

何宏涛,王玉虎,周洪友,等. 番茄根际禾谷镰刀菌拮抗细菌的鉴定及功能特性[J]. 江苏农业科学,2022,50(20):143-149.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.20.021

# 番茄根际禾谷镰刀菌拮抗细菌的鉴定及功能特性

何宏涛<sup>1</sup>, 王玉虎<sup>1</sup>, 周洪友<sup>1</sup>, 刘颖<sup>2</sup>, 赵明敏<sup>1</sup>, 郑红丽<sup>1</sup>

(1. 内蒙古农业大学园艺与植物保护学院, 内蒙古呼和浩特 010019; 2. 内蒙古鄂尔多斯生态环境职业学院, 内蒙古鄂尔多斯 012000)

**摘要:**通过番茄根际土壤细菌及内生细菌的分离共筛选到 85 株细菌。通过两点对峙法筛选禾谷镰刀菌 (*Fusarium graminearum*) 的拮抗菌株, 根据生长速率法计算抑菌率, 结果表明, 6 株生防细菌对禾谷镰刀菌都有抑制作用。选取其中 2 株 FQD25、FQC7 进行发酵液对禾谷镰刀菌的抑菌试验, 结果表明, 发酵液抑菌效果 FQD25 > FQC7。以抑菌效果好的 FQD25 为供试菌株制备发酵液, 测定对另外 4 种病原菌的抑制活性。结果表明, 对 4 种病原真菌均具有不同程度的影响。进一步对菌株 FQD25 的功能特性进行研究, 结果表明, 菌株 FQD25 具有固氮、解磷、产蛋白酶的功能及对四环素和链霉素具有抗性。通过 FQD25 发酵液土壤处理及多菌灵处理的室内盆栽试验表明, FQD25、多菌灵、清水的病情指数分别为 50、59、85; FQD25 发酵液和多菌灵 1 500 倍液防效分别为 41.17%、30.58%。通过菌落形态观察、生理生化鉴定及 16S rDNA 分子生物学鉴定分析, 初步鉴定菌株 FQD25 为贝莱斯芽孢杆菌 (*Bacillus velezensis*)。

**关键词:**拮抗菌株; 多功能菌株; 盆栽试验; 16S rDNA 序列; 生长速率

**中图分类号:**S435.32; S182 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)20-0143-06

马铃薯为我国四大粮食作物之一, 栽培面积居世界首位, 随着栽培面积的不断增加, 导致马铃薯土传病害加重。马铃薯枯萎病是由镰刀菌 (*Fusarium*) 引起的一类真菌性土传病害<sup>[1]</sup>, 全国各地普遍发生, 重茬地更为严重且病菌复杂, 遗传变异性强, 防治难度大, 严重时导致马铃薯整株枯死, 造成严重减产, 严重影响我国马铃薯产业发展。

近年来, 化学农药的频繁使用<sup>[2]</sup>, 导致农药残留、环境污染、食品安全风险等问题日益突出, 随着我国对粮食安全生产的重视, 生物防治成为如今倡导的主题, 因此, 不断开发环境友好型的安全并兼备优良防治效果的生物农药具有重要意义。已有学者大量筛选出具有明显拮抗马铃薯枯萎病镰刀菌及其他病害的拮抗细菌, 如王莉等以解淀粉芽孢杆菌 DS-1 生防菌为研究对象, 通过粉剂和粒剂处

理植物, 发现均能提高番茄和黄瓜的株高和鲜质量并对辣椒枯萎病的田间防效可达 60.75%、62.86%<sup>[3]</sup>。许帅等从马铃薯根际土壤分离到一株具有明显抑制马铃薯枯萎病的生防细菌, 经鉴定为贝莱斯芽孢杆菌 (*Bacillus velezensis*)<sup>[4]</sup>。李彩虹等从不同地区的马铃薯根际土壤筛选到 6 株对马铃薯枯萎病菌尖孢镰刀菌 (*Fusarium oxysporum*) 拮抗作用较强的芽孢杆菌<sup>[5]</sup>。王飞从香蕉根际 226 株固氮菌、95 株放线菌中进一步筛选出对香蕉枯萎病具有抑制作用的 2 株固氮细菌、1 株放线细菌<sup>[6]</sup>。本试验筛选到一株具有固氮、解磷同时具有拮抗马铃薯枯萎病的生防细菌, 以期对马铃薯枯萎病病原菌的生物防治提供菌源和基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

1.1.1 样品 番茄植株及土壤样品于 2021 年 4 月 21 日采自内蒙古呼和浩特市贺新草莓园 (40.663 199°N, 111.775 257°E) 番茄大田。番茄植株生育期为坐果期, 无病虫害且生长健壮。

1.1.2 所需培养基 主要培养基有 LB 培养基、牛肉膏蛋白胨培养基<sup>[7]</sup>、马铃薯葡萄糖琼脂培养基、阿须贝<sup>[8]</sup>培养基、蒙金娜无机磷<sup>[9]</sup>培养基、有机磷卵磷脂培养基、磷矿粉<sup>[10]</sup>培养基、蛋白酶培养

收稿日期: 2021-11-08

基金项目: 内蒙古农业大学高层次人才引进科研启动项目 (编号: NDGCC2016-23); 内蒙古自治区科技成果转化项目 (编号: 2019CG026); 内蒙古自治区科技计划 (编号: 2019GG180)。

作者简介: 何宏涛 (1997—), 男, 山西大同人, 硕士, 研究方向为植物内生固氮菌。E-mail: 627591293@qq.com。

通信作者: 郑红丽, 博士, 副教授, 研究方向为植物病害生物防治, E-mail: zhlfcy66@126.com; 赵明敏, 博士, 教授, 研究方向为植物病毒及植物免疫诱抗作用, E-mail: mingminzh@163.com。

基<sup>[11]</sup>、几丁质酶筛选培养基<sup>[12]</sup>,培养基配方详见上述参考文献。

胶体几丁质的制备:参考文献[13]进行胶体几丁质的制备。

1.1.3 供试病原真菌 试验所用病原真菌由内蒙古农业大学植物病毒实验室保存。

## 1.2 试验方法

1.2.1 番茄细菌的分离 内生细菌的分离与纯化<sup>[14-15]</sup>:新鲜的植物根、茎、叶组织清洗干净后,晾干,在无菌操作台依次采用75%乙醇、1%次氯酸钠各2 min进行表面消毒,无菌水反复重新洗3~5次,将根、茎、叶分别剪成小块称取1 g,在无菌研钵中加入1 mL无菌水充分研磨后加入到8 mL无菌水中180 r/min充分振荡30 min制成菌悬液母液,稀释成 $10^{-1}$ 、 $10^{-2}$ 、 $10^{-3}$ 、 $10^{-4}$ 进行LB培养基涂布,每板50  $\mu$ L,每个梯度3个重复,28  $^{\circ}$ C培养2~3 d,根据菌的外观、形态、色泽,凹凸等特点挑取单菌落,在LB培养基上划线纯化培养,重复直至获得单菌落。

根际土壤细菌的分离:称取5 g土样于三角瓶中,加入45 mL水,28  $^{\circ}$ C 160 r/min振荡30 min,静置10 min,即土壤悬浮液母液,分别稀释成 $10^{-1}$ 、 $10^{-2}$ 、 $10^{-3}$ 、 $10^{-4}$ 、 $10^{-5}$ 、 $10^{-6}$ 、 $10^{-7}$ ,选取 $10^{-4}$ 、 $10^{-5}$ 、 $10^{-6}$ 、 $10^{-7}$ 稀释液涂布于LB培养基上,每板50  $\mu$ L,每个梯度3个重复,28  $^{\circ}$ C培养2~3 d,待菌落长出在LB培养基上划线纯化培养,所有分离得到的番茄根茎叶以及土壤中的细菌用50%甘油保存。

1.2.2 拮抗能力研究 以分离到的85株细菌为供试菌株,测定细菌对禾谷镰刀菌(*Fusarium graminearum*)的抑制活性,采用五点对峙法<sup>[16]</sup>初筛:将供试病原真菌活化,打3 mm菌饼接种于马铃薯葡萄糖琼脂(PDA)培养基中央,周围点接4株待测细菌,28  $^{\circ}$ C培养,每天观察记录,是否产生抑菌圈,可初步确定具有拮抗能力的菌株。

采用两点对峙法复筛,将供试病原真菌菌饼接种于培养基中点左侧2 cm处,初筛得到的所具有拮抗能力的菌株点接于中点右侧2 cm处,每株菌3次重复,28  $^{\circ}$ C培养5 d,测定抑菌带宽度及计算抑菌率。

FQD25和FQC7发酵液对禾谷镰刀菌的抑制活性<sup>[17]</sup>:将上述2株拮抗菌株接种LB培养基摇床振荡培养测定 $D_{600\text{nm}} \approx 0.6$ ,吸取上述菌液2 mL接种于100 mL LB培养基,28  $^{\circ}$ C、180 r/min培养2 d,4  $^{\circ}$ C、12 000 r/min离心10 min,0.22  $\mu$ m细菌过滤

器抽滤灭菌,PDA固体培养基与细菌发酵液10:1制成含有发酵液平板,每个处理3个重复,0.5 mm打孔器制作上述病原真菌菌饼,接种于PDA平板中央,2、3、4、5 d观察,十字交叉法测量菌落直径并记录。

测定菌株FQD25发酵液对其他病原真菌的抑菌活性。

1.2.3 菌株FQD25形态鉴定及生理生化鉴定 参照《常见细菌系统鉴定手册》<sup>[18]</sup>对菌株进行生理生化鉴定,包括V.P试验、柠檬酸盐、丙酸盐、D-木糖、L-阿拉伯糖、D-甘露醇、明胶液化、硝酸盐还原、淀粉水解、革兰氏染色等10项试验,并进行菌株FQD25的形态观察。

1.2.4 菌株FQD25的16S rDNA分子生物学鉴定 细菌全基因组序列提取试剂盒提取细菌DNA后,采用细菌通用引物7F-1540R进行PCR扩增,反应体系(25  $\mu$ L)为:0.125  $\mu$ L r-Taq、2  $\mu$ L dNTP、2.5  $\mu$ L 10  $\times$  buffer、引物各1  $\mu$ L、DNA模板1  $\mu$ L、ddH<sub>2</sub>O补足,反应程序:98  $^{\circ}$ C 3 min;98  $^{\circ}$ C 10 s、52  $^{\circ}$ C 30 s、72  $^{\circ}$ C 1 min 40 s,34个循环;72  $^{\circ}$ C 10 min。PCR产物进行电泳检测。送去北京六合华大基因科技有限公司测序后得到拼接序列,通过与BLAST数据库中的所有序列进行核苷酸同源性比较,MEGA 7.0构建系统发育树。

1.2.5 菌株FQD25特性研究 以FQD25为供试菌株采用不同筛选培养基测定菌株的固氮、解磷、产几丁质酶能力、产蛋白酶能力及对7种抗生素的耐药性(表1)。

表1 7种抗生素及其使用浓度

抗生素	母液浓度 (mg/mL)	培养基中 使用浓度 ( $\mu$ L/mL)	添加量 ( $\mu$ L/mL)	培养基中 抗生素浓度 ( $\mu$ L/mL)
氨苄霉素	100	25~50	0.5	50
卡那霉素	50	10~50	1	50
庆大霉素	20		1	50
四环素	20	10~50	1	20
氯霉素	50	12.5~25.0	0.5	25
链霉素	50	10~50	0.5	25
利福平	50		0.5	25

1.2.6 菌株FQD25抑菌物质的初步研究 禾谷镰刀菌、茄葡柄霉(*Stemphylium lycopersic*)、立枯丝核菌(*Rhizoctonia solani*)为供试病原菌,以硫酸铵沉淀法提取菌株FQD25抑菌物质,分别以30%、50%、70%硫酸铵加入到无菌发酵滤液中,混合后放入

4 ℃ 冰箱沉淀 24 h, 取出后 12 000 r/min 离心, 收集不同饱和度下沉淀并加入 1 mL 50 mmol/L 的 pH 值为 6.8 的 PBS 中溶解备用, 在 PDA 培养基上吸取上述液体 30 μL 打在培养基中央, 打取病原菌菌饼接种于上述液体上, 测定不同饱和度下提取物对病原菌菌落大小的影响, 以打无菌清水为对照, 每个处理 3 个重复, 计算菌落大小差异。

1.2.7 生防菌株 FQD25 对温室盆栽马铃薯枯萎病菌的防治效果 以 FQD25 为供试菌株, 采用温室马铃薯盆栽法研究生防菌株对马铃薯枯萎病的防治效果, 将薯块播种于无菌基质土中, 30 d 后分为 3 个处理组, 每组 20 个重复。采用灌根法以菌株 FQD25 发酵液浇灌盆栽马铃薯根际土壤, 每株 30 mL, 隔 48 h 再进行 1 次浇灌, 以多菌灵 1 500 倍液为阳性对照, 以清水为阴性对照 (CK), 于最后 1 次处理间隔 24 h 后接种镰刀菌孢子悬液 30 mL, 待阳性对照表现明显症状后观察盆栽马铃薯发病情况, 参考马铃薯枯萎病病情分级标准进行调查, 计算

病情指数。病情指数 =  $100 \times \sum (\text{各级病株数} \times \text{相对级数值}) / (\text{调查总株数} \times \text{最高级代表值})$ , 防效 =  $(\text{对照病情指数} - \text{处理病情指数}) / \text{对照病情指数} \times 100\%$ , 马铃薯盆栽病情分级标准参考文献 [19]。

孢子悬浮液制备: 病原真菌接种于 PDB 培养基, 28 ℃, 180 r/min 摇床培养, 无菌纱布过滤掉菌丝, 血球计数板观察计算孢子数为  $10^6 \sim 10^7$  CFU/mL 备用。

1.2.8 数据处理 单因素方差分析采用 SPSS 20.0 ( $\alpha = 0.05$ ), 用 GraphPad Prism 8 进行数据分析和作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 拮抗菌株抑菌作用研究

以分离到的 85 株细菌为供试菌株, 通过初筛和复筛, 共获得 6 株可以拮抗马铃薯枯萎病禾谷镰刀菌的拮抗菌株, 占总株数的 7%: FAC7、FQD25、FAD56、FQA7、FQD39、FQD36 用作后续试验 (图 1、图 2)。

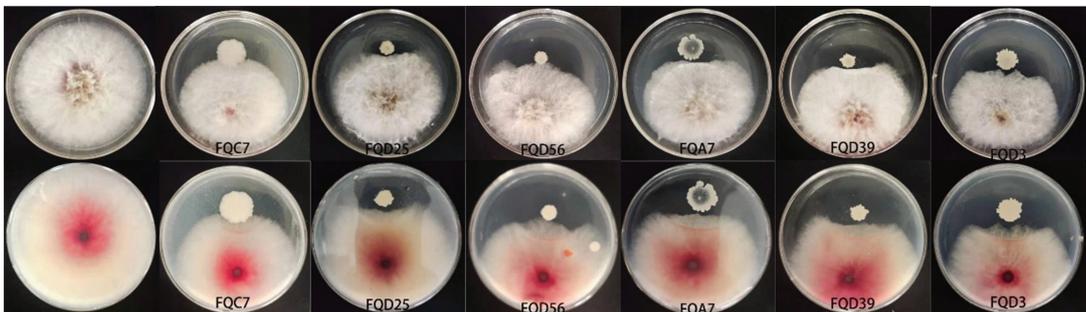


图1 拮抗菌对禾谷镰刀菌的抑制作用

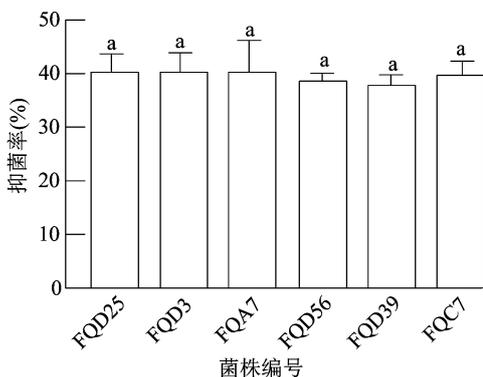


图2 拮抗菌抑菌率

FQD25、FQC7 上清液对禾谷镰刀菌抑菌试验的抑制效果为 FQD25 > FQC7, 且从处理 3 d 开始 2 株细菌发酵液对病原真菌的抑制活性具有明显差异 (图 3)。菌株 FQD25 作为优势菌株用作后续研究。

以 FQD25 为供试菌株制备发酵液, 测定其对 4

种病原真菌的抑制活性, 结果表明, FQD25 发酵液对 4 种病原真菌均具有不同程度的抑制作用, 对茄萁柄霉菌的抑制效果最好, 几乎达到了 100%, 对短肥镰刀菌 (*Fusarium brachygibbosum*) 抑制效果不明显, 但经菌株 FQD25 发酵液处理后, 与对照相比菌落颜色有所变化, 表面菌丝极少 (图 4、表 2)。

### 2.2 菌株 FQD25 形态鉴定及生理生化鉴定

菌株 FQD25 菌落表面光滑湿润、圆形、菌落有褶皱、乳白色、中间凹陷。参照已发表文章中的鉴定菌株<sup>[20-21]</sup>和《常见细菌系统鉴定手册》选取部分生理生化指标对菌株 FQD25 进行测定比较, 结果如表 3 所示, 符合对芽孢杆菌的描述。

### 2.3 菌株 FQD25 16SrDNA 分子生物学鉴定

为进一步明确菌株 FQD25 的分类地位, 通过 7F 和 1540R 引物对其 16S rDNA 序列进行 PCR 扩

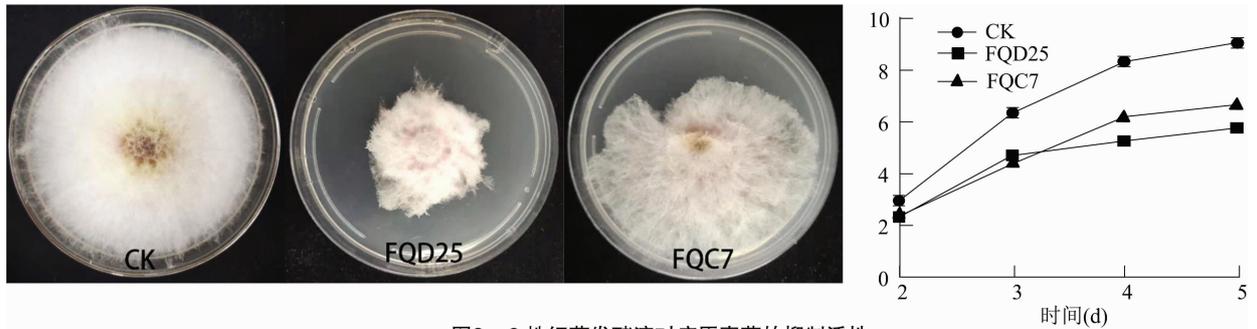


图3 2株细菌发酵液对病原真菌的抑制活性

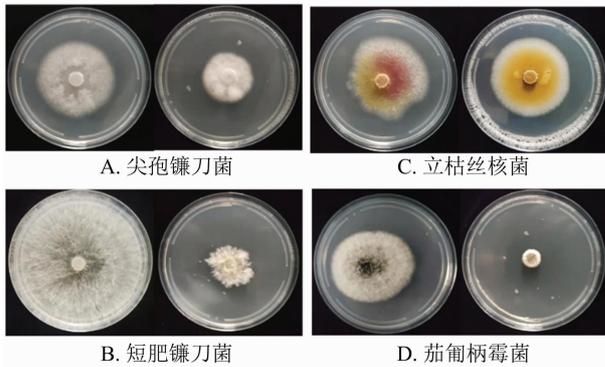


图4 菌株 FQD25 发酵液对 4 种病原真菌抑制作用

表 2 菌株 FQD25 发酵液对 4 种病原真菌的抑制活性

病原真菌	处理菌落直径 (cm)	对照菌落直径 (cm)	抑菌率 (%)
茄萁柄霉菌	0.00 ± 0.00	5.03 ± 0.03	100
尖孢镰刀菌	3.20 ± 0.05	5.16 ± 0.08	37
立枯丝核菌	2.93 ± 0.92	9.00 ± 0.00	67
短肥镰刀菌	4.89 ± 0.13	4.82 ± 0.25	0

增,扩增到的片段大小符合预期。通过测序后的序列比对构建系统发育树,发现菌株 FQD25 与贝莱斯芽孢杆菌亲缘关系较近,并聚为一支(图 5),结合形态鉴定及生理生化鉴定表明,菌株 FQD25 归属于贝莱斯芽孢杆菌。

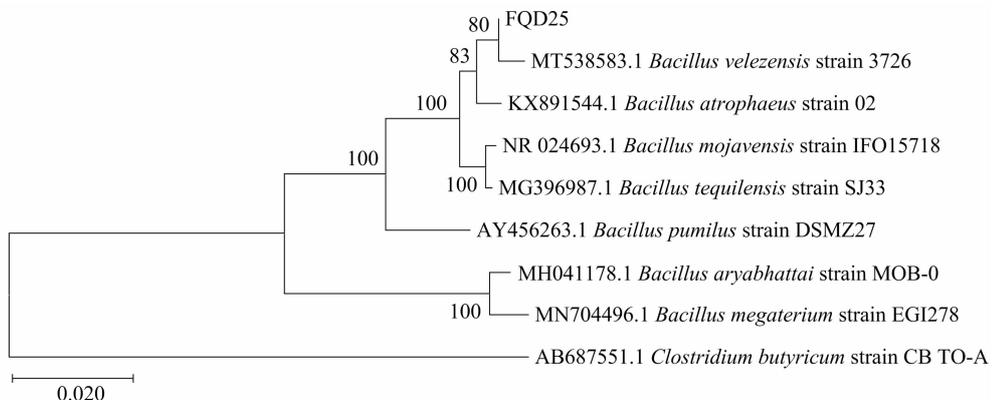
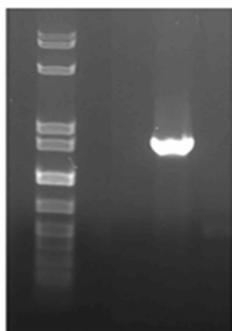


图5 菌株 FQD25 PCR 扩增条带及基于 16S rDNA 序列构建菌株系统发育树

表 3 菌株 FQD25 的生理生化鉴定

检测项目	检测结果	检测项目	检测结果
V - P 试验	+	D - 甘露醇糖	+
柠檬酸盐	+	明胶液化	+
丙酸盐	-	淀粉水解	+
D - 木糖	+	硝酸盐还原	+
L - 阿拉伯糖	+	革兰氏染色	+

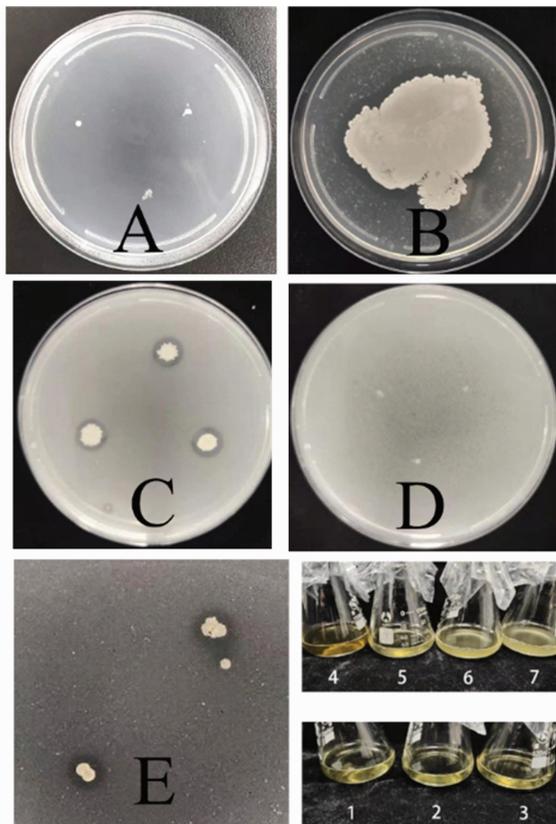
注：“+”表示阳性反应，“-”表示阴性反应。

## 2.4 菌株 FQD25 的功能特性研究

通过不同筛选培养基,测定菌株 FQD25 固氮、解有机磷及无机磷、产几丁质酶、产蛋白酶及对 7 种抗生素的耐药性(图 6),结果表明,菌株 FQD25 在有机磷培养基(图 6 - C)、无机磷磷矿粉培养基(图 6 - E)及蛋白酶培养基上有透明圈出现(图 6 - B),但在胶体几丁质平板(图 6 - A)和无机磷磷酸三钙培养基(图 6 - D)上没有透明圈出现。7 种抗生素抗性试验表明,菌株对链霉素和四环素具有抗性。

## 2.5 菌株 FQD25 抑菌物质初步研究

以不同饱和度硫酸铵沉淀菌株 FQD25 无菌发酵液蛋白,测定不同浓度下的硫酸铵提取物对 3 种不同病原真菌的抑制活性,结果表明,不同饱和度的蛋白粗提液对茄萁柄霉菌、禾谷镰刀菌都具有抑



A—胶体几丁质平板；B—产几丁质酶平板；C—有机磷卵磷脂平板；D—无机磷酸三钙平板；E—无机磷矿粉平板；1—氨基霉素；2—氯霉素；3—庆大霉素；4—利福平；5—卡那霉素；6—链霉素、7—四环素

图6 菌株 FQD25 功能特性研究

制活性,对立枯丝核菌无抑制作用。在硫酸铵为 50% 饱和度时对尖孢镰刀菌的抑制效果最好,70% 硫酸铵饱和度下对茄萁柄霉菌抑制效果最佳(表 4、图 7)。

表 4 FQD25 不同浓度硫酸铵提取抑菌物质对病原菌菌落大小的影响

病原菌	硫酸铵浓 (%)	菌落大小 (cm)	抑菌率 (%)
禾谷镰刀菌	CK	7.33 ± 0.08	—
	30	7.40 ± 0.14	—
	50	4.97 ± 0.74	32.2
	70	6.37 ± 0.12	13.1
茄萁柄霉菌	CK	5.03 ± 0.06	—
	30	4.55 ± 0.05	9.5
	50	4.28 ± 0.09	14.9
	70	3.27 ± 0.03	35.0
立枯丝核菌	CK	8.02 ± 0.06	—
	30	8.05 ± 0.07	—
	50	8.12 ± 0.06	—
	70	8.22 ± 0.15	—

注：“—”表示无抑制效果。

## 2.6 菌株 FQD25 对温室盆栽马铃薯的防治作用

盆栽试验结果表明,生防菌株 FQD25 对马铃薯的病情指数低于 CK, CK 的病情指数为 85, 接种生



A—禾谷镰刀菌；B—茄萁柄霉菌；C—立枯丝核菌；CK—清水对照；1—30% 硫酸铵提取；2—50% 硫酸铵提取；3—70% 硫酸铵提取

图7 不同饱和度硫酸铵浓度提取物对病原菌菌落大小的影响

防菌株 FQD25 的病情指数为 50, 比 CK 减少了 35, 防治效果为 41.17%, 略高于多菌灵对马铃薯的防效(表 5)。

表 5 生防菌株 FQD25 对马铃薯枯萎病的防治效果

处理	病情指数	防效 (%)
FQD25	50	41.17
多菌灵	59	30.58
CK	85	

### 3 结论与讨论

细菌广泛分布于自然界中, 根据环境、宿主、土壤 pH 值等因素的不同, 细菌种类也随之变化<sup>[22-24]</sup>, 近年来关于细菌代谢产物在动植物、食品以及抑制植物病害等方面已有大量报道, 研究主要集中在食品工业、植物促生菌、拮抗病原菌、抑菌物质鉴定及基因簇鉴定等方面<sup>[25-27]</sup>。Dong 等从土壤中分离到 9 株对软腐病具有良好防效的病原菌<sup>[28]</sup>, 通过鉴定为蜡样芽孢杆菌, 田间试验表明, 菌株 CAB-L022 具有良好的生防效果。本研究通过两点对峙法从番茄根际及番茄组织内筛选到 6 株禾谷镰刀菌拮抗细菌, 选取其中 2 株通过发酵液对禾谷镰刀菌的抑菌活性研究, 结果表明 FQD25 抑菌效果优于 FQC7 且对其他 4 种病原真菌均有不同程度的影响, 以 FQD25 为供试菌株, 进一步采用不同饱和硫酸铵提取粗蛋白液进行抑菌试验, 结果显示对禾谷镰刀菌在 50% 饱和度下抑菌效果最好, 对于茄葡柄霉菌在 70% 饱和度下抑制效果最佳, 对立枯丝核菌无抑制作用。经生理生化鉴定及 16S rDNA 鉴定为贝莱斯芽孢杆菌。

目前, 在平板上有作用的拮抗试验在作用于盆栽试验时, 防治效果并不理想。程海洋等从矮火绒草根内分离获得 6 株生防菌, 其中 2 株效果最好, 发酵液抑菌率分别可达 82.58%、83.21%, 盆栽试验中防治效果下降<sup>[29]</sup>。可能是因为其试验环境以及温度、pH 值、植物材料本身的多方面因素影响所导致的。本研究通过发酵液对盆栽马铃薯防治枯萎病的试验, 结果表明: 菌株 FQD25 的病情指数为 50, 比 CK 减少了 35, 防治效果为 41.17%, 与平板拮抗效果相似。

#### 参考文献:

[1] 安小敏, 胡俊, 武建华, 等. 马铃薯枯萎病病原菌研究概述

[J]. 中国马铃薯, 2017, 31(5): 302-306.

- [2] 谭丽超, 程燕, 周军英, 等. 农药对陆生生物的生态风险评估研究进展[J]. 农药, 2020, 59(5): 322-327.
- [3] 王莉, 米佳雯, 池明, 等. 解淀粉芽孢杆菌 DS-1 菌剂的研制及田间应用效果[J]. 植物保护, 2020, 46(5): 64-69.
- [4] 许帅, 谢学文, 张响, 等. 马铃薯枯萎病生防芽孢杆菌筛选及生防效果研究[J]. 中国生物防治学报, 2020, 36(5): 761-770.
- [5] 李彩虹, 杨志辉, 张岱, 等. 马铃薯枯萎病拮抗菌的筛选与鉴定[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(13): 92-95.
- [6] 王飞. 香蕉根际土壤抗枯萎病固氮菌的筛选及其抑菌促生效应评价[D]. 海口: 海南大学, 2016: 10-32.
- [7] 李文兵, 毕江涛, 惠治兵, 等. 一株纤维素降解菌的分离、鉴定及发酵优化[J]. 安徽农业大学学报, 2021, 48(3): 458-466.
- [8] 雷海英, 赵青松, 杨潇, 等. 苦参根际高效固氮菌的分离及复合菌肥对幼苗的促生效应[J]. 生物技术通报, 2020, 36(9): 157-166.
- [9] 杜慧慧, 朱芙蓉, 杨敏, 等. 不同生境滇重楼根际解磷菌的筛选与鉴定[J]. 中国中药杂志, 2021, 46(4): 915-922.
- [10] 李文, 王陶. 解磷菌 JL-1 对磷矿粉降解性能的研究[J]. 生物技术通报, 2020, 36(8): 34-44.
- [11] 李冰峰. 用于筛选蛋白酶生产菌的培养基的制备方法: CN101787349B[P]. 2012-05-23.
- [12] 蔡莉. 几丁质酶高产菌株 HF-3 的筛选及发酵条件研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2016(15): 136-137, 141.
- [13] 傅丽君, 杨磊, 黄锦泉. 产几丁质酶 Bt-016 菌株发酵条件优化探究[J]. 莆田学院学报, 2019, 26(5): 46-50, 99.
- [14] 张鹏, 刘婷, 苗莉云. 滇重楼茎组织内生细菌的分离、鉴定及促生菌筛选[J]. 中南民族大学学报(自然科学版), 2021, 40(2): 153-157.
- [15] 孙正祥, 龙欣钰, 孟祥佳. 枯草芽孢杆菌 YZU-S149 的分离鉴定及对西瓜枯萎病的生防作用[J]. 长江大学学报(自然科学版), 2021, 18(4): 114-120.
- [16] 张磊. 马铃薯根际细菌群落分析及多功能固氮菌筛选[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2016: 26-40.
- [17] 刘亚琴, 于营, 崔丽丽, 等. 细辛叶枯病生防细菌的筛选、鉴定及其防效测定[J]. 中国中药杂志, 2020, 45(5): 1047-1052.
- [18] 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.
- [19] 曲延军, 蒙美莲, 张笑宇, 等. 马铃薯品种对枯萎病菌的抗性鉴定[J]. 植物保护, 2015, 41(3): 149-153.
- [20] 闫助冰, 王玫, 明常军, 等. 贝莱斯芽孢杆菌 XC1 的筛选、鉴定及其对苹果连作障碍的影响[J]. 园艺学报, 2021, 48(3): 409-420.
- [21] 王屈祎, 钟倩, 闫如玉, 等. 淀粉酶产生菌的筛选、鉴定及其发酵条件优化[J]. 微生物学通报, 2022, 49(1): 173-188.
- [22] Jain D, Ravina, Bhojiya A A, et al. Polyphasic characterization of plant growth promoting cellulose degrading bacteria isolated from organic manures. [J]. Current Microbiology, 2021, 78(2): 739-748.
- [23] Gao F, Zhao X X, Yan H, et al. Screening and identification of antagonistic *Bacillus* against *Astragalus membranaceus* root rot and its effect on microorganism community in root zone soil[J]. China

朱 凤,王茂涛,周 晨,等. 基于生产安全和减药控害的江苏现代农作物病虫害防治体系构建与思考[J]. 江苏农业科学,2022,50(20):149-153.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.20.022

# 基于生产安全和减药控害的江苏现代农作物病虫害防治体系构建与思考

朱 凤,王茂涛,周 晨,张海波,李艳红,田子华

(江苏省植物保护植物检疫站,江苏南京 210036)

**摘要:**农作物病虫害防治是农业要素的重要组成,现代农作物病虫害防治体系的构建,事关稳产保供、农药减量和农产品质量安全。本研究分析 2009—2020 年间江苏省的典型调查资料,从稳产保供和农药减量要求出发,分析江苏省当前农作物病虫害防治面临的 5 个风险挑战,具体主要表现为农作物病虫防控体系持续弱化,与江苏省病虫害发生现状适应性差;气候因素及病虫害发生的不确定性,稳产保供和减量控害协调推进难;农药减量工作起步早、减幅大,持续压减空间小;绿色防控技术产品与成本控制矛盾突出,推广难度大;农药减量使用与市场逐利行为矛盾突出,约束机制缺乏等。进而结合江苏省发展要求和实际,从重构体系理念、完善监测预警体系、强化农药经营管理、协调绿色防控与应急防控有效融合、推进政府和市场齐抓共管等 5 个方面,提出了构建现代农作物病虫害防治体系的建议和思考,以期更好地服务农业农村高质量发展。

**关键词:**江苏省;农作物病虫害防治;生产安全;农药减量;体系;稳产保供

**中图分类号:**S435 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)20-0149-05

江苏省横跨长江淮河,属南北气候过渡带,生态类型复杂多样,农业生产资源得天独厚,素有“鱼米之乡”的美誉<sup>[1]</sup>。江苏省是我国南方最大的粳稻主产区,优质弱筋小麦生产也在全国范围内占据优

势,全省广泛种植玉米、花生、油菜及多种特色粮经作物,丰富的蔬菜及其他园艺作物为人民生活提供了充足的保障。“十三五”期间,江苏粮食总产持续稳定在 0.35 亿 t 以上<sup>[2]</sup>,特别是 2020 年,面对疫情及汛情的双重压力,粮食总产量依旧创历史新高,达 0.37 亿 t。江苏省的粮食生产不仅有效解决了全省 8 000 多万人口的吃饭需求,而且为全国粮食安全奠定了基础,彰显了经济和农业大省的责任担当。经过多年发展,江苏省农业取得了较好的成效,高标准农田占比达 65% 以上,高效设施农业面积占比达 20%,土地流转率达 60% 以上,耕种收综合机械化率达 80%,农业科技进步贡献率超过 70%,农业基础设施和农业生产要素条件居全国前列。

收稿日期:2021-12-19

基金项目:“六大人才高峰”高层次人才项目(编号:NY-088);江苏现代农业(水稻)产业技术体系绿色防控创新团队(编号:JATS[2021]344);江苏省农业科技自主创新资金项目[编号: CX(20)3123, CX(21)1005]。

作者简介:朱 凤(1979—),女,江苏宝应人,硕士,推广研究员,研究方向为粮油作物病虫害测报与防治。Tel:(025)86263340;E-mail:596495764@qq.com。

通信作者:田子华,硕士,推广研究员,研究方向为农作物病虫害测报与防治。Tel:(025)86263827;E-mail:tzh210036@126.com。

Journal of Chinese Materia Medica,2019,44(18):3942-3947.

[24] Prameela T P, Bhai R S. Diversity and antagonistic potential of apoplasmic bacteria against *Ralstonia pseudosolanacearum* race 4 causing bacterial wilt of ginger[J]. Journal of Biological Control, 2019,33(3):197-216.

[25] Gao X Y, Liu Y, Miao L L, et al. Characterization and mechanism of anti-*Aeromonas salmonicida* activity of a marine probiotic strain, *Bacillus velezensis* V4[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2017,101(9):3759-3768.

[26] 张妙宜,云天艳,周登博,等. 甲基营养型芽孢杆菌的研究进展

[J]. 热带农业科学,2017,37(9):66-71.

[27] Borisova S A, Circello B T, Zhang J K, et al. Biosynthesis of rhizocitcins, antifungal phosphonate oligopeptides produced by *Bacillus subtilis* ATCC6633 [J]. Chemistry & Biology, 2010,17(1):28-37.

[28] Dong X F, Fang L, Ye Z Y, et al. Screening of biocontrol bacteria against soft rot disease of *Colocasia esculenta* (L.) schott and its field application[J]. PLoS One,2021,16(7):e0254070.

[29] 程海洋,魏有海,郭良芝,等. 马铃薯晚疫病生防细菌的筛选及鉴定[J]. 江苏农业科学,2021,49(18):116-121.