

## 引进国外甘蔗种质资源检疫及田间抗病和农艺性状观察

韦金菊<sup>1</sup>, 李海碧<sup>2\*</sup>, 周 会<sup>1</sup>, 桂意云<sup>1</sup>, 祝 开<sup>1</sup>, 宋修鹏<sup>1</sup>, 周 珊<sup>1</sup>, 经 艳<sup>1</sup>,  
李杨瑞<sup>1\*\*</sup>, 刘昔辉<sup>1\*\*</sup>

1. 中国农业科学院甘蔗研究中心/广西农业科学院甘蔗研究所/农业农村部广西甘蔗生物技术与遗传改良重点实验室/广西甘蔗遗传改良重点实验室, 广西南宁 530007; 2. 广西南亚热带农业科学研究所, 广西龙州 532415

**摘 要:** 为筛选健康优良的引进甘蔗新种质, 丰富甘蔗杂交亲本资源及获得具有直接推广应用价值的优良甘蔗品种, 本研究通过法国农业国际合作研究发展中心 (CIRAD) 下属负责不同国家甘蔗种质资源引进、提供和检疫的机构 Visacane 引进法国、美国、巴巴多斯、伯利兹、牙买加、罗马尼亚、圭亚那等国家的甘蔗种质资源 41 份, 在广西甘蔗引种检疫室进行 2 个甘蔗生长周期的隔离种植检疫, 期间对甘蔗白条病、斐济病和流胶病等检疫性病害进行监测, 确定无检疫性有害生物发生后出圃, 通过大田试验进行田间自然发病、农艺性状、产量、锤度等调查。结果表明, 引进的 41 份国外甘蔗种质均无检疫性病虫害; 大田自然发病试验筛选出抗病优良甘蔗种质 B03-224、B03-876、FG08-057、FG08-757、FG09-128、FG09-331、FG09-367、FG09-538 和 FR89-746 共 9 份, 可考虑作为抗病亲本; 筛选出高糖甘蔗种质 B03-224、BBZ88-343、BJ99-32、BR08-004、CP04-1844、CP05-1526、FG06-691 和 FG09-367 共 8 份, 锤度评价为 1 等级, 可作为高糖亲本; 筛选出高产甘蔗种质 BZ93-855、CP00-1446、FG09-124、FG09-346 和 FR90-881 共 5 份, 产量评价为 1 等级, 可用作高产亲本; 筛选出农艺性状整体评价优良种质 B03-224、BBZ93-855、BJ99-106、CP00-1446、CP05-1526、FG04-333、FG06-691、FG07-338、FG09-124、FG09-128 和 FG09-367 共 11 份, 其综合性状较好, 产量潜力较大, 拟进入下一轮比较试验继续筛选; 并综合抗病性、高产、高糖等农艺性状评价, 从中筛选出 B03-224、FG09-128、FG09-367 和 CP05-1526 综合表现优良的 4 份甘蔗种质进入下一步品种比较试验, 以期筛选出能适应广西生态环境的高产、高糖、抗病的甘蔗种质进行推广种植。以上甘蔗种质已全部进入广西南宁甘蔗种质资源圃和广西农业科学院三亚甘蔗杂交育种基地保存, 将进一步开展抗旱性和抗寒性等评价及后续杂交利用研究。本研究可为引进国外甘蔗种质的利用提供参考依据。

**关键词:** 甘蔗; 种质资源; 隔离检疫; 病害; 分子检测; 农艺性状

中图分类号: S566.1 文献标识码: A

## Quarantine and Field Resistance Disease and Agronomic Trait Observation of Introduced Foreign Sugarcane Germplasm

WEI Jinju<sup>1</sup>, LI Haibi<sup>2\*</sup>, ZHOU Hui<sup>1</sup>, GUI Yiyun<sup>1</sup>, ZHU Kai<sup>1</sup>, SONG Xiupeng<sup>1</sup>, ZHOU Shan<sup>1</sup>, JING Yan<sup>1</sup>,  
LI Yangrui<sup>1\*\*</sup>, LIU Xihui<sup>1\*\*</sup>

1. Sugarcane Research Center, Chinese Academy of Agricultural Sciences / Sugarcane Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences / Key Laboratory of Sugarcane Biotechnology and Genetic Improvement (Guangxi), Ministry of Agriculture and Rural Affairs / Guangxi Key Laboratory of Sugarcane Genetic Improvement, Nanning, Guangxi 530007, China; 2. Guangxi South Subtropical Agricultural Science Research Institute, Longzhou, Guangxi 532415, China

收稿日期 2022-06-20; 修回日期 2022-08-08

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 32101696); 中央引导地方科技发展资金项目 (桂科 ZY20198005); 广西农业科学院基本科研业务专项 (桂农科 2021YT006)。

作者简介 韦金菊 (1981—), 女, 硕士, 副研究员, 研究方向: 甘蔗引种检疫检验与抗逆育种; \*同等贡献作者: 李海碧 (1990—), 女, 硕士, 助理研究员, 研究方向: 甘蔗抗逆育种。\*\*通信作者 (Corresponding author): 李杨瑞 (LI Yangrui), E-mail: liyr@gxaas.net; 刘昔辉 (LIU Xihui), E-mail: liuxihui@gxaas.net。

**Abstract:** In order to screen healthy and excellent introduced sugarcane germplasm, enrich sugarcane hybrid parent resources and obtain excellent sugarcane varieties with direct popularization and application value, 41 foreign sugarcane germplasm materials from France, United States, Barbados, Belize, Jamaica, Romania, Guyana and other countries introduced through Visacane, CIRAD, France, responsible for introduction, export and quarantine of sugarcane germplasm from different countries, were planted in quarantine house for two sugarcane growth cycles. During the period, the quarantine disease such as sugarcane white stripe disease, Fiji disease and gummosis disease were monitored. After qualified quarantine, the natural disease occurrence, agronomic traits, cane yield and sugar content were investigated in field experiment. The 41 introduced foreign sugarcane germplasm entries had quarantine diseases and pests. In the field natural disease test, there were nine sugarcane germplasms B03-224, B03-876, FG08-057, FG08-757, FG09-128, FG09-331, FG09-367, FG09-538 and FR89-746 with good disease resistance, which could be used as disease resistant parents. Eight high sugar germplasms with high sugar content, B03-224, BBZ88-343, BJ99-32, BR08-004, CP04-1844, CP05-1526, FG06-691 and FG09-367, were evaluated as 1 grade, which could be used as high sugar parent. Five high-yield germplasms with high yield, BZ93-855, CP00-1446, FG09-124, FG09-346 and FR90-881, were evaluated as grade 1 and could be used as high-yield parents. Eleven germplasms, B03-224, BBZ93-855, BJ99-106, CP00-1446, CP05-1526, FG04-333, FG06-691, FG07-338, FG09-124, FG09-128 and FG09-367, with high-yield and excellent agronomic characters, entered the next round of comparative test to continue screening. In order to select sugarcane germplasms with high yield, high sugar and disease resistance that can adapt to the ecological environment of Guangxi for direct planting, four with excellent comprehensive performance, B03-224, FG09-128, FG09-367 and CP05-1526, were selected for the further variety comparison test. All sugarcane germplasms were kept in Nanning Sugarcane Germplasm Resources Nursery and Sanya Sugarcane Cross Breeding Base of Guangxi Academy of Agricultural Sciences for further evaluation of drought resistance, cold resistance, and subsequent cross utilization. This study could provide reference for the utilization of sugarcane germplasms introduced from abroad.

**Keywords:** sugarcane; germplasm; quarantine; disease; molecular detection; agronomic trait

**DOI:** 10.3969/j.issn.1000-2561.2023.02.016

广西是我国主要的糖料蔗生产基地, 2021 年甘蔗种植面积约 77.48 万  $\text{hm}^2$ , 蔗糖产量约占我国食糖总产量的 90%<sup>[1-3]</sup>。广西目前的主栽品种为‘桂糖 42 号’和‘桂柳 05136’, 均易感黑穗病, 加上多年连作, 导致黑穗病发病率居高不下<sup>[1]</sup>, 急需选育和推广抗病性强、高糖、高产的优良甘蔗品种。选育糖分、产量、抗逆性、宿根性和适应性等表现更优的甘蔗新品种是我国甘蔗育种努力的目标, 然而常规杂交育种要获得突破, 引进和利用国外丰富的甘蔗亲本资源极为重要。近 40 a 来, 广西在甘蔗种质资源引进及利用方面取得较大成绩, 利用引进的甘蔗品种‘新台糖 22 号’等作为亲本育成的‘桂糖 42 号’‘桂柳 05136’等优良甘蔗品种为我国蔗糖业做出了巨大贡献<sup>[4]</sup>。

检验检疫是甘蔗引种的重要环节, 主要是进行检疫性有害生物监测, 特别是针对我国尚未发生的病虫害, 避免随种茎引入而传播和蔓延。在甘蔗种植史中, 曾有因引种带来新病害爆发而造成当地甘蔗产业重大损失的先例, 比如美国夏威夷引种带来的浮尘子危害, 中国台湾引种带入的甘蔗霜霉病危害<sup>[5]</sup>。由国家质检总局、农业农村

部发布并实施的《中华人民共和国进境植物检疫性有害生物名录》更新至 2021 年, 进境检疫性有害生物 446 种, 其中与甘蔗相关的检疫性有害生物种类对外有 45 种, 对内有 4 种, 因此我国甘蔗检疫性有害生物种类共 49 种, 包括甘蔗检疫性害虫 12 种、检疫性病害 19 种和甘蔗检疫性杂草 18 种<sup>[6]</sup>。

中国农业科学院甘蔗研究中心与法国农业国际合作研究发展中心 (International Center for Cooperation in Agronomic Research for Development, CIRAD) 建立了多年的交流合作关系, 在农业农村部、广西农业农村厅、广西植保总站和邕州海关等部门的审批和监测下, 广西农业科学院甘蔗研究所通过 CIRAD 下属负责不同国家甘蔗种质资源引进、提供和检疫的机构 Visacane 引进了多批次甘蔗种质材料。为了解引进的国外甘蔗种质的检疫情况及在广西生态环境条件下的大田农艺性状表现, 本研究对 41 份引进国外甘蔗种质材料进行检疫性病害白条病与斐济病 PCR 检测, 以及黑穗病、黄叶病、锈病等病害的大田自然发病情况调查, 并结合农艺性状进行综合评价, 为

引进国外甘蔗种质的利用提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

2015—2017 年，广西农业科学院甘蔗研究所通过 Visacane 引进 3 个批次合计 48 份不同国家

的甘蔗种质（表 1）。引进的国外种质在引种检疫温室进行隔离种植检疫，其中 2016 年引进的 FR92-394 和 FR90-881 种植后不发芽并于 2017 年再申请补发；CPCL99-4455、FG08-533、FG09-060、FG09-314 和 FR90-881 5 份甘蔗种质种植后不发芽，后续未申请补发。

表 1 2015—2017 年引进的国外甘蔗种质  
Tab. 1 Foreign sugarcane germplasms introduced from 2015 to 2017

批次 Batch	引进时间 Introduced date	原产地 Country of origin	数量 Number	种质 Germplasm
第一批次	2015-02-26	美国	4	CP00-1446, CP04-1844, CP05-1526, CPCL99-4455
		法国	7	FG04-333, FG06-691, FG07-338, FG08-057, FG08-061, FG08-159, FG08-533
第二批次	2016-02-22	法国	9	FG09-060, FG09-124, FG09-199, FG09-255, FG09-317, FG09-331, FR90-881, FR92-394, FR94-129
		巴巴多斯	1	B03-224
		伯利兹/巴巴多斯	3	BBZ86-170, BBZ88-343, BBZ93-855
		牙买加/巴巴多斯	1	BJ99-106
		罗马尼亚/巴巴多斯	1	BR08-004
第三批次	2017-05-22	法国	13	FG08-757, FG09-109, FG09-128, FG09-314, FG09-346, FG09-367, FG09-368, FG09-380, FG09-492, FG09-496, FG09-501, FG09-538, FG09-531
		巴巴多斯	3	B03-572, B03-876, B03-1193
		伯利兹/巴巴多斯	1	BBZ92-118
		伯利兹/巴巴多斯	1	BJ99-32
		圭亚那/巴巴多斯	1	DB70-121
		法国	3	FR89-746, FR90-881, FR92-394
合计			48	

### 1.2 方法

1.2.1 隔离检疫监测 对引进甘蔗种质在检疫隔离室进行隔离种植监测，监测时间为 2 个生长周期或者 2 a，隔离种植检疫期间接受海关及广西区植保总站的监督检查。具体的检疫程序主要为：邮寄进境的包裹需存放于检疫室内的预处理室，在海关监管部门的监督下开箱检验，检查蔗茎及包装是否携带检疫性有害生物，包装材料等进境废弃物需在检疫室焚烧炉内焚烧。外观检查合格的蔗茎进行隔离种植前脱菌处理： $(52\pm 0.5)^{\circ}\text{C}$  热水浸泡 30 min，捞出，待冷却至常温后，再用 50% 多菌灵可湿性粉剂浸泡 5 min，最后按不同批次或不同引进国家在玻璃检疫温室内进行隔离种植。生长隔离周期内需定期进行监测观察，发现病虫害及时鉴定，在第一个生长周期第 4~6 个月时进行检疫性病害斐济病的 RT-PCR 检测，第 10~12 个月进行白条病分子检测，其他检疫性病虫害采取定期观察的方式，对甘蔗生长全过程进行监测。

第一个生长周期结束后，把蔗茎砍成单芽节，经流动水浸泡 24 h，再置于  $(52\pm 0.5)^{\circ}\text{C}$  热水浸泡 30 min，然后进行第二个生长周期的新植和宿根隔离种植检疫，与第一个生长周期方法相同再次对引进甘蔗进行斐济病和白条病分子检测<sup>[7]</sup>。

1.2.2 甘蔗斐济病和白条病分子检测 本研究主要对检疫性病害斐济病和白条病进行分子检测，斐济病 RT-PCR 分子检测主要参照卢文洁等<sup>[8]</sup>和韦金菊等<sup>[9]</sup>的方法，检测引物使用 FDV7F 和 FDV7R，目的片段大小约为 450 bp。白条病 PCR 检测参照韦金菊等<sup>[10]</sup>的方法，PCR 扩增体系中采用 2×Easy Taq PCR 反应预混液，检测引物使用 XaA1b2-f3 和 XaA1b2-r3，目的片段大小约为 400 bp。

1.2.3 田间自然发病观察 隔离周期满后，将检疫合格出圃的甘蔗种植在广西农业科学院甘蔗研究所丁当试验基地，每份甘蔗种质种植 3 行，下种量 10 芽/m，行长 5 m，在苗期、伸长期和成熟

期调查大田自然发病情况, 主要调查病害为黑穗病、花叶病、黄叶病、锈病、梢腐病、赤腐病、轮斑病和褐斑病等常见病害。大田病害发生程度参照文献[11-12]的评价划分方法, 对等级表示数值及分级定义稍有改动, 叶部病害分级按绿叶病斑总面积占绿叶总面积来确定轻重, 黑穗病分级按发病率来划分, 以 1、3、5、7、9 级 5 个等级进行记录, 其中 1 级为病害无或轻, 病害严重程度依次增加, 9 级最严重, 分级见表 2。

表 2 病害及农艺性状分级  
Tab. 2 Reference rank of disease and agronomic traits

性状 Trait	范围 Range	分级 Rank
株高/cm	≥280	1
	220~280	3
	160~220	5
	100~160	7
	≤100	9
茎径/cm	≥3.0	1
	2.5~3.0	3
	2.0~2.5	5
	1.5~2.0	7
	≤1.5	9
每米有效茎数	≥10	1
	8~9	3
	6~7	5
	4~5	7
	≤3	9
叶部病害发病面积占比/%	≤5	1
	5~10	3
	10~20	5
	20~30	7
	≥30	9
黑穗病发病率/%	0	1
	0.01~10.00	3
	10.01~20.00	5
	20.01~30.00	7
	≥30.00	9
总体长势	基于对性状的观察, 对种质材料进行综合评价并分级	1
		3
		5
		7
		9

1.2.4 田间农艺性状观察 在观察大田自然发病的同时, 以‘桂糖 42 号’和‘ROC22’为对照品种进行大田适应性观察, 在甘蔗工艺成熟期进行

株高、茎径、锤度、有效茎数和产量等农艺性状进行等级评价。根据文献[11]的评价划分方法, 对等级表示数值及分级定义稍有改动, 每个指标分为 1、3、5、7、9 级 5 个等级, 各指标分级情况见表 2。

## 2 结果与分析

### 2.1 甘蔗种质隔离检疫监测

42 份甘蔗种质在引种检疫温室隔离种植 2 个生长周期, 种质 DB70-121 在第二个生长周期时全部感染黑穗病, 上报相关部门后销毁, 其余 41 份甘蔗种质经过 2 个生长周期(2 a 新植 1 a 宿根)的隔离观察, 未发现检疫性有害生物。

### 2.2 甘蔗种质斐济病和白条病检测

对 41 份甘蔗种质材料进行斐济病 RT-PCR 检测和白条病 PCR 检测, 斐济病和白条病分子检测均为阴性, 表明这些种质未受斐济病和白条病检疫性病害的病原侵染。

### 2.3 甘蔗种质田间自然发病调查

将检疫合格出圃的 41 份甘蔗种质资源进行大田种植, 对赤条病、花叶病、黄叶病、黑穗病、锈病、轮斑病、褐斑病、赤腐病、黄点病和梢腐病等病害进行田间自然发病观察。结果表明, 供试的 41 份引进种质均感染了一种或多种上述病害(表 3)。对甘蔗产量和糖分影响比较大的病害为白条病、黑穗病和梢腐病, 因此本研究重点关注这 3 种病害的发生。发现 BBZ86-170、BR08-004、FG04-333 和 FG09-124 这 4 份种质黑穗病发生严重; B03-572、BJ99-32、FG07-338、FG09-380 和 FR90-881 等 5 份种质的梢腐病发病等级为 7~9, 发病比较严重, 特别是 FG07-338 每年均发生最为严重等级的梢腐病, 症状为蔗梢枯死的“死头”状, 产量几乎无收。综合抗病表现较好的种质有 9 份: B03-224、B03-876、FG08-057、FG08-757、FG09-128、FG09-331、FG09-367、FG09-538 和 FR89-746, 这些种质可作为抗病亲本用于抗病杂交育种。

### 2.4 甘蔗种质资源农艺性状评价

对 41 份引进甘蔗种质进行大田农艺性状观察(表 4), 结果表明: 锤度评价为 1 等级种质有 8 份, 包括 B03-224、BBZ88-343、BJ99-32、BR08-004、CP04-1844、CP05-1526、FG06-691 和 FG09-367, 可作为高糖亲本用于甘蔗杂交育

表 3 41 份引进甘蔗种质田间自然发病情况  
Tab. 3 Natural disease occurrence in 41 sugarcane germplasm introduced

序号 No.	种质 Germplasm	亲本 Parents	发病情况 Disease occurrence
1	B03-1193	B85-342×Polycc	锈病 7, 梢腐病 3, 赤腐病 3, 轮斑病 5, 黑穗病 1
2	B03-224	B92-81×BT65-152	梢腐病 3, 赤腐病 3, 轮斑病 1, 黑穗病 1
3	B03-572	B97-556×Polycc	梢腐病 9, 赤腐病 3, 轮斑病 7, 黑穗病 1
4	B03-876	B85-342×Polycc	锈病 3, 梢腐病 3, 轮斑病 7, 黑穗病 1
5	BBZ86-170	BJ72-30×Poly	黑穗病 5, 轮斑病 5, 赤腐病 3
6	BBZ88-343	B70-532×MY54-129	锈病 7, 褐斑病 5, 轮斑病 3, 赤腐病 5, 褐条病 5, 黑穗病 1
7	BBZ92-118	B89-1922×Polycc	锈病 7, 梢腐病 7, 赤腐病 3, 轮斑病 5, 黑穗病 1
8	BBZ93-855	BBZ83-07×Polycc	黄点病 5, 轮斑病 5, 赤腐病 7, 梢腐病 3, 黑穗病 3, 锈病 7, 褐斑病 3
9	BJ99-106	BJ82-103×Polycc	黄斑病 9, 褐斑病 5, 轮斑病 7, 赤腐病 7, 锈病 7, 黑穗病 1
10	BJ99-32	BJ82-156×Polycc	梢腐病 7, 赤腐病 3, 轮斑病 7, 褐斑病 3, 黑穗病 1
11	BR08-004	WI96-904×Polycc	黑穗病 5, 锈病 9, 轮斑病 3, 赤腐病 5
12	CP00-1446	CP93-1607×CP91-1150	褐斑病 3, 轮斑病 7, 赤腐病 5, 褐条病 3, 梢腐病 3, 黄叶病 7, 黑穗病 1
13	CP04-1844	CP97-1989×CP84-1198	黄叶病 3, 褐斑病 3, 轮斑病 5, 赤腐病 7, 梢腐病 5, 黄点病 3, 黑穗病 1
14	CP05-1526	CP98-1029×CP88-1162	褐斑病 7, 轮斑病 3, 赤腐病 7, 褐条病 5, 梢腐病 5, 黑穗病 1
15	FG04-333	B77-84×D172	锈病 5, 轮斑病 7, 赤腐病 5, 褐条病 7, 梢腐病 3, 黑穗病 5
16	FG06-691	CP57-614×Polycross	黑穗病 3, 褐斑病 3, 轮斑病 5, 赤腐病 5, 梢腐病 5, 褐条病 3, 花叶病 5
17	FG07-338	CP72-1210×BJ87-16	锈病 7, 梢腐病 9, 黄叶病 3, 花叶病 7, 轮斑病 7
18	FG08-057	CP67-413×Polycross	轮斑病 7, 黑穗病 1
19	FG08-061	CP67-413×Polycross	黑穗病 3, 轮斑病 3, 赤腐病 3, 梢腐病 3, 锈病 5, 褐斑病 3
20	FG08-159	B83-1038×Polycross	轮斑病 7, 赤腐病 5, 梢腐病 5, 褐斑病 3, 黑穗病 1
21	FG08-757	B85-342×CP70-1133	赤腐病 5, 黑穗病 1
22	FG09-109	—	梢腐病 5, 轮斑病 3, 黑穗病 1
23	FG09-124	R97-4029×R92-4629	赤腐病 3, 轮斑病 3, 黑穗病 5, 梢腐病 3, 赤条病 5, 褐斑病 3
24	FG09-128	R97-4029×R92-4629	赤腐病 5, 黑穗病 1
25	FG09-199	R579×H72-8597	黄点病 7, 褐斑病 5, 轮斑病 5, 赤腐病 3, 黑穗病 1
26	FG09-255	CP67-413×FR90-646	锈病 5, 轮斑病 5, 赤腐病 7, 褐条病 5, 花叶病 3, 黑穗病 1
27	FG09-317	BJ85-34×FR87-1002	梢腐病 5, 轮斑病 9, 黑穗病 1
28	FG09-331	BJ85-34×FR87-1002	黄斑病 7, 轮斑病 5, 黑穗病 1
29	FG09-346	—	梢腐病 5, 赤腐病 5, 轮斑病 9, 黑穗病 1
30	FG09-367	—	赤腐病 1, 轮斑病 7, 黑穗病 3
31	FG09-368	—	梢腐病 5, 赤腐病 5, 轮斑病 5, 黑穗病 1
32	FG09-380	—	锈病 3, 梢腐病 7, 花叶病 9, 赤腐病 5, 轮斑病 5, 黑穗病 1
33	FG09-492	—	锈病 9, 梢腐病 5, 赤腐病 7, 黑穗病 1
34	FG09-496	—	锈病 3, 赤腐病 1, 轮斑病 3, 黑穗病 3
35	FG09-501	—	锈病 7, 梢腐病 5, 赤腐病 5, 轮斑病 5, 黑穗病 1
36	FG09-531	—	褐斑病 3, 锈病 5, 梢腐病 3, 黄叶病 3, 轮斑病 3, 黑穗病 1
37	FG09-538	—	赤腐病 7, 轮斑病 3
38	FR89-746	B73-520×Polycross	梢腐病 3, 轮斑病 5, 黑穗病 1
39	FR90-881	N16×Inconnu	梢腐病 7, 赤腐病 3, 轮斑病 5, 黑穗病 1
40	FR92-394	CP67-412×Polycross	赤腐病 5, 褐斑病 5, 轮斑病 3, 黑穗病 3, 赤条病 5
41	FR94-129	SP70-1005×BJ82-90	叶枯病 3, 轮斑病 3, 赤腐病 5, 梢腐病 5, 黑穗病 1
42	GT42	ROC22×GT92-66	花叶病 7, 赤腐病 7, 轮斑病 3, 黑穗病 5
43	ROC22	ROC5×69-463	花叶病 7, 赤腐病 3, 轮斑病 5, 黑穗病 5, 梢腐病 3

注: —表示亲本不详。1、3、5、7、9 表示病害发生等级, 1 级最轻, 9 级最严重。

Note: — indicates that the parents are unknown. 1, 3, 5, 7, 9 indicates that the level of disease occurrence, level 1 is the lightest and level 9 is the most serious.

表4 41份引进甘蔗种质的农艺性状评价  
Tab. 4 Evaluation of agronomic traits in 41 sugarcane germplasms introduced

序号 No.	种质 Germplasm	株高 Plant height	茎径 Stalk diameter	有效茎数 Productive tiller	产量 Production	锤度 Brix	综合评价 Overall evaluation
1	B03-1193	3	3	5	7	3	7
2	B03-224	3	5	3	3	1	1
3	B03-572	5	3	7	9	3	7
4	B03-876	3	5	3	5	3	7
5	BBZ86-170	3	3	5	5	3	5
6	BBZ88-343	3	3	3	5	1	7
7	BBZ92-118	3	5	3	7	5	7
8	BBZ93-855	3	3	3	1	3	3
9	BJ99-106	1	5	3	3	3	3
10	BJ99-32	5	5	5	7	1	7
11	BR08-004	1	3	5	7	1	7
12	CP00-1446	3	3	3	1	5	3
13	CP04-1844	3	3	3	7	1	5
14	CP05-1526	3	3	5	5	1	3
15	FG04-333	3	3	5	5	3	3
16	FG06-691	3	5	3	7	1	3
17	FG07-338	3	3	7	7	5	3
18	FG08-057	3	5	7	7	5	7
19	FG08-061	3	3	5	7	3	5
20	FG08-159	1	3	7	7	3	5
21	FG08-757	5	3	5	7	5	7
22	FG09-109	3	1	5	5	9	9
23	FG09-124	1	3	5	1	7	3
24	FG09-128	3	3	3	3	5	3
25	FG09-199	3	3	5	5	7	5
26	FG09-255	3	3	5	3	5	7
27	FG09-317	3	3	3	5	5	7
28	FG09-331	3	3	7	7	5	7
29	FG09-346	3	3	5	1	7	5
30	FG09-367	3	3	3	3	1	3
31	FG09-368	3	3	5	5	9	7
32	FG09-380	5	3	5	7	9	7
33	FG09-492	5	3	7	9	2	7
34	FG09-496	5		7	9	3	7
35	FG09-501	3	3	3	5	7	9
36	FG09-531	3	3	5	5	3	5
37	FG09-538	3	5	3	5	5	5
38	FR89-746	3	5	1	3	5	5
39	FR90-881	3	5	1	1	5	5
40	FR92-394	1	3	5	3	7	5
41	FR94-129	3	3	5	5	3	5
42	GT42	3	3	5	1	3	1
43	ROC22	1	3	5	1	3	1

种；产量评价为 1 等级种质有 5 份，包括 BZ93-855、CP00-1446、FG09-124、FG09-346 和 FR90-881，可作为高产亲本用于甘蔗杂交育种；整体评价 1~3 等级种质有 11 份，包括 B03-224、BBZ93-855、BJ99-106、CP00-1446、CP05-1526、FG04-333、FG06-691、FG07-338、FG09-124、FG09-128 和 FG09-367，其综合性状较好，产量潜力较大，拟进入下一轮试验继续筛选；综合农艺性状及抗病性进行整体评价表现优异种质有 4 份，包括 B03-224、FG09-128、FG09-367 和 CP05-1526，建议进入品种比较试验。所有种质已提交给甘蔗种质资源圃进行保育并继续进行抗旱性、抗寒性等评价研究，以便进一步利用。

### 3 讨论

#### 3.1 规范甘蔗引种检疫程序，降低引种风险

自 1992 年广西农业科学院甘蔗研究所甘蔗引种检疫隔离温室开始使用以来，曾在甘蔗引种检疫种植期间检测出引进的甘蔗携带白条病、白叶病、斐济病等检疫性病害<sup>[5]</sup>，为了规范甘蔗引种隔离种植的检疫程序，广西甘蔗引种检疫室参照澳大利亚、中国云南省农业科学院甘蔗研究所的甘蔗引种检疫隔离种植程序<sup>[7]</sup>，制定了严格规范的广西甘蔗引种检疫规程，对进境甘蔗进行病虫害监测。监督部门如海关、植保总站根据国际植蔗国甘蔗病虫害的发生、流行传播风险分析、预警和快速反应机制，加强了对境外甘蔗病虫害的发生、流行情况的收集、跟踪、分析和预测，建立国内外甘蔗病虫害信息数据库，并对口岸和检疫单位实现资源共享，加大宣传力度和专业检疫人员培训，逐步完善我国甘蔗进境甘蔗检疫风险分析机制，建立健全的风险预警反应机制，以防止甘蔗重大外来有害生物进入我国。

#### 3.2 引进优良甘蔗种质，快速提升甘蔗品种改良

甘蔗优良新品种的引进和培育，有利于提高育种效率，选育优良品种，源源不断给蔗糖业注入新生机。自广西农业科学院甘蔗研究所建所育蔗近 70 a 来，虽然自育桂糖系列品种达 60 个，但只有少数甘蔗品种能成为主栽品种，主要原因是大多育成品种的综合生产性能无法满足生产需求。回顾广西甘蔗引种的历程，自 1954 年引进的‘F134’到‘新台糖 16 号’‘新台糖 22 号’在广西蔗糖业中大放异彩，特别是引进‘新台糖 22

号’后成为广西主栽品种长达 20 多年，单年种植面积最大时占全国的 80% 以上<sup>[4]</sup>，目前仍占 8% 左右的面积<sup>[13]</sup>；其作为优异杂交亲本，通过杂交选育获得一批性状优良的甘蔗后代，育成桂糖系列品种占所育品种的 21.21%，如目前广西主栽品种‘桂糖 42 号’和‘桂柳 05136’，特别是 2006—2014 年广西区试中，‘新台糖 22 号’的杂交后代占比为 41.86%<sup>[4]</sup>，为我国甘蔗产业做出了巨大的贡献。引进优良的甘蔗种质，极大地丰富了我国甘蔗种质资源和杂交育种亲本。

#### 3.3 加强引进国外甘蔗种质资源评价，有利于甘蔗杂交育种利用

广西农业科学院甘蔗研究所通过引进甘蔗种质资源并用于杂交育种，育成桂糖系列品种中 70% 的品种亲本属于引进种质，桂糖系列品种及进入区试的桂糖品系亲本中含有的引进种质血缘主要来自美国、印度及中国台湾等甘蔗种质资源利用率及育成品种率高的国家及地区，这些国家和地区的甘蔗种质利用率大，因此在今后的引种区域方向上，可加大上述地方的引种力度<sup>[4]</sup>。尤其是加强对抗病性强的单抗源或多抗源种质，比如高抗黑穗病、白条病等种质的引进利用，可有效提高我国甘蔗的抗病育种水平，从最根本有效的途径防止病害的大发生；随着生产需求的变化，市场劳动力成本的提高，甘蔗育种在高糖、高产、抗病强、宿根长等传统育种重要目标外，增加了适宜机械化的要求，因此抗倒伏、耐碾压、宿根性强的适宜机械化种植和收获的甘蔗种质亦成为引进种质的新关注点。引进甘蔗种质拓宽了我国甘蔗亲本的遗传基础，加快甘蔗品种改良，对我国食糖供给安全、精准脱贫和乡村振兴发挥了重要作用。引进的甘蔗种质检疫合格出圃后，进行大田试种，并对其在引种地区生态环境下的生长情况、糖分、产量等农艺性状及抗病性、抗旱性、抗寒性等性状进行评价，这是引进种质利用的基础。目前各育种单位对甘蔗引进种质资源的评价如抗宿根矮化病<sup>[14]</sup>、抗黑穗病<sup>[15]</sup>、抗花叶病<sup>[16]</sup>、抗螟虫性<sup>[17]</sup>、耐寒性<sup>[18]</sup>、宿根性<sup>[19]</sup>、杂交后代适应性<sup>[20]</sup>、遗传多样性分析<sup>[21-25]</sup>、工艺性状演进趋势分析<sup>[26]</sup>，及不同的评价方法如农艺性状快速分级评价方法<sup>[11]</sup>、投影寻踪分类评价法<sup>[27]</sup>、蒙特卡罗法评价法<sup>[28]</sup>、DTOPSIS 评价法<sup>[29]</sup>都进行了研究，极大提高了引进甘蔗种质资源利用的目的性

和育种的指导性。

#### 4 结论

2015—2017 年从 Visacane 引进甘蔗种质资源 41 份, 在甘蔗引种隔离检疫室进行隔离检疫种植 2 个生长周期, 并在检疫合格出圃后种植在大田中, 观察在广西蔗区的综合农艺性状表现, 初步筛选出 4 份优良甘蔗种质 B03-224、FG09-128、FG09-367 和 CP05-1526, 将进入下一轮品种比较试验; 并获得一些特异性优良种质材料, 可在甘蔗杂交育种中试用。

#### 参考文献

- [1] 邓宇驰, 罗霆, 周慧文, 李翔, 王宇萍, 邓智年, 王维赞, 黄东亮, 徐林, 刘晓婷, 黄赞斌, 刘志平, 宋修鹏, 吴建明. 2021 年广西蔗区糖料蔗生产调查[J]. 中国种业, 2022(3): 55-59.
- DENG Y C, LUO T, ZHOU H W, LI X, WANG Y P, DENG Z N, WANG W Z, HUANG D L, XU L, LIU X T, HUANG Z B, LIU Z P, SONG X P, WU J M. Sugarcane production survey in Guangxi sugarcane area in 2021[J]. China Seed Industry, 2022(3): 55-59. (in Chinese)
- [2] 李杨瑞, 杨丽涛, 谭宏伟, 朱秋珍, 王维赞, 杨柳. 广西甘蔗栽培技术的发展进步[J]. 南方农业学报, 2014, 45(10): 1770-1775.
- LI Y R, YANG L T, TAN H W, ZHU Q Z, WANG W Z, YANG L. Development and progress of sugarcane farming technologies in Guangxi, China[J]. Journal of Southern Agriculture, 2014, 45(10): 1770-1775. (in Chinese)
- [3] 杨丽涛, 张保青, 朱秋珍, 李志刚, 王维赞, 陈务佳, 李杨瑞. 应用飞机大面积喷施抗旱型甘蔗增糖增产剂的效果研究[J]. 热带作物学报, 2011, 32(2): 189-197.
- YANG L T, ZHANG B Q, ZHU Q Z, LI Z G, WANG W Z, CHEN W J, LI Y R. Effects of application of drought resistant sucrose-yield promoter sprayed by aircraft in large area of sugarcane[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2011, 32(2): 189-197. (in Chinese)
- [4] 韦金菊, 周会, 李海碧, 毛莲英, 宋修鹏, 雷敬超, 桂意云, 张荣华, 李杨瑞, 刘昔辉. 广西近 40 年甘蔗种质资源引进及利用[J]. 南方农业学报, 2021, 52(2): 280-287.
- WEI J J, ZHOU H, LI H B, MAO L Y, SONG X P, LEI J C, GUI Y Y, ZHANG R H, LI Y R, LIU X H. Introduction and utilization of sugarcane germplasm resources in Guangxi in the past 40 years[J]. Journal of Southern Agriculture, 2021, 52(2): 280-287. (in Chinese)
- [5] 邓展云. 广西甘蔗引种检疫的现状和展望[J]. 广西蔗糖, 1997(4): 22-24.
- DENG Z Y. Status and prospect of sugarcane importing and quarantine in Guangxi[J]. Guangxi Sugarcane and Canesugar, 1997(4): 22-24. (in Chinese)
- [6] 安玉兴, 龚恒亮, 孙东磊, 管楚雄, 许汉亮, 林明江, 刘玉彩. 我国甘蔗检疫性有害生物种类及防控技术[J]. 甘蔗糖业, 2011(4):58-61.
- AN Y X, GONG H L, SUN D L, GUAN C X, XU H L, LIN M J, LIU Y C. Quarantined species hazardous to sugarcane and their control[J]. Sugarcane and Canesugar, 2011(4): 58-61. (in Chinese)
- [7] 王晓燕, 李文凤, 黄应昆, 张荣跃, 单红丽, 罗志明, 尹炯, 申科. 澳大利亚甘蔗科研与引种检疫[J]. 中国糖料, 2014(1): 85-88.
- WANG X Y, LI W F, HUANG Y K, ZHANG R H, SHAN H L, LUO Z M, YIN J, SHEN K. Scientific research and introduction quarantine of sugarcane in Australia[J]. Sugar Crops of China, 2014(1): 85-88. (in Chinese)
- [8] 卢文洁, 李文凤, 黄应昆, 吴才文, 罗志明, 赵培芳. 国外甘蔗品种主要病害检疫及分子检测[J]. 云南农业大学学报, 2009, 24(6): 804-808.
- LU W J, LI W F, HUANG Y K, WU C W, LUO Z M, ZHAO P F. Quarantine and molecular detection for quarantine pest on exotic sugarcane varieties[J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 2009, 24(6): 804-808. (in Chinese)
- [9] 韦金菊, 宋修鹏, 张荣华, 张小秋, 覃振强, 魏春燕, 桂意云, 周会, 谭宏伟, 黄东亮, 李海碧, 吴杨, 李杨瑞, 刘昔辉. 美国和越南引进甘蔗新种质隔离检疫及农艺性状评价[J]. 分子植物育种, 2019, 17(14): 4708-4716.
- WEI J J, SONG X P, ZHANG R H, ZHANG X Q, QIN Z Q, WEI C Y, GUI Y Y, ZHOU H, TAN H W, HUANG D L, LI H B, WU Y, LI Y R, LIU X H. Assessment of agronomic traits and quarantine disease of newly introduced sugarcane germplasm from USA and Vietnam[J]. Molecular Plant Breeding, 2019, 17(14): 4708-4716. (in Chinese)
- [10] 韦金菊, 刘昔辉, 覃振强, 张小秋, 张荣华, 桂意云, 魏春燕, 宋修鹏, 李杨瑞, 周珊, 黄东亮, 颜梅新, 刘璐. 甘蔗白条病菌 PCR 检测技术规程: DB 45/T 2029—2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- WEI J J, LIU X H, QIN Z Q, ZHANG X Q, ZHANG R H, GUI Y Y, WEI C Y, SONG X P, LI Y R, ZHOU S, HUANG D L, YAN M X, LIU L. Detecting technique regulations for pathogen of *Xanthomonas albilineas* (Ashby) Dowson based on PCR: DB 45/T 2029—2019[S]. Beijing: Standards Press of China, 2019. (in Chinese)
- [11] 赵勇, 赵培方, 胡鑫, 赵俊, 咎逢刚, 姚丽, 赵丽萍, 杨昆, 覃伟, 夏红明, 刘家勇. 基于农艺性状分级对 317 份甘蔗种质资源的评价[J]. 中国农业科学, 2019, 52(4): 602-615.

- ZHAO Y, ZHAO P F, HU X, ZHAO J, ZAN F G, YAO L, ZHAO L P, YANG K, QIN W, XIA H M, LIU J Y. Evaluation of 317 sugarcane germplasm based on agronomic traits rating data[J]. *Scientia Agricultural Sinica*, 2019, 52(4): 602-615. (in Chinese)
- [12] KHANDAGALE P P, KESKAR M M, GHODAKE S K. Screening sugarcane genotypes for resistance against smut and yellow leaf disease[J]. *Contemporary Research in India*, 2017, 7(4): 196-199.
- [13] 杨荣仲, 周会, 唐仕云, 刘昔辉, 梁强, 黄海荣. 广西甘蔗育种思考[J]. *中国糖料*, 2021, 43(3): 18-27.
- YANG R Z, ZHOU H, TANG S Y, LIU X H, LIANG Q, HUANG H R. A few thoughts on sugarcane breeding in Guangxi[J]. *Sugar Crops of China*, 2012, 43(3): 18-27. (in Chinese)
- [14] 张妍, 范业赓, 莫璋红, 吴凯朝, 李鸣, 秦新民, 梁俊. 甘蔗种质资源抗宿根矮化病特性鉴定[J]. *南方农业学报*, 2012, 43(12): 1963-1967.
- ZHANG Y, FAN Y G, MO Z H, WU K C, LI M, QIN M X, LIANG J. Ratoon stunting disease resistance evaluation on sugarcane germplasm resources[J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2012, 43(12):1963-1967. (in Chinese)
- [15] 杨荣仲, 周会, 李文教, 黄赞斌, 唐仕云, 雷敬超, 刘昔辉, 梁强, 黄海荣. 甘蔗重要亲本田间自然抗黑穗病测定[J]. *中国糖料*, 2022, 44(2): 51-57.
- YANG R Z, ZHOU H, LI W J, HUANG Z B, TANG S Y, LEI J C, LIU X H, LIANG Q, HUANG H R. Test of smut resistance of sugarcane main parents under natural infection[J]. *Sugar Crops of China*, 2022, 44(2): 51-57.. (in Chinese)
- [16] 杨荣仲, 周会, 肖祎, 吕达, 廖红香, 陈道德, 刘昔辉, 雷敬超, 林垠孚. 甘蔗主要亲本自然条件下抗甘蔗花叶病测定[J]. *中国糖料*, 2020, 42(2): 47-52.
- YANG R Z, ZHOU H, XIAO Y, LYU D, LIAO H X, CHEN D D, LIU X H, LEI J C, LIN Y F. Testing on sugarcane mosaic resistance of sugarcane major parents under field conditions[J]. *Sugar Crops of China*, 2020, 42(2):47-52. (in Chinese)
- [17] 龚恒亮, 李金玉, 孙东磊, 刘少谋, 黄忠兴, 安玉兴. 甘蔗种质资源材料抗螟虫性研究与评价[J]. *广东农业科学*, 2011, 38(24): 18-21.
- GONG H L, LI J Y, SUN D L, LIU S M, HUANG Z X, AN Y X. Studies on the resistance in sugarcane clones to borers[J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2011, 38(24): 18-21. (in Chinese)
- [18] 周会, 雷敬超, 桂意云, 贤武, 梁强, 杨荣仲, 李杨瑞. 甘蔗种质资源自然条件下耐寒性评价[J]. *植物遗传资源学报*, 2012, 13(6): 968-973.
- ZHOU H, LEI J C, GUI Y Y, XIAN W, LIANG Q, YANG R Z, LI Y R. Evaluation on cold tolerance of sugarcane varieties under field condition[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2012, 13(6): 968-973. (in Chinese)
- [19] 黄玉新, 段维兴, 张保青, 杨翠芳, 高铁静, 周珊, 张革民, 李翔. 138份国外引进甘蔗品种(系)宿根性评价[J]. *云南农业大学学报(自然科学)*, 2019, 34(4): 564-570.
- HUANG Y X, DUAN W X, ZHANG B Q, YANG C F, GAO Y J, ZHOU S, ZHANG G M, LI X. Evaluation of ratoon of ratoon characteristics of 138 exotic sugarcane germplasm[J]. *Journal Yunnan Agricultural University (Natural Science)*, 2019, 34(4): 564-570. (in Chinese)
- [20] 蒋洪涛, 崔新迪, 赵丽九, 许誉芝, 陈保善, 张木清. 引进甘蔗种质资源杂交后代适应性评价[J]. *中国糖料*, 2020, 42(2): 1-6.
- JIANG H T, CUI X D, ZHAO L J, XU Y Z, CHEN B S, ZHANG M Q. Adaptability evaluation of hybrid off spring from introduced new sugarcane germplasm[J]. *Sugar Crops of China*, 2020, 42(2): 1-6. (in Chinese)
- [21] 咎逢刚, 吴才文, 陈学宽, 赵培方, 赵俊, 刘家勇. 118份甘蔗种质资源遗传多样性的 AFLP 分析[J]. *作物学报*, 2014, 40(10): 1877-1883.
- ZAN F G, WU C W, CHEN X K, ZHAO P F, ZHAO J, LIU J Y. Genetic diversity of 118 sugarcane germplasm using AFLP markers[J]. *Acta Agronomic Sinica*, 2014, 40(10): 1877-1883. (in Chinese)
- [22] 咎逢刚, 应雄美, 吴才文, 赵培方, 陈学宽, 马丽, 苏火生, 刘家勇. 98份甘蔗种质资源遗传多样性的 AFLP 分析[J]. *中国农业科学*, 2015, 48(5): 1002-1010.
- ZAN F G, YING X M, WU C W, ZHAO P F, CHEN X K, MA L, SU H S, LIU J Y. Genetic diversity analysis of 98 collection of sugarcane germplasm with AFLP markers[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2015, 48(5): 1002-1010. (in Chinese)
- [23] 游倩. 甘蔗种质资源的 SSR 遗传多样性分析及指纹数据库构建[D]. 福州: 福建农林大学, 2014..
- YOU Q. Genetic diversity analysis and database construction of DNA fingerprinting in sugarcane based on SSR fluorescence markers[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2014. (in Chinese)
- [24] 刘家勇, 赵培方, 刘新龙, 赵俊, 杨昆, 吴才文, 应雄美, 咎逢刚, 陈学宽. 68份国外甘蔗种质资源遗传多样性的 AFLP 分析[J]. *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 2013, 39(5): 466-470.
- LIU J Y, ZHAO P F, LIU X L, ZHAO J, YANG K, WU C W, YING X M, ZAN F G, CHEN X K. Genetic diversity analysis on 68 foreign sugarcane germplasms (*Saccharum* spp.) with AFLP technique[J]. *Journal of Human Agriculture*

- tural University (Natural Sciences), 2013, 39(5): 466-470. (in Chinese)
- [25] 杨翠. 基于 SCoT 标记分析甘蔗种质资源遗传多样性[D]. 福州: 福建农林大学, 2010.
- YANG C. Analysis of genetic diversity based on SCoT markers in sugarcane germplasm[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2010. (in Chinese)
- [26] 赵勇, 刘家勇, 朱建荣, 赵俊, 赵丽萍, 赵培方, 姚丽, BURNER David M, 杨 昆, 笱逢刚. 引进甘蔗种质资源主要工艺性状演进趋势分析[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2019, 45(6): 571-576.
- ZHAO Y, LIU J Y, ZHU J R, ZHAO J, ZHAO L P, ZHAO P F, YAO L, BURNER D M, YANG K, ZAN F G. Genetic advance analysis of the main industrial quality traits for imported sugarcane germplasm[J]. Journal of Human Agricultural University (Natural Sciences), 2019, 45(6): 571-576. (in Chinese)
- [27] 赵勇, 赵培方, 赵俊, 赵丽萍, 笱逢刚, 姚丽, 刘家勇. 基于投影寻踪分类法评价 43 份澳大利亚甘蔗种质资源[J]. 亚热带农业研究, 2019, 15(1): 7-13.
- ZHAO Y, ZHAO P F, ZHAO J, ZHAO L P, ZAN F G, YAO L, LIU J Y. Evaluation of 43 Australian sugarcane germplasm based on projection pursuit clustering[J]. Subtropical Agriculture Research, 2019, 15(1): 7-13. (in Chinese)
- [28] 魏丽娜, 卢颖林. 蒙特卡洛法在甘蔗种质资源研究中的应用展望[J]. 甘蔗糖业, 2010(3): 9-13, 18.
- WEI L N, LU Y L. Application prospect on Monte Carlo method in sugarcane germplasm research[J]. Sugarcane and Canesugar, 2010(3): 9-13, 18. (in Chinese)
- [29] 秦昌鲜, 彭崇, 郭强, 闭德金, 唐利球, 施泽升, 马文清. 利用 DTOPSIS 法评价甘蔗台糖系列亲本[J]. 种子, 2021, 40(4): 115-117, 123, 2.
- QIN C X, PENG C, GUO Q, BI D J, TANG L Q, SHI Z S, MA W Q. Comprehensive evaluation of sugarcane parents from Taitang series by DTOPSIS method[J]. Seed, 2021, 40(4): 115-117, 123, 2. (in Chinese)