

甘蔗叶冠形态与抗梢腐病相关性探讨

王泽平¹ 林善海¹ 梁强¹ 李毅杰¹ 李长宁¹ 段维兴¹ 何铁光^{2*}

(1. 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, 南宁 530007;

2. 广西农业科学院 农业资源与环境研究所, 南宁 530007)

摘要 为明确甘蔗叶冠形态与抗梢腐病相关性,在南宁市设置大田试验,以广西蔗区甘蔗梢腐病主要致病茵 *Fusarium verticillioides* 为毒源,对美国佛罗里达引进的 13 个甘蔗新品(系)和广西主栽品种 ROC22 进行接种研究。主成分分析法和相关性分析结果显示,甘蔗抗梢腐病性与其十 1 叶叶面积极显著正相关,与角度指数显著正相关。根据梢腐病病情指数抗性评价和聚类分析,14 个参试甘蔗品种(系)被分成 4 类,即高抗品种 CP07-2518、CP06-4647、CP06-3458 和 CP06-3332;抗病品种 CP07-2547、CP07-1527、ROC22、CP06-3477 和 CP06-2897;中抗品种 CP09-4707、CP09-4369 和 CP07-1533;中感品种 CP06-3051 和 CP06-2422。结果表明,甘蔗叶冠形态与其抗梢腐病性存在一定相关性。株型紧凑、叶片狭窄直立且易脱叶的甘蔗品种对梢腐病抗性较强。反之,叶片宽大、披散下垂型且不容易脱叶的甘蔗品种对梢腐病抗性较差。

关键词 甘蔗;梢腐病;叶冠形态;*Fusarium verticillioides*

中图分类号 S566.1

文章编号 1007-4333(2017)07-0040-07

文献标志码 A

Effects of sugarcane canopy structure on pokkah boeng disease resistance

WANG Zeping¹, LIN Shanhai¹, LIANG Qiang¹, LI Yijie¹, LI Changning¹,
DUAN Weixing¹, HE Tiegua^{2*}

(1. Sugarcane Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences/Sugarcane Research Center,

Chinese Academy of Agricultural Sciences/Guangxi Key Laboratory of Sugarcane Biotechnology and

Genetic Improvement, Ministry of Agriculture, Nanning 530007, China;

2. Agricultural Resources and Environment Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, China)

Abstract To explore the effects of sugarcane canopy structures on resistance to pokkah boeng disease. Field experiment was carried out using *Fusarium verticillioides* as virulent source. Thirteen newly introduced clones from Florida, USA and dominant cultivar ROC22 in Guangxi were taking as planting materials. Principal component analysis and correlation analysis indicated that the pokkah boeng disease resistance was significantly and positively correlated with leaf area of first-top-leaf, and positively correlated with angle index. Furthermore, the 14 tested sugarcane materials were clustered to 4 grades: High resistant varieties (clones) were CP07-2518, CP06-4647, CP06-3458 and CP06-3332; CP07-2547, CP07-1527, ROC22, CP06-3477 and CP06-2897 belonged to resistance grade; CP09-4707, CP09-4369 and CP07-1533 belonged to medium resistance (MR) grade; CP06-3051 and CP06-2422 belonged to medium susceptible (MS) grade. There was correlation between sugarcane canopy structures and pokkah boeng disease resistance. The sugarcane variety (clone) with compact shape, stand upright and narrow leaves, and easy to defoliate displayed

收稿日期: 2016-07-05

基金项目: 广西自然科学基金项目(2016GXNSFBFA380046); 广西自然科学基金重点项目(2014GXNSFDA118015); 广西重点研发计划项目(桂科 AB16380126)

第一作者: 王泽平, 助理研究员, 主要从事优良甘蔗种质资源选育研究, E-mail: yaheng830619@163.com

通讯作者: 何铁光, 研究员, 主要从事农业环境与生态研究, E-mail: 745784546@qq.com

stronger resistance to pokkah boeng disease. The sugarcane variety (clone) with loose shape, wide leaves, and uneasy to defoliate showed the weaker resistance to pokkah boeng disease.

Keywords sugarcane; pokkah boeng disease; canopy structures; *Fusarium verticillioides*

甘蔗梢腐病(Pokkah boeng disease)作为一种真菌性气传病害,在甘蔗叶片病害中,逐渐上升为主要病害之一^[1],其主要影响株高和有效茎等农艺性状,从而对甘蔗糖分和产量造成损失^[2]。自上世纪90年代末,由于甘蔗老品种种性退化、新品种良莠不齐、蔗区之间种苗频繁调运、国外种质材料粗放引进以及农事管理不当等因素,导致我国目前所有蔗区都可见此病害,再加上蔗区生态的多样性和复杂化,病原优势种的差异,导致不同蔗区甘蔗梢腐病病原种群及致病力分化^[3-4]。由于该病只是在东南亚频发^[5-7],而在美国、巴西和澳大利亚等主要蔗区并没有造成重大损失,所以一直没有得到足够重视。国内同行先前开展了甘蔗梢腐病发生及防治的探讨^[8-10],对重要蔗区梢腐病发生为害也有调查^[11]。

在不同甘蔗株型及叶冠形态方面,已有研究报道甘蔗不同时期的冠层结构与农艺性状、产量性状的相关性。郭丽琼等^[12]在福州开展连续5年试验研究了43个甘蔗品种叶色、叶冠姿态、株高、叶面粗糙程度、+3叶长和宽、+3叶面积和+3叶着生角度等形态特征与抗绵蚜的关系,张华等^[13]对7个甘蔗基因型伸长盛期的株型性状表现以及它们与产量和品质性状的关系进行了分析,徐良年等^[14]对14个甘蔗基因型伸长盛期冠层特征和产量进行了比较研究,罗俊等^[15]利用C1100数字植物冠层映像分析仪测定了10个甘蔗品种(系)苗期群体冠层结构参数,高三基等^[16]对48份甘蔗品种(系)的叶片形态特征进行了主成分、聚类和判别分析,建立了4个判别能力较高的判别模型,但甘蔗叶冠形态与其抗梢腐病相关性研究还未见报道。刘梦林等^[17]于上世纪90年代建立了甘蔗梢腐病田间5级法分级标准,张玉娟等^[18]探讨了不同组合实生苗和国家区试品种的抗梢腐病性。本课题组在此基础上根据室内接种和区域试验建立了梢腐病抗性田间评价体系^[19]。同时也分离鉴定了本试验中所用到的*Fusarium proliferatum*和*Fusarium verticillioides*2个致病菌,其中*F. verticillioides*为我国甘蔗梢腐病的主要病原物^[20]。

1 材料与方 法

1.1 试验材料与 设计

2015年2月—2016年2月在广西壮族自治区农业科学院甘蔗研究所试验基地进行试验。试验地土壤为红壤土。13个甘蔗品系(广西农业科学院甘蔗研究所从美国引进)和广西主栽品种ROC22参加试验。梢腐病病原菌*F. verticillioides*由广西大学重点实验室提供。本试验在甘蔗分蘖末期即伸长初期进行2次接种(2015年5月12日和5月27日,间隔15d),每个品种(系)设置空白对照。对14个品种(系)采用随机区组排列。小区行长7m,行距100cm,3行区;3次重复。

1.2 测定项目 及方法

1.2.1 病原菌孢子液的制备

将甘蔗梢腐病病原菌接种于PDA培养基上活化,挑取边缘菌丝接种在灭菌后的马铃薯葡萄糖液体培养基中震荡培养,离心、过滤收集菌体,用无菌水制成浓度为 $1 \times 10^6 \sim 1 \times 10^7$ CFU/mL的甘蔗梢腐病病原菌孢子悬液备用。

1.2.2 梢腐病病原菌接种方法

在接种当天下午利用移液枪吸取200 μ L孢子液滴入到甘蔗心叶位,使其自然侵染。

1.2.3 梢腐病病情指数调查及抗性评价

于7、8和9月(梢腐病盛发期)每月月底调查每个材料的梢腐病发病率、病情指数和进行抗性评价^[19]。

1.2.4 甘蔗叶冠形态调查

于7、8和9月(梢腐病盛发期),每月29号调查每个材料的叶冠形态^[21],具体包括绿叶数、叶长、叶宽、叶面积、+1叶基角、+2叶基角、+3叶基角、角度指数、+1开张角、+2开张角、+3开张角、+1披垂度、+2披垂度和+3披垂度共14个指标。

1.2.5 数据处理

应用Excel 2010、DPS 7.05和SPSS 13.0分析软件进行数据处理(方差分析采用Duncan's新复极差法)。甘蔗抗性评价采用系统聚类法(对分级数据先进行标准化转换,然后采用 χ^2 距离和离差平方和分析)。

2 结果与分析

2.1 甘蔗叶冠形态主成分因子和相关性分析

对参试甘蔗品种(系)伸长盛期(7—9月)叶冠形态的14个调查因子进行主成分统计,根据因素的特征值(4.466,3.161,1.659和1.588)和旋转后的因素矩阵,采用主成分分析法抽取出4个因素作为

共同因素,按照从大到小顺序进行排列(表1):+1开张角、+1披垂度、+2披垂度、+3开张角、+2开张角和+3披垂度被列为因素1,解释变异量为34.117%;+1叶面积、+1叶宽、+1叶长和绿叶数列为因素2,解释变异量为21.722%;角度指数和+3叶基角列为因素3,解释变异量为13.820%;+1叶基角和+2叶基角列为因素4,解释变异量为13.020%。

表1 甘蔗叶冠形态主因子成分统计分析

Table 1 Principal component analysis of sugarcane canopy structures

因子成分 Factor component	解释变 异量/% Explained variance	累计解释 变异量/% Cumulative explain variance	抽取的因素 Extraction factors				共同性 Commonality
			因素 1 Factor 1 loading	因素 2 Factor 2 loading	因素 3 Factor 3 loading	因素 4 Factor 4 loading	
+1 开张角			0.863				0.861
+1 披垂度			0.825				0.881
+2 披垂度	34.117	34.117	0.804				0.773
+3 开张角			0.788				0.758
+2 开张角			0.763				0.761
+3 披垂度			0.744				0.815
+1 叶面积				0.953			0.949
+1 叶宽	21.722	55.839		0.882			0.892
+1 叶长				0.801			0.712
绿叶数				0.702			0.569
角度指数			13.820	69.659			0.831
+3 叶基角					0.805		0.780
+1 叶基角						0.824	
+2 叶基角	13.020	82.679				0.632	

注:提取方法,主成分分析法;旋转方法,正交旋转;旋转聚集在第6迭代。

Note: Extraction method, principal component analysis; Rotation method, Varimax with Kaiser normalization. Rotation is converged in 6 iterations.

从陡坡图(图1)中可以看出从第5个因素以后,其坡线变得平坦。因此,保留5个因素作为主要贡献指标,分别为+1叶面积、角度指数、+1叶宽、+1披垂度以及+1开张角,其贡献值分别达到0.949、0.906、0.892、0.881和0.861。对贡献值较高的6个指标与病情指数进行相关性分析(表2),梢腐病病情指数与甘蔗+1叶面积和+1叶宽呈极显著正相关,7—9月的相关系数分别达到0.783,0.794,0.830和0.724,0.652,0.682;同时病情指数与角度指数显著正相关,相关系数达到0.668、0.626和0.672。

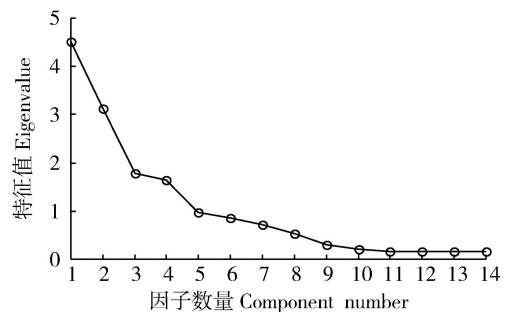


图1 甘蔗叶冠形态各因素陡坡度

Fig. 1 Scree pot of sugarcane canopy structures

表 2 甘蔗叶冠形态与梢腐病病情指数相关性

Table 2 The correlation between canopy structures and DSI of pokkah boeng disease

月份 Month	因子成分 Factor component	+1 叶面积 Leaf area of +1	+1 叶宽 Leaf width of +1	+1 披垂度 Leaf drooping angle of +1	+1 开张角 Open angle of +1	+3 披垂度 Leaf drooping angle of +3	角度指数 Angle index	病情指数 Disease index
7 月 July	+1 叶面积	1						
	+1 叶宽	0.824**	1					
	+1 披垂度	0.083	0.624**	1				
	+1 开张角	0.096	0.435*	0.976**	1			
	+3 披垂度	-0.029	0.324*	0.561*	0.589*	1		
	角度指数	0.338*	0.478*	-0.245	-0.202	0.259	1	
	病情指数	0.783**	0.724**	0.128	0.112	0.209	0.668*	1
8 月 August	+1 叶面积	1						
	+1 叶宽	0.925**	1					
	+1 披垂度	0.124	0.558*	1				
	+1 开张角	0.025	0.267	0.954**	1			
	+3 披垂度	-0.038	0.228	0.586*	0.535*	1		
	角度指数	0.527*	0.505*	-0.165	-0.048	0.302	1	
	病情指数	0.794**	0.652**	0.036	0.150	0.335*	0.626*	1
9 月 September	+1 叶面积	1						
	+1 叶宽	0.946**	1					
	+1 披垂度	0.068	0.624*	1				
	+1 开张角	0.012	0.185	0.960**	1			
	+3 披垂度	-0.102	0.145	0.512*	0.592*	1		
	角度指数	0.552*	0.573*	-0.082	-0.063	0.254	1	
	病情指数	0.830**	0.682**	0.164	0.208	0.262	0.672*	1

注：*，** 分别表示 0.05,0.01 水平上的差异显著性。

Note: * and **, significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

2.2 参试品种(系)梢腐病抗性评价

参照王泽平等^[19]方法,对甘蔗梢腐病盛发期(7—9月)病情指数进行综合抗性评价(表3)和聚类分析(图2),14个参试甘蔗品种(系)被分成4类,即高抗品种 CP07-2518、CP06-4647、CP06-3458 和 CP06-3332;抗病品种 CP07-2547、CP07-1527、ROC22、CP06-3477 和 CP06-2897;中抗品种 CP09-4707、CP09-4369 和 CP07-1533;中感品种 CP06-3051 和 CP06-2422。

3 讨论

甘蔗接种梢腐病病原菌 *F. verticillioides* 后表现出叶片退绿黄化、皱缩撕裂、缠绕扭曲和梢部腐烂

死亡等症状,而空白对照的病情指数显著偏低或未见病症。此次抗性评价结果与课题组前期筛选的3个抗病品种 CP84-1198(父代 CP70-1133 × CP72-2086;祖代 CP53-63 × ?, CP62-374 × CP63-588)、GT05-3846(父代 CP93-1634 × CP90-1424;祖代为 CP 系列)、ROC27(父代 F176 × CP58-48;祖代 PT58-267 × PT59-2274、CP44-155 × CP50-38)共同验证了美国 CP 系列品种(系)具有较强抗梢腐病致病菌 *F. verticillioides* 侵染的能力^[22]。CP07-2518、CP06-4647、CP06-3458 和 CP06-3332 等高抗品种可能含有优良抗梢腐病基因。当然,甘蔗和病原菌在长期进化中会发生变异而丧失抗病性,试验筛选出的高抗、中抗材料还应进一步通过长期和大面积种植的考验。

表3 参试品种(系)对梢腐病抗性水平

Table 3 Resistance evaluation of tested varieties (clones) to sugarcane pokkah boeng disease

品种 Varieties	7月 July		8月 August		9月 September	
	病情指数 Disease index	抗性水平 Resistance level	病情指数 Disease index	抗性水平 Resistance level	病情指数 Disease index	抗性水平 Resistance level
CP06-2422	10.14 a	中感(MS)	10.06 b	中感(MS)	11.02 a	中感(MS)
CP06-2897	3.14 d	抗病(R)	3.21 e	抗病(R)	2.01 h	抗病(R)
CP06-3051	8.27 b	中抗(MR)	12.04 a	中感(MS)	5.42 d	中抗(MR)
CP06-3332	1.10 i	抗病(R)	0.25 hi	高抗(HR)	2.04 h	抗病(R)
CP06-3458	0.29 h	高抗(HR)	0.45 h	高抗(HR)	0.15 i	高抗(HR)
CP06-3477	2.58 g	抗病(R)	3.04 e	抗病(R)	2.55 g	抗病(R)
CP06-4647	0.36 h	高抗(HR)	0.04 i	高抗(HR)	0.72 i	高抗(HR)
CP07-1527	2.60 g	抗病(R)	2.54 f	抗病(R)	3.25 f	抗病(R)
CP07-1533	5.90 d	中抗(MR)	6.12 c	中抗(MR)	7.24 c	中抗(MR)
CP07-2518	0.43 h	高抗(HR)	0.36 hi	高抗(HR)	0.68 i	高抗(HR)
CP07-2547	2.04 h	抗病(R)	2.04 g	抗病(R)	2.65 g	抗病(R)
CP09-4369	5.62 e	中抗(MR)	5.37 d	中抗(MR)	8.34 b	中抗(MR)
CP09-4707	5.52 c	中抗(MR)	5.84 d	中抗(MR)	4.34 e	抗病(R)
ROC22	2.58 f	抗病(R)	3.25 e	抗病(R)	2.04 h	抗病(R)

注:表中数据为3次重复的平均值,同一列中小写字母表示0.05水平差异显著性。

Note: Data in the table are the means of three replicates. The lowercase letters in the column represent the significance levels of difference at 0.05 level.

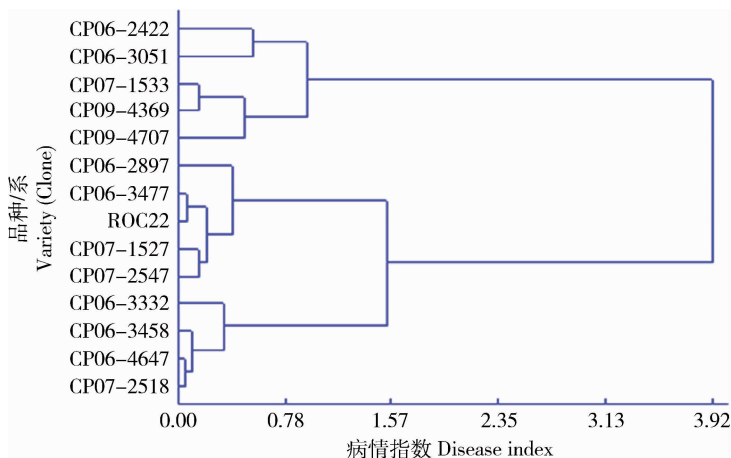


图2 参试品种(系)梢腐病病情指数聚类分析

Fig. 2 Clustering of sugarcane varieties (clones) based on disease severity index (DSI) in the field

不同甘蔗基因型的冠层特征存在真实的遗传差异,且存在显著或极显著差异^[14-15]。本研究表明甘蔗梢腐病病情指数与其叶面积表现出极显著正相关,与角度指数显著正相关,其相关系数远大于病情指数和+1、+3披垂度的相关系数。而甘蔗叶面积由叶长、叶宽决定,披垂度受基角度和叶长共同影响。据各因子综合表现分析,披垂度与叶基角的相关性并不显著,故可推断出对披垂度产生主要影响的指标是叶宽。同时,角度指数与叶面积和+3基角度显著正相关,相关系数分别为0.338和0.581。梢腐病病情指数与+1、+2、+3叶基角呈负相关,但不显著。前人根据不同甘蔗品种(系)在形态学和解剖学等方面的研究认为,具有叶短、窄、厚和直挺的冠层通透性甘蔗群体其产量潜力较大^[23]。本研究筛选出来的抗病品种及已鉴定抗病品种CP84-1198、GT05-3084和YT94-128等(另文发表)也都具有株型紧凑、易脱叶和叶片狭小的特性。因此,我们研究团队认为叶片狭窄直立、株型紧凑且易脱叶的甘蔗品种对梢腐病抗性较强。反之,叶片宽大、披散下垂型且不容易脱叶的甘蔗品种(系)抗梢腐病性较差。

参考文献 References

- [1] Vishwakarma S, Kumar P, Nigam A, Singh A, Kumar A. Pokkah boeng: An emerging disease of sugarcane[J]. *Journal of Plant Pathology and Microbiology*, 2013, 4(3): 170
- [2] Patil A S. *Studies on Pokkah Boeng and Pine Apple Disease of Sugarcane in Maharashtra with Their Economic Losses in Yield and Quality of Sugarcane: Final Project Report 1995* [M]. Pune: Vasantdada Sugar Institute, 1995
- [3] Mcfarlane S A, Rutherford R S. *Fusarium species isolated from sugarcane in KwaZulu-Natal and their effect on Eldana saccharina (Lepidoptera: Pyralidae) development in vitro* [C]. In: Proceedings of the 79th Annual Congress of South African Sugar Technologists' Association, Kwa-Shukela, 2005
- [4] Khani K T, Alizadeh A, Nejad R F, Tehrani A S. Pathogenicity of *Fusarium proliferatum*, a new causal agent of pokkah boeng in sugarcane [J]. *Proceedings of the International Society Sugarcane Technology*, 2013, 23: 1-5
- [5] Rott P, Bailey R A, Comstock J C, Croft B J, Saumtally A S. *A Guide to Sugarcane Diseases* [M]. Montpellier: CIRAD and ISSCT, 2000
- [6] Singh A, Chauhan S S, Singh A, Singh S B. Deterioration in sugarcane due to pokkah boeng disease[J]. *Sugar Tech*, 2006, 8(2): 187-190
- [7] Siddique S. Pathogenicity and aetiology of *Fusarium* species associated with pokkah boeng disease on sugarcane [D]. Malaysia: University of Malaysia, 2007
- [8] 冯奕玺. 甘蔗梢腐病的发生及防治[J]. 云南热作科技, 2000, 23(4): 43
Feng Y X. The occurrence and prevention of sugarcane pokkah boeng disease[J]. *Journal of Yunnan Tropical Crops Science & Technology*, 2000, 23(4): 43 (in Chinese)
- [9] 卢昌. 甘蔗梢腐病的发生为害与防治[J]. 广西植保, 2002, 15(3): 20
Lu C. The prevention and control of sugarcane pokkah boeng disease[J]. *Guangxi Plant Protection*, 2002, 15(3): 20 (in Chinese)
- [10] 卢文洁. 甘蔗梢腐病的发生及综合防治措施[J]. 作物杂志, 2007, 5(2): 1
Lu W J. The occurrence and comprehensive prevention measures of sugarcane pokkah boeng disease[J]. *Crops*, 2007, 5(2): 1 (in Chinese)
- [11] 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. Survey of the incidence and damage of pokkah boeng in Dongguan sugar factory area[J]. *Sugarcane and Cane Sugar*, 1990(1): 20-23 (in Chinese)
- [12] 郭丽琼, 陈如凯, 林彦铨. 甘蔗品种形态特征与抗绵蚜关系[J]. 甘蔗, 1994, 1(1): 6-10
Guo L Q, Chen R K, Lin Y Q. Study on the relationships between morphological characters and resistance to *Ceratovaeona lanigera* Z of foreign sugarcane varieties[J]. *Sugarcane*, 1994, 1(1): 6-10 (in Chinese)
- [13] 张华, 苏金福, 林德波, 林彦铨. 甘蔗伸长盛期的株型研究[J]. 甘蔗, 1998, 5(4): 7-12
Zhang H, Su J F, Lin D B, Lin Y Q. Study on morphological characters in the great elongation stage of sugarcane [J]. *Sugarcane*, 1998, 5(4): 7-12 (in Chinese)
- [14] 徐良年, 陈茂兴, 邓祖湖. 甘蔗不同基因型伸长盛期冠层特征比较[J]. 甘蔗, 2004, 11(4): 23-27
Xu L N, Chen M X, Deng Z H. Comparison of canopy characteristic of sugarcane in rapid elongation period [J]. *Sugarcane*, 2004, 11(4): 23-27 (in Chinese)
- [15] 罗俊, 张华, 林彦铨, 邓祖湖, 陈如凯. 甘蔗苗期群体冠层结构与产量性状的关系[J]. 热带作物学报, 2004, 25(3): 24-28
Luo J, Zhang H, Lin Y Q, Deng Z H, Chen R K. Relationship between canopy structures at seeding stage and yield characters in sugarcane[J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2004, 25(3): 24-28 (in Chinese)
- [16] 高三基, 罗俊, 陈如凯, 吕建林. 甘蔗品种(系)叶片形态特征数学分析[J]. 植物遗传资源科学, 2002, 3(3): 21-25
Gao S J, Luo J, Chen R K, Lv J L. Mathematical analysis on leaf morphology of sugarcane varieties[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2002, 3(3): 21-25 (in Chinese)

- [17] 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. The preliminary report on occurrence and control of sugarcane pokkah boeng disease in Guangxi[J]. *Guangxi Agriculture Science*, 1991(4): 175-178 (in Chinese)
- [18] 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
Zhang Y J. *Molecular Detection and Resistance Evaluation for Pokkah Boeng Disease of Sugarcane* [M]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2009 (in Chinese)
- [19] 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 resistance evaluation system in the field for sugarcane pokkah boeng[J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2016, 37(3):67-72 (in Chinese)
- [20] Lin Z Y, Xu S Q, Que Y X, Wang J H, Comstock J C, Wei J J, McCord P H, Chen B S, Chen R K, Zhang M Q. Species-specific detection and identification of *Fusarium* species complex, the causal agent of sugarcane pokkah boeng in China[J]. *PLoS one*, 2014, doi:10.1371/journal.pone.0104195
- [21] 陈如凯. 现代甘蔗育种的理论与实践[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003:101-106
Chen R K. *Theory and Practice of Modern Sugarcane Breeding* [M]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2003 (in Chinese)
- [22] Wang Z P, Sun H J, Guo Q, Xu S Q, Wang J H, Lin S H, Zhang M Q. Artificial inoculation method of pokkah boeng disease of sugarcane and screening of resistant germplasm resources in subtropical China[J]. *Sugar Tech*, 2017, 19(3):283-292
- [23] 陈能武, 黄久凯, 熊毅. 甘蔗叶型研究初探[J]. 甘蔗糖业, 1990(1):5-11
Chen N W, Huang J K, Xiong Y. A preliminary study on leaf types of sugarcane[J]. *Sugarcane and Cane Sugar*, 1990(1):5-11 (in Chinese)

责任编辑: 吕晓梅