浙 江 农 林 大 学 学 报, 2025, **42**(2): 357−364 https://zlxb.zafu.edu.cn
Journal of Zhejiang A&F University DOI: 10.11833/j.issn.2095-0756.20240394

引用格式: 应学兵, 陈萍梅, 李璐瑶, 等. 不同茄子品种的综合评价[J]. 浙江农林大学学报, 2025, **42**(2): 357−364. YING Xuebing, CHEN Pingmei, LI Luyao, *et al*. Comprehensive evaluation of *Solanum melongena* cultivars[J]. *Journal of Zhejiang A&F University*, 2025, **42**(2): 357−364.

不同茄子品种的综合评价

应学兵[1]，陈萍梅[2]，李璐瑶[1]，王　宏[3]，吴皓天[4]，张毅隽[4]，张学荣[5]，臧运祥[4]

（1. 杭州市临安区农林技术推广中心，浙江 杭州 311300；2. 杭州嘉泽生态农业开发有限公司，浙江 杭州 311300；3. 杭州市农业科学研究院 蔬菜研究所，浙江 杭州 310024；4. 浙江农林大学 园艺科学学院 浙江省山区农业高效绿色生产协同创新中心，浙江 杭州 311300；5. 龙泉市学荣家庭农场，浙江 龙泉 323700）

摘要：【目的】对不同茄子 *Solanum melongena* 品种农艺性状及品质等指标进行分析，旨在建立适用于茄子资源的评价方法，为优质茄子资源快速筛选及品种选育提供理论参考。**【方法】**以‘紫龙 5 号’‘紫龙 7 号’‘亮紫 7 号’‘浙茄 7 号’‘杭茄 716’‘杭茄 718’‘Z1’‘Z2’‘杭茄 2020’等 10 个茄子品种为试材，测定与植株生长、果实等相关的 16 个指标，并利用主成分分析法进行综合评价。**【结果】**不同茄子品种的农艺性状及品质指标等存在差异。‘Z2’植株最高，‘紫龙 7 号’株幅最大，‘杭茄 716’最粗。‘Z1’果实最长，‘紫龙 7 号’最短。‘Z1’果皮颜色最深，而‘Z3’果皮颜色最浅。‘杭茄 716’果皮和果实硬度最高，显著高于其他 9 个品种 ($P<0.05$)，而‘亮紫 7 号’果皮韧性最大，显著大于其他品种 ($P<0.05$)。‘Z2’的可溶性糖和可溶性蛋白质量分数均最高，‘亮紫 7 号’和‘紫龙 5 号’果实的游离氨基酸质量分数最高。主成分分析共提取了 5 个主成分，累积贡献率达 87.126%。**【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，构建了茄子综合评价模型，综合得分最好的品种为‘亮紫 7 号’，最差的是‘紫龙 7 号’。图 1 表 6 参 29

关键词：茄子；品种；主成分分析法；综合评价

中图分类号：S641.1　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**2095-0756(2025)02-0357-08

Comprehensive evaluation of *Solanum melongena* cultivars

YING Xuebing[1], CHEN Pingmei[2], LI Luyao[1], WANG Hong[3], WU Haotian[4],
ZHANG Yijun[4], ZHANG Xuerong[5], ZANG Yunxiang[4]

（1. Agriculture and Forestry Technology Extension Center of Lin'an District, Hangzhou 311300, Zhejiang, China; 2. Hangzhou Jiaze Ecological Agriculture Technology Development, Co., Ltd., Hangzhou 311300, Zhejiang, China; 3. Institute of Vegetable Science, Hangzhou Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310024, Zhejiang, China; 4. Collaborative Innovation Center for Efficient and Green Production of Agriculture in Mountainous Areas of Zhejiang Province, College of Horticulture Science, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, Zhejiang, China; 5. Longquan Xuerong Family Farm, Hangzhou 323700, Zhejiang, China）

Abstract: [**Objective**] In order to establish a suitable evaluation methods for eggplant resources, the agronomic characters and quality indexes of different eggplant cultivars are analyzed, which will provide a theoretical reference for rapid screening of germplasm resources and eggplant breeding. [**Method**] 10 eggplant varieties 'Zilong No.5' 'Zilong No.7' 'Liangzi No.7' 'Zheqie No.10' 'Hangqie No.716' 'Hangqie No.718' 'Z1'

收稿日期：2024-06-10；修回日期：2024-10-30

基金项目：杭州市农业科技协作与创新攻关项目 (202209SX04)；浙江省农业重大技术协同推广计划项目 (2023ZDXT04-04，2023ZDXT04-06)

作者简介：应学兵 (ORCID: 0009-0004-0396-0311)，高级农艺师，从事蔬菜技术研究与推广。E-mail: 568822203@qq.com。通信作者：王宏 (ORCID: 0009-0005-2176-4936)，高级农艺师，从事蔬菜育种与栽培技术研究。E-mail: hongwang201010@163.com。臧运祥 (ORCID: 0000-0002-3505-7539)，教授，博士，从事园艺植物品质调控及分子机制研究。E-mail: yxzang@zafu.edu.cn

‘Z2’ ‘Z3’ ‘Hangqie No.2020’ were used to determine 16 indicators relevant with plant growth and fruit characteristics. The principal component analysis method was used for comprehensive evaluation. [**Result**] There were differences among different eggplant cultivars. Plant of ‘Z2’ was the highest. The highest plant breadth and stem diameter was found in ‘Zilong No. 7’ and ‘Hangqie No. 716’, respectively. For fruit length, ‘Z1’ was the longest, while ‘Zilong No. 7’ was the shortest. The highest and lowest chroma value was found in fruit of ‘Z1’ and ‘Z3’, respectively. The hardness of fruit peel and pulp for ‘Hangqie No. 716’ was significantly higher than those of the other 9 cultivars ($P<0.05$). The pericarp toughness of ‘Liangzi No. 7’ was significantly higher than others ($P<0.05$). Soluble sugar and protein contents of ‘Z2’ were the highest. Fruits of ‘Liangzi No. 7’ and ‘Zilong No. 5’ showed the highest levels of amino acid. Principal component analysis extracted a total of 5 principal components with a cumulative contribution rate of 87.126%. [**Conclusion**] A comprehensive evaluation model of eggplant was constructed by taking the eigenvalues corresponding to the five principal components and the ratio of single principal component to the extracted principal components. The best comprehensive score was found from ‘Liangzi No. 7’, while the worst was found from ‘Zilong No. 7’. [Ch, 1 fig. 6 tab. 29 ref.]

Key words: eggplant; cultivars; principal component analysis; comprehensive evaluation

茄子 *Solanum melongena* 是茄科 Solanaceae 茄属 *Solanum* 的 1 年生草本植物，以浆果为产品器官，作为重要的蔬菜，在中国南北方被广泛栽培[1]。茄子果实营养丰富，富含多酚、花色苷和芦丁等营养物质，具有较高的食用价值与医疗保健功效[2−7]。茄子种质资源十分丰富，中国目前已建立了较成熟的国家茄子种质资源数据库管理系统和地方茄子种质资源数据库[8]。王佳慧[9] 基于表型性状对 142 份茄子进行遗传多样性分析，发现不同茄子种质资源农艺性状存在较大差异，并从中筛选出了品质佳、抗寒性强的优良种质。张念等[10] 采用形态标记对 76 份茄子种质资源进行遗传多样性分析，发现种质资源间形态性状差异明显，基于 Pearson 系数聚类将其分为 3 类 7 组。陈雪平[11] 利用形态标记对 133 份茄子种质及其近缘种进行分析，发现茄子形态遗传变异丰富，可作为植物学分类的重要依据。齐东霞等[12] 利用表型性状对 105 份中俄茄子种质材料进行分析，发现材料间表现出不同程度多样性，表型聚类发现类群划分与地理来源没有直接关系，但与茄子果实性状存在一定相关性。

主成分分析法是通过降维方法将数量多且相关的变量重新组合，形成个数少、彼此独立并能尽量反映原变量相关信息的综合变量，简化了多个指标，为资源的评价和选择提供科学依据[13]。目前，主成分分析法被广泛应用于水稻 *Oryza sativa*、玉米 *Zea mays*、油茶 *Camellia oleifera*、小麦 *Triticum aestivum*、南瓜 *Cucurbita moschata* 等多种作物[14−18]，而中国在茄子农艺性状和品质评价方法及评价指标方面的研究较少，影响了茄子资源利用、新品种选育及市场竞争力的提升。

本研究以 10 份茄子种质资源为材料，通过测定并分析不同茄子品种农艺性状及果实品质等，采用主成分分析法对 12 个指标进行综合分析，构建科学的评价体系，以期为优质茄子资源或品种的快速筛选及新品种选育提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验在杭州市临安区清凉峰茄子基地进行。供试茄子品种有‘紫龙 5 号’‘紫龙 7 号’‘亮紫 7 号’‘浙茄 10 号’‘杭茄 716’‘杭茄 718’‘Z1’‘Z2’‘Z3’‘杭茄 2020’等 10 个品种。日常栽培管理采用相同标准进行，2024 年 6 月底采收每个品种盛果期果实，并立即运至浙江农林大学园艺学院实验室测定相关指标。

1.2 农艺性状和品质指标测定

每个品种材料随机选取 10 株，测定株高、株幅、茎粗等农艺性状。果实长度、横径、单果质量、

果实颜色、果实硬度等指标测定均有 10 个生物学重复。采用色差仪 (CR-10) 测定茄子的果皮颜色[19]，获得 L、a、b 值。L 代表亮度，a 代表红绿度，即颜色的红绿差异，b 代表蓝黄度，即颜色的蓝黄差异。采用蒽酮比色法[20−21] 测定可溶性糖质量分数。采用 G-250 考马斯亮蓝法[22] 测定可溶性蛋白质量分数。采用茚三酮比色法[23] 测定游离氨基酸质量分数。采用福林酚法[24] 测定总酚质量分数。采用物性测试仪 (TA-XT plus) 对茄子果实进行穿刺分析。试验中采用的探头为圆柱形 P/2E 探头，直径为 2 mm，测试参数如下：测前速度为 1 mm·s^{-1}，测试速度为 1 mm·s^{-1}，测后上行速度为 1 mm·s^{-1}。

1.3　主成分分析

将茄子农艺性状和品质指标作为变量，导入 SPSS 19.0 进行标准化处理。利用软件中的因子分析对茄子性状进行主成分提取及相关性分析。采用方差贡献率作为主成分提取标准，计算主成分贡献率，根据特征向量，计算各主成分得分表达式，综合评价时对各指标进行无量纲化。

1.4　数据统计分析

茄子农艺性状测定重复 10 次，品质指标测定重复 5 次，采用 Excel 和 SPSS 19.0 对数据进行分析处理。文中数据均为平均值±标准差。

2　结果与分析

2.1　农艺性状比较

由表 1 可知：10 个品种茄子的植株高度为 91.00~114.00 cm，其中‘Z2’最高，其次是‘亮紫 7 号’，‘杭茄 718’最矮。各品种间株幅差异较大，株幅最大的是‘紫龙 7 号’，为 100.00 cm，其次是‘紫龙 5 号’‘浙茄 10 号’‘杭茄 718’，这 3 个品种间无显著差异。‘亮紫 7 号’的株幅最小，只有‘紫龙 7 号’的 62.67%。10 个品种茄子的植株茎粗为 1.74~2.42 cm，其中‘杭茄 716’最粗，显著高于其他品种 (P<0.05)，茎粗最小的是‘Z3’。

表 1　不同茄子品种的农艺性状比较

Table 1　Agronomic characteristics comparison of 10 eggplant cultivars

品种	株高/cm	株幅/cm	茎粗/cm	品种	株高/cm	株幅/cm	茎粗/cm
‘紫龙5号’	101.33±2.73 c	97.00±5.48 b	2.04±0.18 bcd	‘杭茄718’	91.00±1.90 e	96.00±3.41 b	2.17±0.13 b
‘紫龙7号’	95.17±1.83 d	100.00±3.35 a	1.92±0.17 cde	‘Z1’	98.67±4.55 cd	82.17±3.49 c	1.86±0.14 de
‘亮紫7号’	112.33±4.63 a	62.67±3.33 f	2.13±0.25 bc	‘Z2’	114.00±7.97 a	73.50±3.02 e	2.00±0.13 bcd
‘浙茄10号’	107.33±3.72 b	97.00±1.90 b	1.97±0.21 bcd	‘Z3’	100.67±9.20 c	77.00±3.46 d	1.74±0.14 e
‘杭茄716’	102.33±2.25 c	83.67±4.97 c	2.42±0.37 a	‘杭茄2020’	96.00±4.20 d	76.67±4.27 d	2.15±0.24 b

说明：同列不同小写字母表示同一指标不同品种间差异显著(P<0.05)。

2.2　果实性状比较

10 个茄子品种均为紫色品种。由表 2 可知：‘杭茄 718’的 L 最高，说明其果实表面光泽度最好，‘Z3’的 L 最低。10 个茄子品种的 a 为 9.20~14.33。‘Z1’果皮的 a 最大，色泽最深，达 14.33，‘杭茄 718’次之，‘Z3’的 a 最小，只有‘Z1’的 64.20%。b 均为负数，说明所有果实都没有偏黄的。

各茄子品种的果实长度为 29.47~37.87 cm，其中‘Z1’果实最长，显著高于其他品种 (P<0.05)。果实最短的品种是‘紫龙 7 号’，显著低于其他品种 (P<0.05)。果实横径最大的 3 个品种是‘杭茄 716’‘Z2’‘Z3’，显著高于其他品种 (P<0.05)。果实最细的品种为‘浙茄 10 号’，仅为 2.30 cm。不同品种茄子的单果质量存在一定差异，其中‘亮紫 7 号’单果质量最大，‘紫龙 5 号’单果质量最小。

2.3　果实质地特性比较

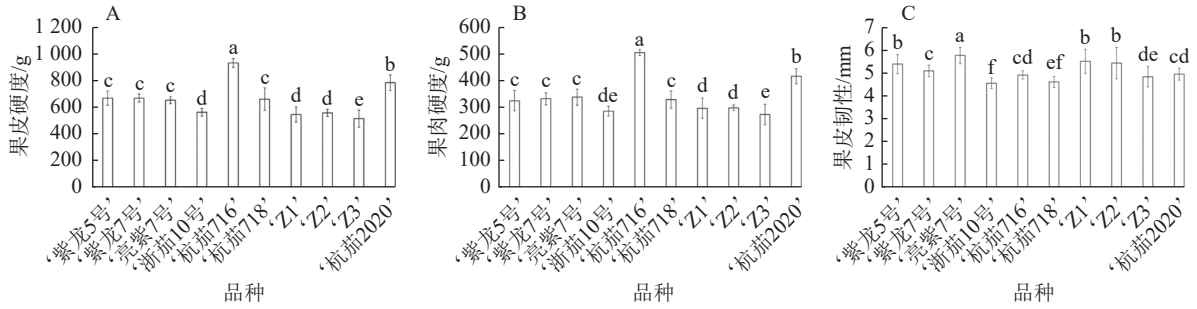
茄子果皮和果肉的穿刺试验发现 (图 1A)：各品种间果皮硬度存在差异，‘杭茄 716’果皮硬度最大，显著高于其他品种 (P<0.05)，‘杭茄 2020’次之，‘Z3’果皮硬度最小，仅为‘杭茄 716’果皮硬度的 55.05%；‘紫龙 5 号’‘紫龙 7 号’‘亮紫 7 号’‘杭茄 718’的果皮硬度相近，无显著差异。各茄子品种果肉硬度的变化规律跟果皮硬度一致 (图 1B)。‘杭茄 716’果肉硬度最大，‘杭茄 2020’次之，‘Z3’果肉硬度最小，仅为‘杭茄 716’果肉硬度的 53.97%；‘紫龙 5 号’‘紫龙 7 号’‘亮紫

表 2 不同茄子品种果实性状比较

Table 2 Comparison of fruit traits of 10 eggplant cultivars

品种	皮色			长度/cm	横径/cm	单果质量/g
	L	*a*	*b*			
‘紫龙5号’	−0.45±0.10 bc	10.20±1.48 ef	−4.55±0.87 a	33.87±1.48 de	2.48±0.10 c	101.82±7.96 bcd
‘紫龙7号’	−0.35±0.13 b	13.25±0.50 bc	−7.28±0.26 e	29.47±0.40 h	2.35±0.16 d	98.08±5.84 d
‘亮紫7号’	−0.40±0.12 bc	11.45±1.04 d	−5.78±0.78 c	35.10±2.47 c	2.43±0.10 c	113.55±10.42 a
‘浙茄10号’	0.03±0.03 a	12.60±0.14 c	−6.78±0.62 d	33.42±1.29 ef	2.30±0.15 d	103.99±5.10 bcd
‘杭茄716’	−0.40±0.08 bc	12.68±0.92 c	−6.70±0.93 d	32.37±1.84 g	2.75±0.14 a	109.08±8.49 abc
‘杭茄718’	0.08±0.05 a	13.55±0.25 ab	−7.03±0.46 de	34.67±2.25 cd	2.48±0.10 c	109.98±16.86 ab
‘Z1’	0.05±0.06 a	14.33±1.10 a	−7.45±0.49 e	37.87±1.54 a	2.62±0.18 b	106.51±7.58 abcd
‘Z2’	−0.48±0.17 c	9.73±0.59 fg	−5.53±0.94 bc	34.57±1.33 cd	2.70±0.09 a	105.65±4.20 abcd
‘Z3’	−0.63±0.10 d	9.20±0.84 g	−4.48±0.46 a	36.47±1.12 b	2.70±0.18 a	105.90±2.29 abcd
‘杭茄2020’	−0.38±0.05 bc	10.90±0.60 de	−5.15±0.44 b	32.80±2.60 fg	2.45±0.10 c	100.61±7.16 cd

说明：同列不同小写字母表示同一指标不同品种间差异显著($P<0.05$)。



不同小写字母表示同一指标不同品种间差异显著 ($P<0.05$)。

图 1 10 个茄子品种果皮硬度、果肉硬度和果皮韧性比较

Figure 1 Comparison of peel hardness, pulp hardness and pericarp toughness of 10 eggplant cultivars

7 号’‘杭茄 718’的果肉硬度相近，无显著差异。‘浙茄 10 号’‘Z1’‘Z2’果肉硬度差异不大。不同茄子品种间果皮韧性差异较大 (图 1C)。‘亮紫 7 号’果皮韧性最大，‘杭茄 718’和‘浙茄 10 号’果皮韧性最小。‘紫龙 5 号’‘Z1’‘Z2’的果皮韧性差异不大。‘杭茄 716’和‘杭茄 2020’的果皮韧性最小，且两者之间无显著差异。

2.4 果实品质指标比较

由表 3 可知：茄子果实可溶性糖质量分数最高的品种为‘Z2’，达 38.04 mg·g^{-1}，其次是‘浙茄

表 3 10 个茄子品种果实品质指标比较

Table 3 Comparison of fruit quality of 10 eggplant cultivars

品种	可溶性糖/(mg·g^{-1})	可溶性蛋白/(mg·g^{-1})	游离氨基酸/(mg·g^{-1})	总酚/(mg·g^{-1})
‘紫龙5号’	30.04±2.59 cd	3.53±0.65 b	1.69±0.06 a	4.08±0.67 bc
‘紫龙7号’	34.53±2.91 abc	3.79±0.69 b	1.42±0.13 b	5.26±0.74 a
‘亮紫7号’	32.62±1.04 bcd	3.54±0.42 b	1.76±0.26 a	5.19±0.88 a
‘浙茄10号’	35.35±2.69 ab	3.66±0.27 b	1.09±0.15 c	3.60±0.91 bc
‘杭茄716’	33.88±2.65 abc	3.14±0.55 b	1.17±0.12 bc	2.94±0.38 cd
‘杭茄718’	25.01±1.03 e	3.90±0.65 b	1.36±0.13 bc	4.78±0.68 a
‘Z1’	35.19±2.67 ab	5.03±0.38 a	1.12±0.19 c	2.21±0.72 d
‘Z2’	38.04±2.73 a	4.68±0.25 a	1.19±0.23 bc	3.24±0.58 cd
‘Z3’	32.14±3.45 bcd	4.79±0.20 a	1.27±0.23 bc	4.44±0.62 ab
‘杭茄2020’	28.09±3.40 de	3.64±0.26 b	0.73±0.13 d	4.78±0.68 a

说明：同列不同小写字母表示同一指标不同品种间差异显著($P<0.05$)。

10 号’，为 35.35 mg·g^{-1}，‘杭茄 718’可溶性糖质量分数最低，只有 25.01 mg·g^{-1}，显著低于其他品种 (P＜0.05)。茄子果实可溶性蛋白质量分数较高的 3 个品种为‘Z1’‘Z2’‘Z3’，显著高于另外 7 个品种 (P＜0.05)。‘亮紫 7 号’和‘紫龙 5 号’果实游离氨基酸质量分数最高，达 1.7 mg·g^{-1}，‘杭茄 2020’游离氨基酸质量分数最低，仅为 0.73 mg·g^{-1}，显著低于其他品种 (P＜0.05)。‘紫龙 7 号’‘亮紫 7 号’‘杭茄 718’‘杭茄 2020’的总酚质量分数最高，显著高于其他品种 (P＜0.05)，‘Z1’总酚质量分数最低，只有 2.21 mg·g^{-1}。

2.5　农艺和品质性状的主成分分析

对 10 个茄子品种的 16 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 87.126% (表 4)。第 1 主成分的方差贡献率为 28.125%，其中可溶性蛋白、长度、株高、果皮韧性、可溶性糖、横径等具有较大的载荷值，综合反映了茄子产量、果实、品质等各方面的性状，因此，第 1 主成分能作为选择综合性状较好的优质茄子种质资源的有效指标。第 2 主成分的方差贡献率为 21.098%，果肉硬度、果皮硬度、茎粗、株高等具有较大的载荷值，主要反映了茄子植株的生长性状。第 3 主成分的方差贡献率为 16.474%，特征向量值较大的是单果质量、横径、色差 a、茎粗等，主要反映了茄子的商品性状。第 4 主成分的方差贡献率为 11.444%，特征向量值较大的是游离氨基酸、单果质量和果皮韧性。第 5 主成分特征向量值中较大的是长度和单果质量，其他指标的载荷值不突出，但增加了整个模型的信息表达量，更能全面反映茄子的综合性状。

表 4　茄子性状评价因子的特征值和累计方差贡献率

Table 4　Characteristic value and cumulative variance contribution rate of eggplant evaluation factors

主成分	特征值	方差贡献率/%	累计方差贡献率/%
1	4.500	28.125	28.125
2	3.376	21.098	49.224
3	2.636	16.474	65.697
4	1.831	11.444	77.141
5	1.598	9.985	87.126

为了消除不同单位及数据量纲的影响，对各性状指标的原始数据进行了无量纲化处理。根据表 5 构建了主成分 (F_1~F_5) 与茄子各生物学性状 (X_1~X_{16}) 间的线性关系式：

$$F_1 = -0.312X_1+0.270X_2-0.258X_3+0.329X_4+0.190X_5+0.090X_6-0.155X_7-0.250X_8+0.203X_9-0.356X_{10}+0.240X_{11}-0.311X_{12}+0.224X_{13}+0.361X_{14}+0.077X_{15}-0.123X_{16};$$

$$F_2 = 0.306X_1+0.220X_2-0.313X_3-0.092X_4+0.205X_5+0.143X_6-0.414X_7-0.321X_8+0.322X_9+0.316X_{10}-0.170X_{11}+0.329X_{12}-0.027X_{13}-0.250X_{14}+0.094X_{15}+0.097X_{16};$$

$$F_3 = 0.251X_1+0.111X_2-0.175X_3+0.233X_4+0.317X_5+0.361X_6+0.246X_7+0.304X_8-0.324X_9+0.146X_{10}+0.089X_{11}+0.224X_{12}+0.185X_{13}+0.077X_{14}-0.152X_{15}-0.462X_{16};$$

$$F_4 = 0.098X_1+0.188X_2-0.071X_3+0.061X_4-0.328X_5+0.399X_6+0.179X_7+0.190X_8-0.156X_9-0.091X_{10}+0.313X_{11}-0.154X_{12}-0.085X_{13}-0.203X_{14}+0.583X_{15}+0.271X_{16};$$

$$F_5 = 0.078X_1+0.149X_2-0.056X_3+0.049X_4-0.260X_5+0.317X_6+0.142X_7+0.151X_8-0.123X_9-0.072X_{10}+0.248X_{11}-0.122X_{12}-0.068X_{13}-0.161X_{14}+0.463X_{15}+0.215X_{16}。$$

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 principal component analysis

性状	主成分					性状	主成分				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
茎粗(X_1)	−0.663	0.560	0.407	0.132	0.052	b (X_9)	0.431	0.589	−0.525	−0.210	0.253
株高(X_2)	0.573	0.402	0.180	0.254	−0.470	果皮硬度(X_{10})	−0.755	0.579	0.237	−0.123	−0.025
株幅(X_3)	−0.546	−0.573	−0.284	−0.096	−0.155	果皮韧性(X_{11})	0.509	0.311	0.144	0.422	−0.267
长度(X_4)	0.698	−0.168	0.377	0.083	0.529	果肉硬度(X_{12})	−0.660	0.603	0.363	−0.208	−0.022
横径(X_5)	0.402	0.376	0.513	−0.443	0.210	可溶性糖(X_{13})	0.475	−0.050	0.300	−0.115	−0.797
单果质量(X_6)	0.191	0.261	0.585	0.539	0.404	可溶性蛋白(X_{14})	0.766	−0.457	0.125	−0.274	0.162
L (X_7)	−0.328	−0.758	0.398	0.241	0.132	游离氨基酸(X_{15})	0.163	0.172	−0.246	0.787	−0.056
a (X_8)	−0.531	−0.587	0.492	0.257	−0.078	总酚(X_{16})	−0.261	0.178	−0.748	0.366	0.198

在主成分分析基础上，以 5 个主成分和每个主成分对应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)：F=0.28F_1+0.21F_2+0.16F_3+0.11F_4+0.10F_5，根据综合模型计算不同茄子品种的综合性状得分 (表 6)。结果表明，‘亮紫 7 号’的综合性状最好，其次是‘Z1’，‘紫龙 7 号’的综合性状最差。

表 6 不同茄子品种性状预测评价结果

Table 6 Characteristics prediction results of different eggplant varieties

品种	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F	排名
‘紫龙5号’	0.08	0.66	−1.81	0.44	0.35	−0.05	6
‘紫龙7号’	−1.87	−1.36	−1.88	0.18	0.14	−1.08	10
‘亮紫7号’	1.19	1.54	0.20	3.08	2.45	1.27	1
‘浙茄10号’	−0.62	−1.72	−0.16	0.08	0.06	−0.55	7
‘杭茄716’	−2.58	2.68	2.64	−0.87	−0.69	0.10	5
‘杭茄718’	−2.19	−1.22	0.24	0.99	0.78	−0.64	8
‘Z1’	2.98	0.63	0.59	−0.75	−0.59	0.92	2
‘Z2’	2.96	0.47	−1.44	−1.29	−1.02	0.45	3
‘Z3’	−1.72	1.38	−0.94	−1.69	−1.34	−0.66	9
‘杭茄2020’	1.76	−3.06	2.57	−0.17	−0.13	0.23	4

3 讨论

中国茄子种质资源一般采用形态学的方法进行分类。近年来，分子标记在茄子种质资源分类上开始广泛应用。易金鑫[25]根据茄子形态学分类指标，将亚洲部分茄子种质资源分为野生茄、半栽培茄、栽培短茄 (圆茄、卵茄) 和栽培长茄。连勇等[26]根据各地区主要种植茄子果形、果色的差异，将国家蔬菜种质资源中期库保存的茄子及其近缘野生种资源分为 7 个地方品种类型分布区，即圆果形茄子区 (北京、河北、山东等)、紫色卵圆 (高圆) 形茄子区 (新疆、宁夏、甘肃等)、黑紫色长棒形茄子区 (黑龙江、辽宁、吉林等)、紫色棒形及卵圆形茄子区 (云南、重庆、四川等)、紫红色长果形茄子区 (广东、广西、海南等)、紫红色长棒形及卵圆形茄子区 (安徽、湖南、江西等) 和紫红色长条形茄子区 (浙江、上海、福建等)。本研究采用的 10 个茄子品种都是紫红色长条形茄子。对茄子农艺性状、果实性状及品质特性等进行测定，发现不同品种的株高、株幅、茎粗等农艺性状差异显著，果实长度、质地、果皮颜色等也存在较大差异，可溶性糖、可溶性蛋白、游离氨基酸等品质指标差异显著。这与前人研究结果一致[9−11]。房超等[27]采用简单重复序列 (SSR) 标记对 83 份茄子种质资源进行多样性和聚类分析，发现茄子栽培种和其近缘野生种存在明显差异，并将供试材料分为 4 大类群。赵德新[28]对 55 份茄子种质材料进行形态标记和简单重复序列区间扩增 (ISSR) 标记聚类分析，发现果形是茄子分类比较稳定的划分标准。本研究采用主成分分析也发现，第 1 主成分中果实长度和横径均具有较大的载荷值，说明果形可以作为选择综合性状较好的优质茄子种质资源的重要指标。

果实质地特性可以反映产品的耐贮性。本研究发现‘杭茄 716’的果实硬度和果皮硬度均显著高于其他品种，说明该品种的耐贮性比较好。主成分分析法能简化测定指标，提取主要因子，借助计算机软件对其进行综合分析与排序。李伟等[29]利用主成分分析法评价不同地区 35 个品种杨梅 *Myrica rubra* 的综合品质，筛选出了品质较佳的杨梅品种。滕芝妍等[18]对南瓜进行主成分分析，揭示了不同品种南瓜果实品质的差异。本研究对 10 个茄子品种进行主成分分析，得到 5 个主成分，影响力较大的是株高、果实长度、果皮韧性、可溶性糖质量分数等，综合反映了植株生长、果实性状、果实品质等方面性状，较客观地揭示了茄子种质资源特征。不过，茄子生长发育受到生长环境和气候条件的影响，下一步可以基于主成分分析法针对不同季节、不同区域和不同栽培条件下的茄子品种进行综合评价。

4 结论

本研究测定了 10 个茄子品种的植株生长、果实商品性状及品质性状等 16 个相关指标，比较茄子品种间的差异，并在此基础上采用主成分分析法对不同茄子品种进行综合评价，确立了茄子评价综合得分模型。10 个品种中，‘亮紫 7 号’的综合性状最好，其次是‘Z1’，而‘紫龙 7 号’的综合性状最差。该模型能够全面反映不同茄子品种的综合性状差异，可为茄子种质资源筛选和新品种选育提供理论依据和技术支撑。

5 参考文献

[1] 刘丹, 崔彦玲, 潜宗伟. 茄子种业现状及遗传育种研究进展[J]. 北方园艺, 2019(1): 165−170.

LIU Dan, CUI Yanling, QIAN Zongwei. Research advances in the seed industry and breeding of eggplant [J]. *Northern*

Horticulture, 2019(1): 165−170.

[2] 周宝利, 张琦, 叶雪凌, 等. 不同品种茄子果皮花青素含量及其稳定性研究[J]. 食品科学, 2011, **32**(1): 99−103.
ZHOU Baoli, ZHANG Qi, YE Xueling, *et al*. Different cultivars of eggplants: a comparative study of anthocyanidin content and stability in fruit skin [J]. *Food Science*, 2011, **32**(1): 99−103.

[3] KAUSHIK P, GRAMAZIO P, VILANOVA S, *et al*. Phenolics content, fruit flesh colour and browning in cultivated eggplant, wild relatives and interspecific hybrids and implications for fruit quality breeding [J]. *Food Research International*, 2017, **102**: 392−401.

[4] FRIEDMAN M. Chemistry and anticarcinogenic mechanisms of glycoalkaloids produced by eggplants, potatoes, and tomatoes [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2015, **63**(13): 3323−3337.

[5] SHARMA M, KAUSHIK P. Biochemical composition of eggplant fruits: a review [J/OL]. *Applied Sciences*, 2021, **11**(15): 7078[2024-06-01]. DOI: 10.3390/app11157078.

[6] PEREIRA J A M, BERENGUER C V, ANDRADE C F P, *et al*. Unveiling the bioactive potential of fresh fruit and vegetable waste in human health from a consumer perspective [J/OL]. *Applied Sciences*, 2022, **12**(5): 2747[2024-06-01]. DOI: 10.3390/app12052747.

[7] BANWO K, OLOJEDE A O, ADESULU-DAHUNSI A T, *et al*. Functional importance of bioactive compounds of foods with potential health benefits: a review on recent trends [J/OL]. *Food Bioscience*, 2021, **43**: 101320[2024-06-01]. DOI: 10.1016/j.fbio.2021.101320.

[8] 陈灵芝, 王兰兰, 魏兵强. 茄子种质资源数据库的建立[J]. 长江蔬菜, 2010(10): 11−12.
CHEN Lingzhi, WANG Lanlan, WEI Bingqiang. Establishment of database of eggplant germplasm resource [J]. *Journal of Changjiang Vegetables*, 2010(10): 11−12.

[9] 王佳慧. 国外茄子种质资源主要农艺性状鉴定与评价[D]. 保定: 河北农业大学, 2012.
WANG Jiahui. *Identification and Evaluation of the Main Agronomic Traits on Foreign Eggplant Germplasm Resources* [D]. Baoding: Hebei Agricultural University, 2012.

[10] 张念, 王志敏, 于晓虎, 等. 茄子种质资源遗传多样性的形态标记分析[J]. 中国蔬菜, 2013(14): 46−52.
ZHANG Nian, WANG Zhimin, YU Xiaohu, *et al*. Establishment of database of eggplant germplasm resource [J]. *China Vegetables*, 2013(14): 46−52.

[11] 陈雪平. 茄子遗传多样性研究与遗传连锁图谱构建[D]. 保定: 河北农业大学, 2015.
CHEN Xueping. *Study on Genetic Diversity and Genetic Linkage Map Construction in Eggplant* [D]. Baoding: Hebei Agricultural University, 2015.

[12] 齐东霞, 张映, 刘富中, 等. 中俄茄子种质资源遗传多样性研究[J]. 植物遗传资源学报, 2017, **18**(3): 404−412.
QI Dongxia, ZHANG Ying, LIU Fuzhong, *et al*. Genetic diversity among Chinese and Russian eggplant (*Solanum melongena*) germplasm resources [J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2017, **18**(3): 404−412.

[13] 颜惠琴, 牛万红, 韩惠丽. 基于主成分分析构建指标权重的客观赋权法[J]. 济南大学学报 (自然科学版), 2017, **31**(6): 519−523.
YAN Huiqin, NIU Wanhong, HAN Huili. Objective method for determination of index weight based on principal component analysis [J]. *Journal of University of Jinan* (*Science and Technology*), 2017, **31**(6): 519−523.

[14] VALIENTE-GONZÁLEZ J M, ANDREU-GARCÍA G, POTTER P, *et al*. Automatic corn (*Zea mays*) kernel inspection system using novelty detection based on principal component analysis [J]. *Biosystems Engineering*, 2014, **117**: 94−103.

[15] 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]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2012, **28**(24): 8−12.

[16] 邢凯峰, 张剑, 陈尚, 等. 普通油茶良种资源表型性状多样性分析与综合评价[J]. 浙江大学学报 (农业与生命科学版), 2024, **50**(2): 244−257.
XING Kaifeng, ZHANG Jian, CHEN Shang, *et al*. Diversity analysis of phenotypic traits and comprehensive evaluation of *Camellia oleifera* excellent germplasm resources [J]. *Journal of Zhejiang University* (*Agriculture & Life Sciences*) , 2024, **50**(2): 244−257.

[17] 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 Pedologica Sinica*, 2005, **42**(3): 523−527.

[18] 滕芝妍, 崔雨同, 应学兵, 等. 不同南瓜品种的综合评价[J]. 浙江农林大学学报, 2020, **37**(1): 143−150.
TENG Zhiyan, CUI Yutong, YING Xuebing, *et al*. Comprehensive evaluation of pumpkin cultivars based on a principal component analysis [J]. *Journal of Zhejiang A&F University*, 2020, **37**(1): 143−150.

[19] BENIC G I, SCHERRER D, PUCHADES M S, *et al*. Spectrophotometric and visual evaluation of peri-implant soft tissue color [J]. *Clinical Oral Implants Research*, 2017, **28**(2): 192−200.

[20] NAGENDRA R, RAO S V. An improved colorimetric method for the estimation of lactulose in lactose-lactulose mixtures [J]. *Food Chemistry*, 1992, **43**(5): 399−402.

[21] 韩烨, 马永强, 王鑫, 等. 微量滴定蒽酮法测定甜玉米芯可溶性糖含量方法的建立[J]. 食品科技, 2019, **44**(11): 327−334.
HAN Ye, MA Yongqiang, WANG Xin, *et al*. Determination of soluble sugar from sweet corn cob by microtiter method of the anthrone-sulfuric acid colorimetric assay [J]. *Food Science and Technology*, 2019, **44**(11): 327−334.

[22] BRADFORD M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding [J]. *Analytical Biochemistry*, 1976, **72**(1/2): 248−254.

[23] 黄松, 吴月娜, 刘梅, 等. 茚三酮比色法测定青天葵中总游离氨基酸的含量[J]. 中国中医药信息杂志, 2010, **17**(12): 50−52.
HUANG Song, WU Yuena, LIU Mei, *et al*. Quantitative determination of total free-amino acid in *Nervilia fordii* (Hance) Schltr. by ninhydrin colorimetric method [J]. *Chinese Journal of Information on TCM*, 2010, **17**(12): 50−52.

[24] 李佩璇, 陈法志, 李秀丽, 等. 凤丹牡丹多酚提取及其抗氧化活性研究[J]. 湖北农业科学, 2019, **58**(24): 187−193.
LI Peixuan, CHEN Fazhi, LI Xiuli, *et al*. Determination of in vitro antibacterial activity of antioxidant and the extraction of Fengdan peony polyphenols [J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2019, **58**(24): 187−193.

[25] 易金鑫. 亚洲部分茄子品种资源数量分类[J]. 园艺学报, 2000, **27**(5): 345−350.
YI Jinxin. A numerical classification on eggplant germplasm [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2000, **27**(5): 345−350.

[26] 连勇, 刘富中, 陈钰辉, 等. 我国茄子地方品种类型分布及种质资源研究进展[J]. 中国蔬菜, 2006(增刊): 9−14.
LIAN Yong, LIU Fuzhong, CHEN Yuhui, *et al*. Chinese eggplant cultivars (*Solanum melogena* L.) distribution and germplasm resources research advancement [J]. *China Vegetables*, 2006(suppl): 9−14.

[27] 房超, 李跃建, 刘独臣, 等. 茄子种质资源 SSR 鉴定及遗传多样性分析[J]. 四川大学学报, 2011, **48**(1): 179−185.
FANG Chao, LI Yuejian, LIU Duchen, *et al*. SSR analysis of genetic diversity in eggplant [J]. *Journal of Sichuan University*, 2011, **48**(1): 179−185.

[28] 赵德新. 应用形态学和 ISSR 标记分析茄子遗传多样性[D]. 郑州: 河南农业大学, 2009.
ZHAO Dexin. *Clustering Analysis of Genetic Diversity in Eggplant Based on Morphological and ISSR Marker* [D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2009.

[29] 李伟, 郜海燕, 陈杭君, 等. 基于主成分分析的不同品种杨梅果实综合品质评价[J]. 中国食品学报, 2017, **17**(6): 161−171.
LI Wei, GAO Haiyan, CHEN Hangjun, *et al*. Evaluation of comprehensive quality of different varieties of bayberry based on principal components analysis [J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2017, **17**(6): 161−171.