

# 贵州省籽粒苋资源农艺性状和品质性状的遗传多样性分析

李青风 高杰 彭秋

(贵州省农业科学院旱粮研究所, 550006, 贵州贵阳)

**摘要** 贵州籽粒苋地方种质资源极其丰富, 为了给贵州籽粒苋选育和生产提供理论依据, 以收集到的 40 份贵州籽粒苋资源为试材, 对籽粒苋的农艺性状(株高、茎粗、叶柄长、叶长、叶宽、主花序长)以及品质性状(蛋白质、粗脂肪、总淀粉、直链淀粉、赖氨酸)进行多样性和相关性分析。结果表明, 农艺性状多样性指数为 1.93~2.05; 品质性状蛋白质、粗脂肪、总淀粉、直链淀粉和赖氨酸平均含量分别为 22.55%、6.92%、40.25%、1.30%和 0.60%; 株高与茎粗、叶长、叶宽和主花序长均呈极显著正相关; 蛋白质含量与粗脂肪、赖氨酸含量呈极显著正相关。黔东南州籽粒苋资源蛋白质和赖氨酸含量较高, 安顺地区籽粒苋资源粗脂肪和总淀粉含量最高, 黔南州籽粒苋资源直链淀粉含量较高。

**关键词** 贵州; 籽粒苋; 农艺性状; 品质性状; 遗传多样性

籽粒苋(*Amaranthus* spp.)是苋科(Amaranthaceae)苋属(*Amaranthus*)粒用苋的总称, 为一年生草本植物<sup>[1]</sup>。籽粒苋营养价值高, 用途广泛, 是一种集粮、饲、菜、药、观赏等一体的多功能经济作物, 被国内外学者誉为 21 世纪可向人类提供高质量蛋白质和赖氨酸的“未来谷物”。籽粒苋在中国已有 2000 多年的栽培历史, 在云南、四川、贵州、河北和内蒙古等地均有种植, 但无明显主产区<sup>[2]</sup>。籽粒苋营养丰富, 籽粒中蛋白质含量较高(含量 14%~18%), 氨基酸组成均衡合理, 淀粉品质好, 脂肪多为不饱和脂肪酸<sup>[3]</sup>。在国家创新驱动发展战略指引下, 籽粒苋将成为营养健康功能食品的作物资源之一, 面对如此朝阳的绿色产业, 研究现有籽粒苋资源的遗传多样性就显得尤为重要。

我国对籽粒苋的研究正处于开发利用阶段, 主要包括茎叶饲用<sup>[4-5]</sup>、籽粒粮用和功能性食品开发<sup>[6-9]</sup>以及籽粒中淀粉的理化性质<sup>[10]</sup>等方面, 但关于籽粒苋种质资源表型性状遗传多样性的研究鲜见报道。目前仅报道了云南<sup>[11]</sup>、广西<sup>[12]</sup>和黑龙江<sup>[13-14]</sup>等地区籽粒苋资源的多样性分析, 贵州省内籽粒苋种质资源多样性尚无报道。本研究对 40 份贵州籽粒苋种质资源进行表型性状和品质性状遗传多样性分析, 探讨贵州不同地区籽粒苋种质资源表型、品质多样性和变异特点, 为贵州籽粒

苋种质创新和高效利用提供数据支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料及试验地概况

供试材料为 40 份贵州籽粒苋种质资源(表 1), 均由贵州省农业科学院旱粮研究所提供, 于 2019-2020 年种植于贵州省农业科学院旱粮研究所试验基地, 试验地属于亚热带湿润季风气候, 土壤类型为黏土, 土壤有机质 12.90g/kg、全氮 1.35g/kg、碱解氮 346.48mg/kg、速效磷 18.97mg/kg、速效钾 246.59mg/kg、pH 7.2。

### 1.2 试验方法

采用随机区组试验设计, 3 次重复, 行长 5.0m, 2 行区, 行宽 70cm, 小区面积 7.0m<sup>2</sup>, 栽培管理同大田生产。试验材料的描述型性状于田间进行观测记录, 数值型性状每份资源调查 10 株, 取 2 年数据的平均值进行计算。籽粒苋从出苗到成熟整个生育期进行主要表型数据调查和观测, 测定株高、茎粗、叶柄长、叶长、叶宽和主花序长 6 个农艺性状指标。方法参考《籽粒苋种质资源描述规范和数据标准》<sup>[15]</sup>。

### 1.3 测定项目与方法

采用 GB 5009.5-2016<sup>[16]</sup>的方法测定蛋白质含量。采用 GB 5009.6-2016<sup>[17]</sup>的方法测定粗脂肪含

作者简介: 李青风, 主要从事作物新品种选育和栽培生理机制研究, E-mail: liqingfeng453003@yeah.net

彭秋为通信作者, 主要从事高粱种质资源评价和遗传育种研究, E-mail: p5615@sina.com

基金项目: 财政部和农业农村部: 国家现代农业产业技术体系(CARS-06-14.5-B26); 贵州省农科院青年基金(黔农科院青年基金[2019]04 号)

收稿日期: 2022-03-31; 修回日期: 2022-05-09; 网络出版日期: 2023-02-09

表 1 供试的 40 份贵州籽粒苋材料来源  
Table 1 The 40 *Amaranthus* germplasm resources used in Guizhou

序号 Number	名称 Name	地区 Region	县区 County	序号 Number	名称 Name	地区 Region	县区 County
1	2020001	黔西南州	贞丰	21	2020091	黔西南州	望谟
2	2020002	黔西南州	贞丰	22	2020096	黔西南州	望谟
3	2020003	黔西南州	贞丰	23	2020097	黔西南州	望谟
4	2020008	黔西南州	贞丰	24	2020106	黔西南州	望谟
5	2020016	黔西南州	安龙	25	2020110	黔南州	罗甸
6	2020022	黔西南州	安龙	26	2020111	黔南州	罗甸
7	2020023	黔西南州	安龙	27	2020117	黔南州	罗甸
8	2020027	黔西南州	安龙	28	2020121	黔南州	罗甸
9	2020031	黔西南州	兴义	29	2020123	安顺地区	紫云
10	2020034	黔西南州	兴义	30	2020122	安顺地区	紫云
11	2020049	黔西南州	兴义	31	2020135	安顺地区	紫云
12	2020054	六盘水	盘县	32	2020136	安顺地区	紫云
13	2020058	六盘水	盘县	33	2020140	安顺地区	紫云
14	2020065	六盘水	盘县	34	2020151	黔南州	独山
15	2020071	黔西南州	册亨	35	2020161	黔南州	三都
16	2020072	黔西南州	册亨	36	2020168	贵阳	花溪
17	2020076	黔西南州	册亨	37	2020169	贵阳	花溪
18	2020077	黔西南州	册亨	38	2020172	贵阳	花溪
19	2020088	黔西南州	望谟	39	2020177	黔西南州	册亨
20	2020089	黔西南州	望谟	40	2020300	黔东南州	雷山

量。采用 GB 5009.9-2016<sup>[18]</sup>的方法测定总淀粉含量。采用 DB32/T 2265-2012<sup>[19]</sup>的方法测定直链淀粉含量。采用茚三酮法测定赖氨酸含量。

1.4 数据处理

根据形态描述型性状的遗传多样性分级和赋值，采用 Shannon’s 多样性指数（ $H'$ ）进行描述和评价，计算公式如下，

$$H'=-\sum P_i \times \ln P_i^{[20]}$$

式中， $P_i$ 表示第  $i$  种变异类型出现的频率，用所有相应性状  $H'$  的平均值表示一组或所有种质的遗传多样性程度<sup>[16]</sup>。遗传多样性指数是用来衡量群体遗传多样性的大小。根据平均数和标准差将材料分为 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，每一组的相对频率用于计算多样性指数。根据多样性指数比

较 40 份贵州本地籽粒苋种质资源的形态性状和农艺性状的遗传多样性，并计算农艺性状间的相关性。

采用 SPSS 19.0 进行聚类分析，采用 Excel 2010 处理各性状数据。

2 结果与分析

2.1 40 份籽粒苋种质资源农艺性状多样性分析

贵州省 40 份籽粒苋种质资源农艺性状多样性见表 2。40 份种质平均株高为 271.18cm，极大值与极小值相差 153.50cm；茎粗平均值 24.90mm，极大值与极小值相差 26.03mm；叶片性状主要有叶柄长、叶长和叶宽，平均值分别为 11.99、22.75 和 10.94cm；主花序长平均值为 81.86cm，极大值与极小值相差 42.50cm。其中变异系数最大的指标

表 2 籽粒苋种质农艺性状变异及多样性指数  
Table 2 Variations and diversity indexes of agronomic characteristics in *Amaranthus* germplasms

农艺性状 Agronomic characteristic	极大值 Maximum	极小值 Minimum	平均值 Mean	标准差 Standard deviation	变异系数 Coefficient of variation (%)	多样性指数 $H'$
株高 Plant height (cm)	350.00	196.50	271.18	39.91	14.72	1.95
茎粗 Stem diameter (mm)	41.39	15.36	24.90	5.80	23.29	1.93
叶柄长 Petiole length (cm)	19.40	7.05	11.99	2.87	23.93	1.94
叶长 Leaf length (cm)	31.60	16.30	22.75	4.09	17.98	2.05
叶宽 Leaf width (cm)	15.45	8.25	10.94	1.53	13.96	1.97
主花序长 Main inflorescence length (cm)	106.50	64.00	81.86	9.07	11.08	1.97

为叶柄长，为 23.93%，茎粗的变异系数次之。各性状多样性指数为 1.93~2.05，多样性指数排序为叶长>主花序长=叶宽>株高>叶柄长>茎粗。

2.2 40 份籽粒苋种质资源品质性状多样性分析

对贵州省 40 份籽粒苋资源的蛋白质、粗脂肪、总淀粉、直链淀粉以及氨基酸含量进行检测，各成

分之间的差异见表 3。蛋白质、粗脂肪、总淀粉、直链淀粉和赖氨酸的平均含量分别为 22.55%、6.92%、40.25%、1.30%、0.60%。各营养成分间的多样性指数为蛋白质>赖氨酸>总淀粉>粗脂肪>直链淀粉；各成分间变异系数最大的是直链淀粉含量，赖氨酸次之。

表 3 籽粒苋种质品质性状变异系数及多样性指数

Table 3 The coefficients of variation and diversity indexes of quality characteristics in *Amaranthus* germplasms

品质性状 Quality characteristic	极大值 Maximum (%)	极小值 Minimum (%)	平均值 Mean (%)	标准差 Standard deviation	变异系数 Coefficient of variation (%)	多样性指数 <i>H'</i>
蛋白质 Protein	28.87	18.82	22.55	2.48	10.99	2.02
粗脂肪 Crude fat	10.90	4.44	6.92	1.27	18.31	1.89
总淀粉 Total starch	48.72	34.53	40.25	2.91	7.24	1.93
直链淀粉 Amylose	5.24	0.42	1.30	1.10	84.57	1.37
赖氨酸 Lysine	0.85	0.34	0.60	0.11	18.72	1.99

2.3 40 份籽粒苋种质资源农艺性状的相关性分析

40 份贵州籽粒苋种质的 6 个农艺性状相关性分析结果（表 4）显示，部分农艺性状之间存在显著的关联性。株高与茎粗、叶长、叶宽和主花序长

均呈极显著正相关；茎粗与叶柄长、叶长和叶宽呈极显著正相关，与主花序长呈显著正相关；叶柄长与叶宽、叶长呈极显著正相关；叶长与叶宽呈极显著正相关，与主花序长呈显著正相关。

表 4 籽粒苋种质农艺性状的相关性分析

Table 4 Correlation analysis of agronomic characteristics in *Amaranthus* germplasms

性状 Characteristic	株高 Plant height	茎粗 Stem diameter	叶柄长 Petiole length	叶长 Leaf length	叶宽 Leaf width	主花序长 Main inflorescence length
株高 Plant height	1.000					
茎粗 Stem diameter	0.530**	1.000				
叶柄长 Petiole length	0.301	0.733**	1.000			
叶长 Leaf length	0.448**	0.693**	0.724**	1.000		
叶宽 Leaf width	0.526**	0.715**	0.750**	0.793**	1.000	
主花序长 Main inflorescence length	0.274**	0.209*	0.036	0.323*	0.185	1.000

“\*\*” 在 0.01 水平上极显著相关，“\*” 在 0.05 水平上显著相关。下同  
“\*\*” indicates extremely significant correlation at the 0.01 level, “\*” indicates significant correlation at the 0.05 level. The same below

2.4 40 份籽粒苋种质资源品质性状的相关性分析

40 份贵州籽粒苋种质的品质性状相关性分析结果（表 5）显示，部分品质性状之间存在极显著的正相关关系。蛋白质含量与粗脂肪、赖氨酸含量

呈极显著正相关，与总淀粉含量呈负相关，与直链淀粉含量呈极显著负相关。这些结果表明籽粒苋品质性状遗传的多样性和复杂性。

2.5 不同区域籽粒苋种质资源主要品质间的差异

40 份籽粒苋种质资源中有 22 份来自黔西南州，1 份来自黔东南州，6 份来自黔南州，3 份来自六盘水地区，5 份来自安顺地区，3 份来自贵阳本地；不同区域籽粒苋蛋白质、粗脂肪、总淀粉、直链淀粉和赖氨酸含量比较（表 6）表明，黔东南州的种质资源蛋白质含量最高，安顺地区的粗脂肪、总淀粉含量最高，直链淀粉占比较高的种质资源来自黔南州，黔东南州和贵阳地区种质的赖氨酸含量较高。可以根据需要选择适合的地区资源进行下一

表 5 籽粒苋种质品质性状的相关性分析

Table 5 Correlation analysis of quality characteristics in *Amaranthus* germplasms

指标 Index	蛋白质 Protein	粗脂肪 Crude fat	总淀粉 Total starch	直链淀粉 Amylose	赖氨酸 Lysine
蛋白质 Protein	1.000				
粗脂肪 Crude fat	0.400**	1.000			
总淀粉 Total starch	-0.068	0.196*	1.000		
直链淀粉 Amylose	-0.361**	-0.316**	-0.163	1.000	
赖氨酸 Lysine	0.506**	0.167	0.081	-0.326**	1.000

表 6 不同区域籽粒苋种质资源主要品质差异比较									
Table 6 Comparison of main qualities of <i>Amaranth</i> germplasms resources in different regions									%
区域 Region	数量 Number	蛋白质 Protein	粗脂肪 Crude fat	总淀粉 Total starch	直链淀粉 Amylose	赖氨酸 Lysine			
黔西南 Southwest Guizhou	22	22.99	6.98	40.39	1.24	0.58			
黔东南 Southeast Guizhou	1	24.50	5.19	37.01	1.15	0.77			
黔南 Southern Guizhou	6	21.89	6.87	39.70	1.86	0.56			
六盘水 Liupanshui	3	21.19	6.33	40.96	1.59	0.59			
安顺 Anshun	5	21.42	7.87	41.68	0.96	0.59			
贵阳 Guiyang	3	23.20	6.22	38.32	1.15	0.77			
平均值 Average		22.55	6.92	40.25	1.30	0.60			

步的改良及利用。

3 讨论

本研究对 40 份贵州籽粒苋种质资源的 6 个农艺性状和 5 个品质性状进行遗传多样性分析，首次系统揭示了贵州籽粒苋种质资源的农艺性状和品质性状丰富的遗传多样性，有利于贵州地区籽粒苋资源的进一步开发利用。有研究<sup>[21]</sup>认为，当变异系数大于 10%时，说明样本间差异较大。本研究中，籽粒苋种质资源 6 个表型性状（株高、茎粗、叶柄长、叶长、叶宽、主花序长）的变异系数为 11.08%~23.93%，均大于 10%，说明参试籽粒苋种质资源较为丰富。籽粒苋籽粒中蛋白质、粗脂肪、总淀粉、直链淀粉和赖氨酸等含量的高低直接影响着种质资源的用途，对促进籽粒苋的品质育种、资源创新和加工利用具有重要的指导意义。

分析种质资源的遗传背景是育种突破的关键，为了更好地进行籽粒苋育种工作中目标性状的筛选与确定工作，本研究对 40 份籽粒苋种质资源进行了表型多样性分析。结果表明，6 个数量性状中叶长（2.05）的遗传多样性指数较高，这与王建丽等<sup>[13]</sup>的研究结果不一致，可能与资源来源和样本数不同有关。当变异系数达到 10%以上时，表明所选种质材料间有显著差异，本试验中变异系数范围为 11.08%~23.93%，表明这些性状在种质个体间差异较大；本试验中变异系数以叶柄长（23.93%）最大，主花序长（11.08%）最小，说明不同种质间的遗传变异程度不一致，可为籽粒苋品种改良提供丰富、优良的亲本材料，同时可拓宽籽粒苋新品种选育空间和方向。本研究对 40 份籽粒苋资源 6 个主要农艺性状进行相关分析，株高与茎粗、叶长、叶宽、主花序长均呈极显著正相关，茎粗与叶柄长、叶长和叶宽呈极显著正相关，说明籽粒苋种质资源表型性状间相关性很大，这与王建丽等<sup>[13]</sup>对 28 份材料

的 9 个农艺性状相关性分析结果一致。

本文通过对籽粒苋资源各项品质鉴定评价表明，贵州籽粒苋资源蛋白质含量平均值为 22.55%、粗脂肪含量的平均值为 6.92%、总淀粉含量平均值为 40.25%、直链淀粉含量平均值为 1.30%、赖氨酸含量平均值为 0.60%。其蛋白质和粗脂肪含量水平远远高于广西<sup>[12]</sup>籽粒苋平均水平，总淀粉含量略低于广西资源。通过对 5 个品质性状进行相关性分析，发现蛋白质与粗脂肪、赖氨酸含量呈极显著正相关，与总淀粉含量呈负相关，与直链淀粉含量呈极显著负相关，这些结果表明籽粒苋品质性状遗传的多样性和复杂性。

4 结论

通过对籽粒苋的农艺性状和品质性状进行遗传多样性分析，农艺性状的变异系数为 11.08%~23.93%，证明了贵州籽粒苋资源较为丰富。通过对不同来源地籽粒苋资源进行品质多样性分析，黔东南地区的资源的蛋白质和赖氨酸含量最高，安顺地区的粗脂肪和总淀粉含量较高，黔南地区的直链淀粉含量最高。可根据目标性状选择不同地区资源进行利用和改良。

参考文献

[1] 孙鸿良, 岳绍先, 郝凌宇, 等. 籽粒苋的高产抗逆特性及其开发优质高效青贮饲料的关键技术. 中国饲料, 2017(17): 10-13, 20.

[2] 林汝法, 柴岩, 廖琴, 等. 中国小杂粮. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2002: 177-179.

[3] 孙鸿良, 岳绍先. 籽粒苋食品纳入营养健康产业的发展趋向——一个被埋没了的古老粮食作物健康机能的新发现. 中国种业, 2017(5): 11-14.

[4] 彭爽. 籽粒苋的饲用价值和高产栽培技术. 现代畜牧科技, 2021, 27(4): 48-49.

[5] 刘艳芳, 邱昊日, 余雄, 等. 不同处理方式对籽粒苋青贮品质的影响. 草业学报, 2017, 26(9): 214-220.

[6] 孙国庆, 马健, 都文, 等. 饲料中添加籽粒苋对泌乳奶牛瘤发酵、血液指标和生产性能的影响. 动物营养学报, 2017, 29(5): 1652-1660.

- [7] 蔡红燕, 聂婷婷, 党长英, 等. 籽粒苋面包品质及营养成分分析. 粮食与油脂, 2020, 33(12): 38-40.
- [8] 马晓英, 张治忠, 马晓梅. 籽粒苋营养价值动态研究. 黑龙江生态工程职业学院学报, 2006, 19(6): 13-14, 19.
- [9] 邱昊日, 范雪, 马健, 等. 籽粒苋在动物饲料中应用的研究进展. 分资源开发, 2019, 40(3): 26-30.
- [10] 夏雪娟, 廖芙蓉, 阚建全. 籽粒苋籽实中淀粉的理化性质. 食品科学, 2014, 35(1): 110-114.
- [11] 王艳青, 卢文洁, 李春花, 等. 云南籽粒苋种质资源的表型多样性分析. 中国农学通报, 2020, 36(18): 44-54.
- [12] 覃初贤, 覃欣广, 望飞勇, 等. 广西籽粒苋资源品质性状的鉴定与评价. 中国农学通报, 2020, 36(33): 50-57.
- [13] 王建丽, 刘杰琳, 朱瑞芬, 等. 28 份籽粒苋种质资源的主要农艺性状遗传多样性分析. 草地学报, 2020, 28(4): 1050-1059.
- [14] 齐春杰. 籽粒苋种质资源遗传多样性分析及耐盐性研究. 哈尔滨: 哈尔滨师范大学, 2021.
- [15] 陆平, 孙鸿良. 籽粒苋种质资源描述规范和数据标准. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [16] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. GB 5009.5-2016 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [17] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. GB 5009.6-2016 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [18] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. GB 5009.9-2016 食品安全国家标准 食品中淀粉的测定. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [19] 江苏省质量技术监督局. DB32/T 2265-2012 鲜食玉米中直链淀粉和支链淀粉含量的测定 双波长分光光度法. 南京: 江苏省地方标准出版社, 2012.
- [20] 王建丽, 马利超, 申忠宝, 等. 基于遗传多样性评估燕麦品种的农艺性状. 草业学报, 2019, 28(2): 133-141.
- [21] 吕伟, 韩俊梅, 任果香, 等. 山西芝麻种质资源遗传多样性分析. 作物杂志, 2019(5): 57-63.

## Genetic Diversity Analysis of Agronomic and Quality Characteristics of *Amaranthus* Resources in Guizhou Province

Li Qingfeng, Gao Jie, Peng Qiu

(Institute of Upland Crops, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550006, Guizhou, China)

**Abstract** The local germplasm resources of *Amaranthus* in Guizhou province are extremely rich. In order to provide the theoretical basis for the breeding and production of *Amaranthus*, 40 *Amaranthus* resources in Guizhou province were collected, and the diversity and correlation of agronomic characteristics (plant height, stem diameter, petiole length, leaf length, leaf width and main inflorescence length) and quality characteristics (protein, crude fat, total starch, amylose and lysine) of *Amaranthus* were analyzed. The results showed that the diversity indexes of agronomic characteristics were 1.93-2.05; the average contents of proteins, crude fat, total starch, amylose and lysine were 22.55%, 6.92%, 40.25%, 1.30% and 0.60%, respectively. There were significantly positive correlation between plant height and stem diameter, leaf length, leaf width and main inflorescence length. There were significantly positive correlation between protein content and contents of crude fat and lysine. The contents of protein and lysine in *Amaranthus* resources in Southeast Guizhou province were higher, the contents of crude fat and total starch in *Amaranthus* resources in Anshun area were the highest, and the content of amylose in *Amaranthus* resources in Southern Guizhou province was higher compared with other regions in Guizhou province.

**Key words** Guizhou; *Amaranthus* spp.; Agronomic characteristic; Quality characteristic; Genetic diversity