

“我国餐饮业高质量发展” 特约专栏文章之四

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2021.03.004

卢丙越, 刘帆, 张薇, 等. 云南哈尼梯田红米地方品种品质性状分析[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(3): 25-31.

LU B Y, LIU F, ZHANG W, et al. Quality traits analysis of red-grained rice landraces from Hani's terraced fields in Yunnan province[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2021, 29(3): 25-31.

云南哈尼梯田红米地方品种 品质性状分析

卢丙越✉, 刘帆, 张薇, 孟衡玲, 王田涛, 雷恩

(红河学院 生物科学与农学学院, 云南省高校滇南特色生物资源研究与
利用重点实验室, 云南 蒙自 661199)

摘要: 以云南哈尼梯田收集的 36 份红米地方品种为试验材料, 分析其外观品质、碾米品质和蒸煮食味品质。结果表明, 哈尼梯田红米品质性状差异较大, 有 9 个品质性状的变异系数在 10% 以上, 其中垩白度的变异系数最大, 为 90.47%, 粒长的变异系数最小, 为 5.08%。通过与 NY/T593—2013《食用稻品种品质》农业行业标准比较, 哈尼梯田红米碾米品质较好, 而垩白度和直链淀粉含量达到优质籼稻的品种数量较少。主成分分析提取的前 4 个主成分累积贡献率达到 77.004%, 第 1 主成分可以解释 24.384% 的总变异, 其中垩白度、垩白面积和直链淀粉含量的荷载值较高。聚类分析将所有红米品种分为 3 大类, 第 I 类包含 3 个品种, 表现为碾米品质差, 第 II 类为主要类群, 包含 31 个品种, 第 III 类由 2 个糯稻品种组成。研究结果可为哈尼梯田红米资源的保护和利用提供重要参考。

关键词: 哈尼梯田; 红米地方品种; 品质; 主成分分析; 聚类分析

中图分类号: TS207.3 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2021)03-0025-07

网络首发时间: 2021-04-23 09:28:03

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.ts.20210422.1653.006.html>

Quality Traits Analysis of Red-grained Rice Landraces from Hani's Terraced Fields in Yunnan Province

LU Bing-yue✉, LIU Fan, ZHANG Wei, MENG Heng-ling, WANG Tian-tao, LEI En

(College of Biological and Agricultural Sciences, Key Laboratory of Biological Resources Research and Utilization in Southern Yunnan, Honghe University, Mengzi, Yunnan 661199, China)

Abstract: In this study, grain quality of thirty-six red-grained rice landraces from Hani's terraced fields in Yunnan province were studied. The results showed that the quality traits were significantly different among different red-grained rice landraces, the coefficient of variation of 9 quality traits was above 10%. The largest coefficient of variation was chalkiness degree (90.47%), while grain length was smallest (5.08%). The most landraces in Hani terrace had better milling quality, while the number of Indica Rice Varieties with high

收稿日期: 2021-04-01

基金项目: 云南省教育厅科研基金(2020J0671);红河学院大学生创新创业训练项目(DCXL200125)

Supported by: Scientific Research Fund of Department of Education of Yunnan Province (No. 2020J0671); College Student Innovation and Entrepreneurship Training Program of Honghe University (No. DCXL200125)

作者简介: 卢丙越, 男, 1981 年出生, 博士, 教授, 研究方向为作物遗传育种。E-mail: lby202@126.com.

chalkiness and amylose content was less when compared with the Agricultural industry standard - Cooking rice variety quality (NY/T593—2013). Four principal components were extracted by principal component analysis (PCA), the accumulative contribution ration amounted to 77.004%. The first principal component (PC1) explained 24.384% of the total variance, which was contributed by chalkiness degree, chalky area and amylose content. Cluster analysis showed 36 red-grain rice landraces grouped into three clusters, the first cluster included 3 landraces with poor milling quality, the main cluster II involved 31 landraces, and the cluster III included 2 waxy rice landraces. The results could provide scientific reference for protection and application of red-grained rice resources from Hani's terraced fields.

Key words: Hani's terraced fields; red-grained rice landraces; quality; principal component analysis; cluster analysis

水稻是世界上最重要的粮食作物之一，全世界有一半以上的人口以大米为主食^[1]。中国是世界上最大的水稻生产国，目前水稻播种面积已达 3 000 万公顷^[2]。云南省是水稻的起源中心之一，至今仍保留有大量的地方品种，其中哈尼梯田红米是云南水稻地方品种的典型代表^[3]。哈尼梯田位于云南南部，其核心区位于元阳县（东经 102°27'到 103°13'，北纬 22°49'到 23°19'），该地区的年平均日照 1 670 h，平均气温在 15.4 °C 左右，环境条件适宜水稻种植。哈尼族人居住在海拔 1 400~2 000 m 的山坡上，稻作历史超过 1 500 年，丰富多样的水稻品种在那里繁衍^[4-5]。

随着人们生活水平的提高，稻谷的品质越来越受到人们的关注。哈尼族自古以来就认为传统红米品种营养价值更高，食用红米可使身体更加健康，最近的研究表明红米在抗氧化能力和营养品质方面较白米更好^[6-7]，元阳梯田红米已被列为

“云南六大名米”之一。本研究对哈尼梯田 36 份红米地方品种的外观品质、碾米品质和蒸煮食味品质进行测定，通过主成分和聚类分析对哈尼梯田红米品质进行评价，为更好的开发和利用梯田红米提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本研究所用红米品种由元阳县种子管理站提供，品种来源覆盖红米种植的主要乡镇，其中新街镇 10 份、黄茅岭乡 3 份、上新城乡 5 份、大坪乡 2 份、黄草岭乡 2 份、胜村乡 1 份、俄扎乡 2 份、攀枝花乡 1 份、牛角寨镇 3 份，此外有 7 份材料采集地不详，具体信息见表 1。

1.2 试验方法

按照《水稻种质资源描述规范和数据标准》中规定的方法测定稻谷粒长、粒宽、长宽比、粒

表 1 红米品种编号、名称和采集地
Table 1 Code, name and collecting place of red-grained rice landraces

编号	品种名	采集地	编号	品种名	采集地	编号	品种名	采集地
1	安兴谷	黄茅岭乡	13	称科	采集地不详	25	六月谷	新街镇
2	白脚老粳	新街镇	14	大龙谷	俄扎乡	26	路面谷	新街镇
3	薄竹谷	采集地不详	15	独苗谷	上新城乡	27	罗格	牛角寨镇
4	本地红谷	上新城乡	16	高山红谷	上新城乡	28	绿脚谷	新街镇
5	厕所谷	大坪乡	17	古填车	采集地不详	29	卖抽	俄扎乡
6	车福	新街镇	18	红谷	大坪乡	30	毛车	牛角寨镇
7	车脚脚儿	采集地不详	19	红谷糯	上新城乡	31	坡竹谷	采集地不详
8	车玛欧正	采集地不详	20	花谷	黄茅岭乡	32	容忍人车	牛角寨镇
9	车那	新街镇	21	甲谷	采集地不详	33	水旱稻	黄茅岭乡
10	车你龙格	黄草岭乡	22	老粳红米	黄草岭乡	34	丫多谷	新街镇
11	车努	胜村乡	23	老母鸡谷	上新城乡	35	尹谷	新街镇
12	车染	新街镇	24	老品种红米	攀枝花乡	36	月亮谷	新街镇

厚、千粒重、糙米率、精米率、整精米率、垩白粒率、垩白大小、垩白面积、碱消值、胶稠度和直链淀粉含量等 14 个品质性状^[8]。

1.3 数据处理

利用 SPSS19.0 软件对不同品质性状进行描述性统计、性状间相关性和主成分分析。PAST3 软件用于各性状箱式图和主成分二维散点图绘制，此外该软件也用于构建基于欧式距离矩阵的品种 UPGMA 聚类图。

2 结果与分析

2.1 哈尼梯田红米品质性状表现及相关性分析

哈尼梯田 36 份红米地方品种的 14 个品质性状统计及分布情况见表 2 和图 1。36 个红米品种的各品质性状存在明显差异，其中长宽比、精米率、整精米率、垩白粒率、垩白大小、垩白度、碱消值、胶稠度和直链淀粉含量的变异系数大于 10%，且 3 个垩白指标的变异幅度最大，表明哈尼梯田红米品种间在外观品种上差异较大；所有品种的长宽比介于 2.13 至 3.41 之间，说明哈尼梯

田红米米粒细长，以籼稻品种为主；除 4 号（本地红谷）和 19 号（红谷糯）的为糯稻外，其余 34 个品种均为粘稻，且所有粘稻品种具有较高的直链淀粉含量（21.14%~33.29%）。

表 2 各品质性状描述性统计

Table 2 Descriptive statistics of different quality traits

性状	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数/%
粒长/mm	7.27	8.92	7.83	0.40	5.08
粒宽/mm	2.61	3.52	3.07	0.25	8.24
长宽比/mm	2.13	3.41	2.58	0.27	10.64
粒厚/mm	1.55	2.47	2.10	0.19	8.89
千粒重/g	20.73	31.00	23.92	2.30	9.61
糙米率/%	55.15	82.23	76.53	6.08	7.94
精米率/%	43.73	76.73	67.30	6.82	10.14
整精米率/%	30.18	66.60	55.42	7.81	14.09
垩白粒率/%	0.82	100.00	59.44	27.74	46.67
垩白大小/%	2.00	87.00	33.41	19.34	57.88
垩白度/%	0.12	80.04	22.22	20.10	90.47
碱消值	4.50	7.00	6.38	0.68	10.67
胶稠度/mm	32.50	91.50	61.38	15.29	25.14
直链淀粉含量/%	2.30	33.29	24.94	5.47	21.91

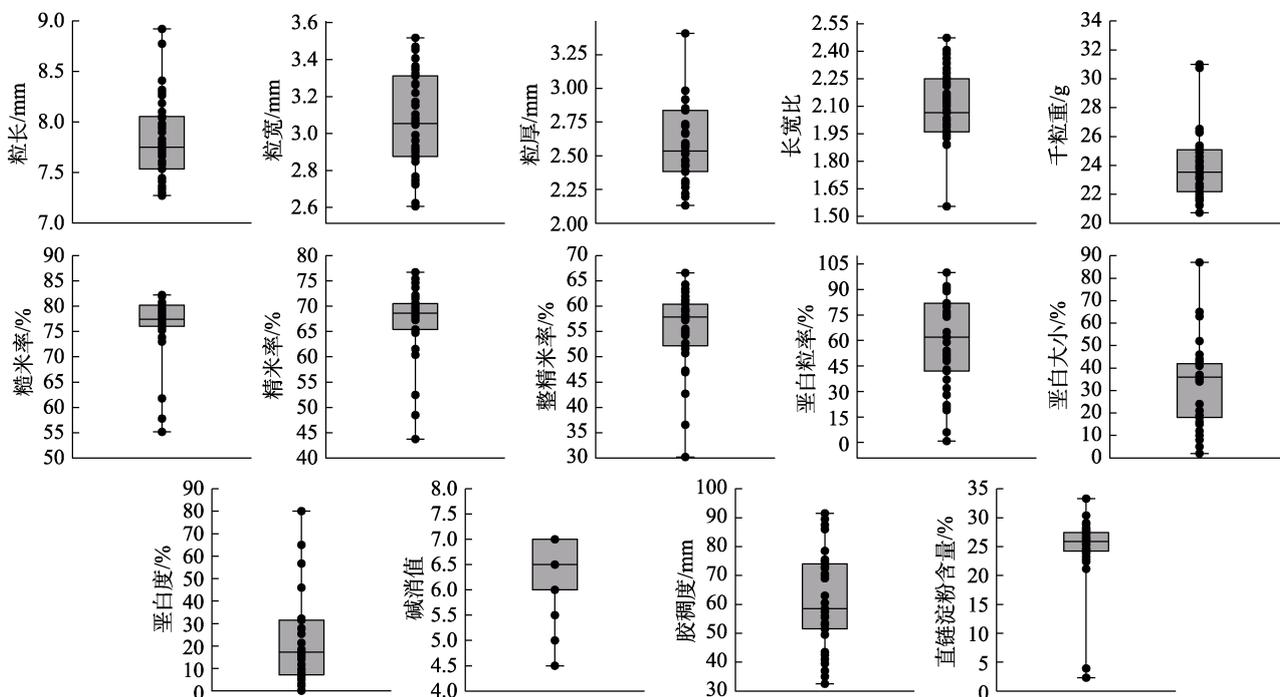


图 1 14 个品质性状分布图

Fig.1 Distribution plots of 14 quality traits

将本研究测得的糙米率、整精米率、垩白度、碱消值、胶稠度和直链淀粉含量与农业部籼稻品质等级质量要求进行比较（表 3，表 4）。糙米率

达到一级的有 12 号（车染）、21 号（甲谷）和 29 号（卖抽），达到二级的有 18 号（红谷）、11 号（车努）、7 号（车脚脚儿）、36 号（月亮谷）、1

号(安兴谷)、31号(坡竹谷)、3号(薄竹谷)、22号(老粳红米)和14号(大龙谷),达到三级的有15号(独苗谷)、35号(尹谷)、6号(车福)、9号(车那)、2号(白脚老粳)、16号(高山红谷)、10号(车你龙格)、20号(花谷)、17号(古填车)和26号(路面谷);有18个品种的整精米率达到一级水平,达到二级和三级水平的各有5个品种,表明哈尼梯田红米在碾米品质方面整体表现较好。垩白度在一级水平的有27号(罗格)和28号(绿脚谷)两个品种,达到二级水平的只有9号(车那),达到三级的有31号(坡竹谷)和3号(薄竹谷),表明哈尼梯田红米缺少外观品质优良的品种。除27号(罗格)外,所有品种的碱消值均达到优质米要求,此外胶稠度在优质米水平的也达到26个,哈尼梯田红米的直链淀粉含量普遍较高,仅有12号(车染)勉强达到三级米要求。综合分析表明垩白度和直链淀粉含量是影响哈尼梯田红米品质的关键因素,降低垩白度和直链淀粉含量将是哈尼梯田红米品质改良的重点方向。

表 3 NY/T593—2013 籼稻品种品质等级
Table 3 NY/T593—2013 Quality grade of *Indica* varieties

品质性状	等级		
	一	二	三
糙米率/%	≥81.0	≥79.0	≥77.0
整精米率/%	≥58.0	≥55.0	≥52.0
垩白度/%	≤1	≤3	≤5
碱消值	≥6.0	≥6.0	≥5.0
胶稠度/mm	≥60	≥60	≥50
直链淀粉含量/%	13.0~18.0	13~20.0	13.0~22.0

由表 5 可知,粒长-长宽比、粒长-千粒重、粒宽-粒厚、糙米率-精米率、糙米率-整精米率、精米率-整精米率、垩白粒率-垩白大小、垩白粒率-垩白度、垩白大小-垩白度等 9 对性状间呈极显著正相关,粒宽-长宽比和长宽比-粒厚 2 对性状间呈极显著负相关,粒厚-千粒重、千粒重-胶稠度、糙米率和碱消值 3 对性状间呈显著正相关。此外作为外观品质评价主要指标的垩白粒率、垩白大小和垩白度与直链淀粉含量之间呈负相关关系,使哈尼梯田红米品质改良变得更加复杂。

表 4 不同品种 6 个关键品质性状统计

Table 4 Six critical quality traits statistics of different landraces

编号	糙米率/%	整精米率/%	垩白度/%	碱消值	胶稠度/%	直链淀粉含量/%
1	80.49	61.15	15.91	6.0	43.5	24.64
2	78.09	54.70	31.50	7.0	74.0	30.38
3	80.18	60.40	3.20	6.0	72.5	27.64
4	76.03	58.98	-	7.0	89.5	3.91
5	57.78	36.55	27.88	6.0	86.0	27.11
6	78.30	60.77	46.00	6.0	78.5	26.39
7	80.67	62.83	9.68	7.0	75.0	27.96
8	75.92	57.56	7.98	6.0	51.5	26.16
9	78.16	52.70	2.45	7.0	55.5	26.66
10	77.46	61.94	65.00	5.0	39.5	23.25
11	80.68	60.40	32.04	6.0	56.0	28.99
12	82.23	46.95	17.22	7.0	42.5	21.14
13	75.26	58.04	56.70	6.5	37.0	22.80
14	79.22	59.04	31.85	7.0	53.5	24.19
15	78.79	59.18	21.42	7.0	53.5	25.27
16	77.90	47.28	11.76	6.0	63.0	28.90
17	77.23	55.52	27.95	7.0	70.0	26.34
18	80.77	64.30	32.24	6.5	60.5	25.31
19	76.94	59.09	-	7.0	91.5	2.30
20	77.24	59.27	7.20	6.0	73.0	25.89
21	82.23	66.60	65.00	7.0	41.0	22.40
22	79.53	59.46	18.48	6.0	49.5	24.10
23	76.65	51.60	14.16	7.0	87.5	29.08
24	76.15	42.70	25.42	7.0	74.0	28.23
25	55.15	42.70	27.75	5.0	35.0	24.37
26	77.12	57.89	21.32	7.0	58.5	24.64
27	75.73	55.15	0.12	4.5	51.5	26.34
28	73.00	52.19	0.29	6.5	32.5	24.19
29	81.98	63.38	5.92	7.0	58.5	24.55
30	76.63	58.22	5.04	7.0	72.5	27.42
31	80.24	61.27	3.20	7.0	69.0	27.24
32	76.42	50.70	6.66	6.0	57.5	27.20
33	61.77	30.18	15.20	6.0	53.0	23.83
34	73.87	54.74	9.72	5.5	57.5	26.30
35	78.54	57.24	9.30	6.0	70.5	33.29
36	80.60	54.27	80.04	6.0	75.5	25.49

2.2 主成分分析

由表 6 可知,主成分分析提取的前 4 个主成分累积贡献率为 77.004%,表明这 4 个主成分能够解释 77.004%的群体总变异。第 1 主成分(PC1)可以解释 24.384%的总变异,其中垩白度

表 5 不同品种品质性状间相关性分析

Table 5 Correlation analysis of quality traits between different landraces

	粒长	粒宽	长宽比	粒厚	千粒重	糙米率	精米率	整精米率	垩白粒率	垩白大小	垩白度	碱消值	胶稠度
粒宽	-0.054												
长宽比	0.571**	-0.839**											
粒厚	0.231	0.722**	-0.437**										
千粒重	0.600**	0.242	0.120	0.397*									
糙米率	-0.293	-0.105	-0.032	0.039	-0.178								
精米率	-0.273	-0.147	-0.001	-0.073	-0.159	0.893**							
整精米率	-0.133	-0.186	0.101	-0.074	-0.105	0.755**	0.914**						
垩白粒率	-0.014	0.189	-0.175	0.031	0.136	-0.067	0.004	-0.040					
垩白大小	-0.191	0.200	-0.273	-0.04	0.004	0.078	0.182	0.159	0.454**				
垩白度	-0.120	0.199	-0.229	-0.032	0.098	0.055	0.175	0.143	0.767**	0.869**			
碱消值	0.020	0.031	0.008	0.189	0.100	0.391*	0.243	0.189	0.041	0.036	-0.059		
胶稠度	0.287	0.183	0.023	0.249	0.397*	0.061	-0.062	-0.013	-0.034	-0.125	-0.104	0.321	
直链淀粉含量	-0.085	0.085	-0.105	-0.031	0.224	0.026	-0.069	-0.117	-0.287	-0.262	-0.325	-0.199	-0.165

注：*、**分别表示 5%和 1%的显著水平。

表 6 提取的前 4 个主成分的特征值、贡献率及其特征向量

Table 6 Eigen values, accumulated variance and correlations between original variables and the first four PCs representing variability

性状	PC1	PC2	PC3	PC4
粒长/mm	-0.216	0.376	-0.413	0.673
粒宽/mm	0.026	0.607	0.745	-0.087
长宽比/mm	-0.127	-0.311	-0.804	0.458
粒厚/mm	0.029	0.535	0.601	0.315
千粒重/g	-0.192	0.460	0.053	0.686
糙米率/%	0.548	-0.602	0.385	0.311
精米率/%	0.636	-0.625	0.277	0.241
整精米率/%	0.611	-0.573	0.164	0.306
垩白粒率/%	0.564	0.462	-0.198	-0.161
垩白大小/%	0.792	0.360	-0.215	-0.194
垩白度/%	0.817	0.426	-0.280	-0.169
碱消值	0.395	0.014	0.158	0.430
胶稠度/cm	0.211	0.415	0.019	0.527
直链淀粉含量/%	-0.649	-0.291	0.402	0.124
特征值	3.414	2.968	2.340	2.060
贡献率/%	24.384	21.203	16.708	14.710
累积贡献率/%	24.384	45.586	62.294	77.004

和垩白大小具有较高的正系数，因此 PC1 可视为垩白因子，36 号（月亮谷）、6 号（车福）、14 号（大龙谷）、13 号（称科）和 11 号（车努）对 PC1 正系数的贡献最大，表现出较高的垩白度，而 27 号（罗格）对负系数的贡献最大，垩白度最低（图 2）。PC2 可解释 21.203%的总变异，荷载较高的

性状为碾米品质的精米率、糙米率和整精米率，因此该因子为碾米品质因子，21 号（甲谷）、10 号（车你龙格）和 18 号（红谷）对 PC2 的贡献最大，表现出较好的碾米特性，而 5 号（厕所谷）和 33 号（水旱稻）的碾米品质最差（图 2）。PC3 荷载较高的性状有籽粒长宽比、粒宽和粒厚，这些性状与籽粒形状有关，因此 PC3 为粒型因子。PC4 荷载较高的性状为千粒重和粒长，且两性状均为正值，说明粒长较长的品种千粒重也较高，像 5 号（厕所谷）和 23 号（老母鸡谷）的粒长分别为 8.77 mm 和 8.41 mm，千粒重均在 30 g 以上。

2.3 聚类分析

利用 SPSS 19.0 软件将各品质性状数据标准化后计算品种间的欧氏距离，采用非加权组平均法（UPGMA）对 36 份哈尼梯田红米品种进行聚类分析，在欧氏距离 7 处，可将 36 份种质分为 3 类，第 1 类包含 5 号（厕所谷）、25 号（六月谷）和 33 号（水旱稻），这些品种具有较差的碾米品质和较高的垩白性状，品质较差；第 2 类为主要类群，包含 31 个品种，其中 17 号（古填车）和 26 号（路面谷）、1 号（安兴谷）和 8 号（车玛欧正）、3 号（薄竹谷）和 35 号（尹谷）表现的各项品质性状相接近，这些品种间可能具有相近的遗传组成^[9]；第 3 类包括 4 号（本地红谷）和 19 号（红谷糯）两个糯稻品种。

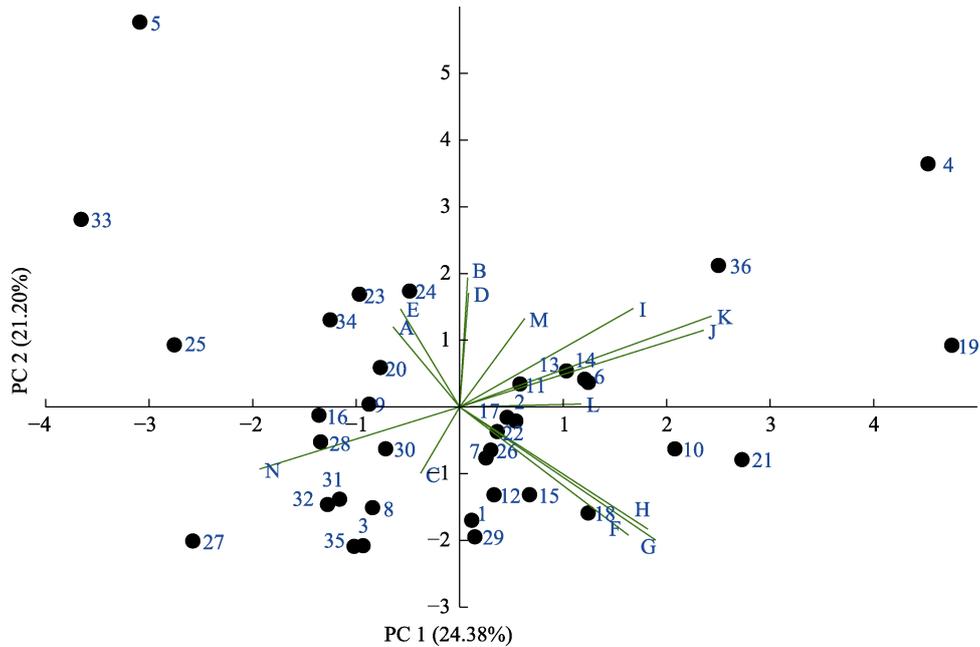


图 2 基于 14 个品质性状的主成分分析

Fig.2 Principal scatter plot of principal component analysis based on 14 quality traits

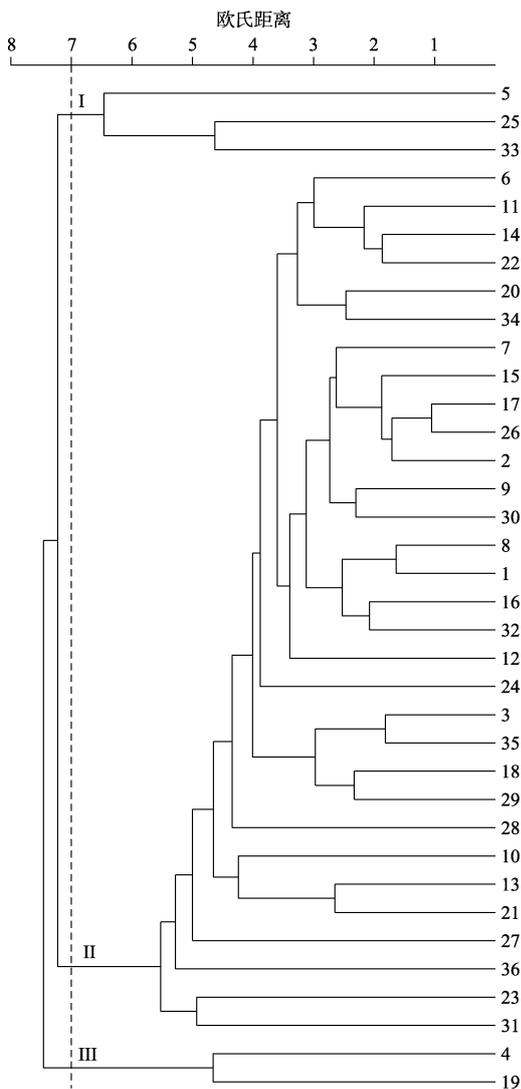


图 3 36 份红米地方品种聚类分析

Fig.3 Cluster analysis of 36 red-grained rice landraces

3 结论与讨论

通过对云南哈尼梯田 36 份红米品种外观品质、碾米品质和蒸煮食味品质分析得出，哈尼梯田红米品质差异明显，变异系数介于 5.08%到 90.47%之间。粒型相关性状（粒长、粒宽、粒厚）变异幅度较小，这与哈尼梯田红米主要为籼稻品种，谷粒细长有关^[3]；除 5 号（厕所谷）、33 号（水旱稻）和 25 号（六月谷）的碾米品质表现较差外，其余品种的碾米品质变异较小，且达到优质籼稻的品种数较多（图 1，表 4）；本研究中垩白性状（垩白度、垩白大小、垩白粒率）的变异幅度最大，变异系数均超过 45%，此外蒸煮食味品质中的胶稠度和直链淀粉含量变异系数也在 20%以上，品种间差异明显。性状间相关性分析显示粒长与千粒重呈极显著正相关关系（ $r=0.600$ ），表明粒长在梯田红米产量构成中起到重要作用。按照 NY/T593—2013《食用稻品种品质》中籼稻品种品质等级划分要求，糙米率、整精米率、垩白度、碱消值、胶稠度和直链淀粉含量符合优质籼稻的品种数分别有 22、28、5、35、27（红谷糯的胶稠度达到优质籼糯三级要求）和 1 个，可见垩白度和直链淀粉含量是制约哈尼梯田红米品质的主要因素。主成分分析提取的前 4 个主成分可以解释总变异的 77.004%，特别是第 1 主成分的

贡献率达到 24.384%，其中垩白度的正向荷载系数最大 (0.817)，而直链淀粉含量的负向荷载系数最大 (-0.649)，进一步说明垩白度和直链淀粉含量是影响哈尼梯田红米品质的关键因素，而垩白度和直链淀粉含量相反的作用方向增加了梯田红米品质改良的复杂性。

参考文献:

- [1] LU B Y, YANG C Y, XIE K, et al. Quantitative trait loci for grain-quality traits across a rice F_2 population and backcross inbred lines[J]. *Euphytica*, 2013, 192: 25-35.
- [2] JIAN Y, FU J, LI B, et al. Increased extreme hourly precipitation over China's rice paddies from 1961 to 2012[J]. *Sci Rep*, 2020, 10: 10609.
- [3] 马孟莉, 郑云, 周晓梅, 等. 云南哈尼梯田红米地方品种遗传多样性分析[J]. *作物杂志*, 2018, 5: 21-26.
- MA M L, ZHENG Y, ZHOU X M, et al. Genetic diversity analysis of red rice from Hani's terraced fields in Yunnan province[J]. *Crops*, 2018, 5: 21-26.
- [4] 王清华. 梯田文化论[M]. 昆明: 云南大学出版社, 1997.
- WANG Q H. On the culture of the terraced field[M]. Kunming: Yunnan University Press, 1997.
- [5] 徐福荣, 汤翠凤, 余腾琼, 等. 中国云南元阳哈尼梯田种植的稻作品种多样性[J]. *生态学报*, 2010, 30: 3346-3357.
- XU F R, TANG C F, YU T Q, et al. Diversity of paddy rice varieties from Yuanyang Hani's terraced fields in Yunnan[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30: 3346-3357.
- [6] GUNARATNE A, WU K, LI D, et al. Antioxidant activity and nutritional quality of traditional red-grained rice varieties containing proanthocyanidins[J]. *Food Chem*, 2013, 138(2): 1153-1161.
- [7] SUMCZYNSKI D, KOTÁSKOVÁ E, DRUŽBLKOVÁ H, et al. Determination of contents and antioxidant activity of free and bound phenolics compounds and in vitro digestibility of commercial black and red rice (*Oryza sativa* L.) varieties[J]. *Food Chem*, 2016, 211: 339-346.
- [8] 韩龙植, 魏兴华. 水稻种质资源描述规范和数据标准[M]. 中国农业出版社, 2006.
- HAN L Z, WEI X H. Descriptors and data standard for rice (*Oryza sativa* L.)[M]. China Agricultural Press, 2006.
- [9] 马孟莉, 周晓梅, 郑云, 等. 基于 SRAP 标记的哈尼梯田红米遗传多样性及群体结构分析[J]. *分子植物育种*, 2019, 17: 2231-2237.
- MA M L, ZHOU X M, ZHENG Y, et al. Genetic diversity and population structure analysis of red rice from Hani terraced fields based on SRAP markers[J]. *Mol Plant Breed*, 17: 2231-2237. 
- 备注: 本文的彩色图表可从本刊官网 (<http://lyspkj.ijournal.cn/ch/index.aspx>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。