AS-PCR 检测技术 罗 梅, 阴伟晓, 罗朝喜(136)
环氟菌胺在小麦生态系统中的残留消解及膳食风险评估 蔡光辉, 马婧玮, 吴艳兵, 等(144)
根结线虫生防真菌交枝顶孢原生质体的制备与再生体系构建 姚玉荣, 霍建飞, 郝永娟, 等(149)
MB 和 CMC 液体培养基对禾谷镰孢产孢水平的影响 毕亚琪, 王禹贺, 罗泗川, 等(155)

辣椒疫病抗性的浸根接种鉴定方法 赫 卫, 张 慧(159)
小麦光腥黑粉菌转化子最适固体培养基的筛选 李丹丹, 何 婷, 王梦可, 等(164)

研究简报

绿盲蝽越冬卵发育过程的微观观察 秦华伟, 门兴元, 于 毅, 等(170)
哈尔滨地区小天蓝绣球白粉病病原菌鉴定 司修洋, 张 鹏, 刘齐月, 等(175)
长齿蔗茅品系“云滇 95-19”和“云滇 95-20”抗褐锈病的遗传分析 张荣跃, 李文凤, 黄应昆, 等(178)
硬枝黄蝉乙醇提取物中抑制胡椒炭疽病菌活性成分研究 荀亚峰, 胡林峰, 曾 焯, 等(183)

调查研究

1987 年—2018 年我国小麦主要病虫害发生危害及演变分析 黄 冲, 姜玉英, 李春广(186)
柑橘喷施叶面肥对柑橘木虱、柑橘潜叶蛾和炭疽病发生的影响 刘 喆, 岑伊静, 许 鑫, 等(194)
不同栽培模式茶园黑刺粉虱发生规律 陈 敏, 王洪涛, 王丽丽, 等(198)
东北地区水稻种质资源抗纹枯病研究初报 杨晓贺, 魏松红, 顾 鑫, 等(205)
中国芒果炭疽病菌复合种对苯醚甲环唑敏感性测定 郭珍妮, 唐利华, 黄德萍, 等(209)
海南省蔬菜根结线虫发生种类与分布 李周容, 龙海波, 孙燕芳, 等(213)
广西芒果树叶片苔藓发生情况调查及药剂筛选试验 陈永森, 李日旺, 黄国弟, 等(217)
2019 年草地贪夜蛾在陕西省汉中市的发生为害情况调查 余正军, 范晓培, 王清文, 等(223)

技术与应用

4 种生物源杀线剂对番茄根结线虫的田间防效 刘晓宇, 陈立杰, 邢志富, 等(228)
麦田布顿大麦草的化学防除药剂筛选 徐洪乐, 樊金星, 王 丽, 等(233)
硅藻土对 5 种储粮害虫和不同磷化氢抗性水平杂拟谷盗防治效果的研究 孟宏杰, 张 婷, 陈二虎, 等(240)
太阳能消毒与植物根际促生菌(PGPR)联合对黄瓜根腐病的防治效果 贺字典, 苏长青, 高云飞, 等(246)
11%精甲·咯·啞菌悬浮种衣剂防治水稻立枯病和恶苗病效果研究 饶 镭, 邱 蝶, 李保同(254)
青花菜根肿病田间防治技术研究 周晓肖, 李伟龙, 蒋 蕊, 等(259)
麦田入侵杂草小籽薹草对麦田常用除草剂的敏感性测定 杨肖艳, 刘红斌, 李 钊, 等(264)
棉蚜和棉长管蚜对 3 种杀虫剂的敏感性比较 丁建朋, 韩 英, 韩 旭, 等(270)
多杀霉素与茚虫威混配对草地贪夜蛾的增效作用 李秀霞, 张 锦, 高 全, 等(276)
防除宽叶酢浆草除草剂的室内生物活性评价 杨肖艳, 吴兴仙, 严牙丽, 等(279)
封面照片 林荫鼠尾草 *Salvia nemorosa* 王音摄
广 告 中保科技(封二); 中捷四方(封三)
其 他 表彰奖励(9)

太阳能消毒与植物根际促生菌(PGPR)联合 对黄瓜根腐病的防治效果

贺字典¹, 苏长青², 高云飞³, 范海荣¹, 高玉峰^{1*}, 张明珠¹, 李翠霞¹

(1. 河北科技师范学院, 秦皇岛 066004; 2. 衡水学院, 衡水 053000;
3. 北京航空航天大学, 北京 100191)

摘要 为明确太阳能土壤消毒与植物根际促生菌(PGPR)联合对黄瓜根腐病防治效果,在对温室进行太阳能土壤消毒之后,采用蘸根和灌根的方式测定了解磷、抑菌效果较好的3个菌株JPG-5、LWG-5和YB-4对黄瓜根腐病的田间防治效果及其对黄瓜根围养分的影响。结果表明:1)YB-4 300倍蘸根对黄瓜根腐病防治效果最高,病指防效为89.49%,显著高于LWG-5 300倍和JPG-5 500倍的防治效果。2)LWG-5 500倍灌根对黄瓜根腐病防治效果最高,为89.47%,显著高于LWG-5 800倍和JPG-5 500倍防治效果。3)不管是灌根还是蘸根,JPG-5 500倍和YB-4 300倍均能显著提高黄瓜根围有效磷含量,分别为99.68、86.81 mg/kg和84.30、86.56 mg/kg。因此,PGPR菌株在田间促进养分转化效果和对根腐病的防治效果综合评判,用YB-4 300倍蘸根、JPG-5 500倍灌根和LWG-5 500倍灌根效果较好。

关键词 太阳能消毒; 植物根际促生菌; 黄瓜根腐病; 速效养分; 联合防治效果

中图分类号: S 432.41 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019515

Control effect of soil solarization combined with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on cucumber root rot

HE Zidian¹, SU Changqing², GAO Yunfei³, FAN Hairong¹, GAO Yufeng^{1*}, ZHANG Mingzhu¹, LI Cuixia¹

(1. Hebei Normal University of Science & Technology, Qinhuangdao 066004, China;

2. Hengshui College, Hengshui 053000, China; 3. Beihang University, Beijing 100191, China)

Abstract To clear the effect of soil solarization combined with plant growth promoting rhizobacteria(PGPR) on cucumber root rot, field control efficacy and the influence on available nutrients in cucumber rhizosphere soil of three strains JPG-5, LWG-5 and YB-4, which could both antagonize *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae* and dissolve insoluble phosphorus, were determined by cucumber root dipping and root drenching after soil solarization in the greenhouse. The results showed that the control efficacy of YB-4 300 times solution was 89.49%, significantly higher than that of LWG-5 300 times solution and JPG-5 500 times solution by root dipping. LWG-5 500 times solution by root drenching had the highest control effect, with the efficacy of 89.47%, significantly higher than that of LWG-5 800 times solution and JPG-5 500 times solution by root drenching. The content of available phosphorus in cucumber rhizosphere all increased significantly with JPG-5 500 times solution and YB-4 300 times solution by root dipping or root drenching, which were 99.68 and 86.81 mg/kg or 84.30 and 86.56 mg/kg, respectively. Therefore, based on the effect of PGPR strain on promoting nutrient transformation and controlling root rot in the field, it could be concluded that YB-4 300 times solution by root dipping, JPG-5 500 times solution by root drenching and LWG-5 500 times solution by root drenching had better effect.

Key words solarization; plant rhizosphere promoting bacteria(PGPR); cucumber root rot; available nutrient; combined control effect

收稿日期: 2019-09-25 修订日期: 2019-12-22

基金项目: 河北省重点研发计划(18226507D);河北省自然科学基金(C2019407103);河北省高等学校科学技术研究重点项目(ZD2019018);河北省蔬菜产业体系病虫害绿色防控岗位项目(HBCT2018030207)

* 通信作者 E-mail: qhdgy1972@163.com

黄瓜根腐病病原菌种类多样,甜瓜疫霉 *Phytophthora melonis* 是天津市区及郊区黄瓜根腐病的致病菌,而尖镰孢 *Fusarium oxysporum* 和茄腐镰孢 *F. solani* 可能加重该病的发生^[1]。陈志杰等^[2]认为陕北地区黄瓜根腐病病原菌为甜瓜疫霉 *P. melonis*,关中地区则为尖镰孢 *F. oxysporum*。刘心刚等^[3]报道西藏设施西(黄)瓜根腐病原菌为茄腐镰孢 *F. solani*。刘洋等^[4]报道辽宁、山东、内蒙古等地嫁接黄瓜根腐病病原菌为茄腐镰孢瓜类专化型 *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae*。对黄瓜根腐病的防治目前主要是用氰氨化钙、威百亩、辣根素、氯化苦等药物进行土壤消毒。这些土壤消毒剂在杀灭包括病原菌在内的有害生物的同时也会将土壤中的有益菌杀死,造成土壤真空状态^[5]。生态控制技术既能控制病害发生,又能保护土壤生态平衡健康发展,是防治土传病害的一项重要措施。太阳能消毒结合生物降解塑料薄膜技术一方面可以防治由尖镰孢番茄专化型 *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* 引起的番茄枯萎病和小核盘菌 *Sclerotinia minor* 引起的菌核病,同时还可促进土壤微生物繁殖^[6]。太阳能消毒结合生防菌灰绿链霉菌 *Streptomyces griseoviridis* 可防治由 *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* 引起的番茄根腐病^[7]。植物根际促生菌(plant growth promoting rhizobacteria, PGPR)是根系周围土壤中的一群自生细菌,其中嗜麦芽寡养单胞菌和枯草芽胞杆菌复配组成的种衣剂对黄瓜细菌性茎软腐病的田间防治效果达到 61.20%^[8]。但太阳能消毒与 PGPR 结合防治黄瓜根腐病的研究并未见到相关报道。本文以黄瓜根腐病主要病原菌——茄腐镰孢 *F. solani* 为靶标菌,筛选出防治效果好的 PGPR 后,在太阳能消毒的基础上,根施 PGPR,测定二者结合对黄瓜根腐病的田间防治效果及对黄瓜根围速效养分的影响。

1 材料与方 法

1.1 材 料

供试病原菌:茄腐镰孢瓜类专化型 *F. solani* f. sp. *cucurbitae*。

供试 PGPR 菌株:PGPR 菌来源于黄瓜根围,共 32 株。其中 JPG-5、LWG-5 和 YB-4 由本实验室分离鉴定为嗜麦芽寡养单胞菌 *Stenotrophomonas maltophilia*、短短芽胞杆菌 *Brevibacillus brevis* 和甲

基营养型芽胞杆菌 *Bacillus methylotrophicus*。对照化学药剂:2.5% 咯菌腈悬浮剂(SC)和 62.5% 精甲·咯菌腈悬浮种衣剂(FSC)。

供试黄瓜品种:‘田骄 7 号’。

供试培养基:1) DF 培养基: 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 g, 柠檬酸 2.0 g, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 2.0 g 作为唯一氮源,微量元素包含 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1.0 mg, H_3BO_3 10 μg , $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 11.19 μg , $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 124.6 μg , $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 78.22 μg , MoO_3 10 μg , pH 7.2, 蒸馏水 1 000 mL; 以 3.0 mmol/L ACC 代替 DF 培养基中的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 为唯一氮源后为 ADF 培养基。2) 牛肉膏蛋白胨固体培养基(NA): 牛肉膏 3 g、酵母膏 1 g、蛋白胨 5 g、葡萄糖 10 g、琼脂 15 g、蒸馏水 1 000 mL、pH 7.0~7.2, 121℃ 湿热灭菌 30 min, 不加琼脂即为 NB。3) 马铃薯葡萄糖琼脂(PDA): 马铃薯 200 g、葡萄糖 15~18 g、琼脂 15 g、蒸馏水 1 000 mL、pH 自然, 121℃ 湿热灭菌 30 min。4) 无机磷培养基: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0.5 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.3 g, KCl 0.3 g, NaCl 0.3 g, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 5 g, 葡萄糖 10 g, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0.3 g, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.3 g, 琼脂 20 g, 蒸馏水 1 000 mL, pH 7.2。

1.2 方 法

1.2.1 茄腐镰孢和 PGPR 活化与培养

将茄腐镰孢和 32 株 PGPR 分别转接到 PDA 上培养 7 d 和 ADF 上培养 48 h, 备用。分别用接种环蘸取 PGPR 接种于装有 150 mL NB 的 300 mL 三角瓶中, 28℃、126 r/min 振荡培养 24~36 h 后, 测定 OD_{650} , 用无菌水调整 OD_{650} 为 0.8, 备用。

1.2.2 PGPR 解磷效果及其对茄腐镰孢的抑菌效果测定

采用牛津杯法测定不同 PGPR 发酵液的解磷效果及其对茄腐镰孢的抑菌效果。将牛津杯置于无机磷固体培养基中央, 用移液枪吸取 100 μL 已制备好的 PGPR 菌液注入到牛津杯中。28℃ 恒温培养箱中培养, 7 d 后十字交叉测量解磷透明圈直径, 以空白 NB 培养基为对照。用打孔器($d = 0.5$ cm)在茄腐镰孢菌落边缘打菌饼, 将菌饼放置于 PDA 平板的中央。并以病菌为中心, 在不同方向以 2.5 cm 的距离放置 3 个牛津杯, 用移液枪吸取 100 μL 的 PGPR 菌液放入牛津杯中, 重复 3 次。以加入 2.5% 咯菌腈 SC 1 000 倍液为药剂对照, 另设空白培养基对照,

28℃恒温培养箱中培养,72 h后测量抑菌圈直径。

$$\text{抑菌率} = \frac{\text{对照菌落直径} - \text{处理后菌落直径}}{\text{对照菌落直径} - \text{菌饼直径}} \times 100\%$$

1.2.3 太阳能土壤消毒与整地

试验在秦皇岛市丰禾农业有限公司温室内进行,选取往年黄瓜根腐病发病较严重的连作地块作为试验田,完全随机区组设计。土壤为黏土,养分含量铵态氮 1.56 mg/kg、有效磷 64.30 mg/kg、速效钾 1.78 mg/kg、硝态氮 39.42 mg/kg、有机质 12.5 g/kg。上茬黄瓜于7月5日拉秧时调查黄瓜根腐病发病率,将黄瓜秧拉出棚外进行堆沤,将黑色地膜捡拾干净后换上厚度为0.05 mm的白色地膜,拉严棚膜,关闭棚门。太阳能消毒参照文献[9]并略有改动。本试验用太阳能消毒至8月7日。此段时间外界气温平均为28℃。8月3日测定温室气温为67℃,地表温度为45℃。太阳能消毒后施肥、整地。基肥施用粪肥4 m³、史丹利复合肥(18:18:18)50 kg。

1.2.4 PGPR对黄瓜根腐病的田间防治效果

将YB-4、JPG-5、LWG-5菌液分别稀释300、500和800倍液单独进行蘸根和灌根。处理1:在黄瓜苗(两叶一心)移栽前一天蘸根,将黄瓜苗在相应浓度的YB-4、JPG-5、LWG-5菌液中蘸10 s,使根系充分接触菌液,自然风干后次日(8月15日)移栽至9 m×100 m的温室中,行距60 cm,株距20 cm,每畦40株。处理2:在黄瓜浇缓苗水后第2天和开花前进行灌根。在需要灌根处理的黄瓜根系左右两侧5~10 cm处打出直径3 cm、深度10 cm的孔穴,在左右两个孔穴中各缓缓倒入50 mL菌液,使菌液充分渗透到根系周围土壤中。分别设置药剂对照和清水对照。灌根和蘸根的药剂对照分别为62.5%精甲·咯菌腈FSC 500倍液和1 500倍液。各小区随机排列,5次重复,正常管理。

待拔秧前(12月18日)每个小区取10株黄瓜植株,用铁锹挖出完整根系,测量黄瓜根系变色程度,根据黄瓜根腐病分级标准计算病情指数。同时每个小区均调查黄瓜根腐病死亡数,计算死亡率。

黄瓜根腐病分级标准^[10]:0级,茎基部和主根上无病斑;1级,茎基部和主根上有少量病斑,病斑面积在1/4以下;2级,茎基部和主根上病斑面积占茎基部和主根总面积的1/4~1/2;3级,茎基部和主根上病斑面积占茎基部和主根总面积的1/2以上~3/4;4级,茎基部和主根上病斑连片,形成绕茎现象,但根系并未坏死;5级,根系坏死,地上部萎蔫或死亡。

死亡率=死亡植株总数/调查总株数×100%;

防治效果=(对照组死亡率-处理组死亡率)/对照组死亡率×100%;

病情指数=∑(各级病株数×代表级值)/(调查总株数×最高病级代表值)×100;

防治效果=(对照组病情指数-处理组病情指数)/对照组病情指数×100%。

1.2.5 对黄瓜根围土壤养分的影响

PGPR蘸根和灌根后15 d采集距离黄瓜根系周围5 cm耕作层土壤,每小区随机取5点土样,混合后装入无菌自封袋中,带回实验室测定土壤养分含量。土壤碱解氮(包括硝态氮和铵态氮)测定参照李酉开碱解扩散法进行样品的处理与测定^[11]。土壤有效磷和速效钾采用钼锑抗比色法测定^[12]。

1.3 数据处理

采用Microsoft Excel 2010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 PGPR对茄腐镰孢的抑菌效果

32株PGPR中有8株对黄瓜根腐病菌抑菌率高于60%。其中,CRG-2、JPG-5和YB-2对黄瓜根腐病菌抑菌率最高,均为78.82%。其次是CRG-8和YB-4,对黄瓜根腐病菌抑菌率均为71.67%(表1)。

2.2 PGPR解磷效果

能够降解难溶性磷的PGPR菌株中,解磷透明圈直径在1.37~2.45 cm之间,其中YB-4的解磷透明圈直径最大,为2.45 cm。其次是LWG-5,解磷透明圈直径为2.33 cm(表2)。综合解磷透明圈大小和对黄瓜根腐病菌抑菌率高低选择了3株PGPR,分别为YB-4、LWG-5和JPG-5。

2.3 PGPR对黄瓜根腐病的田间防治效果

2.3.1 PGPR灌根对黄瓜根腐病田间防治效果

用PGPR灌根后,按照病情指数来计算PGPR对黄瓜根腐病的防治效果时,LWG-5稀释500倍液对黄瓜根腐病防治效果最高,为89.47%,其次是LWG-5 800倍液和JPG-5 500倍液,对黄瓜根腐病防治效果分别为78.95%和73.70%,均显著高于62.5%精甲·咯菌腈FSC的防治效果。按照黄瓜死亡率计算时,LWG-5 300倍液对黄瓜根腐病的防治效果最高,防效为73.49%,其次是YB-4 800倍

液,防治效果为 59.55%,均显著高于 62.5%精甲·咯菌腈 FSC 的防治效果(表 3)。

2.3.2 PGPR 蘸根对黄瓜根腐病田间防治效果

用 PGPR 蘸根后按照病情指数来计算 PGPR 对黄瓜根腐病的防治效果,YB-4 300 倍液对黄瓜根腐病防治效果最好,为 89.49%,其次 LWG-5 300 倍

液和 JPG-5 500 倍液,防治效果分别为 78.95%和 73.68%,均显著高于 62.5%精甲·咯菌腈 FSC 的防治效果。根据黄瓜死亡率计算出的 PGPR 菌对黄瓜根腐病防治效果最高的是 YB-4 500 倍液和 JPG-5 800 倍液,防治效果分别为 86.74%和 86.40%,均显著高于药剂对照(表 4)。

表 1 PGPR 对茄腐镰孢的抑菌率

Table 1 Antagonistic rate of PGPR against *Fusarium solani*

PGPR 编号 PGPR number	抑菌圈直径/mm Inhibition zone diameter	抑菌率/% Inhibition rate	PGPR 编号 PGPR number	抑菌圈直径/mm Inhibition zone diameter	抑菌率/% Inhibition rate
AHG-1	35.00	(50.49±8.97)d	YB-1	5.00	(29.41±3.70)fg
AHG-2	26.00	(34.31±8.49)ef	YB-2	48.33	(78.82±5.47)ab
AHG-3	26.67	(49.51±3.67)d	YB-3	16.00	(13.73±1.29)h
AHG-4	45.00	(65.69±2.33)c	YB-4	46.67	(71.67±3.27)bc
AHG-5	40.00	(41.67±6.27)de	YB-5	5.00	(7.35±1.74)i
CRG-1	5.00	(29.41±3.70)fg	YB-6	5.00	(7.35±2.74)i
CRG-2	48.33	(78.82±5.27)ab	YB-7	4.00	(32.84±2.53)f
CRG-3	16.00	(13.73±1.89)h	YB-8	15.00	(22.06±3.20)g
CRG-4	15.00	(22.06±8.20)g	LWG-2	14.22	(44.60±3.29)de
CRG-5	5.00	(7.35±2.74)i	LWG-3	13.78	(66.10±3.74)c
CRG-6	5.00	(7.35±2.14)i	LWG-5	3.89	(23.06±1.65)fg
CRG-7	4.00	(32.84±2.53)f	LWG-6	14.11	(46.93±2.48)de
CRG-8	46.67	(71.67±6.27)bc	LWG-7	8.00	(32.40±0.68)f
JPG-3	1.78	(26.71±7.84)fg	JPG-6	10.56	(64.64±9.53)c
JPG-4	9.33	(66.42±7.97)c	JPG-7	17.00	(46.34±1.33)de
JPG-5	48.33	(78.82±5.47)ab	JPG-9	7.89	(39.03±8.92)ef
2.5%咯菌腈 SC fludioxonil 2.5% SC	46.44	(84.31±0.85)a	空白对照 Blank control	0	

表 2 PGPR 的解磷透明圈直径

Table 2 Phosphorus transparent circle diameters of PGPR

PGPR 编号 PGPR number	透明圈直径/mm Transparent circle diameter	PGPR 编号 PGPR number	透明圈直径/mm Transparent circle diameter
AHG-1	(1.93±0.2)cd	YB-1	0 g
AHG-2	(2.03±0.2)bc	YB-2	(1.60±0.4)e
AHG-3	0 g	YB-3	(1.37±0.1)f
AHG-4	(1.73±0.3)d	YB-4	(2.45±0.1)a
AHG-5	(2.03±0.1)bc	YB-5	(1.67±0.1)de
CRG-1	(1.97±0.6)cd	YB-6	(1.97±0.5)cd
CRG-2	0 g	YB-7	0 g
CRG-3	(1.50±0.2)ef	YB-8	0 g
CRG-4	0 g	LWG-2	(2.10±0.2)bc
CRG-5	0 g	LWG-3	(2.17±0.1)bc
CRG-6	0 g	LWG-5	(2.33±0.1)ab
CRG-7	0 g	LWG-6	(2.17±0.1)bc
CRG-8	(2.10±0.2)bc	LWG-7	0 g
JPG-3	(1.47±0.2)ef	JPG-6	0 g
JPG-4	0 g	JPG-7	(1.77±0.2)d
JPG-5	(2.27±0.3)ab	JPG-9	(1.73±0.3)d

表 3 PGPR 灌根处理对黄瓜根腐病的田间防治效果

Table 3 Biocontrol effect of PGPR by root drenching to cucumber root rot in the field

PGPR 编号 PGPR number	稀释倍数 Dilution times	病情指数 Disease index	防治效果/% Biocontrol efficacy	死亡率/% Mortality	防治效果/% Biocontrol efficacy
YB-4	300	(31.67±2.35)a	0	(5.13±0.19)b	45.58±1.97
	500	(30.00±0.00)a	5.27±0	(6.25±1.77)b	33.72±18.75
	800	(23.34±4.72)b	26.32±14.89	(3.81±1.86)c	59.55±19.71
JPG-5	300	(31.67±2.35)a	0	(8.75±1.77)a	7.21±18.75
	500	(8.33±7.07)d	73.70±22.32	(5.13±0.19)b	45.58±1.97
	800	(10.00±9.43)d	68.42±29.78	(6.61±1.26)b	29.93±13.39
LWG-5	300	(25.00±2.36)b	21.06±7.46	(2.50±1.54)d	73.49±37.49
	500	(3.33±0.00)e	89.47±0.00	(3.88±1.95)c	58.84±20.72
	800	(6.67±4.72)d	78.95±14.89	(7.61±0.41)ab	19.34±4.33
62.5%精甲·咯菌腈 FSC metalaxyl-M·fludioxonil 62.5% FSC	500	(16.67±4.72)c	47.38±14.89	(7.50±0.00)ab	20.47±0.00
清水 CK Water control	—	(31.67±2.35)a	—	(9.43±1.55)a	—

表 4 PGPR 蘸根处理对黄瓜根腐病的田间防治效果

Table 4 Biocontrol effect of PGPR by root dipping to cucumber root rot in the field

PGPR 编号 PGPR number	稀释倍数 Dilution times	病情指数 Disease index	防治效果/% Biocontrol efficacy	死亡率/% Mortality	防治效果/% Biocontrol efficacy
YB-4	300	(3.33±0.00)e	89.49±0.00	(6.35±1.90)b	32.70±20.19
YB-4	500	(8.34±2.35)cd	73.68±7.44	(1.25±1.77)e	86.74±18.75
YB-4	800	(13.34±4.72)b	57.89±14.89	(2.50±3.54)d	73.49±37.49
JPG-5	300	(16.67±4.72)b	47.38±14.89	(2.56±3.63)d	72.81±38.45
JPG-5	500	(8.34±2.35)cd	73.68±7.44	(2.60±0.05)d	72.45±0.51
JPG-5	800	(16.67±4.72)b	47.38±14.89	(1.28±1.81)e	86.40±19.23
LWG-5	300	(6.67±4.72)d	78.95±14.89	(9.17±1.18)a	2.79±12.50
LWG-5	500	(31.67±2.35)a	0	(2.60±0.14)d	72.41±1.52
LWG-5	800	(10.00±4.71)c	68.42±14.87	(6.31±1.68)b	33.04±17.78
62.5%精甲·咯菌腈 FSC metalaxyl-M·fludioxonil 62.5% FSC	1 500	(10.00±4.71)c	68.42±14.87	(5.00±0.00)c	46.98±0.00
清水 CK Water control	—	(31.67±2.35)a	—	(9.43±1.55)a	—

2.4 PGPR 对黄瓜根围土壤速效养分的影响

用 PGPR 蘸根后,黄瓜根围铵态氮含量以施用 LWG-5 300 倍液和 JPG-5 800 倍液最高,均为 6.77 mg/kg,显著高于其他处理的铵态氮含量。硝态氮含量以 62.5%精甲·咯菌腈 FSC 对照最高,为 90.77 mg/kg,其次是 JPG-5 500 倍液处理,其硝态氮含量为 87.65 mg/kg,但二者差异不显著。有效磷含量以 JPG-5 500 倍液蘸根处理的最高,为 99.68 mg/kg,其次是 YB-4 300 倍液,有效磷含量为 84.30 mg/kg,二者差异显著。黄瓜根围速效钾含量以 JPG-5 500 倍液蘸根处理的最高,为 35.48 mg/kg,显著高于 YB-4 300 倍液处理的速效钾含量。YB-4 300 倍液蘸根、JPG-5 500 倍液蘸根和药剂对照 62.5%精甲·咯菌腈 FSC 的产量差异不显著,分别为 3 820.19、3 860.26 kg/667 m² 和 3 783.03 kg/667 m²。

用 PGPR 灌根后,黄瓜根围铵态氮含量以施用 LWG-5 300 倍液最高,为 47.90 mg/kg,显著高于其他处理的铵态氮含量。硝态氮含量以 62.5%精甲·咯菌腈 FSC 最高,为 128.70 mg/kg,显著高于 YB-4 500 倍液处理和其他处理的黄瓜根围硝态氮含量。有效磷含量以 JPG-5 500 液和 YB-4 300 倍液灌根处理的最高,分别为 86.81 mg/kg 和 86.56 mg/kg,二者差异不显著,但显著高于其他处理的有效磷含量。黄瓜根围速效钾含量以 LWG-5 300 倍液灌根处理的最高,为 60.11 mg/kg,显著高于其他处理的速效钾含量。LWG-5 500 倍液灌根处理的黄瓜产量最高,为 4 226.62 kg/667 m²,其次是 JPG-5 500 倍液和 YB-4 300 倍液,黄瓜产量分别为 4 150.58 kg/667 m² 和 4 076.54 kg/667 m²,但三者差异不显著。

表 5 黄瓜根围土壤速效养分和产量

Table 5 Quick-acting nutrients in cucumber rhizosphere soil and cucumber yield

PGPR 编号 PGPR number	稀释倍数 Dilution times	施药方法 Treatment	铵态氮/mg·kg ⁻¹ Ammonia nitrogen	硝态氮/mg·kg ⁻¹ Nitrate nitrogen	有效磷/mg·kg ⁻¹ Available phosphorus	速效钾/mg·kg ⁻¹ Available potassium	产量/kg·(667 m ²) ⁻¹ Yield
YB-4	300	灌根	(1.56±0.02)e	(59.42±3.95)d	(84.30±11.84)b	(7.78±0.32)b	(3 820.19±87.37)a
	500	灌根	(4.97±0.07)c	(69.68±4.87)bc	(67.73±2.37)c	(2.66±0.23)c	(3 468.40±67.89)b
	800	灌根	(3.54±0.01)d	(44.90±2.84)e	(55.01±5.00)d	(1.23±0.03)d	(2 843.09±21.40)c
LWG-5	300	灌根	(6.77±0)a	(66.37±3.76)c	(53.59±5.23)d	(1.38±0.05)d	(2 893.10±17.69)c
	500	灌根	(6.41±0.11)b	(76.54±5.03)b	(67.26±2.47)c	(4.72±0.02)c	(3 376.69±22.67)b
	800	灌根	(4.88±0.03)c	(54.23±6.41)d	(62.24±10.01)c	(0.55±0.02)fg	(2 392.90±135.62)d
JPG-5	300	灌根	(3.54±0.21)d	(69.68±3.94)bc	(55.01±8.67)d	(1.23±0.12)d	(1 725.86±34.48)e
	500	灌根	(4.00±0.23)c	(87.65±6.26)a	(99.68±5.80)a	(35.48±0.09)a	(3 860.26±75.29)a
	800	灌根	(6.77±0.34)a	(66.36±6.32)c	(53.59±4.21)d	(1.38±0.01)d	(1 559.11±48.34)f
62.5%精甲·咯菌腈 FSC metalaxyl-M·fludioxonil 62.5% FSC 清水 CK Water control	500	灌根	(3.53±0.21)d	(90.77±2.45)a	(6.20±0.05)f	(0.83±0.21)ef	(3 783.03±82.09)a
YB-4	300	灌根	(1.24±0.02)e	(30.67±4.36)f	(45.78±6.62)e	(0.43±0)f	(1 625.30±23.56)e
	500	灌根	(7.67±0.25)e	(65.73±19.76)c	(86.56±23.44)a	(3.15±0.34)e	(4 076.54±231.09)ab
	800	灌根	(12.60±1.34)d	(89.77±10.89)b	(36.84±2.56)d	(8.98±1.01)c	(3 871.58±234.61)c
LWG-5	300	灌根	(14.15±1.78)c	(80.79±12.65)b	(33.90±7.56)d	(10.33±1.25)b	(3 575.79±251.56)d
	500	灌根	(47.90±10.91)a	(46.60±2.89)d	(16.41±2.34)e	(60.11±9.67)a	(3 451.23±10.20)de
	800	灌根	(17.80±2.89)c	(49.30±4.32)d	(74.36±5.34)b	(8.48±0.23)c	(4 226.62±101.34)a
JPG-5	300	灌根	(25.92±1.89)b	(65.33±8.76)c	(74.61±10.23)b	(5.93±0.78)d	(3 568.45±171.24)d
	500	灌根	(15.89±2.15)c	(76.78±10.12)bc	(72.88±3.55)b	(3.95±0)e	(3 209.94±162.09)e
	800	灌根	(19.54±4.23)bc	(81.09±4.85)b	(86.81±10.35)a	(11.84±1.34)b	(4 150.58±203.56)a
62.5%精甲·咯菌腈 FSC metalaxyl-M·fludioxonil 62.5% FSC 清水 CK Water control	1 500	灌根	(11.22±0.34)d	(70.57±14.32)c	(70.57±10.34)b	(10.90±0.34)b	(3 793.06±234.12)cd
62.5%精甲·咯菌腈 FSC metalaxyl-M·fludioxonil 62.5% FSC 清水 CK Water control	1 500	灌根	(14.87±3.45)c	(128.70±23.56)a	(51.90±9.67)c	(5.35±0.03)d	(3 042.19±103.12)f
	1 500	灌根	(7.37±0.87)e	(43.09±12.54)d	(21.78±1.56)e	(3.53±0.02)e	(1 541.94±142.56)g

对比用 PGPR 各菌株蘸根和灌根处理后黄瓜根围的速效养分含量、黄瓜产量和对根腐病的防治效果, YB-4 300 倍液、JPG-5 500 倍液和 LWG-5 300 倍液处理的效果较好。

3 讨论

根腐病是典型的弱寄生性土传病害, 近几年发生越来越严重。一方面病原菌在土壤中存活时间长、存在形式多样, 呈逐年累积趋势^[13]; 另一方面土壤因素比较复杂, 土壤养分、土壤质地、土壤微生物及动物等多种因素均会影响病原菌的消长、寄主植物抗病能力强弱及二者间互作^[14-16]。对于根腐病等土传病害的防治, 在夏季高温季节进行太阳能消毒是最经济有效的方法之一。高温在抑制有害生物的同时, 也减少了细菌和真菌的丰富度^[6-7]。因此在太阳能消毒之后, 及时补充有益菌到蔬菜根际土壤中可以弥补其缺陷。PGPR 是一类生活在根际周围的有益菌, 国内外已发现 20 多个种属的根际微生物具有防病促生的潜能, 主要包括假单胞菌属 *Pseudomonas*、芽孢杆菌属 *Bacillus*、产碱菌属 *Alcaligenes*、节杆菌属 *Arthrobacter*、固氮菌属 *Azotobacter*、肠杆菌属 *Enterobacter*、欧文氏菌属 *Erwinia*、黄杆菌属 *Flavobacterium*、哈夫尼菌属 *Hafnia*、克雷伯氏菌属 *Klebsiella*、沙雷氏菌属 *Serratia*、黄单胞菌属 *Xanthomonas* 和慢生根瘤菌属 *Bradyrhizobium* 等^[17-19]。PGPR 主要通过产生 1-氨基环丙烷-1-羧酸(ACC)酶、抗生素、分泌铁蛋白来抑制病原菌的侵染^[20-21]。还可以通过解磷、固氮、产生植物激素等方式直接刺激和调节植物生长^[22-23]。本文筛选到的 JPG-5 为嗜麦芽寡养单胞菌 *S. maltophilia*、LWG-5 为短短芽孢杆菌 *B. brevis*、YB-4 为甲基营养型芽孢杆菌 *B. methylotrophicus*。3 个菌株在抑制茄腐镰孢的同时, 还能降解土壤中的难溶性磷, 供给黄瓜生长需要。从经 PGPR 各菌株蘸根和灌根处理后黄瓜根围的速效养分含量、黄瓜产量和对根腐病的防治效果综合来看, YB-4 300 倍液、JPG-5 500 倍液和 LWG-5 300 倍液效果较好。这与 Wang 等^[24]报道的普城沙雷菌 *Serratia plymuthica*、嗜根寡养单胞菌 *Stenotrophomonas rhizophila*、荧光假单胞菌 *P. fluorescens* 和假单胞属的 *P. extremorientalis* 在防治黄瓜根腐病同时还可促进黄瓜植株生长一致。但是本文的 3 个菌株只测定了解磷效果, 是否具有

固氮作用、解钾作用及其对土壤微生物多样性的影响还需要进一步研究。此外, 在试验过程中还发现用 PGPR 蘸根比灌根更能促进黄瓜根系的生长, 黄瓜根系主根长度、数量、侧根数量等明显增多。由于黄瓜根腐病菌是一种土壤习居菌, 可以在土壤中逐步积累, 要想长期用有益菌 PGPR 对其起到抑制作用, 需要多种施用方法并举。从育苗时育苗基质添加 PGPR, 移栽前蘸根, 到缓苗后, 开花前, 结果期多次灌根, 将黄瓜根系处于 PGPR 保护之中, 才能达到保持黄瓜免受茄腐镰孢或尖镰孢等土传病原菌的侵染, 这在利用木霉防治土传病害时已经得到验证^[5, 25]。但 PGPR 生防作用与木霉是否相同还有待于进一步研究。

参考文献

- [1] 王惠哲. 黄瓜根腐病原菌的分离鉴定及室内药剂筛选[D]. 保定: 河北农业大学, 2003.
- [2] 陈志杰, 张锋, 张淑莲, 等. 陕西温室黄瓜根腐病及流行因素研究[J]. 中国生态农业学报 2009, 17(4): 699-703.
- [3] 刘心刚, 杨成德, 王振. 西藏设施西(黄)瓜根腐病的分离与鉴定[J]. 甘肃农业大学学报, 2018, 59(2): 82-85.
- [4] 刘洋, 李宝聚, 石延霞, 等. 李宝聚博士诊断手记(二十六)引起嫁接黄瓜死秧的病害原因分析[J]. 中国蔬菜, 2010(13): 21-22.
- [5] 贺字典, 吴素霞, 宋晓飞, 等. 生防菌与茄病镰刀菌在黄瓜根围动态变化[J]. 中国生物防治学报, 2016, 32(3): 357-364.
- [6] BONANOMI G, CHIURAZZI M, CAPORASO S, et al. Soil solarization with biodegradable materials and its impact on soil microbial communities [J]. Soil Biology & Biochemistry, 2008, 40(8): 1989-1998.
- [7] MINUTO A, SPADARO D, GARIBALDI A, et al. Control of soilborne pathogens of tomato using a commercial formulation of *Streptomyces griseoviridis* and solarization [J]. Crop Protection, 2006, 25(5): 468-475.
- [8] 贺字典, 闫立英, 石延霞, 等. 产生 ACC 脱氨酶的 PGPR 种衣剂对黄瓜细菌性茎软腐病防治效果研究[J]. 中国生物防治学报, 2017, 33(6): 817-825.
- [9] 河北省质量技术监督局. DB 13/T 1418-2011, 高温闷棚土壤消毒技术规程[S].
- [10] 张旭丽, 邢宝龙, 王桂梅, 等. 不同药剂对大豆根腐病的防治效果[J]. 山西农业科学, 2015, 43(8): 1006-1009.
- [11] 李西开. 论费林溶液与还原糖的反应[J]. 北京农业大学学报, 1984, 10(4): 361-368.
- [12] 林启美, 陶水龙. 土壤肥科学自学指导及实验指导[M]. 北京: 中央广播电视大学出版社, 1999.
- [13] SCHIPPEKS B, OLD K M. Factors affecting chlamydspospore formation by *Fusarium solani* f. *cucurbitae* in pure culture [J].

- Soil Biology & Biochemistry, 1974, 6(3): 153 - 160.
- [14] FORBES R S, DICKINSON C H. Effects of temperature, pH and nitrogen on cellulolytic activity of *Fusarium avenaceum* [J]. Transactions of the British Mycological Society, 1977, 68 (2): 229 - 235.
- [15] ORITSEJAFOR J J, ADENIJI M O. Influence of host and non-host rhizosphere and organic amendments on survival of *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis* [J]. Mycological Research, 1990, 94(1): 57 - 63.
- [16] HUBER D M, WATSON R D. Effect of organic amendment on soil-borne plant pathogens [J]. Phytopathology, 1970, 60 (1): 22 - 26.
- [17] DILFUZA E, ZULFIYA K, KAKHRAMON D. Bacteria able to control foot and root rot and to promote growth of cucumber in salinated soils [J]. Biology and Fertility of Soils, 2011, 47 (2): 197 - 205.
- [18] SUNDARAMOORTHY S, RAGUCHANDER T, RAGUPATHI N, et al. Combinatorial effect of endophytic and plant growth promoting rhizobacteria against wilt disease of *Capsicum annum* L. caused by *Fusarium solani* [J]. Biological Control, 2012, 60(1): 59 - 67.
- [19] MNIF I, HAMMAMI I, ALI TRIKI M, et al. Antifungal efficiency of a lipopeptide biosurfactant derived from *Bacillus subtilis* SPB1 versus the phytopathogenic fungus, *Fusarium solani* [J]. Environmental Science & Pollution Research, 2015, 22(7): 1 - 11.
- [20] 席先梅. 促进植物生长的根围细菌筛选及 ACC 脱氨基酶基因的克隆[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2006.
- [21] 滕松山, 刘艳萍, 赵蕾蕾. 具 ACC 脱氨基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.
- [22] DIXIT R, AGRAWAL L, GUPTA S, et al. Southern blight disease of tomato control by 1-aminocyclo-propane-1-carboxylate (ACC) deaminase producing *Paenibacillus lentimorbus* B-30488 [J]. Plant Signaling & Behavior, 2016, 11(2): 1 - 11.
- [23] MUHAMMAD Z H, FAROOQ H M, HUSSAIN M. Bacteria in combination with fertilizers promote root and shoot growth of maize in saline-sodic soil [J]. Brazilian Journal of Microbiology, 2015, 46(1): 97 - 102.
- [24] WANG Chunjuan, YANG Wei, WANG Chao, et al. Induction of drought tolerance in cucumber plants by a consortium of three plant growth-promoting rhizobacterium strains [J/OL]. PLoS ONE, 2012, 7 (12): e52565. DOI: 10.1371/journal.pone.0052565.
- [25] 贺字典, 武春成, 沈江洁, 等. 棘孢木霉菌肥对黄瓜枯萎病的防治效果及对连作黄瓜根际土壤微生物种群的影响[J]. 植物保护学报, 2018, 45(3): 528 - 535.
- (责任编辑: 杨明丽)
-
- (上接 232 页)
- [11] 刘磊, 吕令华, 葛福柱, 等. 几种药剂防治番茄根结线虫病的效果研究[J]. 蔬菜, 2015(5): 54 - 58.
- [12] 张丽华, 陈邦恩, 潘明佳. 苦参碱药理作用研究进展[J]. 中草药, 2009, 40(6): 1000 - 1003.
- [13] MATSUDA K, KIMURA M, KOMAI K, et al. Nematicidal activities of (-)-methylecystine and (-)-anagryne from *Sophora flavescens* against pinewood nematodes [J]. Agricultural & Biological Chemistry, 1989, 53(8): 2287 - 2288.
- [14] MATSUDA K, YAMADA K, KIMURA M, et al. Nematicidal activity of matrine and its derivatives against pine wood nematodes [J]. Journal of Agricultural & Chemistry, 1991, 39 (1): 189 - 191.
- [15] 崔慕华, 孙敦恒, 蒋显龙, 等. 苦参碱灌根防治山药根结线虫病效果初报[J]. 长江蔬菜, 2005(12): 35.
- [16] 萨日娜, 刘琳帅, 樊超, 等. 海南三亚黄瓜根结线虫药效试验[J]. 北方园艺, 2017(5): 114 - 117.
- [17] 苏圣淦. 土沅香苗木根结线虫研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2017.
- [18] 尼秀媚, 李光聚, 高珏晓, 等. 5 种闷棚处理防治根结线虫药剂的大田药效试验[J]. 农药, 2017, 56(12): 919 - 921.
- [19] 刘陈晨, 任士伟, 王娜, 等. 氨基寡糖素复配苦参碱对黄瓜根结线虫的药效试验[J]. 黑龙江农业科学, 2017(12): 47 - 48.
- [20] 马志卿, 张兴. 植物源杀虫物质的作用特点[J]. 植物保护, 2000, 26(2): 37 - 39.
- [21] 袁静, 张宗俭, 丛斌. 苦参碱的生物活性及其研究进展[J]. 农药, 2003(7): 1 - 4.
- [22] 吴青松. 南方根结线虫对噻唑膦的抗药性分析及其抗性治理策略初探[D]. 北京: 中国农业科学院, 2016.
- [23] 胡玉金, 冯敏, 郭文秀, 等. 作物根结线虫病综合防治技术概述[J]. 山东农业科学, 2019, 51(4): 149 - 156.
- [24] 党志红, 安静杰, 高占林, 等. 河北省不同地区棉蚜种群对 6 种杀虫剂抗药性与种群适合度[J]. 植物保护, 2019, 45(3): 111 - 114.
- [25] JENNIFER H G, JUDITH M R, JAN A V W. Avermectin inhibition of larval development in *Haemonchus contortus*—effects of ivermectin resistance [J]. International Journal for Parasitology, 1995, 25(4): 463 - 470.
- [26] 刘计权, 韩晓静, 谢树莲. 植物源农药防治根结线虫研究进展[J]. 农药, 2011, 50(6): 395 - 398.
- (责任编辑: 杨明丽)

《植物保护》第十二届编辑委员会

主 编 陈万权

副主编 陈剑平 朱有勇 周雪平 高希武 王进军 王 音

编 委(按姓氏笔画为序)

丁克坚 万方浩 马忠华 王 勇 王立霞 王源超 王福祥 牛永春 叶恭银 田 喆 丛 斌
刘 波 刘二明 刘万才 刘晓辉 杜予州 李正西 李兴红 李志红 李明福 李香菊 李保华
李健强 肖悦岩 吴钜文 邱德文 张 杰 张力群 张友军 张礼生 张国珍 陆宴辉 陈 林
陈 明 范在丰 金道超 周序国 周益林 周常勇 郑永权 封洪强 赵建周 祝增荣 骆有庆
袁会珠 高微微 郭文超 曹克强 曹雅忠 康振生 董立尧 喻大昭 程兆榜 虞国跃 廖金铃

荣誉编委(按姓氏笔画为序)

王国梁 朱春雨 李显春 吴立峰 张跃进 张朝贤 陈 宏 彭于发

植 物 保 护

(双月刊, 1963年创刊)

ZHIWU BAOHU

第 46 卷第 6 期(总第 269 期)

国内外公开发行

2020 年 12 月 8 日出版

主 管 中国科学技术协会

主 办 中国植物保护学会

中国农业科学院植物保护研究所

主 编 陈万权

主 任 张文蔚

责任编辑 张文蔚 田 喆 杨明丽 王 音

英文审校 李正西 王立霞

出 版 《植物保护》编辑部

地 址 100193 北京圆明园西路 2 号

中国农业科学院植物保护研究所

编 辑 部 电话: 010-62819059; 传真: 010-62819059

E-mail: zwbh1963@263.net

网 址 <http://www.plantprotection.ac.cn>

印 刷 北京科信印刷有限公司

广告经营许可证 京海工商广登字 20170075 号

期刊基本参数 CN11-1982/S*1963*b*A4*292*

zh*P*45.00**48*2020-12

Plant Protection

(Bimonthly, Started in 1963)

ZHIWU BAOHU

Vol. 46, No. 6 (Total No. 269)

Published in December, 2020

Responsible Institution

China Association for Science and Technology

Sponsored by China Society of Plant Protection

Institute of Plant Protection, CAAS

Editor-in-Chief Chen Wanquan

Editorial Director

Zhang Wenwei

Published by Editorial Board of *Plant Protection*

(Institute of Plant Protection, CAAS)

Address No. 2 West Yuanmingyuan Road, Beijing

100193, P. R. China

Editorial Office Tel: 86-10-62819059

Fax: 86-10-62819059

E-mail: zwbh1963@263.net

Website <http://www.plantprotection.ac.cn>

Printed by Beijing Kexin Printing Co., Ltd

Domestic Distributed by

Beijing Newspaper and Periodical Distribution

Bureau

Overseas Distributed by

China International Book Trading Corporation

(P. O. Box 399, Beijing 100048, China)

☆鸣谢☆ 中国植物保护学会向中国植物保护学会全体理事赠阅 2020 年全年《植物保护》

国内发行:北京市报刊发行局

国外发行:中国国际图书贸易集团有限公司

订 阅:全国各地邮局

国外代号:BM 450

国内代号:2-483

国内定价:45 元