

何姗姗,赵财. 贵州小根蒜种质资源的形态性状和风味品质评价[J]. 华中农业大学学报, 2023, 42(1): 19-26.
DOI: 10.13300/j.cnki.hnlkxb.2023.01.003

贵州小根蒜种质资源的形态性状和风味品质评价

何姗姗, 赵财

贵州大学生命科学学院/农业生物工程研究院/
山地植物资源保护与保护种质创新教育部重点实验室, 贵阳 550025

摘要 为综合评价性状优异、氨基酸含量高和风味品质佳的药食同源植物小根蒜(*Allium macrostemon* Bunge)种质资源,对贵州不同产地小根蒜的株高、叶长、鳞茎直径等6个形态性状进行比较;同时,采用高效液相色谱法(HPLC)测定小根蒜鳞茎中的17种游离氨基酸含量,并进行氨基酸呈味性和主成分分析。结果显示:小根蒜的株高、鳞茎直径、叶长、叶宽、株中部宽和根须长6个性状在9个居群之间均存在显著差异($P < 0.05$),变异系数均大于10%;欧氏距离聚类分析可将9个居群聚为2类,第Ⅱ类形态性状表现较突出;主成分分析显示第1个主成分的累计贡献率达80.967%,黔南居群综合评分最高。各居群总游离氨基酸(TFAA)平均含量为6 078.52 mg/kg, TFAA含量较高的为黔东南(10 365.90 mg/kg)和贵阳市(8 174.55 mg/kg)居群;精氨酸(Arg)(TAV=6.81)是影响小根蒜风味的主要因素;主成分分析显示前4个主成分的累计贡献率达90.144%,综合得分最高为黔东南居群。研究结果表明,小根蒜形态性状和呈味氨基酸含量存在地域性差异,黔南居群形态性状突出,黔东南居群风味品质优,具备较高的开发利用价值。

关键词 小根蒜; 药食同源植物; 形态性状; 游离氨基酸; 风味品质; 地域差异

中图分类号 Q949.91 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2023)01-0019-08

小根蒜(*Allium macrostemon* Bunge)隶属于石蒜科(Amaryllidaceae)葱属(*Allium* L.),为药食同源植物,别名苦蒜、小根菜等。在1963—2020年版《中华人民共和国药典》中均记载其干燥鳞茎作为中药薤白的主要生药来源之一^[1]。该植物大部分生长于野外,分布区域广泛^[2]。小根蒜为全株可食的野生蔬菜,其地下鳞茎像小蒜头,地上茎叶似韭菜,具有类似大蒜、葱的特征风味,受大众喜爱。小根蒜富含多种微量元素和营养成分,有重要的营养、药用和食用价值^[3-4]。

植物的外观和风味是优良品种选育的重要指标。受遗传因素和生态环境等因素影响,小根蒜野生种质资源群体之间的性状差异越来越显著。氨基酸的含量和种类是衡量食品感官呈味性的重要指标之一。Wu等^[5]发现小根蒜中富含游离氨基酸,并包含多种风味氨基酸。游离氨基酸具有呈味特征,周

秀琴^[6]在分析天然调味料的开发状况中认为氨基酸是天然调味料的重要组成部分,甜、苦、鲜、酸、咸均有。近代以来对小根蒜的品质评价以个大、味辛者为佳^[7],然而对小根蒜地方野生种质资源的研究和整理工作较少。本研究选取贵州省为研究区域,以不同居群小根蒜植株为对象,采用高效液相色谱法测定小根蒜鳞茎中的游离氨基酸含量,并进行氨基酸呈味性分析,拟进行贵州省不同产地优良形态性状小根蒜的筛选;基于游离氨基酸呈味性评价各产地小根蒜的风味,旨在为选育开发具有良好外观品质和风味品质的小根蒜提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料及区域

于2021年3—4月,在贵州省贵阳市、六盘水市、安顺市、铜仁市、毕节市、遵义市、黔东南、黔西南和

收稿日期: 2022-04-30

基金项目: 贵州科技支撑计划项目(黔科合支撑[2019]2451-2号); 贵州省教育厅教育部重点实验室开放课题(黔教合KY字[2019]033); 贵州省生物学国内一流建设学科开放基金(No. GNYL[2017]009); 贵州省中药材现代产业技术体系建设(No. GZCYTX-03); 贵州省梵净山地区生物多样性保护与利用重点实验室开放课题([2020]2003)

何姗姗, E-mail: 2426412738@qq.com

通信作者: 赵财, E-mail: zhaocai_11@163.com

黔南共9个地区,采集无明显缺陷、正常生长的小根蒜植株。每个居群随机选取25个样本,每个个体间距至少5 m,共225份单株栽种于土壤、水分等条件一致的环境中备用。

1.2 形态性状测定

对9个居群小根蒜的6个性状指标进行测量,具体包括株高、鳞茎直径、叶长、叶宽、株中部宽和根须长,每株测3次重复,取平均值,将所测得的各居群指标值录成形态性状Excel表。

1.3 游离氨基酸的检测

采用高效液相色谱法(HPLC)将新鲜的小根蒜鳞茎在适宜的色谱条件下测定游离氨基酸含量,作为小根蒜的质量控制方法之一^[8]。

测定仪器和色谱条件:仪器:HPLC,二元泵,自动进样器,DAD检测器。色谱条件:色谱柱:AdvanceBio AAA C18色谱柱(4.6 mm × 100 mm, 2.7 μm);流动相A:10 mmol/L磷酸氢二钠和10 mmol/L硼酸钠溶液,用盐酸将pH调节为8.2;流动相B:V_{甲醇}:V_{乙腈}:V_水=45:45:10;流速:1.5 mL/min;柱温:40℃;采用梯度洗脱。

样品处理:将小根蒜新鲜鳞茎取下剪碎,取约2.0 g鲜样用10%乙酸水溶液冰水浴研磨或匀浆提取,于8 500 r/min离心取清液做为试验样。量取2 mL的试验样,先加入约相同体积的盐酸混匀后,再用6 mol/L盐酸溶液补充至10 mL,用氮气置换管内空气后密封。水解管在(115±5)℃烘箱中水解22~24 h后放至室温,取出水解液,用0.22 μm孔径的滤

膜过滤,取1 mL滤液至进样小瓶中,氮吹干后用0.1 mol/L的HCl水溶液超声溶解固体物质,取溶液直接进样。

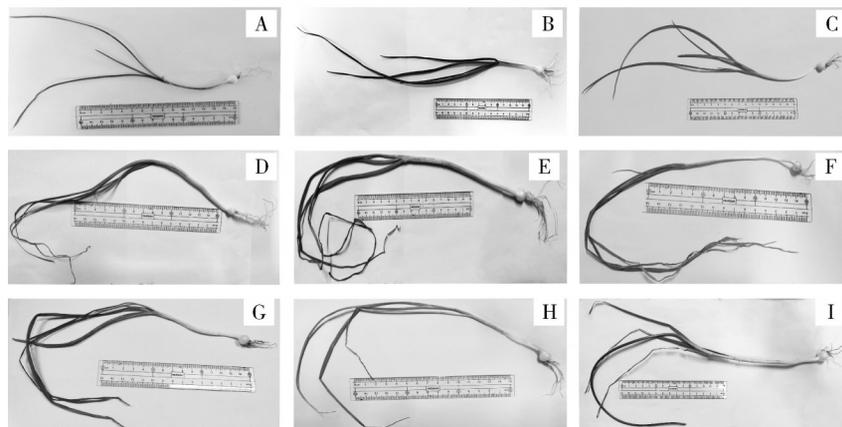
1.4 数据处理

通过Excel和SPSS 26.0软件进行数据处理和主成分分析。

2 结果与分析

2.1 贵州省各居群小根蒜形态性状比较

1)各居群形态及性状统计。分别随机选取各居群中1株共9株健康植株,观察形态特征(图1),可见黔南居群的株高较高、鳞茎个大,形态上整体较突出。每个居群随机选取25株测定其株高、鳞茎直径、叶长、叶宽、株中部宽和根须长6个主要形态性状,取平均值进行统计(表1),结果显示,黔南居群小根蒜的株高、叶长、叶宽、株中部宽、根须长和鳞茎直径最大,形态性状最突出。小根蒜的性状在各居群之间均存在显著差异。总体上看,平均变异系数为32.58%,变异范围22.54%~7.34%。株中部宽的变异系数最高为37.34%,变异幅度为0.16~0.58 cm;鳞茎直径的变异系数最低,为22.54%,变异幅度为0.51~1.21 cm。根据变异系数大小判断,小根蒜各性状值离散程度顺序为:株中部宽>根须长>叶长>叶宽>株高>鳞茎直径。通过单因素方差分析,*F*检验表明,6个性状均达到极显著水平($P < 0.01$),*F*值为10.897~39.640。其中,株高的*F*值最大,而根须长的*F*值最小。



A. 毕节市 Bijie; B. 黔西南 Qianxi'nan; C. 遵义市 Zunyi; D. 铜仁市 Tongren; E. 黔南 Qiannan; F. 贵阳市 Guiyang; G. 黔东南 Qiangdongnan; H. 六盘水市 Liupanshui; I. 安顺市 Anshun.

图1 9个居群小根蒜的形态特征图

Fig. 1 Pictures of morphological characteristics of 9 populations of *Allium macrostemon* Bunge

表 1 各居群小根蒜形态性状统计

Table 1 Basic statistics of morphological traits of *Allium macrostemon* Bunge in various populations

区域 Area	样品代号 Sample code	株高/cm Plant height	叶长/cm Leaf length	叶宽/cm Blade width	株中部宽/cm Central plant wide	根须长/cm Root length	鳞茎直径/cm Bulb diameter
毕节市 Bijie City	BJS	20.16 ± 5.57e	15.19 ± 4.74f	0.15 ± 0.05f	0.16 ± 0.07e	3.48 ± 1.57cd	0.51 ± 0.20d
黔西南 Qianxi'nan	QXN	49.62 ± 7.16ab	40.37 ± 6.18ab	0.39 ± 0.13b	0.44 ± 0.16b	5.21 ± 2.29b	0.85 ± 0.19bc
遵义市 Zunyi City	ZYS	35.81 ± 3.76c	26.43 ± 3.39d	0.24 ± 0.08de	0.29 ± 0.10cd	2.64 ± 1.01d	0.93 ± 0.18b
铜仁市 Tongren City	TRS	48.06 ± 14.29b	35.61 ± 12.18bc	0.32 ± 0.07c	0.40 ± 0.12b	5.64 ± 2.16ab	0.73 ± 0.22c
黔南 Qiannan	QN	55.76 ± 7.00a	42.15 ± 7.20a	0.45 ± 0.09a	0.58 ± 0.11a	7.11 ± 2.14a	1.21 ± 0.22a
贵阳市 Guiyang City	GYS	44.75 ± 14.35b	33.44 ± 11.56c	0.27 ± 0.10cd	0.30 ± 0.12c	2.77 ± 1.79cd	0.85 ± 0.18bc
黔东南 Qiandongnan	QDN	30.82 ± 10.84c	23.07 ± 10.00de	0.24 ± 0.08de	0.29 ± 0.10cd	4.32 ± 2.54bc	0.72 ± 0.16c
六盘水市 Liupansui City	LPSS	23.23 ± 8.45de	18.52 ± 7.63ef	0.25 ± 0.07de	0.32 ± 0.08c	3.30 ± 2.52cd	0.93 ± 0.30b
安顺市 Anshun City	ASS	30.26 ± 11.89cd	21.79 ± 8.82de	0.19 ± 0.09ef	0.22 ± 0.09de	4.30 ± 3.27bc	0.82 ± 0.17bc
平均值 Mean		37.60	28.51	0.28	0.33	4.31	0.84
标准差 SD		12.49	9.73	0.09	0.12	1.47	0.19
变异系数/% CV		33.22	34.14	34.07	37.34	34.15	22.54
F		39.64**	33.19**	30.56**	32.63**	10.90**	21.18**

注：表中数据为“平均值 ± 标准误”，数值后同列不同小写字母表示处理间在 0.05 水平上差异显著；** 表示在 0.01 水平上差异显著。
 Note: Data in the table are “Mean ± SD”. Value of the different case letters indicate significant differences at 0.05 level. ** indicates a significant difference at 0.01 level.

2) 各居群性状的聚类分析。应用 SPSS 26.0 软件欧氏距离聚类方法依据小根蒜 6 个性状对小根蒜 9 个居群进行聚类分析(图 2)。在欧氏距离为 25 时可

划分为 2 类,黔东南、安顺市、遵义市、毕节市和六盘水市居群聚为一类,铜仁市、贵阳市、黔西南和黔南居群聚为一类,此类形态性状表现较突出,株高、叶长和叶宽值比其他居群的高。

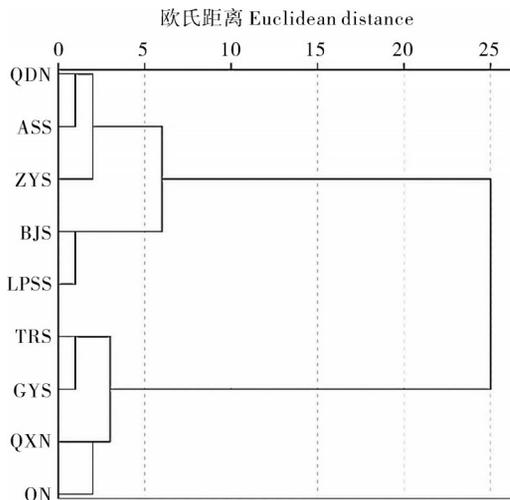


图 2 基于形态性状的小根蒜聚类图

Fig. 2 Clustering diagram of *A. macrostemon* based on morphological traits

3) 主成分分析与性状综合评价。基于 6 个性状进行主成分分析,以特征值 > 1 为标准提取主成分,第 1 个主成分的特征值为 4.858, 累计贡献率为 80.967%, 说明能够表达 80.967% 的信息量,主成分分析效果较好,因此,以第 1 个主成分作为有效成分进行数据分析。主成分载荷是原始变量与主成分之间的相关系数,叶宽的载荷为 0.986,对第 1 主成分的贡献最大,影响最小的是鳞茎直径,载荷为 0.737,其余的表型性状载荷量依次为 0.943、0.934、0.790、0.737,反映了地上部分的性状。将各数据转化后,得到第 1 主成分得分和综合得分(表 2)。第 1 主成分和综合得分最高的为黔南居群,分别为 45.09 和 36.53,得分最低的为毕节市居群。

表2 各居群小根蒜性状的主成分得分及综合评价
Table 2 Principal component scores and comprehensive evaluation of *A. macrostemon* characters in each population

样品代号 Sample code	主成分得分 Principal component score	综合得分 D_n	排名 Ranking
QN	45.09	36.53	1
QXN	40.84	33.08	2
TRS	38.21	30.95	3
GYS	34.82	28.20	4
ZYS	27.99	22.67	5
QDN	24.97	20.22	6
ASS	24.15	19.56	7
LPSS	19.52	15.81	8
BJS	16.61	13.45	9

2.2 基于氨基酸特征的小根蒜风味品质分析

1) 各居群小根蒜游离氨基酸的含量和组成。对小根蒜鳞茎进行游离氨基酸检测(表3),在9个居群中检测出17种游离氨基酸,分别为Asp(天冬氨酸)、Glu(谷氨酸)、Ser(丝氨酸)、His(组氨酸)、Gly(甘氨酸)、Thr(苏氨酸)、Arg(精氨酸)、Ala(丙氨酸)、Tyr

(酪氨酸)、Cys(胱氨酸)、Val(缬氨酸)、Met(蛋氨酸)、Phe(苯丙氨酸)、Ile(异亮氨酸)、Leu(亮氨酸)、Lys(赖氨酸)、Pro(脯氨酸),但在黔南地区中未检测到His、Met、Phe和Ile。黔南居群总游离氨基酸(TFAA)含量最低,为103.93 mg/kg,黔东南居群最高,为10365.90 mg/kg。9个居群总游离氨基酸平均含量为6078.52 mg/kg。9个居群小根蒜的17种游离氨基酸平均含量较高的为Ser、His和Arg,较低的为Pro、Met和Ile。

2) 氨基酸呈味性分析。游离氨基酸具有呈味性,9个居群小根蒜的呈味氨基酸(TAA)按其呈味性可分为芳香类氨基酸(AAA),包括Cys、Tyr、Phe;甜味氨基酸(SAA),主要是Pro、Ser、Ala、Thr、His和Gly;苦味氨基酸(BAA)占比较大,有Val、Leu、Ile、Met和Arg;鲜味类氨基酸(DAA)包括Asp、Lys和Glu。8种必需氨基酸(EAA)为Lys、Phe、Thr、Ile、Leu、Val、Met和His,其中His对于小儿生长发育起重要作用;有9种属于药用氨基酸(MAA),分别为Glu、Asp、Arg、Gly、Phe、Tyr、Leu、Met和Lys。氨基

表3 各居群小根蒜游离氨基酸含量

Table 3 Free amino acid (FAA) content of *A. macrostemon* in each colony

游离氨基酸 FAA	ASS	QN	QDN	GYS	QXN	ZYS	LPSS	TRS	BJS	平均 Mean
Asp	42.61	0.35	93.38	70.49	68.11	66.61	93.13	120.96	43.70	66.59
Glu	144.60	9.69	206.40	240.24	136.15	276.19	370.71	180.86	194.83	195.52
Ser	214.24	9.39	418.66	634.64	588.65	620.77	726.04	353.20	570.32	459.54
His	108.03	0.00	2240.80	2605.85	168.57	236.50	202.68	2003.56	83.75	849.97
Gly	47.45	2.82	74.76	146.86	105.53	27.99	27.20	41.61	52.69	58.55
Thr	52.26	3.57	40.18	150.02	56.16	32.60	41.05	19.57	59.53	50.55
Arg	1542.80	45.16	5543.44	3023.63	5382.22	4591.11	5248.41	3150.83	2133.32	3406.77
Ala	86.72	2.14	86.86	126.38	113.39	237.37	264.32	127.43	192.82	137.49
Tyr	25.41	3.77	203.50	97.68	113.43	131.14	141.03	122.30	36.08	97.15
Cys	49.62	3.37	480.36	103.47	120.53	88.41	94.27	144.98	48.79	125.98
Val	128.15	1.02	264.85	269.02	247.28	218.57	231.27	232.45	151.36	193.78
Met	9.33	0.00	15.07	13.18	62.81	19.63	23.98	30.74	19.07	21.53
Phe	28.46	0.00	197.58	211.90	41.28	104.76	114.03	50.56	39.57	87.57
Ile	18.74	0.00	40.30	53.83	13.30	26.02	30.87	43.72	16.79	27.06
Leu	45.84	3.80	119.70	166.06	26.71	53.94	62.27	63.20	45.85	65.26
Lys	71.43	10.14	329.68	254.37	266.11	319.49	336.71	340.96	52.04	220.10
Pro	62.91	8.71	10.38	6.93	10.39	6.14	6.75	4.41	19.32	15.10
TFAA	2678.61	103.93	10365.90	8174.55	7520.61	7057.24	8014.71	7031.33	3759.83	6078.52

酸的味道强度值(TAV)可用来进一步分析各呈味氨基酸对小根蒜风味的影响,TAV为呈味物质含量值与呈味特质味觉阈值的比值,当TAV>1表示该氨基酸对样品的风味有贡献,TAV<1贡献不显著。

由各居群小根蒜游离氨基酸的TAV值及特征(表4)可知,DAA含量占比以黔南最高,为19.42%,其次为六盘水市和安顺市。SAA含量占比最高、次高和较高的为贵阳市、铜仁市和黔东南。BAA以黔西南和六盘水市为最高和次高,相对较高为遵义市。AAA整体含量较低,其中最高的为黔东南,其次为

黔南。比较呈味氨基酸的含量占比,BAA>SAA>DAA>AAA,表明以BAA占比最大,其次为SAA。EAA和MAA占比分别为11.86%和70.31%,可见营养和药用价值较好。各呈味氨基酸TAV>1的有DDA中的His,BAA中的Arg和AAA中的Cys,在His对应的安顺市和黔南市居群其TAV<1外,其余呈味氨基酸TAV也均小于1。总之,His、Arg和Cys对小根蒜的风味有贡献,而对多数风味有贡献的为Arg(TAV=6.81),故影响小根蒜风味的主要因素为BAA中的Arg。

表 4 各居群小根蒜呈味氨基酸的TAV值及特征

Table 4 TAV values and characteristics of flavoring amino acids of *A. macrostemon* in each population

分类 Sort	游离 氨基酸 FAA	味道阈值/ (mg/g) Taste threshold	味道强度值 TAV									平均 Mean
			ASS	QN	QDN	GYS	QXN	ZYS	LPSS	TRS	BJS	
鲜味 DAA	Glu	0.30	0.48	0.03	0.69	0.80	0.45	0.92	1.24	0.60	0.65	0.65
	Asp	1.00	0.04	0.00	0.09	0.07	0.07	0.07	0.09	0.12	0.04	0.07
	Lys	0.50	0.14	0.02	0.66	0.51	0.53	0.64	0.67	0.68	0.10	0.44
	Thr	2.60	0.02	0.00	0.02	0.06	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02
	His	0.20	0.54	0.00	11.20	13.03	0.84	1.18	1.01	10.02	0.42	4.25
甜味 SAA	Ser	1.50	0.14	0.01	0.28	0.42	0.39	0.41	0.48	0.24	0.38	0.31
	Pro	3.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
	Gly	1.30	0.04	0.00	0.06	0.11	0.08	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05
	Ala	0.60	0.14	0.00	0.14	0.21	0.19	0.40	0.44	0.21	0.32	0.23
	Val	0.40	0.32	0.00	0.66	0.67	0.62	0.55	0.58	0.58	0.38	0.48
苦味 BAA	Met	0.30	0.03	0.00	0.05	0.04	0.21	0.07	0.08	0.10	0.06	0.07
	Ileu	1.90	0.02	0.00	0.06	0.09	0.01	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03
	Ile	0.90	0.02	0.00	0.04	0.06	0.01	0.03	0.03	0.05	0.02	0.03
	Arg	0.50	3.09	0.09	11.09	6.05	10.76	9.18	10.50	6.30	4.27	6.81
	Cys	0.02	2.48	0.17	24.02	5.17	6.03	4.42	4.71	7.25	2.44	6.30
芳香类 AAA	Tyr	2.60	0.01	0.00	0.08	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.01	0.04
	Phe	0.90	0.03	0.00	0.22	0.24	0.05	0.12	0.13	0.06	0.04	0.10
	(DAA/TAA)/%		9.66	19.42	6.07	6.91	6.25	9.38	9.99	9.14	7.73	9.40
(SAA/TAA)/%		21.34	25.63	27.70	44.90	13.86	16.46	15.82	36.26	26.02	25.33	
(BAA/TAA)/%		65.14	48.09	57.72	43.13	76.22	69.56	69.83	50.07	62.94	60.30	
(AAA/TAA)/%		3.86	6.87	8.50	5.05	3.66	4.60	4.36	4.52	3.31	4.97	
(EAA/TAA)/%		13.22	17.83	9.72	13.68	9.49	10.98	10.48	11.11	10.22	11.86	
(MAA/TAA)/%		73.10	72.87	65.44	51.68	82.47	79.22	80.07	58.34	69.61	70.31	
TFAA/(mg/kg)			2 678.61	103.93	10 365.90	8 174.55	7 520.61	7 057.24	8 014.71	7 031.33	3 759.83	6 078.52

3)氨基酸主成分分析。对游离氨基酸进行主成分分析,前4个主成分(特征值 >1)的累积贡献率已经达到90.144%(表5),说明前4个主成分可以作为数据分析的有效成分。对于第1主成分,载荷值较高的为Val、Lys、Tyr和Ile,主要体现BAA含量差异;第2主成分中,占比较大的依次为His、Leu、Thr、Gly,体现BAA含量差异;在第3主成分中,主因子系数由大到小依次为Thr、Ser、Ala、Glu,主要体现各居群小根蒜中SAA含量差异;第4主成分中,影响较大的4个因子依次为Met、Gly、Thr、Val,主要体现BAA含量差异。对各数据标准化后求得各主成分得分及综合评价指数(表6)。综合得分最高的是贵阳市,其次是黔东南。结合表5可知,贵阳市和黔东南的呈味氨基酸含量和组成均较高,与综合评分一致。

表5 各居群小根蒜呈味氨基酸的主成分分析

Table 5 Principal component analysis of flavoring amino acids of *A. macrostemon* in each population

游离氨基酸 FAA	主成分 Principle component			
	1	2	3	4
Asp	0.838	-0.213	-0.245	-0.018
Glu	0.742	-0.352	0.353	-0.425
Ser	0.752	-0.364	0.515	0.033
His	0.678	0.619	-0.287	-0.018
Gly	0.574	0.505	0.325	0.552
Thr	0.472	0.563	0.649	0.187
Arg	0.820	-0.443	-0.124	0.174
Ala	0.492	-0.617	0.482	-0.354
Tyr	0.879	-0.210	-0.388	-0.031
Cys	0.612	0.178	-0.625	0.019
Val	0.966	-0.081	0.057	0.186
Met	0.350	-0.524	0.031	0.764
Phe	0.840	0.391	0.020	-0.218
Ile	0.855	0.358	-0.003	-0.201
Leu	0.771	0.605	0.117	-0.159
Lys	0.884	-0.298	-0.246	-0.013
Pro	-0.443	0.213	0.240	-0.003
特征值 Eigenvalue	8.956	2.972	1.985	1.411
贡献率/% Contribution rate	52.685	17.484	11.674	8.300
累计贡献率/% Total percentage	52.685	70.169	81.843	90.144

表6 各居群小根蒜呈味氨基酸的主成分得分及综合评价
Table 6 Principal component scores and comprehensive evaluation of flavoring amino acids in *A. macrostemon* of each population

样品代号 Sample code	主成分得分 Principal component score				综合得分 D_n	排名 Ranking
	PC1	PC2	PC3	PC4		
GYS	3.16	3.19	1.74	0.13	2.44	1
QDN	3.14	1.19	-2.40	-0.26	1.56	2
LPSS	1.92	-2.26	0.73	-1.25	0.60	3
TRS	1.10	-0.32	-1.56	0.04	0.35	4
QXN	0.39	-1.47	0.14	2.92	0.20	5
ZYS	0.87	-1.75	0.33	-0.97	0.11	6
BJS	-1.70	-0.36	1.49	-0.15	-0.80	7
ASS	-3.08	0.99	0.67	-0.15	-1.38	8
QN	-5.8	0.79	-1.14	-0.31	-3.07	9

3 讨论

植物个体因外部环境条件状况不同可以形成不同的形态性状^[9]。通过对9个居群小根蒜的6个性状指标进行比较分析,发现小根蒜的形态性状在各个居群之间差异显著。由于黔南居群各项性状指标变异幅度均较大,故可作为良好选育材料,这些性状的变异系数均大于10%,表明小根蒜的形态性状有不同程度的变异,具有丰富多样性,这可能是由于贵州省气候垂直差异明显,因此,分布在贵州省各区域的小根蒜形态性状存在一定差异^[10]。在这6个性状中,株高的 F 检验值最大,说明各地区小根蒜的株高差异度最大,与前人对葱属植物的研究一致^[9]。通常利用聚类分析和主成分分析对性状差异进行综合评价,从聚类结果来看,聚为一类的居群形态特征具有相似性,性状较为突出的居群聚为一类。主成分分析结果中第一主成分反映了80.967%的总信息,主要反映的是地上部分的性状,而株高占的载荷最高,是主要因子。将各数据标准化后,得到各地区的综合得分,综合得分最高的为黔南,其次为黔西南。各指标总体情况表明,不同居群小根蒜以黔南表现最好。

利用HPLC法检测出小根蒜鳞茎中有17种游离氨基酸,在9个居群中,氨基酸含量存在较大差异,黔东南和贵阳市小根蒜总游离氨基酸含量较高,黔南含量最低。冯淑艳等^[11]用HPLC法测定贵州烟草的游离氨基酸,研究结果也表明黔南植株总游离氨

基酸含量最低。各居群总游离氨基酸平均含量为 6 078.52 mg/kg, 结果与黄少辉^[12]的研究结果(7 880 mg/kg)基本一致。从氨基酸呈味性分析结果来看,小根蒜中 MAA/TFAA 占比最高为 70.31%, 可见其是重要的药用植物资源。小根蒜的独特风味和呈味氨基酸密切相关,苦味氨基酸含量最高,其次为甜味氨基酸,芳香和鲜味类氨基酸整体含量较低。采用 TAV>1 来判断游离氨基酸对风味的影响,结果显示,Arg、His 和 Cys 对风味有贡献,其中芳香 Cys 和甜味 His 对风味带来影响,苦味 Arg(TAV=6.81)是影响小根蒜风味的主要因素。有研究表明少量苦味能够赋予食品特定的风味,有助于增加呈味复杂性和提高鲜度^[5]。在呈味贡献方面,黔东南居群苦味、芳香类和鲜味氨基酸含量最高,贵阳市其次,故黔东南小根蒜呈味作用最优。从氨基酸主成分分析结果来看,综合评价得分最高的是贵阳市,其次为黔东南,分值越高代表游离氨基酸的综合质量越好。综合以上研究分析表明,黔东南和贵阳市小根蒜在风味品质方面具较大优势。

鉴于此,可以根据不同的需求选育开发野生小根蒜种质资源,从外观形态上,选择具有优良性状的居群,如具备高大的植株、根系粗大、鳞茎较多的株系,并选择性状变异较大的植株,可以培育出更多优良个体。在贵州 9 个居群中,黔南小根蒜外观质量最突出,故可以对该地区的优良野生植株收集、筛选和加大培育力度。在风味品质上,综合各指标来看,黔东南小根蒜游离氨基酸含量丰富,营养价值高,风味品质最好,开发利用潜质大,可以根据市场需求合理选择原料进行加工,对提高产品风味品质具有重要影响。

参考文献 References

- [1] 熊朝勇,陈霞. 药食同源野生蔬菜小根蒜研究进展[J]. 现代食品, 2019(20): 103-105. XIONG C Y, CHEN X. Research on the homology of medicine and food of wild vegetables of *Allium macrostemon* Bunge [J]. Modern food, 2019 (20): 103-105 (in Chinese with English abstract).
- [2] 朱小梅,洪立洲,王茂文,等. 小根蒜的研究进展与利用前景[J]. 安徽农学通报, 2010, 16(9): 114-115. ZHU X M, HONG L Z, WANG M W, et al. Research progress and application prospects of *Allium macrostemon* Bunge [J]. Anhui agricultural science bulletin, 2010, 16(9): 114-115 (in Chinese with English abstract).
- [3] 张香美,刘月英,贾月梅,等. 小根蒜研究现状及其开发利用[J]. 安徽农业科学, 2006(9): 1764-1765. ZHANG X M, LIU Y Y, JIA Y M, et al. Research status of *Allium macrostemon* Bunge and its exploitation [J]. Journal of Anhui agricultural sciences, 2006(9): 1764-1765 (in Chinese with English abstract).
- [4] 李宝树. 昔日贡品小根蒜[J]. 吉林蔬菜, 2002(1): 28. LI B S. The former tribute of *Allium macrostemon* Bunge [J]. Jilin vegetable, 2002(1): 28 (in Chinese).
- [5] WU Z Q, LI K, MA J K, et al. Antioxidant activity of organic sulfides from fresh *Allium macrostemon* Bunge and their protective effects against oxidative stress in *Caenorhabditis elegans* [J/OL]. Journal of food biochemistry, 2020, 44 (11): e13447 [2022-04-30]. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13447>.
- [6] 周秀琴. 日本天然调味料开发现状[J]. 中国调味品, 1993(11): 3-10. ZHOU X Q. Current status of natural seasoning development in Japan [J]. China condiment, 1993 (11): 3-10 (in Chinese).
- [7] 王晓宇,张松林,郭俊霞,等. 中药薤白的商品规格等级本草及近现代源流考[J]. 亚太传统医药, 2021, 17(12): 189-196. WANG X Y, ZHANG S L, GUO J X, et al. Base on the evaluation of commodity specification and grade, textual research on the *Allium macrostemonis* Bulbus [J]. Asia-pacific traditional medicine, 2021, 17(12): 189-196 (in Chinese with English abstract).
- [8] 刘红,陈燕芹,邓峰,等. 反相高效液相色谱法同时测定小根蒜中尿苷、鸟苷和腺苷[J]. 现代食品科技, 2013, 29(5): 128-1130, 1191. LIU H, CHEN Y Q, DEN F, et al. Determination of uridine, guanosine and adenosine contents in *Allium macrostemon* Bunge by RP-HPLC [J]. Modern food science and technology, 2013, 29(5): 128-1130, 1191 (in Chinese with English abstract).
- [9] 吕婷,刘涛,梁瑞芳,等. 沙生植物沙鞭不同居群形态变异研究[J]. 植物研究, 2021, 41(1): 60-66. LÜ T, LIU T, LIANG R F, et al. Morphological variations of different populations from *Psammodochloa villosa*, a peculiar sandy plant [J]. Bulletin of botanical research, 2021, 41 (1): 60-66 (in Chinese with English abstract).
- [10] 石秀雄,杨广斌,张国,等. 贵州省植物物种多样性空间分布特征及影响因素[J]. 中国野生植物资源, 2021, 40(4): 91-96. SHI X X, YANG G B, ZHANG G, et al. Spatial distribution characteristics and influencing factors of plant species diversity in Guizhou Province [J]. Chinese wild plant resources, 2021, 40(4): 91-96 (in Chinese with English abstract).
- [11] 冯淑艳,董睿,彭黔荣,等. 超高效液相色谱法测定贵州烟草中的游离氨基酸[J]. 化学研究与应用, 2018, 30(1): 54-61. FENG S Y, DONG R, PENG Q R, et al. Determination of free amino acids in guizhou tobacco with ultra-high performance liquid chromatography [J]. Chemical research and application, 2018, 30(1): 54-

- 61 (in Chinese with English abstract).
- [12] 黄少辉. 中药薤白活性成分的分选鉴定及其抗癌活性研究[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2018. HUANG S H. Study on isolation, identification and anticancer activity of the active components from Chinese Herb "Xiebai"[D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2018 (in Chinese with English abstract).

Evaluation of morphological traits and flavor quality of *Allium macrostemon* Bunge in Guizhou Province

HE Shanshan, ZHAO Cai

The Key Laboratory of Plant Resource Conservation and Germplasm Innovation in Mountainous Region (Ministry of Education) / Institute of Agro-Bioengineering / College of Life Sciences, Guizhou University, Guiyang 550025, China

Abstract The six morphological traits including plant height, leaf length and bulb diameter, leaf width, mid-plant width and root beard length of *Allium macrostemon* from different habitats in Guizhou were compared to comprehensively evaluate the germplasm resources of *Allium macrostemon* Bunge with elite traits, high content of amino acid and good flavor quality. The content of 17 free amino acids in its bulbs was determined with HPLC. The taste of amino acids and the principal components were analyzed. The results showed that the six traits including plant height, bulb diameter, leaf length, leaf width, mid-plant width and root beard length of *A. macrostemon* were significantly different among the 9 populations ($P < 0.05$), with coefficients of variation greater than 10%. The 9 populations were clustered into 2 categories with Euclidean distance clustering analysis. The morphological traits of category II were more prominent. The results of principal component analysis showed that the cumulative contribution of the first principal component reached 80.967%. The results of comprehensive evaluation showed that the Qiannan population had the highest overall score. The average content of total free amino acid (TFAA) in each population was 6 078.52 mg/kg, with higher TFAA content in the Qiandongnan (10 365.90 mg/kg) and Guiyang (8 174.55 mg/kg) population. Flavor intensity value $TAV > 1$ indicated that the amino acid contributed to the flavor of the samples. The bitter Arginine ($TAV = 6.81$) was the main factor affecting the flavor of *A. macrostemon*. The results of principal component analysis showed that the cumulative contribution of the first four principal components reached 90.144%, and the highest overall score was obtained by the Qiannan population. It is indicated that there are regional differences in morphological traits and content of flavoring amino acid in *A. macrostemon*. The Qiannan population has outstanding morphological traits, excellent flavor quality, and high value of development and utilization.

Keywords *Allium macrostemon* Bunge; medicinal and edible plants; morphological traits; flavoring amino acids; flavor quality; regional differences

(责任编辑: 张志钰)