

甘肃省新征集高粱地方品种资源的 鉴定与遗传多样性评价

何继红¹, 董孔军¹, 刘敏轩², 任瑞玉¹, 张磊¹, 杨天育¹, 陆平²

(¹甘肃省农业科学院作物研究所, 兰州 730070; ²中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

摘要:对甘肃省东部7个地区30个县海拔953~2024 m、33°44′~36°04′N范围内的高粱地方品种资源进行了考察征集, 新征集到高粱品种资源128份。在统一鉴定的基础上采用变异系数、多样性指数和聚类分析方法, 对8个质量性状、8个数量性状的遗传多样性进行了分析, 结果表明:128份高粱地方品种资源主要性状平均遗传多样性指数1.172; 穗粒重遗传多样性指数最高为1.468, 芒性遗传多样性指数最低仅0.627; 穗型变异系数最高为62.99%, 生育期变异系数最低只有3.99%。在7个地区中, 庆阳地区征集资源的遗传多样性指数最高为1.186; 兰州地区征集的品种资源遗传多样性指数最低仅为0.373。聚类分析表明, 128份品种资源可分为6大类, 6大类中都有庆阳和定西地区的品种资源, 说明庆阳、定西地区新征集到的高粱资源遗传多样性最为丰富。

关键词:高粱; 地方品种资源; 征集鉴定; 遗传多样性

Identification and Genetic Diversity Evaluation of New-collective Germplasm of Sorghum in Gansu Province

HE Ji-hong¹, DONG Kong-jun¹, LIU Min-xuan², REN Rui-yu¹, ZHANG Lei¹, YANG Tian-yu¹, LU Ping²

(¹Crop Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070;

²Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: The 128 sorghum landraces germplasm distributed in thirties counties of seven prefecture in Gansu province were collected at the elevation between 953-2024 meters and the north latitude between 33°44′-36°04′. Based on the identification, eight quality characters and eight quantity characters were analyzed by coefficient variation, genetic diversity index and clustering analysis method. The result showed that average genetic diversity index of 128 germplasm was about 1.172. Among the sixteen characters, the genetic diversity index of weight per spike and the burr trait respectively were the most with 1.468 and the smallest with 0.627. The coefficient of variation (CV) of panicle type and period of growth respectively were the most with 62.99% and the smallest with 3.99%. The result also showed that the gemplasm genetic diversity index collected from Qingyang prefecture had the most with 1.186 and the smallest with 0.373 collected from Lanzhou prefecture. The result of clustering analysis showed the 128 sorghum landraces germplasms were classified into six groups according to their genetic distance, and the genetic diversity of the populations from Qingyang, and Dingxi prefecture were very ample.

Key words: sorghum; landraces germplasm; collection and identification; genetic diversity

收稿日期: 2014-05-28 修回日期: 2014-06-13 网络出版日期: 2015-04-24

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20150424.1400.001.html>

基金项目: 农业部作物种质资源保护子项目 [NB2011-2130135-25-06(6)]

第一作者主要从事小杂粮资源研究。E-mail: hjh68-821@163.com

通信作者: 杨天育, 主要从事小杂粮遗传育种研究。E-mail: 13519638111@163.com

陆平, 主要从事杂粮作物品种资源研究。E-mail: zaliang@sina.com

高粱是甘肃省历史上重要的杂粮作物之一,1952年全省高粱种植面积曾达72300 hm²^[1],后来虽然种植面积逐年缩减,2000年种植面积降到1.84万hm²,2012年仅7300 hm²^[2],但高粱仍然是部分地区种植业不可缺少的调剂作物。甘肃省是国内高粱栽培历史最悠久的地区之一,据民乐县六坝乡东灰山新石器遗址考证,距今5000(±159)年就有高粱栽培^[3]。漫长的自然和人工选择过程中形成了甘肃省丰富多样的高粱品种资源,前人在广泛征集和研究的基础上,将甘肃省高粱资源分为食用和工艺用2个亚种、4个类型、10个变种^[4]。20世纪80年代,通过整理归并将123份高粱种质资源编入国家库保存,并鉴定出一批具有特殊性状品种入选中国高粱特殊性状品种名录,如高蛋白高粱陇南330(12.24%)和扫帚高粱(14.38%)、高赖氨酸高粱小辈红高粱(3.13%)、低单宁含量高粱涇梁1号(0.03%)等^[5]。前人开展的高粱地方品种的普查、征集、整理和鉴定等工作,为全省高粱生产和科研发展起到很大推动作用,但高粱资源的收集保存及利用评价是一个长期的任务。为此,2010-2013年甘肃农科院作物所和中国农科院作物所联合对甘肃省陇东地区庆阳、平凉、天水、陇南、白银、定西和兰州7市30个县海拔953~2024 m、33°44'~36°04'N范围内的高粱地方品种资源进行了广泛考察征集,并将新征集到的128份品种资源在甘肃省农科院会宁试验站进行了田间统一鉴定和遗传多样性评价,以期对高粱种质资源的创新利用和遗传改良提供优异材料。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2010年以资源征集点间距离20 km以上的乡村为考察单位,对甘肃东部地区7市30个县、海拔953~2024 m、33°44'~36°04'N范围的资源进行考察征集,新征集到高粱地方品种资源128份,其中定西地区17份、天水地区35份、陇南地区15份、白银地区11份、平凉地区21份、庆阳地区27份、兰州地区2份。

1.2 田间种植及性状调查

2012-2013年在甘肃省农业科学院会宁综合试验站对128份高粱品种资源种植鉴定。田间种植顺序排列,3次重复,2行区,行距0.4 m,株距0.2 m,行长3 m,每行15株,每小区30株。地膜覆盖穴播种植,施肥、除草和田间管理水平一致。

按照《高粱种质资源描述规范和数据标准》^[6],生育期间记载各品种播种期、出苗期、抽穗期、成熟期及幼苗叶色、穗型、穗形、颖壳色、芒性、颖壳包被度、粒色、粒形8个质量性状,成熟后每重复取10株考种,考察株高、茎粗、穗长、穗柄长、单穗粒重、千粒重6个数量性状,以2年6个重复的平均值进行统计计算。

1.3 数据处理与分析

所有性状调查所得数据用DPSV 6.55版软件分析处理。用Shannon-weaver多样性指数来衡量遗传多样性的大小,计算公式为: $H' = -\sum P_i \ln P_i$ 。其中 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^[7]。幼苗叶色、穗型、穗形、颖壳色、芒性、颖壳包被度、粒色、粒形8个质量性状分别予以赋值,计算性状类别的频率分布和多样性指数;出苗至抽穗的天数、生育期、株高、茎粗、穗长、穗柄长、单穗粒重、千粒重8个数量性状对数据进行标准化,根据平均数(X)、标准差(s)将材料分为6级,从第1级 $X_i < (-2s)$ 到第6级 $\geq (+2s)$,中间每级间差0.5s,每一组的相对频率用于计算多样性指数。对8个数量性状数据标准化后,采用欧氏距离可变类平均法进行聚类分析^[8]。

2 结果与分析

2.1 新征集高粱地方品种资源的地区遗传多样性分析

从表1可以看出,128份新征集高粱地方品种资源遍及甘肃省7个市30个县(区),分布在海拔953~2024 m、33°44'~36°04'N和103°21'~107°57'E范围内,分布范围比较广泛。从征集资源份数看,天水征集到的资源最多,为35份;其次是平凉和庆阳,分别为21份和27份;兰州征集到的资源最少,仅2份。新征集到的资源数量与该区域目前种植高粱的普遍程度有密切关系,即高粱种植面积大的地方征集到的资源较多。对7个市征集到资源的遗传多样性分析表明,庆阳、天水地区的资源遗传多样性丰富,多样性指数分别为1.186和1.145;陇南征集到的资源遗传差异较小,15份资源多样性指数仅0.829,比白银市11份资源的遗传多样性指数(1.012)还小;兰州地区资源遗传多样性最小,仅0.373,这可能与征集的资源遗传差异小有关,也可能与征集资源数量少有关。

由表2可以看出不同地区新征集高粱品种资源的性状差异较大。兰州市因只有2份资源性状差异

表 1 新征集高粱地方品种资源的地区多样性指数

Table 1 Geographic information and genetic diversity index of new-collective sorghum germplasms

地区 Prefecture	县区数 County number	品种数 Variety number	海拔(m) Altitude	纬度范围(N) Latitude range	经度范围(E) Longitude range	H'
定西市 Dingxi	5	17	1617 ~ 2065	34°55' ~ 35°02'	103°55' ~ 105°21'	1.055
天水市 Tianshui	7	35	1081 ~ 1944	34°56' ~ 34°20'	105°57' ~ 106°15'	1.145
陇南市 Longnan	4	15	953 ~ 1578	33°44' ~ 33°52'	105°46' ~ 105°20'	0.829
白银市 Baiyin	1	11	1738 ~ 2024	35°41' ~ 35°41'	105°05' ~ 105°23'	1.012
平凉市 Pingliang	6	21	1085 ~ 1843	35°19' ~ 35°32'	107°06' ~ 105°46'	1.073
庆阳市 Qingyang	6	27	1032 ~ 1526	35°54' ~ 35°38'	107°57' ~ 106°54'	1.186
兰州市 Lanzhou	1	2	1540	36°04'	103°21'	0.373

表 2 新征集高粱地方品种资源的地区性状的遗传多样性指数

Table 2 Genetic diversity index of characters with new-collective sorghum germplasms

性状 Trait	定西 Dingxi	天水 Tianshui	陇南 Longnan	白银 Baiyin	平凉 Pingliang	庆阳 Qingyang	兰州 Lanzhou
幼苗叶色 Seedling color	0.924	1.001	1.085	0.995	0.487	0.943	0.693
穗型 Panicle type	1.073	0.781	0.393	0.908	1.036	1.092	0
穗形 Spike shape	0.804	0.868	0.393	1.034	1.077	0.899	0
颖壳色 Glume color	0.691	0.706	0.393	0.586	0.549	1.047	0
芒性 Burr trait	0.677	0.622	0.500	0.689	0.598	0.637	0.693
颖壳包被度 Hull coated degree	1.055	0.772	0.580	0.916	0.808	0.916	0
粒色 Grain color	1.006	1.408	0.882	1.241	1.354	1.401	0
粒形 Grain shape	1.141	1.137	0.691	0.916	0.832	1.201	0
株高 Plant height	0.972	1.278	0.882	0.935	1.237	1.561	0.693
茎粗 Stem diameter	1.366	1.265	0.500	1.169	1.342	1.137	0.693
穗长 Panicle length	1.234	1.324	1.010	1.169	1.488	1.201	0.693
穗柄长 Panicle branch length	1.038	0.887	1.044	0.689	0.665	1.237	0
穗粒重 Grain weight of spike	1.232	1.324	1.263	1.295	1.447	1.501	0.693
千粒重 1000-grain weight	1.300	1.138	1.137	1.067	1.172	1.488	0.693
出苗至抽穗天数 Period from seedling to heading	1.005	1.601	1.160	1.241	1.248	1.155	0
生育期 Period of growth	1.003	1.429	0.730	1.241	1.211	0.943	0.693

较小除外,其他 6 个市中芒性和颖壳色 2 个性状的遗传多样性指数都最小,定西(0.677)、天水(0.622)和庆阳(0.637)3 市高粱资源的芒性遗传多样性最小,而陇南(0.393)、白银(0.586)和平凉(0.549)3 市高粱资源的颖壳色遗传多样性最小,这说明芒性和颖壳色是比较稳定的遗传性状,受环境影响较小。6 个市中高粱资源遗传多样性最丰富的性状包括了茎粗、出苗至抽穗天数、穗粒重、穗长和株高等,其中定西市茎粗多样性指数最大(1.366),天水市出苗至抽穗天数多样性指数最大(1.601),庆阳市和平凉市穗粒重多样性指数最大(分别为

1.501 和 1.447),平凉穗长多样性指数最大(1.488),庆阳株高多样性指数最大(1.561),说明这些性状受环境影响比较大。

2.2 新征集高粱地方品种资源的性状遗传多样性分析

由表 3 可以看出,新征集的 128 份地方品种资源性状的变异比较丰富,16 个性状变异系数介于 3.99% ~ 62.99% 之间,平均变异系数 33.70%;遗传多样性指数介于 0.627 ~ 1.468 之间,平均遗传多样性指数 1.172。其中,穗型变异系数最大,生育期变异系数最小;穗粒重遗传多样性指数最高,芒性遗

传多样性指数最低。16个性状中仅千粒重、生育期、茎粗和出苗至抽穗天数4个性状变异系数小于20%,其余12个性状变异系数都在20%以上,尤其是幼苗叶色、穗型、颖壳色、颖壳包被度和粒形5个性状变异系数超过了47%;16个性状中遗传多样性指数仅幼苗叶色、颖壳色、颖壳包被度和芒性4个性状遗传多样性指数小于1.00,其余12个性状遗传多样性指数均大于1.00,粒色、株高、茎粗、穗长、穗粒重、千粒重和出苗至抽穗天数等8个性状遗传多样性指数都超过了1.35。结果说明,新征集的128份高粱地方品种资源具有较高的遗传多样性,多样性差异主要体现在幼苗叶色、穗型、颖壳色、颖壳包被度和粒形等质量性状和株高、茎粗、穗长、穗粒重、千粒重和出苗至抽穗天数等数量性状上。

生育期和出苗至抽穗天数是反映高粱资源发育进程和熟性的指标,从表3可以看出,128份高粱资源平均生育期 134.20 ± 5.36 d,最晚熟的生育期165 d,

最早熟的生育期124 d,生育期变异系数(3.99%)较小,多样性指数(1.217)较高;出苗至抽穗天数平均 74.09 ± 5.21 d,最长的86 d,最短的63 d,出苗至抽穗天数变异系数7.03%,多样性指数1.454。

幼苗叶色、穗型、穗形、颖壳色、芒性、颖壳包被度、粒色、粒形8个质量性状是区别高粱形态特征的主要性状。从表3可以看出,除幼苗叶色、颖壳色、芒性、颖壳包被度4个性状多样性指数 <1 ,差异较小外,穗型、穗形、粒色、粒形4个性状类型丰富,穗型有侧散、中紧、周散、中散和紧5类,以侧散穗型最多,穗型变异系数62.99%,多样性指数1.142;穗形分纺锤形、帚形、牛心形、伞形、棒形5种,以帚形最多,穗形变异系数38.03%,多样性指数1.041;粒色包括红色、橙色、黄色、浅黄和白色5种,变异系数39.22%,多样性指数1.388,最多的是黄粒;粒形有椭圆、长圆、卵圆和圆4类,变异系数47.41%,多样性指数1.079,最多的是圆形子粒。

表3 新征集高粱地方品种资源性状主要参数和多样性指数

Table 3 The main parameters and genetic diversity index of characters with new-collective sorghum germplasms

项目 Item	最大值 Max.	最小值 Min.	标准差 SD	平均值 Average	变异系数 (%) CV	多样性指数 H'
幼苗叶色 Seedling color	3.00	1.00	0.84	1.66	50.51	0.971
穗型 Panicle type	5.00	1.00	1.14	1.80	62.99	1.142
穗形 Spike shape	4.00	1.00	0.89	2.34	38.03	1.041
颖壳色 Glume color	4.00	1.00	0.76	1.45	52.68	0.848
芒性 Burr trait	2.00	1.00	0.47	1.32	35.48	0.627
颖壳包被度 Hull coated degree	3.00	1.00	0.86	1.63	52.62	0.913
粒色 Grain color	5.00	1.00	1.06	2.70	39.22	1.388
粒形 Grain shape	4.00	1.00	1.06	2.24	47.41	1.079
株高(cm) Plant height	322.00	80.30	40.91	194.75	21.01	1.417
茎粗(cm) Stem diameter	1.88	0.44	0.23	1.30	17.44	1.398
穗长(cm) Panicle length	56.10	11.40	10.93	35.88	30.46	1.357
穗柄长(cm) Panicle branch length	88.22	13.50	11.29	34.89	32.37	1.104
穗粒重(g) Grain weight of spike	88.21	9.07	14.84	41.91	35.40	1.468
千粒重(g) 1000-grain weight	34.60	14.68	3.35	26.83	12.50	1.374
出苗至抽穗天数(d) Period from seedling to heading	86.00	63.00	5.21	74.09	7.03	1.454
生育期(d) Period of growth	165.00	124.00	5.36	134.20	3.99	1.217

株高、茎粗、穗长、穗柄长、单穗粒重、千粒重6个性状是高粱重要农艺性状,是产量决定相关性状。128份高粱资源平均株高 194.75 ± 40.91 cm,最高322.00 cm,最低80.30 cm,变异系数21.01%,多样性指数1.417;平均茎粗 1.30 ± 0.23 cm,最粗

1.88 cm,最细0.44 cm,变异系数17.44%,多样性指数1.398;平均穗长 35.88 ± 10.93 cm,最长56.10 cm,最短11.40 cm,变异系数30.46%,多样性指数1.357;平均穗柄长 34.89 ± 11.29 cm,最长88.22 cm,最短13.50 cm,变异系数32.37%,多样

性指数 1.104;平均穗粒重 41.91 ± 14.84 g,最重 88.21 g,最轻 9.07 g,变异系数 35.40%,多样性指数 1.468;平均千粒重 26.83 ± 3.35 g,最大 34.60 g,最小 14.68 g,变异系数 12.50%,多样性指数 1.374。

2.3 新征集高粱地方品种资源的遗传聚类分析

对 128 份新征集高粱地方品种资源进行遗传聚类分析,结果表明在遗传距离为 5.83 时,可以将 128 份新征集资源划分为 6 个大类群(图 1)。其中 2 个类群具有明显的地域聚类的特点,即类群 II 以天水地区和陇南的资源为主,类群 VI 以庆阳资源为主;其余 4 大类群都比较分散,没有明显的地域聚类特点。在 6 个类群中均有庆阳和定西地区的品种资源,5 个类群中均有天水地区的品种资源,这说明同一地区征集资源既有遗传分化现象,也存在较大的遗传相似性;庆阳、定西地区新征集到的高粱资源遗传多样性最为丰富。

3 讨论

高粱是世界五大谷类作物之一,除了食用外,在淀粉、酿酒、酒精、饲料、建材等行业具有广阔发展前景^[9]。研究认为,我国对交通不便的边远山区的植物遗传资源考察收集还很不够,由于植物遗传资源损失日趋加速,应进一步加强对优异植物资源的考察与收集^[10]。高粱品种资源是高粱育种的物质基础,由于每一次种质资源的创新和利用,都带来了高粱新品种生产潜力和品质等的不断提升^[11],因此,对高粱资源的收集保存及利用评价历来十分重视,在每一个时期都开展了大量对高粱资源的收集鉴定和利用评价工作,而且随着高粱新品种选育压力向其种质评价、创新和利用上的转移,对高粱品种资源的征集、鉴定和评价也提出了更高的要求^[12-15]。由于广泛征集是品种资源研究与利用的基础,无论从近期还是长远看,在以往征集工作的基础上继续征集过去遗漏的地方品种和现在的栽培品种,收集已退化的品种和新选育的品种,并不断从国外引进新品种,无疑都将是资源研究工作长期的重要内容之一。

高粱是喜温、喜光、耐旱、耐涝作物,具有广泛的适应性和较强的抗逆能力。尽管随着人民生活水平提高和种植业结构调整,高粱食用的重要性下降了,甘肃高粱种植面积缩减也很多,但甘肃是国内高粱栽培历史最悠久的地区之一^[3],从 7 市 30 个县区新征集的 128 份高粱地方品种资源的地理来源能够看

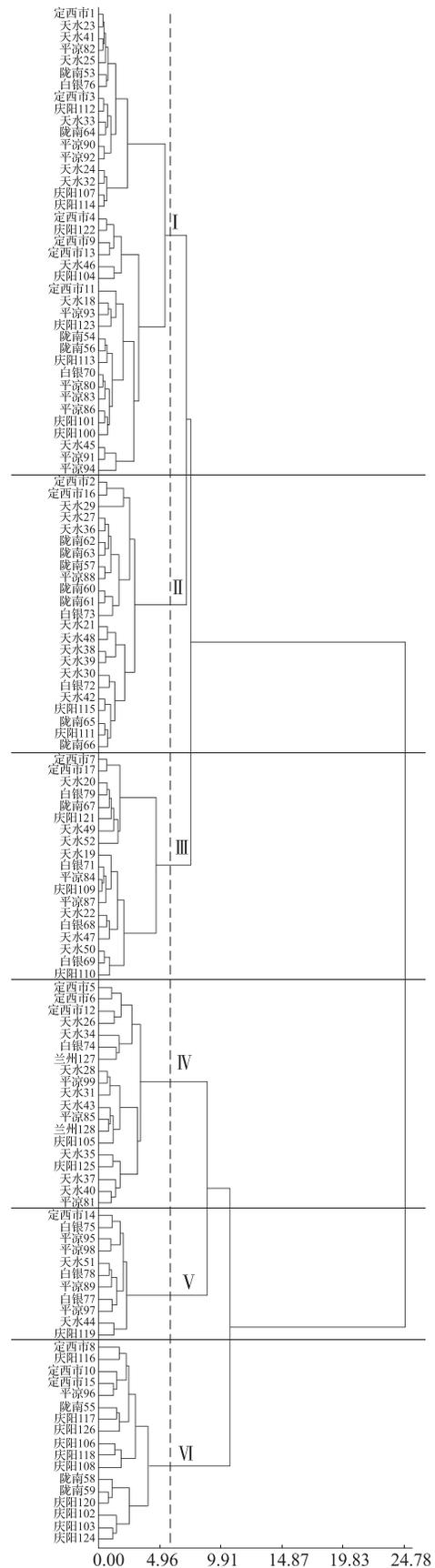


图 1 新征集 128 份高粱地方品种资源遗传聚类图
Fig. 1 Genetic cluster tree of the 128 sorghum landrace germplasm

出,从海拔 953 ~ 2024 m、33° 44' ~ 36° 04' N、103° 21' ~ 107° 57' E 之间都有高粱种植,有平川水地种植的,也有旱山旱塬地种植的,这都显示出高粱较强的适应性,高粱仍然是部分地区不可缺少的调剂作物。从新征集的 128 份高粱地方品种资源的遗传多样性看,其遗传多样性比较丰富,尤其是庆阳、定西和天水这些地区征集到的资源遗传差异较大,在穗型、粒色、株高、茎粗、穗长、穗粒重、千粒重和出苗至抽穗天数等性状显示出多样性的变化。在 8 个质量性状中,粒色的遗传多样性最为丰富,多样性指数最大(1.388),这与赵香娜等^[15]对 206 份国内外种质资源研究得出的粒色遗传多样性最高的结果一致,也与冯国郡等^[16]对 72 份甜高粱研究得出的粒色遗传多样性最丰富的结果相同。在 8 个数量性状中,穗粒重遗传多样性最丰富,多样性指数最大(1.468),其次是株高(1.417)和出苗至抽穗天数(1.454)2 个性状,这与赵香娜等^[15]和冯国郡等^[16]的结果部分相似,说明征集的 128 份高粱地方品种资源性状差异较大。随着分子生物学技术的快速发展和应用,RAPD 和 SSR 等分析方法越来越多的应用于高粱品种资源的遗传差异研究^[17-23],但是形态学水平上遗传多样性研究仍然具有简单、易行、快速等特点,因此仍被广泛应用,相信加强形态与分子水平研究的结合对新征集资源的精准鉴定和有益基因挖掘有重要意义,必将推动高粱种质创新和新品种改良工作取得新的进步。

聚类分析是研究和评价不同种质材料遗传差异的较为理想的方法,有助于了解品种资源的遗传背景及资源间的亲缘关系,为品种资源利用提供有益信息。对征集的 128 份高粱地方品种资源的聚类分析表明,Ⅱ类以天水市和陇南市的品种资源为主,Ⅵ类以庆阳市的品种资源为主,其余 4 大类群都比较分散,没有明显的地域聚类特点,说明品种类群间的表型分化与地理分布有一定的关系但又不绝对相关,这一结果与冯国郡等^[16]在高粱的和李艳花等^[23]在大豆的研究结果相似,明显的地域聚类特点可能与长期对同一环境的适应有关,而分散的聚类特征则可能与品种自身存在较大遗传差异有关。

参考文献

- [1] 王明喜. 甘肃高粱生产与品种改良的回顾与展望[J]. 甘肃农业科技,1998(2):1-3
- [2] 甘肃省农村年鉴 2013[M]. 北京:中国统计出版社,2013
- [3] 张振江. 甘肃高粱栽培史浅析[J]. 甘肃农业科技,1996(4):15-16
- [4] 张振江. 高粱分类概况及甘肃栽培种的分类[J]. 甘肃农业科技,1996(2):16-19
- [5] 袁秀萍. 甘肃省高粱种质资源的品质类型及评价[J]. 甘肃农业科技,2006(9):16-17
- [6] 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
- [7] Shannon C E, Weaver W. The mathematical theory of communication[M]. Chicago: The University of Illinois, Urbana, 1949:3-14
- [8] 刘洋,罗萍,林希昊,等. 甜高粱主要农艺性状相关性及其遗传多样性初析[J]. 热带作物学报,2011,32(6):1004-1008
- [9] 卢庆善,孙世贤,宋仁木,等. 高粱浑身是产业[M]//牛西午. 中国杂粮研究. 北京:中国农业出版社,2004
- [10] 王述民,李立会,黎裕,等. 中国粮食和农业植物遗传资源状况报告(I)[J]. 植物遗传资源学报,2011,12(1):1-12
- [11] 卢庆善. 高粱种质资源的多样性与评价[J]. 园艺与种苗,2011(4):1-5
- [12] 张桂香,史红梅,宋旭东. 山西省高粱种质资源收集鉴定与利用评价[J]. 山西农业科学,2008,36(7):77-80
- [13] 何宪江,李竹莹,黄刚,等. 高粱地方品种农艺性状表现及分类鉴定[J]. 贵州农业科学,2010,38(4):77-79
- [14] 张桂香,高儒萍,宋旭东. 国内外优异高粱种质资源的综合评价[J]. 杂粮作物,2001,21(5):18-20
- [15] 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
- [16] 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
- [17] 冯国郡,叶凯,李桂英,等. 新疆甜高粱种质资源遗传多样性的 SSR 分析[J]. 植物遗传资源学报,2012,13(4):549-554
- [18] 徐影,詹秋文,董书军,等. 20 份甜高粱遗传多态性的 RAPD 和 SSR 分析[J]. 华北农学报,2013,28(1):12-18
- [19] 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
- [20] 赵香娜,岳美琪,刘洋,等. 国内外甜高粱种质遗传多样性的 SSR 分析[J]. 植物遗传资源学报,2010,11(4):407-412
- [21] 闫锋,陈丽,赵春雷,等. 不同甜高粱种质的 SSR 多态性分析[J]. 中国糖料,2008(3):40-44
- [22] 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(2):224-234
- [23] 李艳花,杜成章,陈红,等. 重庆大豆地方资源多样性评价及群体表型特点研究[J]. 植物遗传资源学报,2010,14(6):1025-1030