

## 甘蔗亲本及杂交组合对褐条病的抗性配合力分析

朱建荣<sup>1,2</sup>, 赵丽萍<sup>1,2</sup>, 覃伟<sup>1,2</sup>, 刘家勇<sup>1,2</sup>, 姚丽<sup>1,2</sup>, 吴才文<sup>1,2\*</sup>

(1. 云南省农业科学院甘蔗研究所, 云南 开远 661699; 2. 云南省甘蔗遗传育种重点实验室, 云南 开远 661699)

**摘要:** 以 23 个甘蔗母本(ROC5 为对照)、21 个甘蔗父本(69-463 为对照)以及他们配制的 29 个杂交组合(ROC5×69-463 为对照)为材料, 进行甘蔗褐条病抗性配合力分析。结果表明: 甘蔗母本间、甘蔗父本间以及甘蔗杂交组合间的配合力存在极显著差异, 差异是加性和非加性基因共同作用的结果; 抗褐条病平均遗传力大小顺序为母本(95.3%)、组合(93.0%)、父本(79.1%); 一般配合力表现为负效应的母本有 Pma98-40、崖城 93-26、云瑞 05-283、粤糖 91-976、川蔗 19 号、ROC10、云蔗 06-80、ROC26、湛蔗 74-141、K86-110、云蔗 03-194 和 ROC25 等 12 个, 一般配合力表现为负效应的父本有 Q199、云瑞 06-649、云瑞 05-733、CP84-1198、CP88-1762、崖城 84-125、云瑞 05-784、粤糖 00-236、CP72-3591 和 CP94-110 等 10 个; 杂交组合的特殊配合力表现为负效应的有 Pma98-40×云瑞 05-649、崖城 93-26×云瑞 05-733、云瑞 05-283×Q199、粤糖 91-976×CP84-1198、川蔗 19 号×CP88-1762 和 ROC10×粤农 73-204 等 16 个。

**关键词:** 甘蔗; 褐条病; 一般配合力; 特殊配合力

中图分类号: S566.1

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2015)05-0462-05

## The analysis of combining ability for resistance to sugarcane brown stripe disease of parents and cross combinations

Zhu Jianrong<sup>1,2</sup>, Zhao Liping<sup>1,2</sup>, Qin Wei<sup>1,2</sup>, Liu Jiarong<sup>1,2</sup>, Yao Li<sup>1,2</sup>, Wu Caiwen<sup>1,2\*</sup>

(1. Sugar Research Institute of Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kaiyuan, Yunnan 661699, China; 2. Yunnan Key Laboratory of Sugarcane Genetic Improvement, Kaiyuan, Yunnan 661699, China)

**Abstract:** The combining ability of resistance to sugarcane brown stripe disease was analyzed based on 23 female parents (ROC 5 for control) and 21 male parents (69 - 463 for control) and their 29 crosse combinations(ROC 5×69 - 463 for control). The results indicated that difference of the combining ability among the female parents, male parents and crosse combinations was significant, which was mainly controlled by additive and non-additive gene. The average heritability of resistance to sugarcane brown stripe disease was female parents (95.3%), cross combinations (93.0%) and male parents (79.1%). The general combining ability of 12 female parents, 10 male parents showed negative effect, which female parents were Pma 98-40, Yacheng 93-26, Yunrui 05-283, Yuetang 91-976, Chuangzhe 19, ROC 10, Yunzhe 06-80, ROC 26, Zhanzhe 74-141, K 86-110, Yunzhe 03-194 and ROC 25. male parents were Q 199, Yunrui 06-649, Yunrui 05-733, CP 84-1198, CP 88-1762, Yacheng 84-125, Yunrui 05-784, Yuetang 00-236, CP 72-3591 and CP 94-110. The special combining ability of 16 crosses combinations showed negative effect, they were Pma98-40×Yunrui05-649, Yacheng93-26× Yunrui 05-733, Yunrui 05-283×Q199, Yuetang 91-976×CP 84-1198, Chuangzhe 19×CP 88-1762 and ROC 10×Yuenong 73-204.

**Keywords:** sugarcane; sugarcane brown stripe disease; general combining ability; special combining ability

甘蔗褐条病是危害甘蔗叶片的一种真菌性病  
害, 其病原菌的有性阶段为子囊菌门旋孢腔菌属狭

斑旋孢腔菌(*Cochliobolus stenospilus*(Drechs)Mats et  
Yam.) 无性阶段为半知菌类离蠕孢属甘蔗狭斑离蠕

收稿日期: 2015-04-16

修回日期: 2015-06-09

基金项目: 国家产业技术体系项目(CARS-20-1-1); 云南省科技创新人才计划项目(2014HC015); 云南省科技惠民计划项目(农业, 2014RA059); 云南省重点新产品计划项目(2012BB014)

作者简介: 朱建荣(1983—), 女, 河南开封人, 硕士, 助理研究员, 主要从事甘蔗遗传育种研究, jianrong8358@163.com; \*通信作者, 吴才文, 研究员, 主要从事甘蔗遗传育种研究, gksky\_wcw@163.com

孢菌(*Bipolaris stenospila* (Drechs) Shoemaker)<sup>[1]</sup>。甘蔗褐条病于1924年首次在古巴被发现<sup>[2]</sup>，至今已有许多国家的甘蔗有褐条病病害发生的报道，在中国各地蔗区也均有发生。目前，甘蔗褐条病已成为云南临沧、陇川、保山和勐海等蔗区的主要病害<sup>[3-6]</sup>，感病品种逐渐扩大到ROC16、粤糖00-236、粤糖93-159等主栽品种<sup>[7]</sup>，国家体系和示范的品种(系)感染褐条病超过70%<sup>[8]</sup>。

迄今，国内关于褐条病的研究主要是生产调查和防治<sup>[9-12]</sup>。在育种初级阶段实生苗接种褐条病菌，筛选抗性后代的研究鲜见报道，而选育和推广抗病品种是防治甘蔗褐条病的有效途径。笔者以国内外

40个不同抗性亲本配制的29个甘蔗实生苗组合为研究对象，在人工接种条件下，通过评价亲本及组合抗褐条病的配合力，筛选抗褐条病种质资源，以为甘蔗抗褐条病育种组合选配及品种选育提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试褐条病的病原菌‘粤甘 39’，采自云南省保山市国家甘蔗区域试验的感病材料。供试材料列于表 1。

表 1 试验材料

Table 1 Test material

组合	母本	父本
Pma98-40×云瑞 05-649	Pma98-40	Q199
崖城 93-26×云瑞 05-733	崖城 93-26	云瑞 05-649
云瑞 05-283×Q199	云瑞 05-283	云瑞 05-733
ROC5×69-463(CK3)	ROC5(CK1)	69-463(CK2)
粤糖 91-976×CP84-1198	粤糖 91-976	CP84-1198
川蔗 19 号×CP88-1762	川蔗 19 号	CP88-1762
ROC10×粤农 73-204	ROC10	崖城 84-125
ROC10×崖城 84-125	云蔗 06-80	云瑞 05-784
云蔗 06-80×云瑞 05-784	ROC26	粤糖 00-236
ROC25×CP72-3591	湛蔗 74-141	CP72-3591
ROC26×桂糖 92-66	K86-110	CP94-1100
湛蔗 74-141×CP88-1762	云蔗 03-194	崖城 06-61
K86-110×粤糖 00-236	ROC25	ROC25
粤农 73-204×ROC25	CP94-1100	ROC16
云蔗 03-194×ROC22	粤农 73-204	崖城 07-71
川糖 89-103×CP94-1100	云蔗 89-7	粤农 73-204
ROC25×崖城 06-61	川糖 89-103	粤糖 89-240
CP94-1100×ROC22	CP67-412	桂糖 00-122
粤农 73-204×CP72-3591	粤糖 94-128	ROC22
云蔗 89-7×ROC25	ROC28	桂糖 92-66
川糖 89-103×ROC16	科 5	ROC20
粤农 73-204×崖城 07-71	RB72-454	桂糖 73-167
ROC25×粤糖 89-240	桂糖 00-122	
CP67-412×桂糖 00-122	粤糖 00-318	
粤糖 94-128×ROC22		
ROC28×ROC20		
科 5×ROC22		
RB72-454×桂糖 73-167		
桂糖 00-122×粤农 73-204		
粤糖 00-318×桂糖 92-66		

## 1.2 方法

### 1.2.1 病原菌接种

从蔗区采集具典型褐条病症状的甘蔗新鲜病叶,收集甘蔗褐条病病原菌孢子,用无菌水配制成孢子悬浮液,并加入吐温-20(每100 mL水中加入3~4滴),以增加孢子的附着力,孢子浓度为100倍显微镜下每视野有40~50个孢子。于2014年8月20日下午天黑之前接种,接种后盖上薄膜保湿过夜,定期对实生苗喷水,保持特定的温度和相对湿度,温室温度为18~38℃,相对湿度为50%~90%。

### 1.2.2 病情调查方法

接种后的实生苗置于温室内,每天喷水2~4次保湿,待7~8周充分发病后,调查不同组合实生苗的发病程度。从蔗株心叶开始,依次向下调查所有完全展开的叶片的病情,目测每一叶片上病斑面积占叶片总面积的比例,记录各级病叶的数量,计算病叶率、病株率和病情指数。病叶率=(病叶数/调查总叶片数)×100%;病株率=(病株数/调查总株数)×100%;病情指数= $\sum$ (各级病叶数×相应级值)/(调查总叶片数×最高级值)×100。甘蔗褐条病叶片病情的分级标准参照文献[13]。

### 1.3 数据分析

以病情指数作为评价植株感病程度的指标,利用R软件线性模型<sup>[14]</sup>对试验数据进行处理和亲本配合力分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同亲本及杂交组合抗褐条病的方差和遗传力

分别以病株率、病叶率和病情指数分析组合抗褐条病的配合力。结果(表2)表明:无论是母本、父本还是组合间抗褐条病的配合力都存在极显著差异,说明供试的29个杂交组合在甘蔗褐条病的抗性上存在真实的遗传差异。由于一般配合力的差异属群体内的加性遗传变异,而特殊配合力的差异则属非加性遗传变异,由此可知,这些差异是由加性和非加性基因共同作用的结果。

从表3可以看出:平均遗传力大小顺序依次为母本(95.3%)、组合(93.0%)、父本(79.1%),说明母本对后代抗褐条病的影响最大,其次是组合的影

响,父本的影响最小。从病株率、病情指数和病叶率估算母本、组合和父本的平均遗传力均超过85%,说明无论是亲本还是组合,褐条病抗性受遗传影响较大。

表2 甘蔗父母本及其杂交组合的配合力方差

Table 2 Variance analysis for the combining abilities of sugarcane parents and crosses

变异来源	配合力方差		
	病株率	病情指数	病叶率
母本	3 747.5	141.5	1 372.6
误差	237.4	10.6	86.2
F 值	15.78**	13.30**	5.93**
父本	3 785.7	109	1 088
误差	331.6	24.9	215.7
F 值	11.42**	4.37**	5.04**
组合	3 364.3	118.5	1 167.5
误差	65.9	8.6	55.6
F 值	51.04**	13.81**	0.99**

\* 和\*\*分别代表0.05和0.01水平上差异显著。

表3 甘蔗母本、父本及杂交组合抗褐条病的遗传力

Table 3 The contribution of broad-sense heritability in anti-brown stripe disease of sugarcane female, male and crosses %

来源	遗传力			
	病株率	病情指数	病叶率	平均
组合	93.3	92.2	93.4	93
父本	89.4	73.1	74.9	79.1
母本	98	92.8	95.2	95.3
平均	93.6	86	87.9	89.2

### 2.2 甘蔗亲本一般配合力的效应值

以病株率、病情指数和病叶率分析亲本及组合的配合力,参照通用的病情指数估算配合力<sup>[14]</sup>。从表4可以看出,不同亲本间的一般配合力差异较大,而且表现出不同程度的正、负效应。在甘蔗抗褐条病育种过程中,通常要选择甘蔗褐条病病情指数级别低的材料,即抗甘蔗褐条病的材料,因此,一般配合力表现为负效应的亲本优于正向效应的亲本。母本表现负效应的有Pma98-40、崖城93-26、云瑞05-283、粤糖91-976、川蔗19号、ROC10、云蔗06-80、ROC26、湛蔗74-141、K86-110、云蔗03-194和ROC25,共12个,超过母本数量的一半,其中Pma98-40、崖城93-26、云瑞05-283等3个亲本的负效应值低于ROC5(对照)。父本表现负效应的有Q199、云瑞06-649、云瑞05-733、

CP84-1198、CP88-1762、崖城 84-125、云瑞 05-784、粤糖 00-236、CP72-3591 和 CP94-110 共 10 个亲本，其中，Q199、云瑞 06-649、云瑞 05-733 等 3 个负效应值低于 69-463(对照)。这些亲本表现不同的负

效应，可相应的降低后代褐条病发病的程度，即后代抗病性增强，因此，选择表 4 中排名靠前的亲本杂交，可提高后代抗褐条病的能力。

表 4 甘蔗父、母本抗褐条病的一般配合力效应相对值

Table 4 The effect of general combining ability of anti-brown stripe disease for sugarcane parents

母本	一般配合力	排名	父本	一般配合力	排名
Pma98-40	-8.66	1	Q199	-6.43	1
崖城 93-26	-8.66	1	云瑞 05-649	-6.43	1
云瑞 05-283	-8.66	1	云瑞 05-733	-6.43	1
ROC5(CK1)	-5.88	2	69-463(CK2)	-4.23	2
粤糖 91-976	-5.79	3	CP84-1198	-4.16	3
川蔗 19 号	-5.75	4	CP88-1762	-3.44	4
ROC10	-4.83	5	崖城 84-125	-2.94	5
云蔗 06-80	-4.24	6	云瑞 05-784	-2.93	6
ROC26	-2.94	7	粤糖 00-236	-1.09	7
湛蔗 74-141	-2.85	8	CP72-3591	-0.82	8
K86-110	-1.92	9	CP94-1100	-0.02	9
云蔗 03-194	-0.87	10	崖城 06-61	0.26	10
ROC25	-0.16	11	ROC25	0.56	11
CP94-1100	0.84	12	ROC16	3.08	12
粤农 73-204	1.23	13	崖城 07-71	3.14	13
云蔗 89-7	1.37	14	粤农 73-204	3.43	14
川糖 89-103	1.44	15	粤糖 89-240	3.55	15
CP67-412	4.26	16	桂糖 00-122	3.80	16
粤糖 94-128	6.49	17	ROC22	3.94	17
ROC28	6.96	18	桂糖 92-66	4.83	18
科 5	7.26	19	ROC20	5.95	19
RB72-454	7.54	20	桂糖 73-167	6.40	20
桂糖 00-122	11.43	21			
粤糖 00-318	12.40	22			

### 2.3 甘蔗杂交组合的特殊配合力效应值

29 个杂交组合褐条病病情指数的特殊配合力效应值见表 5。特殊配合力同样表现出正、负效应，有 16 个组合表现出负效应，负效应值较大的组合依次为 Pma98-40×云瑞 05-649、崖城 93-26×云瑞 05-733、云瑞 05-283×Q199、粤糖 91-976×CP84-1198、川蔗 19 号×CP88-1762 和 ROC10×粤农 73-204 等 6 个组合，其特殊配合力值均小于-5，其中，Pma98-40×云瑞 05-649、崖城 93-26×云瑞 05-733、云瑞 05-283×Q199 等 3 个组合的负效应值均低于 ROC5×69-463(对照)，且他们的效应值一致(褐条病接种结果显示这 3 个组合均未感染褐条病)。ROC10 和 ROC26 是抗褐条病亲本，以 ROC10 和 ROC26 为母本的 3 个组合 ROC10×粤农 73-204、

ROC10×崖城 84-125 和 ROC26×桂糖 92-66 后代特殊配合力为负效应，表现为抗病，这样的组合受母本影响较大。组合云蔗 89-7(抗)×ROC25(感)和川糖 89-103(抗)×ROC16(感)后代均表现为正效应，这样的组合受父本影响较大。CP94-1100(中抗)作父本与抗性亲本川糖 89-103 杂交，后代表现为负效应，CP94-1100(中抗)做母本与中感亲本 ROC22 杂交，后代则为正效应；CP72-3591(抗)作父本与感病亲本 ROC25 杂交，后代表现为负效应，与粤农 73-204(中感)杂交，后代表现为正效应，这样的组合受亲本间组配方式的影响。抗感亲本之间杂交后代表现出丰富的变异分离。抗性亲本间杂交获得抗性后代几率较大，感病亲本间杂交获得抗性亲本几率较小，抗×感或感×抗后代分离广泛，取决于亲本抗感程度。

表5 甘蔗杂交组合抗褐条病特殊配合力效应值

Table 5 The effect of special combining ability of anti-brown stripe disease for sugarcane crosses

组合	特殊配合力	排名	组合	特殊配合力	排名
Pma98-40×云瑞05-649	-8.68	1	川糖89-103×CP94-1100	-0.54	14
崖城93-26×云瑞05-733	-8.68	1	ROC25×崖城06-61	-0.18	15
云瑞05-283×Q199	-8.68	1	CP94-1100×ROC22	0.88	16
ROC5×69-463(CK3)	-5.88	2	粤农73-204×CP72-3591	1.35	17
粤糖91-976×CP84-1198	-5.79	3	云蔗89-7×ROC25	1.42	18
川蔗19号×CP88-1762	-5.75	4	川糖89-103×ROC16	3.40	19
ROC10×粤农73-204	-5.03	5	粤农73-204×崖城07-71	3.49	20
ROC10×崖城84-125	-4.24	6	ROC25×粤糖89-240	4.00	21
云蔗06-80×云瑞05-784	-4.23	7	CP67-412×桂糖00-122	4.32	22
ROC25×CP72-3591	-4.16	8	粤糖94-128×ROC22	6.57	23
ROC26×桂糖92-66	-2.92	9	ROC28×ROC20	7.04	24
湛蔗74-141×CP88-1762	-2.83	10	科5×ROC22	7.35	25
K86-110×粤糖00-236	-1.89	11	RB72-454×桂糖73-167	7.62	26
粤农73-204×ROC25	-1.20	12	桂糖00-122×粤农73-204	11.54	27
云蔗03-194×ROC22	-0.84	13	粤糖00-318×桂糖92-66	12.52	28

### 3 结论与讨论

本研究结果表明,在供试的22个甘蔗母本和20个父本中发生褐条病的程度不同,其中有12个母本和10个父本的一般配合力表现为负效应。不同组合的抗感病程度亦不同,在29个组合中,有16个组合特殊配合力表现为负效应。同一亲本与不同亲本杂交,后代抗病情况存在明显差异,这与前人研究结果<sup>[15]</sup>相似。配合力分析表明,抗褐条病性的一般配合力和特殊配合力方差均达极显著水平,说明抗褐条病存在加性和显性基因作用。

虽然本研究所用的亲本不多,作为亲本杂交的频率也不同,但仍然可以看出亲本间抗褐条病配合力的差异及其对后代群体抗褐条病的影响。利用更多的亲本来配制组合,通过抗性分析,客观地评价组合的优劣,是今后抗褐条病育种的重要工作。当然,抗褐条病只是甘蔗品种改良的一个目标,选育适合蔗糖生产的甘蔗品种还需要考虑后代的早熟、高糖、丰产、优质、多抗性等多种指标<sup>[16-17]</sup>。

组合Pma98-40×云瑞05-649、崖城93-26×云瑞05-733和云瑞05-283×Q199接种后没有发病情况,是否真的是对褐条病免疫,需要进一步接种验证。

#### 参考文献:

- [1] 李杨瑞. 现代甘蔗学[M]. 北京:中国农业出版社, 2010: 377-378.
- [2] 陈庆龙. 世界甘蔗病害(一)[M]. 北京:农业出版社, 1982: 85-92.
- [3] 放永线, 丁春华, 容小阳, 等. 保山甘蔗病害发生原因及防治措施[J]. 中国糖料, 2015, 37(1): 75-76

- [4] 李晓君, 周文吉, 周中, 等. 临沧甘蔗生产现状与发展建议[J]. 甘蔗糖业, 2014(1): 58-61
- [5] 杨世常. 云南德宏蔗区甘蔗病虫草害的发生及防治[J]. 中国糖料, 2013(3): 75-77, 80.
- [6] 李秋阳, 段家峥. 勐甘蔗区甘蔗褐条病重发原因分析与防治措施[J]. 植保技术与推广, 2002(2): 9, 17.
- [7] 王冬蓝. 浅谈甘蔗褐条病的综合防治[J]. 临沧科技, 2008(4): 38.
- [8] 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(2): 50-53.
- [9] 周国辉, 许东林, 沈万宽. 甘蔗重要病害研究及防治策略[J]. 甘蔗糖业, 2005(1): 11-16.
- [10] 覃永秋, 陈耀智. 甘蔗病虫害防治中存在的问题及其对策[J]. 南方农业, 2014(30): 49-50.
- [11] 黄应昆, 李文凤. 云南省甘蔗常见病害及其防治[J]. 云南农业科技, 1999(3): 33-37.
- [12] 钱双宏, 沈林波, 熊国如, 等. 甘蔗褐条病病原菌分离鉴定及其室内毒力的测定[J]. 热带作物学报, 2015, 36(2): 353-357.
- [13] 杨子林, 周军, 陈双云. 甘蔗褐条病田间调查存在问题与改进办法[J]. 中国植保导刊, 2010(11): 36-38.
- [14] 吴永升, 邹成林, 黄爱花, 等. 玉米自交系南方锈病抗性配合力及遗传参数分析[J]. 西南农业学报, 2014, 27(6): 2286-2289.
- [15] 陈如凯, 林彦铨, 薛其清, 等. 配合力分析在甘蔗育种上应用[J]. 福建农业大学学报, 1995, 24(1): 1-8.
- [16] 赵培方, 夏红明, 刘家勇, 等. 6个Q型甘蔗品种杂交利用的遗传力和配合力[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2013, 39(4): 348-353.
- [17] 朱建荣, 桃联安, 董立华, 等. 甘蔗引进品种与云瑞创新亲本的遗传力及配合力[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2014, 40(6): 571-577.

责任编辑: 尹小红  
英文编辑: 梁和