

甘蔗种质资源的梢腐病抗性评价

张 池¹, 许誉芝¹, 魏乙斌¹, 姜春秀¹, 杨世常², 李火建¹, 伍玉玲¹, 陈 珺¹,
曾力方¹, 黄凤敏³, 杨光琴², 张木清^{1*}, 暴怡雪^{1*}

1. 广西大学农学院/亚热带农业生物资源保护与利用国家重点实验室, 广西南宁 530004; 2. 德宏州甘蔗科学研究所, 云南陇川 678707; 3. 扶绥县农业农村局, 广西崇左 532100

摘 要: 甘蔗梢腐病是我国甘蔗的主要病害之一, 严重影响甘蔗的产量, 给甘蔗产业带来了很大的经济损失。筛选和培育抗梢腐病甘蔗种质是最为经济、有效的防治手段。本研究通过在广西丁当和云南德宏进行为期 3 a 的田间试验, 分析 2015—2017 年甘蔗梢腐病的田间自然发病数据, 评价了我国选育引进的 98 份甘蔗种质的抗病性, 旨在为甘蔗抗病育种提供数据参考。结果表明: 梢腐病在不同地区表现出显著差异, 平均发病率和病情指数均显示为丁当 > 德宏。联合方差分析表明, 种质、年份、地点、月份、种质 × 年份、种质 × 地点、地点 × 月份均对梢腐病的发病率和病情指数具有极显著影响 ($P < 0.001$)。其中, 种质和年份对甘蔗梢腐病的影响最大, 表明梢腐病主要受遗传因素和环境因素控制。比较不同地点的气象条件发现, 梢腐病发病程度与气温和年降雨量呈现正向相关趋势。在 98 个甘蔗种质中, 16 个种质表现为高抗, 占比 16.33%; 32 个种质表现为抗病, 占比 32.65%; 18 个种质表现为中抗, 占比 18.37%; 24 个种质表现感病, 占比 24.49%; 8 个种质表现高感, 占比 8.16%。其中, 高抗甘蔗种质 CP94-1100、Q202、ROC21、ROC23、粤糖 93-159、桂糖 02-1247、桂糖 02-208、桂糖 02-761、桂糖 03-1403、粤甘 16、桂糖 05-3846、桂糖 05-827、ROC22、粤糖 00-236、粤糖 89-240 和粤糖 94-128 可考虑用作亲本进行抗病育种。而表现为高感的甘蔗种质 CP72-2086、PINDAR、ROC26、桂糖 02-619、桂糖 05-2743、桂糖 05-322、柳城 03-182、水电 25 则需要谨慎应用。总之, 本研究筛选出在不同环境下具有稳定抗性的种质, 对后续种质的利用和抗性种质的选育具有重要意义。

关键词: 甘蔗; 梢腐病; 抗性评价

中图分类号: S432.4; S566.1

文献标志码: A

Resistance Evaluation of Sugarcane Germplasm Against Pokkah Boeng Disease

ZHANG Chi¹, XU Yuzhi¹, WEI Yibin¹, JIANG Chunxiu¹, YANG Shichang², LI Huojian¹, WU Yuling¹,
CHEN Jun¹, ZENG Lifang¹, HUANG Fengmin³, YANG Guangqin², ZHANG Muqing^{1*}, BAO Yixue^{1*}

1. College of Agriculture, Guangxi University / State Key Laboratory for Conservation and Utilization of Subtropical Agro-Bioresources, Nanning, Guangxi 530004, China; 2. Dehong Sugarcane Research Institute, Longchuan, Yunnan 678707, China; 3. Fusui Agriculture and Rural Bureau, Chongzuo, Guangxi 532100, China

Abstract: Sugarcane pokkah boeng disease (PBD) is a major disease of sugarcane in China, which severely affects the yield of sugarcane and causes significant economic losses. Selection and cultivation of PBD resistant sugarcane germplasms is the most economical and effective control method. In this study, a three-year field experiment was conducted in Dingdang of Guangxi, and Dehong of Yunnan to analyze the natural disease data of sugarcane PBD from 2015 to 2017. The objective was to evaluate the disease resistance of 98 sugarcane germplasms in China and provide a reference for breeding disease-resistant sugarcane. The results indicated significant difference between different regions, with the

收稿日期 2024-05-30; 修回日期 2024-07-10

基金项目 广西自然科学基金项目 (No. 2024GXNSFAA010441); 国家现代农业产业技术体系 (糖料) 专项基金 (No. CARS170109)。

作者简介 张 池 (2000—), 男, 硕士研究生, 研究方向: 甘蔗遗传育种。*通信作者 (Corresponding author): 张木清 (ZHANG Muqing), E-mail: zmuqing@163.com; 暴怡雪 (BAO Yixue), E-mail: baoyixue57319@163.com。

average incidence and disease index higher in Dingdang than Dehong. Joint analysis of variance (ANOVA) showed that germplasms, year, location, month, germplasms×year, germplasms×location and location×month had a significant impact on the incidence and disease index of tip rot ($P<0.001$). Among them, genotype and year had the greatest impact, indicating that PBD is mainly controlled by genetic and environmental factors. A comparison of meteorological conditions at various locations revealed a positive correlation trend between the PBD occurrence, air temperature, and annual rainfall. The 98 sugarcane germplasms were categorized into five groups, out of which 16 (16.33%) were highly resistant, 32 (32.65%) were resistant, 18 (18.37%) were moderately susceptible, 24 (24.49%) were susceptible, and 8 (8.16%) were highly susceptible. Highly resistant germplasms such as CP94-1100, Q202, ROC21, ROC23, Yuetang 93-159, Guitang 02-1247, Guitang 02-208, Guitang 02-761, Guitang 03-1403, Yuegan 16, Guitang 05-3846, Guitang 05-827, ROC22, Yuetang 00-236, Yuetang 89-240, and Yuetang 94-128 are recommended as the parents for disease resistance breeding. Conversely, highly susceptibility germplasms such as CP72-2086, PINDAR, ROC26, Guitang 02-619, Guitang 05-2743, Guitang 05-322, Liucheng 03-182, and Shuidian 25, should be used with caution. This study distinguished germplasms with stable resistance in different environments, which is significant for germplasm utilization and the breeding of resistant germplasms.

Keywords: sugarcane; pokkah boeng disease; resistance evaluation

DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2024.11.011

甘蔗 (*Saccharum* spp.) 是世界上重要的糖料作物和经济作物, 其产糖量占世界总量的 70%, 中国的甘蔗主要产自广西和云南^[1]。甘蔗梢腐病 (pokkah boeng disease, PBD) 是由镰刀菌复合种引起的气传性真菌性病害^[2-3], 在高温多湿的条件下病原菌会随气流、雨水快速传播, 入侵危害甘蔗生长点和幼叶部位, 轻微感染导致甘蔗出现叶片基部褪绿、皱缩, 影响甘蔗光合作用^[4-5]。严重时甘蔗梢部腐烂, 节间扭曲缩短, 甚至整株甘蔗枯死, 导致甘蔗产量和糖分明显下降^[6-7]。

甘蔗梢腐病最早于 1896 年在印度尼西亚爪哇岛的甘蔗品种 POJ2878 中发现, 随着感病品种 POJ2878 的推广种植逐步发展为全球性病害^[2]。在印度, 2012—2013 年, 易感品种 S224/30 的发病率高达 90%, 抗病品种 CoSe01434 的发病率也高达 30%, 不同蔗区调查发现甘蔗梢腐病几乎影响了所有甘蔗品种^[7]。在中国, 1989 年甘蔗梢腐病在广东东莞爆发, 栽培品种粤糖 57-423 和粤糖 54-176 高度感病, 发病率高达 30%~50%, 部分地区甚至达到 80% 以上, 受害面积达到 867 公顷, 每亩减产 1000~2000 kg, 产量减少 10%~20%^[8]。此外, 由于国内种植的甘蔗品种相对单一, 且蔗农为了提高产量大量施用氮肥, 导致甘蔗梢腐病日趋严重^[9]。近年来, 我国甘蔗梢腐病已呈现全年流行的趋势^[10]。

目前, 国内外对于甘蔗梢腐病的研究主要集中在病原菌的分离鉴定^[5, 11]、生物学特性^[12-13]等方面, 对甘蔗梢腐病的危害情况、防控和田间抗性评价的报道仍然较少。单红丽等^[14]采用田间自

然发病率调查方法对我国近年选育的 60 个新品种和 31 个主栽品种进行了梢腐病田间自然抗性评价, 筛选出 10 个高抗品种。田春艳等^[15]以 161 份云瑞甘蔗种质为研究对象, 进行梢腐病抗性鉴定及农艺性状分析, 共筛选出 30 份高抗品种, 其中云瑞 04-145 和云瑞 05-283 等 27 份材料不仅抗梢腐病, 还具有高产高糖育种潜力。这些调查结果说明我国大部分主栽品种对梢腐病都比较敏感, 而培育和筛选抗病品种成为梢腐病防治工作的重中之重。

我国抗梢腐病甘蔗品种选育起步较晚, 关于甘蔗抗梢腐病的田间抗性评价报道较少。本研究于 2015—2017 年采用田间自然发病率调查方法对 98 个优良甘蔗种质进行自然抗性评价, 明确各品种对甘蔗梢腐病的抗性水平, 为甘蔗梢腐病的防控提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

选用中国最近选育引进的 98 个甘蔗种质作为抗甘蔗梢腐病鉴定材料, 包括广西农业科学院 33 个桂糖 (GT) 系列种质, 云南省农业科学院的 2 个云蔗 (YZ) 系列种质, 福建农林大学的 6 个福农 (FN) 系列种质, 广西柳城县甘蔗研究中心的 2 个柳城 (LC) 系列种质, 广东省科学院的 8 个粤糖 (YT) 种质、3 个粤甘 (YG) 种质, 8 个台湾的新台糖 (ROC) 系列种质; 美国的 13 个运河点 (CP) 系列种质, 以及其他系列种质 23 个。

1.2 方法

1.2.1 数据来源 气象数据由中国气象局提供，主要来自广西隆安县丁当镇和云南德宏傣族景颇族自治州，如图 1 和图 2 所示。

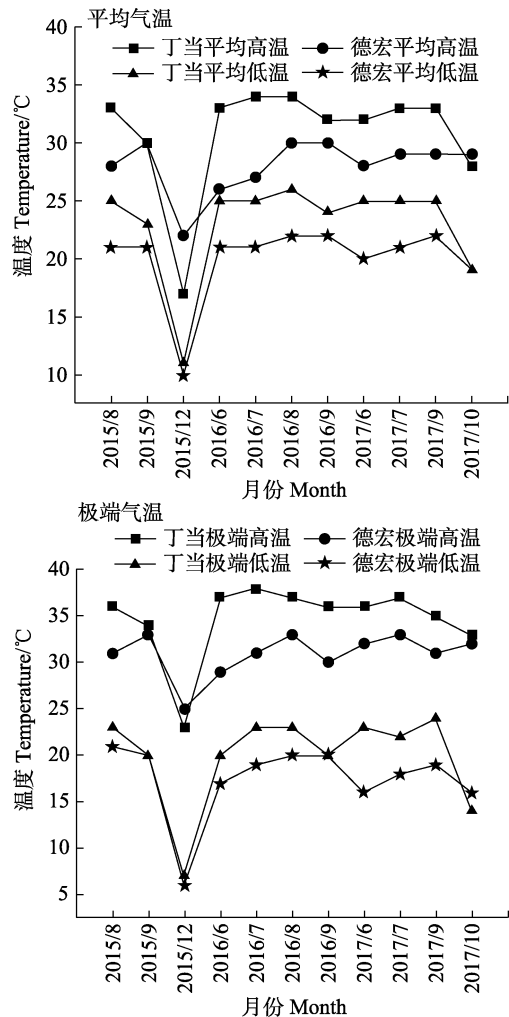


图 1 试验期（2015—2017 年）丁当和德宏的温度
Fig. 1 Temperature in Dingdang and Dehong during trial period (2015—2017)

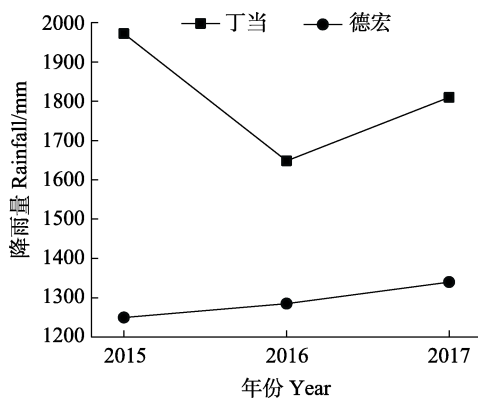


图 2 试验期（2015—2017 年）丁当和德宏的降雨量
Fig. 2 Rainfall in Dingdang and Dehong during trial period (2015—2017)

1.2.2 田间试验设计及管理 共设 2 个试验地点，分别位于云南省德宏傣族景颇族自治州（24°24'N，97°87'E）和广西壮族自治区南宁市隆安县丁当镇（23°12'N，107°97'E）。试验于 2015—2017 年进行，包括 1 a 新植蔗和 2 a 宿根蔗。选择具有代表性，中上等肥力水平试验地。采用随机区组设计，3 次重复，各材料每个重复各种植 1 行，行长 5 m，行宽 1.4 m，行内间距为 0.6 m。播种后，施用 1 次苗前除草剂。生长季内，不喷施杀菌剂。施肥耕作与当地实际生产一致。

1.2.3 调查方法 于 2015 年 8、9、12 月，2016 年 6、7、8、9 月和 2017 年 6、7、9、10 月连续 3 a 分别调查 2 个试验地点新植蔗和宿根蔗的梢腐病发病情况，每个重复的每行材料全部调查，包括有效茎数、发病株树和对应的发病等级。分级标准、发病率及病情指数计算参照《甘蔗梢腐病抗性评价技术规程 T/CSTC 02—2023》进行（表 1）。发病率（IC）计算公式： $IC = \text{病株数} / \text{调查总株数} \times 100\%$ ；病情指数（DI）计算公式： $DI = [\sum (n_i \times v_i) / 4N] \times 100$ ， n 代表所在病级的样本数， v 代表发病等级， N 代表调查总株数。

表 1 甘蔗梢腐病田间调查分级标准	
Tab. 1 Grading standard of sugarcane PBD severity in field	
病害级别 Grading standard	症状 Symptom
0 级	无症状
1 级	1~2 张叶片有症状，即叶片基部或其他部分褪绿；轻微皱缩呈波纹状；有少许红褐色斑点或条纹
2 级	3~4 张叶片有以下症状，即心叶皱缩呈阶梯状，显著黄化、扭曲、纠缠且有红褐色条纹；叶片缠绕扭曲或缺刻，出现褐色病斑
3 级	4 张叶片以上有以上症状，或多片叶明显褶皱、扭曲、缠绕，有明显的红褐色条病斑，叶子变短并呈匕首状，生长受阻，但蔗株尚未出现顶腐
4 级	心叶和生长点腐烂死亡，梢部幼嫩组织形成顶腐状，整个顶端死亡或长出侧芽

1.3 数据处理

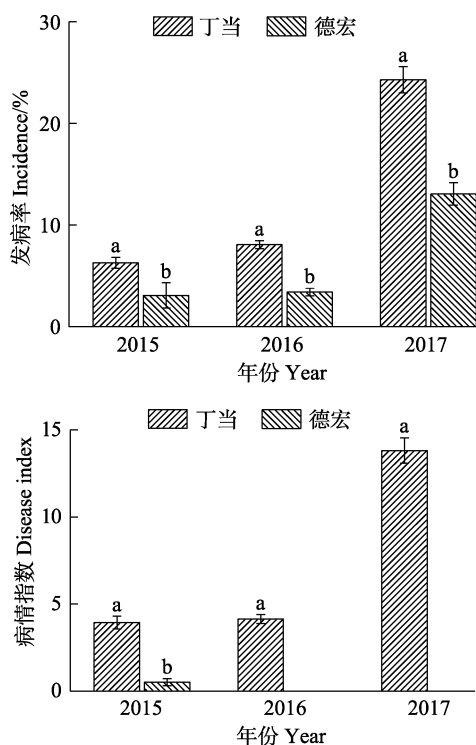
利用 Excel 2019 软件对表型数据进行记录与处理。利用 R 语言和 SPSS 25.0 软件进行方差分析和相关分析将同一年中不同月份数据汇总，并求出最大值，将发病率和病情指数进行标准化转换，采用 Ward 和欧氏距离的方法进行聚类分析。

2 结果与分析

2.1 不同地点和月份甘蔗梢腐病发生情况

2015—2017 年，对 98 份自然发病的甘蔗进

行了多年多点梢腐病病害调查（图 3）。田间自然发病的条件下，甘蔗梢腐病在不同地域表现出显著性差异。根据发病率和病情指数，2 个地点的梢腐病发病程度为：丁当>德宏。同一地点随着年份增加，发病率和病情指数也逐年增加。具体来看，2016 年相比于 2015 年，丁当的发病率增加了 0.5%，2017 年相比于 2016 年增加了 17.5%；2016 年相比于 2015 年，德宏的发病率增加了 0.34%，2017 年相比于 2016 年增加了 9.65%。从病情指数来看，2016 年相比于 2015 年，丁当增加了 0.19，2017 年相比于 2016 年增加了 9.68。相比 2015 年的新植蔗，2016 年的宿根蔗梢腐病发病程度略微增加。整体试验显示宿根蔗梢腐病的发病程度比新植蔗严重，可能是由于甘蔗病株和残叶还田导致甘蔗梢腐病的病原体在田间富集，增加了宿根蔗梢腐病的严重程度。除此之外，也可能受不同年份气候条件的影响。



不同小写字母表示同一年份差异显著（ $P<0.05$ ）。
Different lowercase letters indicate significant difference in the same year ($P<0.05$).

图 3 不同时间、地点甘蔗梢腐病发病率和病情指数
Fig. 3 Incidence and disease index of sugarcane PBD at different time and place

2.2 联合方差分析

通过多元方差分析对 2 a 收集的表型数据进行分析（表 2），发现种质、年份、地点、月份、

重复、种质×年份、种质×地点和地点×月份对梢腐病的发病率（IC）和病情指数（DI）均达到极显著差异（ $P<0.001$ ）。重复之间也表现出极显著差异（ $P<0.001$ ），说明试验重复的梢腐病数据不稳定。然而，种质×年份×月份对发病率和病情指数并无显著影响。具体来说，种质×地点对发病率的影响差异极显著（ $P<0.001$ ），而病情指数则无显著差异，表明病情指数在种质和地点交互作用下更为一致。种质在发病率中的方差贡献率为 13.66%，年份为 18.72%，地点为 3.33%，月份为 3.51%，重复为 1.08%。而种质×年份、种质×地点、年份×地点、种质×月份、年份×月份、种质×地点×年份和种质×月份×年份的方差贡献率分别为 11.11%、3.37%、0.94%、8.94%、2.08%、7.18%

表 2 98 份甘蔗发病率和病情指数的方差分析
Tab. 2 Variance analysis for incidence and disease index in 98 sugarcane samples

变异来源		自由度	均方	F 值	方差占比
Source of variation		df	Mean Sq	F value	SS/%
发病率	种质	97	648	8.522***	13.66
	年份	2	43 072	566.722***	18.72
	地点	1	15 300	201.308***	3.33
	月份	5	3231	42.516***	3.51
	重复	3	1658	21.817***	1.08
	种质×年份	190	269	3.540***	11.11
	种质×地点	87	178	2.344***	3.37
	年份×地点	2	2157	28.383***	0.94
	种质×月份	435	94	1.243**	8.94
	年份×月份	3	3183	41.877***	2.08
	种质×年份×地点	161	205	2.701***	7.18
病情指数	种质×年份×月份	259	55	0.730	3.12
	误差	1390	76		22.96
	种质	97	215	9.217***	16.98
	年份	2	14 806	634.644***	24.10
	地点	1	762	32.656***	0.62
	月份	5	891	38.173***	3.62
	重复	3	1160	49.717***	2.83
	种质×年份	174	102	4.387***	14.49
	种质×地点	86	13	0.553	0.90
	种质×月份	435	27	1.170*	9.66
	年份×月份	3	1138	48.765***	2.78
	种质×年份×月份	260	19	0.807	3.98
	误差	1055	23		20.03

注：***为差异极显著（ $P<0.001$ ）；**为差异显著（ $P<0.01$ ）；
*为差异显著（ $P<0.05$ ）。
Note: *** indicates extremely significant difference ($P<0.001$);
** indicates significant difference ($P<0.01$); * indicates significant difference ($P<0.05$).

和 3.12%。在病情指数中,种质的方差贡献率为 16.98%,年份为 24.10%,地点为 0.62%,月份为 3.62%,重复为 2.83%。同时,种质×年份、种质×地点、种质×月份、年份×月份和种质×年份×月份的方差贡献率分别为 14.49%、0.90%、9.66%、2.78%和 3.98%。综上所述,甘蔗梢腐病的抗性主要受年份和种质影响,地点和月份也存在显著差异。因此,在田间评价时应考虑在多个环境或多年进行评估。

2.3 甘蔗梢腐病发生与环境的关系

本研究统计了 2015—2017 年丁当和德宏的历史气温和年降雨量,由图 1 和图 2 可知,在 2015—2017 年德宏的平均气温、极端气温和年降雨量明显低于丁当,本研究结果中德宏 3 a 发病率也明显低于丁当。丁当 2017 年年降雨量较 2016 年增加 162.2 mm,较 2015 年减少 162.2 mm;德宏 2017 年年降雨量较 2016 年增加 55.6 mm,较 2015 年增加 111.7 mm,结合图 3 中甘蔗梢腐病的发生情况发现,丁当和德宏地区 2015—2017 年梢腐病的发生与其气温和降雨量呈现正向相关趋势。因此,推测这 2 个地点梢腐病发生的差异主要受到气温和降雨量的影响。

2.4 参试甘蔗材料梢腐病抗性评价

通过对梢腐病 3 a 的表型数据进行分析,得到

平均、最大发病率和病情指数, XU 等^[16]利用多年甘蔗梢腐病发病率和病情指数分析有利于准确获得甘蔗品种的抗病性水平。因此,本研究利用不同年份和不同地点的最大发病率和病情指数,通过聚类分析进行抗病性评价(表 3)。从表 4 可知,98 个甘蔗种质可划分为高抗(HR)、抗病(R)、中抗(MR)、感病(S)和高感(HS)5 类。其中表现高抗的种质有 16 份,占比 16.33%;表现抗病的种质有 32 份,占比 32.65%;表现中抗的种质有 18 份,占比 18.37%;表现感病的种质有 24 份,占比 24.49%;表现高感的种质有 8 份,占比 8.16%。通过平均值多重比较显示,5 个不同类群具有极显著差异($P<0.001$)。

本研究选择一些广泛使用的甘蔗种质作为不同抗性水平的对照。例如以 ROC22 和 ROC23 作为抗病种质,在广西丁当和云南德宏进行 3 a 研究,发现这些种质最大发病率在 10%~20%之间,最大病情指数在 5~10 之间,表明这些种质在不同地区的梢腐病发病率和病情指数均相对较低,因此可作为抗性对照。相比之下,感病种质 CP94-1340 和 Co1001 的最大发病率和病情指数分别在 50%~80%和 20~50 之间,说明这些种质在不同地区的发病率和病情指数较高,可作为感病对照。这与 XU 等^[16]的研究结果一致。

表 3 98 个供试种质梢腐病发生情况统计
Tab. 3 Statistics on the occurrence of PBD in 98 experimental germplasm

种质 Germplasm	丁当发病率 Dingdang incidence/%			丁当病情指数 Dingdang disease index			德宏发病率 Dehong incidence/%			德宏病情指数 Dehong disease index			抗性水平 Resistance level
	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017	
Co1001	6.38	30.77	44.74	5.00	20.77	29.50	8.00	9.00	19.57	1.00	—	—	S
CP00-1100	6.90	32.00	40.38	4.67	20.80	24.62	0.00	0.00	85.71	0.00	—	—	S
CP72-1210	9.62	24.14	34.62	6.15	11.72	18.46	0.00	1.30	14.00	0.00	—	—	R
CP72-2086	5.68	83.33	41.18	2.50	43.33	21.18	0.00	4.10	0.00	0.00	—	—	HS
CP80-1743	9.62	17.65	27.27	7.69	10.59	15.45	0.00	0.00	8.00	0.00	—	—	R
CP80-1827	7.69	25.00	31.58	4.62	16.00	15.44	0.00	8.80	18.18	0.00	—	—	R
CP81-1254	12.31	25.42	31.67	8.31	12.93	18.67	0.00	10.00	7.89	0.00	—	—	R
CP85-1308	0.00	31.58	19.72	0.00	20.35	10.51	0.00	0.00	23.26	0.00	—	—	R
CP88-1762	0.00	27.27	40.58	0.00	12.73	18.84	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	MR
CP89-2143	12.07	22.22	41.67	5.17	10.83	23.33	0.00	4.00	2.63	0.00	—	—	MR
CP94-1100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	14.29	0.00	—	—	HR
CP94-1340	15.09	35.71	23.21	12.45	15.71	14.10	82.40	2.00	25.93	14.42	—	—	S
CP96-1252	1.79	10.53	13.56	0.71	2.11	6.78	0.00	0.00	4.55	0.00	—	—	R
CP96-1602	4.65	41.38	26.19	2.50	27.59	11.43	0.00	10.00	3.33	0.00	—	—	MR
FR83-1248	45.61	21.05	35.00	27.37	16.14	19.50	0.00	4.00	4.17	0.00	—	—	S
FR94-280	21.74	25.00	26.76	15.94	20.56	12.96	0.00	39.60	12.50	0.00	—	—	MR

续表 3 98 个供试种质梢腐病发生情况统计
Tab. 3 Statistics on the occurrence of PBD in 98 experimental germplasm (continued)

种质 Germplasm	丁当发病率 Dingdang incidence/%			丁当病情指数 Dingdang disease index			德宏发病率 Dehong incidence/%			德宏病情指数 Dehong disease index			抗性水平 Resistance level
	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017	
FR99-49	1.56	29.17	25.76	1.25	15.42	16.36	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	R
HoCP85-1509	7.69	31.03	22.41	6.15	20.00	13.10	0.00	30.00	25.42	0.00	—	—	R
HoCP91-555	4.17	35.71	16.18	3.33	20.00	9.41	0.00	4.00	0.00	0.00	—	—	R
HoCP92-648	0.00	14.29	26.42	0.00	10.48	15.09	0.00	0.00	10.00	0.00	—	—	R
K86-110	14.63	52.38	53.06	7.32	36.67	27.76	0.00	0.00	12.00	0.00	—	—	S
LCP85-384	0.00	29.55	24.24	0.00	13.18	15.76	0.00	0.00	25.00	0.00	—	—	R
PINDAR	6.06	7.35	95.24	5.45	4.41	49.52	0.00	15.00	6.06	0.00	—	—	HS
Q200	17.07	11.11	22.67	10.24	8.00	14.13	4.06	2.00	3.03	0.63	—	—	R
Q202	9.72	13.33	14.52	5.07	7.08	10.67	0.00	4.20	8.33	0.00	—	—	HR
Q208	5.41	7.04	24.24	2.16	4.51	16.06	0.00	0.00	7.04	0.00	—	—	R
Q209	27.27	38.24	35.71	17.27	32.08	20.95	0.00	32.00	35.85	0.00	—	—	S
RB83-5089	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	25.00	0.00	—	—	R
RB83-5486	39.06	28.24	36.36	30.63	23.33	21.82	7.60	47.20	16.67	1.19	—	—	S
ROC1	8.93	50.00	35.71	5.42	24.55	22.86	0.00	0.00	50.00	0.00	—	—	S
ROC11	0.00	16.28	51.85	0.00	5.12	29.63	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	S
ROC20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	7.14	0.00	—	—	MR
ROC21	9.76	13.64	15.38	4.15	8.18	10.46	0.00	2.70	11.43	0.00	—	—	HR
ROC22	4.11	10.00	3.85	2.47	4.80	1.54	0.00	7.80	8.00	0.00	—	—	HR
ROC23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	9.38	0.00	—	—	HR
ROC24	6.56	22.03	20.90	4.26	12.54	15.52	15.09	8.00	4.17	1.92	—	—	R
ROC26	5.56	17.65	60.00	2.59	10.59	49.00	0.00	16.00	11.43	0.00	—	—	HS
川 89-103	12.00	30.56	33.33	6.40	18.33	23.33	0.00	5.00	9.38	0.00	—	—	MR
福农 02-3924	11.36	29.17	38.89	9.09	8.75	22.96	0.00	6.20	3.70	0.00	—	—	MR
福农 04-1027	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.71	4.70	0.00	0.69	—	—	MR
福农 04-3504	11.86	33.33	28.95	9.15	21.21	15.26	0.00	20.50	15.15	0.00	—	—	R
福农 39	26.09	29.03	30.95	16.96	18.06	17.62	0.00	5.80	8.57	0.00	—	—	R
福农 94-0744	2.33	10.42	55.56	1.74	5.42	36.67	0.00	4.00	8.33	0.00	—	—	S
福农 99-20169	35.90	23.64	35.71	29.74	16.36	19.05	0.00	20.40	21.82	0.00	—	—	MR
赣南 99-591	1.59	11.63	47.37	1.27	5.12	21.05	0.00	0.00	2.13	0.00	—	—	MR
桂糖 00-122	3.33	8.62	27.27	1.67	3.67	14.55	41.88	5.00	3.45	8.75	—	—	MR
桂糖 00-245	18.64	28.57	27.91	16.77	18.15	16.43	0.00	21.00	11.29	0.00	—	—	R
桂糖 02-1156	7.32	15.79	29.41	5.85	9.47	17.25	0.00	0.00	10.53	0.00	—	—	R
桂糖 02-1247	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	0.00	0.00	—	—	HR
桂糖 02-208	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	—	—	HR
桂糖 02-351	5.26	66.67	16.67	2.11	37.33	8.67	0.00	10.00	15.00	0.00	—	—	S
桂糖 02-390	7.69	16.22	32.69	3.46	13.51	20.38	0.00	10.52	13.46	0.00	—	—	R
桂糖 02-467	5.71	24.44	54.55	3.43	14.22	34.55	0.00	7.60	10.87	0.00	—	—	S
桂糖 02-619	30.00	41.67	100.00	16.50	16.67	60.95	0.00	26.00	31.82	0.00	—	—	HS
桂糖 02-761	6.94	1.98	7.87	2.78	0.79	3.82	0.00	3.00	1.98	0.00	—	—	HR
桂糖 03-1403	7.58	10.29	6.56	5.37	2.38	1.97	0.00	5.70	1.67	0.00	—	—	HR
桂糖 03-2309	10.94	28.57	26.19	5.94	24.55	9.52	0.00	50.00	12.00	0.00	—	—	S
桂糖 03-591	13.33	17.24	16.67	9.33	11.72	9.67	0.00	16.60	12.50	0.00	—	—	R
桂糖 03-91	4.92	46.43	55.56	2.95	30.00	26.67	0.00	6.00	11.90	0.00	—	—	S

续表 3 98 个供试种质梢腐病发生情况统计
Tab. 3 Statistics on the occurrence of PBD in 98 experimental germplasm (continued)

种质 Germplasm	丁当发病率			丁当病情指数			德宏发病率			德宏病情指数			抗性水平 Resistance level
	Dingdang incidence/%			Dingdang disease index			Dehong incidence/%			Dehong disease index			
	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017	
桂糖 04-1001	8.51	25.64	26.42	4.26	17.44	16.23	31.78	0.00	8.33	6.76	—	—	R
桂糖 04-1007	12.50	19.57	27.27	5.00	9.57	17.09	0.00	16.00	19.57	0.00	—	—	R
桂糖 04-1045	26.09	54.55	20.00	16.96	26.06	12.33	0.00	23.00	14.29	0.00	—	—	S
桂糖 05-2605	11.54	5.45	30.77	5.77	4.29	16.15	0.00	5.00	5.45	0.00	—	—	R
桂糖 05-2743	9.09	77.78	29.09	5.09	37.78	15.27	8.00	39.00	18.18	2.00	—	—	HS
桂糖 05-322	10.87	15.79	77.27	6.81	9.12	40.91	0.00	7.10	7.84	0.00	—	—	HS
桂糖 05-3661	2.67	16.47	33.93	1.54	5.65	18.93	13.27	3.80	10.14	3.57	—	—	R
桂糖 05-375	4.08	12.90	23.91	3.27	5.48	9.57	0.00	2.10	8.82	0.00	—	—	R
桂糖 05-378	5.17	0.00	32.08	2.07	0.00	15.85	0.00	2.20	0.00	0.00	—	—	R
桂糖 05-3846	2.74	1.18	18.42	1.64	0.94	13.95	7.60	0.00	0.00	1.19	—	—	HR
桂糖 05-827	2.08	20.00	13.79	0.83	11.43	8.28	0.00	1.30	20.00	0.00	—	—	HR
桂糖 07-713	12.50	48.39	22.41	7.50	23.23	10.69	75.56	3.00	48.39	8.33	—	—	S
桂糖 08-278	21.74	16.67	44.12	15.65	8.70	25.29	0.00	8.80	16.67	0.00	—	—	MR
桂糖 08-297	5.88	19.57	57.69	3.53	9.57	35.38	4.36	0.00	19.57	0.66	—	—	S
桂糖 09-03	0.00	7.14	35.56	0.00	4.29	23.11	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	MR
桂糖 73-167	4.92	10.42	34.00	2.30	6.25	20.00	0.00	17.50	8.33	0.00	—	—	R
桂糖 92-66	6.35	6.15	54.17	5.08	3.69	33.33	0.00	4.00	6.15	0.00	—	—	S
桂糖 94-119	10.17	8.06	32.69	4.75	4.53	15.38	0.00	12.00	8.06	0.00	—	—	R
桂糖 96-211	7.35	20.55	26.19	3.53	12.33	14.29	0.00	13.00	20.55	0.00	—	—	R
柳城 03-1137	11.76	18.92	37.14	5.88	9.19	22.86	0.00	7.60	18.92	0.00	—	—	MR
柳城 03-182	10.53	16.67	77.78	4.21	6.00	45.56	0.00	3.00	16.67	0.00	—	—	HS
农业厅 25	30.56	51.72	40.48	20.00	29.23	20.00	0.00	15.00	51.72	0.00	—	—	S
水电 25	17.65	79.41	26.32	14.47	50.00	21.58	0.00	26.00	79.41	0.00	—	—	HS
田野 25	12.50	42.11	30.23	10.31	26.84	19.53	0.00	10.00	42.11	0.00	—	—	MR
园林 7 号	0.00	50.00	43.33	0.00	24.67	34.00	0.00	0.00	46.67	0.00	—	—	S
粤甘 16	0.00	8.00	20.00	0.00	4.80	12.62	0.00	0.00	8.00	0.00	—	—	HR
粤甘 24	9.62	29.41	48.84	3.85	13.53	27.91	0.00	0.00	29.41	0.00	—	—	S
粤甘 26	4.26	17.86	42.50	2.98	8.21	26.50	0.00	3.10	17.86	0.00	—	—	MR
粤糖 00-236	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	HR
粤糖 83-271	40.82	21.21	22.22	18.37	11.94	10.56	0.00	2.20	17.74	0.00	—	—	MR
粤糖 86-368	20.00	29.27	47.62	11.33	15.12	29.52	0.00	2.90	18.75	0.00	—	—	S
粤糖 89-240	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	—	—	HR
粤糖 93-159	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	HR
粤糖 94-128	3.03	7.69	18.57	1.82	2.05	12.57	0.00	5.40	4.76	0.00	—	—	HR
粤糖 96-86	8.20	32.14	33.33	4.92	8.57	17.25	0.00	21.00	32.14	0.00	—	—	MR
粤糖 97-976	3.23	15.00	30.19	2.58	3.50	16.98	0.00	8.82	0.00	0.00	—	—	R
云蔗 89-159	3.77	3.77	29.17	3.40	1.51	17.78	0.00	1.80	3.77	0.00	—	—	R
云蔗 99-596	19.35	56.10	27.94	9.35	24.39	15.88	0.00	27.00	12.50	0.00	—	—	S
湛 74-141	7.35	10.98	54.55	5.29	5.00	30.00	0.00	12.60	7.95	0.00	—	—	S

注：HS，高感；S，感病；MR，中抗；R，抗病；HR，高抗；—表示未检测。
Note: HS, high susceptible; S, disease susceptible; MR, medium resistance; R, disease resistance; HR, high resistance; — indicates it was not detected.

表 4 供试种质间抗梢腐病的差异
Tab. 4 Difference in resistance to PBD among experimental germplasm

抗性等级 Grade of resistance	种质 Germplasm	数目 Number	平均值多重比较 Mean multiple comparison	
			最大发病率 MIC	最大病情指数 MDI
HR	CP94-1100, Q202, ROC21, ROC23, 粤糖 93-159, 桂糖 02-1247, 桂糖 02-208, 桂糖 02-761, 桂糖 03-1403, 粤甘 16, 桂糖 05-3846, 桂糖 05-827, ROC22, 粤糖 00-236, 粤糖 89-240, 粤糖 94-128	16	15.54±3.73 ^A	8.82±3.24 ^A
R	CP72-1210, CP80-1743, CP80-1827, CP81-1254, CP85-1308, CP96-1252, FR99-49, HoCP85-1509, Q208, Q200, HoCP91-555, LCP85-384, ROC24, HoCP92-648, RB83-5089, 福农 04-3504, 福农 39, 桂糖 00-245, 桂糖 02-1156, 桂糖 03-591, 桂糖 04-1001, 桂糖 04-1007, 桂糖 05-2605, 桂糖 05-3661, 桂糖 05-375, 桂糖 73-167, 桂糖 94-119, 桂糖 96-211, 粤糖 97-976, 云蔗 89-159, 桂糖 02-390, 桂糖 05-378	32	29.57±3.69 ^B	16.88±2.50 ^B
MR	CP88-1762, CP89-2143, CP96-1602, FR94-280, ROC20, 川 89-103, 福农 02-3924, 福农 04-1027, 福农 99-20169, 赣南 99-591, 桂糖 00-122, 桂糖 08-278, 桂糖 09-03, 柳城 03-1137, 田野 25, 粤甘 26, 粤糖 83-271, 粤糖 96-86	18	40.40±4.21 ^C	23.07±3.84 ^C
S	Co1001, CP00-1100, CP94-1340, FR83-1248, K86-110, 福农 94-0744, Q209, RB83-5486, ROC1, ROC11, 桂糖 02-351, 桂糖 02-467, 桂糖 03-2309, 桂糖 03-91, 桂糖 04-1045, 桂糖 07-713, 桂糖 08-297, 桂 92-66, 农业厅 25, 园林 7 号, 粤甘 24, 粤糖 86-368, 云蔗 99-596, 湛 74-141	24	58.64±13.00 ^D	29.65±4.69 ^D
HS	CP72-2086, PINDAR, ROC26, 桂糖 02-619, 桂糖 05-2743, 桂糖 05-322, 柳城 03-182, 水电 25	8	83.12±12.91 ^E	47.13±7.09 ^E

注：同列不同大写字母表示差异极显著（ $P<0.001$ ）。
Note: Different capital letters in the same column indicate extremely significant difference ($P<0.001$).

3 讨论

甘蔗梢腐病是甘蔗产业的第 2 大病害，对产业发展构成重大威胁。因此，控制甘蔗病害对保障安全生产至关重要。大量国内外研究表明，种植抗病甘蔗品种是最经济、最有效的方法。甘蔗种质资源作为抗病育种的重要基础物质，是确保国家食糖安全的战略物资。因此，挖掘甘蔗抗病种质资源、筛选抗病材料对促进甘蔗抗病育种、加速抗性种质利用具有重要意义^[17]。然而，过去大部分甘蔗梢腐病抗性鉴定工作是在固定的鉴定圃中完成，很少涉及田间多年多点的抗性评价。由于甘蔗梢腐病受基因型与环境互作的影响明显，因此在多个环境中进行抗性评价能够避免单一因素导致的误差^[18]。

本研究通过多年多点对 98 份甘蔗材料进行田间抗病评价，共筛选出了 16 份高抗材料，整个群体梢腐病发病率较以往略高，这可能与调查时间有关。例如在印度，梢腐病田间评价主要是在 6—9 月进行^[19]；在中国云南，有报道梢腐病田间评价是在 10—11 月进行^[15, 20]；在中国广西地区，梢腐病田间评价主要是在 6—8 月进行，这与当地梢腐病发生的严重程度相关^[16]。本研究的田间调

查时间跨度较大，从 6—12 月都有进行。甘蔗梢腐病受环境条件、植物生长阶段和品种易感性的影响较大。因此，梢腐病发病率较高可能受多种环境因素调控。罗霆等^[18]在甘蔗梢腐病发生初期，采用定点和随机的方法，综合评价了广西柳州和来宾市 6 个县级蔗区主栽品种甘蔗梢腐病发生情况，发现不同蔗区间的发病程度差异不明显，而宿根蔗相较于新植蔗发病率更高，这与本研究所得到的结果有高度一致性。部分材料如桂糖 02-467、赣南 99-591 和桂糖 08-297 等 13 个种质在丁当表现为新植蔗为高抗而宿根蔗为高感，甘蔗梢腐病在新植蔗和宿根蔗中差异明显。一方面原因是种质本身对梢腐病抗性较差，宿根蔗的长势和芽质量不如新植蔗，容易受梢腐病病原菌入侵；另一原因是新植蔗收货后，病原菌会残留在蔗桩和未清理的蔗叶中，宿根蔗萌发后易受残存的病原菌侵染，致使发病率升高，发病程度加深。也有部分种质，如 Q209 和云蔗 99-596 等表现为新植蔗的梢腐病发病率高于宿根蔗，这在王泽平等^[21]、罗霆等^[18]的研究中也有类似现象。造成这一原因可能是受不同年份气候条件的影响，新植蔗生长当年气候条件可能更适宜梢腐病病原菌传

播和萌发,但也不排除试验误差。

甘蔗梢腐病的发生与蔗区气候呈相关性。研究表明,在广西蔗区,桂南和桂西地区甘蔗梢腐病发病程度相对于其他地区更加严重^[22-23]。罗霆等^[18]的研究发现,广西相邻 2 个蔗区间甘蔗梢腐病发病程度相当,但各县的发病程度存在较大差异,可能与丘陵地形、小气候和当地病原种群有关。本研究将甘蔗梢腐病发病程度与气温和年降雨量相结合,验证了温度和降雨量对甘蔗梢腐病发病程度的影响,这与 XU 等^[16]的研究结果相同。同时这一信息对根据天气预报实施相应梢腐病防控提供了参考,例如在降雨量大的时期,因提前保证蔗田排水通畅、不积水;在高温高湿条件下,及时排出田间积水,降低蔗田湿度,剥去枯叶、老叶,使蔗田通风透光,从而促进甘蔗生长,增强抗病能力。

我国对梢腐病研究时间较短,对梢腐病防治还没有找到切实有效的方法,本研究通过对不同时期和地点的甘蔗梢腐病进行调查评价,筛选出 16 份高抗材料和 32 份抗病材料,为后续评价抗性育种提供了优良亲本。结合气象条件进一步证明了温度和降雨量是甘蔗梢腐病爆发的重要因素,对田间梢腐病的防治提供参考。

参考文献

- [1] ABDULLAH K, HONGTAO J, JUNYAO B, MUHAMMAD A, WAJEEHA G S, AZHAR H M, MUQING Z. Untangling the rhizosphere bacterial community composition and response of soil physiochemical properties to different nitrogen applications in sugarcane field[J]. *Frontiers in Microbiology*, 2022, 13: 856078.
- [2] SIDIQUE S N M, ZAINUDDIN N A I M, RAZAK A A, SALLEH B. Distribution, morphological characterization and pathogenicity of *Fusarium sacchari* associated with pokkah boeng disease of sugarcane in Peninsular Malaysia[J]. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 2008, 31: 279-286.
- [3] XU S Q, WANG J H, WANG H X, BAO Y X, LI Y S, GOVINDARAJU M, YAO W, CHEN B S, ZHANG M Q. Molecular characterization of carbendazim resistance of *Fusarium* species complex that causes sugarcane pokkah boeng disease[J]. *BMC Genomic*, 2019, 20: 115.
- [4] RICAUD C, EGAN B T, GILLASPIE A G, HUGHES C G. Diseases of sugarcane: major diseases[M]. *Field Crops Research*, 1989.
- [5] LIN Z, XU S, QUE Y, WANG J, COMSTOCK J C, WEI J, MCCORD P H, CHEN B, CHEN R, ZHANG M. Species-specific detection and identification of *Fusarium* species complex, the causal agent of sugarcane pokkah boeng in China[J]. *PLoS One*, 2014, 9(8): e104195.
- [6] 卢文洁. 甘蔗梢腐病的发生及综合防治措施[J]. *作物杂志*, 2007(2): 92.
LU W J. Occurrence of sugarcane pokkah boeng and integrated control measures[J]. *Journal of Crops*, 2007(2): 92. (in Chinese)
- [7] SK V, KUMAR P, NIGAM A A K. Pokkah boeng: an emerging disease of sugarcane[J]. *Journal of Plant Pathology & Microbiology*, 2013, 4: 170.
- [8] 黄鸿能, 邓国安, 袁照明, 陈玉成. 东莞糖厂蔗区甘蔗梢腐病发生为害的调查[J]. *甘蔗糖业*, 1990(1): 20-23.
HUANG H N, DENG G A, YUAN Z M, CHEN Y C. Investigation of the occurrence of sugarcane pokkah boeng in the sugarcane area of dongguan sugar factory[J]. *Sugarcane Sugar Industry*, 1990(1): 20-23. (in Chinese)
- [9] LIN Z, WANG J, BAO Y, GUO Q, POWELL C A, XU S, CHEN B, ZHANG M. Deciphering the transcriptomic response of *Fusarium verticillioides* in relation to nitrogen availability and the development of sugarcane pokkah boeng disease[J]. *Scientific Reports*, 2016, 6: 29692.
- [10] 暴怡雪, 张木清. 中国甘蔗主要真菌性病害研究进展[J]. *中国糖料*, 2016, 38(5): 63-65.
BAO Y X, ZHANG M Q. Research progress on major fungal diseases of sugarcane in China[J]. *Sugar Crops of China*, 2016, 38(5): 63-65. (in Chinese)
- [11] VISWANATHAN R, POONGOTHAI M, MALATHI P. Pathogenic and molecular confirmation of *Fusarium sacchari* causing wilt in sugarcane[J]. *Sugar Tech*, 2011, 13: 68-76.
- [12] 郭强, 崔一平, 徐世强, 张木清. 不同地理来源的甘蔗梢腐病菌营养体亲和性研究[J]. *热带作物学报*, 2016, 37(10): 1949-1955.
GUO Q, CUI Y P, XU S Q, ZHANG M Q. Nutrient affinity studies of sugarcane pokkah boeng fungi from different geographical sources[J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2016, 37(10): 1949-1955. (in Chinese)
- [13] 刘丹丹, 姚姿婷, 赖小群, 姚潇, 张木清, 邹承武, 陈保善. 甘蔗梢腐病轮枝镰刀菌侵染甘蔗叶片的显微观察[J]. *中国糖料*, 2019, 41(4): 41-45.
LIU D D, YAO Z T, LAI X Q, YAO X, ZHANG M Q, ZOU C W, CHEN B S. Microscopic observation of *Fusarium* rot infection of sugarcane leaves by *Fusarium*[J]. *Sugar Crops of China*, 2019, 41(4): 41-45. (in Chinese)
- [14] 单红丽, 王晓燕, 杨昆, 王长秘, 仓晓燕, 黄应昆. 甘蔗新品种及主栽品种对甘蔗梢腐病的自然抗性[J]. *植物保护*

- 学报, 2021, 48(4): 766-773.
- SHAN H L, WANG X Y, YANG K, WANG C M, CANG X Y, HUANG Y K. Natural resistance of new and main cultivars of sugarcane to sugarcane pokkah boeng[J]. *Plant Protection Journal*, 2021, 48(4): 766-773. (in Chinese)
- [15] 田春艳, 桃联安, 周清明, 俞华先, 孙有芳, 董立华, 安汝东, 边芯, 郎荣斌, 张钰, 吴才文, 经艳芬. 云瑞甘蔗种质资源梢腐病田间抗性评价及农艺性状分析[J]. *南方农业学报*, 2020, 51(1): 91-100.
- TIAN C Y, TAO L A, ZHOU Q M, YU H X, SUN Y F, DONG L H, AN R D, BIAN X, LANG R B, ZHANG Y, WU C W, JING Y F. Field resistance evaluation and agronomic trait analysis of sugarcane pokkah boeng in Yunrui sugarcane germplasm resources[J]. *Journal of Southern Agricultural Sciences*, 2020, 51(1): 91-100. (in Chinese)
- [16] XU Y, WEI Y, JIANG C, PAN K, WANG M, DENG Z, ZHANG M. Occurrence and field evaluation of sugarcane genotypes for resistance to pokkah boeng disease in China[J]. *Plant Pathology*, 2023, 72(6): 1088-1103.
- [17] 刘忱, 皮磊, 舒灿伟, 周而勋. 低毒真菌病毒在植物病害生物防治中的研究及应用进展[J]. *分子植物育种*, 2018, 16(2): 552-559.
- LIU C, PI L, SHU C W, ZHOU E X. Research and application of low-toxicity fungal viruses in biological control of plant diseases[J]. *Molecular Plant Breeding*, 2018, 16(2): 552-559. (in Chinese)
- [18] 罗霆, 段维兴, 黄有总, 唐仕云, 王泽平, 李毅杰, 刘平武, 林善海. 2016年广西柳州和来宾蔗区甘蔗梢腐病发生情况及品种抗性分析[J]. *南方农业学报*, 2017, 48(2): 292-296.
- LUO T, DUAN W X, HUANG Y Z, TANG S Y, WANG Z P, LI Y J, LIU P W, LIN S H. Analysis of the occurrence and variety resistance of sugarcane pokkah boeng in Liuzhou and Laibin sugarcane areas of Guangxi province in 2016[J]. *Journal of Southern Agricultural Sciences*, 2017, 48(2): 292-296. (in Chinese)
- [19] RANJAN A, MINNATULLAH M, CHAND H, SINGH S P, DUBEY S. Evaluation of sugarcane varieties against pokkah boeng disease and its natural occurrence[J]. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2018, 7(10): 44-50.
- [20] SHAN H, CANG X, QIN W, LI W, WANG X, ZHANG R, HUANG Y. Resistance to pokkah boeng disease in new and main cultivated sugarcane varieties[J]. *Euphytica*, 2021, 217: 194
- [21] 王泽平, 段维兴, 李毅杰, 梁强, 周主贵, 张木清, 林善海. 甘蔗梢腐病田间抗性评价体系的建立[J]. *华南农业大学学报*, 2016, 37(3): 67-72.
- WANG Z P, DUAN W X, LI Y J, LIANG Q, ZHOU Z G, ZHANG M Q, LIN S H. Establishment of field resistance evaluation system for sugarcane pokkah boeng[J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2016, 37(3): 67-72. (in Chinese)
- [22] 王泽平, 陈奕, 孙海军, 李毅杰, 段维兴, 周主贵, 张木清, 林善海. 广西甘蔗主栽品种梢腐病田间抗性初步评价[J]. *热带作物学报*, 2016, 37(5): 952-957.
- WANG Z P, CHEN Y, SUN H J, LI Y J, DUAN W X, ZHOU Z G, ZHANG M Q, LIN S H. Preliminary field evaluation of sugarcane pokkah boeng resistance of major sugarcane cultivars in Guangxi[J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2016, 37(5): 952-957. (in Chinese)
- [23] 刘梦林, 黄冬发, 李德健, 张超冲. 广西甘蔗梢腐病的发生和防治研究初报[J]. *广西农业科学*, 1991(4): 175-178.
- LIU M L, HUANG D F, LI D J, ZHANG C C. Preliminary report on the occurrence and control of sugarcane Pokkah Boeng in Guangxi[J]. *Guangxi Agricultural Sciences*, 1991(4): 175-178. (in Chinese)