

DOI: [10.12101/j.issn.1004-390X\(n\).201803022](https://doi.org/10.12101/j.issn.1004-390X(n).201803022)

玉米顶腐病病原细菌成团泛菌 C3 菌株对不同环境适应性的研究*

姚 波¹, 何鹏飞¹, 黄 敏¹, 吴毅歆^{1,2}, 李兴玉¹, 何月秋^{1,2**}

(1. 云南农业大学 植物保护学院, 云南 昆明 650201;

2. 微生物菌种筛选与应用国家地方联合工程研究中心, 云南 昆明 650217)

摘要:【目的】探究玉米顶腐病病原细菌——成团泛菌(*Pantoea agglomerans*) C3 菌株对不同环境的适应性。

【方法】通过稀释涂板法测定成团泛菌在不同温度、水质和寄主植物中的存活动态。【结果】C3 菌株对紫外线辐射较为敏感, 照射 40 s 后致死率达到 100%; 相较于 37 ℃, 4 ℃ 和 20 ℃ 有利于 C3 菌株生存, 灭菌自来水、水沟水和自来水中的菌体数量高于臭水沟水和池塘水; 另外, C3 菌株可在多种植物叶片上定殖, 定殖密度表现为玉米>烟草>棉花>三叶草>稗草。【结论】成团泛菌具有很强的环境适应性, 能够在不同的环境中进行生存和繁殖。

关键词: 成团泛菌; 紫外线; 环境适应性; 定殖

中图分类号: S 435.131.4

文献标识码: A

文章编号: 1004-390X (2019) 02-0210-06

A Study on the Environmental Adaptation of *Pantoea agglomerans* C3 Strain, a Causal Agent of Maize Top Rot Disease

YAO Bo¹, HE Pengfei¹, HUANG Min¹, WU Yixin^{1,2}, LI Xingyu¹, HE Yueqiu^{1,2}

(1. College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 2. National and Local Joint Engineering Research Center for Screening and Application of Microbial Strains, Kunming 650217, China)

Abstract: [Purpose] To investigate the environmental adaptation of *Pantoea agglomerans* C3 causing maize top rot. [Method] Its survival dynamic was detected in different temperatures, surface water of different quality and host plants with dilution plate method. [Result] C3 was sensitive to ultraviolet radiation (UVC), and all of its cells could be killed after 40 seconds radiation. Compared with 37 ℃, 4 ℃ and 20 ℃ facilitated this plant pathogen's survival. The number of C3 in sterilized tap water, ditch water and tap water were more than those in drainage water and pond water. In addition, C3 could colonize in various plant leaves, where the density order from high to low was maize, tobacco, cotton, clover and barnyard grass. [Conclusion] *P. agglomerans* has strong environmental adaptability and can survive and reproduce in different environments.

Keywords: *Pantoea agglomerans*; ultraviolet radiation (UVC); environmental adaptation; colonization

收稿日期: 2018-03-14

修回日期: 2018-09-25

网络出版时间: 2019-01-24

*基金项目: 云南省玉米产业体系(2017KJTX002)。

作者简介: 姚波(1992—), 女, 云南曲靖人, 在读硕士研究生, 主要从事植物病理学研究。

E-mail: 1299044731@qq.com

**通信作者 Corresponding author: 何月秋(1956—), 男, 湖北武穴人, 博士, 教授, 主要从事植物病理学研究。

E-mail: ynfh2007@163.com

网络出版地址: [http://dx.doi.org/10.12101/j.issn.1004-390X\(n\).201803022](http://dx.doi.org/10.12101/j.issn.1004-390X(n).201803022)

玉米为仅次于水稻和小麦的世界第三大粮食作物,也是工业原料的重要来源。玉米亦为云南省种植面积最大的作物,但在整个生长阶段,玉米容易遭受多种病害(如叶斑类病害、茎腐病等)的严重危害。近年来,云南省各玉米栽培区爆发出一种新病害——细菌性顶腐病(bacterial top rot)。该病苗期至成株期均可发病,具多种症状特点,以4叶期至玉米抽穗前发病症状最为明显。叶缘缺刻和叶片撕裂是顶腐病区别于其他病害的鉴别性特征,且腐烂部位逐渐向下扩展,严重影响玉米的产量与品质^[1]。本实验室的前期研究表明:成团泛菌(*Pantoea agglomerans*) C3菌株是引起玉米细菌性顶腐病的重要病原菌之一^[2]。目前,对植物成团泛菌的研究多聚焦于其致病或促生机制^[3-5]、次生代谢产物如类胡萝卜素^[6]和抗生素合成^[7]及制剂开发利用^[8]等方面,对其在不同环境的适应性鲜有研究。然而,探究植物病原型成团泛菌的环境适应性是解析其传播途径及病害循环的重要生态因子。本研究测定了成团泛菌在不同温度、水质、寄主植物中的生存动态,旨在明确C3菌株引起的玉米细菌性顶腐病的侵染及传播方式,并为玉米细菌性顶腐病的防控策略提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试菌株、培养基及生长条件

成团泛菌C3分离自患有顶腐病症状的玉米叶片并由本实验室保存,生长培养基为LB(固体LB加入15 g/L琼脂)。为避免其他细菌的干扰,使用其利福平(rifamycin, Rif)抗性突变菌株RC3(200 µg/mL)^[9]进行测定,该菌培养温度为30℃,摇床振荡培养的转速为160 r/min。

1.2 对紫外线(UVC)辐射的敏感性

取处于对数生长期的C3细胞培养物,按10倍梯度稀释法将其稀释至 10^3 cfu/mL;吸取上述稀释液100 µL并转移至LB平板上,均匀涂布,然后将平板置于15 W紫外灯(照射强度为 $89.9 \mu\text{W}/\text{cm}^2$)正下方55 cm处;打开培养皿盖及紫外灯,开始计时并按既定的处理时间取出培养平板。将取出的培养平板置于30℃恒温培养箱中倒置培养24 h,后统计各培养平板上的菌落数,计算各处理的活菌数量^[10]。照射处理时间分别设为0、10、20、30、40、50、60和90 s,每

个处理重复4次。

1.3 不同的水质、温度及土壤对C3菌株存活的影响

1.3.1 水质和温度

预先向各支无菌试管加入不同类型的水(池塘水、沟水、臭水沟水、自来水、灭菌水)14 mL,再向其中加入1 mL RC3菌株的过夜培养物,充分混匀后分别置于4、20和37℃培养箱内存放^[9]。采用稀释涂平板法,定时检测各水溶液中RC3的存活数量。本试验设置15个处理,每个处理重复3次。

1.3.2 土壤和温度

从云南农业大学后山农场采集土样(红壤土),4℃冰箱低温贮存备用,另取部分土样作常规高压灭菌处理,重复3次。取上述灭菌土和自然土各30 g分别盛放于直径为9 cm的无菌培养皿内,再向其中加入10 mL RC3菌株过夜培养物,充分拌匀,以加入等体积的灭菌水为对照组。拌匀后,分别置于4、20和37℃的培养箱^[11-12]。测定时,称取拌匀土壤0.5 g,与4.5 mL灭菌水混合以制成均匀的土壤悬浊液,取合适稀释梯度的溶液涂平板,测算出单位质量土壤中RC3的细胞存活数量。本试验设置12个处理,每个处理重复3次。

1.4 C3菌株在不同植物的定殖

供试植物为玉米(3周)、烟草(8周)、棉花(9周)、三叶草(成熟叶)和稗草(分蘖期)。参照谷祖敏等^[13]的方法,采用 10^8 cfu/mL的RC3菌悬液,向植物的叶片正反两面喷施至有液滴滴下为止。随后,将接种后的植物移至28℃、相对湿度为80%的玻璃温室生长。

定期检测上述植株叶片表面及内部的RC3数量。在完成叶片取样及称重后,使用灭菌水漂洗叶片样品,收集漂洗后的水溶液;将漂洗后的叶片置于70%酒精浸泡2 min,无菌水洗涤3次,取最后一次漂洗的水溶液直接涂布于含Rif的LB平板,检验叶片表面消毒的效果。用灭菌吸水纸吸干叶表面的水分,转入装有适量体积无菌水的灭菌研钵中,充分研磨成匀浆,连同上述叶片表面漂洗所得的水溶液,10倍梯度稀释后,取合适稀释梯度的匀浆液涂布于Rif平板,30℃培养箱过夜培养。次日,统计平板上细菌数量并换算出相应的细菌密度(cfu/g),各处理重复3次。

2 结果与分析

2.1 C3 菌株对紫外线 (UVC) 辐射的敏感性

由表 1 可知：C3 菌株对 UVC 辐射表现较为敏感，随着 UVC 照射时间的延长，菌株存活率均有不同程度的下降。当处理时间为 40 s 时，致死率达到 100% (表 1)，表明一定时间的 UVC 辐射对 C3 菌株有较强的致死效应。

2.2 C3 在不同类型水质及土壤中的存活动态

由表 2 可知：随着时间的推移，菌体存活数量大都表现出先升后降的趋势。低温环境 (4 ℃) 下，50 d 后仍能检测到存活的 C3 菌体细胞。常温环境 (20 ℃) 放置 15 d 后，臭水沟水和池塘水样品中未检测到活菌；50 d 后，仅灭菌水组能检测到存活的 C3 菌体细胞。37 ℃ 处理组中，菌株数量会随时间的延长而急剧减少，15 d 后，所有处理中均未检测到 C3 菌株的存在。同水介质相

比，低温或常温环境下的 C3 菌体细胞更适应在土壤中生存。另外，对水或土壤进行灭菌处理，可减缓 C3 菌株的下降，显示同一环境内竞争性微生物种类的多少对其生存也有重要影响。

表 1 C3 菌株在 UVC 照射不同时间的菌落数及存活率
Tab. 1 Colony number and survival rate of strain C3 after irradiation with UVC for different time

辐照时间/s irritation time	菌落数 colony number	存活率/% survival rate
0	2 650 a	100
10	1 836 b	69
20	1 224 c	46
30	150 d	12
40	—	—
60	—	—

注：不同小写字母表示样品间有显著差异($P<0.05$)；“—”表示未检测到；下同。
Note: Different lowercase letters after data indicate significant difference ($P<0.05$); “—” indicates undetected; the same as below.

表 2 不同水质及土壤中 C3 存活的菌株数量

Tab. 2 Survival cells of C3 in different habitats

温度/℃ temperature	时间/d time	池塘水 pond water	水沟水 ditch water	臭水沟水 drainage	自来水 tap water	灭菌水 sterilized water	自然土 natural soil	灭菌土 sterilized soil
4	1	6.24±0.06 b	6.34±0.01 c	6.06±0.10 c	6.77±0.07 b	6.20±0.08 e	6.72±0.02 c	7.21±0.06 d
	5	6.59±0.01 a	7.29±0.05 a	6.88±0.03 a	6.81±0.03 b	6.58±0.01 d	8.23±0.01 a	8.62±0.00 a
	15	6.24±0.03 b	6.74±0.01 b	6.52±0.06 b	7.30±0.04 a	6.75±0.03 c	8.27±0.02 a	8.52±0.03 b
	30	5.51±0.04 c	5.38±0.03 d	4.90±0.02 d	6.56±0.09 c	7.45±0.09 b	7.73±0.05 b	8.15±0.02 d
	50	4.73±0.05 d	4.86±0.07 e	2.49±0.20 e	5.78±0.06 d	7.78±0.07 a	4.89±0.03 d	5.86±0.03 e
20	1	6.24±0.06 a	6.34±0.01 a	6.06±0.10 a	6.77±0.07 a	6.20±0.08 c	6.72±0.02 a	7.21±0.06 a
	5	2.42±0.10 b	4.83±0.06 b	3.56±0.07 b	5.92±0.02 b	7.71±0.00 a	5.94±0.02 c	6.57±0.04 b
	15	—	2.78±0.08 c	—	1.59±0.11 c	7.09±0.03 b	6.30±0.01 b	4.62±0.02 c
	30	—	1.39±0.36 d	—	—	5.55±0.00 d	1.62±0.12 d	3.53±0.01 d
	50	—	—	—	—	4.72±0.03 e	—	—
37	1	5.85±0.12 a	5.82±0.07 a	5.83±0.05 a	6.06±0.12 a	5.99±0.08 a	8.35±0.03 a	8.39±0.03 a
	5	—	—	—	2.00±1.73 b	4.10±0.17 b	—	—
	15	—	—	—	—	—	—	—
	30	—	—	—	—	—	—	—
	50	—	—	—	—	—	—	—

2.3 C3 菌株在不同植物叶片表面及内部的定殖

由图 1 可知：喷施接种后，C3 菌株在所供试植物叶表的定殖数量虽都有下降的趋势，但仍有较大差异。其中，在接种 96~168 h 后，C3 菌株于玉米叶片表面上保持基本稳定，数量维持在 10^3 cfu/g (叶组织)，而在烟草、棉花及三叶草叶表上却呈现持续下降的态势。值得注意的是，在接种后的前中期相同时刻点，烟草和棉花叶表上

的 C3 定殖密度甚至高于玉米，两者的定殖数量基本维持在 $10^4\sim10^5$ cfu/g。相反，在更为近缘的稗草植株叶片表面，C3 菌株的定殖数量却最少。

由图 2 可见：与叶表定殖相对的是，整个取样检测期间均未从三叶草和稗草植株的叶肉组织检测到 C3 菌体细胞，表明 C3 菌株没有进入到这些植株的叶组织内部。C3 在玉米叶肉组织的定殖数量高出烟草和棉花 2~3 个数量级，且表现出

稳定上升的趋势;接种 48 h 后,其单位密度就超过 10^5 cfu/g (叶组织),略高于叶面的定殖;接种 168 h 后,叶肉组织的菌体细胞定殖数量为叶片表面的 100 倍左右。C3 菌株在烟草叶组织内部的定殖与

玉米较为相似,数量虽不及玉米,但在检测的中后期 10 倍于棉花。棉花叶肉组织的 C3 菌体细胞定殖表现出“先升后降并稳定”的态势,单位定殖数量基本维持在 5×10^2 cfu/g (叶组织) 水平。

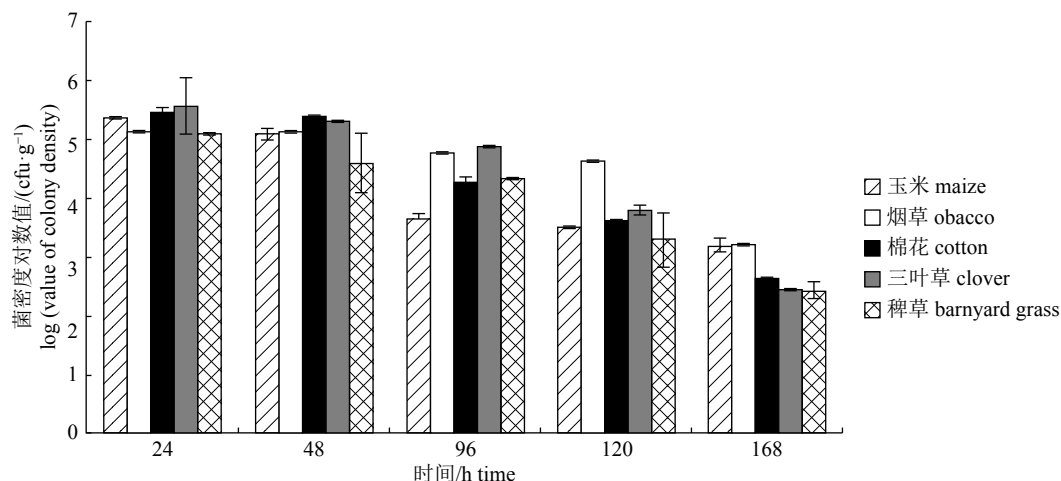


图1 成团泛菌 C3 菌株在不同植物叶片表面的定殖

Fig. 1 Epiphytic colonization of *P. agglomerans* C3 on different plant leaf surfaces

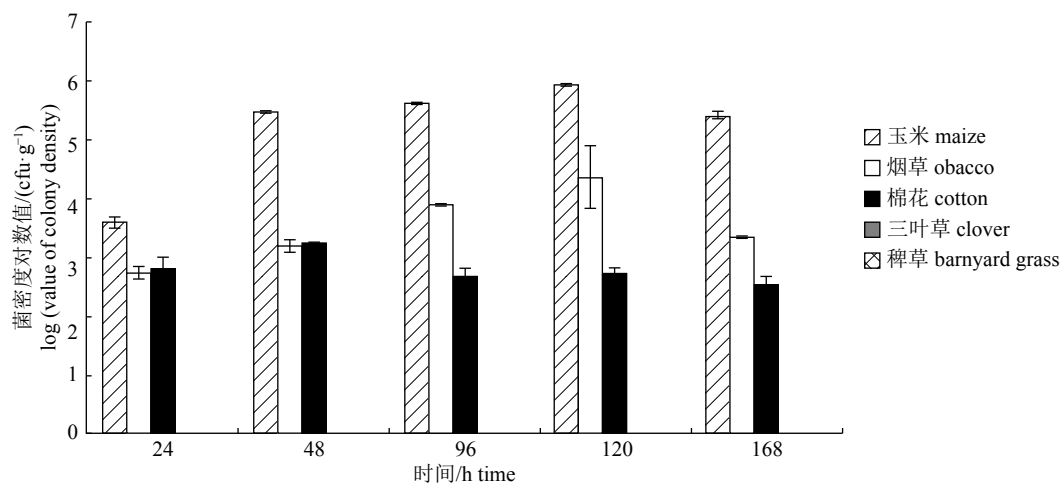


图2 成团泛菌 C3 菌株在不同植物叶内部的定殖

Fig. 2 Endophytic colonization of *P. agglomerans* C3 within different plant leaves

3 讨论

成团泛菌是一类具有遗传高度可塑性的革兰氏阴性肠杆菌科 (Enterobacteriaceae) 细菌^[14], 广泛存在于水体、土壤及动植物体等多种环境。在自然界中, 此菌表现出的功能也较为多样, 有些菌株可以作为生防菌剂或促生细菌, 如用于梨火疫病防治的 *Pantoeas vagans* C9-1 菌株^[15]和促进水稻幼苗生长的 YS19 菌株^[4]; 也有部分菌株是植物病原菌, 会引起植物出现瘤肿、萎蔫、软腐

及坏死等症^[8, 16-18]。此外, 还有研究报道认为此类细菌也是人类和动物的机会致病菌^[19]。

目前, 对成团泛菌与玉米的互作研究较多地倾向于前者是一种病原细菌, 可导致玉米出现叶枯和维管束萎蔫^[17]、干腐^[18]等症。在前期研究中, C3 菌株也被证实可引起玉米出现细菌性顶腐症状^[2]。作为一种常见的动植物附生或共生细菌, 成团泛菌的环境适应性系统研究较少。根据成团泛菌 C3 菌株潜在生存环境的特点, 我们在室内模拟了一些代表性的环境因子以探究其存活

能力。与太阳辐射对成团泛菌生防菌株 CPA-2 有较强致死作用^[20]类似, 紫外线辐射试验显示 C3 菌株对紫外线也较为敏感。与前人研究结果^[21]相比, 由于缺乏紫外线辐射剂量的定量数据等种种原因, 难以横向比较 C3 菌株与同类细菌如抗 UV-B 辐射菌 KSF-9 等对紫外线的敏感性, 这将在后续研究中进一步完善。

水质和土壤环境适应性研究发现: C3 菌株在灭菌水和灭菌土中的存活数量高于非灭菌的水质和土壤, 暗示同一环境中其他微生物的数量及种类对 C3 生存有重要影响。另外, 温度对 C3 作用更为显著, 这与 REZZONICO 等^[22]和 SELVAKUMAR 等^[23]的研究结论相一致。本研究发现: 相较于 4 和 20 ℃, 37 ℃ 高温特别是富含微生物的高温处理组合更不利于 C3 存活, 这可能除了温度直接作用于 C3 菌株之外, 环境场所中竞争性/抑制型微生物活性的增强对其生存也有重要影响。

不同植物叶组织的定殖结果显示: 成团泛菌 C3 菌株在寄主植物玉米叶片上有良好的附生和内生性能, 表明 C3 菌株与玉米高度亲和互作, 可顺利实现由外向内的迁移。在烟草和棉花上, C3 菌株也能良好的定殖, 这可能是该菌株与特定的物种有关。另外, 在测定过程中, 还观察到玉米叶片在接种 4 d 后, 开始出现水浸状黄化失绿, 7 d 就表现出典型的顶腐症状, 但烟草、棉花、三叶草及稗草的叶片却无症状出现。与劳尔氏青枯菌类似, 尤其是当其周围环境种植有大量的易感玉米品种时, 这些植物可为玉米顶腐病的发生提供初侵染源^[24-26]。此外, 在三叶草和稗草的叶片内部没有检测到 C3 菌体, 显示后者可能是以附生形式生活在此两种杂草叶片上。这是否与三叶草和稗草所固有的防御识别机制有关, 也是今后有望取得突破的方向。

[参考文献]

- [1] HUANG M, LIN L, WU Y X, et al. Pathogenicity of *Klebsiella pneumonia* (KpC4) infecting maize and mice[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2016, 15(7): 1510. DOI: 10.1016/S2095-3119(16)61334-5.
- [2] 林丽. 云南省玉米细菌性顶腐病病原菌的分离与鉴定[D]. 昆明: 云南农业大学, 2013.
- [3] NISSAN G, GERSHOVITS M, MOROZOV M, et al. Revealing the inventory of type III effectors in *Pantoea agglomerans* gall-forming pathovars using draft genome sequences and a machine-learning approach[J]. Molecular Plant Pathology, 2018, 19(2): 381. DOI: 10.1111/mpp.12528.
- [4] FENG Y, SHEN D, SONG W. Rice endophyte *Pantoea agglomerans* YS19 promotes host plant growth and affects allocations of host photosynthates[J]. Journal of Applied Microbiology, 2006, 100(5): 938. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2006.02843.x.
- [5] XIE J, SHU P, STROBEL G, et al. *Pantoea agglomerans* SWg2 colonizes mulberry tissues, promotes disease protection and seedling growth[J]. Biological Control, 2017, 113: 9. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2017.06.010.
- [6] YOON S H, KIM J E, LEE S H, et al. Engineering the lycopene synthetic pathway in *E. coli* by comparison of the carotenoid genes of *Pantoea agglomerans* and *Pantoea ananatis*[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2007, 74(1): 131. DOI: 10.1007/s00253-006-0623-z.
- [7] WRIGHT S A, ZUMOFF C H, SCHNEIDER L, et al. *Pantoea agglomerans* strain EH318 produces two antibiotics that inhibit *Erwinia amylovora* in vitro[J]. Applied and environmental microbiology, 2001, 67(1): 284. DOI: 10.1128/AEM.67.1.284-292.2001.
- [8] WALTERSON A M, STAVRINIDES J, ROELOFF V D M J. *Pantoea*: insights into a highly versatile and diverse genus within the Enterobacteriaceae[J]. FEMS Microbiology Reviews, 2015, 39(6): 968. DOI: 10.1093/femsre/fuv027.
- [9] 黄敏. 肺炎克雷伯氏菌 KpC4 菌株 (*Klebsiella pneumoniae* KpC4) 引起玉米细菌性顶腐病的病原学研究[D]. 昆明: 云南农业大学, 2017.
- [10] 贾鲁娜, 潘立晶, 陈铭德. 细菌 DNA 紫外线辐射损伤和 DNA 修复系统的实验探究活动[J]. 生物学教学, 2009, 34(1): 56. DOI: 10.3969/j.issn.1004-7549.2009.01.031.
- [11] 李永利. 球孢白僵菌可湿性粉剂的研制及土壤环境对其宿存的影响[D]. 保定: 河北农业大学, 2012.
- [12] 康萍芝, 张丽荣, 白小军, 等. 土壤环境因素对黄瓜枯萎病菌存活和生长繁殖的影响[J]. 宁夏农林科技, 2017, 58(10): 32. DOI: 10.3969/j.issn.1002-204X.2017.10.016.
- [13] 谷祖敏, 王芳, 纪明山, 等. 拮抗细菌 B9 对灰霉病菌的影响及在番茄叶表的定殖[J]. 云南农业大学学报, 2006, 21(6): 842. DOI: 10.3969/j.issn.1004-390X.2006.06.030.
- [14] VORWERK S, MARTINEZ-TORRES D, FORNECK A. *Pantoea agglomerans*-associated bacteria in grape phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae*, Fitch)[J]. Agricultural and Forest Entomology, 2007, 9(1): 57. DOI: 10.1111/j.1461-9563.2006.000319.x.
- [15] JOHNSON K B, STOCKWELL V O, SAWYER T L, et al. Assessment of environmental factors influencing growth and spread of *Pantoea agglomerans* on and among blossoms of pear and apple[J]. Phytopathology, 2000, 90(11): 1285. DOI: 10.1094/PHYTO.2000.90.11.1285.
- [16] BARASH I, MANULIS-SASSON S. Recent evolution of bacterial pathogens: the gall-forming *Pantoea agglomerans* case[J]. Annual Review of Phytopathology, 2009,

- 47: 133. DOI: [10.1146/annurev-phyto-080508-081803](https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080508-081803).
- [17] MORALES-VALENZUELA G, SILVA-ROJAS H V, OCHOA-MARTINEZ D. First report of *Pantoea agglomerans* causing leaf blight and vascular wilt in maize and sorghum in Mexico[J]. Journal of Plant Diseases and Protection, 2017, 91(10): 1365. DOI: [10.1094/PDIS-91-10-1365A](https://doi.org/10.1094/PDIS-91-10-1365A).
- [18] 曹慧英. 玉米新病害—细菌干茎腐病的研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2010.
- [19] 杨君洋, 卢洪洲. 成团泛菌感染及其诊治的研究近况[J]. 上海医药, 2016, 37(3): 48.
- [20] CANAMAS T P, VINAS I, USALL J, et al. Control of postharvest diseases on citrus fruit by preharvest application of the biocontrol agent *Pantoea agglomerans* CPA-2: Part I. Study of different formulation strategies to improve survival of cells in unfavourable environmental conditions[J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 49(1): 86. DOI: [10.1016/j.postharvbio.2007.12.006](https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.12.006).
- [21] 王洪媛. 抗 UV-B 辐射菌 *Pantoea agglomerans* KFS-9 的选育及其抗辐射机制的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2006.
- [22] REZZONICO F, SMITS T H M, MONTESIONS E, et al. Genotypic comparison of *Pantoea agglomerans* plant and clinical strains[J]. BMC microbiology, 2009, 9(1): 204. DOI: [10.1186/1471-2180-9-204](https://doi.org/10.1186/1471-2180-9-204).
- [23] SELVAKUMAR G, KUNDU S, JOSHI P, et al. Characterization of a cold-tolerant plant growth-promoting bacterium *Pantoea dispersa* 1A isolated from a sub-alpine soil in the North Western Indian Himalayas[J]. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 2008, 24(7): 955. DOI: [10.1007/s11274-007-9558-5](https://doi.org/10.1007/s11274-007-9558-5).
- [24] WENNEKER M, VERDEL M S W, GROENEVELD R M W, et al. *Ralstonia (Pseudomonas) solanacearum* race 3 (biovar 2) in surface water and natural weed hosts: first report on stinging nettle (*Urtica dioica*)[J]. European Journal of Plant Pathology, 1999, 105(3): 307. DOI: [10.1111/j.1439-0434.1999.tb03854.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.1999.tb03854.x).
- [25] PRADHANANG P M, ELPHINSTONE J G, FOX R T V. Identification of crop and weed hosts of *Ralstonia solanacearum* biovar 2 in the hills of Nepal[J]. Plant Pathology, 2000, 49(4): 403. DOI: [10.1046/j.1365-3059.2000.00480.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2000.00480.x).
- [26] COUTINHO T A, VENTER S N. *Pantoea ananatis*: an unconventional plant pathogen[J]. Molecular Plant Pathology, 2009, 10(3): 325. DOI: [10.1111/j.1364-3703.2009.00542.x](https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2009.00542.x).

责任编辑: 何馨成