

不同来源甜高粱种质资源的表型遗传多样性分析

王黎明, 焦少杰, 姜艳喜, 严洪冬, 苏德峰, 孙广全

(黑龙江省农业科学院作物育种研究所, 哈尔滨 150086)

摘要:通过对主要农艺性状的方差分析及聚类分析,对194份不同来源的甜高粱种质资源进行了表型性状的遗传多样性分析。结果表明,不同来源品种间的性状差异较大,与中国品种相比,国外品种具有植株高大、生物产量高及含糖量高等优异性状,可用于国内资源的种质创新及品种改良。遗传距离为0.66时将所有资源划分为6类,各类群主要按农艺性状进行了划分。研究结果将为杂交育种的亲本选择提供理论参考。

关键词:甜高粱;种质资源;表型性状;遗传多样性

Genetic Diversity Analysis on Sweet Sorghum Germplasm Resources of Different Origins Based on Agronomical Traits

WANG Li-ming, JIAO Shao-jie, JIANG Yan-xi, YAN Hong-dong, SU De-feng, SUN Guang-quan

(Crop Breeding Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086)

Abstract: Genetic diversity of 194 sweet sorghum germplasm resources with different origins was analyzed based on agronomical traits using agronomical variance and cluster analysis. It was indicated that variation of agronomical traits was obvious among germplasm resources of different origins. Exotic germplasm resources could be used for germplasm enhancement because of their elite characters such as high plant height, high biomass, and high sugar content compared to domestic ones. All the germplasm resources were clustered into 6 groups at the genetic distance of 0.66 mainly according to their agronomical traits. Information of this study could be used to select parent lines for development of segregating populations and hybrid breeding of sweet sorghum.

Key words: Sweet sorghum; germplasm resources; genetic diversity; agronomical traits

甜高粱 [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] 茎秆多汁且富含糖分,既可作为粮食作物、糖料作物,又可作为饲料作物和能源作物而具有巨大的发展空间和潜力^[1]。甜高粱种质资源的多样性是进行种质创新及新品种选育的基础保证,因此,引进并分析种质资源的遗传多样性可为资源的合理利用、种质创新及丰富遗传基础提供理论依据。

目前,在对作物的遗传多样性研究中主要利用表型性状及分子标记进行分析^[2]。A. H. Assar 等^[3]利用 SSR 分子标记对来源于苏丹、印度半干旱研究所以及美国的 96 份种质资源进行遗传多样性分析,研究表明,利用分子标记的研究结果与地理来源和表型性状相符。相对于分子标记,表型性状由于具

有直观性、与目标性状紧密相连且易于获取数据等优点而在遗传多样性分析中具有不可替代的优势,并广泛应用于高粱及其他作物中^[4-6]。利用表型性状,冯国郡等^[7]对 72 份甜高粱种质资源在新疆的多样性表现进行了分析,赵香娜等^[8]也对 206 份国内外甜高粱资源进行了遗传多样性分析。以上研究为甜高粱种质资源的进一步研究利用提供了理论依据。

在甜高粱研究上,我国由于研究较晚,大多数材料的农艺性状不理想,阻碍了甜高粱的研究进度,因此迫切需要引进优异资源以丰富甜高粱的遗传基础,创造优异新种质材料,推动育种研究进程。为此,本课题从俄罗斯、乌克兰、印度、美国、墨西哥等

国引进了部分甜高粱种质资源,并对其遗传多样性进行了分析,初步了解引进资源的特点及利用价值,为种质创新及新品种选育提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料共 194 份(表 1)。其中国外材料 109

份,分别来自俄罗斯 20 份、乌克兰 22 份、印度 22 份、墨西哥 17 份、美国 28 份。国内材料 85 份,分别为黑龙江 65 份、吉林 3 份、辽宁 6 份、内蒙古 4 份、山西 3 份、山东 2 份、四川 1 份、北京 1 份。其中恢复类型(R)为 161 份,保持类型(B)为 33 份。国外材料中有 58 份引自中国农业科学院作物科学研究所。

表 1 试验材料的来源和类型

Table 1 Origins and types of the materials

编号 Code	品种名称 Name	来源 Origion	类型 Type	编号 Code	品种名称 Name	来源 Origion	类型 Type	编号 Code	品种名称 Name	来源 Origion	类型 Type
V001	黑 307	黑龙江	B	V037	H 甜 13	黑龙江	R	V073	乌甜 6	乌克兰	R
V002	黑 320	黑龙江	B	V038	H 甜 24	黑龙江	R	V074	乌甜 15	乌克兰	R
V003	黑 321	黑龙江	B	V039	H 甜 26	黑龙江	R	V075	乌甜 17	乌克兰	R
V004	黑 337	黑龙江	B	V040	H 甜 14	黑龙江	B	V076	乌甜 18	乌克兰	R
V005	黑 370	黑龙江	B	V041	永 1854	印度	R	V077	乌引 04	乌克兰	R
V006	黑 375	黑龙江	B	V042	甜白粘 7	黑龙江	R	V078	乌引 28	乌克兰	R
V007	黑 405	黑龙江	B	V043	欧尔美卡	美国	R	V079	乌引 79	乌克兰	R
V008	赤 6958	内蒙古	B	V044	ES725	墨西哥	R	V080	乌引 83	乌克兰	R
V009	赤 6959	内蒙古	B	V045	北方甘蔗	山西	R	V081	乌引 88	乌克兰	R
V010	黑 414	黑龙江	B	V046	MR741	印度	R	V082	乌引 102	乌克兰	R
V011	黑 419	黑龙江	B	V047	合甜	黑龙江	R	V083	乌引 105	乌克兰	R
V012	黑 425	黑龙江	B	V048	H 甜 16	黑龙江	B	V084	乌引 122	乌克兰	R
V013	黑 451	黑龙江	B	V049	库班甜 22	俄罗斯	R	V085	乌引 125	乌克兰	R
V014	蒙 314	内蒙古	B	V050	萨甜 3	俄罗斯	R	V086	乌引 131	乌克兰	R
V015	鲁 B	山东	B	V051	库班甜 23	俄罗斯	R	V087	乌引 134	乌克兰	R
V016	L0982	辽宁	B	V052	萨甜 4	俄罗斯	R	V088	乌引 135	乌克兰	R
V017	黑 4218	黑龙江	B	V053	萨甜 5	俄罗斯	R	V089	乌引 137	乌克兰	R
V018	L4190	辽宁	B	V054	库班甜 20	俄罗斯	R	V090	乌引 140	乌克兰	R
V019	H 甜 06	黑龙江	R	V055	库班甜 2	俄罗斯	R	V091	哈 R508	黑龙江	R
V020	山西甜	山西	R	V056	库班甜 1	俄罗斯	R	V092	哈 R524	黑龙江	R
V021	H 甜 28	黑龙江	B	V057	北方 44132	俄罗斯	R	V093	H 甜 19	黑龙江	R
V022	H 甜 07	黑龙江	B	V058	库班甜 14	俄罗斯	R	V094	哈 R531	黑龙江	R
V023	H 甜 08	黑龙江	B	V059	罗甜 10	俄罗斯	R	V095	哈 R5311	黑龙江	R
V024	H 甜 29	黑龙江	R	V060	北方 44	俄罗斯	B	V096	哈 R533	黑龙江	R
V025	H 甜 09	黑龙江	R	V061	库班甜 9	俄罗斯	R	V097	哈 R534	黑龙江	R
V026	MR845	印度	R	V062	俄 24	俄罗斯	R	V098	H 甜 30	黑龙江	R
V027	川系 58	四川	R	V063	乌引 149	乌克兰	R	V099	哈 R556	黑龙江	R
V028	Rio	美国	R	V064	库印	俄罗斯	R	V100	哈 R557	黑龙江	R
V029	Honey Drop	美国	R	V065	库班 36	俄罗斯	R	V101	哈 R575	黑龙江	R
V030	H 甜 10	黑龙江	R	V066	萨引 05	俄罗斯	R	V102	哈 R578	黑龙江	R
V031	甜 2	吉林	R	V067	库班引 30	俄罗斯	R	V103	哈 R579	黑龙江	R
V032	沈甜	辽宁	R	V068	俄引 6	俄罗斯	R	V104	吉 404	吉林	R
V033	ICSV298	印度	R	V069	俄引 05	俄罗斯	R	V105	哈 R648	黑龙江	R
V034	LT01	辽宁	R	V070	乌甜 2	乌克兰	R	V106	哈 R6481	黑龙江	R
V035	H 甜 11	黑龙江	R	V071	乌甜 3	乌克兰	R	V107	哈 R6482	黑龙江	R
V036	原 8001	北京	R	V072	乌甜 4	乌克兰	R	V108	哈 R657	黑龙江	R

表 1(续)

编号 Code	品种名称 Name	来源 Origion	类型 Type	编号 Code	品种名称 Name	来源 Origion	类型 Type	编号 Code	品种名称 Name	来源 Origion	类型 Type
V109	哈 R6591	黑龙江	R	V138	MR732	印度	R	V167	954066B(C. T)	墨西哥	B
V110	哈 R670	黑龙江	R	V139	D2413881K	印度	R	V168	M66341	墨西哥	R
V111	H 甜 27	黑龙江	R	V140	ICSV95019	印度	R	V169	IcSLV10	墨西哥	R
V112	L116	辽宁	R	V141	IS634	印度	R	V170	MN2904	美国	R
V113	哈 R6761	黑龙江	R	V142	IS18947	印度	R	V171	CLUB HZAD3	美国	R
V114	哈 R6841	黑龙江	R	V143	IS3798	印度	R	V172	MN4563	美国	R
V115	0902237	黑龙江	R	V144	IS22204	印度	R	V173	MAZO AMBER2	美国	R
V116	L3222	辽宁	R	V145	D2411981K	印度	R	V174	FAMADRI	美国	R
V117	农 30 高	黑龙江	R	V146	IS8345	印度	R	V175	MN67	美国	R
V118	农 43	黑龙江	R	V147	IS620	印度	R	V176	MN2948	美国	B
V119	农 431	黑龙江	R	V148	ICSV335	印度	B	V177	MN55	美国	R
V120	农 44	黑龙江	R	V149	ICSV234	印度	R	V178	MN2787	美国	R
V121	农 441	黑龙江	R	V150	ICSV189	印度	B	V179	RedAmber	美国	R
V122	农 66	黑龙江	R	V151	SC170	印度	R	V180	Fremont Sotgo	美国	R
V123	092016	黑龙江	R	V152	ICSV401	印度	R	V181	Wacontia Amber	美国	R
V124	H 甜 20	黑龙江	R	V153	ICSV330	印度	R	V182	MN3543	美国	R
V125	鲁粘 533	山东	R	V154	墨采 B	墨西哥	B	V183	Honey Sorghum	美国	B
V126	6260	黑龙江	R	V155	G3C1258 × G3C1014	墨西哥	R	V184	MN3739	美国	R
V127	H 甜 21	黑龙江	R	V156	77CS766	墨西哥	R	V185	MN2901	美国	R
V128	09 永	黑龙江	R	V157	Salvador84A55	墨西哥	R	V186	Yellow Darso#319	美国	R
V129	IS3620C	印度	R	V158	IcSLV2	墨西哥	R	V187	MN3019	美国	R
V130	92097	山西	R	V159	PN4086	墨西哥	R	V188	MN2882	美国	R
V131	02 引 18	黑龙江	R	V160	IcSLV20	墨西哥	R	V189	Kama Ndri	美国	R
V132	02 引 22	黑龙江	R	V161	IS10586B	墨西哥	B	V190	MN4513	美国	R
V133	092137	黑龙江	R	V162	IcSLV16	墨西哥	R	V191	Early Hegari SA#281	美国	R
V134	H 甜 22	黑龙江	R	V163	GR148111bkkb	墨西哥	R	V192	IS1232	美国	R
V135	机械化	内蒙古	R	V164	Sc59911E	墨西哥	R	V193	PIERCE KAFIR	美国	R
V136	吉 8917	吉林	R	V165	LENTAS761	墨西哥	R	V194	CULTIVAR	美国	B
V137	印四	印度	R	V166	M60029B	墨西哥	B				

1.2 试验方法

农艺性状测定:所有试验材料分别于 2008 年和 2009 年种植于黑龙江省农业科学院(哈尔滨)试验基地。行长 5 m,3 行区,3 次重复,于生育期间进行出苗至开花时间、生育日数、分蘖、茎粗、含糖量、单株重、株高、穗长等性状的调查或测定,收获后调查单穗粒重及千粒重,将整株榨汁后用测糖仪测定茎秆含糖锤度。选取有代表性的连续 10 株进行调查,取所有数据平均值作为调查结果。调查项目参照《高粱种质资源描述规范和数据标准》^[9]进行。

用 SAS 软件分析所有品种各性状的平均值及标准差(*SD*)。同时将原始数据经过标准化变换,采用 UPGMA(unweighted pair-group method with arithmetic means)法聚类分析。

2 结果与分析

2.1 不同来源甜高粱种质资源的性状表现

不同来源的甜高粱种质资源性状差异明显,变异范围大,具有丰富的遗传多样性(表 2)。通过对各来源品种性状的分析表明,中国品种主要特点为生育期居中、植株较矮、穗较长且千粒重较重。俄罗斯品种主要表现为分蘖多、含糖量较高、单株生物产量高、植株较高且穗较长。乌克兰品种表现为生育期早、分蘖较多、含糖量高、单株生物产量较高、植株较高且穗较长。印度品种表现为生育期长、穗较长且单穗粒重和千粒重均较高。墨西哥品种表现为生育期长、茎秆粗、穗较长且单穗粒重和千粒重均较高。美国品种表现为含糖量较高、植株较高且千粒重较重。来源不同的品种引进后表现出了不同的性状差异。

表 2 不同来源种质资源的性状平均值及标准差

Table 2 Average values \pm SD of germplasm resources of each origin

来源 Origin	出苗至开花时间(d) Days from emergence to flowering	生育日数(d) Growth duration	分蘖 Tillers	茎粗(cm) Stem diameter	含糖量(%) Sugar content
中国	85.01 \pm 5.94b	126.46 \pm 7.28b	0.19 \pm 0.32bc	1.63 \pm 0.25b	13.13 \pm 2.12b
俄罗斯	86.80 \pm 5.01b	126.65 \pm 8.42b	0.47 \pm 0.60a	1.49 \pm 0.22b	13.95 \pm 1.96a
乌克兰	83.09 \pm 4.65b	118.45 \pm 4.87c	0.38 \pm 0.40ab	1.52 \pm 0.13b	14.14 \pm 1.54a
印度	89.00 \pm 5.23a	130.73 \pm 6.64a	0.14 \pm 0.34c	1.60 \pm 0.25b	12.62 \pm 2.54bc
墨西哥	90.06 \pm 3.15a	134.18 \pm 6.83a	0.13 \pm 0.25c	1.79 \pm 0.27a	12.19 \pm 1.99c
美国	83.75 \pm 6.66b	125.36 \pm 8.08b	0.24 \pm 0.25bc	1.46 \pm 0.24b	13.80 \pm 2.01ab

来源 Origin	单株生物产量(g) Biomass/plant	株高(cm) Plant height	穗长(cm) Panicle length	单穗粒重(g) Panicleweight	千粒重(g) 1000-grain weight
中国	379.88 \pm 124.18b	162.40 \pm 63.94b	24.12 \pm 2.80a	56.06 \pm 20.83b	24.58 \pm 5.37a
俄罗斯	434.75 \pm 132.45a	259.95 \pm 54.74a	25.15 \pm 3.38a	39.75 \pm 18.28c	18.19 \pm 4.81b
乌克兰	405.68 \pm 118.54ab	251.82 \pm 46.43a	26.86 \pm 6.57a	35.36 \pm 15.52c	19.17 \pm 3.21b
印度	377.73 \pm 102.16b	172.64 \pm 49.08b	24.23 \pm 3.02a	71.95 \pm 24.30a	24.49 \pm 3.75a
墨西哥	316.47 \pm 82.44c	133.65 \pm 34.27c	23.82 \pm 3.32a	62.47 \pm 21.60a	24.01 \pm 4.83a
美国	357.68 \pm 139.69b	249.25 \pm 56.49a	21.14 \pm 5.45b	42.07 \pm 15.95bc	23.29 \pm 4.63a

不同字母表示 0.05 水平差异显著,下同

Different letters represent significant difference at 0.05 level, the same as below

2.2 甜高粱品种的聚类分析

平均距离为 0.66 时将 194 份材料划分为 6 个类群(图 1)。

聚类结果表明,各类群具有不同的农艺性状特点(表 3),具体表现如下。

第 I 类群:共 65 个品种。主要特点为生育期较长、植株矮、茎秆较粗、单株生物产量低及千粒重较高。这一类群中中国品种为 38 份、占 58.5%,墨西哥品种 14 份,另外有 11 个品种为美国和印度品种,乌克兰品种 2 个,没有俄罗斯品种。有 18 份为保持系,其余为恢复系。

按第 I 类群中品种的特点可再分为 2 个亚群,其中第 1 亚群有 47 个品种,主要表现为单株生物产量较高(305.5 g)、单穗粒重较高(57.6 g)。第 2 亚群有 18 个品种,单株生物产量(202.2 g)和单穗粒重(46.8 g)均比第 1 亚群低。

第 II 类群:包含 17 个品种。主要特点为生育期短、植株较高、茎秆较细、单株生物产量和单穗粒重低。这一类群中几乎全部为国外品种,其中美国品种 9 份、乌克兰品种 4 份、俄罗斯品种 3 份,只有 1 份中国品种 H 甜 06,其父、母本均为国外血缘。其中保持系 2 份,其余为恢复系。

第 III 类群:共 41 个品种。主要特点为生育期中

等,单株生物产量较高、含糖量较高、穗较长。

按品种特点可将其分为 2 个亚群,其中第 1 亚群 15 个品种,与第 2 亚群相比植株较矮,平均株高为 187.3 cm,这一亚群中大部分为中国品种。第 2 亚群 26 个品种,特点为植株较高,平均株高为 274 cm,这一亚群中大部分为国外品种。其中保持系 6 份,其余为恢复系。

第 IV 类群:共 31 个品种。主要特点为生育期长、植株较矮、茎秆粗、分蘖少且单穗粒重和千粒重均较高。此类群主要为中国和印度品种,其中中国品种 17 个、印度品种 9 个。保持系 5 份,其余为恢复系。

按品种特点将其分为 2 个亚群,其中第 1 亚群为 9 个品种,特点为植株较矮(111.6 cm)、单穗粒重低(38.3 g)、千粒重较低(22.5 g)。第 2 亚群为 22 个品种,与第 1 亚群相比植株较高(169.0 cm)、单穗粒重较高(79.6 g)、千粒重较高(27.1 g)。

第 V 类群:共 31 个品种。主要特点为早熟、高秆、单穗粒重较低、千粒重低。这个类群中主要为国外品种,中国品种只有 4 个,国外品种为美国 10 个、俄罗斯 9 个、乌克兰 7 个及印度 1 个。其中保持系 2 份,其余为恢复系。

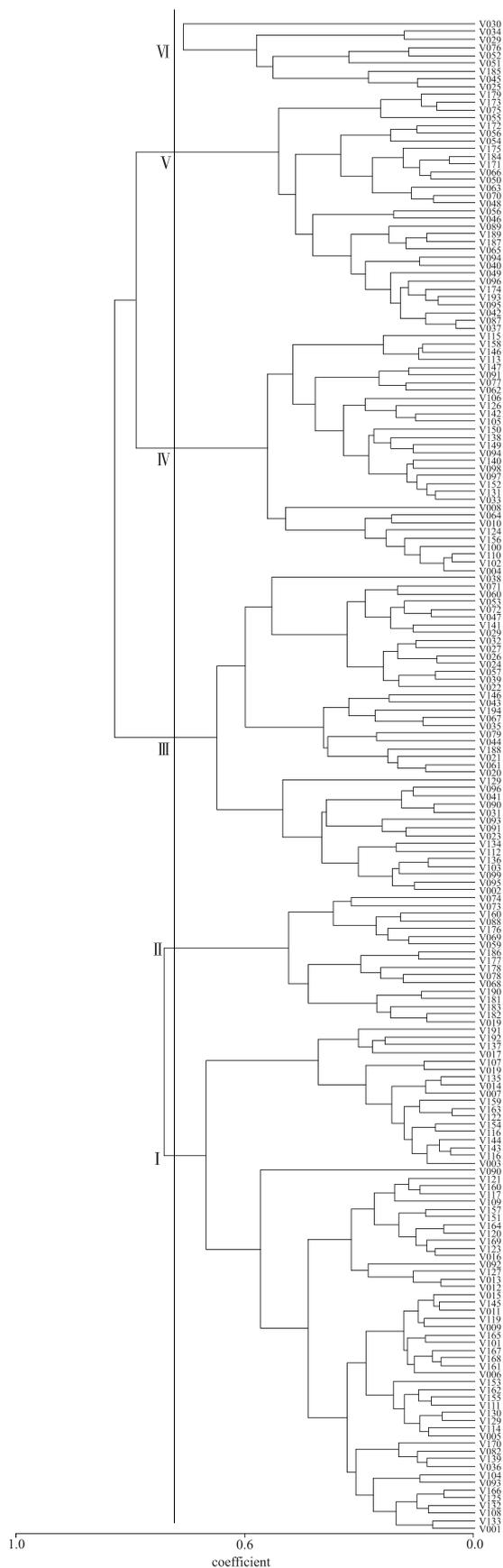


图1 不同来源甜高粱种质资源的聚类结果

Fig.1 Clusters of sweet sorghum germplasm resources from different origins

第Ⅵ类群:共9个品种。主要特点为生育期长、含糖量高、单株生物产量高、植株较高、单穗粒重低,其中单株生物产量在6个类群中为最高。这一类群包含中国品种4个、美国品种2个、俄罗斯品种2个、乌克兰品种1个。这个类群材料单株生物产量和含糖量均高,综合性状优异,可作为材料创新及杂交育种的首选品种。本类群均为恢复系。

聚类分析结果表明,大多数甜高粱品种可按地理来源划分为不同类群,可能是由于不同国家育种目标不同而使所选育的品种农艺性状有所不同,或不同地理来源品种在哈尔滨的环境效应不同。但也有些地理来源不同的品种划分为同一类群,说明这些不同来源的品种在某些农艺性状方面存在相似性。不同类型材料按其农艺性状聚类在不同类群中。

3 讨论

3.1 遗传多样性分析与种质资源引进

丰富的遗传资源是进行高效育种的基础。以往的研究表明,我国甜高粱品种与国外品种相比,存在遗传多样性不够丰富、遗传基础比较狭窄的问题^[10-11]。这主要是由于我国在20世纪80年代才大范围开展甜高粱育种研究,许多甜高粱品种都是通过利用地区间及国外资源进行选择、驯化及杂交后育成的^[12-13],而有限的资源数量、选择压力及多代自交使高粱种质资源的遗传多样性变得狭窄^[14],不能满足更高水平的育种需要。因此,通过引进国外种质资源可以丰富我国甜高粱的遗传多样性。本研究分析表明,中国甜高粱种质资源存在生物产量较低、株高矮且含糖量不高等问题,而国外引进资源则具有一些优异性状,在进行种质资源改良时可重点加以利用。针对我国品种特点,在进行品种改良时,可利用早熟的乌克兰品种及晚熟的墨西哥品种来拓宽生育期;利用俄罗斯、乌克兰和美国品种株高较高、墨西哥品种茎秆粗、印度品种单穗粒重高以及乌克兰和俄罗斯品种分蘖性强、生物产量高且含糖量高的特点来改良我国品种的这些性状。

3.2 遗传多样性分析在杂交育种中的应用

出苗至开花日数、生育日数、株高、穗长、单穗粒重、千粒重、单株生物产量及含糖量等性状均为甜高粱育种的重要农艺性状,且均以加性效应遗传为主,杂交后代的性状是双亲性状累加的结果^[1,15]。根据这些遗传特点,在选择亲本时双亲的性状值最好都高,才能保证杂交后代有较优异的性状。通过对我

表 3 不同类群性状的平均值及 SD

Table 3 Average values \pm SD of each group clustered based on agronomical traits

类群 Group	出苗至开花时间(d) Days from emergence to flowering	生育日数(d) Growth duration	分蘖 Tillers	茎粗(cm) Stem diameter	含糖量(%) Sugar content
I	86.40 \pm 6.52a	129.18 \pm 7.93a	0.14 \pm 0.25c	1.67 \pm 0.27ab	12.45 \pm 2.05c
II	80.76 \pm 5.40c	120.47 \pm 7.06c	0.29 \pm 0.22bc	1.38 \pm 0.27b	13.49 \pm 1.92bc
III	85.85 \pm 4.91ab	124.95 \pm 7.31b	0.28 \pm 0.40bc	1.56 \pm 0.13b	14.34 \pm 2.03ab
IV	87.06 \pm 5.87a	130.71 \pm 6.01a	0.12 \pm 0.22c	1.72 \pm 0.27a	12.82 \pm 2.13c
V	84.42 \pm 4.67b	121.97 \pm 7.01c	0.34 \pm 0.50b	1.44 \pm 0.17b	13.55 \pm 1.84bc
VI	88.78 \pm 5.38a	128.22 \pm 9.82a	0.58 \pm 0.55a	1.63 \pm 0.11ab	14.76 \pm 1.66a
类群 Group	单株生物产量(g) Biomass/plant	株高(cm) Plant height	穗长(cm) Panicle length	单穗粒重(g) Panicleweight	千粒重(g) 1000-grain weight
I	276.92 \pm 53.91d	122.62 \pm 24.56b	23.92 \pm 3.75a	54.58 \pm 20.05b	24.14 \pm 4.97a
II	251.76 \pm 31.87d	231.29 \pm 34.77a	23.71 \pm 4.91a	41.65 \pm 16.67c	22.02 \pm 3.61a
III	506.34 \pm 41.88b	242.29 \pm 49.95a	25.05 \pm 3.75a	54.00 \pm 20.25b	22.60 \pm 5.57a
IV	405.48 \pm 31.76c	152.35 \pm 32.45b	24.29 \pm 2.72a	67.61 \pm 28.74a	25.77 \pm 5.51a
V	377.10 \pm 35.73c	278.81 \pm 29.27a	23.65 \pm 6.27a	40.23 \pm 17.87c	20.14 \pm 4.52b
VI	701.67 \pm 48.02a	265.56 \pm 44.26a	22.56 \pm 2.88ab	38.67 \pm 14.40c	20.13 \pm 4.62b

国及国外引进品种的遗传多样性分析,第Ⅵ类群的9个品种具有单株生物产量高、含糖量高及植株高大等优良性状,综合农艺性状优异,可作为材料创新及杂交育种的首选品种。

在进行种质创新和杂交种选育时,亲本间亲缘关系远、性状差异大,后代的杂种优势就越强,且分离群体的可选择性也越多^[1],因此,对亲本进行遗传多样性分析将为获得较高的杂种优势提供理论依据。以往的研究表明,利用表型性状的遗传多样性分析结果与品种的来源相符^[7],且类群间品种的杂交优势高于类群内优势^[16]、中国高粱与国外高粱杂种优势高于中国高粱品种间的杂种优势^[17],在甜高粱栽培品种和杂交种的改良中应重视利用不同地理来源的种质资源^[18]。因此,结合本研究分析结果,在选择杂交亲本时,应注重选择不同类群间的品种进行杂交且最好是中国高粱和国外品种杂交,以获得较强的杂种优势,提高育种效率。

参考文献

[1] 卢庆善. 甜高粱[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008: 83-101

[2] 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

[3] Assar A H, Uptmoor R, Abdelmula A A, et al. Genetic variation in sorghum germplasm from Sudan, ICRISAT, and USA assessed by simple sequence repeats (SSRs) [J]. Crop Sci, 2005, 45: 1636-1644

[4] 蔡一林, 刘志斋, 王天宇, 等. 国内部分玉米地方品种的品质与农艺性状的表型多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(1): 31-36

[5] 李志波, 王睿辉, 张茶, 等. 河北省小麦品种基于农艺性状的遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2009, 10(3): 436-442

[6] 唐浩, 余汉勇, 肖应辉, 等. 基于 DUS 测试的水稻标准品种形态性状多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(6): 853-859

[7] 冯国郡, 李宏琪, 叶凯, 等. 甜高粱种质资源在新疆的多样性表现及聚类分析[J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13(3): 398-405

[8] 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

[9] 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: 50-60

[10] Li R Y, Zhang H, Zhou X C, et al. Genetic diversity in Chinese sorghum landraces revealed by chloroplast simple sequence repeats[J]. Genet Res Crop Evol, 2010, 57: 1-15

[11] Pei Z, Gao J, Chen Q, et al. Genetic diversity of elite sweet sorghum genotypes assessed by SSR markers[J]. Biol Plantarum, 2010, 54: 653-658

[12] 卢庆善, 邹剑秋, 朱凯, 等. 高粱种质资源的多样性和利用[J]. 植物遗传资源学报, 2010, 11(6): 798-801

[13] Zhang H, Wang J C, Wang D J, et al. Assessment of genetic diversity in Chinese sorghum landraces using SSR markers as compared with foreign accessions [J]. Acta Agron Sin, 2011, 37: 224-234

[14] Zongo J D, Gouyon P H, Sarr A, et al. Genetic diversity and phylogenetic relations among Sahelian sorghum accessions [J]. Genet Res Crop Evol, 2005, 52: 869-878

[15] 王黎明, 黄瑞冬, 焦少杰, 等. 甜高粱含糖量遗传的基因效应分析[J]. 作物杂志, 2010(4): 62-64

[16] Segovia-Lerma A, Murray L W, Townsend M S, et al. Population-based diallel analyses among nine historically recognized alfalfa germplasm [J]. Theor Appl Genet, 2004, 109: 1568-1575

[17] 张文毅. 高粱穗结构的遗传研究[J]. 辽宁农业科学, 1987(3): 7-10

[18] Wang M L, Zhu C S, Barkley N A, et al. Genetic diversity and population structure analysis of accessions in the US historic sweet sorghum collection [J]. Theor Appl Genet, 2009, 120: 13-23