

# 甘蔗近缘种蔗茅 *Erianthus fulvus* 考察收集 与表型性状初步研究

徐超华<sup>1</sup>, 陆鑫<sup>1</sup>, 刘新龙<sup>1</sup>, 刘洪博<sup>1</sup>, 苏火生<sup>1</sup>,  
马丽<sup>1</sup>, 毛钧<sup>1</sup>, 林秀琴<sup>1</sup>, 李旭娟<sup>1</sup>, 蔡青<sup>1,2</sup>

(<sup>1</sup> 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 661600;

<sup>2</sup> 云南省农业科学院生物技术与种质资源研究所, 昆明 650223)

**摘要:** 为有效评价和利用蔗茅种质资源, 挖掘其优良性状, 以滇、黔、川考察收集的 29 份蔗茅为材料, 选取 5 个数量性状为指标, 对其多样性指数、变异系数、数量性状之间的相关性, 数量性状与经纬度、海拔的相关性进行研究。分析结果表明: (1) 共采集到 25 份高海拔种质资源, 其中海拔超过 2800m 的有 4 份, 进一步丰富了甘蔗野生种质资源库; (2) 蔗茅种质资源数量性状的 Shannon-Wiener 多样性指数均较高, 其中株高的最高为 1.441, 锤度的最低为 1.291; 数量性状遗传变异较丰富, 各性状变异系数范围为 21%~38%, 变异系数最大的为株高(38%), 最小的为叶长(21%); (3) 蔗茅种质资源性状差异显著, 叶长、叶宽、株高、茎径存在较大相关性, 而与锤度不相关; 叶宽与经度呈正相关, 与纬度、海拔呈负相关。 (4) 聚类分析结果表明, 蔗茅种质资源可分为 4 大类群, 其中第 II 类群(EF-27)具有良好的数量性状和锤度品质潜力, 可推荐作为甘蔗育种杂交利用首选材料。

**关键词:** 蔗茅; 表型性状; 遗传多样性

## Exploration and Phenotypic Traits Analysis of *Erianthus fulvus*

XU Chao-hua<sup>1</sup>, LU Xin<sup>1</sup>, LIU Xin-long<sup>1</sup>, LIU Hong-bo<sup>1</sup>, SU Huo-sheng<sup>1</sup>, MA Li<sup>1</sup>, MAO Jun<sup>1</sup>,  
LIN Xiu-qin<sup>1</sup>, LI Xu-juan<sup>1</sup>, CAI Qing<sup>1,2</sup>

(<sup>1</sup> Sugarcane Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences/Yunnan Key

Laboratory of Sugarcane Genetic Improvement, Kaiyuan 661600;

<sup>2</sup> Biotechnology & Genetic Resources Institute, Yunnan Academy of Agriculture Sciences, Kunming 650223)

**Abstract:** In order to efficiently utilize and estimate the *Erianthus fulvus* and to develop the elite traits, genetic diversity index, correlation coefficient of variance, correlation among quantitative traits, and correlation between quantitative traits and longitude, latitude or altitude were evaluated based on 5 quantitative traits of 29 *Erianthus fulvus* collected from Yunnan, Guizhou, Sichuan in 2012-2013. The results showed that: (1) 25 high altitude germplasm resources were collected, of which 4 materials were more than 2800 m, and enriched the wild germplasm resource library of sugarcane in China. (2) The Shannon-Wiener genetic diversity index was high, the plant height exhibited the highest genetic diversity index(1.441), while brix showed the lowest(1.291). There were high genetic variances in quantitative traits, with variation coefficient ranging from 21%-38%, plant height showed the highest variance value(38%) and lamina length showed the lowest(21%). (3) There were highly significant differences in quantitative traits, there was a significant correlation between lamina length, lamina width, stalk diameter, and plant height, not related with the brix. Lamina width showed positively correlation with longitude, and negative correlations

收稿日期: 2013-12-18 修回日期: 2014-01-11 网络出版日期: 2014-08-07

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20140807.1021.010.html>

基金项目: 农作物种质资源保护项目(2014NWB017); 云南省高端科技人才引进计划(2012HA001); 国家科技基础条件平台课题(2014-044); 国家现代农业产业技术体系开远综合试验站(CARS-20-6-13)

第一作者研究方向为甘蔗种质资源利用与研究。E-mail: xuchaohua\_0435@sina.com

通信作者: 蔡青, 从事甘蔗种质资源与分子生物学研究。E-mail: caiqingysr@163.com

with latitude and altitude. (4) The cluster analysis indicated that 29 *Erianthus rufipilus* resources could be divided into four groups, of which *Erianthus fulvus* from II (EF-27) groups had a good quality potential of brix, could be used as recommendations for development and utilization of breeding materials.

**Key words:** *Erianthus fulvus*; phenotypic traits; genetic diversity

甘蔗是我国主要糖料作物,其蔗糖产量占全国食糖总产量的 90% 以上,因此甘蔗产量是影响我国食糖产业发展和战略安全的关键因素<sup>[1]</sup>。近年来,随着经济快速发展,出现了经济作物与粮食等作物争地的矛盾,甘蔗的种植逐渐向蔗区周边较高海拔、土壤贫瘠、自然条件差的地方转移,这就要求选育适应高海拔、耐贫瘠、抗逆性强、糖分高的新品种。由于甘蔗品种近交系数大、遗传基础狭窄、血缘相近,致使近年来甘蔗育种在产量、蔗糖分和抗性等方面一直难有较大突破<sup>[2]</sup>。因此,开展甘蔗种质资源的搜集、研究和利用,发掘具有优异遗传性状的种质资源,对扩大甘蔗品种遗传基础、选育抗逆新品种具有重要意义。

蔗茅(*Erianthus fulvus*)是甘蔗近缘属中蔗茅属(*Erianthus*)野生种,主要分布于我国的云南、贵州、四川、湖北、陕西、西藏等地区<sup>[3-6]</sup>,印度北部、尼泊尔、巴基斯坦也有分布<sup>[7]</sup>。生长于冷凉、干旱、贫瘠的高海拔山坡上,甚至在陡峭的石壁岩缝和成土母质上也有发现,表现出极强的耐寒、耐旱和耐瘠能力<sup>[8]</sup>。目前,国内外各育种单位都高度重视甘蔗种质资源的收集<sup>[9-12]</sup>,同时对所收集的甘蔗种质资源展开了形态学标记<sup>[13]</sup>、细胞学标记<sup>[14-16]</sup>、蛋白质标记<sup>[17-18]</sup>、分子标记<sup>[19-21]</sup>等遗传多样性评价,但目前针对蔗茅种质资源的采集及遗传背景评价还较少。

云南省农业科学院甘蔗研究所于 2012-2013 年在 6 个省区进行了甘蔗种质资源的考察收集,其中,采集到蔗茅种质资源 29 份,保存在国家甘蔗种质资源圃(云南省开远市,海拔 1050 m)。本研究通过对表型性状变异分析,探索研究蔗茅的遗传多样性及地理分布,为蔗茅种质资源的收集保存与开发利用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料的考察收集

分别于 2012 年 7 月、2013 年 7 月对云南、贵州、四川进行野外考察,共收集蔗茅 29 份。采集时以 GPS 记录采集地海拔、经度、纬度等,按每 30 km 左右采集 1 次,采用铁锹、锄头等工具连根挖起,样品经过记录和形状测定后取其根部放入材料袋中并尽

快邮寄回单位进行种植保存。

填写《甘蔗野生种质调查采集表》,内容包括采集时间、采集编号、种质名称、采集地点、照片编号、种质群落、采集地地形、分布类型、采集地小环境、采集地生态系统类型、伴生植物等指标。按照《甘蔗种质资源描述规范和数据标准》<sup>[22]</sup>进行叶长、叶宽、株高、茎径、锤度调查。

### 1.2 数据统计分析方法

利用 SPSS 17.0 软件对 5 个表型性状及经纬度、海拔进行相关性分析,用变异系数分析群体数量性状的均度。用 Shannon-Wiener 多样性指数( $H'$ )分析群体遗传多样性大小, $H' = -\sum P_i \ln P_i$ ,其中  $P_i$  为某性状第  $i$  个代码值出现的频率<sup>[23]</sup>;运用 NT-SYSpC 2.1 软件,采用欧式距离非加权配对算术平均法绘制聚类关系图。

## 2 结果与分析

### 2.1 蔗茅野生资源地理分布情况

29 份蔗茅野生资源的考察采集地地理信息情况见表 1。由表可见,所采集的蔗茅地理分布为:海拔 1272 ~ 3014 m、东经 99°14'98'' ~ 106°24'83、北纬 25°47'08 ~ 28°44'02 的区域。与前人报道<sup>[24]</sup>蔗茅在我国大陆分布于海拔 480 ~ 2800 m、东经 97° ~ 107°、北纬 22° ~ 34°区域相比,本次考察发现并采集到高海拔(1500 ~ 3500 m)蔗茅资源 25 份,海拔高度超过 2800 m 的有 4 份,为前人所未涉及的,即 EF-04、EF-08、EF-09(在四川采集,海拔高度分别为 2844 m、2975 m、3014 m),EF-21(在云南采集,海拔高度为 2843 m)。

### 2.2 表型性状变异分析

对 29 个蔗茅材料表型性状的变异分析结果显示(表 2、表 3):叶长、叶宽、株高、茎径、锤度均存在不同程度变异,叶长最长为 111.50 cm,最短为 53.00 cm;叶宽最宽为 2.45 cm,最窄为 0.65 cm;株高最高为 109 cm,最矮为 20 cm;茎径最粗为 0.70 cm,最细为 0.15 cm;锤度最高为 12.20 %,最低为 3.00 %。叶长、叶宽、株高、茎径、锤度 5 个性状变异系数存在一定的差异,变异幅度在 21% ~ 38% 之间,变异系数由大到小依次为株高(38%)、

表 1 蔗茅野生种质资源采集信息

Table 1 The geographic information of *Erianthus fulvus* collections

编号	地点	经度(E)	纬度(N)	海拔(m)	生境	编号	地点	经度(E)	纬度(N)	海拔(m)	生境
Code	Locations	Longitude	Latitude	Altitude	Habitat	Code	Locations	Longitude	Latitude	Altitude	Habitat
EF-01	四川攀枝花	101°33'30"	26°44'24"	1852	公路边、褐土地	EF-16	四川得荣	99°16'42"	28°18'00"	2102	路旁边、山腰
EF-02	四川盐边	101°50'54"	26°43'48"	2165	公路边、褐土地	EF-17	四川得荣	99°24'18"	28°09'18"	2029	路旁边、黄壤土
EF-03	四川盐源	101°18'48"	27°18'06"	2507	公路边、红壤地	EF-18	四川得荣	99°24'48"	28°09'24"	2078	小溪边
EF-04	四川木里	101°13'24"	27°44'36"	2844	公路边、红壤地	EF-19	云南香格里拉	99°26'42"	28°08'24"	2264	路旁边、山腰
EF-05	四川木里	101°12'42"	27°45'30"	2539	公路边、红壤地	EF-20	云南香格里拉	99°27'12"	28°08'42"	2517	路旁边、山腰
EF-06	四川木里	101°16'36"	27°52'54"	2067	公路边、褐土地	EF-21	云南香格里拉	99°27'06"	28°06'42"	2843	路旁边、山顶
EF-07	四川木里	101°13'06"	27°59'30"	2397	路旁边、山脚	EF-22	云南香格里拉	99°57'18"	27°21'06"	2671	路旁边、山腰
EF-08	四川木里	101°05'36"	28°06'30"	2975	路旁边、山腰	EF-23	云南香格里拉	100°01'24"	27°13'48"	2093	路旁边、山脚
EF-09	四川木里	101°00'06"	28°03'12"	3014	路旁边、山顶	EF-24	云南香格里拉	100°03'24"	27°08'12"	1950	河谷、山脚
EF-10	四川木里	100°55'06"	28°07'42"	2181	路旁边、山腰	EF-25	贵州普安县	104°58'18"	25°47'06"	1575	路边防滑带灌丛
EF-11	四川盐源	101°12'12"	27°20'00"	2202	公路边、褐土地	EF-26	贵州清镇市	106°24'48"	26°31'24"	1272	路边防滑坡、石缝灌丛
EF-12	四川盐源	100°59'42"	27°60'00"	2104	路旁边、河谷	EF-27	贵州平坝县	106°10'54"	26°22'30"	1348	路边空地灌丛
EF-13	云南宁蒗	100°53'24"	27°29'00"	2395	路旁边、褐土地	EF-28	贵州晴隆县	105°13'12"	25°51'00"	1428	公路田边灌丛
EF-14	四川得荣	99°17'30"	28°44'00"	2435	路旁边、黄壤土	EF-29	贵州镇宁县	105°49'18"	26°07'54"	1331	路边墙角空地
EF-15	四川得荣	99°15'00"	28°30'42"	2151	路旁边、河谷						

表 2 蔗茅野生种质资源主要农艺性状

Table 2 The main agronomical traits of *Erianthus fulvus* wild germplasm resources

(cm)

编号	叶长	叶宽	株高	茎径	锤度(%)	编号	叶长	叶宽	株高	茎径	锤度(%)
Code	Lamina length	Lamina width	Plant height	Stalk diameter	Brix	Code	Lamina length	Lamina width	Plant height	Stalk diameter	Brix
EF-01	95.00	1.80	70	0.65	6.20	EF-16	71.00	1.40	77	0.50	6.80
EF-02	80.00	1.10	60	0.45	5.00	EF-17	66.00	1.20	53	0.45	12.20
EF-03	82.00	1.00	35	0.50	10.80	EF-18	88.00	1.10	60	0.15	10.40
EF-04	95.00	0.80	39	0.35	3.30	EF-19	80.00	1.30	63	0.50	5.00
EF-05	91.00	1.40	66	0.60	6.40	EF-20	72.00	0.90	48	0.40	5.00
EF-06	54.00	0.70	41	0.40	5.40	EF-21	82.00	1.30	50	0.60	5.00
EF-07	102.00	1.40	85	0.50	5.60	EF-22	86.00	1.60	39	0.55	7.00
EF-08	71.80	1.80	44	0.55	8.00	EF-23	58.00	1.50	50	0.40	6.00
EF-09	55.50	0.80	20	0.35	6.00	EF-24	70.00	1.30	32	0.50	5.00
EF-10	88.00	1.80	77	0.60	7.20	EF-25	53.00	1.10	35	0.52	10.00
EF-11	102.00	1.80	90	0.70	3.00	EF-26	76.00	1.90	55	0.45	5.40
EF-12	109.00	1.40	109	0.60	5.40	EF-27	111.50	2.20	58	0.70	9.20
EF-13	88.00	1.20	70	0.65	6.60	EF-28	100.00	2.45	80	0.60	5.00
EF-14	71.00	0.90	34	0.45	9.40	EF-29	98.00	1.80	87	0.40	9.60
EF-15	56.00	0.65	25	0.30	3.00						

表 3 农艺性状表现及变异程度

Table 3 Performance and variance of agronomical characters

性状	最小值	最大值	平均数	标准差	标准误	变异系数(%)	多样性指数
Trait	Min.	Max.	Mean	s	SE	CV	Shannon-Wiener index
叶长(cm) Lamina length	53.00	111.50	81.10	16.87	3.13	21	1.355
叶宽(cm) Lamina width	0.65	2.45	1.37	0.45	0.08	33	1.357
株高(cm) Plant height	20.00	109.00	56.97	21.6	4.01	38	1.441
茎径(cm) Stalk diameter	0.15	0.70	0.50	0.12	0.02	25	1.339
锤度(%) Brix	3.00	12.20	6.65	2.39	0.44	36	1.291

锤度 (36%)、叶宽 (33%)、茎径 (25%)、叶长 (21%)。结果说明:株高的差异大,其次为锤度和叶宽,茎径与叶长较其他性状相对稳定。各项变异系数都在 20% 以上,差异明显,初步显示云、贵、川蔗茅野生自然群体在表型性状上分化明显。

Shannon-Wiener 多样性指数平均值为 1.357,多样性指数由大到小依次为株高 (1.441)、叶宽 (1.357)、茎径 (1.399)、叶长 (1.355)、锤度 (1.291),多样性指数均大于 1,表现出较高的遗传多样性。

性状间相关性分析见表 4。结果显示:叶长、叶宽、株高、茎径两两之间的相关系数在 0.443 ~ 0.724 之间,均存在显著或极显著的相关性,株高和叶长相关系数最高(0.724)。而锤度与叶长、叶宽、株高、茎径之间均无显著的相关性。

表 4 数量性状之间的相关系数

Table 4 Correlation among quantitative traits

性状 Trait	叶长 Lamina length	叶宽 Lamina width	株高 Plant height	茎径 Stalk diameter	锤度 Brix
叶长 Lamina length	1				
叶宽 Lamina width	0.584 **	1			
株高 Plant height	0.724 **	0.559 **	1		
茎径 Stalk diameter	0.495 **	0.609 **	0.443 *	1	
锤度 Brix	-0.069	0.052	-0.096	-0.091	1

\* 和 \*\* 分别表示在 0.05 和 0.01 水平的差异显著性,下同  
\* and \*\* represent significant difference at 0.05 and 0.01 level, respectively, the same as below

数量性状与经度、纬度、海拔的分析结果见表 5。结果显示:叶长、株高、茎径、锤度与经度、纬度、海拔之间均不存在显著相关性。叶宽与经度呈极显著正相关,与纬度、海拔呈极显著负相关。

表 5 数量性状与经度、纬度、海拔的相关系数

Table 5 Correlation coefficients between quantitative traits and latitude, longitude, and altitude

地理指标 Geographical indicator	叶长 Lamina length	叶宽 Lamina width	株高 Plant height	茎径 Stalk diameter	锤度 Brix
经度 Longitude	0.30	0.576 **	0.19	0.25	0.13
纬度 Altitude	-0.27	-0.526 **	-0.19	-0.31	-0.06
海拔 Latitude	-0.18	-0.507 **	-0.34	-0.11	-0.20

### 2.3 聚类分析

以 5 个表型性状为指标计算各材料之间的遗传

距离,结果表明,遗传距离变幅为 0.6153 ~ 6.4900,其中 EF-02 与 EF-19 之间的遗传距离最小,为 0.6153;EF-15 与 EF-27 之间的遗传距离最大,为 6.4900。在遗传距离基础上,运用非加权配对算术平均法进行聚类分析,结果见图 1。

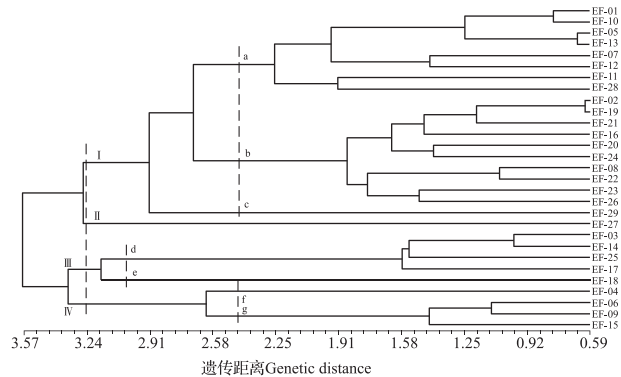


图 1 基于表型性状的聚类图

Fig. 1 Dendrogram analysis based on phenotypic traits

从图 1 可以看出,当遗传距离为 3.24 时,可将 29 份研究材料分为 4 大类群。

第 I 大类群由 EF-01 等 19 份材料组成。在遗传距离为 2.45 处,又可将第 I 大类群细分为 a、b、c 3 个亚类群,其中,来源于云南的 EF-13,四川的 EF-01、EF-10、EF-05、EF-07、EF-12、EF-11,贵州的 EF-28,被聚为第 a 亚类群;来源于四川的 EF-02、EF-16、EF-08,云南的 EF-19、EF-21、EF-20、EF-24、EF-22、EF-23,贵州的 EF-26,聚在第 b 亚类群中;EF-29 来源于贵州被单独聚为第 c 亚类群。整体上第 I 大类群平均株高最高,比总体平均水平高 15.65%,叶长、叶宽较长,茎径较粗。

第 II 大类群,来源于贵州的 EF-27 被单独聚为一个类群,EF-27 的叶长、叶宽、茎径是 29 份材料中最高的,分别比总体平均水平高 37.48%、60.58%、40.00%,同时株高、锤度都较高,锤度比总体平均水平高 38.34%,具有较高的育种利用价值。

第 III 大类群由 EF-03 等 5 份材料组成,当遗传距离为 3.04 时,又可划分为 d、e 2 个亚类群,其中来源于四川的 EF-03、EF-14、EF-17,贵州的 EF-25,被聚为第 d 亚类群;四川的 EF-18,被单独聚为第 e 亚类群。整体上第 III 大类群平均锤度最高,高于总体平均水平 58.60%,叶长、叶宽、茎径都较低。

第 IV 大类群由 EF-04 等 4 份材料组成,当遗传距离为 2.45 时,又可划分为 f、g 2 个亚类群,其中来源于四川的 EF-04,被单独聚为第 f 亚类群;EF-06、



EF-09、EF-15 来源于四川,被聚为第 g 亚类群。整体上第Ⅳ大类群叶长、叶宽、株高、茎径、锤度均为最低,分别低于总体平均水平 19.69%、46.16%、45.14%、30.00%、33.45%,属于较差类型材料。

### 3 讨论

蔗茅野生种质资源在我国分布较广,主要分布于云南、贵州、四川、湖北、陕西、西藏等地区<sup>[3-6]</sup>。考察发现,蔗茅野生资源大多生长在山地,甚至在陡峭的石壁岩缝,说明蔗茅野生资源具有极强的耐寒、耐旱和耐瘠能力<sup>[8]</sup>。萧凤回等<sup>[24]</sup>研究表明,海拔 680~2800m 之外尚未发现蔗茅,本次考察共采集到 4 份海拔高度超过 2800m 的蔗茅材料,此次考察更加丰富了甘蔗野生种资源库,为扩大甘蔗遗传基础、选育抗逆新品种提供资源储备。蔗茅野生自然群体遗传基础杂合性较高,群体内变异较大<sup>[24]</sup>,分析发现各项变异系数均在 20% 以上,表现出较高的遗传多样性,这可能与其多样化的生境有很大关系。

相关分析结果表明,蔗茅野生资源叶长、叶宽、株高、茎径之间均存在显著的相关性,这与前人研究结果一致<sup>[25-26]</sup>。这也进一步说明这些性状连锁强度较高。然而,锤度与其他 4 种农艺性状均没有显著的相关性。前人的研究表明,某些作物如甜高粱茎秆中的含糖量主要受到遗传因素的影响,茎秆含糖量遗传率可达 0.877~0.927<sup>[27]</sup>。刘洋等<sup>[25]</sup>对海南甘蔗野生资源研究也指出,锤度与叶长、叶宽、株高、茎径没有显著相关性,因此可以推测控制含糖性状的基因与控制其他性状基因连锁程度较低,遗传是影响含糖量的最主要因素。

从聚类结果来看,29 份蔗茅材料聚成 4 类,第Ⅰ大类群有 19 份材料,株高最高,叶长、叶宽较长,茎径较粗;第Ⅱ大类群只有 EF-27 1 份材料,叶长、叶宽、茎径显著高于其他所有材料,同时株高和锤度也较高;第Ⅲ大类群由 5 份材料组成,锤度最高,叶长、叶宽、茎径处于第Ⅰ大类群和第Ⅳ大类群之间;第Ⅳ大类群由 4 份材料组成,5 个数量性状指标均最低。以上结论可为育种材料的选择和种质资源改良提供理论依据,尤其是第Ⅱ大类群(EF-27)可以作为今后甘蔗遗传改良和杂交利用的首选材料。

蔗茅野生资源表型特征的多样性具有适应意义,由于自然分布广,环境多样化,通过长期的自然选择产生了极其丰富的表型变异。根据蔗茅野生资源性状变异的丰富程度,可以认为蔗茅用于改良甘蔗的开发利用前景是十分广阔的,这对下一步进行

蔗茅野生资源的遗传多样性研究及蔗茅野生资源的保护、评价和利用具有重要的意义。

### 参考文献

- [1] 李杨瑞. 现代甘蔗学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010: 1-2
- [2] 李杨瑞. 现代甘蔗学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010: 117-118
- [3] 广东省植物研究所. 海南植物志: 4 卷[M]. 北京: 科学出版社, 1977: 450
- [4] 李永康. 贵州植物志: 5 卷[M]. 成都: 四川民族出版社, 1988: 579
- [5] 中国科学院植物研究所. 中国高等植物图鉴[M], 5 版. 北京: 科学出版社, 1980: 183
- [6] 吴征镒. 西藏植物志: 5 卷[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 317
- [7] Miller J D, Tai P Y P. Use of plant introduction in sugarcane cultivation development[M]. CSSA Special Publication, 1992: 137-149
- [8] He S C, Yang Q H, Xiao F H, et al. Collection and description of basic germplasm of sugarcane (*Saccharum complex*) in China[J]. Int Sugar Jnl, 1999, 101 (1201): 23-28
- [9] 刀志学, 鄢家俊, 张建波, 等. 斑茅野生种质资源的考察与收集[J]. 植物遗传资源学报, 2013, 14(5): 51-55
- [10] Nair N V, Somarajan K G. Diversity of *saccharum* germplasm in Kerala, India [J]. Plant Genet Resour Newsl, 2003, 135: 40-43
- [11] Vigneswaran M, Nair N V. Diversity in *Saccharum* germplasm in Arunachal Pradesh, India [J]. Plant Genet Resour Newsl, 2004, 140: 57-61
- [12] Berding N, Koike H. Germplasm conservation of the *Saccharum complex*: a collection from the Indonesian archipelago[J]. Hawaiian Planters' Record, 1980, 59(7): 87-176
- [13] 肖凤迥. 斑茅种与甘蔗、蔗茅二属几个种的植物形态学和同工酶比较研究[J]. 甘蔗, 1994, 1(1): 22-27
- [14] 邓祖湖, 李玉婵, 刘文荣, 等. 甘蔗和斑茅远缘杂交后代的染色体遗传分析[J]. 热带作物学报, 2007, 28(3): 63-67
- [15] Nair N V, Praneetha M. Cyto-morphological studies on three *Erianthus arundinaceus* (RetZ) Jeswiet accessions from the Andaman-Nicobar Islands, India[J]. Cytologia, 2006, 71: 107-109
- [16] Tagane S, Tagane M Y, Ponragdee W, et al. Cytological study of *Erianthus procerus* and *E. arundinaceus* (Gramineae) in Thailand [J]. Cytologia, 2011, 76: 171-175
- [17] 邓海华, 廖兆周, 李奇伟, 等. 斑茅  $F_2$  杂种选育与同工酶标记辅助选择[J]. 甘蔗糖业, 2002(1): 1-5
- [18] 刘少谋, 付成, 吴其卫, 等. 斑茅杂种甘蔗 BC<sub>1</sub> 选育研究[J]. 热带农业学, 2007, 27(3): 9-12
- [19] Zhang M Q, Hong Y X, Li Q W, et al. Molecular polymorphic analysis for the germplasms of *Erianthus arundinaceus* collected in China[J]. J Plant Res Environ, 2004, 13(1): 1-6
- [20] 杨荣仲, 谭裕模, 何为中, 等. RAPD 在鉴定斑茅杂种后代中的应用[J]. 广西蔗糖, 2003(2): 8-12
- [21] 吴水金, 潘世明, 陈义强, 等. 甘蔗斑茅属间远缘杂种真实性的 ITS 鉴定[J]. 福建甘蔗, 2008(8): 13-15
- [22] 蔡青, 范源洪. 甘蔗种质资源描述规范和数据标准[S]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 7-40
- [23] 张海平, 方伟民, 陈发棣, 等. 部分睡莲属植物形态性状的多样性分析[J]. 南京农业大学学报, 2009, 32(4): 47-52
- [24] 萧凤回, 李福生, 何丽莲, 等. 甘蔗近缘野生种蔗茅 (*Erianthus rufipilus*) 的研究[J]. 甘蔗, 1996, 3(2): 1-6
- [25] 刘洋, 刘新龙, 苏火生, 等. 海南甘蔗野生种质资源的收集与遗传多样性初析[J]. 中国农学通报, 2013, 29(1): 199-208
- [26] 梁绪振, 鄢家俊, 白识旦, 等. 斑茅种质资源形态性状的变异研究[J]. 草业科学, 2011, 28(7): 1307-1304
- [27] 李胜国, 马鸿图. 高粱茎秆含量遗传研究[J]. 作物杂志, 1993(1): 18-21