



蒋世琦, 罗欣, 陈柳, 等. 水稻纹枯病拮抗内生菌的分离鉴定及防控效果[J]. 黑龙江农业科学, 2025(4):8-13.

# 水稻纹枯病拮抗内生菌的分离鉴定及防控效果

蒋世琦<sup>1</sup>, 罗欣<sup>1</sup>, 陈柳<sup>1</sup>, 谢栋臣<sup>1</sup>, 孙森<sup>1</sup>, 陈井生<sup>1</sup>, 肖国生<sup>1</sup>, 玄元虎<sup>2</sup>

(1. 重庆三峡学院 生物与食品工程学院, 重庆 404020; 2. 南开大学 元素有机化学国家重点实验室, 天津 300071)

**摘要:**水稻纹枯病严重危害水稻生产, 为拓展水稻纹枯病的生防菌资源, 从抗性品种水稻叶鞘中分离筛选获得对水稻纹枯病菌有生防效果的内生细菌。采用平板对峙试验、菌核萌发试验、离体叶片试验和盆栽试验, 研究筛选得到的内生细菌对纹枯病菌室内和室外的防治效果。结果表明, 筛选获得的 12 株内生菌中 7 株内生细菌对水稻纹枯病菌有显著的生防效果, 其中 5 株对菌丝生长抑制效果超过 55%。黏质沙雷菌 Y3 对水稻纹枯病菌菌丝生长和菌核萌发均有抑制效果, 其对水稻离体叶片抑制率为 39.21%, 盆栽抑制率为 29.62%, 且对水稻无害。黏质沙雷菌 Y3 可以作为生物防治剂应用于水稻纹枯病生物防控。

**关键词:**内生细菌; 水稻纹枯病; 黏质沙雷菌; 生物防控

由立枯丝核菌(*Rhizoctonia solani*)引起的水稻纹枯病(rice sheath blight)通过产生 RS 毒素侵染植物机体导致水稻米粒不饱满、植物倒伏、干燥缺水最终导致水稻减产<sup>[1-2]</sup>。水稻纹枯病最早在 1910 年初由龚斋在日本发现, 1934 年植物病理学家魏京超首次在中国发现该病害。有机砷、己唑醇等化学农药都曾用于水稻纹枯病的防治, 但其毒性较大且容易引起有害生物的抗药性<sup>[3]</sup>。目前研究尚未发现对水稻纹枯病高抗性品种和主效抗性基因<sup>[4-5]</sup>, 自井冈霉素研制以来, 一直以高效性、持效长、毒性低、安全性高的特点广泛用于水稻纹枯病的防治<sup>[6-7]</sup>, 但长期大量使用井冈霉素是否会引起水稻纹枯病菌产生抗药性仍是困扰农业生产的问题。

生物农药相较传统化学农药安全性较高、对环境污染较小、开发成本较低<sup>[8]</sup>, 木霉菌<sup>[9-10]</sup>、链霉菌<sup>[11]</sup>、芽孢杆菌<sup>[12]</sup>等均对水稻纹枯病有一定的防治效果。在以往的报道中, 水稻纹枯病生防菌多分离自水稻根际土壤, 相较于根际土壤细菌植物内生菌生存竞争较少, 受外部环境影响较小<sup>[13]</sup>, Sunera 等<sup>[14]</sup>从水稻根、茎、叶中鉴定出 4 株内生芽孢杆菌在体内和体外条件下均可防病促生, Li 等<sup>[15]</sup>报道接种内生菌对水稻生长产生了有益影响, Li 等<sup>[16]</sup>认为水稻根系内生菌参与了水稻代谢途径和不同的营养模式改善其防御系统。微生物农药可以最大程度减少农药使用过程中对人

和环境的有害影响, 植物内生菌可以促进植物生长、缓解生物胁迫, 是很好的微生物农药来源。

本研究从抗性水稻品种‘YSBR1’叶鞘中分离筛选出一株内生生防菌株, 通过平板对峙、菌核生长、离体叶片和温室盆栽试验, 测定其室内与室外防治效果, 以期水稻纹枯病防治的生物防控提供新资源。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试菌株: 水稻纹枯病菌由吉林农业大学提供, 接种于 PDA 培养基, 4℃冷藏保存。

供试植物: 抗性水稻品种‘YSBR1’由扬州大学提供, 用于内生细菌的分离; ‘艺稻 0618’采集于万州附近农田, 由重庆三峡学院实验室培育保存, 用于安全性试验、离体试验和盆栽试验。

培养基: 牛肉膏蛋白胨(nutrient broth, NB)培养基用于内生细菌培养和保存, 马铃薯葡萄糖(potato dextrose agar, PDA)培养基用于平板对峙、菌核培养试验。

### 1.2 方法

1.2.1 内生细菌的分离 2023 年 6 月采集重庆三峡学院病发试验水稻田中健康植株的叶鞘进行生防细菌的分离。清水反复冲洗后, 使用 75%酒精对植株表面消毒 1 min, 无菌水漂洗 5 次。清洗完成的叶鞘沥干水分后, 剪碎置入无菌研钵加

收稿日期: 2025-01-10

基金项目: 重庆市自然科学基金(CSTB2023NSCQ-LMX0036); 国家自然科学基金(32072406)。

第一作者: 蒋世琦(1999—), 女, 硕士研究生, 从事植物病害生物研究。E-mail: xiaojiangshiqi@126.com。

通信作者: 陈井生(1982—), 男, 博士, 副研究员, 从事植物病害生物研究。E-mail: jingshengchen@sanxiao.edu.cn。

入 10 mL 无菌水充分研磨 10 min, 梯度稀释为  $1.0 \times 10^{-3}$  的研磨液, 吸取 100  $\mu\text{L}$  涂布于 NB 培养基, 培养 2~3 d 挑选不同形态和颜色的菌落划线纯化后甘油超低温保存。

1.2.2 生防细菌的筛选 参考魏松红等<sup>[17]</sup>的方法, 采用平板对峙法筛选水稻纹枯病生防细菌。打取直径 4 mm 的水稻纹枯病菌饼接种于 PDA 培养基中央, 挑取 1.2.1 分离的内生菌单菌落在距离菌饼 25 mm 处呈“十”字向外作延长线, 以只接种水稻纹枯病菌为对照。28  $^{\circ}\text{C}$ , 恒温培养, 分别在接种后 24, 30, 36 和 48 h 观测菌落生长情况, 记录菌落直径并计算抑制率。

抑制率(%) = (对照菌落直径 - 处理菌落直径) / (对照菌落直径 - 菌饼直径)  $\times 100$

1.2.3 生防细菌对菌核萌发抑制效果测定 参考 Yang 等<sup>[18]</sup>的方法, 将水稻纹枯病菌在 PDA 培养基上 28  $^{\circ}\text{C}$  培养 10 d, 收集菌核。将菌核浸泡在经过直径 0.22  $\mu\text{m}$  细胞过滤器过滤获得的无菌发酵液中 30 min, 自然晾干后将菌核接种到 PDA 培养基中培养 24 h。在显微镜低倍镜下观察并记录菌核边缘 2 mm 外的萌发菌丝数, 计算菌核萌发率。

菌核萌发率(%) =  $\sum$  (各级级值  $\times$  该级菌落数) / (调查总菌落数  $\times 5$ )  $\times 100$

1.2.4 生防细菌的鉴定 形态学鉴定: 观察培养皿内生防细菌菌落的形态、大小、颜色等性状特征。采用革兰氏染色法制备显微镜观察样本, 在光学显微镜下观察菌体形态。

生理生化特性分析: 参考《常见细菌系统鉴定手册》对测定生防细菌进行生理生化特征分析。

分子生物学鉴定: (1) 生防细菌基因组 DNA 的提取。使用天根生化科技有限公司的细菌 DNA 基因组提取试剂盒提取生防细菌基因组 DNA。

(2) 利用 16S rDNA 的通用引物 27F (5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3') 和 1492R (5'-CCCGTCAATTCATTTGAGTTT-3') 对筛选出的生防细菌的基因组 DNA 进行 PCR 扩增。PCR 扩增体系采用 25  $\mu\text{L}$  体系<sup>[19]</sup>。

(3) 测序及系统发育分析。少量 PCR 产物用于凝胶琼脂糖实验验证后, 将剩余 PCR 产物送至生物工程科技公司进行测序。使用 BLAST 软件与 GenBank 数据库 (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov>) 记录的 16S rDNA 序列进行同源性比较。采用邻

接法测定拮抗细菌与其他近亲的系统发育亲缘关系, 利用 MEGA 11 软件构建系统发育树。

1.2.5 生防细菌的安全性测定 生防细菌对种子发芽率的影响: 用 75% 酒精浸泡种子 1 min 后, 用 3%  $\text{H}_2\text{O}_2$  对种子表面消毒 10 min, 无菌水冲洗 3 次, 再用无菌水浸泡 24 h 后将种子浸泡在  $1.0 \times 10^8$  CFU  $\cdot \text{mL}^{-1}$  生防细菌发酵液中 30 min, 以无菌水为空白对照, 自然风干后用无菌培养皿和湿润滤纸催芽 3 d 调查种子发芽率。

发芽率(%) = 发芽种子数 / 供试种子总数  $\times 100$

生防细菌对水稻幼苗的影响: 酒精和 3% 过氧化氢消毒后, 清水浸种 24 h, 分别用生防细菌和无菌水浸泡种子 24 h, 催芽后播种到穴盘, 待稻苗插秧期调查生长指标, 包括稻苗株高、叶龄、根长和根数。

1.2.6 生防细菌的防治效果测定 离体防治效果测定: 取分蘖期等位且生长一致的健康水稻叶片, 用 2.5% 次氯酸钠消毒 30 s, 无菌水清洗 3 次, 分别于浓度为  $1.0 \times 10^8$  CFU  $\cdot \text{mL}^{-1}$  的生防细菌发酵液和无菌水中浸泡 20 min, 取出叶片剪去两端, 分别置于铺有无菌湿润滤纸的培养皿中, 每皿放置 3 片叶片, 取培养 2 d 的直径为 4 mm 的纹枯病菌菌饼, 接种到水稻叶片中间, 室温培养 7 d, 观察叶片发病情况, 计算各处理相对病斑长度, 各处理 3 次重复。

相对病斑长度(%) = 病斑总长度 / 叶片总长度

防治效果(%) = (对照相对病情指数 - 处理相对病斑长度) / 对照相对病斑指数  $\times 100$

盆栽防治效果测定: 选择健康饱满的水稻种子催芽, 利用装有无菌土的 450 mm  $\times$  335 mm  $\times$  210 mm 物流箱进行播种, 置于室温环境中培养。采用牙签法在分蘖期水稻叶鞘中接种水搭配纹枯病菌。设置 2 个对照组:  $1.0 \times 10^8$  CFU  $\cdot \text{mL}^{-1}$  的生防细菌发酵液和无菌水, 每个对照组 1 盆, 每盆 12 株, 3 次重复。接种病菌 24 h 后分别喷施发酵液或无菌水, 喷施到叶片向下滴水为止。调查并记录喷施 20 d 后水稻植株的发病情况, 计算病情指数和相对防治效果。

病情指数(%) =  $\sum$  (各级病株数  $\times$  该病级值) / (调查总株数  $\times$  最高级值)  $\times 100$

防治效果(%) = (对照病情指数 - 处理病情指数) / 对照病情指数  $\times 100$

### 1.3 数据分析

运用 Minitab 21 与 Origin 2021 程序开展统

计解析,数据以均值和标准偏差呈现,采用单因素方差检验,不同组之间采用 Fisher 配对比较,显著水平为 0.05。

2 结果与分析

2.1 内生细菌的分离

从健康水稻植株叶鞘样本中共分离获得 12 株内生细菌,分别命名为:F1~4、Y1~5、YW1、YW2 和 YW3。

2.2 生防细菌的筛选

以水稻纹枯病菌为指示菌,采用平板对峙法

对获得的 12 株内生细菌进行初筛。由表 1 可知,共有 7 株内生细菌对水稻纹枯病菌有抑制作用。菌株 Y5、YW1、YW2、Y4、Y3 对水稻纹枯病菌具有较强的抑制作用,抑制率超过 55%,且抑制效果持续时间较长,48 h 后仍可观察到明显的抑菌圈(图 1)。其余生防细菌虽然对水稻纹枯病菌有一定的抑制效果,但抑制效果持续时间较短,待病菌菌丝长至生防菌分布范围以外仍可正常生长。

表 1 生防菌株对水稻纹枯病菌的抑制效果

菌株	接种 24 h		接种 30 h		接种 36 h	
	菌落直径/mm	抑制率/%	菌落直径/mm	抑制率/%	菌落直径/mm	抑制率/%
CK	37.08±2.61 a		48.67±2.74 a		61.86±3.24 a	
Y5	21.30±1.34 de	41.95±3.37 ab	21.80±1.14 e	59.50±2.05 a	21.80±1.14 e	68.46±2.48 a
YW1	21.10±0.88 e	44.71±4.74 a	21.30±1.06 e	59.36±2.25 a	21.30±1.69 e	67.94±1.85 a
YW2	21.20±1.48 e	44.30±7.19 a	21.80±1.69 e	58.19±3.85 a	21.80±1.69 e	67.17±3.32 ab
Y4	21.30±1.70 de	41.95±4.73 ab	23.30±1.83 de	55.90±5.75 a	23.80±2.15 de	64.55±6.88 a
Y3	24.00±2.62 d	35.80±5.21 b	26.00±4.16 d	48.45±8.97 b	26.00±4.16 d	59.78±5.50 b
F4	27.60±2.37 c	24.00±6.06 c	31.44±2.74 c	31.93±12.45 c	33.25±4.57 c	41.89±9.09 c
F3	32.88±1.25 b	8.98±7.62 d	39.38±1.69 b	16.91±4.85 d	47.67±1.53 b	13.25±3.03 d

注:表格中数据为平均值±标准差,同列数据后不同小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验差异显著( $P<0.05$ )。



图 1 Y3、Y4、Y5 菌株对水稻纹枯病菌的抑制效果

2.3 生防细菌对菌核萌发的抑制效果

由表 2 可知,Y4、Y5 菌株发酵液可以有效抑制纹枯病菌菌核的萌发,菌核萌发率 $\leq 10\%$ ;Y3 菌株发酵液对纹枯病菌菌核的萌发有一定的抑制效果,其菌核萌发率低于 50%。其余菌株发酵液对菌核萌发几乎没有抑制效果。生防细菌 Y3 不但可以抑制菌丝生长,也可以影响菌核萌发,因此选用该菌株进行后续研究。

表 2 生防菌株对水稻纹枯病菌菌核萌发的抑制效果

菌株	萌发率/%	菌株	萌发率/%
CK	100.00	YW1	70.00
Y4	8.57	YW2	91.11
Y5	10.00	F4	95.00
Y3	40.00	F3	96.00

2.4 生防细菌的鉴定

2.4.1 形态学鉴定 菌株 Y3 在 NB 培养基上

生长良好,菌落较小呈边缘完整、表面光滑、不透明的乳白色圆形(图 2A)。经革兰氏染色,菌株为革兰氏阴性菌,菌体呈近球形短杆状(图 2B)。

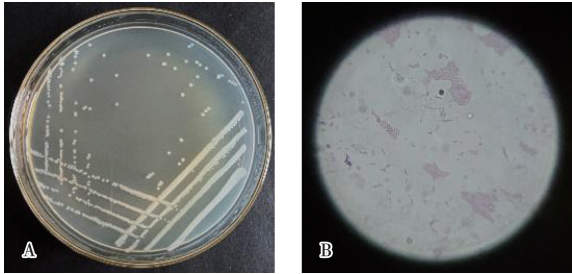


图 2 菌株 Y3 菌落特征(A)及 1 000 倍镜下革兰氏染色情况(B)

2.4.2 生理生化分析 菌株 Y3 接触酶反应、淀粉水解、甲基红试验、V-P 反应和氧化酶均为阳性,吡嗪反应为阴性。在糖醇发酵试验中,菌株 Y3 与甘露醇、葡萄糖反应均产酸不产气。

表 3 菌株 Y3 的生理生化特征

生理生化试验	结果	生理生化试验	结果
接触酶反应	+	氧化酶	+
淀粉水解	+	甘露醇产酸	+
甲基红试验	+	甘露醇产气	-
V-P 反应	+	葡萄糖产酸	+
吡嗪反应	-	葡萄糖产气	-



2.4.3 分子生物学鉴定 通过 BLAST 比对构建进化树,结合形态学和生理生化特征,判断菌株

Y3 为黏质沙雷菌(*Serratia marcescens*)。

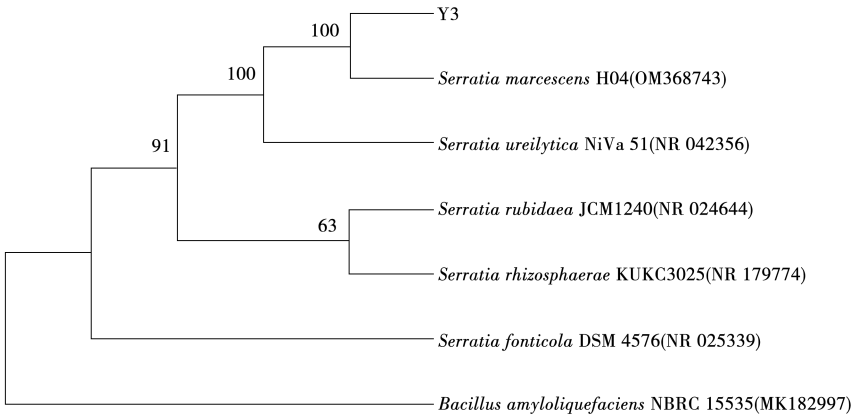


图 3 基于 16S rRNA 序列采用邻接法构建菌株 Y3 及其相关菌株的系统发育树

2.5 生防细菌的安全性测定

2.5.1 生防细菌对种子发芽率的影响 菌株 Y3 发酵液处理后的种子发芽率相较于空白对照组有一定的变化,但通过方差检验可知效果并不显著,这表明 Y3 发酵液对水稻种子发芽并无显著影响。

2.5.2 生防细菌对水稻幼苗的影响 菌株 Y3 发酵液处理后的水稻幼苗相较无菌水和 NB 发酵液有一定的变化,但变化并不显著,说明 Y3 对水稻幼苗无显著影响(表 4)。

表 4 菌株 Y3 对水稻幼苗的影响

处理	株高/cm	叶龄	根长/cm	根数
CK	23.53±4.09 a	1.67±0.49 a	7.03±1.57 a	9.33±2.06 a
NB	21.37±3.55 a	1.58±0.52 a	8.48±1.38 a	9.67±2.90 a
Y3	20.22±4.41 a	1.83±0.39 a	8.73±2.09 a	8.83±2.04 a

注:表格中数据为平均值±标准差,同列数据后不同小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验差异显著( $P<0.05$ )。

2.6 生防细菌的防治效果

2.6.1 离体防治效果 经 Y3 发酵液和无菌水处理后,水稻叶片相对病斑长度分别为 16.71% 和 27.49%,Y3 发酵液相较无菌水拮抗水稻纹枯病菌效果显著,Y3 发酵液对水稻纹枯病的离体抑制率为 39.21%。

2.6.2 盆栽防治效果 在接种病原菌 20 d 后进行观察对比,结果显示,施用 Y3 发酵液处理的水稻植株相较于施用 NB 液体培养基处理的植株,发病程度显著减轻(图 4),Y3 发酵液对水稻纹枯病的盆栽防治效果为 29.62%。



图 4 生防菌株盆栽防治效果

3 讨论

内生菌与植物互利共生,它们从宿主植物获得营养和保护的同时增强宿主对各种外界胁迫的抗性,利用内生菌防控植物病害是可持续农业发展的趋势<sup>[20]</sup>。前人研究表明内生菌在植物病害防控中具有显著效果,如张翠芳等<sup>[21]</sup>研究发现内生菌 QNF1 对褐腐病菌抑制率高达 88.17%;刘建春等<sup>[22]</sup>从烟叶中分离的 17 株内生细菌对烟草常见病原真菌均有不同程度的抑制效果;张苗苗等<sup>[23]</sup>从无核白葡萄叶片中分离获得的贝莱斯芽孢杆菌 TLF 对曲霉腐烂病菌的抑制率达 68.26%;Wang 等<sup>[24]</sup>从吉祥草茎中分离得到的内生贝莱斯芽孢杆菌 YN-2-6S 对白绢病和根腐病的防治效果分别为 91.00% 和 85.71%;Khan 等<sup>[25]</sup>研究发现内生芽孢杆菌可以有效防治番茄斑萎病毒并能增强植物生长参数。本研究表明,水稻叶鞘内

生菌可以显著防治水稻纹枯病菌,分离获得的12株内生细菌中有7株内生细菌对水稻纹枯病菌有显著的抑制作用,其中5株细菌的抑制率超过55%,这一结果与上述研究中的高效菌株抑制率相当,表明本研究筛选的菌株具有良好的生防潜力。马召等<sup>[26]</sup>将丹参根部分离出的3株内生菌对丹参进行灌根处理后发现3株内生菌均可显著促进丹参生长。Castillo-Texta等<sup>[27]</sup>从鳞叶牵牛中获得的内生菌可以显著促进拟南芥植物生长。本研究中,内生菌黏质沙雷菌Y3可以影响水稻发芽和幼苗生长,但效果并不显著。这证明分离获得的内生菌黏质沙雷菌可作为一种对植物无害的、绿色、生态农药投入未来水稻纹枯病生物防控的进程中。

沙雷菌是一种昆虫共生菌,对植物病原真菌、线虫以及农业害虫均有一定的防治效果<sup>[28-29]</sup>。在过去的研究中,黏质沙雷菌被发现对桔梗根腐病的防效为44.44%,并具有潜在促生作用<sup>[30]</sup>,对*P. digitatum*在内的7种植物病原真菌的抑制率高达74.68%<sup>[31]</sup>,可以显著增强高粱对高粱根腐病的抗性并能促进其生长<sup>[32]</sup>,对南方根结线虫致死率超过68%<sup>[33]</sup>,并可致白蚁头部发红并死亡<sup>[34]</sup>。Abiodun等<sup>[35]</sup>通过喷施菌悬液的方法发现黏质沙雷菌对水稻纹枯病有较强的防治效果,且能与多种植物共生,是一种很有潜力的生防细菌,但有关沙雷菌防治水稻纹枯病菌的研究较少。本研究发现,黏质沙雷菌Y3对水稻纹枯病菌菌丝生长抑制率达59.78%,离体抑制率为39.21%,盆栽抑制率为29.62%,黏质沙雷菌对水稻纹枯病菌有显著的生防效果。本研究中的空白对照组病情指数不高这是造成盆栽试验防效较低的主要原因,这也从侧面证明了合理排水、精心养护的农业防治手段可以一定程度上抑制水稻纹枯病的发生。实际农业生产中植物生长环境相较盆栽试验更为复杂,本研究不能完全模仿实际情况还需后续进行田间试验以进一步验证防治效果。

## 4 结论

本研究自抗性品种水稻叶鞘中分离获得的12株内生菌中有7株内生细菌对水稻纹枯病菌有显著的生防效果,其中5株对菌丝生长抑制效果超过55%。内生细菌黏质沙雷菌Y3对水稻纹枯病菌的菌丝生长和菌核萌发均有显著的抑制效果,对水稻离体叶片抑制率为39.21%,盆栽抑制率为29.62%,且对水稻植株生长没有显著影响,是一种安全、无害、绿色的生物防控资源。

## 参考文献:

- [1] 俞寅达,孙媚璐,夏志辉. 水稻纹枯病生物防控研究进展[J]. 分子植物育种,2019,17(2):600-605.
- [2] 龙欣钰,孟祥佳,曹帅,等. 水稻纹枯病生防菌株的筛选、鉴定及其防治效果[J]. 植物保护学报,2022,49(6):1620-1630.
- [3] OU M G, HU K, LI M, et al. Resistance risk assessment of *Rhizoctonia solani* to four fungicides [J]. Pest Management Science, 2025, 81(2): 867-883.
- [4] CHEN J S, XUAN Y H, YI J H, et al. Progress in rice sheath blight resistance research [J]. Frontiers in Plant Science, 2023, 14: 1141697.
- [5] XIE W, XUE X, WANG Y, et al. Natural mutation in Stay-Green (*OsSGR*) confers enhanced resistance to rice sheath blight through elevating cytokinin content [J]. Plant Biotechnology Journal, 2024: pbi.14540.
- [6] 陈小龙,方夏,沈寅初. 纹枯病菌对井冈霉素的作用机制、抗药性及安全性[J]. 农药,2010,49(7):481-483.
- [7] 沈寅初. 井冈霉素研究开发25年[J]. 植物保护,1996,22(4):44-45.
- [8] LIU X M, CAO A C, YAN D D, et al. Overview of mechanisms and uses of biopesticides [J]. International Journal of Pest Management, 2021, 67(1): 65-72.
- [9] 金辉,王伟,颜尘栋,等. 水稻纹枯病生防木霉菌分离鉴定及适应性研究[J]. 中国农业科技导报,2022,24(9):139-148.
- [10] CHINNASWAMI K, MISHRA D, MIRIYALA A, et al. Native isolates of *Trichoderma* as bio-suppressants against sheath blight and stem rot pathogens of rice [J]. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 2021, 31(1): 12.
- [11] 朱志炎,陈明花,陈强,等. 链霉菌 Sm4-1986 对水稻纹枯病的防治效果[J]. 河南农业科学,2021,50(12):92-102.
- [12] ANSARI M M, BISHT N, SINGH T, et al. *Bacillus amyloliquefaciens* modulate autophagy pathways to control *Rhizoctonia solani* infection in rice [J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2025, 218: 109317.
- [13] 曹阳. 水稻立枯病拮抗内生菌分离及其代谢组学的研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2021.
- [14] SUNERA, KHAN Z, IRSHAD M, et al. Evaluating the efficacy of endophytic bacteria in controlling rice sheath blight: *in vitro* and *in vivo* studies [J]. Microbial Pathogenesis, 2024, 197: 107084.
- [15] LI X, SUN H F, FAN J H, et al. Transcriptome modulation by endophyte drives rice seedlings response to Pb stress [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2023, 254: 114740.
- [16] LI S Y, YAN Q L, WANG J Y, et al. Root endophyte shift and key Genera discovery in rice under barnyardgrass stress [J]. Rice Science, 2023, 30(2): 160-170.
- [17] 魏松红,张亚婷,孔令春,等. 水稻纹枯病生防菌的筛选及田间防治效果[J]. 农药,2022,61(7):532-536.
- [18] YANG C J, HUANG T P, HUANG J W. Field sanitation and foliar application of *Streptomyces padanus* PMS-702 for the control of rice sheath blight [J]. The Plant Pathology Journal, 2021, 37(1): 57-71.

[19] 易江慧. 抗南方根结线虫生防细菌筛选、鉴定及其防效研究[D]. 重庆:重庆三峡学院, 2024.

[20] GUPTA S, SAXENA S. Endophytes: Saviour of apples from post-harvest fungal pathogens [J]. Biological Control, 2023, 182; 105234.

[21] 张翠芳,王帅,汪诗瑶,等. 桃褐腐病菌的分离鉴定及其生物防治[J/OL]. 微生物学通报, 2024 [2024-11-15]. <https://doi.org/10.13344/j.microbiol.china.240838>.

[22] 刘建春,舒灿伟,刘丽,等. 烟草叶片内生细菌分离鉴定及抑菌与促生效果评价[J/OL]. 烟草科技, 2024[2024-12-02]. <https://link.cnki.net/urlid/41.1137.TS.20241202.1132.002>.

[23] 张苗苗,杨怡中,张雨晨,等. 葡萄叶片内生拮抗细菌的鉴定及其对无核白采后曲霉腐烂病的抑制效果[J/OL]. 食品工业科技, 2024 [2024-10-11]. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2024070065>

[24] WANG Q, QIU Y J, WANG S Y, et al. Effective control of southern blight and root rot of *Aconitum carmichaelii* Debeaux by endophytic *Bacillus velezensis* YN-2-6S[J]. Biological Control, 2025, 201; 105690.

[25] KHAN R, HE P B, CHEN X J, et al. *Bacillus* endophytes for sustainable management of tomato spotted wilt virus and yield production [J]. Pest Management Science, 2024. DOI: 10.1002/ps.8606. Online ahead of print.

[26] 马召,李晓帆,孙莉琼,等. 三株丹参根内生细菌对宿主生长及药用品质的影响[J]. 草业学报, 2025, 34(4):175-188.

[27] CASTILLO-TEXTA M G, RAMÍREZ-TRUJILLO J A, DANTÁN-GONZÁLEZ E, et al. Endophytic bacteria from the desiccation-tolerant plant *Selaginella lepidophylla* and their potential as plant growth-promoting microorganisms[J]. Microorganisms, 2024, 12(12); 2654.

[28] 李晴,吴建凯,林志艺. 粘质沙雷氏菌在环境修复与农业虫害生物防治的研究概述[J]. 四川农业科技, 2023(8):40-43.

[29] 朱宇锟,时增增,刘云飞,等. 粘质沙雷氏菌的生防作用[J]. 四川农业科技, 2023(2):53-57.

[30] 郑昭焕,余函纹,梁笑,等. 桔梗根腐病拮抗菌的筛选及生防机制初探[J/OL]. 药学学报, 2025 [2025-01-07]. <https://doi.org/10.16438/j.0513-4870.2024-1094>.

[31] YOSSAN S, KUMLA J, SUWANNARACH N, et al. Exploration of antimicrobial activities and mechanisms of biocontrol agent *Serratia nematodiphila* BC-SKRU-1 against *Penicillium digitatum* in tangerine fruit[J]. Food Control, 2025, 168; 110929.

[32] YAN J C, QI N W, XU J, et al. Metabolomic analyses reveal that IAA from *Serratia marcescens* Lkbn100 promotes plant defense during infection of *Fusarium graminearum* in *Sorghum*[J]. Plants, 2024, 13(16); 2184.

[33] AMORIM D J, TSUJIMOTO T F, BALDO F B, et al. *Bacillus*, *Pseudomonas* and *Serratia* control *Meloidogyne incognita* (Rhabditida: Meloidogynidae) and promote the growth of tomato plants[J]. Rhizosphere, 2024, 31; 100935.

[34] 吕笑同,刘仁怡,梁仕壮,等. 栖北散白蚁致病菌的分离鉴定与特性研究[J]. 应用昆虫学报, 2021, 58(2):445-452.

[35] ABIODUN AJULO A, ASOBIA P C, SILVA de OLIVEIRA R, et al. Screening bacterial isolates for biocontrol of sheath blight in rice plants[J]. Journal of Environmental Science and Health. Part. B, Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes, 2023, 58(5); 426-435.

# Isolation and Identification of Antagonistic Endophytic Bacteria and Its Effect on Rice Sheath Blight

JIANG Shiqi<sup>1</sup>, LUO Xin<sup>1</sup>, CHEN Liu<sup>1</sup>, XIE Dongchen<sup>1</sup>, SUN Miao<sup>1</sup>, CHEN Jingsheng<sup>1</sup>, XIAO Guosheng<sup>1</sup>, XUAN Yuanhu<sup>2</sup>

(1. College of Biology and Food Engineering, Chongqing Three Gorges University, Chongqing 404020, China; 2. State Key Laboratory of Elemento-Organic Chemistry, Nankai University, Tianjin 300071, China)

**Abstract:** Rice sheath blight seriously jeopardizes rice production. In order to expand the resources of biocontrol bacteria against rice sheath blight, antagonistic endophytic bacteria were isolated and screened from leaf sheaths of resistant rice varieties. The control effects of antagonistic endophytic bacteria on rice sheath blight by in vitro leaf test, sterile seedling test, pot experiment, and field experiment. The results showed that seven of the 12 endophytic bacterial strains obtained from screening had significant biocontrol effects on rice blast fungus, and five of them inhibited mycelial growth by more than 55%. *Serratia marcescens* Y3 inhibited both mycelial growth and mycorrhizal germination of rice blight. Its inhibition rate was 39.21% in isolated leaves and 29.62% in potted rice plants, and it was harmless to rice. *Serratia marcescens* Y3 can be applied as a biocontrol agent for the biological control of rice blight.

**Keywords:** endophytic bacteria; rice sheath blight; *Serratia marcescens*; biological control