



# Investigation of Occurrence and Distribution of Areca Palm Bacterial Diseases in Hainan Province, China

Tang Qinghua<sup>1,\*</sup>, Wang Yuhang<sup>2</sup>, Yu Fengyu<sup>1</sup>, Huang Shanchun<sup>1</sup>, Liu Shuanglong<sup>2</sup>, Lin Zhaowei<sup>1</sup>, Meng Xiuli<sup>1</sup>, Song Weiwei<sup>1</sup>, Qin Weiquan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Coconut Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Hainan Engineering Research Center of Arecanut Industry, Wenchang, China

<sup>2</sup>School of Plant Protection, Hainan University, Haikou, China

## Email address:

tchuna129@163.com (Tang Qinghua), 2156724037@qq.com (Wang Yuhang), yufengyu17@163.com (Yu Fengyu), hsc8590001@126.com (Huang Shanchun), 2422575840@qq.com (Liu Shuanglong), 412868103@qq.com (Lin Zhaowei), mengxl2020@126.com (Meng Xiuli), songweiwei426@aliyun (Song Weiwei), QWQ268@163.com (Qin Weiquan)

\*Corresponding author

## To cite this article:

Tang Qinghua, Wang Yuhang, Yu Fengyu, Huang Shanchun, Liu Shuanglong, Lin Zhaowei, Meng Xiuli, Song Weiwei, Qin Weiquan. Investigation of Occurrence and Distribution of Areca Palm Bacterial Diseases in Hainan Province, China. *Science Discovery*. Vol. 10, No. 3, 2022, pp. 114-119. doi: 10.11648/j.sd.20221003.14

Received: February 25, 2022; Accepted: May 16, 2022; Published: May 19, 2022

**Abstract:** Areca palm (*Areca catechu* L.) is one of the major palm species which are commercially grown in Hainan Province, China. Bacterial leaf stripe and bacterial leaf spot are two of the main factors restricting the sustainable development of the industry. Though they may burst in certain regions after violent typhoons strike Hainan Island, no reports regarding the occurrence and distribution of the two disease were published in recent 10 years. Meanwhile, the prevalent bacterial disease is also unknown currently. Bacterial diseases were surveyed in in east and middle regions of Hainan Province, where are main areca palm-growing regions, from 2010 to 2022. The results showed that bacterial diseases occur in all the 9 cities or counties investigated. Causal agents were isolated and identified from the diseased samples collected. The pathogen of areca palm leaf spot, *Burkholderia andropogonis* (synonym: *Robbsia andropogonis*) isolates, accounted for 80.65% of the total isolated strains and no isolates of etiology of bacterial leaf stripe, *Xanthomonas campestris* pv. *arecae* (synonym: *Xanthomonas vasicola* pv. *arecae*), were obtained. The results indicated that betel nut bacterial leaf spot was the most prevalent bacterial disease in North-east Hainan Province currently as so far there are two areca palm leaf diseases caused by bacterial pathogens.

**Keywords:** Areca Palm, Bacterial Leaf Spot Disease, Bacterial Leaf Stripe Disease, Distribution

## 海南槟榔细菌性病害的发生及分布情况调查

唐庆华<sup>1\*</sup>, 王宇航<sup>2</sup>, 余凤玉<sup>1</sup>, 黄山春<sup>1</sup>, 刘双龙<sup>2</sup>, 林兆威<sup>1</sup>, 孟秀利<sup>1</sup>, 宋薇薇<sup>1</sup>, 覃伟权<sup>1</sup>

<sup>1</sup>中国热带农业科学院椰子研究所/海南省槟榔产业工程研究中心, 文昌, 中国

<sup>2</sup>海南大学植物保护学院, 海口, 中国

## 邮箱

tchuna129@163.com (唐庆华), 2156724037@qq.com (王宇航), yufengyu17@163.com (余凤玉), hsc8590001@126.com (黄山春), 2422575840@qq.com (刘双龙), 412868103@qq.com (林兆威), mengxl2020@126.com (孟秀利), songweiwei426@aliyun (宋薇薇), QWQ268@sohu.com (覃伟权)

**摘要:** 槟榔 (*Areca catechu* L.) 是海南省一种重要的经济棕榈植物。在槟榔生产中, 细菌性条斑病和细菌性叶斑病是2种威胁产业可持续发展的主要病害。尽管2种病害通常在强台风袭击海南岛后局部爆发, 然而近10年来未见其发生和分

布的相关报道。同时，生产中的哪种细菌病害占据优势地位也不清楚。2010—2022年对海南省东中部主要槟榔种植区的细菌性病害进行了调查。结果表明，在调查的9个市县均有细菌性病害发生。对采集的病样进行了病原分离和鉴定，结果表明分离的菌株中槟榔细菌性叶斑病菌须芒草伯克霍尔德氏菌（*Burkholderia andropogonis*; synonym: *Robbsia andropogonis*）占分离菌株的80.65%，未分离到槟榔细菌性条斑病菌野油菜黄单胞菌槟榔致病变种（*Xanthomonas campestris* pv. *Arecae*; synonym: *Xanthomonas vasicola* pv. *arecae*）。迄今，海南省仅报道2种由细菌引起的槟榔叶部病害，故本研究结果表明槟榔细菌性叶斑病为海南省东北部地区占据优势地位的细菌性病害。

**关键词：** 槟榔，细菌性叶斑病，细菌性条斑病，分布

## 1. 引言

在海南，槟榔是一种重要经济作物。迄今，槟榔已发展成为第一大支柱产业[1]，成为海南中东部地区 230 多万农民的一种主要收入来源。

据统计，槟榔上病害有超过20种[2-5]，包括槟榔黄化病[6-8]、槟榔黄叶病毒病[9-10]、槟榔细菌性叶斑病[11]、槟榔坏死梭斑病毒病[12]、槟榔坏死环斑病毒病[13]、根腐病[3,14]等。根据病原种类可将槟榔病害划分为真菌病害、细菌病害和病毒病害3大类。其中，细菌病害是一类主要为害槟榔叶部的重要病害。目前，中国报道了2种槟榔细菌病害（不包括植原体病害槟榔黄化病），分别为1989年文衍堂和洪祥千报道的细菌性条斑病[15]和2014年笔者报道的细菌性叶斑病[11]。前者症状表现为发病初期叶片上出现暗褐色水渍状小斑点或5~10 mm × 1~4 mm的短条斑，病斑沿着叶脉扩展形成暗绿色至黑褐色条斑，四周有明显的黄色晕圈，严重时许多条斑汇合成大块枯死斑，造成整片小叶枯死[3]。槟榔细菌性叶斑病症状表现为在叶片上形成褐色坏死斑，病斑周围有黄晕；病斑随着叶脉呈不规则扩展，使整片叶片布满斑点，严重的病斑汇成一片，导致整叶干枯死亡[11]。实际上，从文献描述上来看，后者与前者非常相似，这给田间病害诊断带来了困难，为此有必要进行详细研究，区分2种病害症状的异同，从而指导病害防治。此外，海南省位于中国南端（北纬18~20°之间，向东南与菲律宾隔海相望。西太平洋热带气旋的主要源地之一为菲律宾群岛以东和琉球群岛附近海面，这一带是西北太平洋上台风发生最多的地区。热带气旋形成后多从菲律宾向中国的海南省、台湾省、广东省以及越南等地移动，强台风登陆后常给当地农业生产带来严重经济损失。笔者注），四面环海，属热带海洋性季风气候。夏季风期间，台风对降水影响非常大。据统计平均每年直接登陆或影响海南省的台风达6~10个，台风登陆或路过期间都会带来丰富的降雨。洪祥千等[16]（1992）研究发现台风雨是槟榔细菌性条斑病流行的主导因素。笔者团队调查发现自2010年以来文昌、定安等市县多次爆发槟榔细菌性病害，给生产带来了较大损失。然而，自洪祥千等[16]（1992）和唐庆华等[11]（2014）分别于1985—1990年和2010—2012对槟榔细菌性条斑病、槟榔细菌性叶斑病的发生及为害情况调查后，一直未见2种病害发生流行情况的报道。更为重要的是，2种细菌性病害中哪一种病害占据优势地位也未见相关研究。为此，笔者整理了2010年以来的调查和病原鉴

定结果，以期明确海南槟榔细菌性病害的分布及流行情况，确定主要病原及优势病害类型。本研究结果可为海南省槟榔细菌性病害的诊断、预测及防治提供基础依据。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 材料时间及地点

2010—2022年间先后对全省18个市县（不包括三沙市）共计约1200个槟榔园进行了调查。

### 2.2. 调查工具及仪器设备

数码相机、记录本、中性笔、高枝剪、采样袋、记号笔、GPS。仪器设备包括高压灭菌锅、培养箱、摇床、离心机、PCR仪器及电泳仪。

### 2.3. 调查方法

专项调查采用五点调查法[17]进行病害调查。每个槟榔园按照东、西、南、北、中5个方位各选定一个调查点，每点连续调查20株，共计调查100株槟榔，观察症状和发病特点，记录发病株数并统计发病率。同时，记录发病面积并用GPS标记发病槟榔园的位置信息。非专项调查采用随机调查法。

### 2.4. 流行性细菌病害确定

通过病样分离、分子鉴定的方法确定获得的细菌种类、统计病原菌或细菌菌株的比例，进而判断病害类型，最终确定流行性细菌病害。样品采集后放置于采样袋，记录采集时间、地点、坐标和编号。细菌分离参考唐庆华等[11]方法并进行改进。具体方法为：从发病槟榔园内采集新鲜病叶后带回实验室，用自来水冲洗干净，再用75%酒精进行表面消毒，用消毒的剪刀在样品病健交界处剪取0.5~1.0 cm × 0.5~1.0 cm的组织块，将20~30个组织块置于加入5~10 mL灭菌蒸馏水的灭过菌的研钵中，将组织块磨碎后静置10~15 min，然后用接种环在肉汁胨培养基（NA）平板上划线分离细菌。NA平板置于28℃培养箱中培养48~72 h待菌落长出后进行纯化。纯化获得的菌株用细菌基因组DNA提取试剂盒（天根生化科技（北京）有限公司，货号DP302）提取核酸，然后用细菌通用引物F27和1492R进行扩增[11,24]。PCR产物直接快递至生工生物工程（上海）股份有限公司，测序结果在GenBank中进行序列比对分析。

3. 结果与分析

3.1. 海南省槟榔细菌性病害发生及分布

笔者团队从2010年开始先后对全省18个市县近1200个槟榔园（其中，2020年9月—2021年12月在全省槟榔产业可持续发展病虫害专项调研中共调查845个槟榔园）进行了病害调查。根据历年统计数据，文昌、琼海、万宁、三亚、琼中、屯昌、定安、澄迈、海口9市县共有62个槟榔园发生细菌性病害（表1），其症状表现为发病叶片上发生褐色坏死病斑，病斑周围有黄晕，病斑不规则形（图1-3），严重者导致整片叶片黄化干枯（图4）。调查结果表明槟榔细菌性病害在中东部9个市县均有发生。

调查结果显示12年间槟榔细菌性病害分别于2012、2014、2015和2021年在多个市县爆发流行（笔者针对该类病害进行的较详细的调查也是在这4年开展，其中2012年和2021—2022年进行了较为集中的病害专项调查和病原鉴定工作）。其中，2012年调查发现文昌市、琼海市、定安县和三亚市均有发病，其中文昌市发病严重。2014年爆发流行市县包括万宁市、琼海市和文昌市。2015年定安县、万宁市、文昌市、澄迈县、琼中县有发病。其中，文昌市和定安县发病较重，重病园发病率高达100%（图5-6）。2021年屯昌县、定安县、海口市、文昌市和琼海市发病。其中，定安、海口、文昌局部发生较重，重病园全园发病。



图1 槟榔细菌性病害叶片症状。



图2 槟榔细菌性病害叶片症状。



图3 槟榔细菌性病害整叶症状。



图4 槟榔整株发病。



图5 槟榔细菌性叶斑病全园发病照片。



图6 台风后槟榔园遭严重破坏。

表1 2010—2022年槟榔细菌性病害调查表。

序号	调查时间	地点	发病率%
1	2010.09.01	文昌市昌洒镇昌吉西村	62.4
	2012.03.18	文昌市昌洒镇昌吉西村	100.0



序号	调查时间	地点	发病率%
2	2012.06.11	琼海市长坡镇龙湾港经济开发区	零星发生
3	2012.06.11	琼海市塔洋镇	60.0
4	2012.09.21	定安县龙河镇茅石头村	80.0
5	2012.09.21	定安县龙河镇茅叶基地	100.0
6	2012.09.22	琼海市白石岭公园	90.0
7	2012.12.30	三亚市万科森林度假公园	10.0
	2015.02.24	三亚市万科森林度假公园	43.6
8	2014.05.20	万宁市北山镇大塘村	40.5
9	2014.10.10	万宁市北山镇苗二村	100.0
10	2014.11.06	万宁市长丰镇黄山林果场	100.0
11	2014.11.07	琼海市白石岭公园	76.6
12	2014.11.26	椰子研究所槟榔种质资源圃	100.0
13	2014.12.30	文昌市昌洒镇芽村	100.0
14	2015.01.08	文昌市南阳镇南联村委会	100.0
15	2015.02.02	三亚市凤凰镇高峰乡抱前村	85.9
16	2015.03.18	定安县龙河镇白水塘村	100.0
17	2015.03.18	定安县龙河镇龙弄村	100.0
18	2015.03.18	龙河镇乌盖村	100.0
19	2015.03.18	万宁市三更罗镇内岭村委会头村	76.5
20	2015.03.18	万宁市长丰镇七甲村委会	64.0
21	2015.03.26	文昌市昌洒镇大坡山村	86.8
22	2015.04.18	澄迈县老城镇罗驿村	100.0
23	2015.05.07	琼中县黎母山镇黎母山林场	100.0
24	2019.12	万宁市山根镇六连林场	零星发生
25	2020.03	文昌市大坡镇橡胶研究所	50.0
26	2020.03	文昌市迈号镇下村	零星发生
27	2021.12.14	文昌市南阳镇美文村	100.0
28	2021.12.09	屯昌县屯城镇花料村	100.0
29	2021.12.09	定安县龙河镇秧园村	100.0
30	2021.12.09	定安县龙河镇绿林村	100.0
31	2021.12.09	定安县龙门镇龙三塘村	100.0
32	2021.12.09	定安县龙河镇龙介村	零星发生
33	2021.12.09	黄竹镇南海农场	100.00
34	2021.12.09	定安县黄竹镇山翠村	
35	2021.12.09	文昌市蓬莱镇1	100.0
36	2021.12.09	文昌市蓬莱镇2	100.0
37	2021.12.09	文昌市蓬莱镇上岭村	100.0
38	2021.12.24	海口市旧州镇若干村	10.0
39	2021.12.24	海口市旧州镇美添村	20.0
40	2021.12.24	海口市红旗镇坤太村	100.0
41	2021.12.24	海口市红旗镇龙发村	100.0
42	2021.12.24	海口市红旗镇福坡村	100.0
43	2021.12.24	海口市三门坡镇佳巷村	100.0
44	2021.12.24	海口市三门坡镇文岭村	100.0
45	2021.12.24	海口市大坡镇硬骨村	100.0
46	2021.12.24	海口市大坡镇龙村	100.0
47	2021.12.24	海口市大坡镇象塘村	43.00
48	2021.12.24	海口市大坡镇桃村	36.0
49	2021.12.24	文昌文城镇南亚村	23.0
50	2021.12.24	文昌文城镇南亩村	32.0
51	2021.12.27	屯昌县帮石坡村	100.0
52	2022.01.02	琼海市塔洋镇红星村	零星发生
53	2021.11.30	定安县岭口镇大塘村	零星发生
54	2021.11.30	定安县黄竹镇	100.0
55	2022.01.12	屯昌屯城镇深水村3	100.0
56	2022.01.12	屯昌屯城镇深水村4	100.0
57	2022.01.12	屯昌屯城镇加三坡村5	100.0
58	2022.01.12	屯昌屯城镇加三坡村6	100.0
59	2022.01.12	定安岭口鲁古井村农场	零星发射
60	2022.01.13	琼海市大路镇东红农场一队1	65.0
61	2022.01.13	琼海市大路镇东红农场一队2	85.0
62	2022.01.13	琼海市大路镇茶园村	零星发生

### 3.2. 海南省东北部地区槟榔流行性细菌性病害为槟榔细菌性叶斑病

通过12年来的病害调查、病原分离，笔者团队在琼海、文昌、定安、屯昌、海口5市县共获得93个细菌菌株（表2），分子鉴定结果显示有75个被鉴定为须芒草伯克霍尔德氏菌 *Burkholderia andropogonis*（在最新的分类系统中该菌现已被重新命名 *Robbsia andropogonis*）[18]，占全部菌株的80.65%。其他14个菌株经鉴定为菠萝泛菌（*Pantoea ananatis*）、藤黄短小杆菌（*Curtobacterium luteum*）、柠檬色短小杆菌（*Curtobacterium citreum*）等内生菌。鉴定结果显示93个菌株中我们并没有获得先前报道的槟榔细菌性条斑病菌野油菜黄单胞菌槟榔致病变种 *X. campestris* pv. *arecae*（在最新的分类系统中该菌现已被重新命名 *Xanthomonas vasicola* pv. *arecae*）[19]。因此，上述结果表明海南省东北部地区主要流行性细菌病害为槟榔细菌性叶斑病。

表2 获得的细菌分离物统计结果。

细菌类别	数量/株	比例/%
伯克氏菌 <i>Burkholderia</i> （ <i>Robbsia</i> ）	75	80.65
黄单胞菌 <i>Xanthomonas</i>	0	0
芽孢杆菌 <i>Bacillus</i>	2	2.15
短小杆菌 <i>Curtobacterium</i>	6	6.45
泛菌 <i>Pantoea</i>	3	3.23
鞘氨醇单胞菌 <i>Sphingomonas</i>	3	3.23
其他	4	4.30

## 4. 结论与讨论

近12年来的病害调查结果显示，槟榔细菌性病害在文昌、琼海、万宁、三亚、琼中、屯昌、定安、澄迈、海口9市县均有发生。其中东北部的文昌、琼海、屯昌、定安、海口5市县为细菌性病害流行区。

迄今，已报道的槟榔细菌性病害有细菌性条斑病和细菌性叶斑病。细菌性条斑病于1947年首次在印度发现[2]，病原被鉴定为野油菜黄单胞菌槟榔致病变种（*Xanthomonas campestris* pv. *arecae*）[20-23]。1989年，文衍堂等报道海南省发生细菌性条斑病。槟榔细菌性叶斑病于2007在中国台湾省首次报道，由须芒草伯克霍尔德氏菌（*Burkholderia andropogonis*；synonym: *Robbsia andropogonis*）[18]）侵染引起[24]。2014年，笔者团队报道了海南省文昌市发生细菌性叶斑病。为了明确细菌性病害种类，本研究对文昌、琼海、屯昌、定安和海口5市县从分离获得的93个细菌菌株进行了分子鉴定，结果有80.65%的菌株（75个）被鉴定为槟榔细菌性叶斑病菌 *B. andropogonis*（synonym: *Robbsia andropogonis*），其他均为槟榔内生菌。同时，结果显示0个菌株被鉴定为细菌性条斑病菌 *Xanthomonas campestris* pv. *arecae*（synonym: *Xanthomonas vasicola* pv. *arecae*）[19]。因此，本研究结果表明海南东北部地区（文昌、琼海、屯昌、定安和海口）槟榔流行性细菌病害为细菌性叶斑病。近年来，随着分子生物学技术的发展，一些细菌在分类系统中的地位发生了较大变化。例如，*Burkholderia andropogonis*现已被重新命名为 *Robbsia andropogonis* [18]，*Xanthomonas campestris*

pv. *arecae* 也被重新命名为 *Xanthomonas vasicola* pv. *Arecae* [19]。

根据洪祥千等调查结果[16], 屯昌和琼海市有槟榔细菌性条斑病发生, 而本研究未在2个市县分离到槟榔细菌性条斑病菌, 这可能是近年来未发遭受大的台风侵袭的原因, 从而导致槟榔细菌性条斑病菌并不普遍。至于槟榔细菌性条斑病菌的发生、分布及为害情况尚待进一步研究。此外, 由于未发现槟榔细菌性条斑病, 目前暂时无法区分2种细菌性病害症状的异同。

调查发现槟榔细菌性病害易于在台风后爆发流行, 随雨水扩散蔓延。例如, 2014年海南省连续遭受强台风“威马逊”和“海燕”的肆虐, 造成病害大流行, 文昌、琼海、定安等市的部分槟榔园发病率超过60%, 另有部分槟榔园发病率高达100%。台风“威马逊”过后不仅造成细菌性叶斑病大流行, 同时引起椰心叶甲扩散蔓延并造成文昌市蓬莱镇许多槟榔园内的植株折断、倒伏(图6), 进一步加重了危害。据调查, 在台风、细菌性叶斑病和椰心叶甲的综合影响下蓬莱镇部分槟榔园产量减少超过80%, 造成了巨大的经济损失。2015年之后海南连续多年未发生大的台风袭击, 文昌市、定安县曾发病的乡镇细菌性病害一度非常少见。2021年10月海南省北部几个市县(琼海、文昌、定安、屯昌)再次遭遇台风“圆规”, 细菌性病害在定安、海口、文昌3个市县(台风中心过境)的局部乡镇再次爆发, 从海口市云龙镇—文昌市蓬莱镇—定安县黄竹镇223国道和黄竹镇—屯昌县屯昌镇302省道沿线的槟榔园普遍发病, 重病园发病率超过90%。

本调查发现槟榔细菌性病害在三亚、陵水、万宁、琼海9等市县均有发生, 其中文昌、海口、定安、屯昌、琼海为槟榔细菌性叶斑病流行区。因细菌性病害常在台风和雨季爆发, 严重影响槟榔的生长和产量。因此, 有必要在台风前后对开展预防和防治工作, 从而确保槟榔产业持续健康发展。

## 致谢

本文为海南省重大科技计划项目(ZDKJ201817)、海南省院士创新平台科研专项(YSPTZX202138)、海南省院士创新平台资金(槟榔黄化病综合防控)的阶段性成果之一。在槟榔细菌性叶斑病调查及病原鉴定过程中, 原华南热带作物学院文衍堂教授和中国检验检疫科学研究院赵文军博士给予了无私帮助, 海南热带海洋学院本科实习生王慧卿和孙贞菊参与了部分病原鉴定工作, 在此一并表示衷心感谢。

## 参考文献

[1] 唐庆华, 宋薇薇, 于少帅, 牛晓庆, 覃伟权. 槟榔黄化病病原研究及防控中存在的问题及展望[J]. 植物保护, 2021, 47(4): 6-11。

[2] Balasimha D, Rajagopal V. Arecanut[M]. Mangalore: Indian Council of Agricultural Research-Central Plantation Crops Research Institute, Karavali Colour Cartons Ltd., 2004.

[3] 李增平, 罗大全. 槟榔病虫害田间诊断图谱[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 1-62。

[4] 唐庆华, 宋薇薇, 黄惜, 万迎朗. 槟榔主要病虫害原色图谱[M]. 北京: 中国农业出版社, 2021: 1-51。

[5] 车海彦, 曹学仁, 沈文涛, 黄丽云, 罗大全. 海南槟榔苗期主要病虫害种类调查[J]. 热带农业科技, 2021, 44(1): 37-40, 46。

[6] 车海彦, 吴翠婷, 符瑞益, 温衍生, 叶莎冰, 罗大全. 海南槟榔黄化病病原物的分子鉴定[J]. 热带作物学报, 2010, 31(1): 83-87。

[7] 周亚奎, 甘炳春, 张争, 隋春, 魏建和, 杨云, 杨新全. 利用巢式PCR对海南槟榔(*Areca catechu* L.)黄化病的初步检测[J]. 中国农学通报, 2010, 26(22): 381-384。

[8] Yu SS, Che HY, Wang SJ, Lin CL, Lin MX, Song WW, Tang QH, Qin WQ. Rapid and efficient detection of 16SrI group arecanut yellow leaf disease in China by loop-mediated isothermal amplification targeting 16S rDNA [J]. Plant Pathology Journal, 2020, 36(5): 459-467.

[9] Wang HX, Zhao RB, Zhang HW, Cao XM, Li ZT, Zhang Z, Zhai JL, Huang X. Prevalence of yellow leaf disease (YLD) and its associated areca palm velarivirus 1 (APV1) in betel palm (*Areca catechu*) plantations in Hainan, China [J]. Plant disease, 2020, 104(10): 2556-2562.

[10] 牛晓庆, 林兆威, 杨德洁, 孟秀丽, 唐庆华, 宋薇薇. 海南万宁黄叶槟榔病毒病发生情况和症状分析[J]. 热带作物学报, 2021, 42(11): 3073-3078。

[11] 唐庆华, 张世清, 牛晓庆, 朱辉, 余凤玉, 宋薇薇, 覃伟权. 海南槟榔细菌性叶斑病病原鉴定[J]. 植物病理学报, 2014, 44(6): 700-704。

[12] Yang K, Ran M, Li Z, Hu M, Zheng L, Liu W, Jin P, Miao W, Zhou P, Shen WT, Cui HG. Analysis of the complete genomic sequence of a novel virus, areca palm necrotic spindle-spot virus, reveals the existence of a new genus in the family Potyviridae [J]. Archives of Virology, 2018, 163(12): 3471-3475.

[13] Yang K, Ran MY, Li Y, Li ZP, Miao WG, Wang AM, Cui HG. Areca palm necrotic ringspot virus, classified within a recently proposed genus *Arepavirus* of the family Potyviridae, is associated with necrotic ringspot disease in areca palm [J]. Phytopathology, 2019, 109(5): 887-894.

[14] 杨德洁, 余凤玉, 牛晓庆, 宋薇薇, 唐庆华, 覃伟权. 一种新的槟榔根腐病病原菌鉴定[J]. 热带作物学报, 2021, 42(11): 3073-3078。

[15] 文衍堂, 洪祥千. 海南岛槟榔细菌性条斑病病原菌鉴定[J]. 热带作物学报, 1989, 10(1): 77-82。

[16] 洪祥千, 陈家俊, 叶清仰, 余映忠, 陈勇辉. 海南岛槟榔细菌性条斑病的发生规律[J]. 热带作物学报, 1992, 13(1): 87-94。

- [17] 方中达. 植物研究方法[M] (第三版). 北京: 中国农业出版社, 1998: 11-13。
- [18] Lopes-Santos L, Castro DBA, Ferreira-Tonin M, Corrêa DBA, Weir BS, Park D, Ottoboni LMM, Neto JR, Destéfano SAL. Reassessment of the taxonomic position of *Burkholderia andropogonis* and description of *Robbsia andropogonis* gen. nov., comb. nov. [J]. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 2017, 110: 727-736.
- [19] Studholme DJ, Wicker E, Abrare SM, Aspin A, Bogdanove A, Broders K, Dubrow Z, Grant M, Jones JB, Karamura G, Lang J, Leach J, Mahuku G, Nakato GV, Coutinho T, Smith J, Bull CT. Transfer of *Xanthomonas campestris* pv. *arecae* and *X. campestris* pv. *musacearum* to *X. vasicola* (Vauterin) as *X. vasicola* pv. *arecae* comb. nov. and *X. vasicola* pv. *musacearum* comb. nov. and Description of *X. vasicola* pv. *vasculorum* pv. nov. [J]. *Phytopathology*, 2020, 110 (6): 1153-1160.
- [20] Rao Y P and Mohan S K. A new bacterial leaf stripe disease of arecanut (*Areca catechu*) in Mysore state [J]. *Indian Phytopathology*, 1970, 23: 702-704.
- [21] Rao Y P and Mohan S K. Bacterial leaf stripe of arecanut caused by *Xanthomonas arecae* sp. Nov [J]. *Indian Phytopathology*, 1976, 29: 251-255.
- [22] Sampath Kumar S. N. Bacterial leaf stripe disease of arecanut (*Areca catechu* L.) caused by *Xanthomonas campestris* pv. *Arecae* [D]. Indian Institute of Science, Bangalore, India. 1981: 190.
- [23] Padmaja G, Uma Devi G, Yugander A, Srinivas C, Durga Rani Ch V, Sundaram R M, Laha G S. Biochemical characterization of *Xanthomonas campestris* pv. *arecae* causing leaf stripe in arecanut [J]. *Indian Journal of Plant Protection*, 2017, 45 (2): 19.
- [24] 许秀惠, 赖婉绮, 潘雅碧, 林俊义. *Burkholderia andropogonis* 引起之槟榔叶斑病及药剂筛选[J]. *植物病理学会刊*, 2007, 16: 131-139。