

广西河八王种质资源考察收集与鉴定评价

宗文一^{1,2}, 张保青¹, 张革民¹, 黄玉新¹, 杨翠芳¹, 周 珊¹, 高铁静¹,
熊发前¹, 刘 菁¹, 陆衫羽¹, 杨细平^{2*}, 段维兴^{1*}

1. 广西壮族自治区农业科学院甘蔗研究所/广西甘蔗遗传改良重点实验室/农业农村部广西甘蔗生物技术与遗传改良重点实验室, 广西南宁 530007; 2. 广西大学农学院, 广西南宁 530004

摘 要: 广西地跨南亚热带和中亚热带, 北回归线横贯中部, 属亚热带季风气候区, 孕育了丰富的野生甘蔗种质资源。2016—2023 年, 广西农业科学院甘蔗研究所组织考察队对广西河八王种质资源开展系统调查和收集工作, 考察队在广西 8 个地级市 18 个县(市、区) 43 个乡镇共收集到河八王种质资源 58 份。调查结果表明: 广西河八王种质资源主要分布在海拔 60.0~602.5 m, 北纬 23°08'02"~26°01'43", 东经 107°08'01"~111°32'02"的区域; 广西河八王种质资源 20 个描述型质量性状的遗传多样性指数在 0~1.2044 之间, 平均值为 0.5557, 其中曝光后节间颜色的多样性最高, 木栓较低, 而茎形、气根、水裂 3 个性状无多样性体现; 不同收集地区的广西河八王种质资源遗传多样性指数在 0.1040~0.4911 之间, 贺州最高, 百色最低; 广西河八王种质资源表型性状变异丰富, 6 个数量性状的变异系数为 17.3%~53.6%, 平均为 34.8%; 不同收集地区的广西河八王种质资源变异系数在 29.4%~36.9%之间, 河池最大, 桂林最小。聚类分析结果显示, 58 份广西河八王种质资源被分为六大类, 与地理来源无密切关系, 其中第 I 类群中的材料综合性状较好, 生物量和品质性状优良。本次考察收集扩充了广西甘蔗种质资源圃的资源数量, 为甘蔗育种和遗传改良提供了优良基因资源。

关键词: 河八王; 甘蔗; 种质资源; 表型性状; 鉴定评价; 遗传多样性

中图分类号: S566.1

文献标志码: A

Collection, Identification and Evaluation of *Narenga porphyrocoma* Germplasm Resources in Guangxi

ZONG Wenyi^{1,2}, ZHANG Baoqing¹, ZHANG Gemin¹, HUANG Yuxin¹, YANG Cuifang¹, ZHOU Shan¹,
GAO Yijing¹, XIONG Faqian¹, LIU Jing¹, LU Shanyu¹, YANG Xiping^{2*}, DUAN Weixing^{1*}

1. Sugarcane Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences / Guangxi Key Laboratory of Sugarcane Genetic Improvement / Key Laboratory of Sugarcane Biotechnology and Genetic Improvement (Guangxi), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Nanning, Guangxi 530007, China; 2. College of Agriculture, Guangxi University, Nanning, Guangxi 530004, China

Abstract: Guangxi spans the southern subtropics and central subtropics, with the Tropic of Cancer crossing the central part of the province, and belongs to the subtropical monsoon climate zone, which breeds rich wild sugarcane germplasm resources. From 2016 to 2023, Sugarcane Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences organized a team of researchers to carry out systematic surveys and collection of *Narenga porphyrocoma* germplasm resources in Guangxi. The team collected a total of 58 copies of *N. porphyrocoma* germplasm resources in 43 townships of 18 cities and districts in Guangxi. The results showed that the *N. porphyrocoma* germplasm resources in Guangxi were mainly distributed in the area of 60.0–602.5 m above sea level, longitude E: 107°08'01"–111°32'02", latitude N: 23°08'02"–26°01'43". The genetic diversity indices of the 20 descriptive quality traits of *N. porphyrocoma* germplasm resources in Guangxi ranged from 0 to 1.2044, with a mean value of 0.5557, in which the diversity of the color of the internodes after expo-

收稿日期 2024-05-22; 修回日期 2024-09-10

基金项目 国家重点研发计划项目 (No. 2021YFD1200204); 国家自然科学基金项目 (No. 31901510); 广西农业科学院科技发展基金项目 (桂农科 2022JM10)。

作者简介 宗文一 (2001—), 男, 硕士研究生, 研究方向: 甘蔗遗传育种。*通信作者 (Corresponding author): 杨细平 (YANG Xiping), E-mail: xipingyang@gxu.edu.cn; 段维兴 (DUAN Weixing), E-mail: duanweixing84@126.com。

sure was the highest, that of the cork was lower, and the diversity of the three traits of stem shape, aerial roots and water splitting was not reflected; the genetic diversity indices of *N. porphyrocoma* germplasm resources in Guangxi of the different collection areas ranged from 0.1040 to 0.4911, with Hezhou being the highest and Baise being the lowest. The phenotypic traits of *N. porphyrocoma* germplasm resources in Guangxi were rich in variation, and the coefficients of variation for six quantitative traits ranged from 17.3% to 53.6%, with an average of 34.8%; the coefficients of variation of *N. porphyrocoma* germplasm resources in Guangxi from different collection areas ranged from 29.4% to 36.9%, with Hechi being the largest and Guilin being the smallest. The results of cluster analysis showed that the 58 *N. porphyrocoma* germplasm resources in Guangxi were classified into six major groups, but were not closely related to the geographical origin, in which the materials in the first major group had better overall traits and excellent biomass and quality traits. The collection expanded the number of resources in Guangxi Sugarcane Germplasm Repository and would provide excellent genetic resources for sugarcane breeding and genetic improvement.

Keywords: *Narenga porphyrocoma*; sugarcane; germplasm resources; phenotypic traits; identification and evaluation; genetic diversity

DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2025.01.010

种质资源是甘蔗育种的物质基础, 甘蔗种质改良和突破性育种所取得的巨大成就主要依赖于种质资源的发掘和利用程度^[1], 大量甘蔗种质材料的保育、开发研究为培育新的优异商业品种提供了良好的遗传材料。河八王[*Narenga porphyrocoma* (Hance) Bor]又名草鞋密, 是禾本科甘蔗亚族河八王属的多年生植物, 染色体数 $2n=30$, 主要分布在我国江苏、江西、广东、广西、四川等省(区)^[2], 具有耐旱耐瘠、分蘖力强、抗黑穗病、抗赤腐病等优良性状, 是甘蔗抗黑穗病育种良好基因源材料。河八王须根坚韧粗壮, 具有防风固沙和减少水土流失的作用^[3]。河八王具有优秀的固氮能力, 是氮高效利用的重要材料^[4]。河八王纤维素含量高, 生物质产量大, 具有较高的生物质能转化潜力, 是一种潜在的能源植物^[5]。李海碧等^[6]通过对河八王转录组研究发现, 河八王转录组具有丰富的 SSR 和 SNP 位点, 具有较高的遗传多态性。刘昔辉等^[7]利用 AFLP 标记对 15 份广西河八王进行遗传多样性分析, 结果显示河八王无性系的聚类与地域有一定程度的关系。段维兴等^[8-10]通过甘蔗与河八王杂交获得 F_1 和 BC_1 代的抗黑穗病甘蔗亲本, 探明了杂交后代 F_1 、 BC_1 、 BC_2 的染色体遗传方式。以上研究表明, 河八王相比其他甘蔗近缘属植物具有更高的利用潜力, 遗传多样性丰富, 是一种具有极高生态和经济价值的生物质资源。

广西地处中国地势第二级阶梯中的云贵高原东南边缘, 地势由西北向东南倾斜, 四周山地围绕, 呈盆地状, 也是中国降水量最丰富的地区之

一, 年降水量均在 1070 mm 以上, 年均气温 $16.0\sim 23.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[11-12], 属亚热带季风气候和热带季风气候, 孕育了丰富的甘蔗野生种质资源^[13]。为探明广西河八王种质资源分布概况, 丰富广西甘蔗种质资源圃的资源数量与遗传多样性, 广西农业科学院甘蔗研究所组织考察队在广西开展河八王种质资源的系统调查与采集, 对其主要表型性状的相关性和遗传多样性进行分析, 以期挖掘到具有育种潜力的种质材料, 为甘蔗育种和遗传改良提供优异亲本。

1 材料与方法

1.1 材料

2016—2023 年, 广西农业科学院甘蔗研究所组织考察队在广西全区范围内 14 个地级市 75 个县(市、区)开展甘蔗种质资源系统调查与收集。资源采集方法: 运用 GPS 仪记录采集资源的经纬度、海拔等地理信息。在调查采集过程中, 填写《甘蔗及其近缘属野生种质资源调查采集表》, 包括采集日期、采集人、采集编号、种质类型、采集地点、地理信息、种质群落、伴生植物、土壤类型、物候期等信息。采集植株特性图片, 挖掘带土的地下根茎, 与带采集编号的标签一起放入样品袋。每隔 2 d 将样品邮寄回广西甘蔗种质资源圃, 并种植在野生资源保育水泥框(直径×深度=70 cm×60 cm)内。

1.2 方法

在河八王资源开花期调查表型性状, 随机选取 5 条测定其数量性状和质量性状, 测定方法参照《甘蔗种质资源描述规范》^[14]。6 个数量性状

包括正 1 叶长度、正 1 叶宽度、株高、节间长度、茎径、锤度。使用卷尺测量正 1 叶的叶长和叶宽，节间长度；使用塔尺测量株高；使用游标卡尺测量茎径；使用锤度计测量锤度。质量性状包括蒲心、空心、57 号毛群、蜡粉带、茎形等 20 个性状。

1.3 数据处理

运用 Excel 2019 软件对调查数据进行整理与分类。采用 SPSS 26 软件对数量性状进行变异系数（CV）分析，描述 6 个数量性状的离散程度，采用 Shannon-Wiener 多样性指数（Shannon-Wiener diversity index, H' ）进行遗传多样性评价，其计算公式 $H' = -\sum P_i \ln P_i$ ，式中 P_i 为某性状第 i 个代码值出现的频率， $\ln$ 表示自然对数^[15]。使用 DPS 9.01 软件采用非加权配对算术平均法绘制聚类关系图，并使用 MEGA 11 软件对聚类关系图进行美化。

2 结果与分析

2.1 广西河八王种质资源地理分布概况

经考察和收集，在广西贺州市富川瑶族自治县、钟山县，柳州市鹿寨县、融安县、融水苗族自治县、柳城县，河池市环江毛南族自治县、罗城仫佬族自治县、金城江区，桂林市永福县、阳朔县、平乐县、兴安县、全州县，梧州市苍梧县，贵港市桂平市，来宾市忻城县，百色市田东县等 18 个县（市、区）43 个乡镇采集到 58 份河八王种质资源（表 1）。地理水平分布表明，广西河八王种质资源主要分布在海拔 60.0~602.5 m，北纬 23°08'02"~26°01'43"，东经 107°08'01"~111°32'02"。采集地生态环境主要在沼泽地、公路旁、草地、田间（图 1）。在自然条件下，广西河八王叶片存在一定程度的感病现象，主要为轮斑病、褐条病、眼点、叶焦和白疹等。

表 1 广西河八王种质资源采集和分布概况
Tab. 1 Collection and distribution of *N. porphyrocoma* germplasm resources in Guangxi

样本编号 Sample No.	采集地点 Collection site	海拔 Altitude/m	经度 Longitude/E	纬度 Latitude/N	生境 Habitat	种质群落 Germplasm community	自然感病 Naturally infected disease
2016HBW010	贺州市富川瑶族自治县葛坡镇	316.4	111°17'39"	25°00'14"	水库旁	群生	轮斑
2016HBW011	贺州市富川瑶族自治县麦岭镇	364.2	111°25'31"	25°01'01"	公路旁	散生	无
2016HBW012	贺州市富川瑶族自治县麦岭镇	387.5	111°19'44"	25°05'05"	公路旁	散生	无
2016HBW013	贺州市富川瑶族自治县麦岭镇	377.7	111°19'57"	25°07'48"	草地	散生	无
2016HBW014	贺州市富川瑶族自治县古城镇	194.3	111°20'00"	24°47'12"	草地	散生	轮斑
2016HBW015	贺州市富川瑶族自治县福利镇	226.0	111°21'46"	24°52'21"	农田	散生	无
2018HBW001	柳州市鹿寨县寨沙镇	125.1	109°57'32"	24°26'07"	沟底	散生	轮斑
2018HBW002	柳州市鹿寨县寨沙镇	149.9	109°56'48"	24°30'44"	公路旁	散生	轮斑
2018HBW003	柳州市鹿寨县鹿寨镇	124.6	109°43'55"	24°33'22"	公路旁	群生	褐条
2018HBW004	柳州市鹿寨县平山镇	139.6	109°36'27"	24°40'28"	公路旁	散生	褐条
2018HBW005	柳州市鹿寨县黄冕镇	111.5	109°51'40"	24°43'00"	田埂	散生	眼点
2018HBW006	桂林市永福县三皇镇	263.5	109°40'30"	24°59'24"	公路旁	散生	轮斑
2018HBW007	桂林市永福县三皇镇	206.8	109°38'52"	24°51'48"	溪边	散生	轮斑
2018HBW008	桂林市永福县罗锦镇	150.3	110°05'38"	25°02'37"	田边	散生	无
2018HBW009	桂林市永福县苏桥镇	144.5	110°03'48"	25°05'28"	田边	散生	褐条
2018HBW010	河池市环江毛南族自治县洛阳镇	228.6	108°14'59"	25°04'19"	农田	散生	轮斑
2018HBW011	河池市环江毛南族自治县洛阳镇	243.5	108°13'21"	25°07'59"	农田	散生	无
2018HBW012	河池市环江毛南族自治县川山镇	269.3	108°05'40"	25°07'12"	农田	散生	无
2018HBW013	柳州市融安县桥板乡	602.5	109°33'23"	24°52'39"	田间	群生	褐斑
2018HBW014	柳州市融安县桥板乡	468.4	109°33'01"	24°52'02"	田边	群生	无
2018HBW015	柳州市融安县桥板乡	453.9	109°33'04"	24°55'03"	田间	群生	眼点、轮斑
2018HBW016	柳州市融安县桥板乡	324.6	109°31'30"	25°01'34"	田埂	群生	无

续表 1 广西河八王种质资源采集和分布概况
Tab. 1 Collection and distribution of *N. porphyrocoma* germplasm resources in Guangxi (continued)

样本编号 Sample No.	采集地点 Collection site	海拔 Altitude/m	经度 Longitude/E	纬度 Latitude/N	生境 Habitat	种质群落 Germplasm community	自然感病 Naturally in- fected disease
2018HBW017	柳州市融安县泗顶镇	273.4	109°30'12"	25°03'04"	溪边	群生	轮斑
2018HBW018	柳州市融安县长安镇	119.2	109°24'49"	25°12'34"	田埂	群生	轮斑
2018HBW019	柳州市融安县大坡乡	126.5	109°27'46"	25°12'09"	公路旁	群生	无
2018HBW020	柳州市融安县长安镇	117.9	109°23'19"	25°09'42"	田埂	群生	轮斑
2018HBW021	柳州市融安县浮石镇	114.2	109°20'25"	25°05'26"	公路旁	群生	轮斑
2018HBW022	柳州市融安县大良镇	206.7	109°19'02"	24°54'29"	田埂	群生	无
2018HBW023	柳州市融安县浮石镇	147.4	109°41'31"	25°07'40"	草地	散生	无
2018HBW024	柳州市融水苗族自治县永乐镇	167.3	109°09'16"	25°00'20"	公路旁	散生	无
2019HBW001	河池市罗城仫佬族自治县东门镇	316.7	108°53'17"	24°46'11"	农田	散生	无
2019HBW002	河池市罗城仫佬族自治县小长安镇	100.6	109°01'29"	24°53'09"	农田	散生	无
2019HBW003	河池市罗城仫佬族自治县黄金镇	109.8	108°57'56"	24°55'54"	农田	散生	无
2019HBW004	河池市罗城仫佬族自治县黄金镇	119.7	108°57'50"	24°56'11"	农田	散生	无
2019HBW005	河池市罗城仫佬族自治县东门镇	275.1	108°54'04"	24°50'34"	农田	群生	无
2019HBW006	河池市罗城仫佬族自治县东门镇	206.7	108°54'05"	24°53'00"	农田	散生	叶焦
2019HBW007	河池市罗城仫佬族自治县天河镇	218.2	108°42'59"	24°44'29"	草地	散生	褐条
2019HBW008	河池市罗城仫佬族自治县四把镇	283.8	108°45'28"	24°43'40"	农田	散生	无
2019HBW009	柳州市柳城县冲脉镇	229.0	108°57'12"	24°37'38"	湖边	群生	无
2019HBW010	柳州市柳城县冲脉镇	227.0	108°57'12"	24°37'38"	湖边	群生	无
2019HBW021	河池市金城江区五圩镇	299.1	107°53'06"	24°32'50"	农田	散生	无
2019HBW022	河池市金城江区五圩镇	332.8	107°52'58"	24°32'05"	农田	散生	无
2019HBW023	河池市金城江区河池镇	262.7	107°52'15"	24°39'13"	草地	群生	褐条
2019HBW031	桂林市阳朔县兴坪镇	157.3	110°31'57"	24°53'40"	农田	群生	无
2019HBW032	桂林市平乐县桥亭镇	153.5	110°48'22"	24°31'19"	农田	散生	无
2020HBW001	贵港市桂平市大湾镇	39.0	109°55'13"	23°08'02"	田间	群生	无
2020HBW002	来宾市忻城县思练镇	268.0	108°56'15"	24°02'44"	田间	散生	无
2020HBW005	桂林市兴安县崔家乡	248.1	110°40'33"	25°32'00"	农田	群生	无
2020HBW006	桂林市兴安县高尚镇	258.9	110°35'25"	25°26'21"	农田	群生	轮斑
2020HBW007	桂林市兴安县严关镇	197.1	110°32'07"	25°36'30"	农田	群生	无
2020HBW008	桂林市全州县全州镇	158.2	111°01'38"	25°57'27"	农田	群生	白疹
2020HBW009	桂林市全州县龙水镇	174.7	110°59'15"	26°01'43"	农田	群生	无
2020HBW010	桂林市全州县凤凰镇	175.1	110°54'09"	25°49'22"	农田	群生	无
2020HBW011	贺州市钟山县钟山镇	148.8	111°17'14"	24°37'03"	农田	群生	无
2020HBW012	贺州市钟山县燕塘镇	192.2	111°08'34"	24°29'47"	农田	群生	无
2020HBW013	梧州市苍梧县沙头镇	60.0	111°32'02"	23°54'39"	农田	群生	无
2023HBW022	百色市田东县印茶镇	358.0	107°08'01"	23°21'34"	公路旁	散生	无
2023HBW023	百色市田东县江城镇	288.0	107°09'22"	23°21'44"	公路旁	散生	无

2.2 广西河八王种质资源数量性状的遗传多样性

数量性状分析结果显示（表 2），广西河八王种质资源的数量性状存在较为丰富的遗传变异。叶长最高为 145.20 cm，最低为 68.00 cm，平均为 110.15 cm；叶宽最高为 4.40 cm，最低为 0.65 cm，平均为 1.51 cm；株高最高为 298.00 cm，最低为

61.00 cm，平均为 153.81 cm；茎径最高为 1.28 cm，最低为 0.12 cm，平均为 0.68 cm；节间长度最高为 61.00 cm，最低为 7.30 cm，平均为 23.73 cm；锤度（Bx）最高为 18.80%，最低为 3.00%，平均 11.38%。6 个数量性状的平均变异系数为 34.8%，变异幅度为 17.3%~53.6%，其中株高、叶宽、节间长度、锤度具有较大的离散程度，节间长度的



图 1 广西河八王生境图像
Fig. 1 Habitat images of *N. porphyrocoma* in Guangxi

表 2 广西河八王种质资源数量性状遗传变异分析
Tab. 2 Genetic variation analysis of quantitative traits of *N. porphyrocoma* germplasm resources in Guangxi

性状 Traits	最小值 Min	最大值 Max	均值 Mean	标准差 SD	变异系数 CV/%
叶长/cm	68.00	145.20	110.15	19.080±2.505	17.3
叶宽/cm	0.65	4.40	1.51	0.618±0.081	40.9
株高/cm	61.00	298.00	153.81	53.745±7.057	34.9
茎径/cm	0.12	1.28	0.68	0.192±0.025	28.3
节间长度/cm	7.30	61.00	23.73	12.720±1.670	53.6
锤度/%	3.00	18.80	11.38	3.808±0.500	33.5

变异系数最高（53.6%），叶长的变异系数最低（17.3%）。结果表明，河八王群体数量性状的遗传变异主要来自于株高、叶宽、节间长度和锤度，而叶长和茎径 2 个性状相对稳定。

2.3 广西河八王种质资源质量性状的遗传多样性

由表 3 可知，58 份广西河八王种质资源质量性状的 Shannon-Wiener 多样性指数在 0~1.2044 之间，平均值为 0.5557。以曝光后节间颜色的多样性最高（1.2044），多样性较丰富；57 号毛群（1.1752）、曝光前节间颜色（1.0264）、花序颜色（1.0160）、芽位（0.9820）、叶姿（0.9394）、蜡粉带（0.7673）、蒲心（0.7520）、空心（0.6717）、芽沟（0.6150）等的多样性中等；芽形、根点排列、生长带形状、花序形状、脱叶性、节间形状和木栓的多样性水平较低；茎形、气根、水裂等 3 个性状无多样性体现。总体而言，广西河八王

材料的类型主要为无气根，茎形直立，无水裂，大部分材料表现为无木栓（98.3%），圆筒形节间（98.3%）、难脱叶（96.6%）、生长带不突出（86.2%），无根点（88.0%），无空心（60.3%），重度蒲心（75.9%），无蜡粉带（50.0%），曝光前节间为黄色（46.6%），曝光后节间为黄绿色（58.6%）。芽形以三角形（86.2%）为主，上芽位（56.9%），无芽沟（81.1%）。叶姿挺直叶尖下垂（56.9%），花序形状以圆锥形（91.4%）为主，颜色以淡紫（41.4%）和紫红（48.3%）为主，部分材料未开花。除部分材料无 57 号毛群外，其余多数材料都有，其中 8.6%毛群少，51.7%毛群多，13.8%毛群较多。

2.4 不同收集地区广西河八王种质资源的表型性状遗传差异

2.4.1 质量性状的遗传差异 对不同收集地区的广西河八王种质资源遗传多样性进行比较发现

表 3 广西河八王种质资源质量性状遗传变异分析

Tab. 3 Genetic variation analysis of quality traits of *N. porphyrocoma* germplasm resources in Guangxi

性状 Trait	分级频率 Frequency/%									<i>H'</i>
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
花序颜色	6.9	3.4	41.4	48.3						1.0160
花序形状	6.9	91.4		1.7						0.3359
蒲心	15.5	1.7	6.9	75.9						0.7520
57 号毛群	25.9	8.6	51.7	13.8						1.1752
空心	60.3	39.7								0.6717
蜡粉带	50.0	48.3	1.7							0.7673
气根	100.0									0.0000
茎形		100.0								0.0000
木栓	98.3		1.7							0.0861
根点排列	88.0	10.3	1.7							0.4158
芽沟	81.1	10.3	8.6							0.6150
生长带形状		13.8	86.2							0.4013
脱叶性			3.4	96.6						0.1483
水裂	100.0									0.0000
叶姿		31.0	56.9	12.1						0.9394
芽形		86.2					8.6		5.2	0.4927
曝光前节间颜色		46.6	36.2	17.2						1.0264
曝光后节间颜色		19.0	58.6	5.2		8.6	8.6			1.2044
芽位		56.9	22.4	20.7						0.9820
节间形状		98.3			1.7					0.0861

（表 4），除来宾、贵港、梧州的样本量较小外，其余地区柳州河八王和贺州河八王以 57 号毛群的多样性最高，桂林河八王以曝光后节间颜色的多样性最高，河池河八王以蒲心的多样性最高，百色河八王以空心、根点排列和叶姿的多样性最高。而花序形状仅在贺州河八王中存在多样性，木栓仅在桂林河八王中存在多样性。5 个收集地区河八王平均多样性指数在 0.1040~0.4911 之间，且以贺州的多样性最大，百色的多样性最小，其次依次为柳州(0.4668)>桂林(0.4405)>河池(0.3675)。

2.4.2 数量性状的遗传差异 对不同采集地区广西河八王种质资源的 6 个数量性状进行比较可知（表 5），桂林河八王平均株高（164.58 cm）和平均叶长（117.18 cm）最大，平均叶宽（1.33 cm）最低；柳州河八王平均节间长度（25.16 cm）最大，平均叶长（101.45 cm）最低；河池河八王平均锤度（12.45%）最高；百色河八王平均叶宽（2.00 cm）最高，平均锤度（6.00%）和平均节间长度（18.25 cm）最低。从不同收集地区 6 个数量性

状的变异系数来看，叶长的变异系数以贺州（18.6%）的最大，桂林的（16.2%）最小；叶宽的变异系数以河池（52.0%）的最大，百色（14.1%）的最小；株高的变异系数以河池（41.9%）的最大，桂林（25.0%）的最小；茎径的变异系数以河池（32.4%）的最大，贺州的最小（15.5%）；节间长度的变异系数以柳州（63.5%）的最大，百色（29.1%）的最小；锤度的变异系数以百色（70.7%）的最大，河池的最小（25.5%）。整体而言，桂林河八王的节间长度具有较大的遗传差异，叶长的遗传差异最低但平均叶长最高；柳州河八王除叶长外其余 4 个数量性状平均值与桂林河八王差异不大，除锤度外，其他 5 个数量性状的变异程度均比桂林河八王高；贺州河八王 6 个数量性状平均值均处于中间水平，叶长的遗传差异最高；河池河八王株高较低，节间长度变异系数大，但总体偏低；百色河八王锤度低但有较大的遗传差异，叶片较宽但遗传差异较小，节间较短且遗传差异也较小。

表 4 不同采集地区广西河八王种质资源 Shannon-Wiener 多样性指数
Tab. 4 Shannon-Wiener diversity index of *N. porphyrocoma* germplasm resources from different collection regions of Guangxi

性状 Trait	H'				
	桂林 Guilin	柳州 Liuzhou	贺州 Hezhou	河池 Hechi	百色 Baise
花序颜色	0.5623	0.8785	1.0821	0.6517	0
花序形状	0	0	0.9743	0	0
蒲心	0.2358	0.4094	0.3767	0.8982	0
57 号毛群	0.5376	1.4363	1.3208	0.6559	0
空心	0.3239	1.1371	0.5623	0.6829	0.6931
蜡粉带	0.8239	0.6917	0.6931	0.4101	0
气根	0	0	0	0	0
茎形	0	0	0	0	0
木栓	0.2070	0	0	0	0
根点排列	0	0.5366	0.5623	0	0.6931
芽沟	0.8675	0	0.7356	0.8921	0
生长带形状	0.3662	0	0	0	0
脱叶性	0.2070	0	0	0	0
水裂	0	0	0	0	0
叶姿	0.9596	0.7080	0.6615	0.5982	0.6931
芽形	0.8675	0.3364	0.3767	0.2573	0
曝光前节间颜色	0.8876	1.0198	0.5623	0.7589	0
曝光后节间颜色	1.2424	1.0596	0.5623	0.8921	0
芽位	0.7214	0.9174	0.9743	0.6517	0
节间形状	0	0.2061	0.3767	0	0
平均值	0.4405	0.4668	0.4911	0.3675	0.1040

表 5 不同采集地区广西河八王种质资源差异比较
Tab. 5 Comparison among *N. porphyrocoma* germplasm resources from different collection regions of Guangxi

采集地区 Collection region	叶长		叶宽		株高		茎径		节间长度		锤度	
	Leaf length		Leaf width		Plant height		Stalk diameter		Internode length		Brix	
	均值 Mean/cm	变异系数 CV/%	均值 Mean/cm	变异系数 CV/%	均值 Mean/cm	变异系数 CV/%	均值 Mean/cm	变异系数 CV/%	均值 Mean/cm	变异系数 CV/%	均值 Mean/cm	变异系 数 CV/%
桂林	117.18	16.2	1.33	31.3	164.58	25.0	0.64	19.4	24.12	50.6	11.25	34.1
柳州	101.45	17.9	1.36	35.3	161.11	27.0	0.70	27.4	25.16	63.5	11.72	30.8
贺州	112.73	18.6	1.64	33.7	144.13	40.7	0.78	15.5	24.66	37.3	11.68	36.0
河池	113.43	16.4	1.76	52.0	141.84	41.9	0.55	32.4	21.45	52.9	12.45	25.5
百色	101.50	17.4	2.00	14.1	148.50	39.5	0.51	29.2	18.25	29.1	6.00	70.7

2.5 聚类分析

基于 6 个数量性状,对 58 份广西河八王种质资源进行聚类分析(图 2)。结果显示,58 份广西河八王材料之间的遗传距离变幅为 0.70~5.74,其中,2018HBW019 与 2018HBW020 之间的遗传距离最小(0.70),2016HBW010 与 2019HBW021

之间的遗传距离最大(5.74)。当遗传距离为 3.44 时,58 份广西河八王材料被划分为六大类群(表 6)。第 I 类群包含 47 份河八王材料,其中 2 份来自百色,1 份来自贵港,12 份来自桂林,14 份来自河池,8 份来自贺州,1 份来自来宾,9 份来自柳州。从类群特征上分析,第 I 类群在全部类群

中的节间长度和叶长相对较长，分别为 24.69、109.10 cm。第Ⅱ类群仅包含 1 份来自柳州的河八王材料，第Ⅱ类群在全部类群中的株高和锤度最高，分别为 254 cm 和 18.80%，叶宽相对较长，为 2.22 cm。第Ⅲ类群包含 7 份河八王资源，均来自柳州，第Ⅲ类群在全部类群中节间长度及锤度相对较高，分别为 24.07 cm 和 12.06%，茎径最细，为 0.57 cm。第Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ类群均只包含 1 份河八王资源，其中第Ⅳ、Ⅴ类群的河八王资源来自柳州，第Ⅵ类群的来自梧州，第Ⅳ、Ⅴ类群在全部的河八王材料中茎径最粗，为 0.80 cm，第Ⅳ类群在全部的河八王材料中节间长度最长，为 30.00 cm，第Ⅴ类群在全部的河八王材料中叶长最长，为 136.00 cm，锤度最低，为 8.80%，第Ⅵ类群在全部的河八王材料中叶宽最大，为 4.40 cm，株高最低，为 61.00 cm。聚类结果表明，材料的类群划分与地理分布无明显联系，但也有少数来源相同的材料优先聚在一起，如第Ⅲ类的

7 份材料均来自柳州。第Ⅱ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ类群由于仅包含 1 份材料，参考价值低，对比第Ⅰ类群和第Ⅲ类群，除锤度外，第Ⅰ类群均高于第Ⅲ类群，综合性状较好，但其他四大类群材料在一些数量性状上均有明显的优势，有一定的育种利用价值，可作为特殊材料进行甘蔗育种。

3 讨论

遗传多样性与环境多样性共同决定了植物表型性状多样性，对表型性状的研究可以从整体上了解研究对象的多样性程度^[16]。近年来，育种进程的加速使甘蔗杂交育种集中使用少数性状优良的亲本，从而大大降低了甘蔗种质基因的遗传多样性，导致新培育的甘蔗品种在有利性状上的变异幅度降低，甚至可能已达到了某种程度的极限^[17-19]。甘蔗种质资源不仅是甘蔗原始科技创新和现代甘蔗种业发展的物质基础，也是保障国家食糖安全、促进西南地区农民增收及支撑蔗糖产

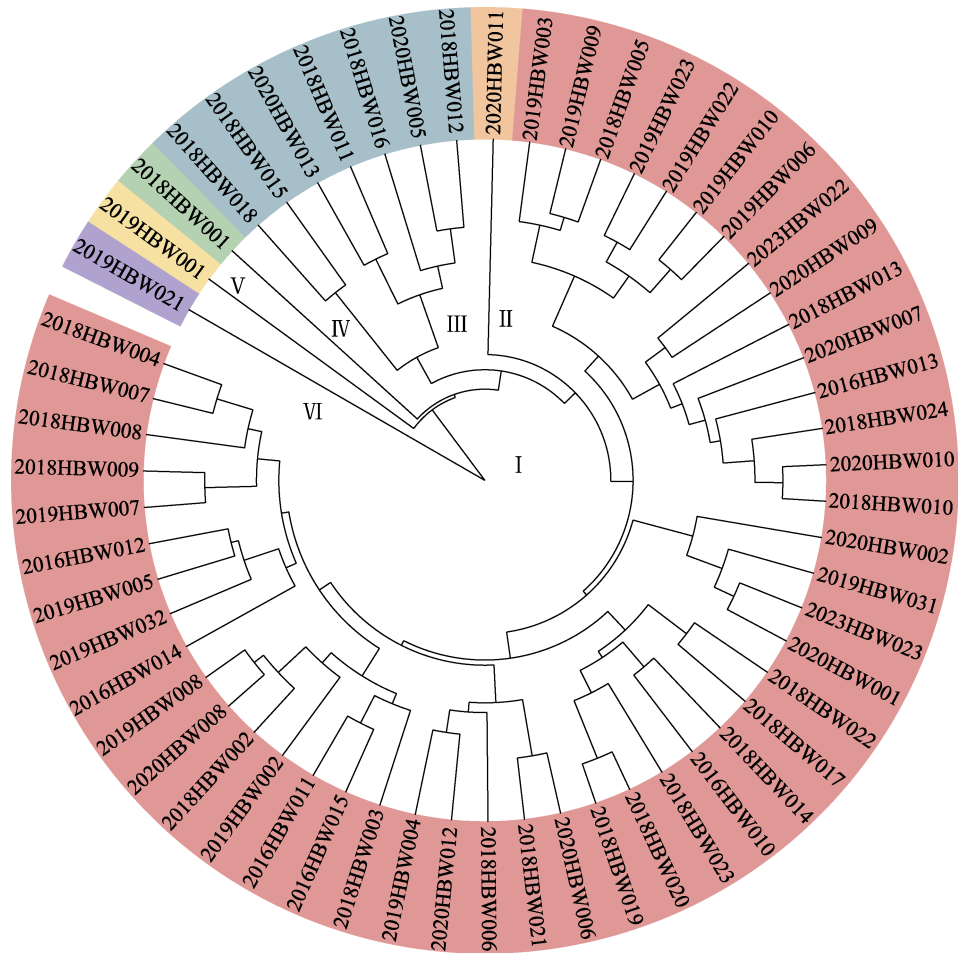


图 2 广西河八王种质资源聚类关系图

Fig. 2 Cluster relationship diagram of *N. porphyrocoma* germplasm resources in Guangxi

表 6 广西河八王种质资源类群特征分析

Tab. 6 Analysis of group characteristics of *N. porphyrocoma* germplasm resources in Guangxi

种质 Germplasm	类群 Group	数量 Number	叶长 Leaf length/cm	叶宽 Leaf width/cm	株高 Plant height/cm	茎径 Stalk diameter/cm	节间长度 Internode length/cm	锤度 Brix/%
河八王	I	47	109.10	1.53	159.35	0.64	24.69	10.42
	II	1	108.00	2.22	254.00	0.78	17.50	18.80
	III	7	102.07	1.29	143.11	0.57	24.07	12.06
	IV	1	118.00	0.90	161.00	0.80	30.00	12.00
	V	1	136.00	1.62	238.00	0.80	12.50	8.80
	VI	1	98.50	4.40	61.00	0.48	12.00	11.50

业可持续发展的战略性资源^[20]。调查和分析甘蔗种质资源的表型性状，既是种质资源研究的首要工作，也是甘蔗育种的基础性工作^[21]。河八王属包含 2 个种，金猫尾[*Narenga fallax* (Balansa) Bor.] 与河八王，此次收集的 58 份河八王资源分布在广西 8 个地级市 18 个县（市、区）43 个乡镇，蔡泽霖等^[13]在 1979—1985 年间调查广西野生甘蔗资源，除桂林市外，其余地级市均采集到河八王种质资源，在南宁、百色、钦州气候适宜雨水充足地区生长繁茂，而本次采集仅在贺州市、柳州市、河池市、桂林市、梧州市、贵港市、来宾市、百色市采集到河八王，原因可能是随着时间的推移，人类活动范围增加导致部分河八王生境被破坏。多数河八王种质资源生长于路边和农田，这与吴建明等^[22]的研究结果一致。杜卫红等^[23]通过分析表明在众多环境因素中海拔对河八王的生长影响较大，海拔 600 m 范围以内适宜河八王生长。本次考察采集的河八王种质资源均来自海拔 600 m 范围以内地区，与上述研究结果一致。58 份广西河八王种质资源质量性状的 Shannon-Wiener 多样性指数在 0~1.2044 之间，6 个数量性状的平均变异系数为 34.8%，变异幅度为 17.3%~53.6%，表明具有丰富的遗传多样性，与刘昔辉等^[7]的分析结果相近。

本研究对广西区内不同采集地区的河八王种质资源表型差异进行比较表明，在柳州市采集的河八王材料大多属于高大型，而在河池市采集的河八王材料多为矮小型；在贺州市采集的河八王材料质量性状多样性丰富，在河池市采集的河八王材料数量性状变异大。这与黄玉新等^[24]对广西斑茅的研究结果不同，原因可能是不同类型的野生甘蔗种质资源适宜气候和适宜分布范围有差异，导致在不同地区采集的河八王资源在株高、锤度、茎径等指标上出现差异，产生不同程度的

变异从而适应不同的环境。本次采集的河八王种质资源与徐超华等^[25-26]在贵州省黔西南州及云南采集的甘蔗野生种质资源相比，在节间长度和锤度等性状有较大的优势，在叶长、叶宽、株高、茎径等性状上各有优势。本次采集的河八王种质资源 6 个数量性状的平均变异系数为 34.8%，变异幅度为 17.3%~53.6%，与王春芳等^[27]在云南、四川、江西、广东、福建、海南、西藏等省（区）采集的斑茅种质资源相比，叶长、叶宽、茎径、节间长度、锤度等 5 个数量性状的变异系数更高，同时平均变异系数高于云南、四川、江西、广东、海南、西藏等省份，表明本次采集的河八王种质资源存在较丰富的遗传多样性。

本研究的聚类结果表明，材料的划分与地理来源无明显的联系，但也有少部分来源相同的材料优先聚在一起，这与刘昔辉等^[7]的研究结果不同，但与刘新龙等^[28]的研究结果基本相同，原因在于本研究是基于河八王表型性状数据进行聚类分析，而刘昔辉等^[7]是以 AFLP 标记基因型数据进行聚类分析，从而导致结果上的差异。另外，在河八王资源采集过程中，发现 2018HBW019 和 2019HBW023 两份材料的锤度很高，分别达到了 18.80%和 18.50%，这在以往的河八王资源采集中很少见。本研究通过对采集到的河八王种质资源进行表型性状评价，已初步筛选出一批综合性状优良、有育种价值的优异资源，但尚未进一步开展分子水平和基因水平的优异基因挖掘。

随着人类活动愈发深入，全球气候发生变化，许多野生资源的原生境遭到严重破坏，导致野生资源的分布范围不断变窄，因此，有必要在未采集的适生地开展更大规模的收集工作^[29-30]。本研究虽采集到广西 8 个市的河八王材料，但各地区材料主要集中在少数几个县，且缺乏广西另外 6 个地区（玉林市、崇左市、钦州市、南宁市、防城

港市、北海市)的材料,因此,非常有必要加强对甘蔗种质资源适生区、富集区的系统调查,并对多样性丰富的区域进行补充性采集,加快完成我国优异野生甘蔗种质资源的收集和保护工作。

参考文献

- [1] 王丽萍, 范源洪, 蔡青, 马丽, 夏红明, 陈辉. 甘蔗种质资源杂交利用研究进展[J]. 甘蔗, 2003, 10(3): 17-23.
WANG L P, FAN Y H, CAI Q, MA L, XIA H M, CHEN H. Advances in crossing utilization of sugarcane germplasm[J]. Sugarcane, 2003, 10(3): 17-23. (in Chinese)
- [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1979.
Editorial Committee of Flora of China, Chinese Academy of Sciences. Flora of China[M]. Beijing: Science Press, 1979. (in Chinese)
- [3] 鄢家俊, 白史且, 梁绪振, 常丹. 生物质能源潜力植物: 斑茅种质资源考察与收集[J]. 草业与畜牧, 2009(3): 29-31.
YAN J J, BAI S Q, LIANG X Z, CHANG D. Investigation on germplasm resources of energy plant: *Saccharum arundinaceum* Ratz. in Sichuan province[J]. Journal of Grassland and Forage Science, 2009(3): 29-31. (in Chinese)
- [4] 罗霆, 李长宁, 李毅杰, 谢金兰, 梁强, 刘晓燕, 王维赞, 周忠凤, 李杨瑞. 15N 自然丰度法分析甘蔗及近缘属野生种固氮效率[J]. 中国糖料, 2017, 39(1): 4-6.
LUO T, LI C N, LI Y J, XIE J L, LIANG Q, LIU X Y, WANG W Z, ZHOU Z F, LI Y R. Identification of biological nitrogen fixation efficiency in sugarcane and its related genera by 15 N natural abundance method[J]. Sugar Crops of China, 2017, 39(1): 4-6. (in Chinese)
- [5] 诸葛莹, 黄吉森. 甘蔗属及其野生近缘植物杂交研究初报[J]. 广西农业科学, 1996(1): 5-6.
ZHUGE Y, HUANG J S. Advances in crossing utilization of sugarcane germplasm[J]. Journal of Southern Agriculture, 1996(1): 5-6. (in Chinese)
- [6] 李海碧, 吴杨, 祝开, 桂意云, 韦金菊, 周会, 张荣华, 唐利球, 覃天贤, 刘昔辉. 河八王转录组 SSR 和 SNP 序列特征及系统发育分析[J]. 南方农业学报, 2023, 54(3): 849-858.
LI H B, WU Y, ZHU K, GUI Y Y, WEI J J, ZHOU H, ZHANG R H, TANG L Q, QIN T X, LIU X H. Analysis of SSR, SNP sequence features and phylogeny of the transcriptome of *Narenga porphyrocoma* (Hance) Bor[J]. Journal of Southern Agriculture, 2023, 54(3): 849-858. (in Chinese)
- [7] 刘昔辉, 张荣华, 张革民, 周会, 宋焕忠, 方位宽, 区惠平, 杨丽涛, 李杨瑞. AFLP 标记的河八王种质资源遗传多样性分析及分子身份证构建[J]. 华中农业大学学报, 2016, 35(4): 7-13.
LIU X H, ZHANG R H, ZHANG G M, ZHOU H, SONG H Z, FANG W K, OU H P, YANG L T, LI Y R. Genetic diversity and molecular identification card construction of *Narenga porphyrocoma* (Hance) Bor germplasm based on AFLP markers[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2016, 35(4): 7-13. (in Chinese)
- [8] 段维兴, 黄玉新, 周珊, 张保青, 高轶静, 杨翠芳, 刘昔辉, 张革民. 甘蔗与河八王杂交 F_1 对黑穗病的抗性鉴定与初步评价[J]. 西南农业学报, 2017, 30(7): 1560-1564.
DUAN W X, HUANG Y X, ZHOU S, ZHANG B Q, GAO Y J, YANG C F, LIU X H, ZHANG G M. Preliminary identification and evaluation for smut resistance in Sugarcane $\times$ *Narenga porphyrocoma* (Hance) Bor. hybrid F_1 [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2017, 30(7): 1560-1564. (in Chinese)
- [9] 段维兴, 张保青, 周珊, 黄玉新, 王泽平, 高轶静, 杨翠芳, 林善海, 张革民. 甘蔗与河八王杂交 BC_1 对黑穗病的抗性鉴定与初步评价[J]. 中国农业大学学报, 2018, 23(3): 29-37.
DUAN W X, ZHANG B Q, ZHOU S, HUANG Y X, WANG Z P, GAO Y J, YANG C F, LIN S H, ZHANG G M. Identification and preliminary evaluation of smut resistance in BC_1 hybrids derives from *Saccharum L.* $\times$ *Narenga porphyrocoma* (Hance) Bor[J]. Journal of China Agricultural University, 2018, 23(3): 29-37. (in Chinese)
- [10] 段维兴, 黄玉新, 周珊, 张保青, 罗霆, 杨翠芳, 高轶静, 张革民. 甘蔗与河八王杂交双亲染色体在 F_1 、 BC_1 和 BC_2 代的传递研究[J]. 热带作物学报, 2017, 38(12): 2201-2205.
DUAN W X, HUANG Y X, ZHOU S, ZHANG B Q, LUO T, YANG C F, GAO Y J, ZHANG G M. Transmission of parental chromosomes in F_1 , BC_1 and BC_2 progeny between *Saccharum* spp. and *Narenga porphyrocoma* (Hance) Bor[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2017, 38(12): 2201-2205. (in Chinese)
- [11] 崔永伟, 杜聪慧, 李树君. 广西甘蔗种业产业化发展分析与展望[J]. 农业展望, 2019, 15(11): 57-62.
CUI Y W, DU C H, LI S J. Analysis and prospect on industrialization development of Sugarcane seed industry in Guangxi[J]. Agricultural Outlook, 2019, 15(11): 57-62. (in Chinese)
- [12] 黄维, 吴炫柯, 赖锡柳, 刘蕾, 韦剑锋. 广西甘蔗生育期内气候资源空间特征及对气候变化的响应[J]. 湖北农业科学, 2023, 62(6): 39-45.
HUANG W, WU X K, LAI X L, LIU L, WEI J F. Spatial characteristics of climate resources during the growth period of sugarcane and their response to climate change in Guangxi[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2023, 62(6): 39-45.

- (in Chinese)
- [13] 蔡泽霖, 李贵清, 李建堂, 何介中, 夏民生. 广西野生甘蔗资源调查[J]. 广西农学院学报, 1986(1): 1-7, 134.
CAI Z L, LI G Q, LI J T, HE J Z, XIA M S. Investigation on the wild-cane resources in Guangxi[J]. Genomics and Applied Biology, 1986(1): 1-7, 134. (in Chinese)
- [14] 中华人民共和国农业农村部. 甘蔗种质资源描述规范: NY/T 2936—2016[S]. 2016-10-25.
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the Peoples Republic of China. Descriptors standard for sugarcane germplasm resources: NY/T 2936—2016[S]. 2016-10-25. (in Chinese)
- [15] 孔繁玲. 植物数量遗传学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2006.
KONG F L. Quantitative genetics in plants[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2006. (in Chinese)
- [16] 吴贵进, 陈龙清, 韦秋雨, 胡云冲, 徐剑, 栗冬雪, 陈盛通, 王仲朗, 耿芳. 滇山茶登录品种统计及表型性状分析[J]. 园艺学报, 2023, 50(10): 2157-2170.
WU G J, CHEN L Q, WEI Q Y, HU Y C, XU J, LI D X, CHEN S T, WANG Z L, GENG F. Statistics and phenotypic traits analysis of camellia reticulata registered cultivars[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2023, 50(10): 2157-2170. (in Chinese)
- [17] WEI X M, JACKSON P A. Addressing slow rates of long-term genetic gain in sugarcane[J]. International Sugar Journal, 2017, 1422: 480-484.
- [18] 韦金凡. 不同土壤肥力水平条件下的桂糖 42 号适应性分析[J]. 热带农业科学, 2017, 37(11): 1-3, 10.
WEI J F. Adaptivity of guitang 42 under different soil fertility conditions[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2017, 37(11): 1-3, 10. (in Chinese)
- [19] 秦昌鲜, 闭德金, 彭崇, 郭强, 马文清, 施泽升, 唐利球. 基于因子分析与聚类分析的甘蔗新品种(系)农艺性状评价[J]. 南方农业学报, 2021, 52(2): 317-324.
QIN C X, BI D J, PENG C, GUO Q, MA W Q, SHI Z S, TANG L Q. Evaluation of agronomic characters of new sugarcane varieties (lines) based on factor analysis and cluster analysis[J]. Journal of Southern Agriculture, 2021, 52(2): 317-324. (in Chinese)
- [20] 李杨瑞. 关于广西的甘蔗育种[J]. 广西糖业, 2019(3): 3-9.
LI Y R. On sugarcane breeding in Guangxi[J]. Guangxi Sugar Industry, 2019(3): 3-9. (in Chinese)
- [21] 吴凯朝, 邓智年, 魏源文, 徐林, 曹辉庆, 罗海斌, 黄诚梅, 蒋胜理. 我国甘蔗属割手密种质资源收集与研究概况[J]. 中国糖料, 2017, 39(5): 45-50.
WU K Z, DENG Z N, WEI Y W, XU L, CAO H Q, LUO H B, HUANG C M, JIANG S L. Collection and research overview of *Saccharum spontaneum* L. germplasm resource in China[J]. Sugar Crops of China, 2017, 39(5): 45-50. (in Chinese)
- [22] 吴建明, 段维兴, 张保青, 杨翠芳, 周珊. 广西农作物种质资源: 甘蔗卷[M]. 北京: 科学出版社, 2020.
WU J M, DUAN W X, ZHANG B Q, YANG C F, ZHOU S. Guangxi crop germplasm resources: sugarcane roll[M]. Beijing: Science Press, 2020. (in Chinese)
- [23] 杜卫红, 易自力, 廖剑锋, 薛帅, 杨塞, 肖亮, 黄红梅. 河八王在我国的潜在分布区预测及适应性评价[J]. 湖南农业科学, 2021(5): 38-42, 47.
DU W H, YI Z L, LIAO J F, XUE S, YANG S, XIAO L, HUANG H M. Potential distribution area prediction and adaptability evaluation of *Narenga porphyrocoma* in China[J]. Hunan Agricultural Sciences, 2021(5): 38-42, 47. (in Chinese)
- [24] 黄玉新, 张保青, 高铁静, 段维兴, 周珊, 杨翠芳, 张革民, 王泽平. 广西斑茅表型性状遗传多样性分析[J]. 热带作物学报, 2019, 40(9): 1706-1712.
HUANG Y X, ZHANG B Q, GAO Y J, DUAN W X, ZHOU S, YANG C F, ZHANG G M, WANG Z P. Phenotypic traits and genetic diversity of *Erianthus arundinaceum* germplasm from Guangxi[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2019, 40(9): 1706-1712. (in Chinese)
- [25] 徐超华, 刘洪博, 覃伟, 毛钧, 林秀琴, 陆鑫. 贵州省黔东南州甘蔗野生种质资源考察收集与表型性状初步研究[J]. 热带作物学报, 2023, 44(6): 1135-1145.
XU C H, LIU H B, QI W, MAO J, LIN X Q, LU X. Investigation and phenotypic traits analysis of wild sugarcane germplasm resource in southwest Guizhou autonomous prefecture of China[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2023, 44(6): 1135-1145. (in Chinese)
- [26] 徐超华, 陈学宽, 毛钧, 赵培方, 赵俊, 赵勇, 林秀琴, 孔春艳, 陆鑫. 191 份云南野生甘蔗种质资源采集及遗传多样性分析[J]. 南方农业学报, 2023, 54(11): 3125-3135.
XU C H, CHEN X K, MAO J, ZHAO P F, ZHAO J, ZHAO Y, LIN X Q, KONG C Y, LU X. Collection and genetic diversity analysis of 191 wild sugarcane germplasm resources in Yunnan[J]. Journal of Southern Agriculture, 2023, 54(11): 3125-3135. (in Chinese)
- [27] 王春芳, 余兴华, 王先宏, 杨清辉. 基于主要表型性状的不同采集地斑茅种质资源遗传多样性分析[J]. 热带作物学报, 2020, 41(6): 1108-1116.
WANG C F, YU X H, WANG X H, YANG Q H. Genetic diversity analysis based on main phenotypic characteristics of *Erianthus arundinaceum* germplasm from different regions[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2020, 41(6): 1108-1116. (in Chinese)

- [28] 刘新龙, 苏火生, 应雄美, 马丽, 陆鑫, 刘洪博, 邓祖湖. 中国十倍体割手密资源的表型相关性及其遗传多样性[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2012, 38(6): 574-579.
LIU X L, SU H S, YING X M, MA L, LU X, LIU H B, DENG Z H. Phenotypic correlation and genetic diversity of decaploids of *Saccharum spontaneum*[J]. Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences). 2012, 38(6): 574-579. (in Chinese)
- [29] 李德铎, 蔡杰, 贺伟, 杨湘云. 野生生物种质资源保护的进展和未来设想[J]. 中国科学院院刊, 2021, 36(4): 409-416.
LI D Z, CAI J, HE W, YANG X Y. Progress and prospect of wild germplasm conservation[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2021, 36(4): 409-416. (in Chinese)
- [30] 罗嗣芳, 张祖铭, 柳嘉程, 孙静贤, 杨月华, 赖圣伟, 谢丽芳, 牛王翠, 严翔, 陈兆星. 赣南野生山金柑种质资源收集与鉴定[J]. 植物遗传资源学报, 2024, 25(2): 237-248.
LUO S F, ZHANG Z M, LIU J C, SUN J X, YANG Y H, LAI S W, XIE L F, NIU W C, YAN X, CHEN Z X. Collection and identification of wild *Fortunella hindsii* germplasm resources in Gannan, southern Jiangxi province of China[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2024, 25(2): 237-248. (in Chinese)