

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2016.09.009

# 日本甜柿不同品种综合评价体系构建与应用<sup>①</sup>

杜洋文, 邓先珍, 程军勇, 姜德志

湖北省林业科学研究院, 武汉 430079

**摘要:** 选取 12 个日本甜柿品种的果实性状、SPAD、果实品质等 12 项性状指标, 运用主成分分析法综合评价日本甜柿不同品种的性状表现. 结果表明: 选取的 4 个有效主成分反映出了全部指标 79.934 6% 的信息, 计算出各主成分的因子得分, 构建了综合评价模型, 得出了 12 个日本甜柿品种性状表现的综合得分, 筛选出了阳丰、富有和次郎 3 个综合性状表现较好的日本甜柿品种. 该主成分分析法评价结果具有全面性和科学性, 与生产实际表现一致.

**关键词:** 日本甜柿; 品种; 主成分分析; 综合评价

**中图分类号:** S722.7

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9868(2016)09-0053-05

柿(*Diospyros kaki* L.) 是重要的栽培果树, 通常可分为涩柿和甜柿两大类. 日本甜柿抗旱、结果早、寿命长、产量高、效益高、上市期长, 是一个集生态效益、经济效益于一体的优良树种<sup>[1]</sup>, 并正在成为一种新的世界性果树<sup>[2]</sup>, 其主要特征是其果实成熟时能自然脱涩, 可直接采摘食用, 甜脆爽口, 具有较高的营养价值和保健功能<sup>[3]</sup>. 我国的柿品种几乎都是完全涩柿类型, 如磨盘柿、恭城水柿等<sup>[4]</sup>. 无论是栽培面积还是果实产量, 我国柿都处于世界第一位. 但在遗传研究、新品种选育、栽培管理和采后处置等方面还不及日本、韩国和意大利等先进国家<sup>[5]</sup>. 近 10 年来, 我国在种质资源收集、保存、经济性状评价和应用等方面发展迅速. 但对收集保存的多个日本甜柿品种的综合评价鲜有报道, 本文拟运用主成分分析法对 12 个日本甜柿品种展开果实性状、品质等方面的综合评价, 以期筛选出综合性状表现较好的日本甜柿品种, 为我国柿产业发展优良品种筛选与引进提供支持.

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

所用日本甜柿材料由国家农作物种质资源平台柿树种质资源子平台提供, 2014 年 10 月采集果实样品及进行相关调查, 共有 12 个日本甜柿品种, 分别为: 爱知早生、夕红(*Diospyros Kaki* L. f“YuBeni”)、百目、正月、次郎、禅寺丸、富有、骏河(*Diospyros Kaki* L. f“Suruga”)、赤柿、阳丰(*Diospyros Kaki* L. f“Yuhou”)、东洋一、西村早生(*Diospyros Kaki* L. f“Nishimurawase”). 资源圃土层深厚, 土壤肥沃, 适宜柿生长. 果实采摘后用方便袋装好带回实验室测定其相关性状, 并将部分果实保存于冰箱, 待用. 以果皮颜色及软化程度判断果实成熟后, 采摘各样品送检, 测定其果实可溶性固形物和  $V_c$ , 叶片性状、冠幅产量等现场测定.

### 1.2 指标测定

2014 年 10 月对日本甜柿不同品种的果实性状(单果质量、果形指数、果柄长度、柿蒂大小、萼片大小、

① 收稿日期: 2015-05-28

基金项目: 国家科技支撑计划课题(2013BAD14B05).

作者简介: 杜洋文(1981-), 男, 四川南充人, 硕士研究生, 助理研究员, 主要从事经济林培育与高效栽培研究.

通信作者: 邓先珍, 研究员.

心室数、核数量、鲜核质量)、冠幅产量、SPAD 和品质性状(可溶性固形物和  $V_c$ )进行调查测定。每个品种在不同的树体上随机采取 30 个果实,测定其果实性状,果形指数=果实横径/果实纵径;每个品种测定 5 株的果实产量和树体冠幅,计算其冠幅产量均值;采用 SPAD-502plus 叶绿素仪每个品种测定 5 株,每株测定 30 片叶,计算其平均值;品质性状由农业部食品质量监督检验测试中心(武汉)测定,可溶性固形物采用 GB/T 10650-2008 方法测定, $V_c$  采用 HPLC 法测定。

### 1.3 主成分评价程序及模型构建

将评价日本甜柿不同品种的  $p$  个评价指标记为  $X_1, X_2, \dots, X_p$ ,  $n$  个不同品种的  $p$  个评价指标组成了数据矩阵  $X = [X_{ij}]_{n \times p}$ , 其中  $X_{ij}$  表示第  $i$  个日本甜柿品种第  $j$  个评价指标的原始数据( $i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, p$ )。

1) 原始数据标准化 消除不同数据间的数量级和量纲的影响,正向指标用式(1)进行标准化,逆向指标用式(2)进行标准化:

$$X_{ij}^* = \frac{X_{ij}}{X_j} \quad (1)$$

$$X_{ij}^* = \frac{\bar{X}_j}{X_{ij}} \quad (2)$$

式中:  $X_{ij}^*$  是  $X_{ij}$  标准化后的数据;  $\bar{X}_j$  是第  $j$  个评价指标不同品种的平均值。

2) 选取主成分 利用 SPSS 软件对标准化后的数据进行分析,选取方差分析累积贡献率  $\geq 75\%$  的前  $m$  个主成分,构建  $m$  个主成分与标准化变量之间的关系:

$$Y_b = b_{k1} X_1^* + b_{k2} X_2^* + \dots + b_{kp} X_p^* \quad (3)$$

式中:  $Y_b$  是第  $k$  个主成分( $k=1, 2, 3, \dots, m$ );  $b_{k1}$  是第  $k$  个主成分的因子载荷。

3) 各主成分的权重采用第  $k$  个主成分的方差贡献率和所确定的  $m$  个主成分的总贡献率比值来表示:

$$\omega_k = \frac{\lambda_k}{\sum_{k=1}^m \lambda_k} \quad (4)$$

式中:  $\omega_k$  是第  $k$  个主成分的权重;  $\lambda_k$  是第  $k$  个主成分的方差贡献率。

4) 利用(3)式选定的  $m$  个主成分和(4)式确定的权重构建综合评价模型:

$$F = \sum_{k=1}^m \omega_k Y_k \quad (5)$$

式中:  $F$  表示日本甜柿不同的综合评价得分,得分越高说明该品种综合性状表现越好。

### 1.4 数据分析

主成分分析、相关分析等采用统计软件 SPSS13.0 进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 日本甜柿性状相关分析

日本甜柿不同品种各性状之间存在一定相关性,由表 1 可知,  $V_c$  与核数量、鲜核质量、冠幅产量,果形指数与核数量、鲜核质量、SPAD,单果质量与果形指数间存在显著或极显著的负相关;柿蒂大小与萼片大小、核数量与鲜核质量、鲜核质量与单果质量间存在显著或极显著的正相关;其余性状间存在一定相关性,但不显著。

### 2.2 日本甜柿不同品种主成分分析

选取日本甜柿 12 个不同品种的可溶性固形物(%),  $V_c$  (mg/kg)、单果质量(g)、果形指数、果柄长度(mm)、柿蒂大小(mm)、萼片大小(mm)、心室数(个)、核数量(颗)、鲜核质量(g)、冠幅产量(kg/m<sup>2</sup>)和 SPAD 等共 12 个评价指标。

应用主成分分析法对不同品种的各性状表现进行综合评价。为消除各评价指标量纲和数量级的影响,首先利用式(1)、(2)对各个评价指标进行标准化处理。可溶性固形物主要是指可溶性糖类,可以用来衡量

柿果的成熟情况, 以确定采摘时间, 可溶性固形物值越大, 说明果实成熟度越高, 为正向指标; 心室数、核数量、鲜核质量为逆向指标, 按(2)式进行标准化处理; 其余指标为正向指标, 按(1)式进行标准化处理. 标准化处理结果见表 2.

表 1 日本甜柿性状相关分析

相关系数	可溶性固形物	V <sub>c</sub>	单果质量	果形指数	果柄长度	柿蒂大小	萼片大小	心室数	核数量	鲜核重量	冠幅产量	SPAD
可溶性固形物	1											
V <sub>c</sub>	0.27	1										
单果质量	0.05	-0.4	1									
果形指数	0.11	0.54	-0.55*	1								
果柄长度	0.16	0.10	-0.03	-0.11	1							
柿蒂大小	0.35	-0.05	-0.30	-0.01	0.52	1						
萼片大小	0.16	-0.29	0.01	-0.26	0.39	0.63*	1					
心室数	0.37	-0.22	0.42	-0.29	-0.08	-0.05	0.34	1				
核数量	-0.14	-0.62*	0.41	-0.76**	-0.08	0	0.24	0.3	1			
鲜核质量	-0.20	-0.67*	0.65*	-0.77**	-0.23	-0.25	0.16	0.27	0.89**	1		
冠幅产量	-0.54	-0.60*	0.25	-0.23	0.09	-0.27	-0.12	-0.11	0.27	0.43	1	
SPAD	-0.09	-0.54	0.31	-0.76**	0.38	0.24	0.37	0.03	0.41	0.44	0.37	1

注: \* 表示  $p < 0.05$ , \*\* 表示  $p < 0.01$ .

表 2 12 个日本甜柿品种指标标准化

指 标	可溶性固形物	V <sub>c</sub>	单果质量	果形指数	果柄长度	柿蒂大小	萼片大小	心室数	核数量	鲜核质量	冠幅产量	SPAD
爱知早生	1.03	1.28	0.89	1.12	0.79	1.06	0.90	1.00	2.35	2.13	0.65	0.95
夕红	1.09	2.52	0.64	1.21	1.28	1.00	0.97	1.00	0.00	0.00	0.27	0.95
百目	1.11	0.31	1.15	0.84	1.09	1.01	1.08	0.98	0.86	0.76	1.69	1.09
正月	0.95	1.37	1.30	0.86	0.74	0.87	0.89	0.98	0.65	0.68	0.58	0.98
次郎	0.84	0.59	1.00	1.07	0.92	0.95	1.04	1.00	0.86	0.77	2.36	0.97
禅寺丸	0.91	0.30	1.09	0.85	1.41	1.10	1.08	1.00	0.67	0.91	1.57	1.09
富有	0.88	1.42	0.76	0.99	0.98	0.95	0.83	1.05	1.26	1.05	1.43	1.03
骏河	1.03	0.83	1.31	1.03	1.13	0.98	0.99	1.00	1.11	0.92	1.06	0.95
赤柿	1.16	1.26	0.74	1.01	1.05	1.12	1.07	1.00	0.65	0.88	0.26	0.97
阳丰	1.08	0.78	1.48	0.99	0.91	0.95	0.94	1.00	0.94	0.78	1.05	1.03
东洋一	0.98	1.01	0.95	0.95	0.99	1.09	1.25	1.00	1.11	1.01	0.08	1.03
西村早生	0.95	0.33	0.69	1.08	0.71	0.94	0.95	1.00	0.99	1.12	1.00	0.97

采用主成分分析法, 对表 2 的标准化数据进行统计分析, 可得到各主成分的特征值、方差贡献率以及累积贡献率(表 3). 以特征值大于 1.0 为标准, 有 4 个主成分符合要求, 累积贡献率为 79.934 6%, 大于 75%, 能够反映 12 个日本甜柿 12 个指标的大部分信息, 符合主成分的分析要求.

表 3 日本甜柿不同品种主成分特征值及方差贡献率

成 分	特征值	方差贡献率/%	累积贡献率/%	成 分	特征值	方差贡献率/%	累积贡献率/%
1	3.131 2	26.093 1	26.093 1	3	2.033 9	16.949 2	66.081 4
2	2.764 7	23.039 1	49.132 2	4	1.662 4	13.853 2	79.934 6

通过主成分分析得到 4 个主成分的因子载荷矩阵(表 4). 第 1 主成分的方差贡献率最大为 26.0931%, 在 V<sub>c</sub>、柿蒂大小、鲜核质量、冠幅产量等指标上有较大载荷; 第 2 主成分在果形指数上有较大因子载荷; 第 3 主成分在心室数、核数量、果柄长度和单果质量有较大载荷; 第 4 主成分在 SPAD、可溶性固形物、V<sub>c</sub> 和萼片大小上有较大载荷.

表 4 日本甜柿不同品种主成分因子载荷矩阵

性 状	主 成 分			
	1	2	3	4
可溶性固形物	0.487 7	-0.313 9	0.128 7	0.397 6
V <sub>C</sub>	0.662 4	0.045 0	0.271 4	-0.478 7
单果质量	0.302 7	0.494 2	0.592 8	-0.154 8
果形指数	-0.387 1	-0.687 7	0.210 7	-0.054 8
果柄长度	0.443 7	0.516 3	0.600 5	0.140 0
柿蒂大小	0.685 6	-0.405 8	0.217 8	-0.085 6
萼片大小	-0.013 1	-0.447 6	0.396 7	0.313 0
心室数	-0.334 8	-0.264 4	0.698 6	-0.044 1
核数量	-0.464 4	-0.216 1	0.646 1	0.070 3
鲜核质量	-0.773 8	0.421 0	0.168 6	-0.096 0
冠幅产量	-0.753 8	0.386 5	0.195 4	-0.127 9
SPAD	-0.187 2	0.259 6	-0.022 6	0.741 9

通过 4 个主成分的方差贡献率和特征向量, 可建立表达式, 并计算出 4 个主成分的因子得分:

$$F_1 = -0.066 7X_1 - 0.421 4X_2 + 0.328 8X_3 - 0.474 0X_4 + 0.191 2X_5 + 0.084 3X_6 + 0.287 2X_7 + 0.205 0X_8 - 0.091 2X_9 - 0.069 3X_{10} + 0.277 0X_{11} + 0.476 7X_{12}$$

$$F_2 = 0.340 8X_1 + 0.273 8X_2 - 0.124 4X_3 + 0.063 9X_4 + 0.398 4X_5 + 0.244 1X_6 + 0.295 9X_7 + 0.142 9X_8 - 0.450 5X_9 - 0.424 7X_{10} - 0.282 0X_{11} + 0.012 2 X_{12}$$

$$F_3 = 0.191 1X_1 - 0.101 1X_2 - 0.195 9X_3 + 0.018 8X_4 + 0.063 1X_5 + 0.603 4X_6 + 0.311 2X_7 - 0.069 9X_8 + 0.403 3X_9 + 0.473 2X_{10} - 0.227 5X_{11} + 0.079 8 X_{12}$$

$$F_4 = 0.426 1X_1 - 0.017 8X_2 + 0.379 9X_3 - 0.110 1X_4 - 0.364 1X_5 - 0.146 0X_6 + 0.006 2X_7 + 0.586 7X_8 + 0.097 9X_9 + 0.090 8X_{10} - 0.333 1X_{11} - 0.186 4X_{12}$$

再根据(4)式计算出每个主成分的权重依次为 0.326 4, 0.288 2, 0.212 0, 0.173 3, 最后利用(5)式建立的综合评价函数, 将各主成分权重代入  $F = a_1 F_1 + a_2 F_2 + a_3 F_3 + a_4 F_4$  表达式, 即可得出各主成分的综合得分(表 5). 可知, 综合性状表现较好的是: 阳丰、富有和次郎.

表 5 日本甜柿不同品种综合评价结果

品 种	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F$	综合排名
阳丰	2.900 2	0.441 0	0.086 5	0.771 4	1.225 9	1
富有	3.041 6	0.591 2	0.689 0	-1.642 2	1.024 7	2
次郎	0.789 5	1.038 4	1.932 0	0.144 6	0.991 7	3
正月	-0.831 9	2.010 6	1.542 4	0.419 3	0.707 7	4
百目	0.759 7	-0.377 4	-0.843 0	1.128 7	0.156 1	5
夕红	-0.026 5	-0.126 9	-0.296 8	0.531 9	-0.016 0	6
骏河	-2.718 4	3.583 3	-1.246 2	-0.637 7	-0.229 4	7
东洋一	0.058 1	-0.575 0	-2.286 9	2.019 4	-0.281 7	8
西村早生	-2.240 9	-2.252 4	2.507 0	0.928 6	-0.688 2	9
爱知早生	0.411 8	-1.262 6	-1.238 9	-1.143 0	-0.690 3	10
禅寺丸	-1.014 8	-1.398 7	-0.322 0	0.045 2	-0.794 8	11
赤柿	-1.128 3	-1.671 4	-0.523 0	-2.566 1	-1.405 7	12

### 3 结论与讨论

应用主成分分析法对 12 个日本甜柿品种的单果质量、果形指数、果柄长度、柿蒂大小、萼片大小、心室数、核数量、鲜核质量、冠幅产量、SPAD、可溶性固形物和 V<sub>C</sub> 等 12 个性状指标进行综合评价. 通过对指标数据进行标准化处理, 选定 4 个主成分, 建立因子载荷矩阵, 计算各主成分因子得分, 构建不同品种综合评价模型, 计算出 12 个日本甜柿品种的综合得分, 据此筛选出果实性状、SPAD、果实品质等综合性

状表现较好的日本甜柿品种阳丰、富有和次郎,使得评价结果更具全面性和科学性<sup>[6-8]</sup>。

据测定,阳丰平均单果质量为246.0~256.6 g,果形指数为0.720~0.781,可溶性固形物质量分数为18.5%~20.3%,V<sub>C</sub>质量比为105.6~108.5 mg/kg,为完全甜柿,具有果实大、黑斑少、肉质松脆、味甜等特性;富有可溶性固形物质量分数为14%~16%,V<sub>C</sub>质量比为599.60 mg/kg,单果质量为156.35 g,具有汁液中等,味浓甜等特性;次郎冠幅产量达5.33 kg/m<sup>2</sup>,V<sub>C</sub>质量比为251 mg/kg,可溶性固形物质量分数达16%~17%,具有味甜、种子少、耐贮性强等特性<sup>[9]</sup>。在12个日本甜柿品种中表现出了较好的品种特性。本研究的综合评价结果与田间调查、生产表现较为一致,再次体现了综合评价的可靠性和科学性<sup>[10-11]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 刘少群,郑庭义,谢正生,等.日本甜柿在华南地区的引种栽培研究[J].广东农业科学,2011,38(16):29-30.
- [2] 袁录霞,张青林,郭大勇,等.中国甜柿及其在世界甜柿基因库中的地位[J].园艺学报,2011,38(2):361-370.
- [3] 陈红星,王劲风,龚榜初,等.我国引种日本甜柿气候生态适生区初步分析[J].林业科学研究,2000,13(3):323-327.
- [4] LUO Z R, WANG R Z. Domestication and Traditional Utilizations of Genetic Resources [J]. Advances in Horticultural Science, 2008, 22 (4): 239-243.
- [5] 宿福园,张青林,金莉,等.第五届国际柿学术研讨会总结报告[J].果树学报,2013,30(3):500-503.
- [6] 宋启亮,董希斌.大兴安岭低质阔叶混交林不同改造模式综合评价[J].林业科学,2014,50(9):18-25.
- [7] 邓菊庆,蹇洪英,李淑斌,等.五种野生蔷薇属植物抗寒力的综合评价[J].西南师范大学学报(自然科学版),2012,37(4):70-75.
- [8] 杨晓霞,田盛圭,向旭,等.基于主成分分析法的重庆市旅游业发展潜力评价[J].西南大学学报,2013,35(4):111-117.
- [9] 宴海云,赵和清.甜柿[M].北京:中国农业出版社,2006:44-45.
- [10] 郭宝林,杨俊霞,李永慈,等.主成分分析法在仁用杏品种主要经济性状选种上的应用研究[J].林业科学,2000,36(6):53-56.
- [11] 杜洋文,邓先珍,徐春永,等.主成分分析法在油茶无性系综合评价中的应用[J].江西农业大学学报,2012,34(6):1193-1198.

## Establishment and Application of a Comprehensive Evaluation System for Different Varieties of Japanese Sweet Persimmon

DU Yang-wen, DENG Xian-zhen, CHENG Jun-yong, JIANG De-zhi

Hubei Academy of Forestry Science, Wuhan 430079, China

**Abstract:** Principal component analysis was applied to comprehensively evaluate different Japanese sweet persimmon varieties with 12 indicators such as fruit characters, SPAD and fruit quality. The results showed that the four valid principal components selected could reflect 79.934 6 percent of all indicators. The scores of each principal component was calculated, a comprehensive evaluation model was established and the comprehensive scores of the 12 varieties were obtained. Three varieties (Yang-feng, Fu-you and Ci-lang) were identified as good Japanese sweet persimmon varieties. The evaluation results of this principal component analysis were consistent with the actual performance of the varieties in production.

**Key words:** Japanese sweet persimmon; variety; principal component analysis; comprehensive evaluation

