

DOI: 10.11830/ISSN.1000-5013.202406022



红树林来源细菌抑菌活性 及其增肥潜力评估

杨道茂, 周钰烨, 李嘉欣, 易家乐, 杨勤伟, 黄康隆

(华侨大学 化工学院, 福建 厦门 361021)

摘要: 通过平板对峙实验、菌丝生长速率抑制实验, 测试细菌对禾谷镰刀菌、假禾谷镰刀菌、香蕉枯萎病菌、油茶炭疽病菌、巴西曲霉的抑菌活性, 并通过固氮解磷实验、产 γ -聚谷氨酸实验探究增肥潜力。结果表明: 细菌 YY9, 暹罗芽孢杆菌 T1, T6, 贝莱斯芽孢杆菌 T3 对菌丝生长速率抑制率均达到 80% 以上; 细菌 YY6~YY12 表现出较强的固氮能力, 细菌 YY9 产 γ -聚谷氨酸质量浓度达到 $(6.57 \pm 0.34) \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

关键词: 贝莱斯芽孢杆菌; 暹罗芽孢杆菌; 抑菌活性; 固氮能力; γ -聚谷氨酸

中图分类号: S 476

文献标志码: A

文章编号: 1000-5013(2024)05-0654-07

Evaluation of Antibacterial Activity and Fertilization Potential of Bacteria Derived From Mangrove Forests

YANG Daomao, ZHOU Yuye, LI Jiaxin, YI Jiale,
YANG Qinwei, HUANG Kanglong

(College of Chemical Engineering, Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

Abstract: The antibacterial activity of bacteria against *Fusarium graminearum*, *Fusarium pseudograminearum*, banana wilt fungus, *Camellia oleifera*, and *Aspergillus brasiliensis* were tested through plate confrontation experiments and mycelial growth rate inhibition experiments. The fertilization potential was explored through nitrogen fixation and phosphorus removal experiment, as well as γ -polyglutamic acid production experiment. The results show that bacteria YY9, *Bacillus siamensis* T1 and T6, *Bacillus velezensis* T3 have inhibition rate over 80% on mycelial growth rate. Bacteria YY6-YY12 show stronger nitrogen fixation ability, and the mass concentration of γ -polyglutamic acid produced by bacteria YY9 can reach $(6.57 \pm 0.34) \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Keywords: *Bacillus velezensis*; *Bacillus siamensis*; antibacterial activity; nitrogen fixation ability; γ -polyglutamic acid

农业生产对维护人类粮食安全和社会稳定起到了重要的作用。然而, 植物病虫害的不断蔓延对农作物产量和质量造成了严重威胁, 限制了农业的可持续发展, 如假禾谷镰刀菌 (*Fusarium pseudograminearum*)、禾谷镰刀菌 (*Fusarium graminearum*) 等病原真菌综合侵染引起的小麦茎基腐病^[1], 镰刀菌或腐霉菌单独侵染、镰刀菌和腐霉菌复合侵染引起的玉米茎腐病^[2], 古巴尖镰孢菌侵染引起的香蕉枯萎病^[3], 油茶炭疽病菌 (*Camellia oleifera*) 则是危害油茶植株生长和产量的主要病害^[4-5]。

收稿日期: 2024-06-29

通信作者: 杨道茂 (1975-), 男, 讲师, 博士, 主要从事天然生物活性物质分离与应用、生物转化制备天然产物的研究。
E-mail: ydmao@hqu.edu.cn.

防控植物病害的方法一般采用化学防控手段,但杀菌剂的长期使用会导致环境污染、生态失衡及“3R”问题的产生等,而生物防控对环境友好,病原菌不易产生抗药性,符合可持续发展需求。因此,开发绿色微生物农药有现实意义和经济意义。

微生物农药因具备选择性高、对人畜无害、对自然环境污染小、不易产生抗药性等优点而倍受青睐,是目前发展最迅速、推广应用最成功的一类生物农药产品。与真菌和病毒等其他微生物农药相比,细菌易于培养,农药活性评价也相对容易。更重要的是细菌发酵生产工艺成熟,工业化生产成本可控,更加便于产业化利用。所以,细菌类微生物农药一直受到科研单位和企业的青睐,成为微生物农药研发创制和商业化开发的热点领域。在 2010—2020 年全球新登记的微生物农药中,细菌种类占比超过 40%^[6]。目前,我国主要生物农药品种多样^[7],包括细菌类微生物农药、真菌类微生物农药、病毒类微生物农药、基因工程菌类微生物农药等,在植物保护、虫害防治方面发挥着重要作用。

细菌不仅可以开发为生物农药,而且还有增肥效果。如某些细菌具有合成 γ -聚谷氨酸(γ -PGA)的能力。 γ -PGA 是由多种杆菌产生的一种胞外多肽,具有优良生物相容性、生物降解性及无毒无污染性,广泛用作药物缓释材料、食品的水凝剂及高强度纤维^[8]。在农业应用方面, γ -PGA 可以用于改良酸化植烟土壤^[9],调节土壤微生物群落变化和促进作物生长,富集有益微生物,在作物采摘后依旧维持较高的土壤生物活性^[10],与化学肥料合用,起到明显提高肥效的作用^[11]。目前,暹罗芽孢杆菌^[12-13]、地衣芽孢杆菌^[14]、枯草芽孢杆菌^[11,15]等细菌均具有产 γ -PGA 的能力。基于此,本文对红树林来源细菌抑菌活性及增肥潜力进行评估。

1 材料与方法

1.1 药品与仪器

γ -PGA(上海市麦克林生化科技股份有限公司);葡萄糖,磷酸氢二钠,硫酸镁等药品(国产分析纯);TGL-20M 型台式高速冷冻离心机(湖南省长沙市湘仪实验室仪器开发有限公司);UV-1800PC 型紫外可见分光光度计(上海市美谱达仪器有限公司)。

1.2 供试试验菌株

油茶炭疽病菌由华侨大学化工学院王奇志副教授馈赠。香蕉枯萎病菌(banana wilt fungus)由华侨大学化工学院王明元教授馈赠。禾谷镰刀菌,假禾谷镰刀菌由江苏省南京市中旗科技股份有限公司馈赠。巴西曲霉(*Aspergillus brasiliensis*)购自广东省广州市微生物菌种保藏中心。

1.3 培养基配方

培养基配方,如表 1 所示。

表 1 培养基配方
Tab. 1 Formula of culture medium

培养基	配方
阿须贝无氮培养基 ^[16]	葡萄糖(10 g),KH ₂ PO ₄ (0.2 g),NaCl(0.2 g),MgSO ₄ ·7H ₂ O(0.2 g),CaSO ₄ (0.1 g),CaCO ₃ (5 g),琼脂(15 g),纯水(1 L)
蒙金娜无机磷培养基 ^[16]	葡萄糖(10 g),NaCl(0.3 g),KCl(0.3 g),Ca ₃ (PO ₄) ₂ (10 g),(NH ₄) ₂ SO ₄ (0.5 g),MgSO ₄ ·7H ₂ O(0.3 g),MnSO ₄ ·4H ₂ O(0.03 g),FeSO ₄ ·7H ₂ O(0.03 g),琼脂(15 g),纯水(1 L)
蒙金娜有机磷培养基 ^[16]	葡萄糖(10 g),NaCl(0.3 g),KCl(0.3 g),MnSO ₄ ·4H ₂ O(0.03 g),(NH ₄) ₂ SO ₄ (0.5 g),FeSO ₄ ·7H ₂ O(0.03 g),MgSO ₄ ·7H ₂ O(0.3 g),CaCO ₃ (5 g),卵磷脂(0.2 g),琼脂(18 g),纯水(1 L),pH 值为 7.0~7.2
γ -PGA 发酵培养基 ^[17]	蔗糖(40 g),牛肉膏(8 g),谷氨酸钠(40 g),MgSO ₄ ·7H ₂ O(0.24 g),K ₂ HPO ₄ (1.2 g),NaCl(5 g),离子水(1 L),pH 值为 7.5

2 实验部分

2.1 细菌的分离

用无菌药勺取约 5 g 福建省厦门市集美大桥红树林根部土壤,并将其装于无菌培养皿中。将约 1 g

土壤倒入 9 mL 无菌水试管中,摇匀后,稀释 10 倍。取 0.5 mL 稀释液涂布于马铃薯葡萄糖琼脂培养基(PDA)上,30 ℃培养 2~5 d。观察微生物生长情况,依据菌落特征的差异挑取菌株。纯化菌株,直到获得单一菌落为止。挑选一部分菌株送往北京市擎科生物科技股份有限公司做 16S rDNA 鉴定。

2.2 固氮解磷效果

细菌固氮解磷的实验流程参考文献[16],并做略微调整。挑取一接种环培养物分别接种到阿须贝无氮培养基、蒙金娜无机磷培养基和蒙金娜有机磷培养基上,每个培养基接种 3~4 株菌,培养 5 d 后观察透明圈产生情况。

2.3 对病原真菌的拮抗活性

采用对峙培养法考察各细菌对病原真菌的拮抗活性^[18]。在 PDA 中央位置接种病原菌菌丝,并在周边等距接 3~4 株细菌,在室温下培养 5 d 后观察其拮抗效果。

2.4 对病原真菌菌丝体生长速率的抑制效果

实验过程参考文献[16],并做一些调整。取节 2.3 具有拮抗效果的菌株接种于装有 30 mL 的 LB 液体培养基中,于 30 ℃培养 2 d 后,取 2 mL 菌液加入到无菌培养皿中,随后倒入约 50 ℃,20 mL 的 PDA 中,摇匀。待培养基凝固后,往培养基中央接种一环病原真菌菌丝,室温下培养 7 d,以不接细菌的 PDA 为对照。生长结束后分别测量对照组菌丝直径、实验组菌丝直径及菌丝生长速率抑菌率。菌丝生长速率抑制率计算式为

菌丝生长速率抑制率=
$$\frac{\text{对照组菌落直径}-\text{处理组菌落直径}}{\text{对照组菌落直径}-\text{菌饼直径}}\times 100\%。$$

2.5 γ-PGA 产量

采用比浊法建立 γ-PGA 标准曲线。精确配制 γ-PGA 母液,γ-PGA 质量浓度为 0.500 g · L⁻¹,然后逐步稀释成 0.278,0.227,0.182,0.167,0.154,0.125,0.100 g · L⁻¹溶液,备用。分别取 3 mL 各质量浓度标准品溶液与等体积十六烷基三甲基溴化铵(CTAB,0.07 mol · L⁻¹)溶液混匀,室温下静置 3 min 后,测量其在 400 nm 波长下的吸光度(D(400))^[19]。将各细菌接种于 γ-PGA 发酵培养基中,30 ℃培养 3 d 后,发酵液在转速为 10 000 r · min⁻¹离心机中离心 20 min,将 1 mL 上清液稀释 10,20 倍,最终按照标准曲线计算 γ-PGA 质量浓度。每株菌重复 3 次,最后计算平均值。

2.6 复合菌剂可能性

考察增肥潜力细菌与抑菌活性的芽孢杆菌进行复配的可能性。将具有增肥潜力的细菌 YY6,YY11 接种于 50 mL 的 LB 培养基中,30 ℃培养 24 h 后,各取 0.5 mL 溶液涂布于 PDA 培养基上,随后在培养基表面接种暹罗芽孢杆菌 T1,T6(细菌 T1,T6),贝莱斯芽孢杆菌 T3(细菌 T3),细菌 YY9,30 ℃培养 2 d 后观察是否有透明圈,不产生透明圈,则表明二者可共培养,有制备复合菌剂的可能。

3 实验结果与讨论

3.1 菌株分离

从红树林根部土壤中共分离到 130 多株细菌。取其中 3 株细菌 T1,T3,T6 进行 16S rDNA 鉴定。结果表明,细菌 T1,T6 为暹罗芽孢杆菌(相似性分别为 99.93%和 100.00%),细菌 T3 为贝莱斯芽孢杆菌(相似性为 100%)。

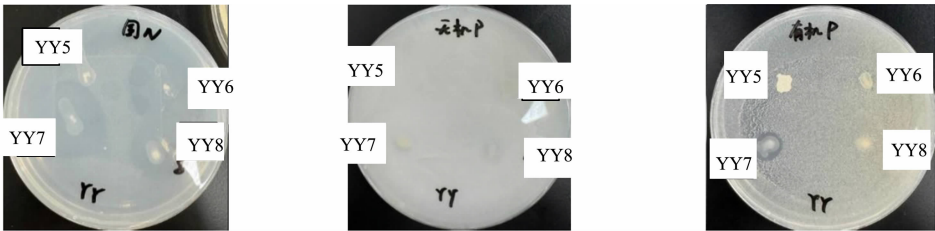
暹罗芽孢杆菌于 2010 年被刊物 *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 收录为有效种名,属芽孢杆菌科芽孢杆菌属。研究表明,暹罗芽孢杆菌可用于治疗烟草赤星病^[20-21]、花生白绢病^[22],分解原油,降解土壤中化合物等,有着广泛的应用前景^[23]。

贝莱斯芽孢杆菌对辣椒褐腐病^[24]、油菜根肿病和稻瘟病^[25]、禾谷镰刀菌^[26]均表现出良好的抑菌效果。目前仅有四川省成都市百事东旺生物科技有限公司登记的贝莱斯芽孢杆菌为生物农药(<http://www.icama.org.cn/>),贝莱斯芽孢杆菌还有较大的开发空间。

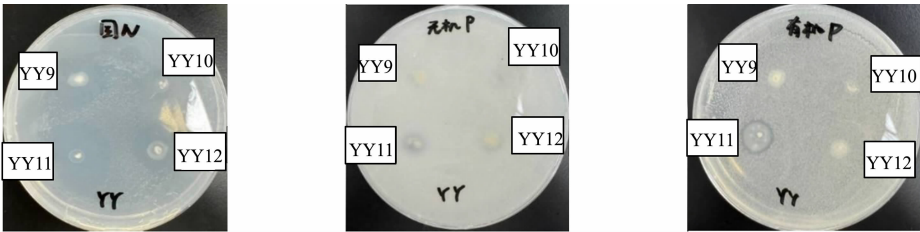
3.2 菌株固氮解磷效果

细菌 YY5~YY12 固氮解磷效果,如图 1 所示。

由图 1 可知:细菌 YY6~YY12 的透明圈直径与菌落直径的比值为 2.0~5.2,具有较强的固氮效



(a) 细菌 YY5~YY8 固氮 (b) 细菌 YY5~YY8 溶无机磷 (c) 细菌 YY5~YY8 溶有机磷



(d) 细菌 YY9~YY12 固氮 (e) 细菌 YY9~YY12 溶无机磷 (f) 细菌 YY9~YY12 溶有机磷

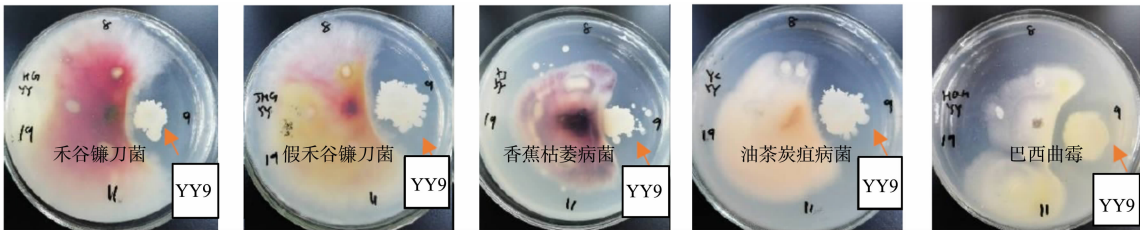
图 1 菌株 YY5~YY12 固氮解磷效果

Fig. 1 Effects of nitrogen fixation and phosphorus release of strains YY5-YY12

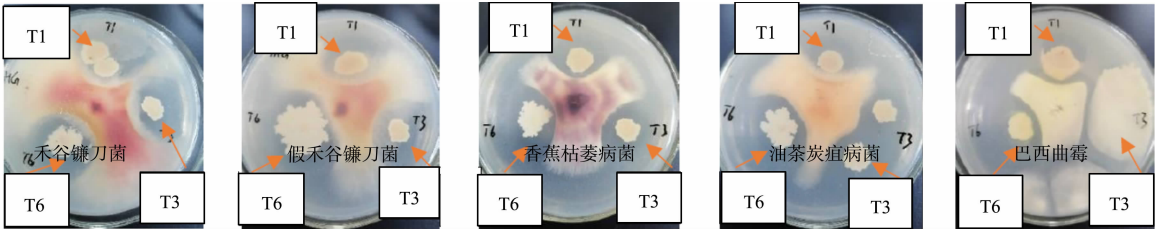
果;细菌 YY7,YY11 具有其他菌株不具备的解无机磷和有机磷效果,具有较强的增肥潜力研究价值。

3.3 对病原真菌拮抗活性的考察

各细菌对病原真菌拮抗效果,如图 2 所示。由图 2 可知:各菌株对 5 种植物病原菌表现出较明显的抑菌效果,有进一步研究开发的价值。



(a) 细菌 YY9



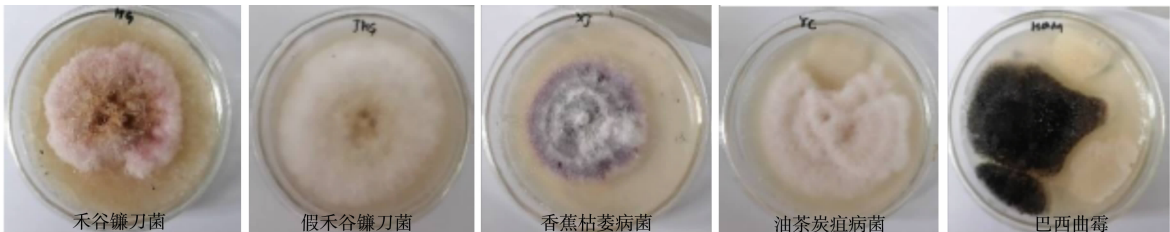
(b) 细菌 T1,T3,T6

图 2 各细菌对病原真菌拮抗效果

Fig. 2 Antagonistic effect of various strains on pathogenic fungi

3.4 植物病原真菌菌丝生长速率抑制实验

细菌对病原真菌菌丝生长速率抑制效果图,如图 3 所示。



(a) 对照组

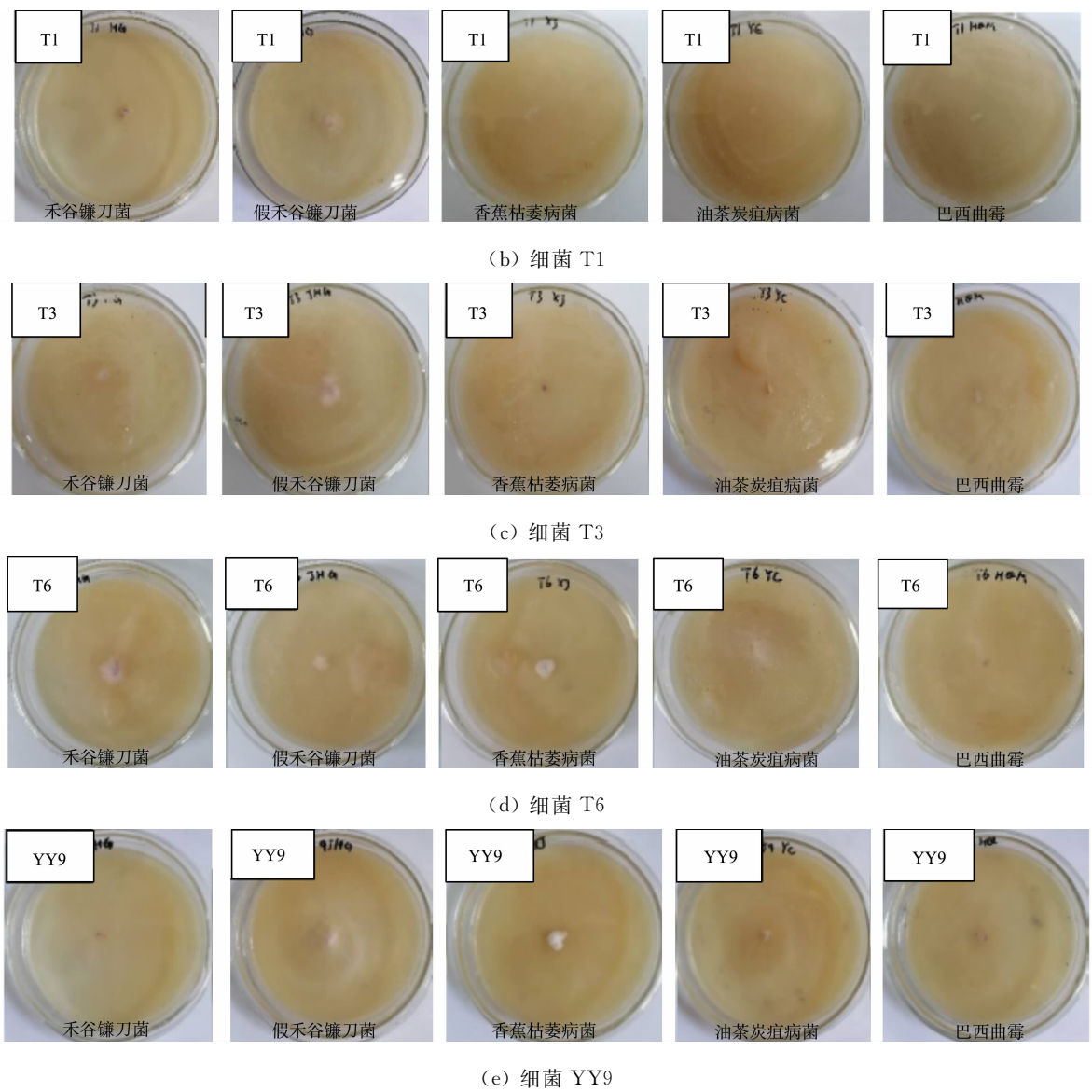


图 3 细菌对病原真菌菌丝生长速率抑制效果图

Fig. 3 Inhibition effect of bacteria on growth rate of pathogenic fungal hyphae

植物病原真菌菌丝生长速率抑制率,如图 4 所示。由图 3,4 可知:4 株细菌对 5 种植物病原真菌菌丝生长速率抑制率均在 80%以上,其中细菌 T3 的抑制效果最佳,对 5 株植物病原菌菌丝生长速率抑制率均在 90%以上。

菌株 zk1 的菌液对胶孢炭疽菌的抑制率达到 91.63%,对哈茨木霉的抑制率也接近 80%^[27]。细菌 Vel-HNGD-F2 抑菌物质粗提物对禾谷镰刀菌抑菌率达到(63.21±0.94)%^[26]。细菌 Pm9 对禾谷镰刀菌、小麦全蚀病菌、小麦纹枯病菌、君子兰茎基腐病菌、番茄灰霉病菌和南天竹炭疽病菌 6 种供试植物病原菌抑制率在 55.5%~87.5%之间^[28]。细菌 T3 对植物病原菌的抑制率与文献报道的一致,在农业生产上具有较好的应用价值。

3.5 产 γ -PGA 的能力

γ -PGA 标准曲线为 $Y=3.355\ 74X-0.020\ 95$, $R^2=0.995\ 3$,其中 Y 为 γ -PGA 质量浓度, X 为

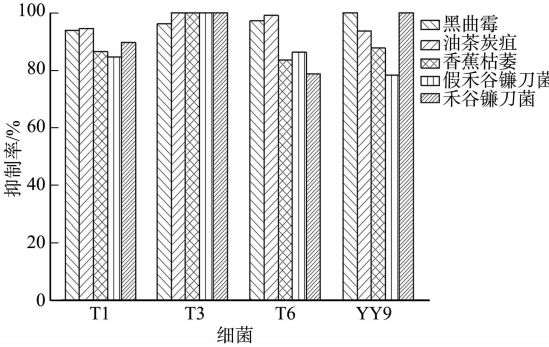


图 4 植物病原真菌菌丝生长速率抑制率

Fig. 4 Inhibition rates of mycelial growth of plant pathogenic fungi

$D(400)$ 。各菌株 γ -PGA 产量,如图 5 所示。图 5 中: $\rho(\gamma\text{-PGA})$ 为 γ -PGA 质量浓度。

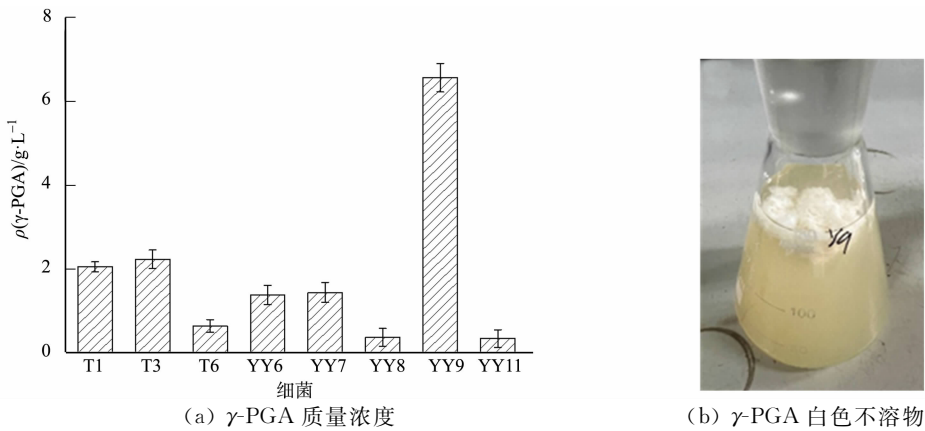


图 5 各菌株 γ -PGA 产量

Fig. 5 γ -PGA production of each strain

由图 5 可知:8 株菌具有合成 γ -PGA 的产量,其中,细菌 YY9 合成的 γ -PGA 质量浓度达到 $(6.57 \pm 0.34) \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。细菌 CAU83 的 γ -PGA 最高产量为 $30.10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ^[29],细菌 LBY-7 的 γ -PGA 最高产量为 $23.15 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ^[13],细菌 LW-1 的 γ -PGA 最高产量为 $44.78 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ^[12]。因此,细菌 YY9 的 γ -GPA 产量还有很大的提升空间。

3.6 复合菌肥配制可能性评估

细菌与芽孢杆菌拮抗关系,如图 6 所示。



图 6 细菌与芽孢杆菌拮抗关系

Fig. 6 Antagonistic relationship between bacteria and *Bacillus subtilis*

由图 6(a)可知:细菌 YY6 与 4 株生防细菌有一定的拮抗关系,不能用于复配复合菌剂用,而细菌 YY11 可与细菌 YY9 进行复配。

4 结论

- 1) 分离到的细菌具有固氮功能,其透明圈直径与菌落直径的比值在 2.0~5.2,具有较强的固氮效果,对无机磷和有机磷的溶解效果则较弱。
- 2) 通过对峙培养实验表明,分离到的细菌 T1,T6,T3,细菌 YY9 对 5 株植物病原真菌(禾谷镰刀菌、假禾谷镰刀菌、香蕉枯萎病菌,油茶炭疽病菌、巴西曲霉)有抑制作用。通过菌丝体生长速率抑制实验,结果表明,4 株细菌对 5 株植物病原真菌菌丝生长速率抑制率达到 80%以上,尤其细菌 T3 的抑制率达到 90%以上,有进一步开发的值。
- 3) 多株细菌具有合成 γ -PGA 的能力,细菌 YY9 合成 γ -PGA 的质量浓度为 $(6.57 \pm 0.34) \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$,还有很大的提升空间。

参考文献:

[1] 吴振锋,王陆军,任淑芳,等. 苯醚甲环唑及其复配剂对小麦茎基腐病的防效[J]. 中国植保导刊,2023,43(9):88-90.

[2] 杨冰娟,陶睿泽,林丽,等. 芽孢杆菌抑制玉米茎腐病菌禾谷镰孢菌和拟轮枝镰孢菌的研究进展[J]. 江苏农业科学, 2023,51(12):42-49. DOI:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.12.005.

[3] 韦锡昌,林蓝慧,蒙姣荣,等.一株香蕉枯萎病菌拮抗菌的筛选鉴定及盆栽防治效果[J].西南农业学报,2024,37(7):1522-1530. DOI:10.16213/j.cnki.scjas.2024.7.014.

[4] 李勇,刘飞,叶锴,等.油茶炭疽病病原菌的分离与鉴定[J].分子植物育种,2024,22(12):3947-3953. DOI:10.13271/j.mpb.022.003947.

[5] 陈洁宇,姜毅,龚涵,等.油茶炭疽病病原鉴定及生物学特性[J].生物灾害科学.2024,47(2):224-237. DOI:10.3969/j.issn.2095-3704.2024.02.29.

[6] 张正炜,成玮,何壮,等.我国细菌类微生物农药的登记情况与应用策略浅析[J].世界农药,2024,46(4):11-18. DOI:10.16201/j.cnki.cn10-1660/tq.2024.04.02.

[7] 朱伟冉,刘媛,赵晨,等.我国微生物农药的概述与进展[J].工业微生物,2024,54(3):153-155. DOI:10.3969/j.issn.1001-6678.2024.03.042

[8] 凡朱,吕忠良,杨叶东,等.高黏发酵液中 γ -聚谷氨酸的分离纯化工艺[J].化学工程,2013,41(12):9-11,47. DOI:10.3969/j.issn.1005-9954.2013.12.003.

[9] 施河丽,彭五星,向修志,等. γ -聚谷氨酸高产菌株的筛选及改良酸化植烟土壤效果研究[J].中国烟草科学,2022,43(4):15-21. DOI:10.13496/j.issn.1007-5119.2022.04.003.

[10] 陶龙锦,张经博,董正武,等. γ -聚谷氨酸对棉花生长与根际微生物的影响[J].山西农业大学学报(自然科学版),2023,43(4):33-43. DOI:10.13842/j.cnki.issn1671-8151.202305001.

[11] 嵇优优,邢芳芳,高明夫,等. γ -聚谷氨酸合成菌的鉴定及其对肥效的影响[J].湖北农业科学,2016,55(17):4569-4572. DOI:10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2016.17.052.

[12] 蔡亚慧,王青,王文玉,等.暹罗芽孢杆菌 LW-1 产 γ -聚谷氨酸发酵培养基的优化[J].食品工业科技,2021,42(16):163-170. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2020110269.

[13] 张雷,张蕾,王玲莉,等. γ -聚谷氨酸生产菌株的鉴定及发酵培养基优化[J].食品工业科技,2020,41(20):64-71. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2020.20.011.

[14] 李松.农用聚谷氨酸低成本液体发酵工艺研发[D].济南:齐鲁工业大学,2018.

[15] 贾艳萍,殷爱鸣,孙艳梅,等.产聚谷氨酸菌株的筛选及菌株发酵液对玉米幼苗抗旱性的作用[J].生物技术通报,2017,33(10):135-142. DOI:10.13560/j.cnki.biotech.bull.1985.2017-0699.

[16] 梁倩文.禾谷镰孢生防细菌的筛选、鉴定及生防潜能研究[D].合肥:安徽农业大学,2023.

[17] 张雯,刘利歌,张艳,等.一株 γ -PGA 生产菌株的分离鉴定及产物性能研究[J].现代食品科技,2014,30(7):44-50. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2014.07.001.

[18] 李身.生防细菌 QTH8 的鉴定及对小麦茎基腐病、大豆胞囊线虫病的防治研究[D].洛阳:河南科技大学,2022.

[19] ASHIUCHI M. Analytical approaches to poly- γ -glutamate: Quantification, molecular size determination, and stereochemistry investigation[J]. Journal of Chromatography B, 2011, 879(29): 3096-3101. DOI: 10.1016/j.jchromb.2011.03.029.

[20] 王东坤.暹罗芽孢杆菌 LZ88 抗烟草赤星病菌物质鉴定与作用研究[D].北京:中国农业科学院,2022.

[21] 谢中玉.暹罗芽孢杆菌 LZ88 对烟草赤星病的防治效果和作用机理研究[D].重庆:西南大学,2020.

[22] 张霞,许曼琳,郭志青,等.暹罗芽孢杆菌 ZHX-10 的分离鉴定及其对花生白绢病的生防效果[J].中国油料作物学报,2020,42(4):674-680. DOI:10.19802/j.issn.1007-9084.2019207.

[23] 林志楷,林文珍.暹罗芽孢杆菌研究进展[J].亚热带植物科学.2019,48(4):391-396. DOI:10.3969/j.issn.1009-7791.2019.04.016.

[24] 赵春燕,安良聪,赵秋玲,等.贝莱斯芽孢杆菌 JK-1 可湿性粉剂研制及对辣椒褐腐病的防治效果[J].天津农业科学,2023,29(2):52-56,63.

[25] 周旭峰.贝莱斯芽孢杆菌 F85 剂型研制及防病效果评估[D].武汉:华中农业大学,2023.

[26] 王冲,李倩,肖红英,等.贝莱斯芽孢杆菌 Vel-HNGD-F2 产抗菌物质发酵条件优化及抗菌特性研究[J].河南工业大学学报(自然科学版),2024,45(1):73-80. DOI:10.16433/j.1673-2383.2024.01.010.

[27] 陈少先.贝莱斯芽孢杆菌 zk1 脂肽类次级代谢产物的抑菌机理研究[D].广州:仲恺农业工程学院,2022.

[28] 李永丽,周洲,曲良建,等.贝莱斯芽孢杆菌 Pm9 生物防治潜力及全基因组分析[J].河南农业大学学报,2021,55(6):1081-1088. DOI:10.16445/j.cnki.1000-2340.20210816.002.

[29] 林格儿,刘宏,刘海杰,等.暹罗芽孢杆菌高产 γ -聚谷氨酸的发酵条件优化[J].微生物学通报,2022,49(8):3335-3345. DOI:10.13344/j.microbiol.china.211134.

(责任编辑: 陈志贤 英文审校: 刘源岗)