

甘蔗新品种及主栽品种对甘蔗梢腐病的自然抗性

单红丽 王晓燕 杨 昆 王长秘 仓晓燕 黄应昆*

(云南省农业科学院甘蔗研究所, 云南省甘蔗遗传改良重点实验室, 开远 661699)

摘要: 为筛选抗梢腐病的甘蔗品种, 于2016—2019年采用田间自然发病率调查方法对我国近年选育的60个新品种及云南省临沧市、普洱市、玉溪市和广西壮族自治区宜州区甘蔗梢腐病高发蔗区的31个主栽品种进行自然抗性评价。结果表明: 在60个甘蔗新品种中, 35个表现为高抗、抗病和中抗, 所占比例为58.3%, 其中高抗品种5个、抗病品种15个、中抗品种15个, 所占比例分别为8.3%、25.0%、25.0%; 在31个甘蔗主栽品种中, 15个表现为高抗、抗病、中抗, 所占比例为48.4%。目前大面积种植的新台糖25号、粤糖93-159、盈育91-59、柳城03-1137、云蔗03-258、川糖79-15、新台糖1号、桂糖11号、桂糖42号9个主栽品种对甘蔗梢腐病高度感病, 而近年选育的粤甘49号、福农11-2907、闽糖11-610、闽糖12-1404、桂糖11-1076五个新品种对甘蔗梢腐病高抗, 粤甘46号、粤甘47号、福农09-2201、福农09-6201、福农09-7111、福农10-14405、闽糖06-1405、桂糖40号、桂糖44号、桂糖06-1492、桂糖06-2081、桂糖08-1180、桂糖08-1589、云蔗11-1074和德蔗07-36共15个新品种对甘蔗梢腐病表现抗病。

关键词: 甘蔗; 新品种; 主栽品种; 梢腐病; 自然抗性

Natural resistance of new and main cultivated sugarcane varieties to pokkah boeng

Shan Hongli Wang Xiaoyan Yang Kun Wang Changmi Cang Xiaoyan Huang Yingkun*

(Yunnan Key Laboratory of Sugarcane Genetic Improvement, Sugarcane Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kaiyuan 661699, Yunnan Province, China)

Abstract: To screen sugarcane varieties resistant to pokkah boeng, from 2016 to 2019, the field resistance of 60 newly-bred and 31 main cultivated varieties was evaluated against pokkah boeng in Lincang, Puer and Yuxi cities of Yunnan Province, and in Yizhou District of Guangxi Zhuang Autonomous Region, where the incidence of pokkah boeng was particularly high. Among the 31 main cultivated varieties, 15 were highly resistant, resistant and moderately resistant against pokkah boeng, accounting for 48.4%. Nine main cultivated varieties that are currently grown in large areas, including ROC25, Yuetang93-159, Yingyu91-59, Liucheng03-1137, Yunzhe03-258, Chuantang79-15, ROC1, Guitang11, and Guitang42, were highly susceptible to pokkah boeng. The result showed that 35 of 60 new sugarcane varieties (58.3%) were highly resistant, resistant and moderately resistant. Of these, five varieties were highly resistant, 15 resistant and 15 moderately resistant, accounting for 8.3%, 25.0%, 25.0%, respectively. Five highly resistant newly-bred varieties included, Yuegan49, Funong11-2907, Mintang11-610, Mintang12-1404, Guitang11-1076. The 15 resistant newly-bred varieties included Yuegan46, Yuegan47, Funong09-2201, Funong09-6201, Funong09-7111, Funong10-14405, Mintang06-1405, Guitang40, Guitang44, Guitang06-1492, Guitang06-2081, Guitang08-1180, Guitang08-1589, Yunzhe11-1074, and De-

基金项目: 财政部和农业农村部国家现代农业产业技术体系(CARS-170303), 云岭产业技术领军人才培养项目(2018LJRC56), 云南省技术创新人才培养对象项目(202005AD160012)

* 通信作者 (Author for correspondence), E-mail: huangyk64@163.com

收稿日期: 2020-06-03

zhe07-36.

Key words: sugarcane; new varieties; main cultivated varieties; pokkah boeng; natural resistance

甘蔗梢腐病是由多种镰刀菌引起的一种重要的世界性甘蔗真菌病害,其病原菌的中间寄主较多,有水稻、高粱、玉米、香蕉、南瓜等(Rott et al., 2000; Huang et al., 2018)。此病自1890年在爪哇首次报道以来,现已广泛分布于植蔗国家和地区,造成不同程度的经济损失(Singh et al., 2006; Vishwakarma et al., 2013)。甘蔗梢腐病在我国台湾和大陆各植蔗省(区)均有分布(黄应昆和李文凤, 2016)。云南省和广西壮族自治区(简称广西)甘蔗主产区种植粤糖93-159、新台糖1号、新台糖25号、川糖79-15等感病品种比例过大,2015—2019年,雨量连年增多、高温高湿诱发甘蔗梢腐病暴发成灾(李文凤等, 2017)。甘蔗梢腐病发病严重时,大量蔗茎枯死,平均病株率为81.1%,严重时病株率达100.0%,甘蔗实测产量平均损失38.42%,甘蔗糖分平均降低3.14%(单红丽等, 2018)。

感病品种大面积种植、高温多湿气候、病原菌累积和栽培管理措施不当是甘蔗梢腐病暴发流行的主要原因。国内外关于甘蔗梢腐病的研究主要集中在病原菌分类(Viswanathan et al., 2011; Lin et al., 2014; 2015)、生物学特性(郭强等, 2016; 2019; 刘丹丹等, 2019)、种系发育(Vishwakarma et al., 2016)及代谢产物(Hilton et al., 2017)等方面,但关于其发生危害情况(龙盛凤等, 2019)、品种形态与抗性(王泽平等, 2017a)和防控(冯奕玺, 2000; Goswami et al., 2014)的报道较少,如王泽平等(2016a)根据病情指数建立了甘蔗梢腐病田间抗性评价标准;王泽平等(2016b)利用该标准鉴定广西13个主栽品种对甘蔗梢腐病为中抗抗性水平以上;王泽平等(2017b)利用国内甘蔗梢腐病2种主要病原菌筛选出GT37、GT21两个感病品种(系)及Q202、ROC1、YT94-128三个高抗品种(系)可作为抗感试验的典型种质材料;罗霆等(2017)根据发病程度、利用病情指数划分的抗性标准和聚类分析的方法鉴定出柳城03-1137、ROC16和桂糖40三个高抗品种。目前甘蔗品种对梢腐病的田间抗性评价多采用病情指数法(王泽平等, 2016b; 2017b; 罗霆等, 2017),但该方法不能消除年度间气候因素、调查人员主观因素和病害严重度划分标准等造成误差,致使同一鉴定材料鉴定结果波动较大(郭云忠等, 1999),且调查统计过程繁琐,不适合大规模田间病害抗性调查分析。而自然发病

率是品种发病的普遍程度,可以反映各品种群体的发病情况,并且品种对甘蔗梢腐病的抗性有一定的遗传稳定性(罗霆等, 2017),尤其是在甘蔗梢腐病高发蔗区,用自然发病率获得的品种抗性代表了品种群体的抗性,具有普遍性和稳定性。因此,利用自然发病率能够直观、简单、快速地大规模调查田间病害抗性,并且可操作性较强。

筛选和培育抗病品种是病害防治最经济有效的手段,而鉴定和评价育种亲本和品种的抗性则是选育抗病品种的前提和基础(郭成等, 2016)。近年来,我国各甘蔗育种单位选育了一批甘蔗优良新品种,但这些新品种对甘蔗梢腐病的抗性情况尚不清楚,各蔗区在选用抗病新品种进行品种合理布局 and 有效防控甘蔗梢腐病方面缺乏依据。为此本研究于2016—2019年采用田间自然发病率调查方法对中国近年选育的60个优良新品种及31个主栽品种进行自然抗性评价,明确各品种对甘蔗梢腐病的抗性水平,期为甘蔗梢腐病的有效防控提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试植物:全国甘蔗新品种联合区域试验云南临沧试验点的60个甘蔗优良新品种和云南省、广西蔗区31个甘蔗主栽品种,对照甘蔗品种为新台糖22号,自然抗性评价抗病和感病对照甘蔗品种分别为新台糖20号和新台糖25号。60个甘蔗优良新品种为粤甘49号、福农11-2907、闽糖11-610、闽糖12-1404、桂糖11-1076、粤甘46号、粤甘47号、福农09-2201、福农09-6201、福农09-71111、福农10-14405、闽糖06-1405、桂糖40号、桂糖44号、桂糖06-1492、桂糖06-2081、桂糖08-1180、桂糖08-1589、云蔗11-1074、德蔗07-36、粤甘48号、粤甘50号、福农07-3206、福农09-4095、福农09-12206、福农10-0574、闽糖07-2005、桂糖08-120、柳城09-15、中蔗1号、云蔗11-1204、云蔗11-3898、云瑞10-187、海蔗22号、中糖1202、粤甘43号、粤甘51号、粤甘52号、福农08-3214、桂糖08-1533、桂糖13-386、柳城07-150、中蔗6号、中蔗10号、云蔗08-1095、云蔗08-1609、云蔗11-3208、云瑞11-450、云瑞12-263、德蔗09-78、德蔗12-88、海蔗28号、中糖1201、粤甘53号、柳城07-506、柳城09-19、中蔗13、云蔗09-1601、云瑞10-701和中糖1301。

31个甘蔗主栽品种为新台糖20号、粤糖83-88、川糖61-408、粤糖79-177、云蔗05-51、柳城03-182、粤糖60号、柳城05-136、新台糖22号、粤糖86-368、粤糖00-236、新台糖25号、粤糖93-159、盈育91-59、柳城03-1137、云引10号、桂糖21号、新台糖16号、新台糖10号、云蔗05-49、德蔗03-83、云蔗03-258、川糖79-15、闽糖69-421、云引3号、新台糖1号、桂糖11号、桂糖36号、桂糖44号、桂糖29号和桂糖42号。

1.2 方法

1.2.1 甘蔗新品种田间自然抗性评价

分别于2016年3月和2018年3月先后2批在云南临沧区域试验站进行新品种联合区域试验,以新台糖22号为对照品种,以新台糖20号和新台糖25号分别作为抗病和感病对照品种,采用随机区组排列,每个小区种植5行,行距1 m、行长6 m,小区面积30 m²,每个小区种植1个品种,每个品种重复3次。试验田周围和每隔2个供试品种种植2行高感梢腐病品种新台糖25号,尽可能为各供试品种自然感病提供侵染菌源。2016年10—11月待感病对照品种充分发病时调查供试品种新植蔗发病情况,每个供试品种每个小区选定中间3行连续调查100株有效蔗株的发病情况,共调查300株,记录总调查株数及病株数,计算自然病株率。自然病株率=病株数/总调查株数×100%。参照国家糖料产业技术体系病虫害研究室方法对甘蔗梢腐病自然抗性进行抗性等级划分,具体划分标准:1级,病株率0;2级,0<病株率≤10%;3级,10%<病株率≤20%;4级,20%<病株率≤40%;5级,40%<病株率≤100%,将1~5级分别划分为高抗、抗病、中抗、感病和高感的抗性水平。2017年10—11月待感病对照品种充分发病时调查供试品种宿植蔗发病情况,调查方法、自然病株率计算及抗性等级划分同上。2018—2019年的试验同2016—2017年。

1.2.2 甘蔗主栽品种田间自然抗性评价

2017—2019年于感病品种新台糖25号或粤糖93-159充分发病时,分别对云南省临沧市、普洱市、玉溪市和广西宜州区蔗区代表性主栽品种新植蔗与宿根蔗进行自然抗性评价。2017年10—11月同时调查云南省临沧市蔗区新台糖20号、粤糖83-88、川糖61-408、粤糖79-177、云蔗05-51、柳城03-182、粤糖60号、柳城05-136、新台糖22号、粤糖86-368、粤糖00-236、新台糖25号、粤糖93-159、盈育91-59和柳城03-1137等15个主栽品种新植蔗和宿根蔗发病情况,每个主栽品种新植蔗种植时间在1—4月,行距1.0~1.1 m,选择种植面积不少于2 000 m²的3个

代表性田块进行调查;宿根蔗种植时间在2—4月,行距1.0~1.1 m,选择种植面积不少于2 000 m²的3个代表性田块进行调查。2018年10—11月同时调查云南省普洱市蔗区新台糖20号、云引10号、桂糖21号、云蔗05-51、新台糖16号、粤糖60号、新台糖10号、新台糖22号、粤糖86-368、粤糖00-236、云蔗05-49、德蔗03-83、粤糖93-159、云蔗03-258和川糖79-15等15个主栽品种新植蔗和宿根蔗发病情况,每个主栽品种新植蔗种植时间在1—4月,行距0.9~1.0 m,选择种植面积不少于2 000 m²的3个代表性田块进行调查;宿根蔗种植时间在2—4月,行距0.9~1.0 m,选择种植面积不少于2 000 m²的3个代表性田块进行调查。2018年10—11月同时调查云南省玉溪市蔗区云蔗05-51、新台糖16号、闽糖69-421、新台糖10号、新台糖22号、粤糖00-236、云引3号、新台糖1号、粤糖93-159和桂糖11号等10个主栽品种新植蔗和宿根蔗发病情况,每个主栽品种新植蔗种植时间在2—4月,行距1.1~1.2 m,选择种植面积不少于2 000 m²的3个代表性田块进行调查;宿根蔗种植时间在2—5月,行距1.1~1.2 m,选择种植面积不少于2 000 m²的3个代表性田块进行调查。2019年10—11月同时调查广西宜州区蔗区新台糖20号、桂糖21号、桂糖36号、桂糖44号、新台糖16号、桂糖29号、柳城05-136、新台糖22号、桂糖42号和柳城03-1137等10个主栽品种新植蔗和宿根蔗发病情况,每个主栽品种新植蔗种植时间在2—4月,行距0.8~0.9 m,选择种植面积不少于2 000 m²的3个代表性田块进行调查;宿根蔗种植时间在1—4月,行距0.8~0.9 m,选择种植面积不少于2 000 m²的3个代表性田块进行调查。每个调查田块采用3点取样法,每点连续调查100株有效蔗株,每个主栽品种共调查300株,记录总调查株数及病株数,计算自然病株率,划分抗性等级,确定抗性水平,方法同1.2.1。

2 结果与分析

2.1 甘蔗新品种田间自然抗性评价结果

抗病对照品种新台糖20号新植蔗和宿根蔗对梢腐病均表现高抗;感病对照品种新台糖25号表现一致,均表现高感,抗性稳定。60个甘蔗供试新品种新植蔗和宿根蔗抗性水平一致,其中35个品种的抗性水平为高抗、抗病和中抗,所占比例为58.3%;25个品种的抗性水平为感病和高感,所占比例为41.7%。在60个供试新品种中,粤甘49号、福农11-2907、闽糖11-610、闽糖12-1404和桂糖11-1076

五个新品种表现高抗,所占比例为8.3%;粤甘46号、粤甘47号、福农09-2201、福农09-6201、福农09-7111、福农10-14405、闽糖06-1405、桂糖40号、桂糖44号、桂糖06-1492、桂糖06-2081、桂糖08-1180、桂糖08-1589、云蔗11-1074和德蔗07-36等15个新品种表现抗病,所占比例为25.0%;粤甘48号、福农07-3206、闽糖07-2005、桂糖08-120、柳城09-15、中蔗1号、云蔗11-1204、云瑞10-187、海蔗22号和中

糖1202等15个新品种表现中抗,所占比例为25.0%;粤甘43号、福农08-3214、桂糖08-1533、柳城07-150、中蔗6号、云蔗08-1095、云瑞11-450、德蔗09-78、海蔗28号和中糖1201等18个新品种表现感病,所占比例为30.0%;粤甘53号、柳城07-506、柳城09-19、中蔗13号、云蔗09-1601、云瑞10-701和中糖1301七个新品种表现高感,所占比例为11.7%(表1)。

表1 60个甘蔗新品种对梢腐病的田间自然抗性评价结果

Table 1 Resistance of 60 new sugarcane varieties to pokkah boeng under natural conditions

品种 Variety	新植蔗 Newly planted sugarcane		宿根蔗 Ratoon sugarcane	
	等级 Grade	抗性水平 Resistance response	等级 Grade	抗性水平 Resistance response
粤甘49号 Yuegan 49	1	高抗 Highly resistant	1	高抗 Highly resistant
福农11-2907 Funong 11-2907	1	高抗 Highly resistant	1	高抗 Highly resistant
闽糖11-610 Mintang 11-610	1	高抗 Highly resistant	1	高抗 Highly resistant
闽糖12-1404 Mintang 12-1404	1	高抗 Highly resistant	1	高抗 Highly resistant
桂糖11-1076 Guitang 11-1076	1	高抗 Highly resistant	1	高抗 Highly resistant
粤甘46号 Yuegan 46	2	抗病 Resistant	2	抗病 Resistant
粤甘47号 Yuegan 47	2	抗病 Resistant	2	抗病 Resistant
福农09-2201 Funong 09-2201	2	抗病 Resistant	2	抗病 Resistant
福农09-6201 Funong 09-6201	2	抗病 Resistant	2	抗病 Resistant
福农09-7111 Funong 09-7111	2	抗病 Resistant	2	抗病 Resistant
福农10-14405 Funong 10-14405	2	抗病 Resistant	2	抗病 Resistant
闽糖06-1405 Mintang 06-1405	2	抗病 Resistant	2	抗病 Resistant
桂糖40号 Guitang 40	2	抗病 Resistant	2	抗病 Resistant
桂糖44号 Guitang 44	2	抗病 Resistant	2	抗病 Resistant
桂糖06-1492 Guitang 06-1492	2	抗病 Resistant	2	抗病 Resistant
桂糖06-2081 Guitang 06-2081	2	抗病 Resistant	2	抗病 Resistant
桂糖08-1180 Guitang 08-1180	2	抗病 Resistant	2	抗病 Resistant
桂糖08-1589 Guitang 08-1589	2	抗病 Resistant	2	抗病 Resistant
云蔗11-1074 Yunzhe 11-1074	2	抗病 Resistant	2	抗病 Resistant
德蔗07-36 Dezhe 07-36	2	抗病 Resistant	2	抗病 Resistant
粤甘48号 Yuegan 48	3	中抗 Moderately resistant	3	中抗 Moderately resistant
粤甘50号 Yuegan 50	3	中抗 Moderately resistant	3	中抗 Moderately resistant
福农07-3206 Funong 07-3206	3	中抗 Moderately resistant	3	中抗 Moderately resistant
福农09-4095 Funong 09-4095	3	中抗 Moderately resistant	3	中抗 Moderately resistant
福农09-12206 Funong 09-12206	3	中抗 Moderately resistant	3	中抗 Moderately resistant
福农10-0574 Funong 10-0574	3	中抗 Moderately resistant	3	中抗 Moderately resistant
闽糖07-2005 Mintang 07-2005	3	中抗 Moderately resistant	3	中抗 Moderately resistant
桂糖08-120 Guitang 08-120	3	中抗 Moderately resistant	3	中抗 Moderately resistant
柳城09-15 Liucheng 09-15	3	中抗 Moderately resistant	3	中抗 Moderately resistant
中蔗1号 Zhongzhe 1	3	中抗 Moderately resistant	3	中抗 Moderately resistant
云蔗11-1204 Yunzhe 11-1204	3	中抗 Moderately resistant	3	中抗 Moderately resistant
云蔗11-3898 Yunzhe 11-3898	3	中抗 Moderately resistant	3	中抗 Moderately resistant
云瑞10-187 Yunrui 10-187	3	中抗 Moderately resistant	3	中抗 Moderately resistant
海蔗22号 Haizhe 22	3	中抗 Moderately resistant	3	中抗 Moderately resistant
中糖1202 Zhontang 1202	3	中抗 Moderately resistant	3	中抗 Moderately resistant
粤甘43号 Yuegan 43	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible

续表 1 Continued

品种 Variety	新植蔗 Newly planted sugarcane		宿根蔗 Ratoon sugarcane	
	等级 Grade	抗性水平 Resistance response	等级 Grade	抗性水平 Resistance response
粤甘 51 号 Yuegan 51	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
粤甘 52 号 Yuegan 52	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
福农 08-3214 Funong 08-3214	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
桂糖 08-1533 Guitang 08-1533	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
桂糖 13-386 Guitang 13-386	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
柳城 07-150 Liucheng 07-150	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
中蔗 6 号 Zhongzhe 6	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
中蔗 10 号 Zhongzhe 10	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
云蔗 08-1095 Yunzhe 08-1095	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
云蔗 08-1609 Yunzhe 08-1609	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
云蔗 11-3208 Yunzhe 11-3208	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
云瑞 11-450 Yunrui 11-450	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
云瑞 12-263 Yunrui 12-263	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
德蔗 09-78 Dezhe 09-78	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
德蔗 12-88 Dezhe 12-88	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
海蔗 28 号 Haizhe 28	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
中糖 1201 Zhontang 1201	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
粤甘 53 号 Yuegan 53	5	高感 Highly susceptible	5	高感 Highly susceptible
柳城 07-506 Liucheng 07-506	5	高感 Highly susceptible	5	高感 Highly susceptible
柳城 09-19 Liucheng 09-19	5	高感 Highly susceptible	5	高感 Highly susceptible
中蔗 13 号 Zhongzhe 13	5	高感 Highly susceptible	5	高感 Highly susceptible
云蔗 09-1601 Yunzhe 09-1601	5	高感 Highly susceptible	5	高感 Highly susceptible
云瑞 10-701 Yunrui 10-701	5	高感 Highly susceptible	5	高感 Highly susceptible
中糖 1301 Zhontang 1301	5	高感 Highly susceptible	5	高感 Highly susceptible

2.2 甘蔗主栽品种田间自然抗性评价结果

31 个甘蔗主栽品种新植蔗和宿根蔗的抗性稳定,抗性等级一致。15 个主栽品种的抗性水平为高抗、抗病和中抗,所占比例为 48.4%;16 个主栽品种的抗性水平为感病和高感,所占比例为 51.6%。在 31 个甘蔗主栽品种中,新台糖 20 号、粤糖 83-88、川糖 61-408、云引 10 号和桂糖 21 号 5 个主栽品种表现为高抗,所占比例为 16.1%;粤糖 79-177、云蔗 05-51、柳城 03-182、桂糖 36 号和桂糖 44 号 5 个主栽品种表现为抗病,所占比例为 16.1%;粤糖 60 号、柳城 05-136、新台糖 16 号、闽糖 69-421 和桂糖 29 号 5 个主栽品种表现为中抗,所占比例为 16.1%;新台糖 22 号、粤糖 86-368、粤糖 00-236、新台糖 10 号、云蔗 05-49、德蔗 03-83 和云引 3 号 7 个主栽品种表现为感病,所占比例为 22.4%;新台糖 25 号、粤糖 93-159、盈育 91-59、柳城 03-1137、云蔗 03-258、川糖 79-15、新台糖 1 号、桂糖 11 号和桂糖 42 号 9 个主栽品种表

现为高感,所占比例为 29.0%(表 2)。

3 讨论

甘蔗梢腐病是一种重要的暴发流行性真菌病害,由多种镰刀菌引起,包括轮枝镰刀菌 *Fusarium verticillioides*(Mohammadi et al., 2012)、层出镰刀菌 *F. proliferatum*(Khani et al., 2013)、串珠镰刀菌 *F. moniliforme*(Siti et al., 2008)、甘蔗镰刀菌 *F. sacchari*(Hsuan et al., 2011)、尖孢镰刀菌 *F. oxysporum*(Bao et al., 2016)等。在我国广西、云南、福建、广东和海南省(区)等蔗区,甘蔗梢腐病病原菌主要为轮枝镰刀菌和层出镰刀菌,其中轮枝镰刀菌为优势种(Lin et al., 2014)。2016 年,尖孢镰刀菌首次在广西百色市被发现,可引起甘蔗梢腐病,其在较短时间内可引起顶腐,最终造成整株死亡(Bao et al., 2016)。本课题组前期研究表明云南省蔗区的梢腐病由轮枝镰刀菌引起(仓晓燕等, 2018)。

表2 31个甘蔗主栽品种对梢腐病的田间自然抗性评价结果

Table 2 Resistance of 31 main cultivated sugarcane varieties to pokkah boeng under natural conditions

蔗区 Sugarcane field	品种 Variety	新植蔗 Newly planted sugarcane		宿根蔗 Ratoon sugarcane	
		等级 Grade	抗性水平 Resistance response	等级 Grade	抗性水平 Resistance response
云南省临沧市 Lincang City, Yunnan Province	新台糖20号 ROC 20	1	高抗 Highly resistant	1	高抗 Highly resistant
	粤糖83-88 Yuetang 83-88	1	高抗 Highly resistant	1	高抗 Highly resistant
	川糖61-408 Chuantang 61-408	1	高抗 Highly resistant	1	高抗 Highly resistant
	粤糖79-177 Yuetang 79-177	2	抗病 Resistant	2	抗病 Resistant
	云蔗05-51 Yunzhe 05-51	2	抗病 Resistant	2	抗病 Resistant
	柳城03-182 Liucheng 03-182	2	抗病 Resistant	2	抗病 Resistant
	粤糖60号 Yuetang 60	3	中抗 Moderately resistant	3	中抗 Moderately resistant
	柳城05-136 Liucheng 05-136	3	中抗 Moderately resistant	3	中抗 Moderately resistant
	新台糖22号 ROC 22	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
	粤糖86-368 Yuetang 86-368	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
	粤糖00-236 Yuetang 00-236	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
	新台糖25号 ROC 25	5	高感 Highly susceptible	5	高感 Highly susceptible
	粤糖93-159 Yuetang 93-159	5	高感 Highly susceptible	5	高感 Highly susceptible
	盈育91-59 Yingyu 91-59	5	高感 Highly susceptible	5	高感 Highly susceptible
	柳城03-1137 Liucheng 03-1137	5	高感 Highly susceptible	5	高感 Highly susceptible
云南省普洱市 Pu'er City, Yunnan Province	新台糖20号 ROC 20	1	高抗 Highly resistant	1	高抗 Highly resistant
	云引10号 Yunyin 10	1	高抗 Highly resistant	1	高抗 Highly resistant
	桂糖21号 Guitang 21	1	高抗 Highly resistant	1	高抗 Highly resistant
	云蔗05-51 Yunzhe 05-51	2	抗病 Resistant	2	抗病 Resistant
	新台糖16号 ROC 16	3	中抗 Moderately resistant	3	中抗 Moderately resistant
	粤糖60号 Yuetang 60	3	中抗 Moderately resistant	3	中抗 Moderately resistant
	新台糖10号 ROC 10	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
	新台糖22号 ROC 22	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
	粤糖86-368 Yuetang 86-368	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
	粤糖00-236 Yuetang 00-236	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
	云蔗05-49 Yunzhe 05-49	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
	德蔗03-83 Dezhe 03-83	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
	粤糖93-159 Yuetang 93-159	5	高感 Highly susceptible	5	高感 Highly susceptible
	云蔗03-258 Yunzhe 03-258	5	高感 Highly susceptible	5	高感 Highly susceptible
	川糖79-15 Chuantang 79-15	5	高感 Highly susceptible	5	高感 Highly susceptible
云南省玉溪市 Yuxi City, Yunnan Province	云蔗05-51 Yunzhe 05-51	2	抗病 Resistant	2	抗病 Resistant
	新台糖16号 ROC 16	3	中抗 Moderately resistant	3	中抗 Moderately resistant
	闽糖69-421 Mintang 69-421	3	中抗 Moderately resistant	3	中抗 Moderately resistant
	新台糖10号 ROC 10	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
	新台糖22号 ROC 22	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
	粤糖00-236 Yuetang 00-236	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
	云引3号 Yunyin 3	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
	新台糖1号 ROC 1	5	高感 Highly susceptible	5	高感 Highly susceptible
	粤糖93-159 Yuetang 93-159	5	高感 Highly susceptible	5	高感 Highly susceptible
	桂糖11号 Guitang 11	5	高感 Highly susceptible	5	高感 Highly susceptible
广西壮族 治区宜州区 Yizhou Direct, Guangxi Zhuang Autonomous Region	新台糖20号 ROC 20	1	高抗 Highly resistant	1	高抗 Highly resistant
	桂糖21号 Guitang 21	1	高抗 Highly resistant	1	高抗 Highly resistant
	桂糖36号 Guitang 36	2	抗病 Resistant	2	抗病 Resistant
	桂糖44号 Guitang 44	2	抗病 Resistant	2	抗病 Resistant
	新台糖16号 ROC 16	3	中抗 Moderately resistant	3	中抗 Moderately resistant
	桂糖29号 Guitang 29	3	中抗 Moderately resistant	3	中抗 Moderately resistant
	柳城05-136 Liucheng 05-136	3	中抗 Moderately resistant	3	中抗 Moderately resistant
	新台糖22号 R OC 22	4	感病 Susceptible	4	感病 Susceptible
	桂糖42号 Guitang 42	5	高感 Highly susceptible	5	高感 Highly susceptible
	柳城03-1137 Liucheng 03-1137	5	高感 Highly susceptible	5	高感 Highly susceptible

云南省临沧市、普洱市、玉溪市和广西宜州区等试验点均为高温湿热多雨地区,是甘蔗梢腐病高发区。本研究结果显示在这些地区目前大面积种植的新台糖 25 号、粤糖 93-159、盈育 91-59、柳城 03-1137、云蔗 03-258、川糖 79-15、新台糖 1 号、桂糖 11 号和桂糖 42 号 9 个甘蔗主栽品种高度感病,与单红丽等(2018)在云南省临沧市蔗区的调查结果一致;而 31 个甘蔗主栽品种的抗性鉴定结果与王泽平等(2016b)、罗霆等(2017)等的抗性鉴定结果存在差异,如高感品种粤糖 93-159 和柳城 03-1137 在广西崇左市、柳州市表现为高抗,在来宾市、北海市表现为抗病,高感品种桂糖 42 在南宁市表现为抗病,这些抗性差异是否与各地区病菌群体、致病力强弱及鉴定方法有关,尚待进一步研究。

本研究于 2016—2019 年采用田间自然发病率调查方法鉴定了 60 个甘蔗新品种及 31 个甘蔗主栽品种对甘蔗梢腐病的抗性,抗病对照品种新台糖 20 号新植蔗和宿根蔗的发病率为 0,感病对照品种新台糖 25 号发病率为 100%,表明试验点环境满足抗性鉴定的要求,各供试品种可充分感病,抗性鉴定结果具有一定的可靠性。在连续 4 年的新植蔗和宿根蔗抗性鉴定中,本研究筛选出了抗梢腐病的 35 个甘蔗新品种和 15 个主栽品种,所占比例分别为 58.3% 和 48.4%,说明新品种中含有丰富的抗梢腐病资源。在 35 个抗病甘蔗新品种中,粤甘 49 号、福农 11-2907、闽糖 11-610、闽糖 12-1404、桂糖 11-1076、粤甘 46 号、粤甘 47 号、福农 09-2201、福农 09-6201、福农 09-7111、福农 10-14405、闽糖 06-1405、桂糖 40 号、桂糖 44 号、桂糖 06-1492、桂糖 06-2081、桂糖 08-1180、桂糖 08-1589、云蔗 11-1074 和德蔗 07-36 共 20 个优良新品种对梢腐病的抗病力强,在选育抗梢腐病甘蔗品种方面很有利用潜力,下一步在因地制宜择优推广时,可通过将其作为抗病亲本与野生种质资源杂交来扩宽遗传基础,充分发挥其应用潜力,为抗梢腐病甘蔗新品种培育充实抗性基因源。

参 考 文 献 (References)

- Bao YX, Sun HJ, Li YF, Duan ZZ, McCord PH, Cui YP, Zhang MQ. 2016. First report of *Fusarium oxysporum* isolate gx3 causing sugarcane pokkah boeng in Guangxi of China. *Plant Disease*, 100 (8): 1785
- Cang XY, Li WF, Wang XY, Shan HL, Zhang RY, Li J, Luo ZM, Yin J, Huang YK. 2018. Occurrence and pathogen identification of sugarcane pokkah boeng in Yunnan.//Peng YL. Proceedings of Academic Annual Conference of the China Society of Plant Pathology in 2018. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, pp. 126 (in Chinese) [仓晓燕, 李文凤, 王晓燕, 单红丽, 张荣跃, 李婕, 罗志明, 尹炯, 黄应昆. 2018. 云南甘蔗梢腐病的发生及病原菌鉴定.//彭友良. 中国植物病理学会 2018 年学术年会论文集. 北京: 中国农业科学技术出版社, pp.126]
- Feng YX. 2000. The occurrence and control of sugarcane pokkah boeng disease. *Journal of Yunnan Tropical Crops Science & Technology*, 23(4): 43 (in Chinese) [冯奕玺. 2000. 甘蔗梢腐病的发生及防治. 云南热作科技, 23(4): 43]
- Goswami D, Handique PJ, Deka S. 2014. Rhamnolipid biosurfactant against *Fusarium sacchari*: the causal organism of pokkah boeng disease of sugarcane. *Journal of Basic Microbiology*, 54(6): 548–557
- Guo C, Guo MK, Wei HY, Jin SL. 2016. Resistance screening of maize germplasms to the causal agent of head smut *Sporisorium reilianum*. *Journal of Plant Protection*, 43(2): 343–344 (in Chinese) [郭成, 郭满库, 魏宏玉, 金社林. 2016. 玉米种质资源对丝轴团散黑粉菌的抗性筛选. 植物保护学报, 43(2): 343–344]
- Guo Q, Cui YP, Xu SQ, Zhang MQ. 2016. Vegetative compatibility of *Fusarium moniliforme* strains from different localities. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 37(10): 1949–1955 (in Chinese) [郭强, 崔一平, 徐世强, 张木清. 2016. 不同地理来源的甘蔗梢腐病菌营养体亲和性研究. 热带作物学报, 37(10): 1949–1955]
- Guo Q, Ma WQ, Chen HS, Bi DJ, Shi ZS, Peng C, Qin CX, He HL, Tang LQ. 2019. Isolation identification and biological characteristics of the pathogen causing sugarcane pokkah boeng in Chongzuo, Guangxi. *Journal of Southern Agriculture*, 50(8): 1728–1734 (in Chinese) [郭强, 马文清, 陈海生, 闭德金, 施泽升, 彭崇, 秦昌鲜, 何洪良, 唐利球. 2019. 广西崇左市甘蔗梢腐病原菌的分离鉴定及生物学特性测定. 南方农业学报, 50(8): 1728–1734]
- Guo YZ, Duan SK, Zhang T. 1999. Studies on the improvement of the method to classify the disease resistant type to scab of wheat varieties (lines) by disease index. *Journal of Henan Agricultural University*, 33(4): 336–338, 367 (in Chinese) [郭云忠, 段双科, 张涛. 1999. 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. 河南农业大学学报, 33(4): 336–338, 367]
- Hilton A, Zhang HM, Yu WY, Shim WB. 2017. Identification and characterization of pathogenic and endophytic fungal species associated with pokkah boeng disease of sugarcane. *The Plant Pathology Journal*, 33(3): 238–248
- Hsuan HM, Salleh B, Zakaria L. 2011. Molecular identification of *Fusarium* species in *Gibberella fujikuroi* species complex from rice, sugarcane and maize from Peninsular Malaysia. *International Journal of Molecular Sciences*, 12(10): 6722–6732
- Huang YK, Li WF. 2016. Colored atlas of control on diseases, insect pests and weeds of modern sugarcane. Beijing: China Agriculture Press, pp.109–110 (in Chinese) [黄应昆, 李文凤. 2016. 现代甘蔗病虫害防治彩色图说. 北京: 中国农业出版社, pp. 109–110]
- Huang YK, Li WF, Zhang RY, Wang XY. 2018. Color illustration of diagnosis and control for modern sugarcane diseases, pests, and

- weeds. Singapore: Springer Singapore, pp. 313–360
- Khani KT, Alizadeh A, Nejad RF, Tehrani AS. 2013. Pathogenicity of *Fusarium proliferatum*, a new causal agent of pokkah boeng in sugarcane. *Proceeding of the International Society of Sugar Cane Technologists*, (28): 1–5
- Li WF, Shan HL, Huang YK, Zhang RY, Cang XY, Yin J, Wang XY, Luo ZM. 2017. The occurrence epidemic dynamics, control thoughts and countermeasures of important sugarcane diseases in raininess and high humidity season. *Sugar Crops of China*, 39(2): 75–77 (in Chinese) [李文凤, 单红丽, 黄应昆, 张荣跃, 仓晓燕, 尹炯, 王晓燕, 罗志明. 2017. 多雨高湿季甘蔗重要病害发生流行动态与防控策略. *中国糖料*, 39(2): 75–77]
- Lin ZY, Xu SQ, Que YX, Wang JH, Comstock JC, Wei JJ, McCord PH, Chen BS, Chen RK, Zhang MQ. 2014. Species-specific detection and identification of *Fusarium* species complex, the causal agent of sugarcane pokkah boeng in China. *PLoS ONE*, 9(8): e10419
- Lin ZY, Zhang YJ, Que YX, Chen RK, Chen BS, Zhang MQ. 2015. Characterization of *Fusarium verticillioides* isolates from pokkah boeng on sugarcane and the disease incidence in field. *Journal of Microbiology and Experimentation*, 2(5):61
- Liu DD, Yao ZT, Lai XQ, Yao X, Zhang MQ, Zou CW, Chen BS. 2019. Microscopic observation on the infection of sugarcane leaves by pokkah boeng pathogen *Fusarium verticillioides*. *Sugar Crops of China*, 41(4): 41–45 (in Chinese) [刘丹丹, 姚姿婷, 赖小群, 姚潇, 张木清, 邹承武, 陈保善. 2019. 甘蔗梢腐病轮枝镰刀菌感染甘蔗叶片的显微观察. *中国糖料*, 41(4): 41–45]
- Long SF, Li WJ, Wei SL, Lin SH, Li YJ, Liang Q, Wang ZP. 2019. Disease investigation and fungi isolation on sugarcane pokkah boeng and banana vascular wilt under different cropping systems. *Journal of Southern Agriculture*, 50(2): 292–298 (in Chinese) [龙盛风, 李文教, 韦绍龙, 林善海, 李毅杰, 梁强, 王泽平. 2019. 不同种植模式下甘蔗梢腐病和香蕉枯萎病病害调查及其病原真菌分离鉴定. *南方农业学报*, 50(2): 292–298]
- Luo T, Duan WX, Huang YZ, Tang SY, Wang ZP, Li YJ, Liu PW, Lin SH. 2017. Occurrence of sugarcane pokkah boeng in sugarcane planting areas in cities of Liuzhou and Laibin, Guangxi in 2016 and variety resistance analysis. *Journal of Southern Agriculture*, 48(2): 292–296 (in Chinese) [罗霆, 段维兴, 黄有总, 唐仕云, 王泽平, 李毅杰, 刘平武, 林善海. 2017. 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. *南方农业学报*, 48(2): 292–296]
- Mohammadi A, Nejad RF, Mofrad NN. 2012. *Fusarium verticillioides* from sugarcane, vegetative compatibility groups and pathogenicity. *Plant Protection Science*, 48(2): 80–84
- Rott P, Bailey RA, Comstock JC, Croft BJ. 2000. A guide to sugarcane diseases. Montpellier: Cirad Publications Service, pp. 136–140
- Shan HL, Li WF, Zhang RY, Wang XY, Li J, Cang XY, Yin J, Luo ZM, Huang YK. 2018. Analysis on epidemic reason of sugarcane pokkah boeng and its losses on yield and sucrose content. *Sugar Crops of China*, 40(3): 40–42, 45 (in Chinese) [单红丽, 李文凤, 张荣跃, 王晓燕, 李婕, 仓晓燕, 尹炯, 罗志明, 黄应昆. 2018. 甘蔗梢腐病暴发流行原因及产量糖分损失测定. *中国糖料*, 40(3): 40–42, 45]
- Singh A, Chauhan SS, Singh A, Singh SB. 2006. Deterioration in sugarcane due to pokkah boeng disease. *Sugar Tech*, 8(2/3): 187–190
- Siti NMS, Nur AIMZ, Azmi AR, Salleh B. 2008. Distribution, morphological characterization and pathogenicity of *Fusarium sacchari* associated with pokkah boeng disease of sugarcane in Peninsular Malaysia. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Sciences*, 31(2): 279–286
- Vishwakarma SK, Kumar P, Nigam A, Singh A, Kumar A. 2013. Pokkah boeng: an emerging disease of sugarcane. *Journal of Plant Pathology and Microbiology*, 4(3): 170
- Vishwakarma SK, Nigam A, Singh A. 2016. Molecular phylogenetic analysis of *Fusarium* isolates causing pokkah boeng disease in sugarcane based on RAPD marker. *International Journal of Agricultural Science and Research*, 6(3): 177–186
- Viswanathan R, Poongothai M, Malathi P. 2011. Pathogenic and molecular confirmation of *Fusarium sacchari* causing wilt in sugarcane. *Sugar Tech*, 13(1): 68–76
- Wang ZP, Chen Y, Sun HJ, Li YJ, Duan WX, Zhou ZG, Zhang MQ, Lin SH. 2016b. Preliminary evaluation of resistance on pokkah boeng disease of major sugarcane varieties in the field of Guangxi. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 37(5): 952–957 (in Chinese) [王泽平, 陈奕, 孙海军, 李毅杰, 段维兴, 周主贵, 张木清, 林善海. 2016b. 广西甘蔗主栽品种梢腐病田间抗性初步评价. *热带作物学报*, 37(5): 952–957]
- Wang ZP, Duan WX, Li YJ, Liang Q, Zhou ZG, Zhang MQ, Lin SH. 2016a. Establishment of an evaluation system for field resistance against sugarcane pokkah boeng. *Journal of South China Agricultural University*, 37(3): 67–72 (in Chinese) [王泽平, 段维兴, 李毅杰, 梁强, 周主贵, 张木清, 林善海. 2016a. 甘蔗梢腐病田间抗性评价体系的建立. *华南农业大学学报*, 37(3): 67–72]
- Wang ZP, Lin SH, Liang Q, Li YJ, Li CN, Duan WX, He TG. 2017a. Effects of sugarcane canopy structure on pokkah boeng disease resistance. *Journal of China Agricultural University*, 22(7): 40–46 (in Chinese) [王泽平, 林善海, 梁强, 李毅杰, 李长宁, 段维兴, 何铁光. 2017a. 甘蔗叶冠形态与抗梢腐病相关性探讨. *中国农业大学学报*, 22(7): 40–46]
- Wang ZP, Liu L, Gao YJ, Luo T, Duan WX, Zhang BQ, Yang CF, Zhou S, Zhang GM. 2017b. Conidial germination of two principal pathogen of pokkah boeng disease in China, and resistance evaluation of sugarcane varieties. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 30(3): 595–601 (in Chinese) [王泽平, 刘璐, 高铁静, 罗霆, 段维兴, 张保青, 杨翠芳, 周珊, 张革民. 2017b. 我国甘蔗梢腐病2种主要病原菌孢子萌发特性及品种(系)抗性评价. *西南农业学报*, 30(3): 595–601]

(责任编辑:张俊芳)