

DOI: 10.16861/j.cnki.zggc.2024.0742

# 甘肃省旱作区马铃薯品种(系)品质分析与评价

张志伟<sup>1</sup>, 冯坤蓉<sup>1</sup>, 梁宏杰<sup>2</sup>, 李海娇<sup>1</sup>, 徐国平<sup>1</sup>, 张武<sup>2</sup>

(1. 临夏回族自治州农业科学院 甘肃临夏 731100; 2. 甘肃省农业科学院马铃薯研究所 兰州 730070)

**摘要:** 为了筛选出适宜甘肃省旱作区种植的优质马铃薯品种(系), 对 37 个马铃薯品种(系)的块茎性状、基础营养指标和矿物质元素含量相关的 19 个指标进行测定, 并用相关性分析、主成分分析及系统聚类分析对马铃薯品质进行综合评价。结果表明, 马铃薯 Se 含量、平均单薯质量和 Mg 含量的变异系数最高, 分别为 0.64、0.47 和 0.45; 相关性分析表明, 37 个马铃薯品种(系)的 19 个指标之间存在显著相关性; 通过主成分分析法对 37 个马铃薯品种(系)的品质进行综合评价, LY1631-1 和临薯 18 号位居前 2 且综合得分大于 1, 用逐步线性回归法构建模型, 验证结果表明主成分分析模型准确可靠; 系统聚类分析表明, 在阈值为 1.5 左右时可以将材料分为 3 类, 第 1 类 LY1631-1、临薯 18 号等 26 份材料综合评价较高, 第 2 类丽薯 6 号等 9 份材料综合评价居中, 第 3 类 L1330-33 和 LY1520-9 综合评价较低。综上, LY1631-1、临薯 18 号等 26 份综合评价较高的品种(系), 可作为优质马铃薯种质资源在甘肃省旱作区种植。

**关键词:** 马铃薯; 种质资源; 相关性分析; 主成分分析; 综合评价

中图分类号: S532

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2025)09-075-09

## Quality analysis and evaluation of potato varieties (lines) in dry farming areas of Gansu province

ZHANG Zhiwei<sup>1</sup>, FENG Kunrong<sup>1</sup>, LIANG Hongjie<sup>2</sup>, LI Haijiao<sup>1</sup>, XU Guoping<sup>1</sup>, ZHANG Wu<sup>2</sup>

(1. Linxia Academy of Agricultural Sciences, Linxia 731100, Gansu, China; 2. Potato Research Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, Gansu, China)

**Abstract:** In order to screen out high-quality potato varieties (lines) suitable for planting in dry farming areas of Gansu province, 19 indicators related to the tuber traits, basic nutritional indexes, and mineral element contents of 37 potato varieties (lines) were measured, and comprehensive evaluations of potato quality were conducted using correlation analysis, principal component analysis, and hierarchical cluster analysis. The results showed that the coefficient of variation of selenium content, average single tuber mass, and magnesium content were higher, reaching 0.64, 0.47, and 0.45, respectively. Correlation analysis indicated that there were significant correlations among the 19 indicators of the 37 potato varieties (lines). By using principal component analysis, the quality of 37 potato varieties (lines) was comprehensively evaluated, with LY1631-1 and Linshu No.18 ranking first and second, and their comprehensive scores being greater than 1. A model was constructed using stepwise linear regression, and the verification results showed that the principal component analysis model was accurate and reliable. Hierarchical cluster analysis showed that the materials could be divided into three major categories at a threshold of about 1.5, with the first category (LY1631-1, Linshu No. 18, etc., 26 materials) having a high comprehensive evaluation, the second category (Lishu No. 6, etc., 9 materials) having a moderate comprehensive evaluation, and the third category (L1330-33, LY1520-9) having a low evaluation. In conclusion, 26 varieties (lines) with high comprehensive evaluation such as LY1631-1 and Linshu No.18 can be used as high-quality potato germplasm resources in dry farming areas of Gansu province.

**Key words:** Potato; Germplasm resource; Correlation analysis; Principal component analysis; Comprehensive evaluation

收稿日期: 2024-11-21; 修回日期: 2025-02-24

基金项目: 甘肃省科技计划项目(25JRRN004, 24YFNN001); 国家现代农业产业技术体系专项资金(CARS-09); 国家重点研发计划项目(2023YFD2302100); 山东省技术创新引导计划项目(YDZX2023032)

作者简介: 张志伟, 男, 助理研究员, 主要从事马铃薯新品种选育及栽培技术研究。E-mail: 541752949@qq.com

通信作者: 张武, 男, 研究员, 主要从事马铃薯良种繁育研究。E-mail: 842487867@qq.com

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)又称土豆、洋芋等<sup>[1]</sup>,是继水稻、小麦之后的世界第三大粮食作物<sup>[2]</sup>,其块茎营养丰富,不仅含有淀粉、还原糖、蛋白质、维生素等物质,还有丰富的矿物质元素<sup>[3-4]</sup>,对维持人体健康发挥着极其重要的作用<sup>[5-6]</sup>。马铃薯在我国各地广泛种植,对保障我国粮食安全、巩固拓展脱贫攻坚成果、全面推进乡村振兴和满足人民美好生活需要具有重要意义<sup>[7]</sup>。甘肃省是我国马铃薯生产大省,常年种植面积66.7万hm<sup>2</sup>左右,鲜薯总产量1500万t以上<sup>[8]</sup>,甘肃省马铃薯主产区位于旱作雨养农业区,具有海拔较高、气候冷凉、病虫害较轻、土壤疏松、富含钾素等特点,适宜马铃薯生长,生产的马铃薯商品率高、表皮光滑、色泽鲜亮,干物质和淀粉含量高,食味优良,深受市场欢迎<sup>[9-10]</sup>。

随着人们生活水平逐步提高,曾对马铃薯产量和商品性的关注升级为对多元化综合品质的追求<sup>[11]</sup>,单一要素评价筛选的马铃薯种质资源已无法满足市场需求。以马铃薯农艺性状、块茎性状、营养成分等多方面指标为分析对象<sup>[12-13]</sup>,采用相关性分析、主成分分析及聚类分析为综合评价方法<sup>[14-15]</sup>,综合要素选择高品质马铃薯种质资源,成为马铃薯种业工作者评选优质品种、助推产业发展的重要方式<sup>[16-17]</sup>。

本文以甘肃省旱作区不同马铃薯品种(系)为材料,测定其块茎性状、营养指标和矿物质元素含量,采用相关性分析、主成分分析、迭代聚类等统计方法,明确甘肃省旱作区马铃薯品种(系)的品质特性,筛选出适宜甘肃省旱作区种植的高品质马铃薯品种(系),为马铃薯种质资源高效利用及创制提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地基本情况

试验地位于临夏州永靖县杨塔乡徐湾村。该地位于黄土高原半干旱雨养农业区,海拔2175 m,年均气温7.2℃,≥10℃积温2635.2℃,年均降水量250.6 mm,年蒸发量756 mm。供试土壤类型为黄麻土,试验地土壤肥力检测结果为有机质含量(*w*,后同)17.6 g·kg<sup>-1</sup>,pH(水、土质量比2.5:1)为8.15,碱解氮含量92.3 mg·kg<sup>-1</sup>,有效磷含量12.1 mg·kg<sup>-1</sup>,速效钾含量154 mg·kg<sup>-1</sup>,全氮含量1.25 g·kg<sup>-1</sup>,全磷含量1.19 g·kg<sup>-1</sup>,全钾含量25.8 g·kg<sup>-1</sup>。

### 1.2 试验设计

1.2.1 试验材料 供试品种(系)共37个,品种名、

来源及类型见表1。

1.2.2 田间种植处理 参试品种共37个,采用随机区组排列,设3次重复,行距50 cm,株距27 cm,每小区7行,行长4 m,小区面积14 m<sup>2</sup>,共111个小区。试验于2023年4—10月进行,其间气象数据见表2。

### 1.3 试验地基本情况和栽培管理

1.3.1 试验地基本情况 前茬为玉米;土壤类型为黄麻土;4月12日施基肥机械旋耕整地。

1.3.2 栽培管理 4月12日施基肥农家肥15000 kg·hm<sup>-2</sup>,商品有机肥(有效活菌数≥2.0亿·g<sup>-1</sup>,有机质含量≥40%)750 kg·hm<sup>-2</sup>,过磷酸钙(有效磷含量≥12%,水溶性磷含量≥7%)225 kg·hm<sup>-2</sup>,64%磷酸二胺(氮-磷-钾质量比为18-46-0)112.5 kg·hm<sup>-2</sup>,27%三元复合肥(氮-磷-钾质量比为18-18-18)187.5 kg·hm<sup>-2</sup>,结合整地施3%辛硫磷颗粒合剂120 kg·hm<sup>-2</sup>;种薯切块后用马铃薯拌种剂拌种,4月21日采用露地平作、人工穴播的方式种植,5月27日除草1次,7月5日喷施啉虫脒防治蚜虫。

### 1.4 测定项目与方法

1.4.1 产量指标的测定 在收获期每个小区随机选取10株马铃薯进行考种,测定单株结薯数、平均单薯质量和商品薯率,收获后测各小区总产量,换算1 hm<sup>2</sup>总产量。

1.4.2 基础营养指标测定 参照GB 5009.3—2016测定干物质质量<sup>[18]</sup>;采用苯酚-硫酸法测定淀粉含量<sup>[19]</sup>;参照GB/T 31578—2015测定蛋白质含量<sup>[20]</sup>;参照GB 5009.7—2016测定还原糖含量<sup>[21]</sup>;采用钼蓝比色法测定维生素C含量<sup>[22]</sup>;采用分光光度计法测定花青素含量<sup>[23]</sup>;参照GB/T 5009.10—2003测定粗纤维含量<sup>[24]</sup>。

1.4.3 矿物质元素含量的测定 采用火焰原子吸收光谱法测定K、Mg、Mn、Fe、Cu、Zn、Se、Ca等矿物质元素含量<sup>[25]</sup>。

### 1.5 数据处理与统计分析

采用SPSS Statistic 27.0和Origin 2024进行数据处理和作图。采用Pearson's法进行相关性分析,采用PCA法进行主成分分析,采用系统聚类法进行聚类分析,采用逐步线性回归法进行回归分析。

为了避免不同的量纲对结果分析的影响,对37份马铃薯材料的19个指标的平均数进行无量纲标准化处理。数据无量纲化处理公式如下<sup>[26]</sup>:

$$W = \frac{A_j - A_i}{S_i}$$

表1 参试品种(系)来源及类型  
Table 1 Source and type of tested varieties(lines)

编号 Number	品种(系) Variety (line)	来源 Source	类型 Type	编号 Number	品种(系) Variety(line)	来源 Source	类型 Type
T1	陇薯3号 Longshu No. 3	甘肃省农业科学院 Gansu Academy of Agricultural Sciences	中晚熟 Mid late maturing	T20	201721-19	临夏州农业科学院 Linxia Academy of Agricultural Sciences	晚熟 Late maturing
T2	陇薯7号 Longshu No. 7	甘肃省农业科学院 Gansu Academy of Agricultural Sciences	晚熟 Late maturing	T21	201508-75	临夏州农业科学院 Linxia Academy of Agricultural Sciences	晚熟 Late maturing
T3	陇薯10号 Longshu No. 10	甘肃省农业科学院 Gansu Academy of Agricultural Sciences	中晚熟 Mid late maturing	T22	临薯18号 Linshu No. 18	临夏州农业科学院 Linxia Academy of Agricultural Sciences	晚熟 Late maturing
T4	陇薯12号 Longshu No. 12	甘肃省农业科学院 Gansu Academy of Agricultural Sciences	晚熟 Late maturing	T23	201727-4	临夏州农业科学院 Linxia Academy of Agricultural Sciences	晚熟 Late maturing
T5	陇薯14号 Longshu No. 14	甘肃省农业科学院 Gansu Academy of Agricultural Sciences	晚熟 Late maturing	T24	L1330-33	甘肃省农业科学院 Gansu Academy of Agricultural Sciences	晚熟 Late maturing
T6	陇薯15号 Longshu No. 15	甘肃省农业科学院 Gansu Academy of Agricultural Sciences	晚熟 Late maturing	T25	201518-30	临夏州农业科学院 Linxia Academy of Agricultural Sciences	晚熟 Late maturing
T7	陇薯16号 Longshu No. 16	甘肃省农业科学院 Gansu Academy of Agricultural Sciences	晚熟 Late maturing	T26	中薯28号 Zhongshu No. 28	中国农业科学院 Chinese Academy of Agricultural Sciences	中熟 Medium maturing
T8	陇薯17号 Longshu No. 17	甘肃省农业科学院 Gansu Academy of Agricultural Sciences	晚熟 Late maturing	T27	中薯19号 Zhongshu No. 19	中国农业科学院 Chinese Academy of Agricultural Sciences	晚熟 Late maturing
T9	陇薯20号 Longshu No. 20	甘肃省农业科学院 Gansu Academy of Agricultural Sciences	中早熟 Mid early maturing	T28	青薯9号 Qingshu No. 9	青海省农林科学院 Qinghai Academy of Agricultural and Forestry Sciences	晚熟 Late maturing
T10	陇薯22号 Longshu No. 22	甘肃省农业科学院 Gansu Academy of Agricultural Sciences	晚熟 Late maturing	T29	青薯10号 Qingshu No. 10	青海省农林科学院 Qinghai Academy of Agricultural and Forestry Sciences	晚熟 Late maturing
T11	陇薯25号 Longshu No. 25	甘肃省农业科学院 Gansu Academy of Agricultural Sciences	中熟 Medium maturing	T30	甘农薯7号 Gannongshu No. 7	甘肃农业大学 Gansu Agricultural University	中晚熟 Mid late maturing
T12	LY1631-1	甘肃省农业科学院 Gansu Academy of Agricultural Sciences	晚熟 Late maturing	T31	丽薯6号 Lishu No. 6	丽江市农业科学研究所 Lijiang Agricultural Science Research Institute	中晚熟 Mid late maturing
T13	LY1624-2	甘肃省农业科学院 Gansu Academy of Agricultural Sciences	晚熟 Late maturing	T32	晋薯16号 Jinshu No. 16	山西省农业科学院 Shanxi Academy of Agricultural Sciences	中晚熟 Mid late maturing
T14	LY1520-9	甘肃省农业科学院 Gansu Academy of Agricultural Sciences	晚熟 Late maturing	T33	垦薯2号 Kenshu No. 2	黑龙江八一农垦大学 Heilongjiang Bayi Agricultural University	中晚熟 Mid late maturing
T15	L0109-4	甘肃省农业科学院 Gansu Academy of Agricultural Sciences	晚熟 Late maturing	T34	希森6号 Xisen No. 6	乐陵希森马铃薯产业集团有限公司 Leling Xisheng Potato Industry Group Co., Ltd.	中熟 Medium maturing
T16	L1330-18	甘肃省农业科学院 Gansu Academy of Agricultural Sciences	晚熟 Late maturing	T35	大西洋 Atlantic	从美国引进 Imports from the United States	中熟 Medium maturing
T17	L16101-8	甘肃省农业科学院 Gansu Academy of Agricultural Sciences	晚熟 Late maturing	T36	冀张薯12号 Jizhangshu No. 12	河北省高寒作物研究所 Hebei Province Cold Region Crop Research Institute	中晚熟 Mid late maturing
T18	L11133-2H	甘肃省农业科学院 Gansu Academy of Agricultural Sciences	晚熟 Late maturing	T37	民薯2号 Minshu No. 2	青海省民和县农作物脱毒技术开发中心 Qinghai Minhe Crop Virus-free Technology Development Center	晚熟 Late maturing
T19	L11146-2	甘肃省农业科学院 Gansu Academy of Agricultural Sciences	晚熟 Late maturing				

表2 试验期间气象数据

气象指标 Meteorological indicator	月份 Month						
	4	5	6	7	8	9	10
平均最高温度 Average maximum temperature/°C	20	26	27	30	30	22	17
平均最低温度 Average minimum temperature/°C	7	12	14	18	17	14	13
平均温度 Average temperature/°C	10	16	17	19	20	14	8
降雨时间 Rainy time/d	9	8	10	10	11	19	7
降雨量 Precipitation amount/mm	40	43	29	24	54	158	33
初霜时间 First frost date/Month-day	10-13						
终霜时间 Last frost date/Month-day	05-03						

式中,  $W$ 为标准化值;  $A_{ij}$ 表示第  $j$  个样品第  $i$  个指标的原始测定值;  $A_i$ 表示第  $i$  个指标的平均值;  $S_i$ 表示第  $i$  个指标的标准差。

## 2 结果与分析

### 2.1 马铃薯品质指标变异程度比较分析

种质资源变异程度是决定筛选指标是否有效的重要依据。根据表3可知,马铃薯Se含量、平均单薯质量和Mg含量的变异系数最高,分别为0.64、0.47和0.45,说明马铃薯Se含量、平均单薯质量和Mg含量在不同品种之间存在较大差异;干物质含量、K含量和蛋白质含量的变异系数最低,分别为0.03、0.03和0.04,说明不同马铃薯种(系)间干物质含量、K含量和蛋白质含量差异不大。

表3 19个性状指标的统计描述

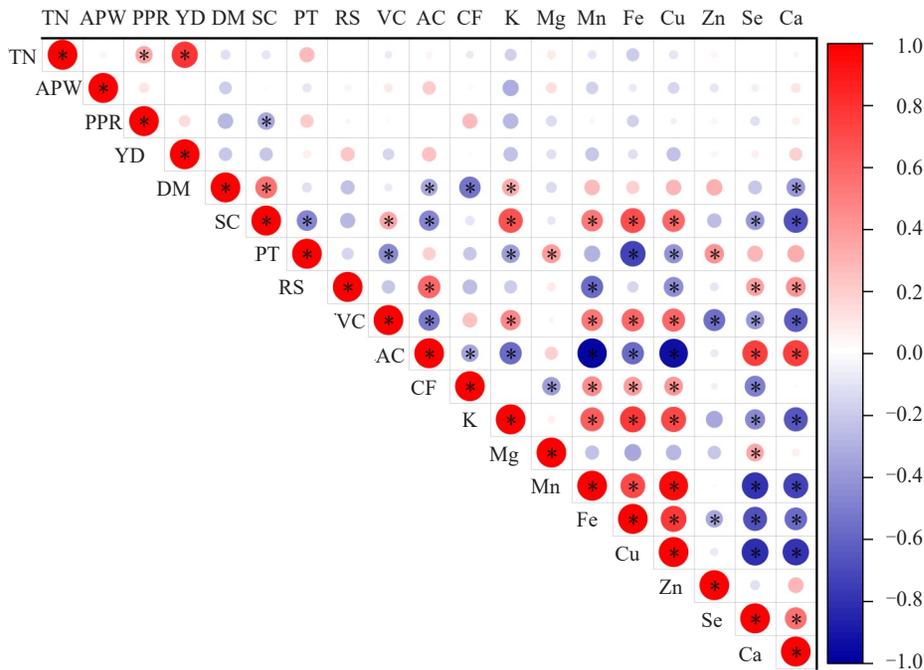
Table 3 Statistical descriptions of the 19 trait indicators

指标 Index	均值 Mean	标准差 Standard deviation	最小值 Minimum value	最大值 Maximum value	值域 Value range	变异系数 CV/%
单株结薯数 Number of tubers per plant	5.27	1.07	3.09	7.23	4.14	20
平均单薯质量 Average single potato mass/g	139.56	65.03	112.93	520.21	407.28	47
商品薯率 Product potato rate/%	83.38	7.58	67.11	95.37	28.26	9
产量 Yield/(kg·hm <sup>-2</sup> )	40 498.59	9 109.06	20 632.50	57 779.20	37 146.70	22
w(干物质) Dry matter content/%	23.10	0.80	21.15	24.93	3.78	3
w(淀粉) Starch content/%	15.28	0.93	13.09	17.53	4.44	6
w(蛋白质) Protein content/%	1.99	0.08	1.86	2.26	0.40	4
w(还原糖) Reducing sugar content/%	0.74	0.22	0.09	1.17	1.08	30
w(维生素C) Vitamin C content/%	9.01	0.91	7.20	10.93	3.73	10
w(花青素) Anthocyanin content/(mg·100 g <sup>-1</sup> )	4.43	1.14	2.72	7.48	4.76	26
w(粗纤维) Crude fiber content/%	0.63	0.04	0.55	0.74	0.19	6
w(K) Potassium content/(mg·100 g <sup>-1</sup> )	433.77	14.22	408.27	465.40	57.13	3
w(Mg) Magnesium content/(mg·100 g <sup>-1</sup> )	18.70	8.49	0.58	35.20	34.62	45
w(Mn) Manganese content/(mg·kg <sup>-1</sup> )	1.32	0.07	1.15	1.42	0.27	5
w(Fe) Iron content/(mg·kg <sup>-1</sup> )	33.16	4.21	21.49	39.82	18.33	13
w(Cu) Copper content/(mg·kg <sup>-1</sup> )	1.46	0.05	1.33	1.54	0.21	4
w(Zn) Zinc content/(mg·kg <sup>-1</sup> )	4.21	0.41	3.39	4.97	1.58	10
w(Se) Selenium content/(μg·kg <sup>-1</sup> )	9.10	5.86	1.61	23.10	21.49	64
w(Ca) Calcium content/(mg·kg <sup>-1</sup> )	50.87	11.22	28.01	72.12	44.11	22

### 2.2 马铃薯品质指标的相关性分析

由图1可知,块茎性状方面,单株结薯数与商品薯率、产量呈显著正相关,商品薯率与淀粉含量呈显著负相关;基础营养指标方面,干物质含量与淀粉、K含量呈显著正相关,与花青素、粗纤维、Ca含量呈显著负相关;淀粉含量与维生素、K、Mn、Fe、Cu含量均呈显著正相关,与蛋白质、花青素、Se和

Ca含量均呈显著负相关;矿物质元素方面,K含量与Mn、Fe、Cu含量均呈显著正相关,与Se、Ca含量均呈显著负相关,Mg含量与Se含量呈显著正相关;Mn含量与Fe、Cu含量均呈显著正相关,与Se、Ca含量均呈显著负相关,Fe含量与Cu含量呈显著正相关,与Zn、Se、Ca含量均呈显著负相关,Cu含量与Se、Ca含量均呈显著负相关,Se含量与Ca含



注:\*表示在 0.05 水平差异显著。TN. 单株结薯数;APW. 平均单薯质量;PPR. 商品薯率;YD. 产量;DM. 干物质含量;SC. 淀粉含量;PT. 蛋白质含量;RS. 还原糖含量;VC. 维生素 C 含量;AC. 花青素含量;CF. 粗纤维含量;K. 钾含量;Mg. 镁含量;Mn. 锰含量;Fe. 铁含量;Cu. 铜含量;Zn. 锌含量;Se. 硒含量;Ca. 钙含量。

Note: \* Indicates a significant difference at the 0.05 level. TN. Number of tubers per plant; APW. Average mass per tuber; PPR. Percentage of marketable tubers; YD. Yield; DM. Dry matter content; SC. Starch content; PT. Protein content; RS. Reducing sugar content; VC. Vitamin C content; AC. Anthocyanin content; CF. Crude fiber content; K. Potassium content; Mg. Magnesium content; Mn. Manganese content; Fe. Iron content; Cu. Copper content; Zn. Zinc content; Se. Selenium content; Ca. Calcium content.

图 1 马铃薯品种(系)各单项指标间的相关性分析

Fig. 1 Correlation analysis of each individual index of potato variety

量呈显著正相关。参试的 19 个马铃薯品质指标互相存在显著相关性,表明马铃薯品质是一个各类指标共同作用的综合指标,通过各单项指标无法客观地对马铃薯品质特性进行评价,需在此基础上利用多元统计方法进行综合分析评价。

### 2.3 马铃薯综合品质的主成分分析

2.3.1 KMO 检验和 Barteltt 球度检验 对无量纲标准化数据进行 KMO 检验和 Barteltt 球度检验。结果如表 4 所示,KMO 值为 0.608,Barteltt 球度检验得出的相伴概率为 0.001,小于显著性水平 0.05,因此拒绝 Barteltt 球度检验的零假设,认为变量间存

在显著相关性,可以做主成分分析。

2.3.2 主成分因子的选择 在主成分分析的降维过程中,一般认为累计方差贡献率大于 85%的主成分具有一定代表性。因此,从表 5 可以看出,前 7 个主成分累计贡献率达到 88.04%(>85%),所以按

表 5 主成分的特征值和贡献率  
Table 5 Eigenvalues and contribution rates of principal components

主成分 Principal component	提取载荷平方和 The sum of the load squares was extracted		
	特征值 Eigenvalue	方差贡献率 Variance contribution rate/%	累计方差贡献率 Cumulative contribution rate/%
1	7.11	37.40	37.40
2	2.42	12.71	50.11
3	2.16	11.39	61.50
4	1.70	8.95	70.44
5	1.50	7.89	78.32
6	1.08	5.66	83.98
7	0.77	4.06	88.04

表 4 KMO 检验和 Barteltt 球度检验

Table 4 The KMO test and the Barteltt sphericity test		
KMO 检验	KMO 值	0.608
Karser-meyer-olkin test	KMO value	
巴特利球度检验	近似卡方值	735.909
Barteltt's test of sphericity	Approx. Chi-Square	
	自由度 <i>df</i>	171
	显著性 Sig.	0.001

照主成分提取的原则,将分析指标简化为7个主成分进行综合评价。

2.3.3 马铃薯品质主成分载荷矩阵 主成分载荷矩阵反映了各个性状对主成分负荷的相对大小和作用方向,即该性状对主成分影响的程度,一般认为大于0.3的载荷影响显著<sup>[27]</sup>。如表6所示,主成分1主要代表花青素、Mn、Cu、Se、Ca含量的影响;主成分2主要代表维生素C、蛋白质和Zn含量的影响;主成分3主要代表Mg和蛋白质含量的影响;

主成分4主要代表干物质和粗纤维含量的影响;主成分5主要代表单株结薯数和产量的影响;主成分6主要代表商品薯率和K含量的影响;主成分7主要代表平均单薯质量的影响。

2.3.4 马铃薯品质的综合评价 根据表6马铃薯性状相关矩阵的特征向量,构建主成分1~7的得分函数表达式,分别为:

$$Y_1=0.028X_1-0.090X_2+0.033X_3-0.185X_4+0.286X_5+0.496X_6-0.114X_7-0.694X_8+0.480X_9-0.949X_{10}+$$

表6 37份马铃薯种质品质指标主成分载荷矩阵  
Table 6 Principal component loading matrix of quality indexes for 37 potato germplasms

指标 Index	主成分 Principal component						
	1	2	3	4	5	6	7
单株结薯数 Number of tubers per plant	0.028	-0.025	0.176	0.050	0.923	-0.233	0.037
平均单薯质量 Average single potato mass	-0.090	0.067	0.030	-0.058	0.016	-0.049	0.978
商品薯率 Marketable potato rate	0.033	0.017	-0.069	-0.176	0.190	-0.875	0.051
产量 Yield	-0.185	-0.067	-0.112	-0.111	0.930	0.005	-0.013
干物质含量 Dry matter content	0.286	-0.218	-0.150	0.866	-0.107	0.140	-0.079
淀粉含量 Starch content	0.496	0.347	-0.196	0.512	-0.030	0.370	0.092
蛋白质含量 Protein content	-0.114	-0.533	0.694	-0.054	0.107	-0.265	-0.129
还原糖含量 Reducing sugar content	-0.694	0.178	-0.241	-0.042	0.156	0.179	-0.046
维生素C含量 Ascorbic acid content	0.480	0.722	-0.046	-0.075	-0.069	-0.099	0.088
花青素含量 Anthocyanin content	-0.949	-0.042	0.055	-0.048	0.077	0.016	0.130
粗纤维含量 Crude fiber content	0.413	0.005	-0.310	-0.808	-0.038	-0.093	0.047
K含量 Potassium content	0.567	0.464	-0.034	0.220	-0.061	0.399	-0.296
Mg含量 Magnesium content	-0.155	0.200	0.865	0.040	0.005	0.206	0.104
Mn含量 Manganese content	0.955	0.112	-0.139	-0.042	-0.064	0.074	-0.096
Fe含量 Iron content	0.585	0.473	-0.501	-0.017	-0.019	0.343	-0.026
Cu含量 Copper content	0.912	0.225	-0.232	0.024	-0.057	0.094	-0.092
Zn含量 Zinc content	0.091	-0.915	-0.071	0.104	0.025	-0.027	-0.024
Se含量 Selenium content	-0.824	0.034	0.335	0.102	-0.061	-0.046	-0.150
Ca含量 Calcium content	-0.741	-0.434	0.003	-0.372	-0.006	0.036	0.054

$$0.413X_{11} + 0.567X_{12} - 0.155X_{13} + 0.955X_{14} + 0.585X_{15} + 0.912X_{16} + 0.091X_{17} - 0.824X_{18} - 0.741X_{19};$$

$$Y_2 = -0.025X_1 + 0.067X_2 + 0.017X_3 - 0.067X_4 - 0.218X_5 + 0.347X_6 - 0.533X_7 + 0.178X_8 + 0.722X_9 - 0.042X_{10} + 0.005X_{11} + 0.464X_{12} + 0.200X_{13} + 0.112X_{14} + 0.473X_{15} + 0.225X_{16} - 0.915X_{17} + 0.034X_{18} - 0.434X_{19};$$

$$Y_3 = 0.176X_1 + 0.030X_2 - 0.069X_3 - 0.112X_4 - 0.150X_5 - 0.196X_6 + 0.694X_7 - 0.241X_8 - 0.046X_9 + 0.055X_{10} - 0.310X_{11} - 0.034X_{12} + 0.865X_{13} - 0.139X_{14} - 0.501X_{15} - 0.232X_{16} - 0.071X_{17} + 0.335X_{18} + 0.003X_{19};$$

$$Y_4 = 0.050X_1 - 0.058X_2 - 0.176X_3 - 0.111X_4 + 0.866X_5 + 0.512X_6 - 0.054X_7 - 0.042X_8 - 0.075X_9 - 0.048X_{10} - 0.808X_{11} + 0.220X_{12} + 0.040X_{13} - 0.042X_{14} - 0.017X_{15} +$$

$$0.024X_{16} + 0.104X_{17} + 0.102X_{18} - 0.372X_{19};$$

$$Y_5 = 0.923X_1 + 0.016X_2 + 0.190X_3 + 0.930X_4 - 0.107X_5 - 0.030X_6 + 0.107X_7 + 0.156X_8 - 0.069X_9 + 0.077X_{10} - 0.038X_{11} - 0.061X_{12} + 0.005X_{13} - 0.064X_{14} - 0.019X_{15} - 0.057X_{16} + 0.025X_{17} - 0.061X_{18} - 0.006X_{19};$$

$$Y_6 = -0.233X_1 - 0.049X_2 - 0.875X_3 + 0.005X_4 + 0.140X_5 + 0.370X_6 - 0.265X_7 + 0.179X_8 - 0.099X_9 + 0.016X_{10} - 0.093X_{11} + 0.399X_{12} + 0.206X_{13} + 0.074X_{14} + 0.343X_{15} + 0.094X_{16} - 0.027X_{17} - 0.046X_{18} + 0.036X_{19};$$

$$Y_7 = 0.037X_1 + 0.978X_2 + 0.051X_3 - 0.013X_4 - 0.079X_5 + 0.092X_6 - 0.129X_7 - 0.046X_8 + 0.088X_9 + 0.130X_{10} - 0.047X_{11} - 0.296X_{12} + 0.104X_{13} - 0.096X_{14} - 0.026X_{15} - 0.092X_{16} - 0.024X_{17} - 0.150X_{18} + 0.054X_{19}。$$

其中,  $Y_1 \sim Y_7$  表示 7 个主成分的权重值,  $X_1 \sim X_{19}$  分别表示 19 个分析指标标准化后的结果。

即马铃薯综合品质得分计算公式为:

$$Y = 0.425Y_1 + 0.144Y_2 + 0.129Y_3 + 0.102Y_4 + 0.090Y_5 + 0.064Y_6 + 0.046Y_7$$

将标准化的数据带入公式, 计算结果如表 7 所

示, LY1631-1、临薯 18 号和陇薯 25 号综合排名前 3, 综合得分分别为 1.879、1.780 和 1.586。以马铃薯材料综合得分  $Y$  为因变量, 7 个主成分包含的各性状指标为自变量, 对 19 个鉴定指标进行逐步回归分析, 构建模型  $Z = -10.797 + 1.400Cu + 0.111S - 0.011Ca + 3.309Mn + 0.098VC + 0.007K -$

表 7 主因子得分及排序  
Table 7 Main factor scores and ranking

序号 Number	品种(系) Variety (line)	主成分 Principal component							综合得分 $Y$ Comprehensive score	排名 Rank
		1	2	3	4	5	6	7		
T1	陇薯 3 号 Longshu No. 3	1.355	-0.311	-0.407	0.333	0.731	-0.238	-0.143	0.555	20
T2	陇薯 7 号 Longshu No. 7	1.318	-0.368	0.364	0.259	1.415	-0.487	-0.130	0.669	17
T3	陇薯 10 号 Longshu No. 10	0.321	-0.081	-0.612	-0.303	1.005	0.195	0.002	0.117	29
T4	陇薯 12 号 Longshu No. 12	-1.390	-0.422	0.127	-0.136	1.143	0.039	-0.065	-0.547	35
T5	陇薯 14 号 Longshu No. 14	1.861	1.551	-0.241	1.011	0.914	1.311	-0.321	1.237	5
T6	陇薯 15 号 Longshu No. 15	-0.438	0.425	0.639	0.864	1.331	0.608	-0.192	0.195	27
T7	陇薯 16 号 Longshu No. 16	0.129	0.765	0.083	0.368	1.770	-0.034	-0.043	0.367	26
T8	陇薯 17 号 Longshu No. 17	1.126	0.324	-0.494	0.322	1.106	0.605	-0.163	0.624	18
T9	陇薯 20 号 Longshu No. 20	1.749	0.084	-0.476	0.447	-0.017	0.319	-0.198	0.749	16
T10	陇薯 22 号 Longshu No. 22	0.973	0.098	-0.369	0.471	1.083	0.427	-0.166	0.544	21
T11	陇薯 25 号 Longshu No. 25	3.191	1.607	-0.712	0.354	0.265	0.609	-0.177	1.586	3
T12	LY1631-1	3.682	1.211	-0.875	1.363	0.676	1.157	-0.440	1.879	1
T13	LY1624-2	2.459	0.977	-1.028	0.619	0.327	0.501	-0.294	1.163	9
T14	LY1520-9	-2.582	-0.417	0.721	-0.154	1.038	-0.051	0.037	-0.988	37
T15	L0109-4	-1.002	-0.238	-0.144	-0.365	1.334	-0.082	-0.018	-0.402	34
T16	L1330-18	1.707	0.476	-1.058	0.019	1.235	0.216	-0.113	0.778	14
T17	L16101-8	-0.545	-0.632	-0.291	-0.564	1.737	-0.175	-0.052	-0.276	33
T18	L11133-2H	-0.847	1.034	0.131	-0.107	0.620	0.048	0.012	-0.145	32
T19	L11146-2	0.634	0.367	-0.158	0.568	-0.055	0.783	-0.236	0.394	25
T20	201721-19	2.659	1.065	-1.127	-0.361	1.037	-0.048	-0.054	1.188	8
T21	201508-75	-0.554	-0.282	0.230	0.166	1.938	-0.316	-0.021	-0.077	30
T22	临薯 18 号 Linshu No. 18	3.420	1.333	-0.613	0.827	1.399	0.241	-0.240	1.780	2
T23	201727-4	0.905	1.017	-0.639	-0.145	0.827	0.103	-0.150	0.508	22
T24	L1330-33	-1.756	-1.554	1.306	-0.133	1.410	-0.758	-0.013	-0.738	36
T25	201518-30	1.097	-0.512	0.152	-0.198	1.008	-0.148	-0.104	0.468	24
T26	中薯 28 号 Zhongshu No. 28	1.669	0.952	-0.782	0.088	1.409	0.019	0.002	0.882	12
T27	中薯 19 号 Zhongshu No. 19	-0.377	-0.321	0.306	-0.503	1.583	-0.584	-0.015	-0.114	31
T28	青薯 9 号 Qingshu No. 9	2.618	1.329	-0.943	-0.893	1.403	-0.028	-0.124	1.210	7
T29	青薯 10 号 Qingshu No. 10	1.939	0.363	-0.438	-0.118	1.598	-0.086	-0.176	0.937	11
T30	甘农薯 7 号 Gannongshu No. 7	2.590	1.166	-0.713	0.168	0.582	-0.021	-0.161	1.237	6
T31	丽薯 6 号 Lishu No. 6	-0.167	0.485	0.048	-0.224	1.082	-0.051	1.114	0.127	28
T32	晋薯 16 号 Jinshu No. 16	1.401	0.879	-0.773	0.162	1.327	0.120	-0.072	0.762	15
T33	垦薯 2 号 Kenshu No. 2	0.963	0.078	0.154	0.150	0.557	0.064	-0.199	0.500	23
T34	希森 6 号 Xisen No. 6	2.492	1.689	-0.092	-0.324	0.512	0.725	-0.156	1.343	4
T35	大西洋 Atlantic	1.494	0.524	0.158	0.055	0.894	0.321	-0.208	0.827	13
T36	冀张薯 12 号 Jizhangshu No. 12	0.834	1.028	0.249	-0.230	0.897	-0.178	-0.060	0.578	19
T37	民薯 2 号 Minshu No. 2	2.609	0.598	-1.172	0.300	0.181	0.882	-0.265	1.134	10



- 67(7):773-778.
- [5] WANG X K, GUO T, WANG Y, et al. Exploring the optimization of water and fertilizer management practices for potato production in the sandy loam soils of northwest China based on PCA[J]. *Agricultural Water Management*, 2020, 237: 106180.
- [6] ZHANG S H, FAN J L, ZHANG F C, et al. Optimizing irrigation amount and potassium rate to simultaneously improve tuber yield, water productivity and plant potassium accumulation of drip-fertigated potato in northwest China[J]. *Agricultural Water Management*, 2022, 264: 107493.
- [7] 庞泽, 田国奎, 王海艳, 等. 我国马铃薯产业发展现状及展望[J]. *中国瓜菜*, 2023, 36(7): 148-154.
- [8] 第红君, 刘悦善, 张宇, 等. 甘肃省马铃薯产量调查及生产建议[J]. *中国蔬菜*, 2021(9): 107-111.
- [9] 刘悦善, 第红君, 王华, 等. 甘肃中部旱作区专用型马铃薯品种筛选与评价[J]. *种子*, 2023, 42(2): 133-140.
- [10] 孙莉莉, 陈海生. 甘肃省马铃薯产业高质量发展研究[J]. *中国马铃薯*, 2022, 36(6): 565-572.
- [11] 仇菊, 朱宏, 朱大洲, 等. 不同加工用途马铃薯品质特性分析[J]. *中国马铃薯*, 2019, 33(6): 372-378.
- [12] 降志兵, 格桑顿珠, 谈建鑫. 不同马铃薯品种(系)在尼泊尔北部山区的适应性评价与筛选[J]. *中国农业大学学报*, 2024, 29(8): 62-76.
- [13] 张艺露, 叶夏芳, 吕尊富, 等. 甘薯薯片加工品质及其品种综合评价[J]. *核农学报*, 2024, 38(5): 899-912.
- [14] 王丽, 邓志峰, 汪长钢, 等. 不同品种马铃薯淀粉功能性质的相关性及其主成分分析[J]. *中国粮油学报*, 2024, 39(1): 83-90.
- [15] 高艳娜, 牛华琳, 李营, 等. 基于主成分分析和聚类分析对不同番茄品种的综合评价[J]. *江苏农业科学*, 2023, 51(12): 106-113.
- [16] 杨云任, 张梦瑶, 张克, 等. 马铃薯加工技术与多元化食品开发[C]//中国作物学会马铃薯专业委员会. 2024年第二十五届中国马铃薯大会论文集. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2024: 113-118.
- [17] 韦孟, 许慧珍, 张宁, 等. 中国马铃薯加工业现状调查分析及发展对策[J]. *中国马铃薯*, 2024, 38(2): 176-185.
- [18] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中水分的测定: GB 5009.3—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [19] 于鲁浩, 马耀宏, 杨俊慧, 等. 马铃薯块茎中淀粉含量的快速测定方法[J]. *食品科技*, 2012, 37(3): 279-283.
- [20] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 粮油检验 粮食及制品中粗蛋白测定 杜马斯燃烧法: GB/T 31578—2015[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [21] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中还原糖的测定: GB 5009.7—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [22] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [23] 齐会娟, 刘德文, 李中宾, 等. 野生和栽培蓝莓果中花色苷含量的测定及分析[J]. *特种经济动植物*, 2019, 22(8): 42-46.
- [24] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. 植物类食品中粗纤维的测定: GB/T 5009.10—2003[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [25] 陈金鹏. 火焰原子吸收光谱法测定木瓜中7种微量元素的含量[J]. *化学分析计量*, 2019, 28(1): 72-75.
- [26] 张涛, 宋海云, 贺鹏, 等. 基于主成分分析和聚类分析的山黄皮果实性状综合评价[J]. *贵州农业科学*, 2018, 46(11): 9-14.
- [27] 李守强, 田世龙, 李梅, 等. 主成分分析和隶属函数法综合评价15种(系)马铃薯的营养品质[J]. *食品工业科技*, 2020, 41(6): 272-276.
- [28] SADEGHI R, FANG F, SHAO Y J, et al. Eliminating protein interference when quantifying potato reducing sugars with the miniaturized Somogyi-Nelson assay[J]. *Food Chemistry*, 2022, 373: 131473.
- [29] 文国宏, 李高峰, 李建武, 等. 陇薯系列马铃薯品种营养品质评价及相关性分析[J]. *核农学报*, 2018, 32(11): 2162-2169.
- [30] 李翔, 鲁素君, 唐纪华, 等. 基于主成分分析和感官鉴定对不同樱桃番茄品种的综合评价[J]. *中国瓜菜*, 2025, 38(1): 72-80.
- [31] 何虎翼, 谭冠宁, 何新民, 等. 63份马铃薯品种(系)资源农艺性状的主成分与聚类分析[J]. *江苏农业学报*, 2017, 33(1): 27-33.
- [32] 王鹏, 李芳弟, 郭天顺, 等. 基于主成分分析、相关性分析和隶属函数法对22个马铃薯品种的综合评价[J]. *中国瓜菜*, 2023, 36(7): 78-87.
- [33] 王丹, 张志成, 林团荣, 等. 马铃薯杂交育种技术研究[J]. *种子*, 2021, 40(4): 139-141.
- [34] 陈晶华, 陈瑾, 范艳丽, 等. 宁夏地区不同品种马铃薯的营养组成分析[J]. *食品研究与开发*, 2020, 41(17): 156-160.
- [35] XING Y Y, ZHANG T, JIANG W T, et al. Effects of irrigation and fertilization on different potato varieties growth, yield and resources use efficiency in the Northwest China[J]. *Agricultural Water Management*, 2022, 261: 107351.
- [36] 张忆洁, 祁岩龙, 宋鱼, 等. 不同马铃薯品种用于加工面条的适宜性[J]. *现代食品科技*, 2020, 36(2): 85-93.
- [37] 石瑛, 王金明, 黄越. 高淀粉马铃薯在钾处理下的淀粉含量及组分[C]//中国作物学会马铃薯专业委员会. 2016年中国马铃薯大会论文集. 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2016: 391-396.