

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2018.01.007

四川穗状核桃优良单株坚果综合性状评价研究

陈善波¹, 王 莎¹, 金银春¹, 杨文渊², 吴泞孜¹, 王 丽³, 吴宗兴¹, 宋小军¹

(1. 四川省林业科学研究院生物技术与良种研究所, 四川 成都 610081;

2. 四川省农业科学院园艺研究所, 四川 成都 610066; 3. 黑水县环境保护和林业局, 四川 黑水 623500)

摘要:为进一步发掘四川核桃的特异种质资源,在前期穗状核桃种质资源调查的基础之上,应用主成分分析和核桃坚果品质评分,通过对穗状核桃坚果三径值、单果重、核仁重、出仁率、核壳厚、粗脂肪和粗蛋白等指标的综合分析。结果表明:(1)主成分1~3的累计方差贡献率为88.49%,确定了3个反映穗状核桃主要性状的主成分及其主成分函数式,计算出各单株的重要主成分值。(2)建立了坚果综合性状评价函数模型,计算出各单株的主成分综合得分,进行综合比较和排序,各单株顺序为SQLG、HSZML、CTYM、PAXH、HSLH、XJPX。(3)筛选出优良单株3个,分别为HSZML、HSLH和SQLG。

关键词:穗状核桃;优良单株;果实外观;果实品质;主成分分析

中图分类号:S792.13

文献标识码:A

文章编号:1003-5508(2018)01-0032-05

Research on Evaluation of Comprehensive Characters of Nuts from Superior Individuals in Sichuan

CHEN Shan-bo¹ WANG Sha¹ JIN Yin-chun¹ YANG Wen-yuan² WU Ning-zi¹
WANG Li³ WU Zong-xing¹ SONG Xiao-jun¹

(1. Institute of Biotechnology and Seed, Sichuan Academy of Forestry Science, Chengdu 610081, Sichuan, China;

2. Horticulture Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066, Sichuan, China;

3. Environmental protection and Forestry Bureau of Heishui County, Heishui 616550, Sichuan, China)

Abstract: In order to further explore the specific germplasm resources of walnuts in Sichuan, the indexes were comprehensively analyzed including spicate of walnut three diameter value, single fruit weight, kernel weight, kernel rate, walnut shell thickness, crude fat and crude protein on the basis of the preliminary investigation spicate walnut germplasm resources, by means of principal component analysis and walnut quality score. The results showed that (1) The cumulative variance contribution rate of principal component 1~3 was 88.49%. 3 principal components and their principal component functions were identified for the main traits of spicate walnuts. The important principal components of each individual were calculated. (2) The evaluation function model of nut comprehensive characters was established, and the principal component comprehensive score of each individual was calculated. Then the comprehensive comparison and ordination were made. The order of each individual was SQLG, HSZML, CTYM, PAXH, HSLH and XJPX. (3) HSZML, HSLH and SQLG were selected as 3 superior individuals.

Key words: Spicate walnut, Superior individuals, Fruit appearance, Fruit quality, Principal component analysis

收稿日期:2017-12-13

基金项目:四川省科技厅林业科学技术基础研究专项资金(JB2016-11);四川省省财政专项资金(ZL2017-17);四川省核桃遗传资源调查编目专项资金(GR-2016-17)。

作者简介:陈善波(1981-),男,四川泸州人,硕士,助理研究员,从事经济林培育、林下中药材繁育及栽培技术研究, E-mail: sbochen@163.com。

核桃是四川重要的经济林树种之一,现有栽培面积约 86.67 万 hm^2 ,居全国第二,年产量约 40.8 万 t,居全国第三,已成为山区、少数民族地区脱贫致富的重要支柱产业。核桃在四川的栽培历史悠久,分布范围广泛,种质资源丰富,主要分布有普通核桃 (*Juglans regia* L.)、泡核桃 (*Juglans sigillata* Dode) 和野核桃 (*Juglans cathayensis* Dode) 3 个种。其中普通核桃 (*Juglans regia* L.) 的栽培范围最广,经济产量和价值最高^[1]。针对我国核桃实生农家品种资源,俞德浚教授根据某些突出的生物学特性和坚果性状,将核桃分为露仁核桃、绵核桃、夹核桃、穗状核桃和隔年核桃 5 个品种群^[2~4]。其中穗状核桃,又名串状核桃,在植物形态学方面属于特异性状,为核桃的特异资源,具有坐果率高、结实量大、抗逆性强、产量高等特点。

目前,四川调查发现呈穗状结果的核桃树,一般树龄较大、且品种来源不清楚,多数为野生或自然杂交后代资源;在植物学上表现为,叶片有 5~9 片,7 片居多;也有 9~11 片,11 片居多;雌花多,4 朵以上,座果数在 4~6 个以上,呈聚生和散生状结果;穗状结果率达到 30% 以上^[5]。近年来,穗状核桃主要集中在资源调查、栽培、遗传鉴定等方面的研究^[6~10],而对于坚果综合性状评价、优株筛选的报道较少,且四川尚未报道。为进一步发掘四川核桃的特异种质资源,在前期穗状核桃种质资源调查的基础之上,应用主成分分析法和核桃坚果品质评分标准,开展穗状核桃坚果三径值、单果重、核仁重、出仁率、核壳厚、粗脂肪和粗蛋白等指标的综合分析,探讨穗状核桃坚果主成分分析指标体系,掌握坚果综合性状评价数量化选优的方法,为核桃优树选择、良种选育及新品种培育提供科学依据。

表 1

核桃坚果品质评分标准(一)

Tab. 1

Quality evaluation standards of walnut nuts (I)

分级评分 Grading score	外观 Appearance of fruit			种仁 Seed kernel			
	果形 F Ruit shape	果面 Fruit surface	缝合线 Shell seal	仁色 Kernel color	取仁难易 Kernel difficulty	饱满度 Plumpness	风味 Flavor
1	端正(5)	光滑(5)	地平(5)	黄白(8)	易(8)	极饱满(4)	香,无涩(4)
2		较光滑(3)	较低平(4)	黄褐(6)	较易(6)	饱满(3)	稍涩(3)
3	较端正(3)	较麻(2)	较高(2)	褐(4)	较难(3)	较饱满(1)	
4	不端正(1)	麻(1)	高(1)				涩(1)
评分	5	5	5	8	8	4	4
		15			24		

1.4 数据处理与分析

主成分分析是将多个性状指标经正交变换转化

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料为穗状核桃母树,分别为阿坝州黑水县(HSLH 和 HSZML)、广元市朝天区(CTYM)、南充市顺庆区(SQLG)、南充市蓬安县(PAXH)、成都市新津县(XJPX),共计 6 份材料。

1.2 优树标准

在前期种质资源调查的基础之上,按照《核桃丰产与坚果品质》、《核桃坚果质量等级》等标准,开展优树筛选工作^[11~12]。

1.3 研究内容与方法

根据《核桃丰产与坚果品质》、《核桃遗传资源调查编目技术规程(试行)》、《泡核桃遗传资源调查编目技术规程(试行)》等标准^[11,13~14],开展穗状核桃坚果测定与综合评价,具体方法如下。

(1) 坚果外观测定:每株树随机抽取 30 个青果,去青皮以后,按顺序编号,经烘箱烘干后,用游标卡尺测量三径和核壳厚,用天平称量单果重、核仁重量,并计算出仁率,统计核仁内褶壁、横隔膜、核仁饱满度、核仁皮色、坚果均匀度等。

(2) 坚果品质测定:根据坚果外观测定所用的 30 个果实,粗脂肪测定按照《食品中脂肪的测定》进行检测^[15];粗蛋白测定按照《食品中蛋白质的测定》进行检测^[16]。

(3) 坚果评分标准:在主成分分析的基础之上,对穗状核桃的坚果综合性状进行量化评定,按照坚果品质累计积分和外观特性开展综合评价(见表 1 和表 2)^[17]。根据划分标准,求出不同单株所对应的指数值,将各项指数值累加得出不同单株的综合性状评价指数,评分大于 85 分为优良单株。

为较少个数新的综合指标,而新的综合指标又能综合反映原来多个性状指标的主要信息,从而简化数

据结构,寻找变量间的线性关系。由于主成分为综合变量,且相互独立,所以用主成分值作为优株选择指标,能较准确地了解各性状的综合表现^[18~21]。利用 SPSS 22.0 和 Excel 2007 对所得数据进行统计与

分析。首先通过 KMO 和 Bartlett 的检验,然后计算出每个主成分的贡献率和方差贡献率,以每个指标累积方差贡献率达到 85% 以上确定主成分个数,并根据其特征向量列出主成分方程。

表 2

核桃坚果品质评分标准(二)

分级评分 Grading score	平均果重(g) Fruit weight	核壳厚度(mm) Walnut shell thickness	出仁率(%) Kernel rate	内含物 Inclusions	
				粗脂肪(%) Crude fat	粗蛋白(%) Crude protein
1	≥12.0(8)	≤1.10(15)	≥60.0(28)	≥70.0(4)	≥18.0(6)
2	10.0~11.9(7)	1.11~1.30(13)	54.0~59.9(26)	66.5~69.9(3)	14.0~17.9(5)
3	8.0~9.9(5)	1.31~1.50(10)	48.0~53.9(22)	63.0~66.4(2)	10.0~13.9(4)
4	≤7.9(2)	≥1.51(6)	≤47.9(16)	≤62.9(1)	≤9.9(2)
评分	8	15	28	4	6

2 结果与分析

2.1 穗状核桃坚果综合性状的主成分分析

2.1.1 坚果综合性状公因子方差分析

在主成分分析中,初始值表示每个变量可以被所有因素所能解释的方差,提取表示变量的共同度。由表 3 可知,所有因子提取在 0.71~0.98 之间,可见因子分析的变量共同度都非常高,表明变量中的大部分信息均能够被因子提取,说明因子分析的结果是有效的。

2.1.2 坚果综合性状主成分方差贡献率和累计方差贡献率

方差代表了性状在主成分分析中主成分方向上的分散程度,方差越大,说明该主成分在样本数据分

表 3 穗状核桃坚果综合性状公因子方差

Tab. 3 The common factor variance of the comprehensive character of spicate walnut nuts

序号 Number	坚果性状 Characters of nuts	初始值 Initial value	提取 Extracting value
1	三径值 Three diameter value(cm)	1.000	0.929
2	单果重 Single fruit weight(g)	1.000	0.958
3	核仁重 Kernel weight(g)	1.000	0.979
4	出仁率 Kernel rate(%)	1.000	0.932
5	核壳厚 Walnut shell thickness(cm)	1.000	0.751
6	粗脂肪 Crude fat(%)	1.000	0.934
7	粗蛋白 Crude protein(%)	1.000	0.712

提取方法:主成分分析,下同。

析中所起的作用越大^[19]。由表 4 可知,主成分 1~3 的累计方差贡献率已高达 88.49%,表明前 3 个主成分已经代表了全部性状 88.49% 的综合信息,后 4 个主成分仅为 11.51%。因此,选取前 3 个主成分为穗状核桃坚果综合性状的重要主成分。

表 4

穗状核桃坚果综合性状主成分方差贡献率和累计方差贡献率

Tab. 4 Principal component variance contribution rate and cumulative variance contribution rate of the comprehensive character of spicate walnut nuts

主成分 Principal component	初始特征值 Initial feature value			提取载荷平方和 Extraction sums of squared loadings			旋转载荷平方和 Square sums of rotational loads		
	总计 Total	方差贡献率	累计方差贡献率	总计 Total	方差贡献率	累计方差贡献率	总计 Total	方差贡献率	累计方差贡献率
		contribution rate(%)	contribution rate(%)		contribution rate(%)	contribution rate(%)		contribution rate(%)	contribution rate(%)
1(Y ₁)	3.658	52.255	52.255	3.658	52.255	52.255	2.847	40.668	40.668
2(Y ₂)	1.893	27.041	79.295	1.893	27.041	79.295	1.696	24.231	64.898
3(Y ₃)	0.644	9.199	88.495	0.644	9.199	88.495	1.652	23.596	88.495
4(Y ₄)	0.425	6.070	94.565						
5(Y ₅)	0.232	3.311	97.877						
6(Y ₆)	0.146	2.087	99.963						
7(Y ₇)	0.003	0.037	100.000						

2.1.3 坚果综合性状成分矩阵及得分系数矩阵

通过对穗状核桃坚果综合性状成分矩阵分析,结果表明,在第 1 主成分中,坚果三径值的相关系数

最大,为 0.928,其次是单果重及核仁重,坚果大小、重量是影响核桃经济性状的主要因素,与产量密切相关,可见主要反映了核桃果实大小综合情况。在

第2主成分中,粗脂肪的相关系数最大,为0.931,反映了核仁营养品质的综合情况。第3主成分中,出仁率的相关系数最大,为0.938,其次是粗蛋白,同时,核壳厚具有较大的负系数值,为-0.622,说明了核壳厚薄与出仁率的关系,也反映了核仁的营养品质(见表5)。

表5 穗状核桃坚果综合性状成分矩阵

Tab. 5 The composition matrix of the comprehensive character of spikes walnut nuts

序号 Number	坚果性状 Characters of nuts	主成分1 Principal component 1/Y1	主成分2 Principal component 2/Y2	主成分3 Principal component 3/Y3
1	三径值 Three diameter value/ X_1	0.928	-0.059	-0.255
2	单果重 Single fruit weight/ X_2	0.924	0.318	-0.045
3	核仁重 Kernel weight/ X_3	0.909	0.254	0.297
4	出仁率 Kernel rate/ X_4	0.071	-0.217	0.938
5	核壳厚 Walnut shell thickness/ X_5	0.182	0.575	-0.622
6	粗脂肪 Crude fat/ X_6	0.138	0.931	-0.219
7	粗蛋白 Crude protein/ X_7	-0.498	-0.531	0.426

由于主成分是原性状的线性组合函数,根据计算样本的成分得分系数矩阵(见表6),穗状核桃前3个主成分的函数表达式分别为:

$$Y_1 = 0.447X_1 + 0.318X_2 + 0.302X_3 + 0.017X_4 - 0.037X_5 - 0.193X_6 - 0.100X_7;$$

$$Y_2 = -0.464X_1 + 0.036X_2 + 0.152X_3 + 0.244X_4 + 0.218X_5 + 0.809X_6 - 0.182X_7;$$

表7 穗状核桃坚果综合性状主成分得分

Tab. 7 The principal component score of the comprehensive character of spiculate walnut nuts

样品号 Sample number	主成分1得分 Principal component 1 score	主成分2得分 Principal component 2 score	主成分3得分 Principal component 3 score	综合得分 Comprehensive score	综合排序 Comprehensive ranking
HSLH	-0.5950	-0.3606	-0.1747	-0.4797	5
HSZML	-0.1112	1.4631	0.7367	0.4580	2
CTYM	0.1800	-0.3324	-1.1430	-0.1141	3
SQLG	1.8034	0.2177	-0.2115	1.1095	1
PAXH	-1.0301	0.6304	-0.3944	-0.4566	4
XJPX	-0.2470	-1.6182	1.1869	-0.5171	6

2.2 穗状核桃优良单株坚果综合性状评价

根据穗状核桃坚果综合性状主成分分析综合排序,结合核桃坚果品质评分标准(见表1和表2),将各项指标值累加得出不同单株的综合品质评分,将大于85分确定为优良单株(见表8)。结果表明,穗状核桃坚果评分结果差异较大,共选出优良单株3个,分别是HSZML、HSLH和SQLG。

3 结论与讨论

核桃坚果的商品价值既要看外观特征,又要看

$$Y_3 = -0.331X_1 + 0.050X_2 + 0.318X_3 + 0.706X_4 - 0.262X_5 + 0.281X_6 + 0.139X_7。$$

2.1.4 应用主成分分值进行综合排序

根据穗状核桃坚果综合性状成分得分系数矩阵(见表6)及3个主成分的函数表达式,可计算出各单株的主成分得分。在主成分1得分中,SQLG最高,其次是CTYM;在主成分2得分中,HSZML最高,其次是PAXH;在主成分3得分中,XJPX最高,其次是HSZML(见表7)。根据表4中确定的3个主成分方差贡献率,作为权重对各主成分得分值进行加权求和,建立坚果综合性状评价函数模型为 $F = 0.5905Y_1 + 0.3056Y_2 + 0.1039Y_3$ 。然后再根据各单株的主成分得分和评价函数模型,计算出综合得分,并对各单株进行排序(见表7),可得出各单株顺序为SQLG、HSZML、CTYM、PAXH、HSLH、XJPX。

表6 穗状核桃坚果综合性状成分得分系数矩阵

Tab. 6 The component score coefficient matrix of the comprehensive character of spikes walnut nuts

序号 Number	坚果性状 Characters of nuts	主成分1 Principal component 1/Y1	主成分2 Principal component 2/Y2	主成分3 Principal component 3/Y3
1	三径值 Three diameter value/ X_1	0.447	-0.464	-0.331
2	单果重 Single fruit weight/ X_2	0.318	0.036	0.050
3	核仁重 Kernel weight/ X_3	0.302	0.152	0.318
4	出仁率 Kernel rate/ X_4	0.017	0.244	0.706
5	核壳厚 Walnut shell thickness/ X_5	-0.037	0.218	-0.262
6	粗脂肪 Crude fat/ X_6	-0.193	0.809	0.281
7	粗蛋白 Crude protein/ X_7	-0.100	-0.182	0.139

坚果内在品质。而坚果大小、单果重、出仁率、核壳厚、营养等指标的高低直接影响着核桃的商品价值,也决定了核桃栽培价值的大小,这几个指标表现得越好,核桃的商品价值越高,其栽培价值也就越大^[22]。前人对核桃坚果经济性状的研究,主要以产量、坚果大小、重量、出仁率等指标为主,分别筛选出不同育种目标的优良单株或良种^[23~25]。由于坚果三径值、单果重、核仁重、出仁率、核壳厚、粗脂肪和粗蛋白等指标,均可形成量化的值,可通过主成分分析,有利于掌握坚果重要性状的主要信息。对于果形、果面、缝合线、仁色、取仁难易、饱满度、风味等指

表 8
Tab. 8
穗状核桃坚果品质综合评价
Comprehensive evaluation on the quality of spicate walnut nuts

主成分排序 Ranking of principal components	外观 Appearance of fruit			种仁 Seed kernel				果重 Fruit weight (g)	核壳厚度 Walnut shell thickness (mm)	出仁率 Kernel rate (%)	内含物 Inclusions		分数 Score	排名 Ranking
	果形 Fruit shape	果面 Fruit surface	缝合线 Shell seal	仁色 Kernel color	取仁难易 Kernel difficulty	饱满度 Plumpness	风味 Flavor				粗脂肪 Crude fat (%)	粗蛋白 Crude protein (%)		
SQLG	5	5	5	6	8	3	3	8	13	22	3	4	85	3
HSZML	3	5	5	8	6	3	4	8	13	26	4	5	90	1
CTYM	5	5	5	6	6	1	3	7	13	22	3	5	81	4
PAXH	3	3	4	6	8	3	4	5	13	22	3	5	79	5
HSLH	5	5	5	8	8	3	4	7	13	22	3	5	88	2
XJPX	3	3	4	4	6	1	3	5	15	28	2	5	79	5

标,可通过核桃坚果品质评分标准进行评价。由此可见,各指标的选取符合核桃坚果市场发展需求和价值取向。

通过对穗状核桃坚果综合性状的主成分分析,结果表明,果实在坚果大小、单果重、出仁率、核壳厚和营养品种等方面呈极显著差异($P < 0.01$),进一步反映了坚果的外观特征和内在品质差异较大;主成分1~3的累计方差贡献率为88.49%,表明了前3个主成分代表全部性状88.49%的综合信息,选取前3个为重要主成分,更为科学地反映了各单株的综合性状;确定了3个反映穗状核桃坚果主要性状的主成分及其主成分函数式,计算出各单株的重要主成分值;建立了坚果综合性状评价函数模型,计算出各单株的主成分综合得分,进行综合比较和排序,各单株顺序为SQLG、HSZML、CTYM、PAXH、HSLH、XJPX。在主成分分析的基础之上,结合核桃坚果品质评分标准,筛选出优良单株3个,分别为HSZML、HSLH和SQLG,其结果与待选优树的实际表现,以及前期的研究结果基本相似^[5]。因此,可结合选优目标,综合评判各优株的生产价值,如HSLH和HSZML表现出粗蛋白、粗脂肪高的特点,而SQLG表现出坚果大、仁重的特点。目前,SQLG已获得国家林业局颁发的植物新品种权证书(现命名为串福),已在四川、重庆等地进行扩繁推广。研究只涉及了穗状核桃7个主要经济性状,对生长发育、产量、抗性、出油率、油脂成分等性状考虑较少。更为合理的优树综合性状评价体系还有待于进一步的研究。

参考文献:

[1] 朱益川,赵世远,文斌,等.四川核桃优良单株选择的研究[J].四川林业科技,2000,21(4):11~15.
 [2] 杨文衡,张建光.二十年来核桃科研的进展[J].河北农业大学学报,1983,6(1):1~13.
 [3] 杨文衡.我国的核桃[J].河北农业大学学报,1984,7(2):1~9.
 [4] 郗荣庭,张毅萍.中国果树志(核桃卷)[M].北京:中国林业出版社,1996,85~91.

[5] 陈善波,王丽,王莎,等.四川穗状核桃资源调查与果实品质评价研究[J].四川林业科技,2017,38(2):1~7.
 [6] 自晓秀.介绍10种性状特殊的变异型核桃[J].烟台果树,2010(4):48~49.
 [7] 郭琳霞.毕节市核桃优良品种与评价[J].林业勘察设计,2011(2):89~90.
 [8] 范永林,陈军,余绍亮,等.红花串核桃种类型(品种)特性及育种策略[J].贵州林业科技,2012,40(1):36~39.
 [9] 彭少兵,张贝贝,王娟,等.利用SSR技术对安康串状核桃亲缘关系分析研究[J].西北林学院学报,2017,32(1):126~130.
 [10] 尚磊,程乾斗,刘正俭,等.安康市7个核桃品种适应性比较试验研究[J].林业科技通讯,2017,04:57~59.
 [11] LYT 1329-1999.核桃丰产与坚果品质[S].北京:国家林业局,1999.
 [12] GBT 20398-2006.核桃坚果质量等级[S].北京:中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,2006.
 [13] 2015.核桃遗传资源调查编目技术规程(试行)[S].北京:国家林业局科技发展中心,2015.
 [14] 2015.泡核桃遗传资源调查编目技术规程(试行)[S].北京:国家林业局科技发展中心,2015.
 [15] GB 5009.6-2003.食品中脂肪的测定[S].北京:中华人民共和国卫生部,2003.
 [16] GB 5009.5-2010.食品安全国家标准食品中蛋白质的测定[S].北京:中华人民共和国卫生部,2010.
 [17] 何晓华,高洁,宋鹏,等.核桃优良单株选择[J].湖南林业科技,2014,41(2):40~43,55.
 [18] 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.
 [19] 杨俊霞,郭宝林,张卫红,等.核桃主要经济性状的主成分分析及优良品种选择的研究[J].河北农业大学学报,2001,24(4):39~42.
 [20] 高焕章,吴楚,姜学知,等.湖北兴山核桃复选优系主要经济性状主成分分析[J].湖北农学院学报,2001,21(2):207~211.
 [21] 徐永杰,吴代坤,罗治建,等.主成分分析法在核桃选优中的应用[J].中国农学通报,2011,27(25):45~48.
 [22] 李超,曾辉,刘晓,等.贵州省核桃待选优树坚果综合性状评价[J].种子,2016,35(7):83~87.
 [23] 孙垟,肖千文,黄丽媛,等等.核桃单株经济性状的主成分分析[J].四川农业大学学报,2011,29(2):185~190.
 [24] 肖俊良,宁德鲁,彭明俊,等.滇东北核桃优良单株主要经济性状的主成分分析[J].西北林学院学报,2013,28(2):79~82.
 [25] 梁珊珊,吕芳德,蒋瑶,等.核桃待选优树坚果品质主成分分析及综合评判[J].经济林研究,2015,33(3):7~12,32.