

不同木薯品种（系）农艺性状分析及高产品种（系）筛选

肖明昆¹ 刘光华² 宋记明¹ 刘倩¹ 段春芳^{1,3} 姜太玲¹ 张林辉^{1,3}
严炜¹ 沈绍斌¹ 周迎春¹ 熊贤坤¹ 罗鑫¹ 白丽娜¹ 李月仙¹

(¹云南省农业科学院热带亚热带经济作物研究所, 678000, 云南保山; ²云南省农业科学院生物技术与种质资源研究所, 650205, 云南昆明; ³保山全心农业科技有限公司, 678000, 云南保山)

摘要 为了解影响木薯产量的主要因素, 筛选高产木薯品种(系), 通过主成分分析对 10 个品种(系)的 9 个主要农艺性状指标进行量化对比分析。结果表明, 10 个木薯品种(系)的农艺性状除落叶高度和块根粗无显著差异外($P>0.05$), 其余农艺性状间均具有显著差异($P<0.05$), 品种(系) SC9、SC124 和 58-7 的农艺性状变异较大, 农艺性状中又以单株产量、地上鲜重、鲜薯个数和主茎粗的变异系数最大。鲜薯个数、块根长和块根粗是影响单株产量的关键因子。通过主成分分析提取了 2 个主成分, 累积方差贡献率达 88.1%, 反映了农艺性状指标的基本信息, 其中, 鲜薯个数是第 1 主成分的主导变量, 块根长是第 2 主成分的主导变量。10 个木薯品种(系)中, SG-9 的综合得分最高, GMT 和 SC9 的产量优势明显, 可作为种植推广的品种。

关键词 木薯; 农艺性状; 相关性分析; 主成分分析; 聚类分析; 筛选

木薯 (*Manihot esculenta* Crantz) 为大戟科木薯属植物, 是世界三大薯类作物之一, 也是全球第六大粮食作物^[1], 主要种植于非洲、亚洲和拉丁美洲的热带和亚热带地区^[2]。在一些非洲国家, 每天约 25% 的能量摄入是由木薯提供^[3]。19 世纪 20 年代, 为缓解粮食危机、保障粮食安全而引入中国, 起初主要种植于广东、广西和海南, 现在已逐步扩大到云南、福建、贵州、湖南和江西等省份^[4]。云南省作为木薯种植的主要产区之一, 不但具有毗邻越南、泰国等木薯主产国的区位优势, 同时也具备土壤条件好、日照充足和适种区域较为广阔的自然优势条件, 因此发展前景广阔^[5]。但目前云南推广种植の木薯品种均从海南、广西等地引进, 品种数量少^[6]。经多年连作, 现有品种产量下降, 抗病虫害能力减退, 品种退化严重。因此, 筛选适宜本区域种植的高产优质木薯新品种(系) 颇为重要。

目前, 关于木薯的研究多集中在木薯淀粉的理化性质研究^[7-10]和高产栽培研究^[11-13]等。采用主成分分析及聚类分析相结合的方法对不同品种相关农艺性状进行量化分析的研究鲜见报道。本文以不同木薯品种(系) 为对象, 借助主成分分析法对 10 个木薯品种(系) 的 9 个主要农艺性状指标进行量

化对比分析, 揭示株高、主茎粗、第 1 分枝高、落叶高度、地上鲜重、鲜薯个数、块根长、块根粗和单株产量的遗传变异情况, 探究产量与其他农艺性状的相关性, 为选育适宜本地种植的高产木薯种质提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料及试验地区概况

以 10 个不同木薯品种(系) (表 1) 为试验材料。试验在云南省农业科学院热带亚热带经济作物

表 1 试验材料及来源

Table 1 Overview and source of experimental materials	
品种(系) Variety (line)	来源 Source
277	中国热带农业科学院环境与植物保护研究所
43-3	中国热带农业科学院热带生物技术研究所
58-7	中国热带农业科学院热带生物技术研究所
GMT	中国热带农业科学院热带生物技术研究所
GR891	广西壮族自治区亚热带作物研究所
SC-1	云南省农业科学院热带亚热带经济作物研究所
SC124	中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所
SC205	中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所
SC9	中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所
SG-9	云南省农业科学院热带亚热带经济作物研究所

作者简介: 肖明昆, 研究方向为热带作物栽培与资源开发利用, E-mail: 530066351@qq.com

刘光华为通信作者, 研究方向为热带作物栽培技术, E-mail: rjsslgh@vip.126.com; 李月仙为共同通信作者, 主要从事作物资源与育种研究, E-mail: liyuexian2008@126.com

基金项目: 国家木薯产业技术体系保山综合试验站(CARS-11-YNLGH); 滇桂黔石漠化地区特色作物产业发展关键技术—云南低热河谷石漠化生态循环农业模式集成示范(2019-2021); 保山市第八批中青年学术和技术带头人(201905); 云南省技术创新人才培养对象(2017HB131); 刘国道专家工作站(202005AF150021)

收稿日期: 2021-05-11; 修回日期: 2021-07-03; 网络出版日期: 2022-04-07

研究所潞江坝基地（98°52'53" E，24°58'52" N）进行，海拔 704m，属低纬度准热带季风雨林偏干热河谷过渡类型气候，年均气温 21.5℃，年均降雨量 755.3mm，年蒸发量 2111.5mm，≥10℃活动积温 7800℃，年日照时数 2325.75h，相对湿度 70%。土地相对平坦，水利条件优越，土壤为冲积母质发育的沙壤土，有机质 1.3%、pH 6.6、全氮 1.09g/kg、全磷 0.038%、全钾 2.5%、镉含量 0.11mg/kg、汞含量<0.01mg/kg。

1.2 试验设计

2019 年 3 月起垄种植，采用完全随机区组设计，设置 10 个处理，每个处理种植 30 株，重复 3 次。每个小区面积 16m²，试验区两边各设置 1 垄保护行。半高垄双行栽培，垄高 25cm，东西方向定植，行间距 1.0m×0.8m。用 40%啉虫脒可溶性粉剂 1500 倍和 5.7%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐水分散粒剂 2000 倍混合液浸泡木薯种茎 10min 后种植。在植株封行前，统一追施钾肥 450kg/hm²，其他田间管理按常规栽培技术进行，各处理田间管理措施一致。

1.3 测定项目与方法

于 2020 年 3 月中旬采收，每个品种（系）随

机从各小区选取 10 株进行调查，重复 3 次，共计 300 株。基于《引进农作物种质资源试种鉴定技术规程》（NY/T 1737-2009）^[14]中种质资源植物学特性鉴定要求和方法，分别调查株高、主茎粗、第 1 分枝高、落叶高度、地上鲜重、鲜薯个数、块根长、块根粗和单株产量 9 个主要农艺性状指标。

1.4 数据处理

利用 SPSS 21.0 计算平均值及标准差等，对不同品种（系）的木薯各农艺性状进行 ANOVA 分析及 Pearson 分析，分析不同木薯品种（系）农艺性状的差异及相关性。用 R 语言和 SPSS 软件进行主成分分析（principal component analysis, PCA），使用 Origin 2021 和 Excel 2010 绘制图表。

2 结果与分析

2.1 各木薯品种（系）农艺性状分析

由表 2 可知，除落叶高度和块根粗无显著差异外（*P*>0.05），其余的农艺性状各品种（系）间存在显著差异（*P*<0.05）。株高、落叶高度、第 1 分枝高、地上鲜重和鲜薯个数最大的品种（系）分别为 SG-9、GMT、SG-9、SC-1 和 GMT，最小均

表 2 不同品种（系）木薯各农艺性状比较
Table 2 Comparison of agronomic traits of cassava of different varieties (lines)

品种（系） Variety (line)	株高 Plant height (cm)		主茎粗 Stem diameter (mm)		第 1 分枝高 First branch height (cm)	
	M±SD	CV (%)	M±SD	CV (%)	M±SD	CV (%)
277	213.43±44.65ab	20.92	25.93±7.93a	30.60	102.20±24.58abc	24.05
43-3	209.10±55.63ab	26.60	24.97±9.11a	36.47	92.73±33.62bc	36.26
58-7	218.80±59.16ab	27.04	25.59±9.64a	37.69	98.17±40.20abc	40.95
GMT	224.23±45.10a	20.11	23.84±13.05ab	54.74	109.70±37.37ab	34.07
GR891	235.10±51.10a	21.73	25.86±8.81a	34.08	101.57±34.84abc	34.30
SC-1	223.43±59.49a	26.62	26.54±8.94a	33.69	107.37±37.38ab	34.82
SC124	227.67±58.98a	25.91	26.63±9.15a	34.35	103.17±39.74abc	38.51
SC205	212.47±60.36ab	28.41	24.71±9.37ab	37.93	92.87±39.44bc	42.46
SC9	201.93±61.99b	30.70	24.12±9.46ab	39.24	86.80±37.89c	43.65
SG-9	231.03±69.68a	30.16	23.65±4.71b	19.92	115.30±39.61a	34.36
平均 Average	—	25.82	—	35.87	—	36.34

品种（系） Variety (line)	落叶高度 Deciduous height (cm)		地上鲜重 Aboveground fresh weight (kg)		鲜薯个数 Number of fresh cassava	
	M±SD	CV (%)	M±SD	CV (%)	M±SD	CV (%)
277	146.93±49.71a	33.83	2.35±1.06b	45.11	5.50±2.33ab	42.36
43-3	139.90±58.60a	41.89	2.85±1.79ab	62.95	5.67±3.00ab	52.87
58-7	145.10±66.39a	45.75	2.99±2.57ab	86.09	5.97±3.98ab	66.63
GMT	154.87±63.40a	40.93	2.83±2.06ab	72.69	6.80±4.37a	64.21
GR891	147.47±59.13a	40.10	2.93±1.65ab	56.18	6.03±2.75ab	45.57
SC-1	152.90±63.31a	41.41	3.51±2.08a	59.29	5.93±3.11ab	52.39
SC124	148.60±64.46a	43.38	3.21±2.01ab	62.62	6.23±3.76ab	60.30
SC205	142.27±63.81a	44.85	2.72±1.81ab	66.51	5.50±3.09ab	56.24
SC9	129.90±65.12a	50.13	2.13±1.77b	82.91	4.83±3.08b	63.66
SG-9	154.33±61.65a	39.95	2.42±1.58ab	65.41	5.67±2.50ab	44.02
平均 Average		42.22		65.98		54.83

续表 2 Table 2 (continued)

品种（系） Variety (line)	块根长 Root length (cm)		块根粗 Root thick (mm)		单株产量 Yield per plant (kg)	
	M±SD	CV (%)	M±SD	CV (%)	M±SD	CV (%)
277	31.13±10.23b	32.87	37.53±8.09a	21.57	1.89±0.90ab	47.57
43-3	29.43±6.96b	23.65	36.56±9.68a	26.47	1.72±0.97b	56.57
58-7	34.43±12.29ab	35.70	37.19±9.76a	26.25	2.22±1.87ab	84.19
GMT	38.87±14.52a	37.37	35.27±14.63a	41.49	2.67±1.96a	73.56
GR891	29.30±9.00b	30.72	37.46±9.40a	25.10	1.71±1.17b	68.42
SC-1	31.10±9.39b	30.18	38.13±9.83a	25.77	1.89±1.43ab	75.87
SC124	33.90±14.58ab	43.01	38.23±9.82a	25.69	2.17±2.00ab	92.17
SC205	31.20±6.76b	21.66	36.31±9.86a	27.16	1.90±1.16ab	61.21
SC9	34.30±12.25ab	35.71	35.72±9.77a	27.34	2.20±1.85ab	83.76
SG-9	34.23±10.48ab	30.63	35.25±7.82a	22.18	2.21±1.09ab	49.55
平均 Average		32.15		26.90		69.29

M±SD 为平均值±标准差，CV 为变异系数，不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著，下同

M±SD is mean ± standard deviation, CV is the coefficient of variation, different lowercase letters indicate significant difference at the level of 0.05, the same below

为 SC9。主茎粗和块根粗最大均为 SC124，最小均为 SG-9，GMT 的块根长与单株产量最大，GR891 最小。综合看来，GMT 具有较大的单株产量。

不同性状平均变异系数（表 2）表明，单株产量>地上鲜重>鲜薯个数>落叶高度>第 1 分枝高>主茎粗>块根长>块根粗>株高。从不同品种（系）来看，277、SG-9 和 GR891 农艺性状的变异较小，SC9、58-7 和 GMT 的变异较大。

2.2 木薯农艺性状的相关性分析

对 10 个不同木薯品种（系）的 9 个农艺性状指标进行 Pearson 相关性分析。由表 3 可知，各农

艺性状间均具有极显著的正相关关系（ $P<0.01$ ），表明各农艺性状指标间相关性较强，指标信息之间存在重叠，适合采用主成分分析法提取少数指标，对木薯品质进行综合评价。由表 3 还能看出，落叶高度、第 1 分枝高与株高、鲜薯个数与单株产量的相关性较强，相关系数分别为 0.909、0.901 和 0.897。单株产量与鲜薯个数、块根长的相关系数最高，分别为 0.897 和 0.891，说明鲜薯个数与块根长对单株产量起主导作用。而单株产量与株高、地上鲜重的相关系数仅为 0.691 和 0.669，说明株高与地上鲜重对单株产量的影响较小。

表 3 木薯农艺性状的相关性分析
Table 3 Correlation analysis of cassava agronomic traits

性状 Trait	株高 Plant height	主茎粗 Stem diameter	第 1 分枝高 First branch height	落叶高度 Deciduous height	地上鲜重 Aboveground fresh weight	鲜薯个数 Number of fresh cassava	块根长 Roots length	块根粗 Roots thick	单株产量 Yield per plant
株高 Plant height	1.000								
主茎粗 Stem diameter	0.852**	1.000							
第 1 分枝高 First branch height	0.901**	0.806**	1.000						
落叶高度 Deciduous height	0.909**	0.884**	0.930**	1.000					
地上鲜重 Aboveground fresh weight	0.736**	0.773**	0.724**	0.782**	1.000				
鲜薯个数 Number of fresh cassava	0.818**	0.874**	0.818**	0.866**	0.769**	1.000			
块根长 Root length	0.422**	0.432**	0.470**	0.449**	0.454**	0.521**	1.000		
块根粗 Root thick	0.856**	0.866**	0.815**	0.821**	0.695**	0.798**	0.449**	1.000	
单株产量 Yield per plant	0.691**	0.739**	0.704**	0.753**	0.669**	0.897**	0.891**	0.884**	1.000

“**”表示在 0.01 水平上极显著相关

“**” indicates extremely significant correlation at the level of 0.01

2.3 不同木薯品种（系）农艺性状的主成分分析

对不同木薯品种（系）的株高（ X_1 ）、主茎粗（ X_2 ）、第 1 分枝高（ X_3 ）、落叶高度（ X_4 ）、地上鲜重（ X_5 ）、鲜薯个数（ X_6 ）、块根长（ X_7 ）、

块根粗（ X_8 ）和单株产量（ X_9 ）9 个农艺性状进行主成分分析。结果（图 1）显示，提取的 2 个主成分的累积方差贡献率达 88.1%（图 1a），表明提取的 2 个主成分可以代表测定的 9 个农艺性状指标的

绝大部分信息，因此，可将 9 个性状综合成 2 个主成分。第 1 主成分解释了方差变异的 77.0%，各农艺性状与 PC1 均呈正相关关系，第 1 主成分主要与鲜薯个数、地上鲜重和第 1 分枝高等有关，其中，鲜薯个数是第 1 主成分的主导变量。可将第 1 主成分称为生长因子。第 2 主成分解释了方差变异的 11.1%，主要与块根长、单株产量等有关，其中，块根长是第 2 主成分的主导变量。第 2 主成分集中

反映了产量状况，将第 2 主成分称为产量因子。

主成分分析可以将多组数据的差异反映在二维坐标图中。由图 1b 可知，SG-9、GMT 与 SC9 大部分位于第 1、2 象限，277 和 43-3 大部分位于第 2 象限，58-7、GR891、SC-1、SC124 和 SC205 分布在第 3 和 4 象限，各品种（系）间的农艺性状具有一定差异，也具有一定相似性。总体看来，GMT 与其余品种的差异较大。综上所述，高产木薯品种

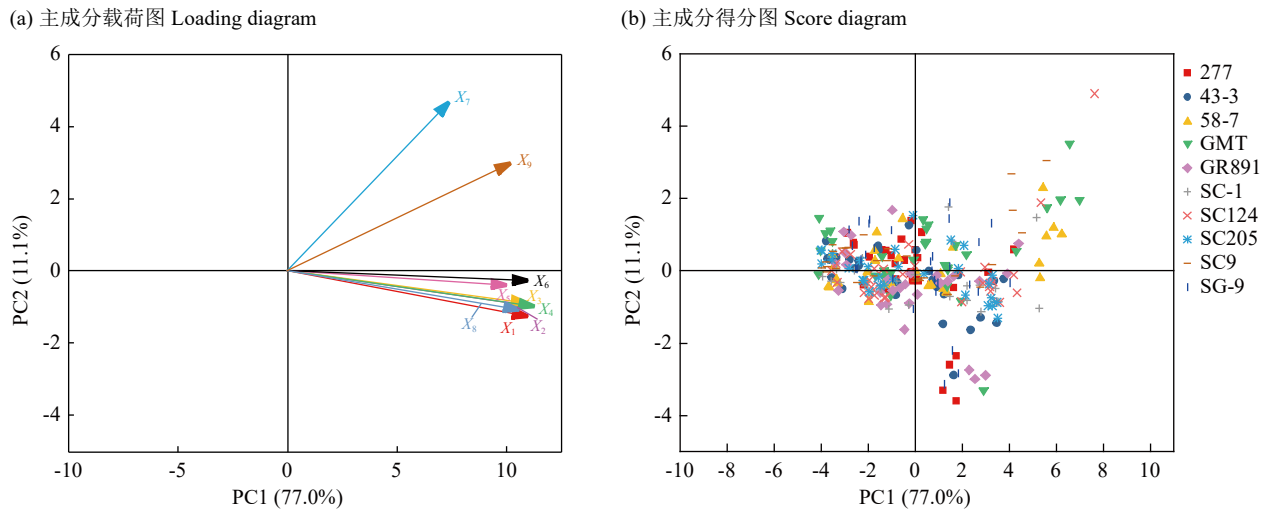


图 1 不同品种（系）木薯农艺性状 PCA 分析
Fig.1 PCA analysis of agronomic traits of different cassava varieties (lines)

（系）选育时应着重考察块根性状。

2.4 得分方程建立

根据主成分与特征向量之间的关系，分别得到 2 个主成分的表达式：

$$Y_1=0.35X_1+0.35X_2+0.35X_3+0.36X_4+0.32X_5+0.35X_6+0.24X_7+0.34X_8+0.33X_9$$
$$Y_2=-0.21X_1-0.16X_2-0.15X_3-0.16X_4-0.07X_5-0.05X_6+0.77X_7-0.18X_8+0.49X_9$$

式中， Y_1 、 Y_2 是单个主成分得分值； $X_1\sim X_9$ 是每个木薯农艺性状指标的标准化处理的数值。将每个木薯农艺性状指标的标准化处理数据代入方程式计算出 Y_1 、 Y_2 ，再根据 Y_1 、 Y_2 各自的方差贡献率与 2 个成分累计贡献率的比值为权重系数，建立综合评分模型为 $Y=0.8737Y_1+0.1263Y_2$ ，计算出 10 个不同木薯品种（系）的综合得分并排序，得到表 4。

由表 4 可知，参试的 10 个木薯品种（系）中，综合得分排名前 3 的分别是 SG-9、GMT 和 SC-1，得分依次为 11.800、7.563 和 5.414。277 和 GR891 排名居中，58-7、SC205、43-3 和 SC9 的综合得分较低。综合看来，SG-9 的综合得分最高，GMT 和 SC9 的产量优势明显。

表 4 10 个木薯品种（系）主成分因子得分及排名
Table 4 Score and ranking of principal component factors of ten cassava varieties (lines)

品种 (系) Variety (line)	主成分因子得分 Principal component factor score		综合得分 Composite scores	排名 Ranking
	Y_1	Y_2	Y	
SG-9	13.492	0.097	11.800	1
GMT	8.573	0.577	7.563	2
SC-1	6.240	-0.306	5.414	3
SC124	2.389	-0.005	2.087	4
277	0.984	-0.158	0.840	5
GR891	0.593	-0.450	0.461	6
58-7	-2.521	0.160	-2.182	7
SC205	-7.876	-0.068	-6.890	8
43-3	-8.056	-0.246	-7.070	9
SC9	-13.818	0.396	-12.023	10

2.5 不同木薯品种（系）农艺性状聚类分析

对 10 个不同木薯品种（系）进行聚类分析（图 2），由图 2 和表 5 可知，遗传距离为 15 时，10 个木薯品种（系）可以分为 3 类。277、43-3、58-7、GR891、SC-1、SC124 和 SC205 为类群 I，该类木薯主茎粗，具有较大的地上鲜重，产量较低。GMT 和 SG-9 为类群 II，该类木薯鲜薯个数多，块根长

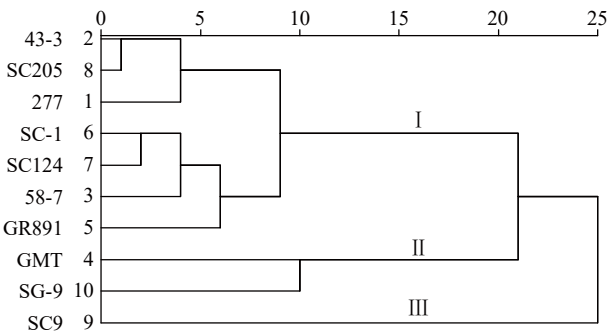


图2 木薯品种（系）农艺性状聚类分析图
Fig.2 Cluster analysis diagram of agronomic traits of cassava varieties (lines)

较长，产量较高，可作为优先种植推广的品种（系）。SC9 为类群Ⅲ，该类的特点是高度矮，主茎粗，块根长与粗适中，单株产量高，可作为种植推广的备选品种（系）。

3 讨论

通过对 10 个木薯品种（系）的 9 个主要农艺性状进行测定分析，发现不同品种（系）的农艺性状，除落叶高度和块根粗无显著差异外，其余农艺性状间存在显著差异，与前人^[15-16]的研究结果相一

表 5 3 个类群木薯的农艺性状特征表
Table 5 Agronomic traits of cassava in three groups

性状 Trait	类群 I Group I		类群 II Group II		类群 III Group III	
	M±SD	CV (%)	M±SD	CV (%)	M±SD	CV (%)
株高 Plant height (cm)	220.00±55.75ab	25.34	227.63±58.29a	25.61	201.93±61.99b	30.70
主茎粗 Stem diameter (mm)	25.75±8.90a	34.57	23.75±9.73a	40.96	24.12±9.46a	39.24
第 1 分枝高 First branch height (cm)	99.72±35.89ab	35.99	112.50±38.29a	34.03	86.80±37.89b	43.65
落叶高度 Deciduous height (cm)	146.17±60.25ab	41.22	154.60±62.00a	40.10	129.90±65.12b	50.13
地上鲜重 Aboveground fresh weight (kg)	2.94±1.91a	64.80	2.63±1.83ab	69.62	2.13±1.77b	82.91
鲜薯个数 Number of fresh cassava	5.83±3.15ab	54.08	6.23±3.57a	57.34	4.83±3.08b	63.66
块根长 Root length (cm)	31.50±10.24b	32.52	36.55±12.77a	34.95	34.30±12.25ab	35.71
块根粗 Root thick (mm)	37.34±9.40a	25.17	35.26±11.63a	32.99	35.72±9.77a	27.34
单株产量 Yield per plant (kg)	1.93±1.41b	72.90	2.44±1.59a	65.25	2.21±1.85ab	83.76

致。说明不同木薯品种的主要农艺性状具有相对稳定的遗传，这可能与自身遗传基因有关^[17-19]。

农艺性状间高变异系数是品种改良的基础^[20]。本研究中，单株产量的变异系数范围最大，株高最小，这与黄国宋等^[21]的研究结果相似。地上鲜重、鲜薯个数和主茎粗等农艺性状具有较大的变异系数，说明这些性状有较大的改进余地，在品种改良时优先对这些性状进行选择，较容易获得优良品种。从品种（系）角度来看，SC9、58-7 和 GMT 的农艺性状平均变异系数大，具有较大的改进余地，可作为今后品种改良的首选材料。而 277、SG-9 和 GR891 的农艺性状变异系数低，改进余地较小。

作物产量与各农艺性状间彼此相关，本文通过对木薯 9 个主要农艺性状相关性分析后表明，单株产量与鲜薯个数的相关性最强，与块根长的相关性次之。这与罗兴录等^[15]和杨守臻等^[16]的研究结果类似。说明要获得单株产量高的木薯，首先要有较多的块根数，其次是较长的块根。由此可知，在木薯高产栽培选育过程中，鲜薯个数和地下茎大小可作为选育的重点标识性状对后代材料进行选择^[22-23]。

主成分分析是利用降维的思想，把多个指标转化为少数几个综合指标，用较少的几项综合性指标

对目标对象进行综合评价。本文通过对不同木薯品种（系）的主要农艺性状指标进行主成分分析，最终得到 2 个主成分，鲜薯个数是第 1 主成分的主导变量，块根长是第 2 主成分的主导变量。谢向誉等^[24]在木薯单株产量与主要农艺性状的相关性研究中也指出，单株产量主要由块根数、最长薯长、生物产量等决定，与本文存在不同程度的一致性。

通过评分模型，得到各木薯品种（系）的综合得分，发现 SG-9 的综合得分最高，GMT 和 SC9 的产量优势明显。进一步进行聚类分析，在欧氏距离为 15 时，参试木薯可分成 3 个类群，类群Ⅰ（低产群体）主要特点为主茎粗、块根粗、地上鲜重大。类群Ⅱ（高产群体）主要特点为具有较高的株高、第 1 分枝高、落叶高，鲜薯个数多、块根长、产量高，可优先作为推广种植品种。类群Ⅲ（中产群体）主要特点为高度矮，主茎粗、块根长与粗适中，单株产量较高，可作为推广种植的备选品种。

4 结论

参试的 10 个不同木薯品种（系）中，SG-9 的综合得分最高，GMT 和 SC9 的产量优势明显，可作为种植推广的品种（系）。单株产量与鲜薯个数、

块根长、块根粗相关性最强,是选育高产品种首要考虑指标。单株产量、地上鲜重和鲜薯个数的变异系数均较大,在品种遗传改良时可作为优先考虑的农艺性状指标。

参考文献

- [1] Zidenga T, Leyva-Guerrero E, Moon H, et al. Extending cassava root shelf life via reduction of reactive oxygen species production. *Plant Physiology*, 2012, 159(4): 1396-1407.
- [2] El-Sharkawy M A. Cassava biology and physiology. *Plant Molecular Biology*, 2004, 56(4): 481-501.
- [3] Amanda P D S, Lynnica N M, Deepak J, et al. Rooting for cassava: insights into photosynthesis and associated physiology as a route to improve yield potential. *New Phytologist*, 2017, 213: 50-65.
- [4] 孙倩. 巴西木薯种质资源农艺性状的 GWAS 分析. 南宁: 广西大学, 2020.
- [5] 韩本勇, Nguyen H L, 王昌梅, 等. 云南省木薯产业的 SWOT 分析. *安徽农业科学*, 2014, 42(23): 7802-7803.
- [6] 宋记明, 张林辉, 段春芳, 等. 10 个木薯新品系主要农艺性状分析与综合评价. *广东农业科学*, 2020, 47(4): 8-15.
- [7] 杨亚鸽, 刘洁, 刘亚伟. 木薯淀粉制备热转化糊精及特性研究. *河南工业大学学报 (自然科学版)*, 2021, 42(4): 38-43.
- [8] 刘钰馨, 梁家能, 梁泽升, 等. 不同表面性质 SiO_2 对热塑性木薯淀粉/LDPE 复合材料薄膜的力学性能和结构影响. *塑料工业*, 2021 (增 1): 119-122.
- [9] 赵郁聪, 王婧, 靳刘萍, 等. 不同淀粉原料对淀粉-壳聚糖复合膜性能的影响. *包装工程*, 2021, 42(7): 151-158.
- [10] 刘子祯, 余世锋. 马铃薯淀粉、红薯淀粉、木薯淀粉吸水特性的研究. *粮食与油脂*, 2021, 34(3): 12-16.
- [11] 申章佑, 李艳英, 周佳, 等. 粉垄耕作下减施肥料对木薯产量品质的影响初探. *中国土壤与肥料*, 2022(2): 99-105.
- [12] 李艳英, 劳承英, 周佳, 等. 不同茎长度对木薯产量和品质的影响. *西南农业学报*, 2021, 34(3): 514-519.
- [13] 韦祖生, 杨秀娟, 付海天, 等. 稀植栽培对木薯种植生产的影响. *江西农业学报*, 2021, 33(2): 9-14.
- [14] 中华人民共和国农业部种植业管理司. 引进农作物种质资源试种鉴定技术规程: NY/T 1737-2009. 北京: 中国农业出版社.
- [15] 罗兴录, 潘晓璐, 朱艳梅. 木薯内源 ABA 含量与块根淀粉积累关系研究. *热带作物学报*, 2018, 39(3): 472-479.
- [16] 杨守臻, 陈怀珠, 李初英, 等. 木薯主要农艺性状的遗传变异、相关性和主成分分析. *中国农学通报*, 2006(7): 232-234.
- [17] Sarah A, Morag F, Steve R, et al. Information resources for cassava research and breeding. *Tropical Plant Biology*, 2012(5): 140-151.
- [18] El-sharkawy M A. International research on cassava photosynthesis, productivity, eco-physiology, and responses to environmental stresses in the tropics. *Photosynthetica*, 2006, 44(4): 481-512.
- [19] 岑忠用, 罗兴录, 谢和霞, 等. 不同木薯品种抗衰老生理特性研究. *西南农业学报*, 2004(5): 609-612.
- [20] 刘卫星, 张枫叶, 贺群岭, 等. 我国北方花生品种产量品质性状的综合评价及聚类分析. *江苏农业科学*, 2019, 47(12): 103-106.
- [21] 黄国宋, 黄伟康, 郭静依, 等. 19 份华北型黄瓜新品种主要农艺性状主成分分析和聚类分析. *现代农业科技*, 2021(5): 82-84, 91.
- [22] 吕丹, 黎瑞源, 郑冉, 等. 213 份苦荞种质资源主要农艺性状分析及高产种质筛选. *南方农业学报*, 2020, 51(10): 2429-2439.
- [23] 吕鑫, 平俊爱, 李慧明, 等. 不同类型饲草高粱产量、农艺和品质性状间的相关性及聚类分析. *山西农业科学*, 2020, 48(11): 1724-1729.
- [24] 谢向誉, 陆柳英, 曾文丹, 等. 木薯单株产量与主要农艺性状的相关性研究. *中国农学通报*, 2014, 30(27): 223-228.

Analysis of Agronomic Characteristics of Different Cassava Varieties (Lines) and Screening of High-Yielding Varieties (Lines)

Xiao Mingkun¹, Liu Guanghua², Song Jiming¹, Liu Qian¹, Duan Chunfang^{1,3},
Jiang Tailing¹, Zhang Linhui^{1,3}, Yan Wei¹, Shen Shaobin¹, Zhou Yingchun¹,
Xiong Xiankun¹, Luo Xin¹, Bai Lina¹, Li Yuexian¹

(¹Tropical and Subtropical Cash Crops Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Baoshan 678000, Yunnan, China; ²Biotechnology and Genetic Germplasm Resource Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, Yunnan, China; ³Baoshan Quanxin Agricultural Science and Technology Co., Ltd., Baoshan 678000, Yunnan, China)

Abstract In order to explore the main factors affecting the yield of cassava, and screen high-yielding cassava varieties (lines), nine main agronomic traits of ten cassava varieties (lines) were compared and analyzed by using principal component analysis. The results showed that the agronomic traits of ten cassava varieties (lines) had significant differences ($P < 0.05$) except deciduous height and root thick ($P > 0.05$). The agronomic traits of SC9, SC124 and 58-7 had great variation. Among agronomic traits, the variation coefficients of yield per plant, aboveground fresh weight, number of fresh tubers and stem diameter were the largest. The number of fresh tubers, root length and thick were the key influencing factors of yield per plant. Two principal components were extracted by principal component analysis, and the cumulative variance contribution rate reached 88.1%, which reflected the basic information of agronomic traits. Among them, the number of fresh tubers was the dominant variable of the first principal component, and root length was the dominant variable of the second principal component. Among the ten cassava varieties (lines), SG-9 had the highest comprehensive score, GMT and SC9 had obvious yield advantages and could be used as planting and extension varieties.

Key words Cassava; Agronomic characteristics; Correlation analysis; Principal component analysis; Cluster analysis; Screening