

## 西藏玉米地方品种表型多样性分析及类群划分

蒙祖庆 宋丰萍\*

(西藏农牧学院,西藏 林芝 860000)

**摘要** 为了解西藏玉米地方品种多样性及类群特点,进一步挖掘优异基因资源,采用多年重复实验,对179份西藏玉米地方品种的36个农艺性状进行多样性鉴定,利用离差平方和方法分年进行聚类分析,分析了西藏玉米地方品种的表型特征,结果表明:西藏玉米地方品种存在较高水平的多样性,36个农艺性状中有20个性状的多样性指数达2.0以上,其中粒色的多样性指数2.27,体现西藏玉米地方品种粒色丰富的突出特点。基于36个性状的聚类分析结果将西藏玉米地方品种分为3大类群,即晚熟高秆型、高寒早熟型和干热河谷硬粒型。其中干热河谷硬粒类群是西藏玉米传统主栽地方品种类型,综合性状与国内其他族群不同,属西藏特色中熟硬粒玉米。全面分析表明,西藏玉米地方品种表现较高的表型多样性水平,具有重要的演化地位,为西藏是我国玉米的重要传入路径提供理论依据。基于综合性状所划分的3大玉米类群具有不同的表型特征与育种利用价值,作为该区玉米地方品种的保护和开发利用理论基础。

**关键词** 西藏玉米;地方品种;表型多样性;类群划分

中图分类号 S632.3

文章编号 1007-4333(2017)07-0010-14

文献标志码 A

## Phenotypic diversity and group classification of maize landraces in Tibet

MENG Zuqing, SONG Fengping\*

(Tibet Agriculture and Animal Husbandry College, Linzhi 860000, China)

**Abstract** The objective of this study was to evaluate the phenotypic characterization and reveal group classification of Tibet maize landraces. One hundred and seventy-nine maize landrace varieties from Tibet were used to carry out phenotypic studies. All materials were planted for a 2-year phenotypic characterization of 36 traits. Shannon-Weaver diversity index was calculated based on the phenotypic estimates. Euclidean distance among the 179 maize landraces was calculated based on phenotypic traits, on which the ward cluster analysis was carried out. The result showed that high level of diversity was observed in the accessions from Tibet maize region. The Shannon-Weaver diversity indices of 20 agronomic traits were more than 2.0 in 36 agronomic traits, among which the especially kernel color reached 2.27 reflecting the characteristics of rich color of accessions from Tibet maize region. The 179 maize landraces were separated into 3 groups by the ward clustering analysis, including late-maturing with high stem genotype, early-maturing genotype from alpine region, hard kernel genotype from dry-hot valley region. The third genotype was the main local germplasm with Tibet characteristics from Tibet maize tradition main plant area. In general, there high level of phenotypic diversity was existed among Tibet maize landrace varieties; Diversity was of great importance in analyzing the ecological evolution, which provides theoretical basis for Tibet as an important afferent path of maize in China. Phenotypic summary statistics revealed that landraces of each group possessed a distinct phenotypic characterization indicating high potential utility of these germplasm in maize breeding and cultivars improvement.

**Keywords** Tibet maize; landrace; phenotypic diversity; group classification

收稿日期: 2016-06-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(31260329); 西藏大学农牧学院青年教师支持计划项目(2015XYD02)

第一作者: 蒙祖庆, 副教授, 主要从事作物遗传育种研究, E-mail: mengzuqing@126.com

通讯作者: 宋丰萍, 副教授, 主要从事作物种质资源及抗性研究, E-mail: songfengping99@126.com

玉米在中国农业生产中占据重要地位,自传入中国 500 年的栽培历史中形成各具特色的地方品种资源,这些资源蕴含了丰富的遗传多样性,在国内育种中具有较大利用价值<sup>[1]</sup>。表型多样性是遗传多样性与环境多样性共同作用的产物,是遗传多样性研究的主要内容之一。通过表型性状可直观标记形态特征,进行特异种质资源的筛选及类群划分<sup>[2]</sup>。不同研究者基于表型鉴定基础上的数量分类学方法,探讨了玉米种族的划分,曹北镇等<sup>[3]</sup>在 20 世纪 90 年代,根据我国地方玉米品种的来源划分了 5 个种族和 4 个可能的类群;刘志斋等<sup>[4]</sup>基于中国玉米地方种多样性及农艺特征将中国玉米划分为 9 个种族,这些品种的种族划分有助于了解中国玉米种族的组成及特性,同时对于玉米种质利用潜力的评价具有重要意义。随着现代生物技术的应用和发展,基于各种遗传理论的玉米特异性状得到深入研究,如特殊株型、粒色、果穗及雄穗等性状的重要基因位点得以挖掘利用,为育种应用提供了一定的参考和依据<sup>[5-10]</sup>。为充分发掘玉米地方品种资源的遗传潜力与利用价值,研究者针对不同地区玉米地方品种展开了广泛研究,分析了部分收集与整理的地方品种资源在农艺性状、品质性状以及病虫害抗性等方面的多样性,并利用同工酶、分子标记技术在蛋白质和 DNA 水平上进行遗传多样性研究<sup>[11-13]</sup>。

我国玉米品种资源的收集与整理工作始于 20 世纪 50 年代,经过 2 次大规模的资源收集后,90 年代我国编入《全国玉米种质资源目录》的地方品种 11 743 份,其中西藏地方品种记载只有 7 份<sup>[14]</sup>;Li 等<sup>[15]</sup>基于国家种质库中收录的玉米资源构建了我国玉米地方品种资源的核心种质库,刘志斋等<sup>[4]</sup>以核心种质库中的 760 份地方品种为材料,基于 30 个表型性状研究了我国玉米地方品种的表型多样性,其中西藏玉米地方品种只有 4 份,且同青海省地方品种一起划分为西藏高原玉米区,表现较低的多样性<sup>[16]</sup>。鉴于过去交通不便,西藏地区玉米地方品种的收集量较少,不能形成对西藏玉米地方品种资源的全局性认识与了解。基于西藏玉米地方品种的全面研究,尚未见报道。本研究在全面收集和保存西藏玉米品种基础上,于 2014—2015 年对 179 份西藏玉米地方品种的 36 个性状进行全面的表型评价,开展了西藏玉米地方品种表型多样性及类群划分的系

统研究,以便进一步评价西藏玉米地方品种资源多样性,并澄清其包括的类型及其特点,以期对西藏玉米地方品种的高效管理与科学利用提供参考和依据。

## 1 材料与与方法

### 1.1 材料与来源

所用玉米地方品种全部是本课题组近年对西藏传统玉米栽培区地方品种的收集和保存,具体来源涉及西藏自治区的 4 个市(地区)和 11 个县的若干乡村。见表 1。

### 1.2 试验设计

试验在西藏农牧学院试验农场进行,该农场海拔 2 970 m,年平均气温 8.8 °C,≥10 °C 的有效积温 2 000~2 200 °C,无霜期 160~180 d。分别于 2014 年 4 月 23 日和 2015 年 4 月 24 日大田直播并覆膜(白膜),每份材料 2 行区,行长 5 m,行距 60 cm,株距 30 cm,穴播,每穴 2 株,5 叶期定苗,每穴留 1 株,试验地四周设保护行。试验田为沙性土质,肥力较低,前茬为油菜,播种前穴施复合肥(N:P:K=15:15:15)450 kg/hm<sup>2</sup> 作基肥,出苗后 1 个月,追施尿素 225 kg/hm<sup>2</sup>。成熟后的收获均集中于当年 10 月下旬完成。试验过程中施肥水平、栽培管理及病虫害防治均与一般生产管理相同。

### 1.3 表型性状的测定方法

研究指标包括 36 个农艺性状包括 28 个数量性状和 8 个质量性状;

28 个数量性状:包括抽雄期,吐丝期,抽雄至散粉天数,散粉至吐丝天数,吐丝至成熟天数。雄穗分枝数、雄穗长、茎粗、株高、穗位高、穗柄长、主茎叶片数、上位穗位叶数、上位穗上叶角度、上位穗上叶叶长和上位穗上叶叶宽;穗长、秃尖长、穗粗、穗行数、行粒数、轴粗、单株穗干重、单株粒干重、百粒重、出籽率、双穗率和空籽率。

8 个质量性状:包括雄穗护颖颜色、花药颜色、花丝颜色、穗型、粒型、粒色、粒形状和穗轴色;以上各指标的记载、测定及计算均按照《玉米种质资源描述规范和数据标准》<sup>[17]</sup>进行;

此外,依据参试材料在抽雄期、吐丝期和主茎叶片数等 3 个性状的表型观测值,建立了综合生育期指标(表 2),用以对西藏玉米地方品种各类群特点评价。

表1 材料名称及来源

Table 1 Name and origin of the tested maize landraces in Tibet collection

编号 Number	命名 Name	来源 Origin	编号 Number	命名 Name	来源 Origin
1	蔡家-1	昌都市芒康县	45	索通-3	林芝市波密县
2	蔡家-2	昌都市芒康县	46	索通-4	林芝市波密县
3	蔡家-3	昌都市芒康县	47	索通-5	林芝市波密县
4	蔡家-4	昌都市芒康县	48	索通-6	林芝市波密县
5	蔡家-5	昌都市芒康县	49	觉龙白 88 天	昌都市芒康县
6	上盐井玉米-1	昌都市芒康县	50	觉龙黄 88 天	昌都市芒康县
7	上盐井玉米-2	昌都市芒康县	51	觉龙沟-1	昌都市芒康县
8	上盐井玉米-3	昌都市芒康县	52	觉龙沟-2	昌都市芒康县
9	上盐井玉米-4	昌都市芒康县	53	龙骨白轴	林芝市察隅县
10	上街红血丝	昌都市芒康县	54	龙骨红轴	林芝市察隅县
11	上街白玉米	昌都市芒康县	55	巴登白玉米	林芝市墨脱县
12	重金黄血丝	昌都市芒康县	56	巴登黄玉米	林芝市墨脱县
13	重金白血丝	昌都市芒康县	57	墨脱白玛	林芝市墨脱县
14	拉根-1	昌都市八宿县	58	墨脱元玛	林芝市墨脱县
15	拉根-2	昌都市八宿县	59	墨脱杂色	林芝市墨脱县
16	拉根-3	昌都市八宿县	60	龙骨粉玉米	林芝市察隅县
17	拉根-4	昌都市八宿县	61	十字卡-1	昌都市左贡县
18	拉根-5	昌都市八宿县	62	罗仁半马齿	昌都市芒康县
19	拉根-6	昌都市八宿县	63	罗仁白玉米-1	昌都市芒康县
20	拉根-7	昌都市八宿县	64	曲孜卡白玉米-1	昌都市芒康县
21	拉根-8	昌都市八宿县	65	罗仁白玉米-2	昌都市芒康县
22	拉根-9	昌都市八宿县	66	罗仁白玉米-3	昌都市芒康县
23	怒江山	昌都市八宿县	67	罗仁白血丝	昌都市芒康县
24	仲都红轴	林芝市波密县	68	罗仁白八行	昌都市芒康县
25	仲都白轴	林芝市波密县	69	罗仁白玉米-4	昌都市芒康县
26	沙玛红轴	林芝市波密县	70	曲孜卡白玉米-2	昌都市芒康县
27	沙玛白轴	林芝市波密县	71	曲孜卡白玉米-3	昌都市芒康县
28	茶场马齿	林芝市波密县	72	曲孜卡白玉米-4	昌都市芒康县
29	茶场半马齿	林芝市波密县	73	曲孜卡白玉米-5	昌都市芒康县
30	八连马齿	林芝市波密县	74	曲孜卡白玉米-6	昌都市芒康县
31	东坝黄粒	昌都市左贡县	75	曲孜卡白玉米-7	昌都市芒康县
32	东坝红粒	昌都市左贡县	76	盐井半马齿	昌都市芒康县
33	东坝杂	昌都市左贡县	77	拉巴杂	昌都市芒康县
34	竹卡-1	昌都市芒康县	78	拉巴白	昌都市芒康县
35	竹卡-2	昌都市芒康县	79	拉巴半马齿	昌都市芒康县
36	竹卡-3	昌都市芒康县	80	加达白玉米	昌都市芒康县
37	差巴-1	昌都市芒康县	81	加达白血丝	昌都市芒康县
38	差巴-2	昌都市芒康县	82	加达-1	昌都市芒康县
39	差巴-3	昌都市芒康县	83	加达-2	昌都市芒康县
40	差巴-4	昌都市芒康县	84	加达-3	昌都市芒康县
41	日瓦-1	昌都市芒康县	85	加达-4	昌都市芒康县
42	日瓦-2	昌都市芒康县	86	加达-5	昌都市芒康县
43	索通-1	林芝市波密县	87	加达-6	昌都市芒康县
44	索通-2	林芝市波密县	88	拉巴-1	昌都市芒康县

表1(续)

编号 Number	命名 Name	来源 Origin	编号 Number	命名 Name	来源 Origin
89	十字卡-2	昌都市左贡县	135	索通	林芝市波密县
90	曲孜卡-1	昌都市芒康县	136	纳西白玉米	昌都市芒康县
91	曲孜卡-2	昌都市芒康县	137	纳西黄玉米	昌都市芒康县
92	曲孜卡-3	昌都市芒康县	138	陈塘玛根	日喀则市定结县
93	曲孜卡-4	昌都市芒康县	139	陈塘藏嘎	日喀则市定结县
94	曲孜卡-5	昌都市芒康县	140	知巴玉米-1	林芝市察隅县
95	德庆红	昌都市芒康县	141	知巴玉米-2	林芝市察隅县
96	糯玉米	昌都市芒康县	142	错那玉米	山南市错那县
97	拉巴	昌都市芒康县	143	玉松玉米	林芝市米林县
98	十字卡-3	昌都市左贡县	144	重金半马齿	昌都市芒康县
99	如美白玉米	昌都市芒康县	145	古村玉米	林芝市波密县
100	如美黄玉米	昌都市芒康县	146	塔林黄玉米	林芝市察隅县
101	索多西-1	昌都市芒康县	147	塔林花玉米	林芝市察隅县
102	索多西-2	昌都市芒康县	148	塔林杂玉米 1	林芝市察隅县
103	索多西-3	昌都市芒康县	149	塔林杂玉米 2	林芝市察隅县
104	绕金白玉米	昌都市左贡县	150	塔林白玉米	林芝市察隅县
105	仁果黄玉米	昌都市左贡县	151	塔林	林芝市察隅县
106	中林卡白玉米	昌都市左贡县	152	阿丙玉米	林芝市察隅县
107	古巴红玉米	昌都市左贡县	153	扎那玉米	林芝市察隅县
108	下林卡白玉米	昌都市左贡县	154	邓许硬粒	林芝市察隅县
109	下林卡马齿	昌都市左贡县	155	邓许半马齿	林芝市察隅县
110	下林卡半马齿	昌都市左贡县	156	昌西玉米	林芝市察隅县
111	古巴白玉米	昌都市左贡县	157	扎恩玉米	林芝市察隅县
112	旭日半马齿	昌都市左贡县	158	珠村-1	林芝市墨脱县
113	旭日马齿 1	昌都市左贡县	159	珠村-2	林芝市墨脱县
114	旭日马齿 2	昌都市左贡县	160	珠村硬粒	林芝市墨脱县
115	旭日马齿 3	昌都市左贡县	161	珠村鸡血红	林芝市墨脱县
116	木许白玉米-1	昌都市芒康县	162	珠村-3	林芝市墨脱县
117	木许白玉米-2	昌都市芒康县	163	达木半马齿	林芝市墨脱县
118	增那-1	林芝市察隅县	164	达木杂-1	林芝市墨脱县
119	增那-2	林芝市察隅县	165	达木杂-2	林芝市墨脱县
120	增那-3	林芝市察隅县	166	达木硬轴	林芝市墨脱县
121	增那-4	林芝市察隅县	167	达木花玉米	林芝市墨脱县
122	仲白黑玉米	林芝市波密县	168	达木粒带花	林芝市墨脱县
123	仲白黄玉米-1	林芝市波密县	169	达木鸡血红	林芝市墨脱县
124	花玉米	林芝市林芝县	170	达木白硬粒	林芝市墨脱县
125	索通黄玉米	林芝市波密县	171	达木黄硬粒	林芝市墨脱县
126	索通白玉米	林芝市波密县	172	德尔贡黄	林芝市墨脱县
127	索通花玉米	林芝市波密县	173	德尔贡白-1	林芝市墨脱县
128	卡达花玉米	林芝市波密县	174	德尔贡白-2	林芝市墨脱县
129	背崩白玉米	林芝市墨脱县	175	墨脱-1	林芝市墨脱县
130	背崩黄玉米	林芝市墨脱县	176	墨脱-2	林芝市墨脱县
131	30K	林芝市墨脱县	177	下亚东-1	林芝市墨脱县
132	加查-1	山南市加查县	178	下亚东-2	林芝市墨脱县
133	仲白黄玉米-2	林芝市波密县	179	加查-2	山南市加查县
134	仲白花玉米	林芝市波密县			

表2 综合生育期指标的构建

Table 2 Construction of the synthetic maturity index

指标 Index	最大值 Max	最小值 Min	评价标准 Criteria		
			早 Early	中 Middle	晚 Late
抽雄期/d Tasselling	109	40	40~70	71~90	91~109
吐丝期/d Silking	129	46	46~70	71~90	91~129
主茎叶片数/片 Numbers of Leaf stalk	21	7	7~12	13~16	17~21

## 1.4 统计分析

### 1.4.1 性状的等级划分

根据各性状的平均观测值( $\bar{x}_i$ )与标准差( $\sigma$ ),按

照  $\bar{x}_i + k\sigma$  (其中  $k=0, 0.5, 1, 1.5, 2$ ) 将每一性状的观测值划分为 1~10 的 10 个等级<sup>[18]</sup>, 性状观测值 ( $x_i$ ) 与其对应的等级见表 3。

表3 相关性状观测值的等级划分

Table 3 Classification of phenotypic estimates of related traits of Tibet maize landraces

性状观测值 Phenotypic observation	等级 Class	性状观测值 Phenotypic observation	等级 Class
$x_i < \bar{x}_i - 2\sigma$	1	$\bar{x}_i \leq x_i < \bar{x}_i + 0.5\sigma$	6
$\bar{x}_i - 2\sigma \leq x_i < \bar{x}_i - 1.5\sigma$	2	$\bar{x}_i + 0.5\sigma \leq x_i < \bar{x}_i + 1\sigma$	7
$\bar{x}_i - 1.5\sigma \leq x_i < \bar{x}_i - 1\sigma$	3	$\bar{x}_i + 1\sigma \leq x_i < \bar{x}_i + 1.5\sigma$	8
$\bar{x}_i - 1\sigma \leq x_i < \bar{x}_i - 0.5\sigma$	4	$\bar{x}_i + 1.5\sigma \leq x_i < \bar{x}_i + 2\sigma$	9
$\bar{x}_i - 0.5\sigma \leq x_i < \bar{x}_i$	5	$x_i \geq \bar{x}_i + 2\sigma$	10

### 1.4.2 Shanon-Weaver 多样性指数

$H' = -\sum_{i=1}^n p_i \ln(p_i)$ , 其中,  $p_i$  表示某性状第  $i$

级的分布频率,  $p_i = \frac{n_i}{n}$ ,  $n_i$  表示该性状处于第  $i$  级的材料个数,  $n$  表示材料总数。其中质量性状按照表 5 标准化代码进行频率计算获得 Shanon-Weaver 多样性指数。

### 1.4.3 表型性状变异分析

利用公式  $\frac{S}{\bar{X}} \times 100\%$ , 计算各表型性状的变异系数 CV, 用于衡量性状的离散程度; 最大值、最小值和平均值等计算借助 Excel 软件完成。

### 1.4.4 研究材料的类群划分

应用统计分析软件 R 语言进行数据分析, 基于 36 个农艺性状, 采用欧式距离作为地方品种间距离, 离差平方和法进行聚类。

## 2 结果与分析

### 2.1 西藏玉米地方品种的表型多样性分析

统计分析 28 个数量性状, 以反映 179 份西藏玉米地方品种资源的表型多样性。表 4 结果表明, 西

藏玉米地方品种的平均生育期 109~170 d, 其中生育期 > 170 d 的品种在林芝市巴宜区不能正常成熟。抽雄至散粉间隔期 (TAI)、散粉至吐丝间隔期 (ASI) 的时间范围较集中, 但变异系数较大, 这是由于西藏玉米地方品种的散粉、吐丝时间波动造成的, 部分品种抽雄吐丝同时进行, 也有吐丝快于抽雄, 但均能正常授粉结实, 具有较好的花期协调性。抽雄期 (T)、吐丝期 (S) 的多样性指数为 2.03~2.08, 多样性水平较高。西藏玉米地方品种的植株多表现营养体旺盛, 株高、穗位高、叶片数、雄穗一级分枝数、穗柄长和上位穗上叶长的多样性指数为 2.01~2.07, 且穗位高、雄穗一级分枝数和穗柄长的变异系数较大, 主要体现在不同生育期地方品种间的植株性状差异。本研究条件下, 多数西藏玉米地方品种 1 株 1 果穗, 且均能正常结实, 平均双穗率小于 28%, 平均空秆率 2% 以下, 平均出籽率 75%, 一定程度上表明西藏玉米地方品种的授粉结实性较好, 丰产性良好。穗长、穗粗、穗行数、行粒数、单株穗干重、粒干重和百粒重的变异系数较稳定, 多样性丰富, 多样性指数为 2.00~2.06, 一定程度上体现了西藏玉米地方种具有较高的育种利用价值和增产潜力。

表4 西藏玉米地方品种数量性状多样性

Table 4 Shannon-Weaver information index based on numerical characteristics

数值性状 Numerical trait	2014 年鉴定 2014 Identification						2015 年鉴定 2015 Identification					
	最大值 Max	最小值 Mix	平均值 Average	标准差 $\sigma$	变异 系数/% CV	多样性 指数 Shanon- Weaver	最大值 Max	最小值 Mix	平均值 Average	标准差 $\sigma$	变异 系数/% CV	多样性 指数 Shanon- Weaver
	播种至抽穗天数/d Tasseling	107	40	78.92	14.37	18.21	2.03	109	49	79.59	12.86	16.16
播种至吐丝天数/d Silking	129	46	89.07	14.92	16.75	2.05	123	51	88.03	14.02	15.92	2.05
抽雄至开花散粉天数/d Tasseling-anthesis interval	18	0	6.91	3.25	46.99	1.98	17	0	5.81	2.92	50.22	1.99
开花至吐丝天数/d Anthesis-silking interval	13	0	3.23	2.73	84.03	1.95	12	0	2.64	3.11	118.00	1.95
吐丝至成熟天数/d Silking-maturity interval		49	77.12	13.16	17.06	1.47		54	74.89	13.48	18.00	1.62
生育期/d Days from sowing to maturity		109	166.19	25.20	15.16	1.83		109	162.92	24.12	14.81	1.81
雄穗一级分枝数/个 Branch number of tassel	31	3	13.31	5.24	39.37	2.04	24	3	14.46	4.50	31.11	2.07
雄穗长/cm Length of tassel	54.20	14.75	37.14	5.88	15.83	1.92	49.57	19.25	36.56	4.69	12.82	1.99
株高/cm Plant height	365.70	101.33	242.33	50.03	20.64	2.04	356.67	121	234.08	43.10	18.41	2.02
茎粗/cm Stalk diameter	2.95	1.00	2.20	0.29	13.16	1.99	3.85	1.26	2.35	3.57	15.19	2.02
穗位高/cm Ear height	217.00	14.00	90.15	40.41	44.83	2.01	171.83	26.93	96.43	28.90	29.98	2.09
穗柄长/cm Length of peduncle	21.05	1.50	11.88	3.33	28.02	2.04	22.83	1.50	14.46	4.50	31.30	2.04
叶片数/片 Leaf number of stalk	21	9	14.21	2.25	15.84	2.01	21	7	14.33	2.14	16.87	2.04
上位穗位叶数/片 Onlanbue	13	4	8.49	1.49	17.59	1.89	16	4	8.83	2.14	24.28	1.97
上位穗上叶角/(°) Alanbue	62.50	12.5	31.64	9.73	30.74	1.99	59.3	19	23.49	3.57	19.78	2.07



统计分析 179 份西藏玉米地方品种的 8 个质量性状的多样性水平见表 5 和表 6。本试验条件下共发现 15 种籽粒颜色,多样性指数 2.27;其中白色、黄色所占比例较大,其次是白/黄、黄/紫所占比例均在 10%以上,而黑色、红色、橘黄、白血丝、黄血丝及花色有少量存在。

玉米雄穗护颖颜色主要有绿色、绿带紫纹和紫色 3 种颜色,而西藏玉米地方品种除含有以上 3 种颜色外,还有部分品种表现紫带绿纹,多样性指数为 1.07;本试验鉴定中,西藏玉米地方品种的雄穗护颖颜色多带紫色,以绿带紫色所占比例较大,其次是紫带绿色和紫色,而绿色所占比例最小。

西藏玉米地方品种的花药颜色以绿色为主,其次是浅紫和紫色,多样性指数为 0.88;而花丝颜色多为红色,其中以浅红色所占比例较大,深红相对较少,其次是杂色较多,黄绿色较少。

西藏玉米地方品种的穗型主要是柱型和锥型,多样性指数较低。轴色有白色、浅红和红色 3 种颜色,以白色和红色为主,未见《玉米种质资源描述规范和数据标准》中描述的紫色、白/红和红/白色等三色;西藏玉米的粒型主要以硬粒型为主,其次中间型,马齿型较少;而籽粒形状多见圆形,其次中间形,楔形极少。

## 2.2 西藏玉米地方品种的聚类分析

通过 2 年的实验鉴定,综合 36 个农艺性状,采用离差平方和法,分别对 2014 和 2015 年鉴定的 169 和 179 份品种进行聚类分析,结果见表 7。2 年鉴定均将西藏玉米地方品种划分为三大类群。其中 2014 年鉴定中,三类群分别包含 43、13 和 102 份品种;2015 年鉴定中,三类群分别包含 43、34 和 113 份品种。2 年类群划分结果较一致,重复率 81.07%,一定程度表明,西藏玉米地方品种的表型鉴定较准确,类群划分结果较可靠。

## 2.3 西藏玉米地方品种的类群特点分析

3 个类群的主要性状汇总统计见表 8,从粒型表现上,西藏玉米地方品种以硬粒型为主,2014 年鉴定中硬粒型分别占三类群粒型比例的 58.14%、100%和 63.72%;2015 年鉴定中硬粒型分别占三类群粒型比例的 60.47%、97.06%和 55.88%。在综合生育期表现上,类群 1 以晚熟种为主,含部分中熟种,2014 年鉴定中晚熟种占该类群总数的 60.47%,中熟种占 39.53;2015 年鉴定中晚熟种占该类群总数的 55.81%,中熟种占 44.19%;该类群在 2 年鉴

定中均未见早熟种。类群 2 以中早熟为主,2014 年鉴定中早熟品种占该类群总数的 76.92%,中熟品种占 23.08%,2015 年鉴定中早和中熟品种分别占该类群的 50%,该类群在 2 年鉴定中均未见晚熟种。类群 3 包含的品种数最多,且以中熟种为主,是西藏玉米地方品种的主要类群,2014 年鉴定中该类群包含 113 份品种,其中中熟种占该类群的 100%,2015 年鉴定中该类群包含 102 份品种,中熟种占该类群的 93.14%。从各类群所囊括品种的地理来源上看,类群 1 主要来自察隅县和墨脱县;类群 2 与 3 主要来自芒康县。芒康县位于西藏昌都市,澜沧江和金沙江流经该地,形成峡谷,气候条件较复杂。处于谷底位置热量较充足属于热河谷气候带,而山顶位置受海拔及山谷风效应的影响,空气增温较少,气压较低,属高寒气候带。类群 2 主要来自该区高寒气候带的品种为主,类群 3 主要来自干热河谷气候带的品种为主。

3 个玉米类群的雄穗一级分枝数、雄穗长、株高和穗位高等 9 个农艺性状综合特征值列于表 9,结合这 3 个类群的综合生育期特性,对 3 个玉米类群进行表型评价。

2 年鉴定中,类群 1 含有 43 份品种,该类群,平均 76.5%的品种未能正常成熟,属于晚熟种。植株性状上该类群,平均 83.5%的品种株高均 2.5 m 以上,植株高大,平均雄穗长、雄穗分枝数、株高和穗位高均大于其他类群,且平均 81.5%的品种叶片大于 16 片叶,整体表现营养体旺盛。该类群多以硬粒型为主,含有部分马齿型和中间型,来源地主要以雨热条件较充足的林芝市察隅县和墨脱县。

类群 2 是三类群中较小类群,其中早熟品种所占比例较大,性状上该类群以中矮秆为主,叶片数较少,平均雄穗分枝数、雄穗长、株高和穗位高均低于其他类群。产量性状上,该类群品种的穗长、穗粗和百粒重均低于其他类群,穗行数 8~16 行;该类群 97%的品种属硬粒型,极少数中间型籽粒;来源地主要是昌都市芒康县和左贡县的高寒气候带,林芝市波密县少有分布。

类群 3 是三类群中最大类群,以中熟种为主。在植株性状上,该类群平均雄穗一级分枝数、雄穗长、株高和穗位高较为居中,介于类群 1 和类群 2 之间,穗行数 8~18 行,籽粒类型以硬粒型为主,含有少量中间型和马齿型;来源地主要是昌都市芒康县的干热河谷气候带以及林芝市的波密县和察隅县,



表5 西藏玉米地方品种质量性状多样性  
Table 5 Shannon-Weaver information index based on qualitative characteristics

标准化代码 Standard code	质量性状 Qualitative traits													
	雄穗护颖颜色 Tassel color		花药颜色 Anther color		花丝颜色 Silk color		穗型 Ear shape		穗轴颜色 Cob color		籽粒形状 Kernel shape			
	类型 Type	比例/% Percent- tage	类型 Type	比例/% Percent- tage	类型 Type	比例/% Percent- tage	类型 Type	比例/% Percent- tage	类型 Type	比例/% Percent- tage	类型 Type	比例/% Percent- tage		
1	绿色	7.39	绿色	56.40	黄绿色	15.83	柱形	54.48	白色	73.79	硬粒	66.90	圆形	53.79
2	绿带紫纹	56.63	浅紫色	24.36	浅红色	44.60	锥形	45.52	浅红	6.90	马齿	9.66	楔形	22.76
3	紫色	8.68	紫色	19.24	深红色	12.03	红色	55.86	红色	55.86	中间	23.45	中间形	23.45
4	紫带绿纹	26.54	杂色	27.54										
多样性指数 Shannon- Weaver	1.07		0.88		1.26		0.69		0.73		0.83		1.01	

表6 西藏玉米地方品种粒色

Table 6 Kernel color of Tibet maize land races

项目 Item	籽粒颜色 Kernel color														
	白 White	浅黄 Light yellow	黄 Yellow	橙黄 Orange	橘黄 Saffron	红色 Red	黑色 Black	白血丝 White with blood filament	黄血丝 Yellow with blood filament	顶白 Yellow with white top	花色 Variegated	白/黄 White/ yellow	黄/白 Yellow/ white	黄/紫 Yellow/ purple	紫/黄 Purple/ yellow
比例/% Percentage	20	7.59	13.79	6.9	4.14	4.83	0.69	3.45	1.38	1.38	2.76	12.41	8.97	11.03	0.69
标准化代码 Standard code	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

表 7 西藏玉米地方品种的聚类分析

Table 7 Cluster analysis based on Tibet landraces maize

类群 Group	2014 鉴定 2014 Identification		2015 鉴定 2015 Identification		2 年聚类重复率 Two years clustering repeat rate
	品种代码 Code	个数 Number	品种代码 Code	个数 Number	
1	44,45,55,56,57,58,59,96,112, 113,114,115,118,119,120,121, 136,137,149,151,153,154,155, 156,157,158,159,161,162,163, 164,165,166,168,169,170,171, 172,173,174,175,176,177	43	44,45,55,56,57,58,59,65,79, 89,113,114,118,119,121,129, 130,131,137,138,153,154,155, 157,158,159,160,161,162,163, 164,165,167,168,169,170,171, 172,173,174,175,176,177	43	
2	37,38,39,40,49,50,51,52,100, 105,106,108,111	13	2,10,14,15,35,36,37,38,39, 40,41,42,43,46,49,50,51,52, 64,72,95,99,100,105,106,108, 111,124,125,128,135,140,142, 166	34	
3	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12, 13,14,15,16,17,18,19,20,21, 22,23,24,25,26,27,28,29,30, 31,32,33,34,35,36,41,42,43, 46,47,48,53,54,60,61,62,63, 64,65,66,67,68,69,70,71,72, 73,74,75,76,77,78,79,80,81, 82,83,84,85,86,87,88,89,90, 91,92,93,94,95,97,98,99,101, 102,103,104,107,109,110,116, 117,122,123,133,134,135,138, 139,140,141,142,143,144,145, 146,147,148,150,152,160,167, 178	113	1,3,4,5,6,7,8,9,11,12,13,16, 17,18,19,20,21,22,23,24,25, 26,27,28,29,30,31,32,33,34, 47,48,53,54,60,61,62,63,66, 67,68,69,70,71,73,74,75,76, 77,78,80,81,82,83,84,85,86, 87,88,90,91,92,93,94,96,97, 98,101,102,103,104,107,109, 110,112,115,116,117,120,122, 123,126,127,132,133,134,136, 139,141,143,144,145,146,147, 148,149,150,151,152,156,178, 179	102	81.07%

其他县市有零星分布。

综合 3 个玉米类群的汇总统计分析结果,将西藏玉米地方品种的三大类群名称依次确定为:晚熟高秆型、高寒早熟型和干热河谷硬粒型。

### 3 讨论

#### 3.1 西藏玉米地方品种的分布及多样性分析

玉米是西藏夏尔巴人、僜人、门巴族以及纳西族世代种植的作物,具有悠久的栽培历史。西藏玉米的传统分布区界于海拔 1 700~3 200 m,包括昌都

市芒康县、左贡县、八宿县和察雅县的部分乡村;林芝市察隅县、墨脱县、波密县以及林芝县和米林县的部分乡、村;山南和日喀则市少数乡和村<sup>[19]</sup>。但鉴于高山峡谷的阻隔,艰险的自然地形,有关该区域玉米种质的收集记载较少,本研究基于对西藏玉米地方品种全面收集的基础上,首次采用多年相同的种植和管理条件,全面系统地鉴定西藏玉米地方品种 36 个农艺性状多样性,为整体水平上对西藏玉米多样性评价及深入研究奠定了基础。本研究条件下西藏玉米抽雄期、吐丝期、抽雄-散粉间隔期和散粉-吐

表8 西藏玉米地方品种3类群主要性状及来源地上的汇总统计

Table 8 Summary statistics of 3 maize groups on main phenotypic traits and the sample source

汇总参数 Summary parameter	性状及来源地 Characteristics & source	2014 鉴定 2014 Identification			2015 鉴定 2015 Identification		
		类群 1 Group 1	类群 2 Group 2	类群 3 Group 3	类群 1 Group 1	类群 2 Group 2	类群 3 Group 3
品种总数 Number of accessions		43	13	113	43	34	102
生育期/% Maturity	早	0.00	76.92	0.00	0.00	50.00	2.94
	中	39.53	23.08	100.00	44.19	50.00	93.14
	晚	60.47	0.00	0.00	55.81	0.00	3.92
粒类型/% Kernel type	硬粒	58.14	100.00	63.72	60.47	97.06	55.88
	中间	32.56	0.00	25.66	30.23	2.94	30.39
	马齿	9.30	0.00	10.62	9.30	0.00	13.73
来源地/% Sample source	察隅县	25.58	0.00	8.85	16.28	2.94	12.75
	墨脱县	53.49	0.00	2.65	62.79	2.94	0.98
	波密县	4.65	0.00	15.04	4.65	14.71	15.69
	巴宿县	0.00	0.00	8.85	0.00	5.88	7.84
	芒康县	6.98	69.23	52.21	6.98	55.88	48.04
	左贡县	9.30	30.77	7.96	6.98	11.76	10.78
	林芝县	0.00	0.00	0.00	0.00	2.94	0.00
	米林县	0.00	0.00	0.88	0.00	0.00	0.98
	定结县	0.00	0.00	1.77	2.33	0.00	0.98
	加查县	0.00	0.00	0.88	0.00	0.00	1.96
错那县	0.00	0.00	0.88	0.00	2.94	0.00	

表9 西藏玉米地方品种3个主要类群的表型评价

Table 9 Phenotypic evaluation of 3 maize groups

玉米 类群 Maize group	参数 Parameter	雄穗一级					穗行数/ 行 Ear row number	行粒数/ 粒 Row kernel number	百粒重/g 100-kernel weight	
		分枝数/个 Primary tassel branch number	雄穗长/ cm Tassel length	株高/cm Plant height	穗位高/ cm Ear height	穗长/cm Ear length				穗粗/cm Ear diameter
类群 1 Group 1	平均值 Average	17	38.09	285.78	130.83					
	最大值 Max	29	50.00	365.67	217.00					
	最小值 Min	7	28.50	202.67	70.00					
	变异系数/% CV	23	11	12	23					
类群 2 Group 2	平均值 Average	10	31.30	186.85	60.29	13.81	39.08	12	24	26.40
	最大值 Max	20	45.70	271.17	116.17	19.40	45.55	16	36	37.38
	最小值 Min	2	14.75	101.33	14.00	8.33	19.58	8	15	10.93
	变异系数/% CV	41	23	22	43	19	12	12	19	20
类群 3 Group 3	平均值 Average	13	37.56	230.21	85.63	17.94	44.06	13	32	32.72
	最大值 Max	30	54.25	356.67	169.00	23.57	54.77	18	42	49.68
	最小值 Min	4	25.00	155.67	39.50	12.67	34.50	8	20	15.78
	变异系数/% CV	33	12	14	29	12	8	15	12	19

丝间隔期的多样性指数在 1.95~2.08,表明西藏玉米花期相关性状的多样性水平较高。本试验条件下考察了 28 个数量性状和 8 个质量性状,其中数量性状表现较高的多样性水平,除了生育期、上位叶叶片数、秃尖长、出籽率、双穗率和空秆率 6 个指标外,其它 22 个数量性状多样性在 1.99~2.08,百粒重、雄穗分枝数、果穗长、百粒重和单株穗干重的多样性指数在 2.04~2.06 表现较高多样性水平;8 个质量性状中,粒色的多样性指数 2.27,多样性水平较高,体现西藏玉米地方品种粒色斑澜多样的突出特点。与我国其它玉米生产区地方品种的表型多样性研究相比,西藏玉米地方品种的多样性指数较高,表明西藏玉米种质资源具有较高的保护价值和利用潜力。

### 3.2 西藏玉米地方品种的多样性评价

本研究通过多年鉴定,得出相似的结果,即西藏玉米地方品种在表型观测值和 Shannon-Weaver 多样性指数均表现较高。主要有 2 个可能原因:关于玉米传入我国的途径有多种考证,20 世纪 80 年代,我国学者佟屏亚据古籍和方志记载推断玉米最早是经陆路从印度或缅甸引进西南地区。并支持先边疆,后内地;先丘陵后平原的说法。此外,在多途径传入学说中也有类似观点<sup>[20]</sup>。我国西藏北与新疆、青海毗邻,东南与四川、云南相连,南与缅甸、印度、不丹和尼泊尔等国接壤,源远流长的茶马古道自古是我国西南边疆与内地经济贸易的交流枢纽,特殊的地理位置与重要的交通往来为玉米的传入奠定了稳固基础。特别是西藏境内那些自古以玉米为生的少数民族,更为西藏玉米在我国玉米起源和传播的地位提供考证依据。正是由于西藏在中国玉米传入途径上的特殊地位,及其传统的农耕习惯和长期相对落后的农业技术条件,从而使得该区的玉米地方品种资源得以保存,且具有较广泛的遗传基础,因此其多样性相对较高。另一方面,特殊的地理,高山峡谷的阻隔,生态环境多样,从而使地域间的品种资源交流和遗传渗透受到很大的限制。这种相对闭塞的地理条件是该区玉米地方品种遗传多样性得以较好保存的一个重要原因。

在我国玉米的起源和演化上,西藏具有比较特殊的地位,在后续的相关研究中,应予以重视,还应从分子水平上更深入地解析西藏玉米遗传多样性,为进一步发掘和利用西藏玉米优异种质奠定理论基础。

### 3.3 西藏玉米类群与中国玉米种族比较

自 Anderson 等<sup>[21]</sup>提出进行玉米种族划分的必要性之后,有关玉米种族划分的相关研究在世界各地广泛展开。我国学者对全国的玉米地方种质资源进行种族划分,其结果对了解中国的玉米种族划分具有较高的参考价值和指导意义。曹镇北等<sup>[3]</sup>针对《全国玉米种质资源目录》中所收集的 7 235 个地方品种进行统计划分种族,刘志斋等<sup>[4]</sup>利用中国玉米地方品种核心种质库 730 份材料全面分析了中国玉米种族的组成及特性。

本研究基于对西藏传统玉米区全面收集、整理的基础上,涉及西藏自治区的 4 个市(地区)、11 个县若干乡村。采用多年相同的种植和管理条件对 179 份西藏玉米地方品种进行表型鉴定,综合利用 36 个指标分年进行聚类分析,2 年聚类重复率达 81%;较全面细致的反映了西藏玉米地方品种的表型特征。据研究结果,西藏玉米地方品种可划分为 3 个类群,即,类群 1 晚熟高秆型、类群 2 高寒早熟型、类群 3 干热河谷硬粒型。其中类群 2 相对较小的类群,属于早熟品种,硬粒型为主,平均穗行数 12 行,株高 100~150 cm,叶片数少,该类群与刘志斋等研究所确定的西南白色硬粒种族及曹镇北等<sup>[3]</sup>报道的待确定种族中的中早熟白硬粒相似。类群 1 包含 43 份材料,多数来自雨热同季的林芝市察隅县、墨脱县,林芝巴宜区 2 年鉴定中多数不能正常成熟,该类群植株高大,株高 250 cm 以上,叶片宽大且叶片数多,穗型多锥形,籽粒以硬粒为主,部分中间型。该类群与曹镇北等<sup>[3]</sup>报道的待确定种族中的中晚熟硬粒种族具有相似的高大株型、锥形果穗,白色轴,但该种族籽粒楔形,黄色,而本研究中的类群 1 的籽粒多是圆形,粒色有橙黄、红色、黄/白、白/黄和黄/紫等多种颜色,因此,该类群是否属于中晚熟硬粒种族值得进一步探讨。类群 3 包含了西藏玉米地方品种的数量最多,来源地覆盖面较广泛,该类群多表现中熟、植株高度均 150 cm 以上的中、高秆型,叶片宽大,叶片数多集中在 12~16 片,籽粒以硬粒圆形为主,含部分中间型和少量马齿型,且粒色丰富,较难统一颜色界定。大部分品种来自西藏昌都市芒康县和左贡县,少量分布在林芝市波密县及察隅县,该类群特征与前人玉米种族研究较难符合。在生育期、株高范围、粒型和粒色等方面与已确定的玉米种族间存在差异,属于西藏高原中熟硬粒型玉米特色类群,其中植株性状、产量及籽粒性状值得深入探讨。

## 4 结 论

1) 西藏玉米地方品种的数量性状的表型观测值和 Shannon-Weaver 多样性指数表现较高多样性水平, 其中抽雄期(T)、吐丝期(S)、抽雄至散粉间隔期(TAI)、散粉至吐丝间隔期(ASI)、主茎叶片数、穗粗、轴粗、穗行数和穗粒重的多样性指数较高。质量性状中粒色 Shannon-Weaver 多样性指数高于我国其它玉米生态区种质。表明西藏玉米多样性丰富, 具有重要的演化地位, 为西藏是我国玉米的重要传入路径提供理论依据。

2) 通过系统的表型评价与鉴定, 西藏玉米可以划分为 3 个类群, 包括晚熟高秆型、高寒早熟型和干热河谷硬粒型。这 3 个玉米类群中, 各类群均具有其典型的表型特征, 其中晚熟高秆类群植株比较高, 穗位也相对较高; 高寒早熟类群生育期较短, 对高原冷凉气候具有较好的适应性; 干热河谷硬粒类群属西藏玉米特色中熟类群有待深入研究探讨; 表明西藏玉米地方品种资源具有极高的保护价值和利用潜力。

## 参考文献 References

- [1] 石云素. 国家库玉米种质资源的保护与利用[J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(3): F2  
Shi Y S. Conservation and utilization of maize germplasm resources in Chinese national genebank[J]. *Journal of plant genetic resources*, 2011, 12(3): F2 (in Chinese)
- [2] 顾万春. 统计遗传学[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 1-422  
Gu W C. *Statistical genetics*[M]. Beijing: Science Press, 2004: 1-422 (in Chinese)
- [3] 曹镇北, 徐文伟. 有关玉米族(race)的几个问题[J]. 作物品种资源, 1990(4): 7-9, 22  
Cao Z B, Xu W W. Some questions of maize races[J]. *China Seed Industry*, 1990(4): 7-9, 22 (in Chinese)
- [4] 刘志斋, 宋燕春, 石云素, 蔡一林, 程伟东, 覃兰秋, 黎裕, 王天宇. 中国玉米地方品种的种族划分及其特点[J]. 中国农业科学, 2010, 43(5): 899-910  
Liu Z Z, Song Y C, Shi Y S, Cai Y L, Cheng W D, Qin L Q, Li Y, Wang T Y. Racial classification and characterization of maize landraces in China[J]. *Scientia Agricultural Sinica*, 2010, 43(5): 899-910 (in Chinese)
- [5] 刘志斋, 郭荣华, 石云素, 蔡一林, 曹墨菊, 宋燕春, 王天宇, 黎裕. 中国玉米地方品种核心种质花期相关性状的表型多样性研究[J]. 中国农业科学, 2008, 41(6): 1591-1602  
Liu Z Z, Guo R H, Shi Y S, Cai Y L, Cao M J, Song Y C, Wang T Y, Li Y. Phenotypic diversity of flowering-related traits of

maize landraces from the core collection preserved in China National Gene bank[J]. *Scientia Agricultural Sinica*, 2008, 41(6): 1591-1602 (in Chinese)

- [6] 高世斌, 赵茂俊, 兰海, 张志明. 玉米雄穗分枝数与主轴长的 QTL 鉴定[J]. 遗传, 2007, 29(8): 1013-1017  
Gao S B, Zhao M J, Lan H, Zhang Z M. Identification of QTL associated with tassel branch number and total tassel length in maize[J]. *Hereditas*, 2007, 29(8): 1013-1017 (in Chinese)
- [7] 袁文娟, 覃鸿妮, 王旭, 王国强, 王久光, 刘志斋, 蔡一林. 玉米雄穗颜色的 QTL 分析[J]. 植物遗传资源学报, 2013, 14(2): 289-297  
Yuan W J, Qin H N, Wang X, Wang G Q, Wang J G, Liu Z Z. Identification of QTL fortassel color in maize[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2013, 14(2): 289-297 (in Chinese)
- [8] 吕学高, 蔡一林, 陈天青, 徐德林, 王伟林, 刘志斋, 王久光. 玉米穗部性状 QTL 定位[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2008, 30(2): 64-70  
Lv X G, Cai Y L, Chen T Q, Xu D L, Wang W L, Liu Z Z. QTL mapping for ear traits in maize (*Zea mays* L)[J]. *Journal of Southwest University: Natural Science Edition*, 2008, 30(2): 64-70 (in Chinese)
- [9] 谢惠玲, 冯晓曦, 吴欣, 王松江, 袁延乐, 张占峰, 袁立, 胡彦民. 玉米穗部性状的 QTL 分析[J]. 河南农业大学学报, 2008, 42(2): 145-149  
Xie H L, Feng X X, Wu Xin, Wang S J, Yuan Y L, Zhang Z F, Yuan L, Hu Y M. QTL analysis for ear traits in maize using molecular markers [J]. *Journal of Henan Agricultural University*, 2008, 42(2): 145-149 (in Chinese)
- [10] 覃鸿妮, 晏萌, 王召辉, 郭莹, 王辉, 孙海燕, 刘志斋, 蔡一林. 玉米籽粒中花色苷和黑色素含量的 QTL 分析[J]. 作物学报, 2012, 38(2): 275-284  
Qin H N, Yan M, Wang Z H, Guo Y, Wang H, Sun H Y, Liu Z Z, Cai Y L. QTL Mapping for anthocyanin and melanin contents in maize kernel[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2012, 38(2): 275-284 (in Chinese)
- [11] 张祖新, 郑用琰, 李建生, 刘纪麟. 玉米品种同工酶的遗传多样性及其与数值性状的关系[J]. 湖北农学院学报, 1996, 16(1): 1-8  
Zhang Z X, Zheng Y L, Li J S, Liu J L. Allozyme polymorphism and its relationship to quantitative traits diversity of local varieties[J]. *Journal of Hubei Agricultural College*, 1996, 16(1): 1-8 (in Chinese)
- [12] Lu H, Li J S, Liu J L, Bernardo R. Allozyme polymorphisms of maize populations from southwestern China[J]. *Theoretical and Applied Genetics*, 2002, 104: 119-126
- [13] 吴渝生, 郑用琰, 孙荣, 伍少云, 顾红波, 毕有华. 基于 SSR 标记的云南糯玉米、爆裂玉米地方种质遗传多样性研究[J]. 作物学报, 2004, 30(1): 36-42  
Wu Y S, Zheng Y L, Sun R, Wu S Y, Gu H B, Bi Y H. Genetic diversity of waxy corn and popcorn landraces in Yunnan by SSR markers[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2004, 30(1): 36-42

- (in Chinese)
- [14] 中国农业科学院品种资源研究所. 玉米优异种质资源: 研究利用指南(1991—1995)[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 1-9  
Institute of Germplasm Resources, Chinese Academy of Agricultural Sciences. *Maize Elite Germplasm Resources: Index to Research and Utility* (1991—1995) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1996: 1-9 (in Chinese)
- [15] Li Y, Shi Y S, Cao Y S, Wang T Y. Establishment of a core collection for maize germplasm preserved in Chinese National Genebank using geographic distribution and characterization data[J]. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2004, 51(8): 845-852
- [16] 刘志斋. 中国玉米地方品种的多样性研究与种族划分[D]. 西南大学毕业论文, 2008  
Liu Z Z. Diversity analysis and racial classification of maize landraces in China [D]. Chongqing: Southwest University (in Chinese)
- [17] 石云素, 黎裕, 王天宇, 宋燕春. 玉米种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 10-51
- Shi Y S, Li Y, Wang T Y, Song Y C. *Description and Data Standard for Maize* (*Zea mays* L.) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006: 10-51 (in Chinese)
- [18] Li Y, Shi Y S, Cao Y S, Wang T Y. A phenotypic diversity analysis of maize germplasm preserved in China[J]. *Maydica*, 2002, 47: 107-114
- [19] 曲吉. 西藏玉米生产概况及发展应用前景[J]. 西藏农业科技, 2008, 30(3): 39-41  
Qu J. General situation of maize production in Tibet and its application prospects [J]. *Tibet Agricultural Science and Technology*, 2008, 30(3): 39-41 (in Chinese)
- [20] 佟屏亚. 试论玉米传入我国的途径及其发展[J]. 古今农业, 1989(1): 41-48  
Tong P Y. Try to talk about ways of maize was introduced into China and its development [J]. *Ancient and Modern Agriculture*, 1989(1): 41-48 (in Chinese)
- [21] Anderson E, Cutler H C. Races of *Zea mays*: I. Their recognition and classification [J]. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 1942, 29: 69-88

责任编辑: 吕晓梅