

不同南瓜品种的综合评价

滕芝妍¹, 崔雨同¹, 应学兵², 郑伟尉¹, 臧运祥¹, 朱祝军¹

(1. 浙江农林大学 农业与食品科学学院 浙江省农产品品质改良技术研究重点实验室, 浙江 杭州 311300; 2. 杭州市临安区农林技术推广中心, 浙江 杭州 311300)

摘要:【目的】建立一套适合南瓜 *Cucurbita moschata* 资源的评价方法。【方法】以 10 个南瓜品种为试材, 测定植株生长、果实、质地、种子、品质等相关的 30 个指标, 并利用主成分分析法对南瓜进行综合评价。【结果】不同南瓜品种间各性状存在显著差异。‘玩偶’ ‘Doll’ 的雌首花节位最高, ‘红栗’ ‘Red Chestnut’ 和 ‘蜜本’ ‘NGMB’ 分枝性较强, ‘日本黑’ ‘Black Japan’ 的叶柄直径、叶片显著大于其他 9 个品种, 叶绿素 SPAD 值则最低, ‘旭日’ ‘Rising Sun’ 和 ‘锦栗’ ‘Jin Li’ 的叶绿素 SPAD 值显著高于其他品种。‘锦栗’ 的可溶性糖和淀粉质量分数均最高。‘红栗’ 果肉色度值最高, 色度角最低, 周长最大, 单果质量最大。奶油系列和 ‘黄狼’ ‘Yellow Wolf’ 果肉较硬, ‘奶油 NLI’ ‘Cream NLI’ ‘奶油 Y’ ‘Cream Y’ 和 ‘黄狼’ 的果皮韧性差异显著。‘旭日’ 种子数最多, ‘奶油’ 南瓜系列种子数较少; ‘红栗’ 种子质量最大, 且其种子的纵径和厚度显著大于其他品种。主成分分析共提取了 5 个主成分, 累积贡献率达 87.240%。【结论】以 5 个主成分及单个主成分所对应的特征值占提取主成分特征值和的比例作为权重, 构建了南瓜综合评价模型, 综合得分最好的品种为 ‘红栗’, ‘奶油 NLI’ 最差。图 1 表 6 参 25

关键词: 园艺学; 南瓜; 品种; 主成分分析法; 综合评价

中图分类号: S603.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2020)01-0143-08

Comprehensive evaluation of pumpkin cultivars based on a principal component analysis

TENG Zhiyan¹, CUI Yutong¹, YING Xuebing², ZHENG Weiwei¹, ZANG Yunxiang¹, ZHU Zhujun¹

(1. The Key Laboratory for Quality Improvement of Agricultural Products of Zhejiang Province, School of Agriculture and Food Science, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, Zhejiang, China; 2. Agriculture and Forestry Technology Extension Center of Lin'an District, Hangzhou 311300, Zhejiang, China)

Abstract: [Objective]The aim is to quickly perform the difference among pumpkin cultivars, a suitable evaluation system was established for pumpkin. [Method]10 pumpkin cultivars were used to determine 30 indicators relevant to plant growth, fruit, texture, seed, as well as quality characteristics. Biological characteristics were obtained by ruler etc and analysis of nutritional quality were performed according to the methods from references. Each sample was analyzed five times and each experiment was conducted in five repetition ($n = 5$). The results were expressed as means \pm SE. Statistical comparisons were made by one-way analysis of variance (ANOVA) followed by Duncan's multiple range test ($P = 0.05$). A principal component analysis was used for a comprehensive evaluation of the pumpkin cultivars and was constructed by taking the eigenvalues corresponding to the principal components and the ratio of a single principal component to the extracted principal components. [Result]There are strong differences among pumpkin cultivars. The first pistillate flower node of ‘Doll’ was earlier than that of others. Also, the branchiness of ‘Red Chestnut’ and ‘NGMB’ were strong. Al-

收稿日期: 2019-01-03; 修回日期: 2019-05-24

基金项目: 浙江省重点研发计划项目(2017C02021)

作者简介: 滕芝妍, 从事园艺植物品质调控研究。E-mail: 1055252741@qq.com。通信作者: 臧运祥, 教授, 博士, 从事园艺作物品质生理、生物技术与分子育种研究。E-mail: yxzang@zafu.edu.cn

though the chlorophyll content of ‘Black Japan’ was lowest, petiole diameter and leaf size of ‘Black Japan’ were higher than those of the other nine cultivars. Chlorophyll content of ‘Rising Sun’ and ‘Jin Li’ was highest. As for soluble sugar and starch content, ‘Jin Li’ was the best among all pumpkin cultivars. The highest chroma value and lowest chroma angle were found in ‘Red Chestnut’ which had the largest circumference and the most important single fruit. The flesh of the Cream series and ‘Yellow Wolf’ was relatively hard, and the toughness was very different for ‘Cream NL1’, ‘Cream Y’, and ‘Yellow Wolf’. The seed number in ‘Rising Sun’ was highest, but in the cream pumpkin series the seed number was small. The seed weight of Red Chestnut was heaviest; whereas, the longitudinal diameter and thickness of the seeds were much larger than other cultivars. The principal component analysis extracted a total of five principal components with a cumulative contribution rate of 87.240%. [Conclusion]The best comprehensive score was found in ‘Red Chestnut’; whereas, the worst was found in ‘Cream NL1’. This study provided a theoretical reference for rapid screening of germplasm resources and pumpkin breeding. [Ch, 1 fig. 6 tab. 25 ref.]

Key words: horticulture; *Cucurbita moschata*(pumpkin); cultivar; principal component analysis; comprehensive evaluation

南瓜 *Cucurbita moschata* 又名倭瓜, 是葫芦科 Cucurbitaceae 南瓜属 *Cucurbita* 植物。南瓜富含多糖、类胡萝卜素、果胶、矿物质和氨基酸等, 营养丰富, 具有较高的医疗保健价值^[1-2]。南瓜种质资源十分丰富, 是经济价值最重要的物种之一^[3], 世界各地广泛栽培。屈淑平等^[4]对 76 份南瓜材料进行遗传多样性分析, 提出了南瓜资源植物学描述评价的代表性状。刘振威等^[5]对 51 种南瓜杂交组合的 11 个主要农艺性状进行相关分析和聚类分析发现, 7 个主要数量性状变异潜力丰富。果实品质由果品外观和内质两者复合构成, 评价指标复杂, 在综合评价种质资源时, 考察的多个性状间通常存在一定相关性, 造成信息重复而影响其准确性。如 GOMES 等^[6]通过分析影响氧化酶失活动力学与南瓜颜色的变化关系, 发现南瓜外观颜色性状的变化受氧化酶、温度等多种因素共同影响。主成分分析(principal component analysis)通过降维将个数较多且彼此相关的变量重新组合, 形成个数较少、彼此独立并尽可能多地反映原变量信息的综合变量, 简化了多指标, 又为资源的评价和选择提供了科学依据^[7]。目前主成分分析被广泛应用于作物^[8-12], 而在南瓜品质评价方法和评价指标体系方面的研究较少。本研究以 10 份南瓜品种为材料, 分析不同南瓜品种生物学性状与果实品质, 构建科学的评价体系, 以期为优质南瓜资源的快速筛选及品种选育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试南瓜品种共 10 个, 包括美洲南瓜类型: ‘奶油 NL1’ ‘Cream NL1’、‘奶油 NL2’ ‘Cream NL1’、‘奶油 Y’ ‘Cream Y’; 中国南瓜类型: ‘玩偶’ ‘Doll’、‘蜜本’ ‘NGMB’、‘黄狼’ ‘Yellow Wolf’; 印度南瓜类型: ‘锦栗’ ‘Jin Li’、‘旭日’ ‘Rising Sun’、‘红栗’ ‘Red Chestnut’、‘日本黑’ ‘Black Japan’。所有品种均于 2017 年 3 月定植在浙江农林大学实验基地, 株行距为 90 cm, 日常栽培管理及病虫害防治方法采用相同标准进行, 采收后立即运至浙江农林大学农产品品质改良技术研究重点实验室。

1.2 试验方法

记录各南瓜品种雌首花节位、收获日期, 植株的分枝性; 采用便携式叶绿素仪测定南瓜叶片叶绿素质量分数; 游标卡尺测定茎及叶柄直径。参照 Galet 叶形结构参数分析法^[12], 测量南瓜叶片中脉和下侧脉。于南瓜最大直径处测定南瓜周长和肉厚。采用色差仪(CR-10)测定南瓜的果皮、果肉颜色, 并计算色度值(C)和色调角(H)^[13]。采用蒽酮比色法^[14]测定可溶性糖质量分数, 碘显色法^[15]测定淀粉质量分数, 并测定南瓜种子的长度、厚度等相关指标。采用 TA-XT plus 型物性测试仪(英国 Stable Micro Systems 公司)对南瓜进行穿刺分析。试验中采用的探头为圆柱形 P/2E 探头, 直径为 2 mm。测试参数为测前速度 $1 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, 测试速度 $1 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, 测后上行速度 $1 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ 。所有指标测定均重复 5 次。

1.3 数据统计分析

采用 Excel 和 SPSS 19.0 对数据进行分析处理。利用 SPSS 软件中的因子分析对南瓜性状进行主成分提取和相关性分析。综合评价时对各性状指标进行无量纲化, $X(\mu)=(X-X_{\min})/(X_{\max}-X_{\min})$, 其中: X 为某品种某一指标的测定值; X_{\max} 为所有品种某一指标测定的最大值; X_{\min} 为该指标中的最小值。

2 结果与分析

2.1 不同南瓜品种植株性状比较

南瓜不同品种间植株性状存在较大差异。‘玩偶’雌首花节位最高, 与‘日本黑’‘锦栗’‘奶油 Y’‘奶油 NL1’‘蜜本’及‘旭日’差异显著; ‘红栗’和‘蜜本’分枝性较强; ‘奶油 Y’‘锦栗’‘蜜本’主蔓直径均超过 1 cm, ‘蜜本’主蔓直径是‘奶油 NL2’的 2.18 倍; ‘日本黑’叶柄直径、叶片显著大于其他 9 个品种(叶片中脉、下侧脉最大), 而‘玩偶’叶片则是所有品种中最小的; 所有品种植株均被毛, 其中‘红栗’和‘日本黑’植株被刺毛, ‘旭日’被绒毛, 其余品种被糙毛或粗毛; ‘旭日’和‘锦栗’的叶绿素 SPAD 值显著高于其他品种, ‘日本黑’叶绿素 SPAD 值却最低(表 1)。

表 1 不同南瓜品种的生物学性状比较

Table 1 Biological characteristics comparison of different pumpkin cultivars

品种	雌首花节位	分枝性	主蔓直径/cm	叶柄直径/cm	叶片中脉/cm	叶片下侧脉/cm	植株被毛	叶绿素 SPAD 值
‘奶油 NL1’	6.3 b	中	0.99 ab	1.02 bc	15.17 bc	9.07 cd	糙毛	34.2 c
‘奶油 NL2’	12.7 ab	中	0.68 b	1.03 bc	21.17 abc	12.10 bcd	粗被毛	38.0 abc
‘奶油 Y’	6.7 b	中	1.24 ab	1.29 ab	19.10 abc	15.34 b	糙毛	35.6 abcde
‘玩偶’	15.1 a	中	0.84 b	0.39 d	13.80 c	7.21 d	粗被毛	33.6 c
‘锦栗’	7.0 b	中	1.06 ab	1.07 bc	18.10 bc	12.16 bcd	糙毛	42.5 a
‘旭日’	5.0 b	中	0.97 ab	1.31 ab	18.22 bc	14.22 b	绒毛	43.5 a
‘红栗’	9.3 ab	强	0.99 ab	1.32 ab	21.57 ab	15.36 b	刺毛	34.8 c
‘蜜本’	6.3 b	强	1.48 a	1.04 bc	20.67 abc	14.14 bc	糙毛	41.1 ab
‘日本黑’	7.7 b	中	0.97 ab	1.81 a	25.88 a	24.89 a	刺毛	33.1 c
‘黄狼’	8.3 ab	中	0.99 ab	0.78 cd	20.55 abc	12.14 bcd	糙毛	34.2 c

说明: 同列数据后不同字母表示品种间差异显著($P<0.05$)

2.2 不同南瓜品种果实性状比较

不同南瓜品种间果实性状差异较大。10 个品种间‘红栗’肉色色度值最高, 色度角则最低。‘黄狼’最长, 是‘奶油 NL1’的 3.06 倍; ‘红栗’周长最大, ‘玩偶’最小; ‘旭日’瓜肉最厚, 达 4.10 cm, 是‘奶油 NL1’的 2.73 倍; ‘红栗’单果质量最大, 是‘玩偶’的 7.05 倍。南瓜品种间可溶性糖和淀粉质量分数差异显著, 其中‘锦栗’的可溶性糖和淀粉质量分数均最高, 分别是‘奶油 NL2’的 1.97 倍、1.92 倍。‘锦栗’和‘旭日’均果柄中空、扁圆形, 瓜面有条纹或浅棱, 中等程度瓜瘤, ‘锦栗’蜡粉多于‘旭日’; ‘玩偶’果实表面黄绿分界明显。品种间瓜棱表现也有差异, ‘日本黑’有深棱, ‘奶油 NL1’和‘奶油 Y’无棱, 其余品种有浅棱。‘红栗’‘蜜本’和‘日本黑’瓜瘤与‘锦栗’和‘旭日’类似。‘奶油 Y’和‘蜜本’表面蜡粉较多, ‘奶油 NL2’和‘黄狼’蜡粉中等, ‘日本黑’表面无蜡粉(表 2)。

2.3 不同南瓜品种质地特性比较

南瓜果皮和果肉的穿刺试验发现: ‘奶油 NL2’果皮硬度最高, ‘玩偶’果皮硬度最低, 仅为‘奶油 NL2’的 30.32%; ‘奶油 NL1’‘奶油 Y’‘红栗’及‘蜜本’的果皮硬度相近。奶油系列 3 个品种和‘黄狼’果肉相对较硬, ‘奶油 NL1’果肉硬度显著大于‘玩偶’‘旭日’‘红栗’‘蜜本’和‘日本黑’。而‘旭日’的果肉硬度最低, 仅 7.83 N。‘奶油 NL2’和‘黄狼’果肉硬度差异不大。南瓜品种间果皮韧性差异较大。‘奶油 NL1’果皮韧性最大, ‘红栗’果皮韧性最小。‘奶油 NL1’‘奶油 Y’和‘黄狼’的果皮韧性差异显著(图 1)。

2.4 不同南瓜品种种子性状比较

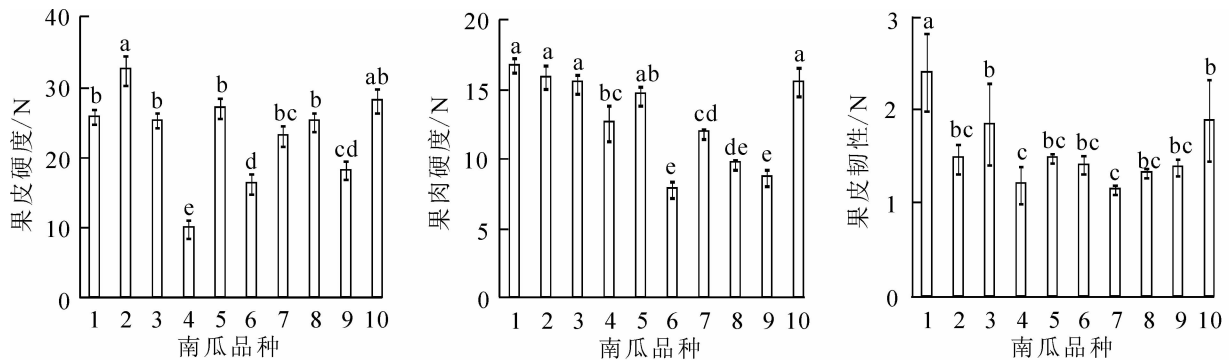
不同南瓜品种间种子形态特征也存在差异。‘旭日’种子数最多, 奶油系列种子数较少, ‘奶油

表2 不同南瓜品种果实性状比较

Table 2 Fruit traits of different pumpkin cultivars

品种	皮色		肉色		瓜长/ cm	周长/ cm	瓜肉 厚/cm	单果 质量/ kg	可溶性 糖/(mg· g ⁻¹)	淀粉/ (mg·g ⁻¹)	果柄	瓜形	瓜面斑纹	瓜棱	瓜 瘤	蜡 粉
	C	H	C	H												
‘奶油NL1’	34.7 d	1.1 cd	67.4 c	1.2 cd	14.2 cd	28.6 g	1.5 e	0.43 c	1.86 d	1.67 d	紧实	梨形	无花斑	无棱	无	少
‘奶油NL2’	31.0 d	0.9 e	66.9 c	1.3 bc	18.4 c	39.9 e	2.3 cde	1.16 b	1.45 e	1.33 e	紧实	梨形	无花斑	浅棱	无	中
‘奶油Y’	31.6 d	1.0 de	66.9 c	1.2 bcd	32.1 b	45.1 d	2.38 cd	1.68 b	1.62 e	1.45 de	紧实	长把梨形	橙色条斑	无棱	无	多
‘玩偶’	4.8 f (65.9 a)	31.5 d (1.1 bc)	31.5 d	1.5 a	13.6 cd	24.3 h	1.6 de	0.38 c	2.64 b	2.34 ab	紧实	梨形	黄绿分界	浅棱	无	少
‘锦栗’	65.7 a	1.5 a	70.2 c	1.2 bcd	12.2 d	78.2 b	3.5 ab	2.38 a	2.85 a	2.56 a	中空	扁圆	条纹	浅棱	中	中
‘旭日’	60.9 ab	0.6 g	76.4 b	1.2 d	14.3 cd	75.1 b	4.1 a	2.37 a	2.63 b	2.38 ab	中空	扁圆	条纹	浅棱	中	少
‘红栗’	58.7 b	0.6 g	92.6 a	0.8 e	14.8 cd	96.2 a	3.6 a	2.68 a	2.63 b	2.38 ab	紧实	扁圆	条纹	浅棱	中	少
‘蜜本’	51.6 c	1.2 b	68.2 c	1.3 bc	39.6 a	43.2 d	2.7 bc	2.56 a	2.63 b	2.37 ab	紧实	棒槌形	浅黄条斑	浅棱	中	多
‘日本黑’	21.5 e	1.4 a	67.2 c	1.2 bcd	13.8 cd	54.3 c	3.5 ab	2.35 a	2.45 b	2.19 bc	紧实	扁圆	浅绿花斑	深棱	中	无
‘黄狼’	29.4 d	1.0 cd	67.9 c	1.3 b	53.5 a	36.3 f	3.6 a	2.39 a	2.16 c	1.96 c	紧实	棒槌形	绿色条斑	浅棱	无	中

说明：C表示色度值，H表示色调角；‘玩偶’的皮色括号外数据为绿色部分的，括号内数据为黄色部分的；同列数据后不同字母表示品种间差异显著(P<0.05)



1. ‘奶油NL1’；2. ‘奶油NL2’；3. ‘奶油Y’；4. ‘玩偶’；5. ‘锦栗’；6. ‘旭日’；7. ‘红栗’；8. ‘蜜本’；9. ‘日本黑’；10. ‘黄狼’

不同字母表示品种间差异显著(P<0.05)

图1 不同南瓜品种果皮硬度、果肉硬度、果皮韧性比较

Figure 1 Comparison of hardness, pulp hardness, and toughness of different pumpkin cultivars

NL2’种子数仅为‘旭日’的14.41%。‘红栗’种子质量最大，达0.62 g，‘玩偶’最轻，仅0.14 g。‘奶油NL1’和‘玩偶’的种子横径均低于1 cm。‘红栗’种子的纵径和厚度显著大于其他品种(表3)。

表3 不同南瓜品种的种子特征

Table 3 Seed traits of different pumpkin cultivars

品种	种子数量	种子单粒质量/g	种子横径/cm	种子纵径/cm	种子厚度/cm
‘奶油NL1’	32.1 f	0.21 ed	0.61 c	1.21 de	0.29 cd
‘奶油NL2’	30.3 f	0.23 d	1.09 a	1.62 c	0.24 d
‘奶油Y’	35.3 f	0.24 d	1.13 a	1.62 c	0.26 cd
‘玩偶’	74.0 e	0.14 e	0.81 b	1.13 e	0.32 cd
‘锦栗’	173.3 c	0.43 b	1.13 a	1.83 b	0.52 ab
‘旭日’	221.7 a	0.49 b	1.22 a	1.87 b	0.49 b
‘红栗’	178.0 c	0.62 a	1.27 a	2.16 a	0.66 a
‘蜜本’	198.3 b	0.49 b	1.12 a	1.22 de	0.32 cd
‘日本黑’	204.3 ab	0.32 c	1.13 a	1.31 d	0.41 bc
‘黄狼’	152.3 d	0.49 b	1.20 a	1.62 c	0.28 cd

说明：同列数据后不同字母表示品种间差异显著(P<0.05)

2.5 不同南瓜品种品质性状的主成分分析

对 10 个南瓜品种的 30 个性状指标进行主成分分析，得到了特征值大于 1 的 5 个主成分，反映了总信息量的 87.240%，能够在较大程度上反映出原始信息(表 4)。5 个主成分中第 1 主成分的方差贡献率为 37.537%，其中瓜肉厚、种子数量、单果质量、周长、种子单粒质量、种子厚度、种子横径、皮色、淀粉质量分数、可溶性糖质量分数、肉色、种子纵径等具有较大的载荷值，综合反映了南瓜产量、果实、种子各方面的性状，因此第 1 主成分能作为选择综合性状较好的优质南瓜种质资源的有效指标。第 2 主成分的方差贡献率为 16.630%，蜡粉、果皮硬度、瓜形、瓜长等具有较大的载荷值，主要反映了南瓜的商品性状。第 3 主成分的方差贡献率为 14.353%，特征向量值较大的是叶片中脉、叶片下侧脉、分枝性、叶柄直径等，主要反映了南瓜植株的生长性状。第 4 主成分的方差贡献率为 10.494%，特征向量值较大的是主蔓直径。第 5 主成分在每个指标的载荷值不突出，但增加了整个综合模型的信息表达量，使模型能更全面反映南瓜的综合性状。

表 4 南瓜性状评价因子的特征值和累积方差贡献率

Table 4 Characteristic value and cumulative variance contribution rate of pumpkin evaluation factor

主成分	特征值	方差贡献率/%	累计方差贡献率/%
1	11.261	37.537	37.537
2	4.989	16.630	54.167
3	4.306	14.353	68.520
4	3.148	10.494	79.014
5	2.468	8.227	87.240

表 5 主成分在各性状指标上的因子载荷矩阵

Table 5 Rotated component matrix of the principle component analysis

性状	主成分					性状	主成分				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
种子数量(X_1)	0.911	-0.124	0.038	0.304	-0.006	蜡粉(X_{16})	-0.186	0.758	-0.077	0.369	0.270
瓜肉厚(X_2)	0.907	0.132	0.077	-0.084	0.089	果皮硬度(X_{17})	-0.121	0.748	0.241	-0.345	0.193
单果质量(X_3)	0.888	0.299	0.223	0.135	0.205	瓜棱(X_{18})	0.546	-0.593	0.371	0.093	0.202
周长(X_4)	0.874	0.063	-0.181	-0.371	0.075	瓜长(X_{19})	-0.123	0.592	0.261	0.511	0.403
种子单粒质量(X_5)	0.827	0.318	-0.078	0.045	0.308	植株被毛(X_{20})	-0.245	-0.579	0.372	-0.266	0.513
种子厚度(X_6)	0.811	-0.200	-0.315	-0.287	0.075	瓜形(X_{21})	-0.551	0.567	0.206	0.450	0.189
种子横径(X_7)	0.759	0.264	0.211	-0.032	0.420	叶片中脉(X_{22})	0.516	0.040	0.814	-0.128	0.200
皮色(X_8)	0.717	0.487	-0.341	-0.149	-0.106	叶片下侧脉(X_{23})	0.571	-0.111	0.774	-0.050	-0.158
果肉硬度(X_9)	-0.696	0.408	-0.141	-0.377	0.165	分枝性(X_{24})	0.289	-0.195	0.660	0.539	-0.145
淀粉质量分数(X_{10})	0.695	-0.386	-0.387	0.380	0.027	叶柄直径(X_{25})	0.579	0.068	0.613	-0.299	-0.381
可溶性糖质量分数(X_{11})	0.676	-0.406	-0.386	0.392	0.016	瓜面斑纹(X_{26})	0.553	-0.125	-0.570	0.319	0.260
肉色(X_{12})	0.639	0.505	0.163	-0.443	0.027	果柄(X_{27})	-0.563	-0.082	0.565	0.088	0.403
种子纵径(X_{13})	0.623	0.317	-0.249	-0.557	0.295	主蔓直径(X_{28})	0.255	0.493	0.112	0.682	-0.137
果皮韧性(X_{14})	-0.541	0.505	0.066	-0.157	-0.473	雌首花节位(X_{29})	-0.477	-0.586	-0.105	-0.132	0.591
叶绿素质量分数(X_{15})	0.499	0.349	-0.426	0.151	-0.224	瓜瘤(X_{30})	0.459	-0.206	0.408	-0.045	-0.541

为消除不同单位和数据量纲的影响，对各性状指标原始数据进行无量纲化处理。根据表 5 构建主成分与南瓜各生物学性状之间的线性关系式：

$$F_1=0.911X_1+0.907X_2+0.888X_3+0.874X_4+0.827X_5+0.811X_6+0.759X_7+0.717X_8-0.696X_9+0.695X_{10}+0.676X_{11}+0.639X_{12}+0.623X_{13}-0.541X_{14}+0.499X_{15}-0.186X_{16}-0.121X_{17}+0.546X_{18}-0.123X_{19}-0.245X_{20}-0.551X_{21}+0.516X_{22}+0.571X_{23}+0.289X_{24}+0.579X_{25}+0.553X_{26}-0.563X_{27}+0.255X_{28}-0.477X_{29}+0.459X_{30}$$

$$F_2=-0.124X_1+0.132X_2+0.299X_3+0.063X_4+0.318X_5-0.20X_6+0.264X_7+0.487X_8+0.408X_9-0.386X_{10}-0.406X_{11}+0.505X_{12}+0.317X_{13}+0.505X_{14}+0.349X_{15}+0.758X_{16}+0.748X_{17}-0.593X_{18}+0.592X_{19}-0.579X_{20}+0.567X_{21}+0.040X_{22}-0.111X_{23}-0.195X_{24}+0.068X_{25}-0.125X_{26}-0.082X_{27}+0.493X_{28}-0.586X_{29}-0.206X_{30}$$

$$F_3=0.038X_1+0.077X_2+0.223X_3-0.181X_4-0.078X_5-0.315X_6+0.211X_7-0.341X_8-0.141X_9-0.387X_{10}-0.386X_{11}+0.163X_{12}-0.249X_{13}+0.066X_{14}-0.426X_{15}-0.077X_{16}+0.241X_{17}+0.371X_{18}+0.261X_{19}+0.372X_{20}+0.206X_{21}+0.814X_{22}+0.774X_{23}+0.660X_{24}+0.613X_{25}-0.570X_{26}+0.565X_{27}+0.112X_{28}-0.105X_{29}+0.408X_{30}$$

$$F_4=0.304X_1-0.084X_2+0.135X_3-0.371X_4+0.045X_5-0.287X_6-0.032X_7-0.149X_8-0.377X_9+0.380X_{10}+0.392X_{11}-$$

$$0.443X_{12}-0.557X_{13}-0.157X_{14}+0.151X_{15}+0.369X_{16}-0.345X_{17}+0.039X_{18}-0.511X_{19}-0.266X_{20}+0.450X_{21}-0.128X_{22}-0.050X_{23}+0.539X_{24}-0.299X_{25}+0.319X_{26}+0.088X_{27}+0.682X_{28}-0.132X_{29}-0.045X_{30}$$

$$F_5=-0.006X_1+0.089X_2+0.205X_3+0.075X_4+0.308X_5+0.075X_6+0.42X_7-0.106X_8+0.165X_9+0.027X_{10}+0.016X_{11}+0.027X_{12}+0.295X_{13}-0.473X_{14}-0.224X_{15}+0.270X_{16}+0.193X_{17}+0.202X_{18}+0.403X_{19}+0.513X_{20}+0.189X_{21}+0.200X_{22}-0.158X_{23}-0.145X_{24}-0.381X_{25}+0.260X_{26}+0.403X_{27}-0.137X_{28}+0.591X_{29}-0.541X_{30}$$

在主成分分析的基础上,以5个主成分及每个主成分对应的特征值占提取主成分总特征值之和的比例作为权重,计算主成分综合模型: $F_{\text{综}}=0.32F_1+0.15F_2+0.17F_3+0.14F_4+0.22F_5$,根据综合模型计算不同品种南瓜的综合性状得分(表6)。结果表明:‘红栗’的综合性状最好,‘蜜本’‘日本黑’略低于‘红栗’,其次是‘锦栗’‘奶油Y’和‘旭日’,‘奶油NL1’的综合品质最差,其他品种居中。

表6 不同南瓜品种性状预测评价结果

Table 6 Prediction results of different characteristics of pumpkin cultivars

品种	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	$F_{\text{综}}$	排名
‘奶油NL1’	4.04	0.75	0.54	-0.26	0.86	1.65	10
‘奶油NL2’	4.57	0.96	0.96	-0.27	0.96	1.94	7
‘奶油Y’	5.04	1.03	0.61	-0.04	0.98	2.08	5
‘玩偶’	4.06	1.22	0.86	-0.06	0.89	1.81	9
‘锦栗’	5.55	1.21	0.54	-0.30	1.24	2.28	4
‘旭日’	4.96	1.09	0.87	-0.35	0.95	2.06	6
‘红栗’	6.37	1.54	0.92	-0.27	1.21	2.65	1
‘蜜本’	5.88	1.59	0.65	-0.20	1.13	2.45	2
‘日本黑’	5.88	1.50	0.74	-0.27	1.14	2.45	3
‘黄狼’	4.32	1.39	0.72	-0.10	0.84	1.88	8

3 结论与讨论

南瓜具有外形优美、品质独特且营养价值高等优点。前人研究发现南瓜种质资源间的形态学性状具有遗传多样性^[16],且不同基因型南瓜的叶长、叶厚、分枝数、单果质量、果皮色、果肉色等具有显著差异。本研究对10个南瓜品种的各项生物学性状和品质特性进行测定,发现‘奶油NL1’‘奶油Y’‘红栗’‘蜜本’‘日本黑’的雌首花节位靠前,‘红栗’‘蜜本’的分枝性强,‘奶油Y’‘锦栗’‘蜜本’的主蔓直径较大,‘日本黑’等叶柄直径较大,成熟叶较大、叶绿素含量较高。本试验还发现雌首花节位低、分枝性强、叶柄直径、叶面积大的南瓜品种同时具备早熟、丰产、生长健壮等优点,且单果质量对早期产量的影响大于周长和瓜肉厚,这与张宏荣^[17]通过灰色关联度分析的结果一致。杜晓华等^[18]也得出生长因子对于南瓜早熟丰产的贡献率最高的结论,这也与LABBAFI等^[19]利用模型估算南瓜叶面积指数与干物质量及植株长势间关系的分析结果相近。尹玲^[20]认为南瓜干物质含量与品质综合评分呈显著正相关,可作为初步判定南瓜感官性状优劣的生化指标,其中可溶性糖及淀粉含量是瓜肉综合评价性状的重要因素^[21]。本试验中,‘锦栗’的可溶性糖和淀粉质量分数显著高于其他南瓜品种,说明‘锦栗’果肉熟食口味更佳^[22]。

南瓜果柄和瓜形是区别南瓜不同品种的重要依据^[23]。中空果柄南瓜多呈扁圆形,瓜面有条纹或浅棱,具瓜瘤和蜡粉;而紧实果柄南瓜形态则更丰富,与徐鹏程^[24]研究的果柄对果实发育存在较大影响的结果一致。扁圆瓜形,横径大,单果质量较大的南瓜,种子数也较多。本研究也发现有最大周长和单果质量最大的‘红栗’南瓜,种子单粒质量也最大。果皮颜色是判断果实成熟的重要评价指标之一,刘旭等^[25]证实果实成熟期间花色苷含量逐渐增加。从皮色上看,‘红栗’为橙红色系列,‘锦栗’为深绿色系列;从肉色上看,‘红栗’饱和度最高,‘玩偶’果实外观特征新颖,肉色饱和度低,颜色浅。‘红栗’和‘旭日’的皮色及肉色饱和度较高,在观赏长廊中常作为观赏蔬菜种植,具较高的观赏价值。

本研究测定了10个南瓜品种的植株生长、果实及种子性状相关指标,比较南瓜品种间的差异,并在此基础上采用主成分分析法对不同南瓜品种进行综合评价。结果表明不同南瓜品种间存在显著差异,

如‘日本黑’的叶柄直径大、叶片最大,‘锦栗’的可溶性糖和淀粉质量分数最高,‘红栗’肉色色度值最高,奶油系列和‘黄狼’果肉较硬等。对 10 个南瓜品种的 30 个性状进行主成分分析,提取出 5 个主成分,累积方差贡献率达 87.240%,确立了南瓜评价综合得分模型,计算出红栗的综合性状最好,‘蜜本’‘日本黑’略低于‘红栗’,其次是‘锦栗’‘奶油 Y’‘旭日’,‘奶油 NL1’的综合性状最差。

4 参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第 73 卷第 1 册[M]. 北京: 科学出版社, 1986: 262.
- [2] LIU Guimei, LIANG Li, YU Guoyong, *et al.* Pumpkin polysaccharide modifies the gut microbiota during alleviation of type 2 diabetes in rats [J]. *Int J Biol Macromol*, 2018, **115**(4): 711 – 717.
- [3] MILC J, CAFFAGNI A, RONGA D, *et al.* Evaluation of *Cucurbita pepo* germplasm for staminate flower production and adaptation to the frozen food industry [J]. *Sci Hort*, 2016(10): 213, 321 – 330.
- [4] 屈淑平, 刘超, 葛宇, 等. 籽用南瓜种质资源形态学多样性分析[J]. 东北农业大学学报, 2013, **44**(10): 67 – 75.
QU Shuping, LIU Chao, GE Yu, *et al.* Morphological diversity analysis of seed-used pumpkin germplasm resources [J]. *J Northeast Agric Univ*, 2013, **44**(10): 67 – 75.
- [5] 刘振威, 李新峥, 邱会云. 51 种南瓜杂交组合农艺性状的相关分析和聚类分析[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2014, **35**(5): 24 – 29.
LIU Zhenwei, LI Xinzhen, QIU Huiyun. The correlation and cluster analysis on agronomic characters of 51 kinds of cross combinations (F1) in pumpkins [J]. *J Inn Mongolia Agric Univ Nat Sci Ed*, 2014, **35**(5): 24 – 29.
- [6] GOMES C F, SARKIS J R, MARCZAK L D F. Ohmic blanching of Tetsukabuto pumpkin: effects on peroxidase inactivation kinetics and color changes [J]. *J Food Eng*, 2018, **233**(4): 74 – 80.
- [7] ROSE W. Principal component analysis [J]. *Georgia Inst Technol*, 2013, **87**(4): 218 – 225.
- [8] VALIENTE-GONZALEZ J M, ANDREU-GARROIA G, POTTER P, *et al.* Automatic corn (*Zea mays*) kernel inspection system using novelty detection based on principal component analysis [J]. *Biosyst Eng*, 2014, **117**(1): 94 – 103.
- [9] 边嘉宾, 施利利, 张欣, 等. 稻米主要品质性状的相关及主成分分析[J]. 中国农学通报, 2012, **28**(24): 8 – 12.
BIAN Jiabin, SHI Lili, ZHANG Xin, *et al.* Correlation and principal component analysis on the major quality traits of rice lines [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 2012, **28**(24): 8 – 12.
- [10] 何文铸, 杨勤, 高强, 等. 主成分分析对青贮玉米材料综合评价与筛选的研究[J]. 玉米科学, 2008, **16**(3): 26 – 29.
HE Wenzhu, YANG Qin, GAO Qiang, *et al.* Screening and evaluation for the silage maize inbred lines by using PCA [J]. *J Maize Sci*, 2008, **16**(3): 26 – 29.
- [11] 郭笃发, 王秋兵. 主成分分析法对土壤养分与小麦产量关系的研究[J]. 土壤学报, 2005, **42**(3): 523 – 527.
GUO Dufa, WANG Qiubing. Principal component analysis of relationship between various nutrients in albiudic cambosols profile and wheat yield [J]. *Acta Pedol Sin*, 2005, **42**(3): 523 – 527.
- [12] 张诚. 葡萄叶形结构和品种鉴别相关性研究[D]. 重庆: 西南大学, 2006.
ZHANG Cheng. *Research on the Relationship of Foliar Morphological Parameters with Grape Cultivar Identification* [D]. Chongqing: Southwest University, 2006.
- [13] BENIC G I, SCHERRER D, SANCHO-PUCHADES M, *et al.* Spectrophotometric and visual evaluation of peri-implant soft tissue color [J]. *Clinical Oral Implants Res*, 2017, **28**(2): 192 – 200.
- [14] NAGENDRA R, RAO S V. An improved colorimetric method for the estimation of lactulose in lactose-lactulose mixtures [J]. *Food Chem*, 1992, **43**(5): 399 – 402.
- [15] 徐昌杰, 陈文峻, 陈昆松, 等. 淀粉含量测定的一种简便方法: 碘显色法[J]. 生物技术, 1998, **8**(2): 41 – 43.
XU Changjie, CHEN Wenjun, CHEN Kunsong, *et al.* A simple method for determining the content of starch: Iodine colorimetry [J]. *Biotechnology*, 1998, **8**(2): 41 – 43.
- [16] 袁建民, 李易蓉, 唐文冲, 等. 37 份南瓜种质资源形态性状的多样性分析[J]. 热带农业科学, 2012, **32**(5): 41 – 45, 75.

- YUAN Jianmin, LI Yirong, TANG Wenchong, *et al.* Diversity analysis of morphological traits of 37 pumpkin germplasm resources [J]. *Chin J Trop Agric*, 2012, **32**(5): 41 – 45, 75
- [17] 张宏荣. 南瓜农艺性状与产量及品质性状的比较研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2005.
ZHANG Hongrong. *Comparison Studies of Relationships between Agronomic Traits and Yield, Nutrient Quality Traits on Pumpkins* [D]. Wuhan: Huazhong Agriculture University, 2005.
- [18] 杜晓华, 李新峥, 刘海妮, 等. 南瓜前期农艺性状的主成分分析[J]. 西北农业学报, 2010, **19**(2): 168 – 171.
DU Xiaohua, LI Xinzheng, LIU Haini, *et al.* Principal component analysis on prophase agronomic traits of pumpkin [J]. *Acta Agric Boreal-Occident Sin*, 2010, **19**(2): 168 – 171.
- [19] LABBAFI M, KHALAJ H, ALLAHADADI I, *et al.* Using models to estimation of leaf area index in *Cucurbita pepo* L. [J]. *J Saudi Soc Agric Sci*, 2019, **18**(1): 55 – 60.
- [20] 尹玲. 南瓜感官品质分析和淀粉性质研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2012.
YIN Ling. *Sensory Assess and Starch Properties Analysis of Pumpkin* [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2012.
- [21] 胡新军, 韩小霞, 粟建文, 等. 中国南瓜可溶性固形物含量的主基因+多基因遗传分析[J]. 中国农学通报, 2015, **31**(10): 69 – 73.
HU Xinjun, HAN Xiaoxia, SU Jianwen, *et al.* Genetic analysis of soluble solid content in *Cucurbita moschata* using mixed major gene plus polygene inheritance model [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 2015, **31**(10): 69 – 73.
- [22] 尹玲, 王长林, 王迎杰, 等. 南瓜的感官品质、质构及生化分析[J]. 食品科学, 2013, **34**(5): 26 – 30.
YIN Ling, WANG Changlin, WANG Yingjie, *et al.* Sensory quality, texture and chemical composition analysis of pumpkin [J]. *Food Sci*, 2013, **34**(5): 26 – 30.
- [23] 王安君. 基于RNA-Seq的南瓜果实重要品质形成的代谢和分子调控研究[D]. 广州: 暨南大学, 2017.
WANG Anjun. *The Metabolic and Molecular Regulating Mechanism of Pumpkin Fruit Quality Development Using RNA-Seq* [D]. Guangzhou: Ji'nan University, 2017.
- [24] 徐鹏程. 几个葡萄品种胚与果实发育及落粒果实品质的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2015.
XU Pengcheng. *Study on Embryonic and Fruit Development, Quality of Abscission Fruit of Several Grape Cultivars* [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2015.
- [25] 刘旭, 杨丽, 张芳芳, 等. 酿酒葡萄成熟期间果实质地特性和花色苷含量变化[J]. 食品科学, 2015, **36**(2): 105 – 109.
LIU Xu, YANG Li, ZHANG Fangfang, *et al.* Changes in textural properties and anthocyanins content of wine grape during maturation [J]. *Food Sci*, 2015, **36**(2): 105 – 109.