

# 甜高粱种质资源在新疆的多样性表现及聚类分析

冯国郡<sup>1,2</sup> 李宏琪<sup>1</sup> 叶凯<sup>2</sup> 李桂英<sup>3</sup> 涂振东<sup>2</sup> 郭建富<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>新疆农业大学农学院, 乌鲁木齐 830052; <sup>2</sup>新疆农业科学院, 乌鲁木齐 830091; <sup>3</sup>中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

**摘要:**采用多样性指数、变异系数和聚类分析等方法,对国内外72份甜高粱种质资源24个性状进行遗传多样性研究。结果表明,14个质量性状中粒色的遗传多样性指数最高为1.6333,幼苗色和结实形式的遗传多样性指数最低为0,平均为0.7460;10个数量性状中穗长、茎粗、锤度、单穗粒重、单株秆重、出汁率、千粒重、株高、穗重、生育期都存在较大的变异,变异系数幅度为7.85%~53.01%,各性状多样性指数均较大,平均2.0061;穗长的多样性指数最大,为2.1383,生育期多样性指数最小,为1.7331,表明新疆现有甜高粱资源拥有丰富的遗传多样性。聚类分析将72份资源划分为四大类。

**关键词:**甜高粱; 遗传多样性; 聚类分析; 变异系数

## Genetic Diversity and Cluster Analysis of Sweet Sorghum Germplasm in Xinjiang

FENG Guo-jun<sup>1,2</sup>, LI Hong-qi<sup>1</sup>, YE Kai<sup>2</sup>, LI Gui-ying<sup>3</sup>, TU Zhen-dong<sup>2</sup>, GUO Jian-fu<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Agronomy College of Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052;

<sup>2</sup>Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091;

<sup>3</sup>Institute of Crop Sciences of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

**Abstract:** In order to efficiently use sweet sorghum germplasm in Xinjiang, this study analyzed and compared the genetic diversity of 24 main characters of 72 germplasms using genetic diversity indexes, coefficient of variation, and cluster analysis. The results showed that genetic diversity indexes (1.6333) was the highest for grain color among 14 qualitative characters, the lowest one was for in leaf color of seedling and seed setting form, and the average diversity indexes was 0.7460. The quantitative characters, such as main panicle length, stem diameter, brix, grain weight per spike, stem juice extraction, 1000 grain weight, plant height, panicle weight, and whole growth period had greater coefficient of variability, ranging from 7.85% to 53.01%. All the quantitative character tested had great diversity indexes, ranging from 1.7331 to 2.1383 with an average of 2.0061. This showed that this collection of sweet sorghum germplasm had great genetic diversity. Cluster analysis showed that all 72 germplasms were divided into 4 groups.

**Key words:** Sweet sorghum; Genetic diversity; Cluster analysis; Coefficient of variation

甜高粱是普通粒用高粱的一个变种,属禾本科一年生草本植物,其特点是茎秆汁液富含糖分<sup>[1-2]</sup>,因具有高能、高光效、强适应性、强耐性、高生物产量等特点,被认为是生物量能源系统中第一位竞争者<sup>[3-6]</sup>。种质资源研究是作物育种工作的基础,研

究甜高粱种质资源的遗传多样性,一是有助于了解资源的遗传背景及资源间的亲缘关系,为种质资源的利用与开发提供信息;二是有助于对种质资源进行区划,为新疆不同地域生态环境间的引种提供指导。形态学水平上生物遗传多样性研究具有简单、

收稿日期:2011-08-08 修回日期:2012-02-13

基金项目:新疆自然科学基金项目(2010211A60);现代高粱产业技术体系建设项目(nycytX-12)

作者简介:冯国郡,博士研究生,副研究员,主要从事甜高粱育种及栽培研究, E-mail: fengguojxj126.com

易行、快速的特点,至今仍在遗传学、育种学及分类学中广泛应用。在小麦<sup>[7-9]</sup>、玉米<sup>[10]</sup>、绿豆<sup>[11]</sup>、薏苡<sup>[12]</sup>、大豆<sup>[13]</sup>、小豆<sup>[14]</sup>、旱稻<sup>[15]</sup>、甜高粱<sup>[16-19]</sup>等作物上,采用多样性指数、变异系数等方法,通过分析种质资源的形态、农艺性状数据,揭示了不同作物、不同地区、不同种质资源的遗传多样性特点。本研究以 72 份不同来源的甜高粱种质资源为材料,通过调查分析 24 个农艺性状表现,进行遗传多样性研究,以便了解资源间的亲缘关系,筛选优异资源,为资源的开发利用和育种提供理论基础。

表 1 参试 72 份甜高粱种质资源表

Table 1 The sweet sorghum accessions used in this study

序号 No.	名称 Name	来源 Origin	序号 No.	名称 Name	来源 Origin
1	42	中科院植物所	37	MN-3329	中国农科院
2	07T-160-1	中科院植物所	38	甜选 13	中国农科院
3	10	中科院植物所	39	MN-3466	中国农科院
4	北甜蔗	中科院植物所	40	甜选 86	中国农科院
5	堪萨斯所科学	中科院植物所	41	糖高粱	中国农科院
6	AE-197	中科院植物所	42	甜选 26	中国农科院
7	L313	辽宁	43	MN-2647	中国农科院
8	LT07	辽宁	44	JUAR-3	中国农科院
9	LT05	辽宁	45	甜选 56	中国农科院
10	LT02	辽宁	46	甜选 46	中国农科院
11	LT01	辽宁	47	MN-4566	中国农科院
12	LTG-5	黑龙江	48	JT08-1	山西
13	合甜	黑龙江	49	LS01	辽宁
14	LTG-2	黑龙江	50	L309	辽宁
15	LEOTI-3	中国农科院	51	L0206	辽宁
16	MN-4128	中国农科院	52	JT01	山东
17	ROMA	中国农科院	53	JIN02	锦州
18	MN-4539	中国农科院	54	KTG-2	中科院植物所
19	ALBAUGH	中国农科院	55	TLF-1	吐鲁番
20	MN-3808	中国农科院	56	新高粱 2 号	乌鲁木齐
21	MN-94	中国农科院	57	新高粱 9 号	乌鲁木齐
22	UT84	中国农科院	58	新高粱 3 号	乌鲁木齐
23	BABUSH	中国农科院	59	新高粱 4 号	乌鲁木齐
24	MN-4540	中国农科院	60	sp11	乌鲁木齐
25	辽宁 8142	中国农科院	61	sp225	乌鲁木齐
26	BATHURST	中国农科院	62	sp234	乌鲁木齐
27	MN-55	中国农科院	63	sp235	乌鲁木齐
28	5431/S	中国农科院	64	sp33	乌鲁木齐
29	BAHANA2	中国农科院	65	sp341	乌鲁木齐
30	MN-4322	中国农科院	66	sp342	乌鲁木齐
31	MN-2609	中国农科院	67	sp36	乌鲁木齐
32	甜 126	中国农科院	68	sp310	乌鲁木齐
33	甜选 77	中国农科院	69	sp41	乌鲁木齐
34	甜选 9	中国农科院	70	sp51	乌鲁木齐
35	AMES	中国农科院	71	sp52	乌鲁木齐
36	能饲一号	河北农科院	72	sp65	乌鲁木齐

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

供试材料共 72 份,其中本院保存 18 份,中国农科院提供 32 份,中科院植物所提供 7 份,辽宁农科院提供 8 份,黑龙江农科院提供 3 份,山西农科院提供 1 份,山东农科院 1 份,辽宁锦州农科院提供 1 份,河北农科院 1 份,详见表 1。试验在新疆农业科学院玛纳斯试验站进行,位于 86°14'E,44°14'N,海拔 470m,土壤类型为壤土。

## 1.2 试验设计

试验采用完全随机区组设计 2 次重复 2 行区, 行长 5m, 行距 0.6m, 株距 0.25m, 小区面积 6m<sup>2</sup>。2010 年 4 月 25 日种植, 成熟后从每小区中连续取 10 株进行田间性状调查和室内考种。

## 1.3 试验方法

调查性状包括出苗期、分蘖期、拔节期、开花期、抽穗期、挑旗期、成熟期、芽鞘色、幼苗色、主脉质地、主脉色、株高、茎粗、锤度、出汁率、单株鲜茎重、主穗长、单穗粒重、千粒重、穗形、穗型、颖壳色、颖壳包被程度、粒色、粒形、子粒整齐度、结实形式、子粒饱满度、子粒光泽。采用《高粱种质资源描述规范和数据标准》<sup>[20]</sup> 来对试验材料进行田间观察和数据采集。

出汁率测定。5 株甜高粱去叶及叶鞘后称茎秆重量, 用广州产立式 SX-300 榨汁机一次榨汁, 称汁液重量, 出汁率(%) = 汁液重量 / 茎秆重量 × 100。

糖锤度测定。用水将锤度计调零, 取少量榨出的汁液, 用 ATAGO 数显锤度计测定锤度。

## 1.4 统计分析

**1.4.1 多样性指数的计算** 本试验质量性状包括芽鞘色、幼苗色、主脉质地、主脉色、穗形、穗型、颖壳色、颖壳包被程度、粒色、粒形、子粒整齐度、结实形式、子粒饱满度、子粒光泽 14 个, 按照《高粱种质资源描述规范和数据标准》<sup>[20]</sup> 进行规范和赋值, 计算性状类别的频率分布和多样性指数; 数量性状包括株高、茎粗、单株秆重、单穗粒重、出汁率、锤度、主穗长、千粒重、穗重、生育期 10 个农艺性状, 计算平均值、标准差、变异系数、变幅、极大值、极小值和多样性指数。根据平均数、标准差将材料分为 10 级, 从第 1 级  $X_i < (x - 2s)$  到第 10 级  $X_i \geq (x + 2s)$ , 每 0.5s 为 1 级, 每组的相对频率用于计算多样性指数<sup>[16]</sup>。

利用 Shannon-Weaver 遗传多样性指数来衡量群体遗传多样性大小。计算公式为<sup>[8]</sup>:  $H' = -\sum P_i \ln P_i$ 。其中  $i$  为性状的第  $i$  个类型,  $P_i$  为某一性状第  $i$  级别内材料份数占总份数的百分比,  $\ln$  为自然对数<sup>[8]</sup>。

**1.4.2 聚类分析** 将供试材料农艺性状数据实施规格化转化后, 采用卡方距离相似尺度和以离差平方和聚类方法进行聚类分析。所有数据用 Excel、DPS 软件分析完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 甜高粱种质资源质量性状的遗传多样性分析

14 个质量性状中粒色的遗传多样性指数最高为 1.6333, 幼苗色和结实形式的遗传多样性指数最低为 0, 详细结果如下。

粒色分为白、灰白、浅黄、黄、橙、红、褐、黑等 8 种, 黄色占比例最高为 37.14%, 褐色居第 2 位, 占 25.71%, 白色占 18.57%, 为第 3 位。此 3 种颜色所占比例达到 81.42%, 其余 5 种颜色都占较小比例, 频率分布分散, 多样性指数为 1.6333, 在质量性状中表现最高。

穗形分为纺锤形、牛心形、圆筒形、棒形、杯形、球形、伞形、帚形等 8 种, 除没有球形外, 纺锤形和伞形所占比例较高, 分别为 33.33% 和 38.89%, 其他 5 种所占比例较小, 频率分布分散, 多样性指数为 1.5133, 居第 2 位。

穗型分为紧、中紧、中散、侧散、周散 5 种, 除没有周散穗型外, 其他 4 种频率分布分散, 分别为 23.61%、30.56%、20.83%、25.00%, 多样性指数居第 3 位, 为 1.3764。

颖壳色分为白色、黄色、灰色、红色、褐色、紫色、黑色 7 种, 除没有灰色和紫色外, 黑色和红色所占比例较高, 分别为 43.86% 和 38.60%, 其他 3 种所占比例较小, 频率分布分散, 多样性指数为 1.2148, 居质量性状第 4 位。

颖壳包被度分为子粒裸露、包被 1/4、包被 1/2、包被 3/4、全包被 5 种, 除没有子粒裸露外, 包被 1/4 所占比例较高, 达到 68.85%, 其他 3 种所占比例较小, 频率分布分散, 多样性指数中等为 0.9461。

芽鞘色频率分布较集中, 白色占 70.83%, 多样性指数为 0.6037; 主脉质地不透明占 61.11%, 半透明占 38.89%, 频率分布较平均, 多样性指数为 0.6683; 主脉色白色占 65.28%, 绿色占 34.72%, 无浅黄和黄色, 频率分布较集中, 多样性指数为 0.6457。

粒形分为圆形、椭圆形、卵形、长圆形, 卵形占比例最高为 50.74%, 椭圆形居第 2 位, 占 43.28%, 两种所占比例达到 94.02%, 其余两种所占比例较小, 频率分布分散, 多样性指数为 0.9166, 在质量性状中居中。

子粒整齐度分为整齐、中等整齐、不整齐, 中等整齐占比例最高为 81.24%, 频率分布集中, 多样性指数为 0.5673, 居中; 子粒饱满度、子粒光泽多样性指数较低分别为 0.2189、0.1392(表 2)。质量性状的遗传多样性指数平均为 0.7460。

表 2 72 份甜高粱种质资源 14 个质量性状不同类型的频率分布及多样性指数

Table 2 Diversity index and frequency distribution of 14 morphologic characters in 72 sweet sorghum germplasm

性状 Character	频率分布				Frequency distribution				多样性指数 <i>H'</i>
	1	2	3	4	5	6	7	8	
芽鞘色 Coleoptile colour	0.7083	0	0.2917						0.6037
幼苗色 Leaf colour of seedling	1.0000								0
主脉质地 Medium vein texture	0.6111	0.3889							0.6683
主脉色 Medium vein colour	0.6528	0	0	0.3472					0.6457
穗型 Panicle type	0.2361	0.3056	0.2083	0.2500					1.3764
穗形 Panicle shape	0.3333	0.0417	0.0278	0.0556	0.0972	0	0.3889	0.0555	1.5133
颖壳色 Glume color	0.0526	0.0351	0	0.386	0.0877	0	0.4386		1.2148
颖壳包被度 Grain covering	0	0.6885	0.1475	0.0984	0.0656				0.9461
粒色 Grain color	0.1857	0.0286	0.0286	0.3714	0.0429	0.0571	0.2571	0.0286	1.6333
粒形 Grain shape	0.0299	0.4328	0.5074	0.0299					0.9166
子粒整齐度 Grain uniformity	0.1563	0.8124	0.0313						0.5673
结实形式 Seed setting form	1.0000								0
子粒饱满度 Grain plumpness	0.9429	0.0571							0.2189
子粒光泽 Grain lustre	0.0313	0.9687							0.1392

芽鞘色: 1 白色; 2 绿色; 3 紫色。幼苗色: 1 绿色; 2 红色; 3 紫色。主脉质地: 1 不透明; 2 半透明。主脉色: 1 白色; 2 浅黄; 3 黄色; 4 绿色。穗型: 1 紧; 2 中紧; 3 中散; 4 侧散; 5 周散。穗形: 1 纺锤形; 2 牛心形; 3 圆筒形; 4 棒形; 5 杯形; 6 球形; 7 伞形; 8 帚形。颖壳色: 1 白色; 2 黄色; 3 灰色; 4 红色; 5 褐色; 6 紫色; 7 黑色。颖壳包被度: 1 子粒裸露; 2 包被 1/4; 3 包被 1/2; 4 包被 3/4; 5 全包被。粒色: 1 白; 2 灰白; 3 浅黄; 4 黄; 5 橙; 6 红; 7 褐; 8 黑。粒形: 1 圆形; 2 椭圆形; 3 卵形; 4 长圆形。子粒整齐度: 1 整齐; 2 中等整齐; 3 不整齐。结实形式: 1 单粒; 2 双粒。子粒饱满度: 1 饱满; 2 凹陷。子粒光泽: 1 有光泽; 2 无光泽

Coleoptile colours: 1 white; 2 green; 3 purple. Leaf colours of seedling: 1 green; 2 red; 3 purple. Medium vein texture: 1 none transparent; 2 semi-transparent. Medium vein color: 1 white; 2 light yellow; 3 yellow 4 green. Panicle type: 1 compact; 2 semi-compact; 3 semi-loose; 4 side drooping; 5 spreading drooping. Panicle shape: 1 fusiform; 2 cordate; 3 cylindrical; 4 clavate; 5 cup-shaped; 6 globular; 7 umbelliform; 8 broom like. Glume color: 1 white; 2 yellow; 3 grey; 4 red; 5 brown; 6 purple; 7 black. Grain covering: 1 uncovered; 2 covered 1/4; 3 covered 1/2; 4 covered 3/4; 5 covered. Grain color: 1 white; 2 grey-white; 3 light yellow; 4 yellow; 5 orange; 6 red; 7 brown; 8 black. Grain uniformity: 1 uniform; 2 medium; 3 none uniform. Seed setting form: 1 single grain; 2 duple grain. Grain plumpness: 1 plump; 2 hollow. Grain lustre: 1 glossy; 2 none glossy

## 2.2 数量性状的遗传多样性分析

穗长、茎粗、锤度、单穗粒重、单株秆重、榨汁率、千粒重、株高、穗重、生育期 10 个数量性状的变异系数和遗传多样性指数均较高。穗长最高为 2.1383, 生育期最低为 1.7331。

生育期 从表 3、表 4 可以看出, 生育期的变异

幅度在 89 ~ 134d, 平均为 124.7d, 变异系数 7.85%, 多样性指数 1.7331。生育期在 124.67 ~ 129.57d 较为集中, 占 43.1%, 生育期小于 110d 有 8 份, 110 ~ 120d 的有 12 份, 生育期大于 120d 的中晚熟资源较多, 占全部材料的 72%。

株高 株高的变异幅度在 111.67 ~ 370.00cm,

平均为 255.53cm,变异系数 24.70%,多样性指数 1.9910。株高主要集中在 161~350cm 之间,占全部材料的 83.3%,小于 161cm 大于 350cm 的材料极少。

**茎粗** 茎粗的变异幅度在 1.15~3.40cm,平均为 2.33cm,变异系数 21.03%,多样性指数 2.0965。茎粗范围主要集中在 1.8~2.8cm 之间,占到全部材料的 68.1%。

**单株秆重** 单株秆重的变异幅度在 0.31~1.86kg,平均为 1.01kg,变异系数 40.75%,多样性指数 2.0450。单株秆重分布频率较散。

**锤度** 锤度变异幅度在 8.05~24.57°之间,平均为 16.0°,变异系数 23.57%,多样性指数 2.0800。锤度在 14.1~19.8°的占到整个材料的 38%。榨汁率的多样性指数大于 2.0。

**穗长、单穗粒重、千粒重**的多样性指数都很高,分别为 2.1383、2.0663、2.0123,说明这批种质资源的穗部性状的差异较大。详细数据可见表 3、表 4。

### 2.3 农艺性状的聚类分析

采用 10 个农艺性状对 72 份甜高粱种质资源进行聚类,在遗传距离为 1.02 处可将参试材料分为四大类,第三大类又分为 3 个亚类,见图 1,材料归类及其基本农艺特征特性分别如下。

第 I 类包括 23 份材料,分别为 42、甜选 26、sp65、JT01、KTG-2、新高粱 2 号、LT01、sp41、sp225、sp235、sp342、甜选 56、sp310、sp36、sp51、新高粱 9 号、sp52、sp11、sp234、AE-197、新高粱 4 号、BATHURST、sp33,以上材料特点生育期较

长,128~134d,平均 130.7d,植株高大,平均 300cm 以上。

第 II 类包括 15 份材料,分别为 07T-160-1、MN-4322、MN-4128、LTG-5、新高粱 3 号、AL-BAUGH、合甜、AMES、LEOTI-3、MN-94、辽宁 8142、UT84、MN-55、5431/S、糖高粱,以上材料特点生育期短,平均 113d,植株矮小,平均 185cm 以下。

第 III 类共包括 23 份材料,在遗传距离 0.68 处又分为 3 个亚类。第 1 亚类有 10、甜选 46、堪萨斯所科学、甜 126、MN-2609、JT08-1,以上材料生育期居长,平均 9.3d,株高中等,平均为 63.9cm,锤度很高,平均达到 23.9°。

第 2 亚类包括 5 份材料,BAHANA2,生育期极短为 97d,株高较矮为 181.7cm。北甜蔗、MN-4566、甜选 9、能饲一号,生育期中等为 119d,植株高 216cm,锤度为 17.1°。

第 3 亚类有 L313、L0206、LS01、LT07、LT05、MN-3466、LT02、甜选 77、甜选 13、甜选 86、L309、JIN02,以上材料特点是生育期较长,平均 129.5d,植株高大,平均 304cm。

第 IV 类包含 11 份材料,其中 LTG-2、BA-BUSH、ROMA、MN-3808、MN-3329、sp341,生育期中长,平均为 127.8d,株高中等为 252cm。MN-2647、JUAR-3,生育期较长,平均 130d,植株高大,平均 342cm。MN-4539、MN-4540、TLF-1,生育期中长,平均为 127d,植株极矮,平均为 154cm。

表 3 72 份甜高粱种质资源农艺性状的统计参数和多样性指数

Table 3 Statistic parameter and diversity index of 10 agronomic characters of 72 sweet sorghum germplasm

性状 Character	最小值 Min.	最大值 Max.	平均值 Mean	变异幅度 Range	标准差 <i>s</i>	变异系数(%) <i>CV</i>	多样性 指数 <i>H'</i>
生育期(d) Growth period	89	134	124.7	45	9.79	7.85	1.7331
株高(cm) Plant height	111.67	370.00	255.53	258.33	63.12	24.70	1.9910
茎粗(cm) Stem diameter	1.15	3.40	2.33	2.25	0.49	21.03	2.0965
穗长(cm) Main panicle length	15.00	38.33	24.99	23.33	5.25	21.01	2.1383
锤度(°) Sap birx	8.05	24.57	16.00	16.52	3.77	23.57	2.0800
秆重(kg) Culm weight	0.31	1.86	1.01	1.55	2.47	40.75	2.0450
单株穗重(kg) Panicle weight per plant	0.23	2.00	0.73	1.77	0.39	53.01	1.8734
单穗粒重(g) Kernel weight per panicle	6.70	172.50	85.03	165.8	38.93	45.79	2.0663
千粒重(g) Weight of thousand kernel	10.81	38.95	22.09	28.14	6.06	27.41	2.0123
榨汁率(%) Stem juice extraction	11.3	43.9	30.13	32.6	7.53	24.99	2.0252

表 4 甜高粱种质资源数量性状多样性  
Table 4 Genetic diversity of quantitative character of 72 Sweet sorghum germplasm

生育期 (d) Growth period	株高 (cm) Plant height		茎粗 (mm) Stem diameter		穗长 (cm) Main panicle length		锤度 (°) Sap birx		秆重 (kg) Culm weight		单株穗重 (kg) Panicle weight per plant		单穗粒重 (g) Kernel weight per panicle		千粒重 (g) 1000 - grain weight		榨汁率 (%) Stem juice extraction		
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
<105.09	4	<129.29	3	<13.53	2	<14.49	3	<8.46	2	<0.19	1	0	0	<7.165	1	<9.98	1	<15.07	1
105.09 ≤ X <109.99	4	129.29 ≤ X <160.85	6	13.53 ≤ X <15.98	7	14.49 ≤ X <17.11	5	8.46 ≤ X <10.34	6	0.19 ≤ X <0.39	4	0 ≤ X <0.15	1	7.165 ≤ X <26.63	2	9.98 ≤ X <13.01	2	15.07 ≤ X <18.84	4
109.99 ≤ X <114.88	4	160.85 ≤ X <192.41	7	15.98 ≤ X <18.44	4	17.11 ≤ X <19.74	5	10.34 ≤ X <12.22	6	0.39 ≤ X <0.60	12	0.15 ≤ X <0.34	5	26.63 ≤ X <46.10	5	13.01 ≤ X <16.03	6	18.84 ≤ X <22.60	8
114.88 ≤ X <119.78	8	192.41 ≤ X <223.97	2	18.44 ≤ X <20.89	10	19.74 ≤ X <22.36	14	12.22 ≤ X <14.11	7	0.60 ≤ X <0.80	11	0.34 ≤ X <0.53	25	46.10 ≤ X <65.56	10	16.03 ≤ X <19.06	6	22.60 ≤ X <26.37	8
119.78 ≤ X <124.67	12	223.97 ≤ X <255.53	19	20.89 ≤ X <23.35	11	22.36 ≤ X <24.99	10	14.11 ≤ X <16.00	16	0.80 ≤ X <1.01	10	0.53 ≤ X <0.73	6	65.56 ≤ X <85.03	9	19.06 ≤ X <22.09	16	26.37 ≤ X <30.13	16
124.67 ≤ X <129.57	31	255.53 ≤ X <287.09	12	23.35 ≤ X <25.80	17	24.99 ≤ X <27.61	15	16.00 ≤ X <17.88	16	1.01 ≤ X <1.22	9	0.73 ≤ X <0.92	14	85.03 ≤ X <104.49	14	22.09 ≤ X <25.12	8	30.13 ≤ X <33.90	15
129.57 ≤ X <134.46	4	287.09 ≤ X <318.65	12	25.80 ≤ X <28.26	11	27.61 ≤ X <30.24	8	17.88 ≤ X <19.77	6	1.22 ≤ X <1.42	12	0.92 ≤ X <1.11	5	104.49 ≤ X <123.96	4	25.12 ≤ X <28.15	10	33.90 ≤ X <37.67	8
134.46 ≤ X <139.36	0	318.65 ≤ X <350.21	8	28.26 ≤ X <30.71	4	30.24 ≤ X <32.86	6	19.77 ≤ X <21.65	8	1.42 ≤ X <1.63	10	1.11 ≤ X <1.31	8	123.96 ≤ X <143.42	4	28.15 ≤ X <31.17	3	37.67 ≤ X <41.43	7
139.36 ≤ X <144.25	0	350.21 ≤ X <381.77	3	30.71 ≤ X <33.17	4	32.86 ≤ X <35.49	3	21.65 ≤ X <23.54	4	1.63 ≤ X <1.83	3	1.31 ≤ X <1.50	2	143.42 ≤ X <162.89	5	31.17 ≤ X <34.20	1	41.43 ≤ X <45.20	5
X >144.25	5	X >381.77	0	X >33.17	2	X >35.49	3	X >23.54	1	X >1.83	0	X >1.50	6	X >162.89	2	X >34.20	4	X >45.20	0

A: 范围, B: 材料数量 A: Extent, B: No. of accessions

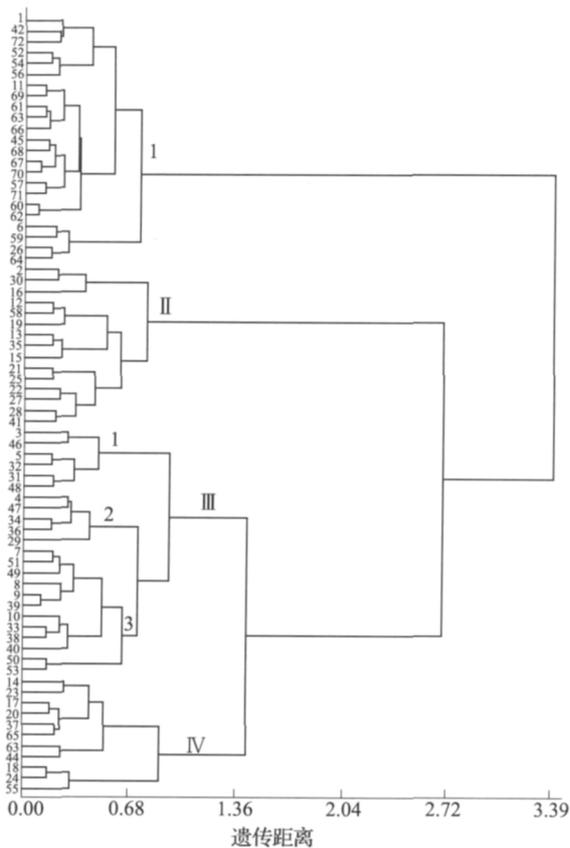


图1 72份甜高粱种质资源的数量性状的聚类图

Fig.1 Cluster analysis dendrogram of 72 sweet sorghum germplasm

### 3 讨论

(1) 从甜高粱种质资源在新疆的表型性状的遗传多样性分析可知,无论是数量性状还是质量性状,其变异幅度都很大,多样性极其丰富,而遗传多样性的开发利用是品种改良的基础,所以应加强种质资源的深入研究,充分发挥资源潜能,开拓利用,以不断满足甜高粱育种对种质资源遗传多样性的需求。

本研究结果表明甜高粱种质资源的质量性状中粒色的遗传多样性最高为1.6333,这与赵香娜等<sup>[16]</sup>研究结果类似,其对206份国内外种质资源进行研究,也是粒色的遗传多样性最高为2.0412,比新疆种质资源粒色的多样性要高很多,究其原因可能是其研究的种质资源的群体较大,来源更广泛;数量性状中新疆资源的穗长的多样性指数最高为2.1383,千粒重和单穗粒重的多样性指数分别为2.0123、2.0663,而赵香娜等<sup>[16]</sup>的研究结果却是株高的多样性指数最高为2.1006,茎粗的多样性指数较高为2.0099,说明新疆这批甜高粱种质资源的穗部性状的多样性更大。在和甜高粱产糖量最相关的单株重和锤度的性状来看,新疆这批种质资源的单株重的最

小值、最大值、平均值(0.31kg、1.86kg、1.01kg)都高于北京种植的这批资源(0.13kg、1.72kg、0.71kg),锤度的平均值16.0°也远高于北京种植材料的9.92°,一是说明这批资源的数量、来源有限,另一方面也表明,新疆光热资源非常丰富,非常适合喜温的甜高粱生长,昼夜温差大则有利于糖分积累,同样的材料在新疆能得到更高的生物产量和糖分,因此也就能产出更高的糖产量。

(2) 本研究测定的各材料的甜高粱出汁率只作为不同材料间的相对比较,并不能代表实际的出汁率,原因一是由于榨汁机晚到货,收获后放置半月后才得以榨汁测定,此时已有部分水分挥发,二是利用市场上销售的微型甘蔗榨汁机只进行一次压榨测定,此时汁液未完全榨出。所以本次试验整体出汁率远远小于实际出汁率。

(3) 从聚类结果来看,本研究的聚类结果主要是以生育期和植株性状为核心进行分类的,但分为以下几种情况:①来源相同的品种大多数归入一群,它属于在同一生态环境下长期自然选择和人工选择而适应当地生态环境的品种,它们之间的数量性状差异小,所以自然归入一群。例如新高粱2号、新高粱4号、新高粱9号都是来源于新疆的晚熟种,都被归入第I类。②地理来源相同的品种归入不同群,例如来源于辽宁的LT01,被归入第I类,而来源于辽宁的LT07、LT05、LT02被归入第III类,③地理来源不同的品种被归入一群。例如来自黑龙江的合甜和来自北京的07T-160-1等都被归入第II类。产生这种结果的原因可能大致有二:一是地理来源相同的材料虽然来自于同一环境,但是由于选择方向不同及其选用育种材料性状的千差万别,形成了遗传差异较大的类型,因此出现地理来源相同的品种被归入不同类群;二是育种者大量引入国内外资源,通过各种手段以培育出适应本地的高产优质品种,虽然地理位置不同、名称不同,但有资源共享可能,因此出现地理来源不同的品种被归入一类的现象。

(4) 数量性状的遗传多样性普遍高于质量性状,从本文分析可知,数量性状变异幅度都很大,多样性极其丰富,穗长、茎粗、锤度、单穗粒重、单株秆重、榨汁率、千粒重、株高、穗重、生育期10个数量性状的变异系数幅度为7.85%~53.01%,遗传多样性指数平均2.0061;质量性状的遗传多样性相对较低,芽鞘色、幼苗色、主脉质地、主脉色、穗形、穗型、颖壳色、颖壳包被程度、粒色、粒形、子粒整齐度、结

实形式、子粒饱满度、子粒光泽这 14 个质量性状的多样性指数平均为 0.7460。这与赵香娜等<sup>[16]</sup>、詹永发等<sup>[21]</sup>、何海军等<sup>[10]</sup>的研究结果相似。

#### 参考文献

- [1] 李桂英, 李金枝. 美国甜高粱的栽培及其糖浆生产技术[J]. 作物杂志, 2005(4): 33-35
- [2] Ritter K B, McIntyre C L, Godwin I D, et al. An assessment of the genetic relationship between sweet and grain sorghums, with *Sorghum bicolor* ssp. *bicolor* (L.) Moench, using AFLP markers [J]. *Euphytica*, 2007, 157: 161-176
- [3] 黎大爵, 廖馥荪. 甜高粱及其利用[M]. 北京: 科学出版社, 1992: 1-3
- [4] 黎大爵. 首届全国甜高粱会议论文摘要及培训班讲义[M]. 北京: 科学出版社, 1995: 2-5
- [5] 张福耀, 赵威军, 平俊爱. 高能作物—甜高粱[J]. 中国农业科技导报, 2006, 8(1): 14-17
- [6] 杨文华. 甜高粱在我国绿色能源中的地位[J]. 中国糖料, 2004(3): 57-59
- [7] 程西永, 陈平, 许海霞, 等. 不同国家小麦种质资源遗传多样性研究[J]. 麦类作物学报, 2009, 29(5): 803-808
- [8] 陈雪燕, 王亚娟, 熊景吾, 等. 陕西省小麦地方品种主要性状的遗传多样性研究[J]. 麦类作物学报, 2007, 27(3): 456-460
- [9] 王淑英, 樊廷录, 李兴茂. 冬小麦抗旱种质资源遗传多样性研究[J]. 麦类作物学报, 2008, 28(3): 402-409
- [10] 何海军, 王晓娟, 寇思荣, 等. 甘肃省玉米地方种质资源遗传多样性分析[J]. 中国种业, 2010(7): 45-48
- [11] 刘长友, 程须珍, 王素华, 等. 中国绿豆种质资源遗传多样性研究[J]. 植物遗传资源学报, 2006, 7(4): 459-463
- [12] 梁云涛, 陈成斌, 梁世春, 等. 中日韩三国蕹苡种质资源遗传多样性研究[J]. 广西农业科学, 2006, 37(4): 341-344
- [13] 赵银月, 保丽萍, 耿智德, 等. 云南省大豆地方种质资源遗传多样性的初步分析[J]. 西南农业学报, 2006, 19(4): 591-593
- [14] 刘长友, 田静, 范保杰. 河北省小豆种质资源遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2009, 10(1): 73-76
- [15] 游俊梅, 陈惠查, 金桃叶, 等. 贵州地方旱稻种质资源遗传多样性评价[J]. 种子, 2005, 24(4): 80-84
- [16] 赵香娜, 李桂英, 刘洋, 等. 国内外甜高粱种质资源主要性状遗传多样性及相关性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2008, 9(3): 302-307
- [17] Dean R E, Dahlberg M S, Hopkin S E, et al. Genetic redundancy and diversity among "orange" accessions in the US national sorghum collection as assessed with simple sequence repeat (SSR) markers [J]. *Crop Sci*, 1999, 39: 1215-1221
- [18] Smith J S C, Kresovich S, Hopkins M S, et al. Genetic diversity among elite sorghum inbred lines assessed with simple sequence repeats [J]. *Crop Sci*, 2000, 40: 226-232
- [19] Ali M L, Rajewski J F, Baenziger P S, et al. Assessment of genetic diversity and relationship among a collection of US sweet sorghum germplasm by SSR markers [J]. *Mol Breed*, 2008, 21: 497-509
- [20] 陆平. 高粱种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 2-8
- [21] 詹永发, 姜虹, 韩世玉, 等. 朝天椒种质材料的遗传多样性研究[J]. 贵州农业科学, 2008, 36(4): 8-10
- [4] 齐永文, 张冬玲, 张洪亮, 等. 中国水稻选育品种遗传多样性及其近 50 年变化趋势[J]. 科学通报, 2006, 51(6): 693-699
- [5] 金伟栋, 程保山, 洪德林. 基于 SSR 标记的太湖流域粳稻地方品种遗传多样性研究[J]. 中国农业科学, 2008, 41(11): 3822-3830
- [6] 沈新平, 沈明星, 龚丽萍, 等. 太湖地区晚粳地方种稻米 RVA 谱特征多样性分析[J]. 作物学报, 2006, 32(12): 1902-1908
- [7] 沈新平, 沈明星, 顾丽, 等. 太湖流域晚粳地方种稻米的表型遗传多样性[J]. 生态学报, 2007, 27(1): 189-196
- [8] 沈新平, 沈明星, 顾丽, 等. 太湖流域糯稻地方种质稻米 RVA 谱多样性的研究[J]. 中国农业科学, 2008, 41(8): 2513-2519
- [9] 姚月明, 沈新平, 沈明星, 等. 太湖流域水稻地方种的稻米品质 RVA 谱多样性[J]. 江苏农业学报, 2009, 25(6): 1213-1218
- [10] 李自超, 张洪亮, 曾亚文, 等. 云南稻种资源表型遗传多样性的研究[J]. 作物学报, 2001, 27(6): 832-837
- [11] 曾亚文, 李自超, 申时全, 等. 云南地方稻种的多样性及优异种质研究[J]. 中国水稻科学, 2001, 15(3): 169-174
- [12] 朱明雨, 王云月, 朱有勇, 等. 云南地方水稻品种遗传多样性分析及其保护意义[J]. 华中农业大学学报, 2004, 23(2): 187-191
- [13] 徐福荣, 张恩来, 董超, 等. 云南元阳哈尼梯田地方稻种的主要农艺性状鉴定评价[J]. 植物遗传资源学报, 2010, 11(4): 413-417, 423
- [14] 吴俊生, 高苓昌. 山东省稻种资源、研究资料选编(1986-1990) [M]. 山东省水稻研究所, 1990: 1-29
- [15] 朱其松, 张洪瑞, 张士永, 等. 山东省地方水稻品种资源的农艺性状及抗性鉴定[J]. 山东农业科学, 2007(6): 38-39
- [16] 袁守江, 李广贤, 姜明松, 等. 山东主要水稻品种演变及系谱分析[J]. 山东农业科学, 2008(4): 11-13
- [17] 顾世梁. 实现动态聚类全局最优的一种算法[J]. 江苏农学院学报, 1996, 17(1): 57-65
- [18] 隋炯明, 李欣, 严松, 等. 稻米淀粉 RVA 谱特征与品质性状相关性研究[J]. 中国农业科学, 2005, 38(4): 657-663
- [19] 李欣, 张蓉, 隋炯明, 等. 稻米淀粉粘滞性谱特征的表现及其遗传[J]. 中国水稻科学, 2004, 18(5): 384-390

(上接第 397 页)