

四川核桃种质资源表型多样性研究

蒲光兰¹, 肖千文^{1*}, 吴开志², 孙权³, 罗永飞⁴, 韦丽⁵

(1.四川农业大学林学院, 四川 雅安 625014; 2.四川省林木种苗站, 四川 成都 610081; 3.内江市林业局, 四川 内江 641100; 4.石棉县林业局, 四川 石棉 625400; 5.四川省林业勘察设计研究院, 四川 成都 610081)

摘要:以四川省15个核桃产区411份优树为研究对象,通过对主要性状指标的变异分析、聚类分析和主成分分析,初步探讨四川核桃的表型多样性,结果表明:①果枝率、坚果外观、缝合线、取仁难易和壳厚等主要经济性状指标的变异系数相对较高,分别为53.2%、34.4%、37.4%、25.7%和23.4%,品种选育中宜将果枝率、缝合线、坚果外观、取仁难易及坚果壳厚作为主要参考指标;②在15个核桃产区中,石棉产区各性状的变异程度总体最大,遗传多样性最丰富,综合表现以巴塘产区的最好;③聚类分析结果表明,当遗传距离为25时,四川15个核桃产区可聚为2类,第I类分布于甘孜州和阿坝州,第II类分布于凉山州、绵竹和石棉。四川核桃表型特征与气候条件关系密切,果枝率可作为核桃区划的重要依据。

关键词:核桃;种质资源;表型多样性;四川

中图分类号:S664.1

文献标志码:A

文章编号:1007-1032(2014)02-0162-06

Research on the phenotypic diversity of walnut germplasm resources in Sichuan

PU Guang-lan¹, XIAO Qian-wen^{1*}, WU Kai-zhi², SUN Quan³, LUO Yong-fei⁴, WEI Li⁵

(1.College of Forestry, Sichuan Agricultural University, Ya'an, Sichuan 625014, China; 2. Forest Seedling Station of Sichuan Province, Chengdu 610081, China; 3. The Forest Bureau of Neijiang, Neijiang, Sichuan 641100, China; 4. The Forest Bureau of Shimian, Shimian, Sichuan 625400, China; 5. Sichuan Forestry Inventory and Planning Institute, Chengdu 610081, China)

Abstract: Phenotypic diversity of walnut germplasm resources were investigated from main characters through variation analysis, clustering analysis and principal component analysis based on 411 superior trees from 15 cities/counties in Sichuan. The results were gotten as follows: ① variation coefficients of many economic indicators, such as fruit branches percentage, nut appearance, suture line, difficulty of taking kernel out and shell thickness were in a relative high level, they were 53.2%, 34.4%, 37.4%, 25.7% and 23.4% respectively. Consequently, the four indicators could be considered as reference guides in walnut variety breeding. ② the variation extent of all walnut characters was the greatest in Shimian area among all 15 walnut growing areas, where the genetic diversity showed great abundance. In general, the walnut from Batang area was ranked first in the 15 walnut areas; ③ the result from cluster analysis showed that the 15 walnut areas could be clustered into 2 classes when the distance was 25, i.e., the first class was distributed in Maoxian, Batang, Xiangcheng, Deronga, Jiuzhaigou, Wenchuan, Xiaojin, Songpan, Jiulong and Maerkang, and the second class was distributed in Meigu, Muli, Dechang, Mianzhu and Shimian. The result showed that the phenotypic characteristics of nuts had close relation with climatic condition, and fruit branches percentage could be taken as an important indicator for walnut zoning.

Key words: walnut; germplasm resources; phenotypic diversity; Sichuan province

收稿日期: 2013-11-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(40801079); 四川省农作物育种攻关项目(2011NZ0098-10)

作者简介: 蒲光兰(1979—), 女, 四川富顺人, 高级实验师, 主要从事核桃新品种培育研究, guanglan2002@163.com; *通信作者, xqw0835@163.com

核桃 (*Juglans regia* L.) 和铁核桃 (*Juglans sigillata* Dode.) 系胡桃科 (Juglandaceae) 胡桃属 (*Juglans*) 植物^[1], 是世界四大干果(核桃、腰果、榛子、杏仁)之王, 原产于欧洲东南部、亚洲西部和中国^[2-7]。四川是典型的山区, 也是中国核桃的主产区之一。四川复杂的地形、特殊的气候条件与核桃异花授粉的生物学特性, 使得当地核桃遗传背景复杂, 种质资源极其丰富。表型多样性是遗传变异与环境多样性的综合表现^[8], 是基因型与生态环境互作的结果^[9], 表型性状的综合评判对保存和开发优良核桃种质资源具有指导意义。目前, 关于核桃的遗传多样性研究主要停留在分子水平^[10-12]。川西高原及秦巴山区核桃具有丰富的遗传多样性^[10]。关于四川主要核桃产区表型多样性及其综合评判的研究尚少。笔者研究该区核桃种质资源的表型多样性, 以期为该区核桃种质资源的保存与有效利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

选取四川省15个核桃产区411份样本(表1)进行研究。

表1 供试材料的基本情况
Table 1 Basic situation of materials

| 编号 | 采集地 | 样本数/个 | 起源 | 主要生态环境 |
|----|-----|-------|----|-------------|
| 1 | 茂县 | 20 | 实生 | 村旁、路旁、宅旁、水旁 |
| 2 | 巴塘 | 53 | 实生 | 宅旁、山坡、河滩地等 |
| 3 | 得荣 | 43 | 实生 | 村旁、路旁、宅旁、水旁 |
| 4 | 美姑 | 24 | 实生 | 村旁、路旁、宅旁、水旁 |
| 5 | 木里 | 28 | 实生 | 村旁、路旁、宅旁、水旁 |
| 6 | 乡城 | 55 | 实生 | 村旁、路旁、宅旁、水旁 |
| 7 | 九寨沟 | 27 | 实生 | 村旁、路旁、宅旁、水旁 |
| 8 | 松潘 | 11 | 实生 | 村旁、路旁、宅旁、水旁 |
| 9 | 汶川 | 19 | 实生 | 村旁、路旁、宅旁、水旁 |
| 10 | 小金 | 20 | 实生 | 村旁、路旁、宅旁、水旁 |
| 11 | 九龙 | 39 | 实生 | 村旁、路旁、宅旁、水旁 |
| 12 | 马尔康 | 19 | 实生 | 村旁、路旁、宅旁、水旁 |
| 13 | 德昌 | 19 | 实生 | 村旁、路旁、宅旁、水旁 |
| 14 | 绵竹 | 12 | 实生 | 村旁、路旁、宅旁、水旁 |
| 15 | 石棉 | 22 | 实生 | 村旁、路旁、宅旁、水旁 |

1.2 方法

1.2.1 调查方法

2006年, 采用群众荐优和实地调查相结合的方法, 沿路和沿江河沟谷分组展开单株外业调查。因为山区道路位于不同的海拔高度, 所以重点记录样本分布的海拔上限及其生长发育表现。江河沟谷是干旱山区人口聚居地带, 也是核桃分布的主要线路。所有样本调查均于果熟期进行。

1.2.2 测定指标及方法

主要测定指标有树龄(实地走访调查所得)、树高(实地估测)、干高(地表至第一轮大枝之间的树干高度)、冠幅(树冠投影面积)、当年生枝平均长度(树冠外围东、西、南、北方向当年生枝各3枝长度的平均值)、透光率(晴天根据地面光斑估计, 阴天根据上视估计)、果枝率(结果枝占全部当年生枝的比率, 分别统计优树东、西、南、北侧枝至少各4枝的当年生枝和结果枝数)、平均丛生果数(结果枝中每枝簇生的果数)。

坚果三径及壳厚的测定: 将成熟果实至少20个带回实验室进行测定, 其中, 坚果三径为坚果腹径、缝径、果高的平均值, 壳厚为横径中部的果壳厚度, 均用游标卡尺测定。

树形、树势、坚果外观、坚果缝合线、取仁难易等定性指标采用赋值的方法进行数量化, 具体赋值标准如下:

树形: 1—疏层形; 2—伞形。

树势: 1—强; 2—较强; 3—中等; 4—较弱; 5—弱。

坚果外观: 1—刻点; 2—点沟 以刻点为主; 3—沟点 以刻沟为主; 4—刻沟。

坚果缝合线: 1—凸出; 2—微凸; 3—平。

取仁难易: 1—难, 依靠夹子只能取出半仁或1/4仁; 2—较难, 用夹子可夹破, 能取整仁或半仁; 3—较易, 2果可挤破, 能取半仁或1/4仁; 4—易, 2果可挤破, 能取整仁或半仁; 5—极易, 手指可捏破单果, 可取整仁。

1.3 数据处理

用Excel 2003处理数据; 用DPS 7.05进行主成分分析; 用SPSS 15.0进行聚类分析。在主成分分析过

程中,为了将全部信息利用起来,在计算各主成分得分的基础上,根据综合主成分函数模型 $F = \sum b_i Z_i = b_1 Z_1 + b_2 Z_2 + \dots + b_m Z_m$ (Z 为主成分得分 b 为主成分贡献率),计算综合得分^[13]。

2 结果与分析

2.1 四川核桃种质资源的主要表型性状

由表2可知:供试样本的17个性状差异明显,变异范围较大,变异系数为7.4%~82.4%,平均变异系数为34.2%。树形、树势、树高、干高、冠幅、

当年生枝平均长度、透光率、果枝率和缝合线的变异系数均高于平均水平,其余各性状指标的变异系数均低于平均水平。当年生枝平均长度的变幅较大,为109.0 cm,其变异系数最高,达82.4%,表明当年生枝平均长度的离散度较大,而常被作为品种选育重要经济性状之三径平均值变异系数最低,仅7.4%,果枝率、坚果外观、缝合线、取仁难易和壳厚等表型性状处于相对较高水平,变异系数分别为53.2%、34.4%、37.4%、25.7%和23.4%。

表2 供试样本主要表型性状指标分析结果

Table 2 Main phenotypic characteristics of walnut germplasm resources in Sichuan

| 指标 | 平均值 | 最大值 | 最小值 | 极差 | 标准差 | 变异系数/% |
|---------------------|---------|---------|-------|---------|---------|--------|
| 树形 | 1.400 | 2.000 | 1.000 | 1.000 | 0.500 | 35.0 |
| 树势 | 2.400 | 5.000 | 1.000 | 4.000 | 0.900 | 36.1 |
| 树高(m) | 13.100 | 30.000 | 1.500 | 28.500 | 4.700 | 36.0 |
| 干高(m) | 2.000 | 12.000 | 0.000 | 12.000 | 1.300 | 64.2 |
| 冠幅(m ²) | 144.670 | 676.000 | 7.070 | 668.900 | 107.300 | 74.1 |
| 当年生枝平均长度(cm) | 12.700 | 110.000 | 1.000 | 109.000 | 10.500 | 82.4 |
| 透光率(%) | 26.100 | 80.000 | 0.100 | 79.900 | 15.600 | 59.6 |
| 果枝率(%) | 43.100 | 95.000 | 0.100 | 94.900 | 23.000 | 53.2 |
| 平均丛生果数(个) | 2.200 | 4.000 | 1.000 | 3.000 | 0.500 | 22.7 |
| 坚果腹径(cm) | 3.489 | 4.228 | 2.768 | 1.460 | 0.300 | 8.0 |
| 坚果缝径(cm) | 3.340 | 4.386 | 2.597 | 1.789 | 0.300 | 7.6 |
| 坚果果高(cm) | 3.778 | 5.202 | 2.603 | 2.599 | 0.400 | 10.8 |
| 坚果三径平均(cm) | 3.536 | 4.250 | 2.671 | 1.579 | 0.300 | 7.4 |
| 坚果外观 | 2.500 | 4.000 | 1.000 | 3.000 | 0.900 | 34.4 |
| 坚果缝合线 | 1.600 | 3.000 | 1.000 | 2.000 | 0.600 | 37.4 |
| 取仁难易 | 3.800 | 5.000 | 1.000 | 4.000 | 1.000 | 25.7 |
| 坚果壳厚(cm) | 1.284 | 2.613 | 0.253 | 2.360 | 0.300 | 23.4 |

2.2 四川核桃种质资源主要表型性状的产区差异

由表3可以看出:15个产区核桃果枝率的差异明显,最高的是汶川产区,果枝率达72.3%,最低的是石棉产区,果枝率仅3.4%;果实以双果或三果居多;坚果缝合线总体较凸出,取仁较容易,除九寨沟产区外,其余产区坚果平均壳厚均 < 1.5 mm,属于薄壳核桃。从坚果外观来看,巴塘和九龙均以刻沟为主,具有明显的普通核桃表型特征。由表4可知:各性状产区间的遗传变异较大,表明各产区

性状的离散度较大;就性状而言,干高、冠幅、当年生枝平均长度、透光率、果枝率等的变异系数较大,最高达89.87%,这可能与所在地区的气候条件、经营管理水平及单株遗传学特性有关,而平均丛生果数、取仁难易、腹径、缝径、果高、三径平均、坚果外观、缝合线、壳厚等的变异系数相对较低,表明该性状的稳定性相对较高;就不同产区而言,石棉产区的变异程度最高,表明该区核桃的遗传多样性最丰富。

表3 不同产区核桃种质资源的表型性状指标

Table 3 Phenotype traits of walnut germplasm from different areas

| 产区 | 树形 | 树势 | 树高/m | 干高/m | 冠幅/m ² | 当年生枝长度/cm | 透光率/% | 果枝率/% |
|-----|----------|----------|-----------|----------|-------------------|------------|------------|------------|
| 茂县 | 1.2±0.37 | 2.5±0.83 | 15.9±3.39 | 2.2±0.95 | 138.5±80.58 | 14.2±8.39 | 25.9±8.74 | 64.3±17.82 |
| 巴塘 | 1.5±0.50 | 2.9±0.67 | 11.6±3.60 | 2.1±1.54 | 196.1±141.33 | 12.4±4.29 | 16.7±12.15 | 39.4±17.60 |
| 得荣 | 1.2±0.39 | 2.5±0.55 | 11.4±2.08 | 1.9±1.27 | 112.3±65.80 | 8.1±2.70 | 28.5±9.67 | 53.3±15.00 |
| 美姑 | 1.8±0.42 | 1.3±0.65 | 15.4±2.53 | 1.7±0.61 | 144.8±40.60 | 8.5±2.45 | 27.1±13.77 | 14.5±13.19 |
| 木里 | 1.5±0.51 | 1.3±0.52 | 10.5±2.51 | 1.5±0.63 | 84.5±25.98 | 7.7±2.19 | 26.3±12.07 | 28.4±15.72 |
| 乡城 | 1.5±0.50 | 2.5±0.79 | 10.4±3.08 | 1.9±1.00 | 128.5±115.47 | 9.5±4.79 | 26.9±10.91 | 49.1±17.93 |
| 九寨沟 | 1.4±0.49 | 2.4±0.93 | 15.9±6.64 | 1.9±1.00 | 171.2±100.16 | 31.5±16.46 | 21.9±12.10 | 61.5±17.53 |
| 松潘 | 1.3±0.47 | 2.4±0.50 | 9.6±3.11 | 2.3±0.67 | 81.7±50.74 | 25.5±10.60 | 63.6±10.30 | 69.9±16.93 |
| 汶川 | 1.1±0.28 | 2.0±0.91 | 13.4±6.06 | 3.3±1.32 | 131.9±117.41 | 35.0±24.66 | 30.0±9.79 | 72.3±13.94 |
| 小金 | 1.9±0.37 | 2.6±0.99 | 13.7±6.23 | 1.3±0.80 | 136.6±104.25 | 11.3±5.39 | 45.0±18.99 | 55.3±24.46 |
| 九龙 | 1.3±0.46 | 2.9±0.44 | 11.7±2.62 | 2.4±1.91 | 182.3±143.85 | 7.4±2.19 | 15.1±9.16 | 41.3±12.23 |
| 马尔康 | 1.1±0.23 | 1.5±0.51 | 14.4±2.22 | 1.6±0.51 | 142.0±50.49 | 12.5±10.02 | 28.3±10.43 | 60.3±13.59 |
| 德昌 | 1.6±0.50 | 2.3±0.73 | 19.7±5.48 | 2.2±1.22 | 106.1±54.46 | 11.0±2.59 | 42.8±16.59 | 25.3±11.58 |
| 绵竹 | 1.1±0.29 | 3.2±0.58 | 10.1±4.19 | 3.5±1.34 | 122.3±96.57 | 15.0±4.59 | 33.6±15.06 | 28.3±10.30 |
| 石棉 | 1.4±0.50 | 2.4±1.10 | 13.0±4.05 | 2.5±1.14 | 94.3±66.61 | 9.0±4.78 | 23.6±15.67 | 3.4±2.84 |

| 产区 | 丛生果数/个 | 腹径/cm | 缝径/cm | 果高/cm | 三径平均/cm | 坚果外观 | 坚果缝合线 | 取仁难易 | 壳厚/mm |
|-----|----------|------------|------------|------------|------------|----------|----------|----------|------------|
| 茂县 | 2.7±0.43 | 3.421±0.32 | 3.231±0.29 | 3.657±0.42 | 3.436±0.30 | 2.2±0.41 | 1.7±0.66 | 3.9±0.45 | 1.356±0.41 |
| 巴塘 | 1.9±0.32 | 3.562±0.26 | 3.565±0.27 | 4.175±0.38 | 3.768±0.20 | 3.1±0.69 | 1.8±0.50 | 4.3±0.44 | 1.359±0.29 |
| 得荣 | 1.9±0.26 | 3.500±0.24 | 3.361±0.18 | 3.814±0.24 | 3.558±0.17 | 2.8±0.67 | 2.1±0.53 | 4.5±0.63 | 1.308±0.12 |
| 美姑 | 2.1±0.29 | 3.606±0.34 | 3.404±0.30 | 3.844±0.35 | 3.618±0.29 | 2.3±0.49 | 2.0±0.52 | 2.9±1.04 | 1.122±0.16 |
| 木里 | 2.2±0.46 | 3.586±0.29 | 3.228±0.23 | 3.470±0.32 | 3.428±0.22 | 1.2±0.69 | 1.1±0.31 | 3.0±0.19 | 1.341±0.24 |
| 乡城 | 2.0±0.36 | 3.481±0.22 | 3.325±0.20 | 3.773±0.31 | 3.526±0.20 | 2.6±0.63 | 1.6±0.49 | 4.3±0.87 | 1.481±0.26 |
| 九寨沟 | 2.4±0.49 | 3.286±0.18 | 3.239±0.22 | 3.663±0.31 | 3.396±0.21 | 1.6±0.64 | 2.0±0.52 | 4.0±0.71 | 1.660±0.16 |
| 松潘 | 2.5±0.52 | 3.174±0.10 | 3.039±0.09 | 3.281±0.12 | 3.159±0.11 | 2.2±0.40 | 1.2±0.40 | 3.8±0.98 | 1.186±0.18 |
| 汶川 | 2.6±0.65 | 3.509±0.34 | 3.371±0.27 | 3.818±0.41 | 3.565±0.32 | 2.5±0.52 | 1.5±0.66 | 2.8±1.41 | 1.044±0.22 |
| 小金 | 2.6±0.50 | 3.268±0.16 | 3.326±0.18 | 3.865±0.28 | 3.486±0.18 | 2.4±0.92 | 2.1±0.42 | 4.2±0.73 | 1.009±0.26 |
| 九龙 | 2.3±0.47 | 3.629±0.22 | 3.373±0.19 | 3.662±0.36 | 3.556±0.20 | 3.0±0.68 | 1.4±0.48 | 4.1±0.27 | 1.089±0.24 |
| 马尔康 | 2.1±0.46 | 3.410±0.18 | 3.421±0.22 | 3.961±0.38 | 3.597±0.17 | 2.5±0.70 | 1.3±0.56 | 1.8±1.25 | 1.382±0.23 |
| 德昌 | 2.2±0.42 | 3.522±0.19 | 3.163±0.22 | 3.689±0.44 | 3.457±0.21 | 2.2±0.90 | 1.6±0.69 | 3.1±0.78 | 1.211±0.30 |
| 绵竹 | 2.2±0.39 | 3.690±0.24 | 3.380±0.22 | 3.983±0.31 | 3.685±0.19 | 2.8±0.72 | 1.8±0.75 | 4.4±0.51 | 1.096±0.11 |
| 石棉 | 1.9±0.87 | 3.706±0.30 | 3.412±0.26 | 3.966±0.39 | 3.696±0.29 | 2.5±1.26 | 1.6±0.73 | 4.0±0.38 | 1.019±0.26 |

表 4 不同产区核桃种质资源表型性状指标的变异系数

Table 4 Variation coefficient of phenotypic traits of walnut germplasm from different regions

| 产区 | 变异系数/% | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| | 树形 | 树势 | 树高 | 干高 | 冠幅 | 当年生枝长度 | 透光率 | 果枝率 | 丛生果数 | 坚果腹径 | 坚果缝径 | 坚果果高 | 三径平均 | 坚果外观 | 坚果缝合线 | 取仁难易 | 坚果壳厚 |
| 茂县 | 31.86 | 33.70 | 21.40 | 43.84 | 58.18 | 58.98 | 33.73 | 27.72 | 16.11 | 9.47 | 9.03 | 11.52 | 8.70 | 18.65 | 38.64 | 11.47 | 29.93 |
| 巴塘 | 32.55 | 22.60 | 31.18 | 73.94 | 72.06 | 34.70 | 72.90 | 44.65 | 16.56 | 7.29 | 7.63 | 9.06 | 5.43 | 22.30 | 28.25 | 10.42 | 21.35 |
| 得荣 | 33.20 | 21.69 | 18.19 | 66.12 | 58.57 | 33.38 | 33.94 | 28.16 | 13.35 | 6.82 | 5.43 | 6.36 | 4.86 | 24.17 | 25.14 | 14.12 | 9.24 |
| 美姑 | 23.66 | 48.02 | 16.43 | 36.14 | 28.04 | 28.69 | 50.85 | 91.26 | 13.80 | 9.55 | 8.95 | 9.20 | 8.01 | 20.74 | 26.11 | 35.72 | 13.86 |
| 木里 | 33.95 | 41.46 | 23.91 | 41.10 | 30.73 | 28.30 | 45.97 | 55.29 | 21.07 | 8.00 | 7.03 | 9.16 | 6.36 | 56.51 | 28.45 | 6.38 | 17.87 |
| 乡城 | 34.21 | 32.15 | 29.50 | 52.59 | 89.87 | 50.31 | 40.53 | 36.52 | 17.82 | 6.33 | 5.95 | 8.17 | 5.78 | 24.63 | 29.67 | 20.34 | 17.29 |
| 九寨沟 | 35.91 | 38.20 | 41.76 | 52.54 | 58.51 | 52.27 | 55.38 | 28.51 | 20.76 | 5.49 | 6.93 | 8.50 | 6.08 | 39.94 | 26.36 | 17.49 | 9.93 |
| 松潘 | 36.70 | 21.35 | 32.24 | 29.59 | 62.13 | 41.63 | 16.18 | 24.21 | 21.28 | 3.06 | 2.85 | 3.80 | 3.33 | 18.54 | 34.23 | 25.71 | 14.76 |
| 汶川 | 25.75 | 45.64 | 45.30 | 39.77 | 89.00 | 70.47 | 32.63 | 19.27 | 24.87 | 9.72 | 8.02 | 10.79 | 8.96 | 20.44 | 42.91 | 49.37 | 21.16 |
| 小金 | 19.80 | 38.26 | 45.68 | 62.48 | 76.32 | 47.60 | 42.19 | 44.28 | 19.33 | 4.87 | 5.50 | 7.23 | 5.17 | 37.71 | 20.25 | 17.34 | 25.44 |
| 九龙 | 35.70 | 15.22 | 22.40 | 78.17 | 78.92 | 29.56 | 60.54 | 29.66 | 20.40 | 6.00 | 5.72 | 9.85 | 5.73 | 22.65 | 35.78 | 6.55 | 22.22 |
| 马尔康 | 21.79 | 33.61 | 15.43 | 32.56 | 35.56 | 80.32 | 36.82 | 22.55 | 21.79 | 5.13 | 6.50 | 9.67 | 4.84 | 28.16 | 44.49 | 68.10 | 16.59 |
| 德昌 | 30.38 | 32.41 | 27.76 | 55.48 | 51.35 | 23.43 | 38.76 | 45.86 | 18.95 | 5.33 | 7.05 | 11.86 | 6.21 | 41.63 | 43.86 | 25.55 | 24.87 |
| 绵竹 | 26.65 | 18.23 | 41.53 | 38.18 | 78.94 | 30.53 | 44.84 | 36.35 | 17.97 | 6.54 | 6.37 | 7.71 | 5.14 | 25.33 | 43.07 | 11.66 | 10.44 |
| 石棉 | 35.71 | 45.58 | 31.07 | 45.56 | 70.66 | 53.33 | 66.31 | 83.85 | 45.46 | 7.98 | 7.67 | 9.94 | 7.71 | 50.52 | 46.15 | 9.49 | 25.41 |

2.3 不同产区核桃主要经济性状指标的主成分分析

以果枝率、平均丛生果数、坚果腹径、坚果缝径、坚果果高、坚果三径平均、坚果外观、坚果缝合线、取仁难易、坚果壳厚等10项主要经济性状指标进行主成分分析的结果见表5。前4个主成分的特征值大于1, 累计方差贡献率约达86.62%, 表明这4个主成分反映了核桃10项主要性状86.62%的信息, 因此, 可计算前4个主成分的单项得分和综合得分, 用来评价各产区核桃的综合性状(表6)。依据表6中的主成分值从高到低进行排序, 第一主成分的排序结果为巴塘产区、石棉产区、绵竹产区、美姑产区、得荣产区……; 第2主成分的排序结果为小金产区、得荣产区、九寨沟产区、巴塘产区……; 第3主成分的排序结果为九寨沟产区、乡城产区、木里产区……; 第4主成分的排序结果为马尔康产区、汶川产区……。由此基本可以判断, 巴塘产区核桃的综合性状表现最好。15个产区可划分为7个等级, 其中巴塘产区的综合得分最高, 达2.0677,

被划分为第1等, 表明巴塘产区核桃的综合表现最佳。该结果与用前4个主成分得分计算出来的结果一致, 也与各性状指标单独评价的结果相近, 表明用主成分分析方法评价四川各产区核桃表型性状的结果是比较可靠的。

表5 主成分分析的特征值和方差贡献率

| 序号 | 特征值 | 方差贡献率/% | 累计方差贡献率/% |
|----|---------|----------|-----------|
| 1 | 4.649 4 | 46.493 9 | 46.493 9 |
| 2 | 1.713 2 | 17.131 6 | 63.625 6 |
| 3 | 1.199 7 | 11.996 6 | 75.622 2 |
| 4 | 1.099 5 | 10.994 9 | 86.617 0 |
| 5 | 0.705 5 | 7.0551 | 93.672 1 |
| 6 | 0.343 2 | 3.431 7 | 97.103 8 |
| 7 | 0.145 6 | 1.456 1 | 98.560 0 |
| 8 | 0.094 4 | 0.944 4 | 99.504 4 |
| 9 | 0.049 5 | 0.495 5 | 99.999 9 |
| 10 | 0.000 0 | 0.000 1 | 100 |

表6 各产区的主成分得分及综合得分

Table 6 Score of principal component and comprehensive scores in different areas

| 产区 | 分值/分 | | | | | | | | | | 等级 | |
|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------|----|
| | Z ₁ | Z ₂ | Z ₃ | Z ₄ | Z ₅ | Z ₆ | Z ₇ | Z ₈ | Z ₉ | Z ₁₀ | | 综合 |
| 茂县 | -1.984 7 | 0.954 2 | -0.259 3 | 0.114 3 | -0.331 7 | 0.992 5 | 0.321 6 | 0.34 7 | 0.089 8 | 0.000 7 | -0.758 8 | 5 |
| 巴塘 | 3.542 9 | 1.151 9 | 0.903 3 | 0.583 0 | 0.718 0 | 0.142 1 | -0.467 8 | 0.122 9 | 0.160 6 | 0.005 6 | 2.067 7 | 1 |
| 得荣 | 1.181 5 | 1.565 9 | 0.674 3 | -0.779 5 | 0.489 1 | -0.608 7 | 0.520 2 | -0.596 4 | -0.330 5 | -0.002 2 | 0.826 7 | 2 |
| 美姑 | 1.687 9 | -0.952 8 | -0.008 4 | -0.228 0 | -1.485 8 | -0.647 1 | 0.454 5 | -0.255 6 | 0.406 9 | 0.005 4 | 0.474 7 | 3 |
| 木里 | -1.962 2 | -2.945 8 | 1.019 7 | -0.543 1 | -0.221 8 | 0.720 7 | -0.392 4 | -0.407 8 | -0.090 2 | -0.000 1 | -1.355 3 | 6 |
| 乡城 | 0.209 1 | 0.579 3 | 1.270 5 | -0.369 5 | 1.169 7 | 0.053 9 | 0.035 3 | 0.103 7 | -0.008 6 | -0.000 3 | 0.394 1 | 3 |
| 九寨沟 | -2.409 4 | 1.503 6 | 2.155 8 | -0.382 6 | -0.965 8 | 0.399 2 | -0.038 4 | 0.012 1 | 0.079 1 | -0.001 3 | -0.700 6 | 5 |
| 松潘 | -4.836 6 | 0.034 1 | -1.015 2 | -0.463 1 | 1.277 3 | -0.847 0 | -0.255 7 | 0.005 0 | 0.044 9 | 0.005 5 | -2.358 0 | 7 |
| 汶川 | -0.390 8 | -0.037 4 | -1.566 5 | 1.919 1 | -0.333 4 | 0.577 1 | 0.216 0 | -0.312 3 | -0.311 2 | 0.002 9 | -0.170 1 | 4 |
| 小金 | -0.576 3 | 2.010 2 | -1.497 7 | -0.096 7 | -1.295 4 | -0.403 8 | -0.684 3 | -0.054 8 | 0.039 2 | -0.004 5 | -0.229 4 | 4 |
| 九龙 | 0.746 7 | -0.360 2 | -1.363 6 | -0.234 4 | 1.236 6 | 0.539 7 | 0.303 8 | -0.179 8 | 0.458 6 | -0.006 2 | 0.206 9 | 3 |
| 马尔康 | 0.226 9 | -0.909 3 | 0.962 5 | 2.963 0 | 0.221 2 | -0.632 6 | -0.065 3 | 0.165 1 | 0.002 2 | -0.003 8 | 0.385 5 | 3 |
| 德昌 | -0.746 3 | -1.298 3 | -0.036 8 | -0.647 4 | -0.393 3 | -0.659 1 | 0.491 1 | 0.632 6 | -0.146 7 | -0.002 4 | -0.683 0 | 5 |
| 绵竹 | 2.375 0 | 0.159 0 | -0.811 3 | -0.747 3 | -0.006 4 | 0.548 7 | 0.107 7 | 0.341 6 | -0.268 5 | 0.002 7 | 0.973 8 | 2 |
| 石棉 | 2.936 3 | -1.454 4 | -0.427 3 | -1.087 8 | -0.078 3 | -0.175 7 | -0.546 3 | 0.076 5 | -0.125 4 | -0.002 1 | 0.925 8 | 2 |

Z₁, Z₂, Z₃, ..., Z₁₀ 分别为主成分 1, 2, 3, ..., 10。

2.4 不同产区核桃的聚类分析

以核桃果枝率、平均丛生果数、腹径、缝径、果高、三径平均、坚果外观、缝合线、取仁难易、壳厚10项主要经济性状指标对15个产区进行聚类分析。结果(图1)表明, 当距离为25时, 15个核桃产

区可聚为2类: 第I类为甘孜州和阿坝州, 具体包括茂县产区、巴塘产区、乡城产区、松潘产区、九龙产区、马尔康产区、得荣产区、九寨沟产区、汶川产区、小金产区; 第II类为凉山州、绵竹和石棉, 具体包括木里产区、绵竹产区、德昌产区、美姑产区、石棉产区。

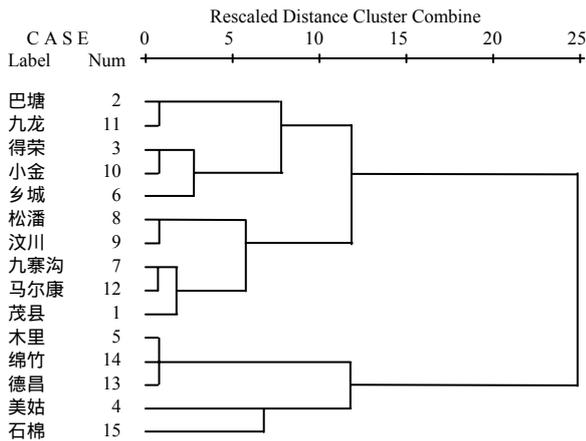


图1 四川15个核桃产区的聚类分析结果

Fig.1 Result of cluster analysis in 15 walnut distributed areas in Sichuan

3 结论与讨论

a. 四川核桃坚果的表型多样性。本研究中，果枝率、坚果外观、缝合线、取仁难易和壳厚等主要表型性状具有相对较高的变异系数，表明四川核桃种质资源丰富，具有较大的选择潜力。由于坚果壳厚等具有十分稳定的遗传能力^[14]，因此，在品种选育过程中，宜将果枝率、缝合线是否凸出、坚果外观刻沟还是刻点、取仁难易及坚果壳厚等作为重要的参考指标，并结合丰产稳产性、抗性等进行评价。就不同核桃产区而言，石棉产区各性状的变异程度总体最高，表明石棉核桃种质资源丰富。这与文献^[15]的研究结果一致，可能与石棉独特的气候^[16]有关。

b. 气候条件及单株遗传学差异是影响果枝率的重要因子，果枝率可作为核桃区划的重要依据。巴塘和九龍坚果均以刻沟为主，具有明显的普通核桃表型特征，这可能与该区气候类型有关。甘孜州和阿坝州的10个核桃产区聚为1类，绵竹、石棉和凉山州核桃产区聚为1类，2类间的距离较大，表明每类的特征较突出，2类核桃的亲缘关系较远。绵竹和石棉核桃产区虽然与阿坝州、甘孜州的遗传距离均较近，但其没有聚为一类，而是石棉产区、绵竹产区与凉山州核桃产区聚为了一类，其原因可能是：九顶山等的影响(绵竹离汶川、茂县较近，绵竹西北部有九顶山等多座大山，茂县、汶川位于绵竹西北部)导致了绵竹与茂县、汶川的气候差异明显；由于贡嘎山、令牌山等大雪山山系阻隔，导致石棉与甘孜州九龍等的气候差异明显；甘孜州与阿坝州主要以高原型季风气候为主，也有温凉半湿润气候，气候条件较相似；凉山州、绵竹与石棉核桃产区气候相似，其中，凉山州、绵竹均属亚热带季风

气候，石棉是以亚热带季风气候为基础的山地气候。可见，四川核桃表型特征与气候密切相关。甘孜州、阿坝州产区核桃最显著的特征是果枝率较高，而绵竹、石棉和凉山州产区核桃的果枝率明显较低，表明果枝率可能受气候影响。美姑、石棉、木里、德昌和绵竹产区核桃的果枝率变异系数整体较低，表明核桃果枝率受单株差异的影响较大。

c. 15个核桃产区中，巴塘产区的主成分分析综合得分(2.0677)最高，这可能是由于巴塘属于甘孜州南部地区，日照充足，利于核桃发育。此外，该区大量引种北方优质核桃，或对乡土优良单株进行相互引种等也使该区核桃表型性状的综合表现较好。

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21卷[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [2] 郗荣庭, 张毅萍. 中国核桃[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992.
- [3] 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.
- [4] 黄泰康, 丁志遵, 赵守训, 等. 现代本草纲目[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2001.
- [5] 吴昌国. 中医历代药论选[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2008.
- [6] 汪昂. 本草备要[M]. 北京: 人民军医出版社, 2007.
- [7] 沈连生. 中药图典[M]. 北京: 华夏出版社, 2006.
- [8] 顾万春. 统计遗传学[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [9] 李先信, 杨迎花, 陈婕平, 等. 湖南柚种质资源的遗传多样性和亲缘关系[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2013, 39(4): 363-370.
- [10] 徐郑, 胡庭兴, 张帆, 等. 运用 RAPD 对我国川西高原及秦巴山区核桃的研究[J]. 四川林业科技, 2007, 28(6): 9-13.
- [11] 陈良华, 胡庭兴, 张帆, 等. 用 AFLP 技术分析四川核桃资源的遗传多样性[J]. 植物生态学报, 2008, 32(6): 1362-1372.
- [12] 吴燕民, 刘英, 董凤祥, 等. 应用 RAPD 对我国栽培核桃不同地理生态型的研究[J]. 北京林业大学学报, 2000, 22(5): 23-27.
- [13] 袁大刚, 刘成, 蒲光兰, 等. 沼液浸种对万寿菊种子发芽及幼苗生长的影响[J]. 中国中药杂志, 2011, 36(7): 817-822.
- [14] 吴开志. 核桃杂交亲本及 F₁ 代的遗传多样性与相关性研究[D]. 四川农业大学, 2009.
- [15] 罗永飞. 石棉县核桃资源调查及优树选择[D]. 四川农业大学, 2012.
- [16] 肖亮, 蒋建雄, 易自力, 等. 五节芒种质资源的表型多样性分析[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2013, 39(2): 150-154.

责任编辑: 王赛群
英文编辑: 王 库