

王泽平, 段维兴, 李毅杰, 等. 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.

甘蔗梢腐病田间抗性评价体系的建立

王泽平^{1,2}, 段维兴², 李毅杰², 梁 强², 周主贵³, 张木清¹, 林善海²

(1 广西大学 农学院, 广西 南宁 530005; 2 广西农业科学院 甘蔗研究所/中国农业科学院 甘蔗研究中心/
农业部广西甘蔗生物技术与遗传改良重点实验室, 广西 南宁 530007; 3 广西农业科学院 花卉研究所, 广西 南宁 530007)

摘要:【目的】探讨甘蔗梢腐病田间分级标准和品种(系)区域性抗病差异。【方法】以 11 个甘蔗新品种(系)和广西当前主栽品种 ROC22 在南宁、柳州、河池、百色、北海和崇左 6 个试验点梢腐病的发病情况为依据, 建立甘蔗梢腐病田间病害分级标准及品种(系)抗性评价体系。【结果】参试点新植蔗梢腐病发病率为 0.16%~23.82% (平均为 3.51%), 病情指数为 0.03~16.48 (平均为 3.45), 宿根蔗梢腐病发病率为 0~25.89% (平均为 4.27%), 病情指数为 0~17.37 (平均为 4.61)。建立了田间抗性评价标准, 并将抗性水平划分为高抗、抗病、中抗、中感、感病和高感 6 个不同抗性等级。研究的 12 个品种(系)中没有发现高抗和高感材料, 其中桂辐 06-156、桂糖 05-3846、桂选 B9 和 ROC22 抗性最好, 表现为抗性; 桂糖 06-1023 和桂糖 06-400 抗性最差, 均表现为感病。根据病情指数对 12 个材料进行聚类分析, 结果显示, 不同甘蔗品种(系)的聚类与抗性等级划分的结果一致。梢腐病在广西蔗区的发生呈现区域性, 崇左、柳州和河池 3 个试验点属于梢腐病重发区; 北海次之; 百色和南宁 2 个试验点属于轻发区。【结论】不同甘蔗种植区域、不同品种(系)以及不同植期存在感抗梢腐病差异性。

关键词:甘蔗; 梢腐病; 分级标准; 抗性评价; 聚类分析
中图分类号:S435.661 文献标志码:A 文章编号:1001-411X(2016)03-0067-06

Establishment of an evaluation system for field resistance against sugarcane pokkah boeng

WANG Zeping^{1,2}, DUAN Weixing², LI Yijie², LIANG Qiang², ZHOU Zhugui³, ZHANG Muqing¹, LIN Shanhai²
(1 Agricultural College of Guangxi University, Nanning 530005, China; 2 Sugarcane Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences/ Sugarcane Research Center, Chinese Academy of Agricultural Science/ Key Laboratory of Sugarcane Biotechnology and Genetic Improvement(Guangxi), Ministry of Agriculture, Nanning 530007, China; 3 Flowers Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, China)

Abstract:【Objective】To discuss the field grading standard on sugarcane pokkah boeng disease severity, and study regional and varietal (clonal) differences in occurrence of pokkah boeng disease. 【Method】The occurrence of pokkah boeng disease on 11 new sugarcane varieties (lines) and the dominant cultivar ROC22 in Guangxi was investigated in six sites including Nanning, Liuzhou, Hechi, Baise, Beihai and Chongzuo cities. The grading standard on sugarcane pokkah boeng disease and the resistance evaluation system were established. 【Result】The incidence and disease severity index (DSI) of new-planting sugarcane were 0.16% - 23.82% (average 3.51%) and 0.03 - 16.48 (average 3.45) respectively, and those of ratoon cane were 0 - 25.89% (average 4.27%) and 0 - 17.37 (average 4.61). According to the new standard, six resistance grades were established, including high resistance (HR), resistance (R), medium resistance (MR), medium susceptible (MS), susceptible (S) and high susceptible

收稿日期:2015-10-26 优先出版时间:2016-04-15
优先出版网址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.s.20160415.1555.024.html>
作者简介:王泽平(1983—),男,博士研究生, E-mail:yaheng830619@163.com;通信作者:林善海(1979—),男,副研究员, 博士, E-mail:shanhailin79@163.com
基金项目:现代农业产业体系建设专项(CARS-20-2-3);公益性行业(农业)科研专项(200903004-41);广西自然科学基金(2015GXNSFAA139051);广西农科院基本业务专项(2015JM03)

(HS). HR and HS sugarcane varieties (clones) were not found in the 12 tested materials. Among the 12 varieties, Guifu06-156, Guitang05-3846, GuixuanB9 and ROC22 belonged to R grade and demonstrated the highest resistance against pokkah boeng disease, and Guitang06-1023 and Guitang06-400 were S grade with the lowest resistance. The 12 tested sugarcane varieties (clones) were clustered according to the DSI, and the result agreed with that of resistance grading. The incidence of pokkah boeng disease showed regional difference in Guangxi. The sugarcane areas of Chongzuo, Liuzhou and Hechi were the most serious, followed by Beihai, and Baise and Nanning were the least serious. 【Conclusion】 There were distinct differences among different sugarcane areas, among varieties (lines) and among planting seasons regarding the susceptibility and resistance against pokkah boeng disease.

Key words: sugarcane; pokkah boeng; grading standard; resistance evaluation; cluster analysis

甘蔗梢腐病(Pokkah boeng)是用爪哇术语命名的一种真菌性气传病害,主要是由镰刀菌 *Gibberella fujikuroi* 引起的^[1],无性阶段为腾仓镰刀菌复合种(*Fusarium fujikuroi* complex),属半知菌亚门。在甘蔗叶片病害中,梢腐病逐渐上升为主要病害之一^[2]。据 2012—2014 年广西甘蔗品种区域试验以及 2013—2014 年国家甘蔗品种区域试验调查,品种发病率达到 100%。此病害导致甘蔗减产 5%~20%,甘蔗糖分降低达 3%^[3]。因此,完善甘蔗梢腐病田间病症分级标准,建立梢腐病田间抗性评价体系,筛选高抗种质资源迫在眉睫。甘蔗梢腐病由多种致病镰刀菌引起,产生多种不同的症状。感染梢腐病的甘蔗叶片主要表现出皱缩阶梯状、萎蔫扭曲、生长受阻、生长点劣变坏死、蔗梢腐烂干枯等病症。20 世纪 90 年代广西甘蔗研究所建立了甘蔗梢腐病田间 5 级法分级标准^[4],但未能对甘蔗抗性水平作出分级评价。张玉娟^[5]对不同甘蔗种质资源和杂交组合进行初步的分级标准探讨,但由于甘蔗生长受品种、栽培方式以及生态环境等多重因素影响,其以感病率作为聚类分析依据,对于客观评价甘蔗品种抗病性的指

导性不强。国外同行在 2013 年对甘蔗梢腐病进行了症状分类和病原检测^[6]。广西甘蔗产业协同中心从 2013 年至今持续开展甘蔗梢腐病室内接种筛选和田间接种调查工作,整理和记录了各类发病症状,这为我们开展抗性评价和流行性趋势研究工作打下了坚实基础。本研究以广西主栽品种 ROC22 和 11 个甘蔗品系为试验材料,于梢腐病盛发期调查新植蔗、宿根蔗感病情况,探讨甘蔗新品种(系)抗病性差异和广西甘蔗梢腐病区域性发生特点,进而对参试材料开展病理学分析,逐步完善甘蔗梢腐病田间分级标准;全面评价各参试品种(系)的抗病性,深入分析甘蔗梢腐病区域性差异机理,为筛选抗梢腐病甘蔗种质资源提供标准以及为甘蔗新品种(系)因地制宜推广提供科学支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

调查 2014—2015 年度广西甘蔗品种区域试验 12 个品种(系)的新植和宿根蔗,以 ROC22 为对照材料,详情见表 1。

表 1 参试甘蔗品种(系)信息
Tab.1 The information of tested sugarcane varieties (lines)

品种(系)	亲本组合	提供单位
桂糖 03-3089	桂糖 92-66 × ROC10	广西农业科学院甘蔗研究所
桂糖 05-3846	CP93-1634 × CP90-1424	广西农业科学院甘蔗研究所
桂辐 06-156	湛蔗 08-101 × CP81-1254	广西农业科学院甘蔗研究所
桂糖 06-233	粤糖 93-159 × ROC22	广西农业科学院甘蔗研究所
桂糖 06-400	桂糖 94-119 × ROC25	广西农业科学院甘蔗研究所
桂糖 06-1023	ROC20 × 崖城 71-374	广西农业科学院甘蔗研究所
桂糖 07-1141	桂糖 92-66 × 川蔗 57-412	广西农业科学院甘蔗研究所
桂糖 07-494	粤糖 85-177 × CP84-1198	广西农业科学院甘蔗研究所
桂南亚 08-186	崖城 94-30 × ROC22	广西南亚热带农业科学研究所
桂热 1 号	ROC10 × 粤糖 91-976	广西亚热带作物研究所
桂选 B9	RB92/8064 系统选育	广西农业科学院甘蔗研究所(巴西引种)
ROC22(CK)	ROC5 × 69-463	广西主栽品种(台湾引种)

1.2 试验设计

承试单位和试验点共6个,分别为:广西农业科学院甘蔗研究所(南宁)、柳州市农业科学研究所(柳州沙塘)、河池市农业科学研究所(河池宜州)、百色市农业科学研究所(百色田阳)、北海市农业科学研究所(北海平阳)、广西南亚热带农业科学研究所(崇左龙州)。试验于2014—2015年进行,包括1年新植和1年宿根蔗。采取随机区组设计,3次重复,4~5行区,行长7~10 m,行距1.0~1.2 m,小区面积

33.5~50.0 m²。宿根蔗下种期为2014年3—4月,于2015年2月收获。新植蔗下种期为2015年的3—4月,于2015年6月下旬—7月上旬调查各区试点甘蔗梢腐病发病情况。

1.3 调查方法

每小区调查中间2行,调查每株甘蔗的所有叶片,用目测法评估叶片和蔗茎的发病程度。记录调查的总株数、病株数及病级。病害等级标准参照刘梦林等^[4]的划分方法,并作修改。分级标准见表2。

表2 甘蔗梢腐病田间调查分级标准

Tab. 2 The grading standard of sugarcane pokkah boeng disease severity in the field

发病级别	发病症状
0级	无梢腐病症状
1级	1~2张叶片感病,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张叶片感病,心叶皱缩呈阶梯状,显著黄化、扭曲且有红褐色条纹;叶片缠绕扭曲或缺刻,出现褐色病斑
3级	5~6张叶片感病,病叶可见明显不规则红色条纹和斑点,老叶纵向撕裂将所有叶片包卷,不能展开,暗红色的斑点变成褐色,表现出灼烧状;叶鞘出现不规则坏死斑;梢部变短,但植株还能保持生长
4级	7张及以上叶片感病,心叶短小如竹叶或短剑状;植株产生侧芽,生长完全受阻,但未见顶腐状
5级	心叶和生长点腐烂死亡,在甘蔗梢部幼嫩组织上形成顶腐状;梢部秃顶无叶片;或整株干枯

1.4 数据统计

发病率和病情指数(Disease severity index, DSI)参照沈万宽等^[7]、李朝生等^[8]方法进行。

1.5 抗性评价

应用Excel 2010和DPS 7.05分析软件对新植和宿根甘蔗进行梢腐病抗性评价(方差分析采用 Duncan's 新复极差法),当新植和宿根所确定的抗性等级不一致时,以抗性较差者的等级作为该品种(系)的抗性等级。基于此次研究数据、历年甘蔗梢腐病生产实际以及前人研究结果建立田间抗性评价标准(表3)。对分级数据先进行标准化转换,采用 χ^2 距离和离差平方和的方法进行系统聚类。

表3 甘蔗梢腐病田间抗性评价标准

Tab. 3 The grading standard of sugarcane resistance to pokkah boeng disease in the field

抗性级别	病情指数	抗性水平
0级	≤1.0	高抗(HR)
1级	1.1~5.0	抗病(R)
2级	5.1~10.0	中抗(MR)
3级	10.1~15.0	中感(MS)
4级	15.1~20.0	感病(S)
5级	≥20.0	高感(HS)

2 结果与分析

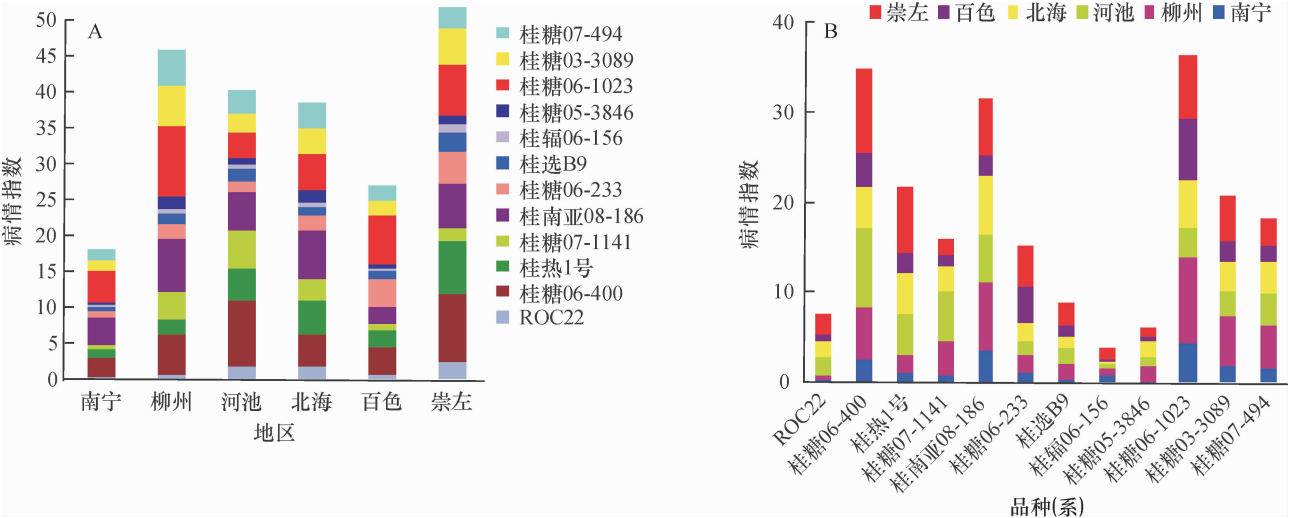
2.1 新植蔗和宿根蔗梢腐病发生情况

全区新植蔗梢腐病发病率为0.16%~23.82%,

病情指数为0.03~16.48。桂糖06-400在河池、崇左2个试验点发病率和病情指数都最高;桂糖06-1023在柳州试验点发病率和病情指数均为最高;ROC22在南宁试验点发病率最低,病情指数也相应偏低;桂辐06-156在百色试验点发病率最低,病情指数也偏低。其中,桂糖05-3846的发病率和病情指数在6个试验点都偏低。宿根蔗梢腐病发病率为0~25.89%,病情指数为0~17.37。桂南亚08-186感梢腐病比较严重,尤其是在柳州试验点;桂糖06-1023在南宁、柳州、北海、百色、崇左5个试验点病情指数均较高,桂辐06-156、桂糖05-3846在各试验点都表现出抗梢腐病的优良特性。

试验点新植蔗病情指数排序为柳州>崇左>北海>百色>河池>南宁,宿根蔗试验点病情指数排序为河池>崇左>北海>百色>柳州>南宁,综合新植蔗和宿根蔗的平均值排序为崇左>柳州>河池>北海>百色>南宁(图1A)。其中柳州、崇左2个试验点宿根蔗的病情指数低于新植蔗,其他试验点均表现为宿根蔗较新植蔗严重,其中以河池蔗区宿根蔗发病较为严重,表明崇左、柳州和河池3个试验点属于梢腐病高发区,百色、南宁2个试验点属于低发区(图1A)。综合全区新植蔗梢腐病平均病情指数达到17.40,宿根蔗达到19.35,相较增长了11.21%,表明宿根蔗梢腐病的发生程度较新植蔗严重,试验区的梢腐病发病总体水平比较高。

根据一年新植蔗和一年宿根蔗梢腐病调查结果,对甘蔗品种(系)病情指数进行累积分析,结果显示,桂糖 06-1023 梢腐病发生最严重,其次为桂糖 06-400 和桂南亚 08-186,桂辐 06-156 最轻(图 1B)。



病情指数以新植蔗、宿根蔗平均值计;A:蔗区病情指数累积;B:品种(系)病情指数累积

图 1 广西蔗区甘蔗梢腐病发生情况

Fig. 1 The occurrence of sugarcane pokkah boeng disease in Guangxi

2.2 参试品种(系)梢腐病抗性评价

病情指数划分的抗性等级和水平见表 4,调查的 12 个品种中抗病品种(系)4 个,桂辐 06-156、桂糖 05-3846、桂选 B9、ROC22;中抗品种(系)4 个,桂糖 06-233、桂糖 07-1141、桂糖 07-494 和桂糖 03-3089;中感品种(系)2 个,桂热 1 号和桂南亚 08-186;感病品种(系)2 个,桂糖 06-1023、桂糖 06-400。大部分

品种(系)的新植蔗和宿根蔗对梢腐病的抗性表现一致,但桂糖 06-400、桂热 1 号和桂糖 06-1023 宿根蔗的发生情况较新植蔗稍重。以病情指数为对象进行系统聚类分析(分级数据先进行标准化转换,采用 χ^2 距离和离差平方和的方法进行聚类),不同抗性甘蔗品种(系)病情指数的聚类也与累积分析及划分的抗性水平的结果一致(图 2)。

表 4 参试品种(系)梢腐病抗性评价¹⁾

Tab. 4 The resistance evaluation of tested varieties (lines) to sugarcane pokkah boeng disease

品种(系)	新植蔗		宿根蔗		综合评价	
	病情指数	抗性级别	病情指数	抗性级别	抗性级别	抗性水平
ROC22	2.88 ± 0.12f	1	2.86 ± 0.56h	1	1	抗病
桂糖 06-400	13.15 ± 0.24a	3	17.25 ± 0.65a	4	4	感病
桂热 1 号	7.00 ± 0.02de	2	10.16 ± 0.65d	3	3	中感
桂糖 07-1141	5.95 ± 1.41e	2	6.74 ± 0.65f	2	2	中抗
桂南亚 08-186	10.28 ± 0.67b	3	14.54 ± 0.51c	3	3	中感
桂糖 06-233	6.40 ± 0.15e	2	6.49 ± 0.49f	2	2	中抗
桂选 B9	4.90 ± 0.41e	1	2.84 ± 0.64h	1	1	抗病
桂辐 06-156	1.53 ± 0.21f	1	1.83 ± 0.57i	1	1	抗病
桂糖 05-3846	2.05 ± 0.48f	1	2.29 ± 0.65hi	1	1	抗病
桂糖 06-1023	14.10 ± 0.99a	3	17.01 ± 1.11ab	4	4	感病
桂糖 03-3089	8.58 ± 0.54cd	2	8.80 ± 0.41e	2	2	中抗
桂糖 07-494	8.97 ± 0.22bc	2	5.57 ± 0.47g	2	2	中抗

1) 表中数据为 3 次重复的平均值,同列数据后凡有一个相同小写字母者,表示在 5% 水平差异不显著(Duncan's 新复极差法)。

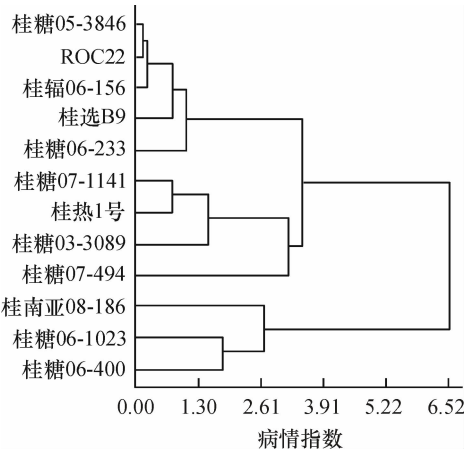


图 2 甘蔗品种(系)对梢腐病田间抗性的聚类分析图
Fig.2 Clustering of sugarcane varieties (lines) based on disease severity index(DSI) in the field

3 讨论

3.1 梢腐病田间分级标准的完善

建立作物病害大田分级标准是一项系统工作。由于品种(系)、栽培方式^[9]、生态条件、不同病原^[10]以及病虫害并发^[11]等原因,科研人员建立病害评价体系要做大量调查和病原菌检测工作。发病率和病情指数是进行作物病害分级时常用的 2 项指标^[12-14],具有易控、准确等特点。本研究以笔者前期大量的室内接种、田间系统调查为基础,结合前人经验、实际生产和其他作物病害分级标准,应用发病率和病情指数 2 个指标而建立此标准。刘梦林等^[4]曾对甘蔗梢腐病发病严重度进行分级,但 2 级和 3 级之间对发病症状以及发病叶片数的划分标准存在一定的交叉;此外,田间通常有多张甘蔗叶片同时被梢腐病为害,而前人分级标准最高只有 5 张发病叶片,不利于田间的调查和有严重度的判别。本研究分级标准基本包含了目前甘蔗田间生产常见病症,其中 3 级、4 级将甘蔗正常生长与否作为主要区别依据,即 3 级甘蔗叶片受损程度严重,生长点尚未受到影响,4 级影响到生长点,但尚能保持生长,表现出蔗茎畸形等症状。而标准中 5 级主要以梢部无叶片、顶腐以及蔗株死亡为判别依据。根据本研究划分的 6 个不同抗性水平,虽然 12 个测试材料中没有出现高抗和高感的材料,但我们在进行其他研究中已经发现高感品种,例如桂糖 37 号在广西农业科学院甘蔗研究所丁当基地其发病率最高可达到 38.72%,病情指数达到 32.23。经多次检验,该法将田间病症调查标准、病情指数分级标准与系统聚类分析法结合起来,对于准确快速评价甘蔗田间梢腐病抗性具有很强的

指导性。

3.2 不同甘蔗品种(系)感抗梢腐病特征

准确评价甘蔗品种(系)抗病性对于生产的重要性毋庸置疑。本研究结果表明,虽然不同甘蔗品种(系)在不同蔗区表现出感抗梢腐病程度不一,但不同品种(系)之间存在显著抗性差异,且这种差异是一种稳定的遗传特性。甘蔗品种(系)在不同蔗区因受到生态环境等因素影响会表现出感抗不一致性,但只要基于足够规模样本研究,品种(系)的抗性也将不断趋于稳定,其他甘蔗病害研究中有此规律^[15-16]。例如,试验中桂辐 06-156、桂糖 05-3846、ROC22 号、桂糖 06-233、桂糖 03-3089 这 5 个品种(系)的新植蔗和宿根蔗对梢腐病表现出较高的抗感稳定性。广西主栽品种 ROC22 号、粤糖 94-128 多年抗性以及桂糖 11 号、桂糖 37 号易感性也表现出此特征。经连年种植甘蔗存在种性不断退化现象,尤其是抗土传性病害能力会不断下降,目前针对甘蔗黑穗病的研究便是一个热点和难点^[17],而梢腐病作为一种真菌性病害,主要通过气流传播和受感染的农用设备、灌溉用水、降雨和土壤等方式进行二次传播,其病原菌分生孢子经由毛细管孔道,转移到心叶处,待条件适宜时,首先侵染薄壁状细胞,不经由周围的薄壁组织,病菌进入叶维管束,经叶维管束侵入到蔗茎未成熟的其他部分。目前尚未筛选到完全免疫种质资源,而部分品种(系)宿根蔗却未见病株,因此非常有必要继续开展甘蔗新植和宿根发病情况的跟踪研究,其抗感梢腐病差异性以及遗传脆弱性有待进一步研究。

3.3 不同种植区域甘蔗感抗梢腐病差异

栽培管理模式、工农业规模以及地理生态等因子差异导致作物病害表现出新型流行性特征^[18]。业界同行认为甘蔗梢腐病是一种“富贵病”,跟农事操作方式紧密相关,水肥充裕时容易暴发,尤其是高氮条件下其发病率偏高,生产上也发现梢腐病在老蔗区要比新蔗区发病严重,宿根蔗总体发病程度要高于新植蔗^[19-20],这与笔者的研究结果基本一致。同时,蔗地边际效应非常突出,例如,笔者调查发现,甘蔗地旁边的地块种植玉米,边际的甘蔗梢腐病发生较地块中间的严重。同时梢腐病表现出逐渐加重趋势,这表明其病原菌数量在田间不断积累,且其传播蔓延受到栽培管理方式等因素的影响较大。2013、2014 年广西甘蔗区试验结果表明,河池、柳州蔗区梢腐病暴发情况比南宁、百色地区显著严重,这与本次

研究结果一致,而崇左蔗区危害度持续偏高是今年才有的现象,可见梢腐病病原菌传播存在诸多流行性特征,不同蔗区之间发病率和病情指数都存在很大差异,且受到多重因素影响。因此,在进行挖掘高抗或者免疫梢腐病甘蔗种质资源工作时,应采集各蔗区病样来分离鉴定病原菌优势种,从而研究梢腐病病原菌与宿主甘蔗生理生化互作机制,同时结合各蔗区地理生态环境与栽培习惯,深入开展多点多年多轮次调查,系统开展甘蔗梢腐病流行性特征研究,进而为生产上防治梢腐病提供科学依据。

致谢:感谢广西农业科学院甘蔗研究所刘晓燕、柳州市农业科学研究所韦开军、百色市农业科学研究所李文教、河池市农业科学研究所陆文娟、北海市农业科学研究所朱斌及广西南亚热带农业科学研究所邱文武对甘蔗的日常管理和协助调查!

参考文献:

- [1] 洪伟雄. 甘蔗梢腐病病原菌:串珠镰刀菌分子生物学研究初探[D]. 福州:福建农林大学, 2011.
- [2] SINGH A, CHAUHAN S S, SINGH A, et al. Deterioration in sugarcane due to pokkah boeng disease[J]. Sugar Tech, 2006, 8(2): 187-190.
- [3] 黄鸿能. 浅谈甘蔗病害在广东蔗区的为害及其主要防治对策[J]. 甘蔗糖业, 1993(3): 13-17.
- [4] 刘梦林, 黄冬发, 李德健, 等. 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.
- [5] 张玉娟. 甘蔗梢腐病病原分子检测及甘蔗组合、品种的抗病性评价[D]. 福州:福建农林大学, 2009.
- [6] VISHWAKARMA S K, KUMAR P, NIGAM A, et al. Pokkah boeng: An emerging disease of sugarcane[J]. J Plant Pathol Microb, 2013, 4(3): 170.
- [7] 沈万宽, 邓海华. 引进甘蔗品种黑穗病抗性鉴定及结果分析[J]. 中国农学通报, 2011, 27(19): 234-238.
- [8] 李朝生, 霍秀娟, 韦绍龙, 等. 5份香蕉种质对枯萎病的抗性评价[J]. 南方农业学报, 2012, 43(4): 449-453.
- [9] HSUAN H M, SALLEH B, ZAKARIA L. Molecular identification of *Fusarium* species in *Gibberella fujikuroi* species complex from rice, sugarcane and maize from Peninsular Malaysia[J]. Int J Mol, 2011, 12(10): 6722-6732.
- [10] ABU AHMAD Y, RASSABY L, ROYER M, et al. Yellow leaf of sugarcane is caused by at least three different genotypes of sugarcane yellow leaf virus, one of which predominates on the island of Réunion[J]. Arch Virol, 2006, 151(7): 1355-1371.
- [11] 单红丽, 李文凤, 黄应昆, 等. 国家甘蔗体系繁殖和示范新品种(系)病虫害调查[J]. 中国糖料, 2014, 36(2): 50-53.
- [12] 黄庆裕, 朱来佳, 黎达境, 等. 水稻纹枯病病情指数与病株率关系数学模型的研究及应用[J]. 广西植保, 2010, 23(1): 1-3.
- [13] 路银贵, 曹永胜, 田兰芝, 等. 玉米粗缩病病情严重程度分级标准及病情指数与产量损失率关系的研究[J]. 华北农学报, 2006, 21(4): 87-90.
- [14] 郭云忠, 段双科, 张涛. 病情指数划分小麦品种(系)赤霉病抗病性类型方法的改进研究[J]. 河南农业大学学报, 1999, 33(4): 336-338.
- [15] VISWANATHAN R, RAO G P. Disease scenario and management of major sugarcane diseases in India[J]. Sugar Tech, 2011, 13(4): 336-353.
- [16] AOKI T, O'DONNELL K, GEISER D M. Systematics of key phytopathogenic *Fusarium* species: Current status and future challenges[J]. J Gen Plant Pathol, 2014, 80(3): 189-201.
- [17] 沈万宽, 姜子德, 邓海华, 等. 甘蔗黑穗病及其病原菌研究进展[J]. 热带作物学报, 2013, 34(10): 2063-2068.
- [18] PETROVIC T, BURGESS L W, COWIE I, et al. Diversity and fertility of *Fusarium sacchari* from wild rice (*Oryza australiensis*) in Northern Australia, and pathogenicity tests with wild rice, rice, sorghum and maize[J]. Eur J Plant Pathol, 2013, 136(4): 773-788.
- [19] 黄梅燕, 廖锦鹏, 李勋, 等. 国家第8轮甘蔗品种区试广西崇左市农业科学研究所试验点结果分析[J]. 甘蔗糖业, 2013(3): 1-5.
- [20] 刘晓燕, 梁强, 李毅杰, 等. 2012—2013年广西甘蔗品种区试南宁点试验报告[J]. 中国糖料, 2015, 37(2): 10-12.

【责任编辑 柴 焰】