

樊树雷,李和孟,邱宝财,等. 基于主成分及聚类分析的 10 个杨梅品种生产性状综合评价[J]. 江苏农业科学,2020,48(14):170-173.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.14.031

基于主成分及聚类分析的 10 个杨梅品种 生产性状综合评价

樊树雷¹, 李和孟², 邱宝财³, 徐国钧⁴, 戚行江⁵, 梁森苗⁵, 郑金土¹

(1. 浙江省宁波市林特科技推广中心, 浙江宁波 315012; 2. 浙江省宁海县林特技术推广总站, 浙江宁海 315600;
3. 浙江省象山县鹤浦镇林业站, 浙江象山 315733; 4. 浙江省宁波市江北区慈城镇农村发展局, 浙江宁波 315031;
5. 浙江省农业科学院, 浙江杭州 310021)

摘要:为优化品种结构,筛选适合宁波市发展种植的杨梅栽培品种,对从全国主要产区引种的 10 个杨梅主栽品种,进行连续 3 年的生物学特性、果实性状观察记载和果实主要品质指标分析,并采用主成分分析法对树冠空间体积、单株产量、单果质量、可食率、可溶性固形物含量、可滴定酸含量、固酸比、可溶性还原糖含量、葡萄糖含量、花青苷含量等 10 个性状指标进行综合评价。结果表明,慈荠树势较强、产量高、果实品质优,综合性状最优,得分 23.348,系统聚类分析时单独聚为 1 类;乌紫杨梅、晚稻杨梅、炭梅、东魁综合性状较优,得分分别为 21.590、20.120、18.966、18.387,系统聚类分析时与荸荠种聚为 1 类;其余品种聚为 1 类。综合考虑,慈荠可作为宁波市荸荠种杨梅的更新品种;乌紫杨梅、晚稻杨梅、东魁和炭梅在市场认可条件下,可作为主栽品种或适量栽培;粉红种和水晶杨梅果实特色鲜明,可作为搭配品种;其他品种,在当地当前栽培条件下,不建议引种。

关键词:杨梅;宁波;引种;主成分分析;聚类分析;生产性状;综合评价

中图分类号: S667.603.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)14-0170-04

杨梅是我国的特色果树,主要分布于长江流域以南,栽培面积超过 30 万 hm^2 ,年总产量达 80 万 t 以上,经济和生态效益显著^[1]。浙江省宁波市是我国杨梅的重要产区,2017 年全市杨梅栽培面积为 1.78 万 hm^2 ,占果园总面积的 37.1%^[2],全市杨梅栽培品种比较单一,以荸荠种为主,它的栽培面积占总栽培面积的 3/4 左右。为优化杨梅栽培品种结构,宁波市林特科技推广中心自 2010 年年初从全国杨梅主产区引进了 10 个主要杨梅品种,以当地主栽品种荸荠种为对照,进行适宜栽培品种初步筛选。

主成分分析是由 Hotelling 于 1933 年首次提出,通过多个变量间的相关性分析,运用线性变化将多个有相关性的变量简化成少数无相关性的综合变量的一种统计分析方法^[3]。近年来,将主成分分析法用于果实综合品质^[4-5]、品种(株系)综合性

状^[6-8]评定的研究越来越多,具有较高的科学性、准确性和可参考性^[6]。已有相关研究将主成分分析法用于杨梅果实品质、营养性状的综合评价^[4,9],具有较高的参考性。本研究采用主成分分析法对良种园内 10 个杨梅品种的树体生长、产量、果实品质等生产性状进行综合评价,以期在栽培条件相对一致的情况下,筛选适合宁波市发展种植的优良品种,并为各地杨梅引种生产提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验园概况

试验基地位于宁波市江北区慈城镇南联村宁波市杨梅良种园内,该基地为山地,位于东北坡,坡度为 15°左右,毗邻英雄水库,环境条件优厚。土壤为红壤,pH 值为 5.0,有机质含量为 2.42%,速效钾含量为 40 mg/kg ,碱解氮含量为 98 mg/kg ,速效磷含量为 3.47 mg/kg 。2010 年年初,从全国有代表性杨梅产区引进树苗,每个品种 20 株,4~5 年生,挖宽 100 cm 、深 80 cm 大穴成列定植,株行距为 4 m × 5 m 。杨梅树形在原基础上按多主枝矮化圆头形培养,其他进行常规管理。杨梅品种来源情况见表 1。

收稿日期:2019-07-15

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项(编号:201203089)。

作者简介:樊树雷(1986—),男,河北邢台人,硕士,农艺师,从事果树
技术与推广工作。E-mail:huishetianlang@126.com。

通信作者:郑金土,研究员,主要从事果树科学研究与技术推广工作。
E-mail:nbltkj@126.com。

表 1 杨梅品种来源情况

品种	引种地	品种	引种地
荸荠种(对照)	浙江慈溪	东魁	浙江仙居
炭梅	浙江宁海	乌紫杨梅	浙江象山
硬丝	福建龙海	小叶细蒂	江苏吴县
晚稻杨梅	浙江定海	慈荠	浙江宁波
粉红种	浙江上虞	丁岙梅	浙江永嘉
水晶杨梅	浙江余姚		

1.2 试验方法

用卷尺测定杨梅冠幅和株高,每个品种测 3 株,按照以下公式计算树冠空间体积。

树冠空间体积 = $\pi \times (\text{平均冠幅}/2)^2 \times \text{平均株高}$ 。

2016—2018 年,在果实成熟期,每个品种选代表性树 3 株,测定单株产量。每个品种取代表性果实 10 颗进行品质测定,单果质量及单核质量采用万分之一天平称量,可食率 = $[(\text{果实单果质量} - \text{单核质量})/\text{果实单果质量}] \times 100\%$ 。

杨梅果实可溶性固形物含量采用 PAL-1 手持糖度计测定;可滴定酸含量采用酸碱滴定法测定,以柠檬酸计;可溶性还原糖含量采用二硝基水杨酸(DNS)法测定^[10];葡萄糖含量采用葡萄糖测定试剂盒(上海荣盛生物药业有限公司)测定;花青苷含量测定采用 pH 示差法,参照 Wrolstad 等的方法^[11],具体操作参照张泽煌等^[12]的步骤。

1.3 数据处理与统计分析

试验数据采用 SPSS v19.0 进行主成分分析及聚类分析。将 10 个引进杨梅品种及荸荠种杨梅的树冠空间体积、单株产量、单果质量、可食率、可溶性固形物含量、可滴定酸含量、固酸比、可溶性还原糖含量、葡萄糖含量、花青苷含量等 10 个指标分别用 $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}$ 表示。参照樊保国等的方法^[13]进行主成分分析:(1)对原始数据进

行标准化处理,消除量纲和量级差异影响;(2)求各原始指标的相关系数矩阵;(3)计算相关矩阵的特征值、贡献率、累计贡献率及相应的特征向量;(4)提取特征值大于 1.000 的主成分,得出其数学表达式;(5)将各待评杨梅品种的标准化数据分别代入各主成分表达式中,计算各杨梅品种测定指标的主成分得分,然后以方差贡献率为权数求和得到综合得分,计算公式为 $S = \sum C_i \times y_i$,其中 C_i 为主成分方差贡献率, y_i 为主成分因子得分。采用平均连接(组间)法进行系统聚类分析。

2 结果与分析

2.1 10 个引进杨梅品种及荸荠种生产性状

由表 2 可知,各品种间的各性状指标均存在一定差异。水晶杨梅、晚稻杨梅、慈荠生长旺盛,枝叶空间分布体积均大于 45 m^3 ,丁岙梅树体营养生长不良;慈荠、荸荠种、晚稻杨梅丰产性表现较好,硬丝丰产性较差;东魁、乌紫杨梅和硬丝果实较大;除乌紫杨梅外,其余各品种可食率均在 95% 以上;可溶性固形物含量以乌紫杨梅、慈荠和炭梅较高,均超过 12%;可滴定酸含量以荸荠种最低,为 0.97%,以东魁最高,为 1.42%;固酸比以炭梅最高,为 12.08,其次为慈荠和荸荠种杨梅;可溶性还原糖含量以乌紫杨梅最高,其次为慈荠、东魁和晚稻杨梅;葡萄糖含量以慈荠最高,为 2.19%,其次为炭梅和东魁杨梅;花青苷含量以慈荠最高,为 846.91 mg/kg,以水晶杨梅含量最低,为 20.60 mg/kg。

2.2 10 个引进杨梅品种及荸荠种各性状指标的相关性分析

由表 3 可知,单株产量与树冠空间体积呈显著正相关;可溶性固形物含量与固酸比呈显著正相

表 2 10 个引进杨梅品种及荸荠种生产性状

品种	树冠空间体积 (m^3)	单株产量 (kg)	单果质量 (g)	可食率 (%)	可溶性固形物 含量(%)	可滴定酸含量 (%)	固酸比	可溶性还原糖 含量(%)	葡萄糖含量 (%)	花青苷含量 (mg/kg)
荸荠种(对照)	36.53	14.42	11.63	96.16	11.56	0.97	11.86	3.55	1.61	772.41
炭梅	41.79	12.71	12.57	96.76	12.18	1.01	12.08	3.87	2.04	606.39
硬丝	30.20	6.72	17.49	95.31	10.75	1.08	9.95	3.54	1.59	424.08
晚稻杨梅	46.47	14.55	10.01	95.66	11.53	1.03	11.15	3.88	1.57	641.00
粉红种	35.50	10.09	13.52	95.02	10.35	1.00	10.34	3.44	1.51	139.64
水晶杨梅	53.20	12.06	12.35	95.96	10.44	1.19	8.80	3.54	1.79	20.60
东魁	39.44	14.11	22.54	95.39	11.50	1.42	8.09	3.88	1.93	542.06
乌紫杨梅	43.57	14.24	22.04	94.81	12.34	1.23	10.01	3.98	1.46	737.03
小叶细蒂	34.02	12.18	10.54	95.77	9.94	1.29	7.71	3.41	1.47	396.27
慈荠	45.73	16.93	13.07	96.67	12.31	1.03	11.99	3.91	2.19	846.91
丁岙梅	16.00	9.32	13.73	96.32	10.33	1.08	9.55	3.40	1.54	602.66

关,与可溶性还原糖、花青苷含量呈极显著正相关,可滴定酸含量与固酸比呈极显著负相关。由于不同性状之间存在显著或极显著相关性,用它们直接进行综合评价会产生信息重叠,因此需用主成分分

析法将这些指标重新组合成 1 组新的无显著相关性的指标,再用其对杨梅品种进行综合评价,才能提高评价的可靠性。

表 3 10 个引进杨梅品种及荸荠种各性状指标相关性分析结果

指标	相关系数									
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
x_1	1.000									
x_2	0.623 *	1.000								
x_3	-0.046	-0.045	1.000							
x_4	-0.011	0.274	-0.563	1.000						
x_5	0.457	0.679 *	0.312	0.191	1.000					
x_6	0.085	0.084	0.589	-0.399	-0.149	1.000				
x_7	0.179	0.324	-0.318	0.446	0.644 *	-0.847 **	1.000			
x_8	0.586	0.683 *	0.409	0.013	0.907 **	0.133	0.372	1.000		
x_9	0.410	0.473	0.019	0.636 *	0.534	-0.052	0.357	0.510	1.000	
x_{10}	-0.097	0.550	0.134	0.318	0.736 **	-0.176	0.536	0.567	0.247	1.000

注: ** 表示不同性状指标间达极显著相关水平 ($P < 0.01$); * 表示不同性状指标间达显著相关水平 ($P < 0.05$)。

2.3 10 个引进杨梅品种及荸荠种生产性状的主成分分析

经 SPSS 数据处理,提取出 3 个特征值大于 1 的主成分,由表 4 可知,3 个主成分累积方差贡献率达 81.088%,可选取这 3 个主成分作为评价 10 个杨梅良种在宁波市表现的综合指标。根据各性状相关矩阵的特征向量,列出 3 个主成分的函数表达式:

$$y_1 = 0.125x_1 + 0.188x_2 + 0.003x_3 + 0.108x_4 + 0.219x_5 - 0.062x_6 + 0.168x_7 + 0.196x_8 + 0.164x_9 + 0.166x_{10};$$

$$y_2 = 0.115x_1 + 0.083x_2 + 0.330x_3 - 0.252x_4 + 0.089x_5 + 0.334x_6 - 0.218x_7 + 0.190x_8 - 0.013x_9 - 0.005x_{10};$$

$$y_3 = 0.469x_1 + 0.190x_2 - 0.291x_3 + 0.199x_4 - 0.178x_5 + 0.173x_6 - 0.207x_7 - 0.045x_8 + 0.292x_9 - 0.418x_{10}。$$

由表 4 及各函数表达式可以看出,第 1 主成分可溶性固形物含量、固酸比、可溶性还原糖含量、花青苷含量 4 个指标的系数较大,可用于代表果实的内在品质;第 2 主成分果实单果质量、可滴定酸系数较大,可用于代表果实外观品质及口感风味;第 3 主成分树体空间体积系数最大且单株产量系数在 3 个主成分中最大,可用于反映树体长势,并在一定程度上反映结果性能。

2.4 10 个引进杨梅品种及荸荠种生产性状的主成分得分和综合评价

将表 2 中各品种指标数据标准化处理后代入

表 4 主成分特征值和累积方差贡献率与相关阵的特征向量

指标	主成分		
	1	2	3
x_1	0.125	0.115	0.469
x_2	0.188	0.083	0.190
x_3	0.003	0.330	-0.291
x_4	0.108	-0.252	0.199
x_5	0.219	0.089	-0.178
x_6	-0.062	0.334	0.173
x_7	0.168	-0.218	-0.207
x_8	0.196	0.190	-0.045
x_9	0.164	-0.013	0.292
x_{10}	0.166	-0.005	-0.418
特征值	4.241	2.527	1.341
方差贡献率(%)	42.415	25.268	13.405
累积方差贡献率(%)	42.415	67.683	81.088

“2.3”节中所列 y_1 、 y_2 、 y_3 函数表达式,计算得出 10 个引进杨梅良种和荸荠种所测定的 10 个指标的 3 个主成分得分,然后以其方差贡献率为权重,计算各品种指标的综合得分。综合得分越大,杨梅良种在宁波市的综合表现就越好。

由表 5 可知,宁波市杨梅良种园引种的 10 个杨梅良种,综合得分最高的是慈荠,为 23.348,其次为乌紫杨梅、晚稻杨梅、炭梅和东魁,与荸荠种相当,总分在 20 分左右;其他品种得分稍低。

2.5 荸荠种及 10 个引进杨梅品种综合得分的聚类分析

将表 5 中各品种对应综合得分采用平均连接(组间)法进行聚类分析,结果如图 1 所示。10 个引

表 5 11 个杨梅品种测定指标的主成分因子得分、综合得分及排序

品种	主成分			综合得分	综合排名
	1	2	3		
荸荠种(对照)	151.693	-19.292	-291.035	20.452	3
炭梅	124.766	-17.798	-219.738	18.966	5
硬丝	90.885	-16.468	-151.288	14.107	9
晚稻杨梅	130.960	-17.678	-230.952	20.120	4
粉红种	44.747	-15.620	-28.290	11.240	11
水晶杨梅	27.433	-13.050	31.044	12.500	10
东魁	113.046	-13.063	-195.895	18.387	6
乌紫杨梅	146.438	-13.908	-276.066	21.590	2
小叶细蒂	87.178	-17.388	-134.113	14.604	7
慈荠	166.124	-17.915	-317.681	23.348	1
丁岙梅	119.224	-20.213	-230.597	14.549	8

进杨梅品种聚类为 4 个大类,其中慈荠为单独 1 类;乌紫杨梅、晚稻杨梅、炭梅、东魁同荸荠种聚为 1 类;粉红种和水晶杨梅聚为 1 类;其余品种聚为 1 类。

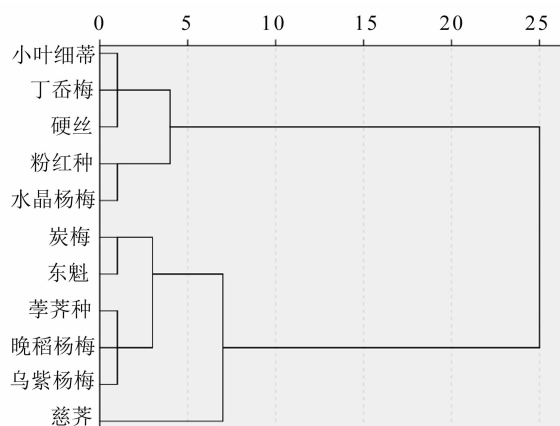


图 1 荸荠种及 10 个引进杨梅品种综合得分系统聚类

3 结论与讨论

主成分分析法通过降维思维,在最大程度保留原有数据信息的前提下,将原有个数较多指标转化为个数较少的综合指标,具有避免重复信息干扰、可排除主观因素影响等特点^[6],近年来,在品种评价方面有较多应用。本研究采用主成分分析法对引种的 10 个杨梅品种在宁波市的主要生产性状进行综合评价,并以此为依据对各个品种进行聚类分析,总体反映这些品种在当地环境条件和栽培水平下的生产能力,结果可作为进一步试验研究和生产推广的重要参考依据。

根据本研究各品种生产性状、综合得分及系统聚类结果可知,慈荠树势较强、产量高、果实综合品

质突出,综合得分 23.348,高于荸荠种,且系统聚类分析时单独聚为 1 类,认为其综合品质优于荸荠种,可作为荸荠种的更新品种;乌紫杨梅、晚稻杨梅、炭梅、东魁等 4 个品种综合性状较优,得分分别为 21.590、20.120、18.966、18.387,系统聚类分析时与荸荠种聚为 1 类,认为其综合性状与荸荠种相当,在考虑市场认可度情况下,可作为主要栽培品种引种;粉红种、水晶杨梅综合得分较荸荠种低且聚为 1 类,认为其综合性状虽劣于荸荠种,但其果实具有显著特色,分别呈粉红色和乳白色,外观诱人、风味独特,可在生产中作为搭配品种,适量栽培;其他品种综合得分低且不具有显著特色,在当地当前栽培水平下,不建议引种。

参考文献:

- [1] 孙红红,胡彬. 杨梅种质资源研究进展[J]. 安徽农学通报, 2016,22(14):72-73.
- [2] 宁波市统计局. 2018 宁波统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2018.
- [3] Vainionpää J, Smolander M, Alakomi H L, et al. Comparison of different analytical methods in the monitoring of the quality of modified atmosphere packaged broiler chicken cuts using principal component analysis[J]. Journal of Food Engineering, 2004, 65(2): 273-280.
- [4] 李伟,邵海燕,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.
- [5] 牟红梅,于强,李庆余,等. 用主成分分析法选择莱阳茌梨果实品质的评价因子[J]. 中国果树, 2018(1): 23-26.
- [6] 张露荷,黄华梨,张广忠,等. 基于主成分分析法的鲜食枣品种综合评价[J]. 南方农业学报, 2018, 49(4): 727-734.
- [7] 乔宇,廖李,刘璐,等. 桑椹品质评价指标的主成分分析及 12 个桑品种的桑椹品质综合评价[J]. 蚕业科学, 2014, 40(5): 851-856.
- [8] 刘俊娇,孟秀秀,李 晓,等. 黑木耳菌株农艺性状主成分分析与综合评价[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(24): 139-142.
- [9] 张淑文,梁森苗,郑锡良,等. 杨梅优株果实品质的主成分分析及综合评价[J]. 果树学报, 2018, 35(8): 977-986.
- [10] 袁道强,黄建华. 生物化学实验和技术[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2006.
- [11] Wrolstad R E, Culbertson J D, Cornwell C J, et al. Detection of adulteration in blackberry juice concentrates and wines[J]. Journal - Association of Official Analytical Chemists, 1982, 65(6): 1417-1423.
- [12] 张泽煜,陈义勇,钟秋珍,等. 红果肉与白果肉杨梅花青苷和糖代谢途径的差异蛋白研究[J]. 园艺学报, 2013, 40(12): 2391-2400.
- [13] 樊保国,李月梅,李登科. 鲜食枣品质性状的综合评价[J]. 西北林学院学报, 2012, 27(2): 79-82, 87.