

中国板栗地方品种重要农艺性状的表型多样性

江锡兵^{1,*}, 龚榜初^{1,*}, 刘庆忠², 陈新², 吴开云¹, 邓全恩¹, 汤丹¹

(¹ 中国林业科学院亚热带林业研究所, 浙江富阳 311400; ² 山东省果树研究所, 山东泰安 271000)

摘要: 采用巢式设计方差分析、聚类分析方法, 对中国 10 个省份 90 个板栗地方品种叶片表型、坚果表型及品质 12 个重要农艺性状进行多样性分析。结果表明: (1) 板栗 12 个农艺性状在群体内和群体间差异均达到极显著水平, 说明其在群体内和群体间均存在广泛变异; (2) 叶片表型性状、坚果表型性状及坚果品质性状的平均变异系数分别为 7.7%、4.4% 和 6.8%, 表明坚果表型性状遗传稳定性高于叶片表型及坚果品质性状; (3) 群体间表型分化系数 V_{ST} 均值为 23.42%, 远远小于群体内变异 (76.58%), 群体内变异是其主要变异来源; (4) 利用群体间最小距离进行聚类分析, 将 10 个板栗群体分为 4 大类, 反映不同地理群体板栗表型多样性存在差异。

关键词: 板栗; 地方品种; 农艺性状; 表型多样性

中图分类号: S 664.2

文献标志码: A

文章编号: 0513-353X (2014) 04-0641-12

Phenotypic Diversity of Important Agronomic Traits of Local Cultivars of Chinese Chestnut

JIANG Xi-bing¹, GONG Bang-chu^{1,*}, LIU Qing-zhong², CHEN Xin², WU Kai-yun¹, DENG Quan-en¹, and TANG Dan¹

(¹ *Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang, Zhejiang 311400, China;* ² *Shandong Institute of Pomology, Tai'an, Shandong 271000, China*)

Abstract: Phenotypic diversity of 12 important agronomic characters include leaf and nut phenotype and quality for 90 Chinese chestnut cultivars from 10 provinces were analyzed using nested design variance analysis and cluster analysis methods. The results showed: (1) There were significant differences for 12 agronomic traits of chestnut among and within populations, indicated that there existed a wide range of variation in the two levels; (2) The average variation coefficient of leaf and nut phenotype and quality traits were 7.7%, 4.4% and 6.8%, respectively, showed that genetic stability of nut phenotype traits was higher than the other two traits; (3) The average of phenotypic differentiation coefficient among populations were 23.42%, which were less than the variation within populations (76.58%), showed that the variation within populations was the main source of variation; (4) Ten populations of chestnut were divided into 4 categories by using the minimum distance cluster analysis, indicated the differences of phenotypic diversity of chestnut existed in different geographical population.

Key words: chestnut; local cultivars; agronomic traits; phenotypic diversity

收稿日期: 2013 - 11 - 01; **修回日期:** 2014 - 04 - 03

基金项目: 中国林业科学院亚热带林业研究所基本科研业务费专项资金项目 (RISF61253); 浙江省竹木农业新品种选育重大科技专项 (2012C12908-18)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: gongbc@126.com)

板栗 (*Castanea mollissima* Bl.) 属壳斗科 (Fagaceae) 栗属 (*Castanea* Miller)。中国板栗在世界食用栗中占有重要位置, 是世界各国进行食用栗品种改良的重要基因来源 (Anagnostakis, 1992; Eiichi et al., 2009; 田华 等, 2009)。

板栗是中国古老和驯化栽培最早的果树之一, 山东、河北、江苏、湖北、浙江、陕西等省份是中国板栗的主要产区, 也是中国板栗特有的种质资源库和优质板栗地方品种的重要来源 (王同坤 等, 2006)。

植物表型多样性是遗传多样性与环境多样性的综合体现, 表型和基因型之间存在着基因表达、个体发育、调控等复杂的中间环节, 根据表型差异来反映基因型差异具有重要的意义 (李斌 等, 2002; 李梅, 2005)。表型特征中, 叶片和果实性状的表型变异是遗传变异的重要特征之一 (Michelle et al., 1995)。

本研究中以来自中国板栗主产区的部分板栗地方品种为材料, 对其叶片、坚果表型及品质等重要农艺性状进行表型多样性分析, 揭示不同地区板栗地方品种表型变异规律及变异水平, 为今后板栗优良种质资源保存及品种选育奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以山东省果树研究所国家板栗资源圃中来自山东等 10 个省 (市) 的 90 个板栗品种为材料, 90 个品种名称及其来源见表 1 或表 2。试验地位于山东省中部的泰山南麓泰安市郊, 东经 $116^{\circ}20'$ ~ $117^{\circ}59'$, 北纬 $35^{\circ}38'$ ~ $36^{\circ}28'$, 属温带半湿润大陆性季风气候区, 年平均气温 13°C , 年降水量 697 mm。2012、2013 连续两年 8—10 月采集板栗叶片和果实, 每个品种选取 3 株生长发育良好的成年树, 从每株中部四周采摘 30 片完整叶片和 30 个成熟栗苞带回实验室。对板栗叶片长度、叶片宽度、叶柄长度、叶形指数、坚果长度、坚果宽度、单果质量、果形指数以及坚果淀粉含量、可溶性糖含量、总蛋白含量、钙含量共 12 个农艺性状 (反映叶片、坚果大小和形状及主要营养成分指标) 进行测定。

1.2 叶片、坚果表型测定

叶片表型测定: 采用直尺测量板栗叶片长度、宽度以及叶柄长度。叶形指数计算公式为: 叶形指数 = 叶片长度/叶片宽度。

坚果表型测定: 取栗苞中板栗边果进行测量, 采用游标卡尺测量其长度和宽度, 百分之一电子天平称质量。果形指数计算公式为: 果形指数 = 坚果长度/坚果宽度。

1.3 营养品质指标测定

淀粉含量采用蒽酮比色法测定, 参照 Hizukuri 等 (1989) 的方法并作适当改进。以 $100\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 葡萄糖标准液作标准曲线。取板栗样品 1 g 研磨成匀浆, 加乙醇少许, 再加 35 mL $0.5\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH, 沸水加热搅拌 20 min, 冷却后离心 20 min ($4\,500\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$), 取上清液 1 mL, 稀释 1 000 倍; 取稀释液 2 mL, 加入 5 mL 硫酸—蒽酮溶液, 加热 10 min 显色, 冷却后于 620 nm 波长下比色, 测 OD 值, 换算总淀粉含量百分数。

可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定 (陈钧辉, 2008)。

总蛋白含量的测定参照《GB 5009.5-2010 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》。

钙含量的测定参照《GB/T 5009.92-2003 食品安全国家标准 食品中钙的测定》。

1.4 数据分析

对各性状采用巢式设计方差分析，线性模型为： $Y_{ijk} = \mu + S_i + T_{(i)j} + \varepsilon_{(ij)k}$ 。式中： Y_{ijk} 为第 i 个群体第 j 个家系第 k 个观测值， μ 为总均值， S_i 为群体效应（固定）， $T_{(i)j}$ 为群体内家系效应（随机）； $\varepsilon_{(ij)k}$ 为试验误差。

V_{ST} 为表型分化系数，表示群体间变异占遗传总变异的百分比（葛颂等，1988）， $V_{ST}(\%) = [\delta_{2t/S} / (\delta_{2t/S} + \delta_{2s})] \times 100$ 。式中： $\delta_{2t/S}$ 为群体间方差分量， δ_{2s} 为群体内方差分量。

用性状特征变异系数（CV）表示性状离散程度， $CV(\%) = s/\bar{x} \times 100$ 。式中： \bar{x} 为性状平均值， s 为标准差。

采用 Excel 和 SAS 8.0 统计软件对各性状进行方差分析，Duncan's 多重比较及聚类分析。

2 结果与分析

2.1 板栗叶片、坚果表型及品质性状群体间变异特征

由表 1 ~ 表 4 可以看出，板栗叶片、坚果表型及品质 12 个性状在群体间和群体内的差异均达到极显著水平，表明其在群体间和群体内两个层次上均存在广泛的变异。其中，叶片表型性状中，叶柄长度的群体间和群体内 F 值均为最大，分别达到 24.65 和 4.07，表明其在群体间和群体内变异程度均大于叶片长度、宽度和叶形指数。坚果表型性状中，坚果长度群体间 F 值最大，达到 37.54，其群体间变异程度较大，而果形指数群体间 F 值最小，仅为 3.14，群体间变异程度较小，坚果表型各性状群体内 F 值介于 3.14 ~ 3.73 之间，表明其群体内变异程度相近；坚果品质各性状群体间 F 值为 5.38 ~ 25.24，其中，钙含量群体间变异程度最大，总蛋白含量群体间变异程度最小。

表 1 板栗 90 个地方品种叶片、坚果表型性状数据
Table 1 Data of phenotype traits of leaf and nut of ninety local cultivars of chestnut

| 来源 Source | 品种 Cultivar | 叶片长度/ cm Leaf length | 叶片宽度/ cm Leaf width | 叶形指数 Leaf index | 叶柄长度/ cm Petiole length | 坚果长度/ mm Nut length | 坚果宽度/ mm Nut width | 果形指数 Nut index |
|---------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------|
| 安徽 Anhui | 广德大红袍 Guangde Dahongpao | 16.5 ± 0.8 | 6.2 ± 0.3 | 2.7 ± 0.1 | 1.6 ± 0.1 | 27.80 ± 0.08 | 31.02 ± 1.24 | 0.90 ± 0.04 |
| | 软刺早 Ruancizao | 11.9 ± 0.5 | 5.4 ± 0.2 | 2.2 ± 0.0 | 1.0 ± 0.2 | 29.83 ± 0.22 | 33.15 ± 1.40 | 0.90 ± 0.04 |
| | 舒城大红袍 Shucheng Dahongpao | 22.9 ± 0.6 | 8.3 ± 0.1 | 2.8 ± 0.1 | 2.3 ± 0.3 | 30.24 ± 0.85 | 36.14 ± 2.54 | 0.84 ± 0.04 |
| | 叶里藏 Yelicang | 19.7 ± 0.6 | 7.4 ± 0.3 | 2.7 ± 0.0 | 2.4 ± 0.1 | 27.16 ± 0.21 | 27.69 ± 0.99 | 0.98 ± 0.03 |
| | 重引粘底板 Chongyin Niandiban | 15.4 ± 0.7 | 7.5 ± 0.4 | 2.1 ± 0.1 | 0.9 ± 0.0 | 29.35 ± 0.79 | 35.97 ± 0.70 | 0.82 ± 0.01 |
| 北京 Beijing | 怀黄 Huaihuang | 16.7 ± 1.3 | 6.7 ± 0.2 | 2.5 ± 0.2 | 1.7 ± 0.4 | 27.96 ± 1.37 | 30.23 ± 1.36 | 0.92 ± 0.02 |
| | 怀九 Huaijiu | 13.5 ± 0.6 | 6.3 ± 0.3 | 2.1 ± 0.0 | 1.1 ± 0.1 | 24.84 ± 0.26 | 27.74 ± 1.37 | 0.90 ± 0.05 |
| | 辛庄 2 号 Xinzhuang 2 | 13.2 ± 1.8 | 5.5 ± 0.3 | 2.4 ± 0.3 | 1.7 ± 0.2 | 24.41 ± 2.88 | 26.92 ± 3.00 | 0.91 ± 0.01 |
| | 燕昌 Yanchang | 15.6 ± 0.7 | 6.7 ± 0.3 | 2.3 ± 0.1 | 1.4 ± 0.2 | 25.62 ± 0.40 | 28.33 ± 0.97 | 0.90 ± 0.02 |
| | 燕丰 Yanfeng | 20.5 ± 1.6 | 7.5 ± 0.4 | 2.7 ± 0.1 | 2.0 ± 0.0 | 26.09 ± 0.24 | 30.39 ± 0.81 | 0.86 ± 0.02 |
| 河北 Hebei | 燕红 Yanhong | 14.7 ± 0.5 | 6.4 ± 0.6 | 2.3 ± 0.2 | 1.2 ± 0.3 | 28.78 ± 0.26 | 32.36 ± 0.09 | 0.89 ± 0.01 |
| | 东密坞 35 Dongmiwu 35 | 17.1 ± 0.4 | 9.7 ± 4.8 | 2.4 ± 0.2 | 1.2 ± 0.3 | 23.21 ± 0.79 | 25.88 ± 0.18 | 0.90 ± 0.03 |
| | 东密坞无花 Dongmiwu Wuhua | 18.3 ± 0.9 | 6.6 ± 0.1 | 2.8 ± 0.1 | 0.7 ± 0.3 | 25.57 ± 0.13 | 27.18 ± 0.42 | 0.94 ± 0.01 |
| | 短刺大青袍 Duanci Daqingpao | 17.2 ± 1.2 | 7.7 ± 0.3 | 2.2 ± 0.1 | 1.2 ± 0.2 | 28.60 ± 2.57 | 31.82 ± 2.94 | 0.90 ± 0.02 |
| | 短枝板红 Duanzhi Banhong | 15.9 ± 0.8 | 6.5 ± 0.5 | 2.5 ± 0.2 | 1.2 ± 0.1 | 31.74 ± 0.56 | 36.85 ± 0.58 | 0.86 ± 0.02 |
| | 官厅 7 号 Guanting 7 | 14.7 ± 0.8 | 6.8 ± 0.2 | 2.2 ± 0.1 | 1.3 ± 0.5 | 24.96 ± 1.34 | 26.91 ± 0.39 | 0.93 ± 0.04 |
| | 后韩 20 Houhan 20 | 16.3 ± 1.0 | 7.3 ± 0.2 | 2.2 ± 0.1 | 1.4 ± 0.1 | 23.27 ± 0.39 | 25.89 ± 0.42 | 0.90 ± 0.01 |
| | 迁安 Qian'an | 20.7 ± 1.7 | 6.8 ± 0.5 | 3.0 ± 0.1 | 1.1 ± 0.3 | 24.92 ± 0.76 | 26.24 ± 0.83 | 0.95 ± 0.01 |

续表 1

| 来源 Source | 品种 Cultivar | 叶片长度/ cm Leaf length | 叶片宽度/ cm Leaf width | 叶形指数 Leaf index | 叶柄长度/ cm Petiole length | 坚果长度/ mm Nut length | 坚果宽度/ mm Nut width | 果形指数 Nut index |
|----------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------|
| 河南 Henan | 西沟 7 号 Xigou 7 | 15.6 ± 0.5 | 6.0 ± 0.3 | 2.6 ± 0.0 | 1.0 ± 0.2 | 25.20 ± 0.25 | 26.62 ± 0.14 | 0.95 ± 0.01 |
| | 燕山魁栗 Yanshan Kuili | 15.5 ± 1.1 | 7.0 ± 0.2 | 2.2 ± 0.2 | 1.1 ± 0.2 | 27.49 ± 0.41 | 31.22 ± 0.23 | 0.88 ± 0.01 |
| | 遵达栗 Zundali | 16.4 ± 1.1 | 7.7 ± 1.2 | 2.3 ± 0.3 | 1.2 ± 0.4 | 29.27 ± 0.73 | 33.15 ± 2.38 | 0.89 ± 0.06 |
| | 高店 1 号 Gaodian 1 | 16.6 ± 0.3 | 7.3 ± 0.8 | 2.3 ± 0.3 | 1.2 ± 0.3 | 28.87 ± 0.28 | 35.03 ± 0.54 | 0.82 ± 0.02 |
| | 高店 9 号 Gaodian 9 | 16.5 ± 0.7 | 7.3 ± 0.3 | 2.3 ± 0.0 | 1.0 ± 0.1 | 28.13 ± 0.40 | 31.51 ± 0.30 | 0.89 ± 0.01 |
| | 高店 10 号 Gaodian 10 | 16.8 ± 0.8 | 6.5 ± 0.2 | 2.6 ± 0.1 | 1.4 ± 0.2 | 27.16 ± 0.74 | 27.28 ± 1.46 | 1.00 ± 0.03 |
| 湖北 Hubei | 栗园 8 号 Liyuan 8 | 18.3 ± 1.0 | 8.4 ± 0.5 | 2.2 ± 0.1 | 1.4 ± 0.1 | 28.31 ± 1.06 | 34.96 ± 0.72 | 0.81 ± 0.02 |
| | 八月红 Bayuehong | 13.3 ± 0.9 | 6.0 ± 0.2 | 2.2 ± 0.1 | 1.3 ± 0.2 | 26.93 ± 0.95 | 26.80 ± 0.66 | 1.01 ± 0.05 |
| | 闭口红 Bikouhong | 18.2 ± 0.3 | 7.8 ± 0.4 | 2.3 ± 0.1 | 1.4 ± 0.1 | 25.32 ± 0.33 | 27.84 ± 0.52 | 0.91 ± 0.01 |
| | 桂花 Guihua | 22.4 ± 0.2 | 9.2 ± 0.4 | 2.4 ± 0.3 | 1.8 ± 0.4 | 31.20 ± 1.07 | 37.09 ± 0.56 | 0.84 ± 0.02 |
| | 红毛早 Hongmaozao | 20.1 ± 0.4 | 7.7 ± 0.1 | 2.6 ± 0.1 | 2.8 ± 0.1 | 26.18 ± 1.06 | 28.48 ± 1.05 | 0.92 ± 0.01 |
| | 红油栗 Hongyouli | 16.7 ± 1.0 | 6.2 ± 0.5 | 2.7 ± 0.1 | 1.8 ± 0.1 | 30.99 ± 0.69 | 34.26 ± 0.32 | 0.90 ± 0.02 |
| 湖南 Hunan | 九月寒 Jiuyuehan | 14.5 ± 1.2 | 6.5 ± 0.2 | 2.3 ± 0.1 | 1.1 ± 0.3 | 30.26 ± 0.39 | 34.17 ± 0.26 | 0.89 ± 0.01 |
| | 罗田早栗 Luotian Zaoli | 23.9 ± 2.6 | 8.3 ± 0.3 | 2.9 ± 0.3 | 2.1 ± 0.1 | 26.30 ± 0.89 | 31.28 ± 0.81 | 0.84 ± 0.01 |
| | 青毛早 Qingmaozao | 18.3 ± 0.2 | 6.8 ± 0.8 | 2.8 ± 0.3 | 1.8 ± 0.3 | 26.94 ± 0.39 | 30.26 ± 0.51 | 0.89 ± 0.00 |
| | 白云早 Baiyunzao | 18.2 ± 1.1 | 6.7 ± 0.4 | 2.7 ± 0.1 | 1.7 ± 0.3 | 27.59 ± 2.28 | 32.79 ± 2.32 | 0.84 ± 0.07 |
| | 邵阳它栗 Shaoyang Tali | 18.7 ± 1.5 | 6.7 ± 0.2 | 2.8 ± 0.1 | 2.1 ± 0.2 | 26.76 ± 0.38 | 30.23 ± 0.50 | 0.89 ± 0.00 |
| | 双季栗 Shuangjili | 18.3 ± 0.9 | 7.2 ± 0.4 | 2.6 ± 0.2 | 1.6 ± 0.2 | 27.85 ± 0.60 | 32.67 ± 1.52 | 0.85 ± 0.03 |
| 江苏 Jiangsu | 大底青 Dadiqing | 19.1 ± 1.7 | 7.4 ± 0.1 | 2.6 ± 0.2 | 1.4 ± 0.1 | 25.42 ± 0.16 | 29.17 ± 0.29 | 0.87 ± 0.00 |
| | 短扎 Duanzha | 17.0 ± 0.6 | 7.5 ± 0.2 | 2.3 ± 0.1 | 1.2 ± 0.1 | 28.12 ± 0.35 | 33.76 ± 1.20 | 0.83 ± 0.03 |
| | 官兴大红袍 Guanxing Dahongpao | 16.9 ± 0.3 | 8.1 ± 0.2 | 2.1 ± 0.1 | 1.1 ± 0.1 | 26.90 ± 1.92 | 31.96 ± 2.66 | 0.84 ± 0.01 |
| | 焦刺替码 Jiaoci Tima | 15.8 ± 0.8 | 9.7 ± 0.3 | 1.6 ± 0.1 | 1.0 ± 0.1 | 26.85 ± 0.93 | 31.22 ± 0.31 | 0.86 ± 0.02 |
| | 炮车 2 号 Paoche 2 | 15.8 ± 0.6 | 6.9 ± 0.5 | 2.3 ± 0.1 | 1.2 ± 0.1 | 29.29 ± 0.36 | 33.73 ± 0.25 | 0.87 ± 0.02 |
| | 青毛软刺 Qingmao Ruanci | 13.9 ± 0.9 | 6.4 ± 0.2 | 2.2 ± 0.2 | 1.0 ± 0.2 | 29.84 ± 0.49 | 36.24 ± 0.34 | 0.82 ± 0.01 |
| 山东 Shandong | 铁粒头 Tielitou | 15.5 ± 0.2 | 6.3 ± 0.2 | 2.5 ± 0.1 | 1.1 ± 0.0 | 26.91 ± 0.51 | 28.26 ± 1.34 | 0.95 ± 0.04 |
| | 优选处暑红 Youxuan Chushuhong | 16.0 ± 0.7 | 6.8 ± 0.1 | 2.4 ± 0.1 | 1.4 ± 0.4 | 26.74 ± 0.34 | 28.32 ± 0.15 | 0.94 ± 0.01 |
| | 重阳蒲 Chongyangpu | 18.7 ± 1.2 | 7.4 ± 0.3 | 2.5 ± 0.1 | 1.9 ± 0.3 | 29.26 ± 2.00 | 33.07 ± 2.16 | 0.89 ± 0.04 |
| | 超短枝 1 号 Chaoduanzhi 1 | 15.4 ± 1.0 | 7.3 ± 0.2 | 2.1 ± 0.2 | 1.1 ± 0.2 | 23.73 ± 0.04 | 22.82 ± 0.02 | 1.04 ± 0.00 |
| | 超短枝 2 号 Chaoduanzhi 2 | 15.6 ± 1.0 | 6.1 ± 0.4 | 2.6 ± 0.2 | 1.4 ± 0.0 | 22.45 ± 2.43 | 22.93 ± 3.06 | 0.98 ± 0.04 |
| | 垂枝 1 号 Chuizhi 1 | 23.9 ± 0.6 | 8.1 ± 0.2 | 3.0 ± 0.0 | 3.0 ± 0.3 | 28.24 ± 1.87 | 33.85 ± 1.94 | 0.83 ± 0.06 |
| | 垂枝 2 号 Chuizhi 2 | 20.4 ± 1.2 | 6.8 ± 0.3 | 3.0 ± 0.1 | 2.9 ± 0.4 | 26.55 ± 1.01 | 32.61 ± 1.03 | 0.81 ± 0.01 |
| | 徕徕短枝 Culai Duanzhi | 17.1 ± 0.7 | 7.2 ± 0.3 | 2.4 ± 0.2 | 1.0 ± 0.2 | 28.31 ± 0.38 | 35.13 ± 1.51 | 0.81 ± 0.04 |
| | 大公书 1 号 Dagongshu 1 | 15.6 ± 0.6 | 6.8 ± 0.1 | 2.3 ± 0.1 | 1.0 ± 0.2 | 26.61 ± 1.40 | 33.93 ± 1.32 | 0.79 ± 0.06 |
| | 大公书 2 号 Dagongshu 2 | 17.7 ± 0.9 | 7.3 ± 0.5 | 2.5 ± 0.1 | 1.7 ± 0.1 | 24.52 ± 0.81 | 24.26 ± 0.96 | 1.01 ± 0.01 |
| | 大公书 4 号 Dagongshu 4 | 17.1 ± 1.6 | 7.7 ± 0.2 | 2.2 ± 0.2 | 1.1 ± 0.2 | 30.16 ± 0.16 | 39.61 ± 1.83 | 0.76 ± 0.04 |
| | 东丰 Dongfeng | 17.1 ± 0.7 | 7.1 ± 0.2 | 2.4 ± 0.1 | 1.1 ± 0.0 | 22.99 ± 0.27 | 27.68 ± 2.37 | 0.84 ± 0.08 |
| | 浮来大红袍 Fulai Dahongpao | 15.7 ± 0.2 | 6.8 ± 0.2 | 2.3 ± 0.1 | 0.9 ± 0.0 | 27.34 ± 0.51 | 33.48 ± 0.73 | 0.82 ± 0.01 |
| | 辐照 Fuzhao | 17.7 ± 2.2 | 9.8 ± 4.3 | 2.4 ± 0.4 | 1.4 ± 0.5 | 25.82 ± 0.54 | 29.98 ± 1.35 | 0.86 ± 0.03 |
| | 海丰 Haifeng | 16.8 ± 0.8 | 7.3 ± 0.4 | 2.3 ± 0.0 | 1.3 ± 0.1 | 22.38 ± 0.56 | 25.62 ± 0.89 | 0.87 ± 0.01 |
| | 红光 Hongguang | 18.4 ± 2.5 | 6.5 ± 1.0 | 2.9 ± 0.1 | 1.7 ± 0.2 | 27.49 ± 0.48 | 33.99 ± 0.12 | 0.81 ± 0.01 |
| | 黄前无花 Huangqian Wuhua | 16.7 ± 1.2 | 12.3 ± 0.6 | 2.1 ± 0.3 | 0.9 ± 0.1 | 28.51 ± 0.69 | 31.00 ± 0.94 | 0.92 ± 0.04 |
| | 尖顶油栗 Jianding Youli | 18.0 ± 0.3 | 6.9 ± 0.2 | 2.6 ± 0.0 | 1.9 ± 0.4 | 28.81 ± 0.75 | 27.51 ± 0.71 | 1.05 ± 0.05 |
| | 金丰 Jinfeng | 15.2 ± 1.5 | 6.2 ± 0.1 | 2.5 ± 0.2 | 1.3 ± 0.4 | 27.85 ± 0.54 | 33.02 ± 1.52 | 0.84 ± 0.03 |
| | 莱西大油栗 Laixi Dayouli | 18.1 ± 1.0 | 8.4 ± 0.3 | 2.2 ± 0.1 | 1.2 ± 0.3 | 30.49 ± 1.06 | 36.58 ± 0.46 | 0.83 ± 0.04 |
| | 木口峪旱生 Mukouyu Zaosheng | 16.2 ± 0.9 | 6.7 ± 0.4 | 2.4 ± 0.1 | 1.3 ± 0.1 | 27.99 ± 0.83 | 34.50 ± 1.06 | 0.81 ± 0.02 |
| | 沭河 10 号 Shuhe 10 | 19.3 ± 0.7 | 8.1 ± 0.3 | 2.4 ± 0.2 | 1.3 ± 0.2 | 29.39 ± 1.21 | 34.87 ± 0.66 | 0.84 ± 0.04 |
| | 沭河 11 号 Shuhe 11 | 16.3 ± 0.5 | 7.3 ± 0.2 | 2.2 ± 0.1 | 1.1 ± 0.1 | 28.73 ± 0.65 | 32.96 ± 0.47 | 0.87 ± 0.01 |

续表 1

| 来源 Source | 品种 Cultivar | 叶片长度/ cm Leaf length | 叶片宽度/ cm Leaf width | 叶形指数 Leaf index | 叶柄长度/ cm Petiole length | 坚果长度/ mm Nut length | 坚果宽度/ mm Nut width | 果形指数 Nut index |
|----------------|-----------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------|
| 陕西 Shaanxi | 沐河大袍 Shuhe Dapao | 15.0±0.6 | 6.2±0.3 | 2.4±0.1 | 1.5±0.1 | 26.23±0.45 | 28.10±0.41 | 0.93±0.02 |
| | 潘庄 1 号 Panzhuang 1 | 16.0±0.8 | 7.5±0.6 | 2.2±0.1 | 1.5±0.2 | 26.00±0.44 | 28.92±0.70 | 0.90±0.02 |
| | 上丰 Shangfeng | 14.7±0.4 | 7.1±0.3 | 2.1±0.0 | 1.1±0.1 | 24.69±1.45 | 29.33±0.88 | 0.84±0.02 |
| | 石丰 Shifeng | 15.2±0.8 | 6.4±0.4 | 2.3±0.2 | 1.6±0.1 | 22.49±0.66 | 26.11±0.67 | 0.86±0.01 |
| | 郾城 023 Tancheng 023 | 16.5±0.6 | 7.2±0.3 | 2.3±0.1 | 1.5±0.2 | 21.76±0.30 | 23.77±0.30 | 0.92±0.01 |
| | 威丰 Weifeng | 16.3±0.6 | 6.9±0.3 | 2.4±0.1 | 1.2±0.3 | 27.23±1.11 | 31.19±1.69 | 0.87±0.01 |
| | 乌山 2 号 Wushan 2 | 16.0±1.1 | 5.1±0.5 | 3.3±0.5 | 1.6±0.1 | 26.20±0.45 | 28.14±0.72 | 0.93±0.04 |
| | 无名 1 号 Wuming 1 | 18.5±0.7 | 7.5±0.2 | 2.5±0.2 | 1.2±0.1 | 26.35±0.45 | 29.40±1.38 | 0.90±0.03 |
| | 无名 2 号 Wuming 2 | 16.7±0.2 | 7.3±0.1 | 2.3±0.0 | 1.1±0.1 | 28.23±0.99 | 32.82±0.26 | 0.86±0.03 |
| | 无名 3 号 Wuming 3 | 15.3±0.6 | 6.4±0.3 | 2.4±0.1 | 1.4±0.0 | 24.29±0.08 | 28.28±0.26 | 0.86±0.01 |
| | 西店 3 号 Xidian 3 | 17.4±0.7 | 7.2±0.1 | 2.4±0.1 | 1.1±0.1 | 26.07±0.46 | 30.12±0.45 | 0.87±0.01 |
| | 西洋沟无花 Xiyanggou Wuhua | 14.8±0.1 | 5.8±0.2 | 2.6±0.1 | 1.7±0.1 | 22.84±0.64 | 26.10±1.31 | 0.88±0.03 |
| | 小果短枝 Xiaoguo Duanzhi | 16.9±2.0 | 6.5±1.0 | 2.6±0.1 | 1.4±0.4 | 16.66±0.19 | 15.87±0.29 | 1.05±0.01 |
| | 烟泉 Yanquan | 15.2±0.8 | 6.8±0.3 | 2.2±0.2 | 1.4±0.2 | 22.00±0.51 | 25.94±0.60 | 0.85±0.01 |
| | 沂蒙短枝 Yimeng Duanzhi | 14.3±0.5 | 6.5±0.1 | 2.2±0.1 | 1.2±0.2 | 24.61±0.17 | 26.38±0.97 | 0.93±0.04 |
| | 杂 35 Za 35 | 16.1±0.1 | 6.9±0.2 | 2.3±0.1 | 1.8±0.3 | 23.04±0.63 | 27.97±1.10 | 0.82±0.02 |
| | 枣林 Zaolin | 15.6±2.9 | 6.2±0.7 | 2.5±0.2 | 1.4±0.6 | 26.07±0.20 | 29.05±0.49 | 0.90±0.02 |
| | 中明栗 Zhongmingli | 18.8±0.9 | 7.1±0.6 | 2.7±0.2 | 1.3±0.3 | 34.25±0.13 | 38.07±0.67 | 0.90±0.02 |
| | 寸栗 Cunli | 17.1±1.6 | 7.7±0.6 | 2.2±0.0 | 1.5±0.4 | 27.18±0.26 | 32.33±1.46 | 0.84±0.04 |
| | 灰栎 Huijian | 16.9±0.6 | 6.9±0.3 | 2.5±0.1 | 2.2±0.2 | 21.25±2.60 | 21.33±3.14 | 1.00±0.03 |
| 浙江 Zhejiang | 柞板 11 号 Zuoban 11 | 15.7±1.0 | 6.7±0.2 | 2.4±0.1 | 1.1±0.3 | 27.57±0.46 | 32.11±0.64 | 0.86±0.01 |
| | 柞红栗 Zuohongli | 16.1±1.3 | 9.0±3.0 | 2.2±0.1 | 1.3±0.1 | 24.74±0.69 | 27.32±2.99 | 0.91±0.08 |
| | 魁栗 Kuili | 15.0±0.6 | 7.1±0.2 | 2.1±0.1 | 0.9±0.2 | 31.73±0.46 | 35.48±0.86 | 0.89±0.01 |
| 浙江 Zhejiang | 上光 Shangguang | 16.8±0.5 | 5.8±0.7 | 2.9±0.4 | 1.3±0.2 | 31.85±1.23 | 36.42±0.96 | 0.87±0.03 |
| | 紫油栗 Ziyouli | 13.4±0.6 | 6.5±0.1 | 2.1±0.1 | 1.5±0.1 | 29.02±0.60 | 30.38±1.63 | 0.96±0.05 |

表 2 板栗 90 个地方品种坚果品质性状数据
Table 2 Data of nut quality traits of ninety local cultivars of chestnut

| 来源 Source | 品种 Cultivar | 单果质量/g Nut weight | 淀粉含量/% Starch content | 可溶性糖含 量/% Soluble sugar content | 总蛋白含量/% Total protein content | 钙含量/ (mg·kg ⁻¹) The calcium content |
|---------------|--------------------------|----------------------|-----------------------------|--|-------------------------------------|--|
| 安徽 Anhui | 广德大红袍 Guangde Dahongpao | 9.63±0.55 | 29.65±2.27 | 15.79±2.55 | 7.13±0.67 | 722.0±51.4 |
| | 软刺早 Ruancizao | 14.58±0.87 | 19.81±0.59 | 17.69±1.22 | 6.59±0.29 | 788.4±33.2 |
| | 舒城大红袍 Shucheng Dahongpao | 16.82±3.61 | 24.03±2.05 | 11.69±1.67 | 6.16±0.46 | 639.5±25.8 |
| | 叶里藏 Yelicang | 7.97±0.14 | 25.40±0.97 | 15.62±1.02 | 7.95±0.35 | 917.3±8.3 |
| 北京 Beijing | 重引粘底板 Chongyin Niandiban | 14.75±0.94 | 27.62±1.71 | 7.49±0.15 | 5.53±0.07 | 812.2±11.9 |
| | 怀黄 Huaihuang | 8.81±2.23 | 25.81±2.09 | 14.82±0.77 | 5.57±0.21 | 1 102.5±9.8 |
| | 怀九 Huaijiu | 7.07±0.63 | 31.94±1.41 | 13.49±1.23 | 6.19±0.31 | 1 187.8±13.1 |
| | 辛庄 2 号 Xinzhuang 2 | 5.66±1.33 | 29.62±2.52 | 17.17±1.06 | 9.69±0.58 | 1 174.1±58.6 |
| | 燕昌 Yanchang | 7.62±0.23 | 18.60±1.34 | 16.41±1.78 | 6.25±0.53 | 906.1±38.4 |
| | 燕丰 Yanfeng | 9.08±0.32 | 26.34±2.55 | 13.51±0.96 | 6.75±0.22 | 685.5±64.2 |
| | 燕红 Yanhong | 11.78±0.15 | 30.92±3.63 | 17.55±1.16 | 6.43±0.24 | 854.6±23.5 |
| 河北 Hebei | 东密坞 35 Dongmiwu 35 | 7.05±0.25 | 23.64±1.52 | 16.47±0.56 | 6.35±0.97 | 1 094.5±16.9 |
| | 东密坞无花 Dongmiwu Wuhua | 7.32±0.54 | 22.76±1.41 | 13.55±0.63 | 6.00±0.21 | 839.4±13.9 |
| | 短刺大青袍 Duanci Daqingpao | 12.73±3.42 | 18.00±0.44 | 10.35±0.48 | 6.13±0.11 | 491.4±7.4 |

续表 2

| 来源 Source | 品种 Cultivar | 单果质量/g Nut weight | 淀粉含量/% Starch content | 可溶性糖含量/% Soluble sugar content | 总蛋白含量/% Total protein content | 钙含量/ (mg · kg ⁻¹) The calcium content |
|----------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---|
| 河南 Henan | 短枝板红 Duanzhi Banhong | 18.20 ± 1.76 | 22.07 ± 1.56 | 19.33 ± 1.01 | 5.10 ± 0.32 | 589.7 ± 1.8 |
| | 官厅 7 号 Guanting 7 | 6.80 ± 0.39 | 27.85 ± 3.86 | 14.78 ± 0.90 | 5.71 ± 0.24 | 998.4 ± 83.8 |
| | 后韩 20 Houhan 20 | 5.18 ± 0.04 | 26.05 ± 2.24 | 14.69 ± 1.03 | 6.11 ± 0.15 | 573.9 ± 30.2 |
| | 迁安 Qian'an | 6.40 ± 0.34 | 37.06 ± 2.73 | 17.71 ± 1.05 | 8.36 ± 0.29 | 1 171.0 ± 67.7 |
| | 西沟 7 号 Xigou 7 | 6.39 ± 0.38 | 30.05 ± 2.21 | 13.59 ± 1.18 | 5.34 ± 0.46 | 483.2 ± 38.0 |
| | 燕山魁栗 Yanshan Kuili | 10.95 ± 0.93 | 14.58 ± 1.17 | 16.42 ± 1.89 | 6.62 ± 0.18 | 873.7 ± 40.3 |
| | 遵达栗 Zundali | 14.33 ± 1.30 | 22.37 ± 2.27 | 10.47 ± 1.86 | 4.77 ± 0.13 | 777.1 ± 13.4 |
| | 高店 1 号 Gaodian 1 | 13.42 ± 1.00 | 23.11 ± 0.96 | 9.81 ± 0.54 | 4.86 ± 0.14 | 607.3 ± 48.2 |
| | 高店 9 号 Gaodian 9 | 11.70 ± 0.39 | 23.17 ± 2.49 | 11.85 ± 0.72 | 5.26 ± 0.45 | 596.8 ± 9.3 |
| | 高店 10 号 Gaodian 10 | 6.45 ± 0.84 | 14.65 ± 0.93 | 15.81 ± 0.53 | 7.94 ± 0.81 | 1 134.5 ± 22.0 |
| 湖北 Hubei | 栗园 8 号 Liyuan 8 | 13.96 ± 0.59 | 19.61 ± 1.56 | 8.25 ± 1.08 | 5.27 ± 0.05 | 582.8 ± 40.8 |
| | 八月红 Bayuehong | 5.53 ± 0.46 | 36.27 ± 2.07 | 18.27 ± 2.32 | 7.74 ± 0.28 | 1 000.6 ± 33.1 |
| | 闭口红 Bikouhong | 8.72 ± 0.25 | 30.00 ± 3.25 | 9.49 ± 0.52 | 5.53 ± 0.19 | 1 037.9 ± 71.0 |
| | 桂花 Guihua | 14.64 ± 1.33 | 22.78 ± 1.01 | 20.81 ± 1.70 | 6.61 ± 0.14 | 669.6 ± 26.3 |
| | 红毛早 Hongmaozao | 6.62 ± 1.13 | 32.38 ± 3.21 | 16.26 ± 1.52 | 8.83 ± 0.14 | 913.9 ± 30.5 |
| | 红油栗 Hongyouli | 12.86 ± 0.96 | 22.13 ± 2.33 | 8.05 ± 0.70 | 4.74 ± 0.17 | 553.4 ± 20.9 |
| | 九月寒 Jiuyuehan | 14.63 ± 0.65 | 19.30 ± 3.45 | 10.23 ± 2.08 | 6.03 ± 0.73 | 664.9 ± 17.8 |
| | 罗田早栗 Luotian Zaoli | 9.70 ± 0.69 | 29.87 ± 4.26 | 16.36 ± 2.62 | 8.76 ± 0.29 | 1 221.8 ± 44.5 |
| | 青毛早 Qingmaozao | 8.98 ± 0.98 | 31.36 ± 2.38 | 12.81 ± 0.67 | 5.64 ± 0.25 | 632.1 ± 24.3 |
| | 白云早 Baiyunzao | 13.10 ± 1.15 | 21.15 ± 2.40 | 7.53 ± 0.29 | 5.03 ± 0.74 | 699.0 ± 52.0 |
| 湖南 Hunan | 邵阳它栗 Shaoyang Tali | 9.56 ± 0.14 | 22.60 ± 1.93 | 11.03 ± 1.06 | 5.97 ± 0.07 | 606.9 ± 68.1 |
| | 双季栗 Shuangjili | 12.77 ± 0.29 | 19.69 ± 1.19 | 10.75 ± 0.59 | 5.32 ± 0.61 | 812.9 ± 58.2 |
| 江苏 Jiangsu | 大底青 Dadiqing | 8.66 ± 0.32 | 17.77 ± 0.69 | 11.65 ± 0.40 | 7.16 ± 0.22 | 1 069.2 ± 42.1 |
| | 短扎 Duanzha | 14.35 ± 0.41 | 20.66 ± 0.03 | 8.19 ± 0.19 | 4.96 ± 0.21 | 645.4 ± 7.3 |
| 山东 Shandong | 官兴大红袍 Guanxing Dahongpao | 10.05 ± 1.86 | 23.98 ± 0.57 | 13.86 ± 0.63 | 6.26 ± 0.52 | 927.9 ± 24.2 |
| | 焦刺替码 Jiaoci Tima | 11.00 ± 0.29 | 21.93 ± 1.48 | 10.87 ± 1.06 | 6.26 ± 0.64 | 719.5 ± 61.7 |
| | 炮车 2 号 Paoche 2 | 13.67 ± 1.04 | 17.77 ± 1.15 | 5.33 ± 0.34 | 5.34 ± 0.60 | 596.4 ± 82.3 |
| | 青毛软刺 Qingmao Ruanci | 16.47 ± 1.17 | 20.66 ± 0.45 | 7.85 ± 0.17 | 4.61 ± 0.08 | 848.9 ± 28.4 |
| | 铁粒头 Tielitou | 9.60 ± 1.47 | 24.63 ± 1.78 | 17.11 ± 1.17 | 5.79 ± 0.30 | 610.0 ± 29.5 |
| | 优选处暑红 Youxuan Chushuhong | 8.42 ± 1.32 | 24.08 ± 1.89 | 19.83 ± 2.42 | 7.51 ± 0.42 | 749.8 ± 17.4 |
| | 重阳蒲 Chongyangpu | 12.25 ± 0.90 | 25.12 ± 1.41 | 11.48 ± 0.79 | 6.58 ± 0.49 | 671.2 ± 28.1 |
| | 超短枝 1 号 Chaoduanzhi 1 | 4.08 ± 0.20 | 32.37 ± 3.14 | 17.40 ± 0.80 | 9.30 ± 0.25 | 1 332.4 ± 121.0 |
| | 超短枝 2 号 Chaoduanzhi 2 | 3.37 ± 0.09 | 26.83 ± 1.41 | 19.13 ± 0.54 | 8.88 ± 0.43 | 1 199.0 ± 168.8 |
| | 垂枝 1 号 Chuizhi 1 | 13.19 ± 1.37 | 30.37 ± 3.85 | 17.45 ± 0.53 | 6.97 ± 0.32 | 503.2 ± 10.5 |
| 山东 Shandong | 垂枝 2 号 Chuizhi 2 | 10.84 ± 0.61 | 24.85 ± 1.85 | 15.96 ± 0.92 | 6.45 ± 0.12 | 484.1 ± 4.4 |
| | 徂徕短枝 Culai Duanzhi | 14.20 ± 0.34 | 24.55 ± 2.76 | 15.32 ± 0.57 | 4.87 ± 0.14 | 720.0 ± 36.3 |
| | 大公书 1 号 Dagongshu 1 | 13.05 ± 0.37 | 24.52 ± 0.66 | 9.62 ± 0.51 | 4.96 ± 0.29 | 706.5 ± 11.1 |
| | 大公书 2 号 Dagongshu 2 | 6.37 ± 0.18 | 22.15 ± 1.21 | 15.38 ± 1.01 | 7.05 ± 0.33 | 1 019.7 ± 41.4 |
| | 大公书 4 号 Dagongshu 4 | 19.22 ± 1.89 | 20.72 ± 1.75 | 14.78 ± 0.44 | 5.27 ± 0.33 | 660.0 ± 24.9 |
| | 东丰 Dongfeng | 6.51 ± 0.47 | 31.58 ± 1.71 | 17.72 ± 0.82 | 6.45 ± 0.79 | 971.1 ± 32.1 |
| | 浮来大红袍 Fulai Dahongpao | 11.99 ± 0.69 | 20.31 ± 3.14 | 12.17 ± 0.85 | 6.39 ± 0.58 | 909.5 ± 13.8 |
| | 辐照 Fuzhao | 9.46 ± 0.37 | 16.50 ± 2.33 | 11.97 ± 0.28 | 5.67 ± 0.74 | 848.7 ± 0.8 |
| | 海丰 Haifeng | 5.63 ± 0.41 | 19.49 ± 0.75 | 4.39 ± 0.63 | 6.76 ± 0.23 | 1 194.6 ± 36.0 |
| | 红光 Hongguang | 14.64 ± 0.69 | 24.94 ± 0.63 | 5.98 ± 0.79 | 4.63 ± 0.12 | 715.0 ± 10.8 |
| | 黄前无花 Huangqian Wuhua | 10.16 ± 0.36 | 24.56 ± 0.33 | 14.01 ± 0.06 | 6.50 ± 0.13 | 806.5 ± 15.8 |
| | 尖顶油栗 Jianding Youli | 7.61 ± 0.36 | 26.83 ± 1.06 | 11.79 ± 0.56 | 5.72 ± 0.31 | 752.9 ± 15.4 |
| | 金丰 Jinfeng | 10.82 ± 1.02 | 30.93 ± 3.65 | 19.66 ± 1.39 | 6.82 ± 0.36 | 815.5 ± 41.9 |
| | 莱西大油栗 Laixi Dayouli | 14.88 ± 0.81 | 28.51 ± 0.49 | 6.68 ± 0.33 | 5.25 ± 0.57 | 697.7 ± 36.2 |
| | 木口峪早生 Mukouyu Zaosheng | 13.09 ± 1.00 | 23.65 ± 2.59 | 12.04 ± 1.33 | 5.44 ± 0.63 | 870.9 ± 27.9 |
| | 沐河 10 号 Shuhe 10 | 14.17 ± 0.56 | 24.86 ± 1.43 | 13.11 ± 1.45 | 5.87 ± 0.17 | 1 139.5 ± 27.8 |
| | 沐河 11 号 Shuhe 11 | 11.50 ± 1.09 | 21.86 ± 1.47 | 10.00 ± 2.21 | 6.37 ± 0.65 | 856.9 ± 23.8 |
| | 沐河大袍 Shuhe Dapao | 7.56 ± 1.00 | 18.46 ± 0.56 | 12.77 ± 0.69 | 6.37 ± 0.40 | 1 063.8 ± 35.9 |

续表 2

| 来源 Source | 品种 Cultivar | 单果质量/g Nut weight | 淀粉含量/% Starch content | 可溶性糖含量/% Soluble sugar content | 总蛋白含量/% Total protein content | 钙含量/ (mg · kg ⁻¹) The calcium content |
|----------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---|
| 陕西 Shaanxi | 潘庄 1 号 Panzhuang 1 | 8.48 ± 1.57 | 23.05 ± 2.19 | 23.33 ± 1.22 | 5.81 ± 0.09 | 927.6 ± 34.6 |
| | 上丰 Shangfeng | 9.88 ± 0.39 | 25.02 ± 3.29 | 18.63 ± 0.39 | 7.09 ± 0.64 | 1 063.1 ± 32.8 |
| | 石丰 Shifeng | 6.22 ± 0.18 | 16.35 ± 1.54 | 11.11 ± 1.03 | 5.00 ± 0.27 | 628.1 ± 49.5 |
| | 郯城023 Tancheng 023 | 4.97 ± 0.23 | 25.31 ± 0.98 | 9.63 ± 0.15 | 5.40 ± 0.68 | 927.4 ± 51.5 |
| | 威丰 Weifeng | 8.78 ± 1.41 | 20.66 ± 2.49 | 14.51 ± 1.26 | 6.49 ± 0.23 | 844.6 ± 34.1 |
| | 乌山2号 Wushan 2 | 7.73 ± 0.08 | 23.98 ± 1.34 | 15.08 ± 1.60 | 6.21 ± 0.18 | 714.7 ± 58.9 |
| | 无名1号 Wuming 1 | 7.58 ± 0.61 | 61.61 ± 2.11 | 12.58 ± 0.81 | 8.04 ± 0.15 | 921.7 ± 23.4 |
| | 无名2号 Wuming 2 | 11.66 ± 0.65 | 29.23 ± 2.08 | 12.53 ± 0.52 | 5.09 ± 0.55 | 677.8 ± 34.5 |
| | 无名3号 Wuming 3 | 8.78 ± 0.46 | 21.55 ± 2.08 | 15.74 ± 0.84 | 5.54 ± 0.06 | 953.4 ± 33.9 |
| | 西店3号 Xidian 3 | 9.97 ± 0.55 | 28.17 ± 1.78 | 13.63 ± 1.05 | 5.26 ± 0.17 | 747.3 ± 48.8 |
| | 西洋沟无花 Xiyanggou Wuhua | 6.89 ± 0.51 | 29.78 ± 2.48 | 8.03 ± 0.51 | 5.85 ± 0.22 | 722.1 ± 34.0 |
| | 小果短枝 Xiaoguo Duanzhi | 1.90 ± 0.08 | 24.59 ± 1.96 | 9.81 ± 0.19 | 6.03 ± 0.59 | 799.0 ± 23.6 |
| | 烟泉 Yanquan | 7.11 ± 0.79 | 21.78 ± 1.58 | 13.47 ± 0.95 | 5.15 ± 0.57 | 588.7 ± 23.8 |
| | 沂蒙短枝 Yimeng Duanzhi | 6.61 ± 0.26 | 28.17 ± 0.51 | 10.57 ± 0.96 | 5.64 ± 0.21 | 833.3 ± 45.3 |
| | 杂35 Za 35 | 7.06 ± 0.38 | 25.22 ± 1.52 | 9.70 ± 0.38 | 5.56 ± 0.25 | 822.0 ± 22.4 |
| | 枣林 Zaolin | 8.48 ± 0.50 | 22.91 ± 0.55 | 7.50 ± 1.41 | 5.37 ± 0.40 | 625.6 ± 47.6 |
| | 中明栗 Zhongmingli | 19.11 ± 0.80 | 21.14 ± 2.10 | 9.08 ± 0.78 | 6.49 ± 0.24 | 490.1 ± 55.1 |
| | 寸栗 Cunli | 9.35 ± 0.89 | 31.20 ± 2.22 | 13.87 ± 1.12 | 5.77 ± 0.26 | 899.0 ± 26.1 |
| | 灰拣 Huijian | 2.69 ± 0.86 | 40.59 ± 2.71 | 17.92 ± 1.03 | 10.78 ± 2.37 | 1 090.8 ± 23.9 |
| | 柞板11号 Zuoban 11 | 11.39 ± 0.48 | 20.57 ± 1.83 | 10.92 ± 0.68 | 4.96 ± 0.24 | 666.8 ± 19.7 |
| 浙江 Zhejiang | 柞红栗 Zuohongli | 6.81 ± 2.20 | 25.94 ± 1.40 | 16.41 ± 0.85 | 7.54 ± 0.35 | 947.9 ± 42.3 |
| | 魁栗 Kuili | 11.78 ± 0.67 | 23.81 ± 2.07 | 16.25 ± 1.05 | 5.78 ± 1.43 | 695.8 ± 59.4 |
| | 上光 Shangguang | 17.77 ± 1.41 | 19.38 ± 2.08 | 10.80 ± 1.38 | 6.27 ± 0.51 | 636.2 ± 42.7 |
| | 紫油栗 Ziyouli | 9.01 ± 1.18 | 21.47 ± 2.67 | 13.77 ± 1.32 | 5.72 ± 0.21 | 721.7 ± 60.9 |

表 3 板栗 10 个群体叶片、坚果表型性状平均值及方差分析

Table 3 Mean value and variance analysis of leaf and nut phenotype traits for 10 populations of chestnut

| 群体 Population | 叶片长度/ cm Leaf length | 叶片宽度/ cm Leaf width | 叶形指数 Leaf index | 叶柄长度/cm Petiole length | 坚果长度/mm Nut length | 坚果宽度/mm Nut width | 果形指数 Nut index |
|--|----------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|
| 安徽 Anhui | 17.3 ± 0.6 B | 7.0 ± 0.3 ABC | 2.5 ± 0.1 B | 1.6 ± 0.1 B | 28.88 ± 0.43 B | 32.79 ± 1.38 AB | 0.89 ± 0.03 AB |
| 北京 Beijing | 15.7 ± 1.1 CD | 6.5 ± 0.4 BC | 2.4 ± 0.1 C | 1.5 ± 0.2 C | 26.29 ± 0.90 E | 29.33 ± 1.26 D | 0.90 ± 0.02 A |
| 河北 Hebei | 16.8 ± 0.9 B | 7.2 ± 0.8 ABC | 2.5 ± 0.1 B | 1.2 ± 0.3 F | 26.42 ± 0.79 DE | 29.18 ± 0.85 D | 0.91 ± 0.02 A |
| 河南 Henan | 17.1 ± 0.7 B | 7.4 ± 0.5 A | 2.3 ± 0.1 D | 1.3 ± 0.2 E | 28.12 ± 0.62 BC | 32.19 ± 0.76 B | 0.88 ± 0.02 AB |
| 湖北 Hubei | 18.4 ± 0.8 A | 7.3 ± 0.4 AB | 2.5 ± 0.2 B | 1.8 ± 0.2 A | 28.01 ± 0.72 BC | 31.27 ± 0.59 BC | 0.90 ± 0.02 A |
| 湖南 Hunan | 18.4 ± 1.1 A | 6.9 ± 0.4 ABC | 2.7 ± 0.1 A | 1.8 ± 0.2 A | 27.40 ± 1.08 CD | 31.90 ± 1.45 B | 0.86 ± 0.04 B |
| 江苏 Jiangsu | 16.5 ± 0.8 BC | 7.4 ± 0.2 A | 2.3 ± 0.1 D | 1.3 ± 0.2 E | 27.70 ± 0.79 C | 31.75 ± 0.97 B | 0.88 ± 0.02 AB |
| 山东 Shandong | 16.8 ± 0.9 B | 7.1 ± 0.6 ABC | 2.5 ± 0.1 B | 1.4 ± 0.2 D | 25.98 ± 0.67 EF | 29.79 ± 0.95 CD | 0.88 ± 0.03 AB |
| 陕西 Shaanxi | 16.5 ± 1.1 BC | 7.5 ± 1.0 A | 2.3 ± 0.1 D | 1.5 ± 0.2 C | 25.19 ± 1.00 F | 28.27 ± 2.06 D | 0.90 ± 0.04 A |
| 浙江 Zhejiang | 15.1 ± 0.6 D | 6.5 ± 0.3 C | 2.4 ± 0.2 C | 1.3 ± 0.2 E | 30.87 ± 0.76 A | 34.10 ± 1.15 A | 0.91 ± 0.03 A |
| 平均值 Mean | 16.8 ± 0.9 | 7.1 ± 0.5 | 2.4 ± 0.1 | 1.5 ± 0.2 | 27.49 ± 0.78 | 31.06 ± 1.14 | 0.89 ± 0.03 |
| 群体间 <i>F</i> 值 Among populations <i>F</i> value | 15.72** | 3.49** | 15.68** | 24.65** | 37.54** | 22.72** | 3.14** |
| 群体内 <i>F</i> 值 Within populations <i>F</i> value | 3.31** | 2.06** | 2.78** | 4.07** | 3.34** | 3.64** | 3.73** |

注：同列不同大写字母表示群体间差异达极显著水平（ $P < 0.01$ ）。** $P < 0.01$ 。

Note: The capital letters in the same column mean significant difference among populations at 0.01 level. ** $P < 0.01$.

表 4 板栗 10 个群体坚果品质性状平均值及方差分析
Table 4 Mean value and variance analysis of nut quality traits for 10 populations of chestnut

| 群体 Population | 单果质量/g Nut weight | 淀粉含量/% Starch content | 可溶性糖含量/% Soluble sugar content | 总蛋白含量/% Total protein content | 钙含量/(mg·kg ⁻¹) The calcium content |
|--------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---|
| 安徽 Anhui | 12.75 ± 1.22 A | 25.30 ± 1.52 BC | 13.66 ± 1.32 ABC | 6.67 ± 0.37 ABC | 775.9 ± 26.1 CDEF |
| 北京 Beijing | 8.34 ± 0.82 DE | 27.21 ± 2.26 AB | 15.49 ± 1.16 A | 6.81 ± 0.35 AB | 985.1 ± 34.6 A |
| 河北 Hebei | 9.54 ± 0.93 CD | 24.44 ± 1.94 BCD | 14.74 ± 1.06 AB | 6.05 ± 0.31 BCD | 789.2 ± 31.3 CDE |
| 河南 Henan | 11.38 ± 0.71 AB | 20.14 ± 1.49 E | 11.43 ± 0.72 DE | 5.83 ± 0.36 CD | 730.4 ± 30.1 EFG |
| 湖北 Hubei | 10.21 ± 0.81 BC | 28.01 ± 2.75 AB | 14.04 ± 1.52 AB | 6.73 ± 0.27 ABC | 836.8 ± 33.5 BC |
| 湖南 Hunan | 11.81 ± 0.53 A | 21.15 ± 1.84 DE | 9.77 ± 0.65 E | 5.44 ± 0.47 D | 706.3 ± 59.4 FG |
| 江苏 Jiangsu | 11.61 ± 0.98 AB | 21.84 ± 1.05 CDE | 11.80 ± 0.80 CD | 6.05 ± 0.39 BCD | 759.8 ± 35.7 DEF |
| 山东 Shandong | 9.57 ± 0.61 CD | 25.46 ± 1.77 BC | 12.95 ± 0.81 BCD | 6.11 ± 0.35 BCD | 830.4 ± 36.6 BCD |
| 陕西 Shaanxi | 7.56 ± 1.11 E | 29.58 ± 2.04 A | 14.78 ± 0.92 AB | 7.26 ± 0.81 A | 901.1 ± 28.0 B |
| 浙江 Zhejiang | 12.85 ± 1.08 A | 21.55 ± 2.27 DE | 13.61 ± 1.25 ABC | 5.92 ± 0.72 BCD | 684.6 ± 54.3 G |
| 平均值 Mean | 10.56 ± 0.88 | 24.47 ± 1.89 | 13.23 ± 1.02 | 6.29 ± 0.44 | 799.9 ± 37.0 |
| 群体间 F 值 | 23.71** | 12.54** | 14.19** | 5.38** | 25.24** |
| Among populations | | | | | |
| F value | | | | | |
| 群体内 F 值 | 3.14** | 2.85** | 4.88** | 2.79** | 4.17** |
| Within populations | | | | | |
| F value | | | | | |

注：同列不同大写字母表示群体间差异达极显著水平（ $P < 0.01$ ）。** $P < 0.01$ 。
Note: The capital letters in the same column mean significant difference among populations at 0.01 level. ** $P < 0.01$.

多重比较结果（表 3、表 4）显示，叶片表型性状在群体间存在极显著差异，其中，湖北、湖南群体叶片长度、叶形指数及叶柄长度均较大，叶片呈长椭圆形，而河南、江苏、陕西群体叶片宽度较大，叶形指数较小，叶片呈椭圆形，浙江群体叶片表型各性状均较小。坚果表型性状在群体间差异亦达到极显著水平，安徽、浙江群体坚果大小、质量均为群体中最大者，其中，浙江板栗群体坚果长度、宽度及单果质量平均值分别达到（30.87 ± 0.76）mm、（34.10 ± 1.15）mm 和（12.85 ± 1.08）g，属大果型品种群，而北京、河北、山东、陕西群体坚果大小、质量均较小，属小果型板栗品种群。坚果品质性状方面，北京、陕西群体淀粉含量、可溶性糖含量、总蛋白含量及钙含量为最高或较高，品质较好，而河南群体淀粉含量最低，湖南群体可溶性糖及总蛋白含量最低，浙江群体钙含量最低。

2.2 板栗叶片、坚果表型及品质性状群体内变异特征

由表 5、表 6 可知，板栗叶片、坚果表型及品质 12 个性状的平均变异系数差异较大，其中叶柄长度的平均变异系数最大，达到 13.7%，显示其较大的遗传潜力；其次是单果质量；而坚果长度和果形指数平均变异系数最小，仅为 2.8%，表明其遗传稳定性较高。叶片表型性状、坚果表型性状及坚果品质性状的平均变异系数平均值分别为 7.7%、4.4%和 6.8%，说明坚果表型性状遗传稳定性高于叶片表型性状和坚果品质性状。

此外，不同群体间同一性状的变异系数存在差异甚至明显差异，如叶柄长度变异系数最大的是河北群体（21.9%），而最小的是安徽群体（8.6%），二者相差 13.3%。陕西、河北及浙江群体的各性状平均变异系数较大，分别为 8.1%、7.2%和 7.1%，而安徽群体的变异系数最小，仅为 5.2%，表明各群体的表型多样性存在差别。

表 5 板栗 10 个群体叶片、坚果表型性状的平均变异系数
Table 5 Coefficients of variation (CV) of leaf and nut phenotype traits for 10 populations of chestnut %

| 群体 Population | 叶片表型性状 Leaf phenotype traits | | | | 坚果表型性状 Nut phenotype traits | | | |
|------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| | 叶片长度 Leaf length | 叶片宽度 Leaf width | 叶形指数 Leaf index | 叶柄长度 Petiole length | 坚果长度 Nut length | 坚果宽度 Nut width | 果形指数 Nut index | 单果质量 Nut weight |
| 安徽 Anhui | 3.6 | 3.8 | 3.2 | 8.6 | 1.5 | 4.2 | 3.5 | 9.6 |
| 北京 Beijing | 6.8 | 5.4 | 5.6 | 14.7 | 3.4 | 4.3 | 2.3 | 9.8 |
| 河北 Hebei | 5.6 | 11.7 | 5.5 | 21.9 | 3.0 | 2.9 | 2.2 | 9.8 |
| 河南 Henan | 4.0 | 6.4 | 4.4 | 13.6 | 2.2 | 2.3 | 1.9 | 6.2 |
| 湖北 Hubei | 4.5 | 4.9 | 6.8 | 10.9 | 2.6 | 1.9 | 2.0 | 7.9 |
| 湖南 Hunan | 6.2 | 5.3 | 4.6 | 13.2 | 4.0 | 4.5 | 4.1 | 4.5 |
| 江苏 Jiangsu | 4.7 | 3.2 | 5.4 | 11.9 | 2.8 | 3.0 | 2.2 | 8.4 |
| 山东 Shandong | 5.4 | 9.0 | 5.7 | 14.4 | 2.6 | 3.2 | 2.8 | 6.4 |
| 陕西 Shaanxi | 6.8 | 13.7 | 4.3 | 15.1 | 4.0 | 7.3 | 4.3 | 14.7 |
| 浙江 Zhejiang | 3.8 | 5.0 | 7.6 | 12.2 | 2.5 | 3.4 | 3.0 | 8.4 |
| 均值 Mean | 5.1 | 6.8 | 5.3 | 13.7 | 2.8 | 3.7 | 2.8 | 8.3 |

表 6 板栗 10 个群体坚果品质性状的平均变异系数
Table 6 Coefficients of variation (CV) of nut quality traits for 10 populations of chestnut %

| 群体 Population | 淀粉含量 Starch content | 可溶性糖含量 Soluble sugar content | 总蛋白含量 Total protein content | 钙含量 The calcium content |
|------------------|------------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| 安徽 Anhui | 6.0 | 9.7 | 5.5 | 3.4 |
| 北京 Beijing | 8.3 | 7.5 | 5.1 | 3.5 |
| 河北 Hebei | 7.9 | 7.2 | 5.1 | 4.0 |
| 河南 Henan | 7.4 | 6.3 | 6.2 | 4.1 |
| 湖北 Hubei | 9.8 | 10.8 | 4.1 | 4.0 |
| 湖南 Hunan | 8.7 | 6.6 | 8.7 | 8.4 |
| 江苏 Jiangsu | 4.8 | 6.8 | 6.4 | 4.7 |
| 山东 Shandong | 7.0 | 6.2 | 5.8 | 4.4 |
| 陕西 Shaanxi | 6.9 | 6.2 | 11.1 | 3.1 |
| 浙江 Zhejiang | 10.5 | 9.2 | 12.1 | 7.9 |
| 均值 Mean | 7.7 | 7.7 | 7.0 | 4.6 |

2.3 板栗叶片、坚果表型及品质性状群体间表型分化

按巢式设计方差分量比组成分析了各方差分量占总变异的比例，如表 7 所示。可以看出，板栗叶片、坚果表型及品质各性状群体遗传组成存在较大差异，群体间和群体内的方差分量百分比分别在 6.13% ~ 24.62%和 46.86% ~ 60.90%之间；各性状的表型分化系数 V_{ST} 存在较大差异（9.14% ~ 34.40%），其平均值为 23.42%，群体内变异平均值为 76.58%，表明各性状群体内的变异远高于群体间的变异。此外，叶片表型性状、坚果表型性状及坚果品质性状表型分化系数平均值分别为 21.74%、23.36%和 25.18%，叶片表型性状表型分化系数略低于后两者。

2.4 板栗群体叶片、坚果表型及品质性状聚类分析

根据采用最短距离法的聚类分析结果（图 1），可将板栗 10 个群体分为 4 大类群。其中江苏、河南群体之间遗传距离最近，与山东、河北群体聚在一起，随后与湖北、安徽群体聚为 1 大类，属于中北部类群，该类群中江苏、河南两省纬度相近，山东与河北、湖北与安徽相互毗邻，地理上相近的群体，其表型相近，遗传上聚在一起，这与其地理分布格局大致吻合；陕西与北京群体聚为 1 大类，其遗传距离与地理距离无明显的相关关系；而浙江、湖南群体各自单独聚为 1 大类，均为南方类群。

表 7 板栗叶片、坚果表型及品质性状方差分量及群体间表型分化系数
Table 7 Variance portions and differentiation coefficients of leaf and nut phenotype and quality traits among and within populations of chestnut

| 性状 Trait | 方差分量 Variance components | | | 方差分量百分比/% Percentage of variance portion | | | 表型分化 系数/ % V _{ST} | | | |
|---------------------------------|-----------------------------|-------|--------------------|---|-----------------------|--------------------|----------------------------------|-------|--------------------|--------|
| | 群体间 populations | Among | 群体内 populations | Within | 随机误差 Random errors | 群体间 populations | | Among | 群体内 populations | Within |
| 叶片长度 Leaf length | 289.587 | | 910.154 0 | | 555.758 0 | 16.50 | | 51.85 | | 24.14 |
| 叶片宽度 Leaf width | 38.937 | | 286.332 6 | | 280.533 5 | 6.43 | | 47.26 | | 11.97 |
| 叶形指数 Leaf index | 3.763 | | 13.155 4 | | 9.583 5 | 14.20 | | 49.64 | | 22.24 |
| 叶柄长度 Petiole length | 16.270 | | 40.639 6 | | 20.203 3 | 21.10 | | 52.70 | | 28.59 |
| 坚果长度 Nut length | 726.417 | | 1 385.430 3 | | 838.618 6 | 24.62 | | 46.96 | | 34.40 |
| 坚果宽度 Nut width | 920.385 | | 3 099.986 1 | | 1 723.672 0 | 16.02 | | 53.97 | | 22.89 |
| 果形指数 Nut index | 0.070 | | 0.6959 | | 0.376 8 | 6.13 | | 60.90 | | 9.14 |
| 单果质量 Nut weight | 884.479 | | 2 390.346 5 | | 1 538.084 3 | 18.38 | | 49.67 | | 27.01 |
| 淀粉含量 Starch content | 2 790.314 | | 6 586.139 4 | | 4 679.490 3 | 19.85 | | 46.86 | | 29.76 |
| 可溶性糖含量 Soluble sugar content | 843.445 | | 2 951.574 5 | | 1 222.357 0 | 16.81 | | 58.83 | | 22.23 |
| 总蛋白含量 Total protein content | 83.347 | | 245.452 3 | | 178.166 9 | 16.44 | | 48.42 | | 25.35 |
| 钙含量 The calcium content | 22 811.154 | | 74 740.161 7 | | 36 289.772 7 | 17.04 | | 55.84 | | 23.38 |
| 均值 Mean | 2 450.681 | | 7 720.8390 | | 3 944.718 1 | 16.13 | | 51.91 | | 23.42 |

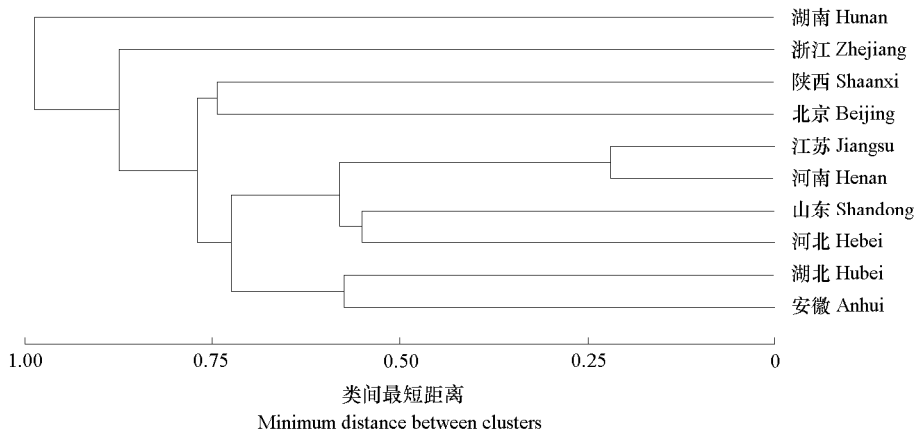


图 1 板栗群体聚类图
Fig. 1 Cluster of chestnut populations

3 讨论

中国板栗地方品种中蕴藏着极为丰富的表型变异和遗传变异，对品种改良与科学研究都具有重要意义。本研究中发现，板栗叶片、坚果性状存在较高的遗传多样性变异，12 个农艺性状在群体间和群体内差异均达到极显著水平。其中，湖南、湖北群体板栗叶片长度、宽度、叶形指数等表型性状值均较大，叶片从南到北大致呈现出从长椭圆形到椭圆形变化的趋势；安徽、浙江等南方群体坚果长度、宽度、单果质量平均值为最大或较大，而北方群体如北京、河北、山东、陕西板栗坚果大小、单果质量均较小，表明南方板栗果型、质量大于北方板栗；坚果品质方面，以北京、陕西群体板栗品质最优，且北方板栗品质明显优于南方板栗。所得结论与周连第（2005）的研究结果较为一致。

表型等性状既具有变异性又具有稳定性，受其本身的遗传组成和生态环境两方面的影响，是生物适应其生态环境的表现形式（杨继，1991）。本研究结果显示，板栗叶片表型性状的平均变异系数（7.7%）> 坚果品质性状的平均变异系数（6.8%）> 坚果表型性状的平均变异系数（4.4%），说明板栗群体内表型等性状离散程度较高，且坚果表型性状是农艺性状中较为稳定的遗传特征。10 个板栗群体中，陕西、河北及浙江群体板栗农艺性状平均变异系数较大，分别为 8.1%、7.2%和 7.1%，说明这 3 个省份可能是板栗表型多样性的中心。板栗群体表型、遗传多样性的高低受地区地形、气候、品种的分布等多方面因素的影响，陕西群体分布于长江、黄河流域，浙江群体分布于长江流域，地形复杂、气候差异显著；且陕西、河北及浙江等地板栗生产量大，品种资源丰富，供试材料多为实生选种产生的品种（品系），有些为实生变异，这些均有可能是造成板栗种质具有较高表型、遗传多样性的原因（周连第 等，2006；兰彦平 等，2010）。

植物的叶片是进行光合作用的主要器官，叶片性状的变异与整个植物和生态系统的结构、功能相关（张林和罗天祥，2004；王英姿 等，2009）。果实性状的表型变异也是研究植物种群的一个重要组成部分，而且果实性状往往是较稳定的遗传特征，在植物分类和遗传上具有重要的价值。采用遗传上较为稳定、不易受环境影响的性状研究表型多样性，可以揭示群体的遗传规律、变异大小。群体间的变异反映了地理和生殖隔离上的差异，是种内多样性的重要组成部分，分布在群体中的变异真正反映了群体在不同环境中的适应状况，其大小在某种程度上说明了该生物对不同环境的适应程度，值越大，适应的范围越广（Fuchs & Hamrick, 2010；江锡兵 等，2013）。本研究中，板栗叶片、果实性状群体间平均表型分化系数水平较低（23.42%），究其原因可能是由于板栗叶片、坚果性状是遗传上较为稳定、不易受环境影响的性状，主要受自身遗传因素控制。板栗群体内平均表型分化系数为 76.58%，群体内变异远高于群体间变异，说明群体内变异是板栗叶片、果实性状的主要变异来源。周连第等（2005）在对板栗叶片性状表型多样性研究时发现，板栗叶片长、叶片宽及叶片长宽比 3 个性状群体间的表型分化系数平均为 13.03%，而群体内的平均表型变异占 86.97%，表明群体内变异是板栗叶片表型变异的主要来源，本文结果与之相似。

聚类分析结果显示，江苏、河南、山东、河北、湖北、安徽 6 个中北部群体聚为 1 大类，6 个群体在地理位置上相互毗邻，遗传上聚在一起，这与其地理分布格局相吻合；北京和陕西群体聚为 1 大类，其遗传距离与地理距离无明显的相关关系，与周连第（2005）研究结果较为相似；此外，浙江、湖南群体各自单独成为 1 大类。除北京和陕西群体外，其余群体板栗叶片、坚果性状表型特征基本按地理距离而聚类，反映不同板栗群体表型多样性存在差别。

References

- Anagnostakis S L. 1992. Measuring resistant of chestnut tree to chestnut blight. *Canadian Journal of Forest Research*, 22 (4): 568 - 571.
- Chen Jun-hui. 2008. *Biochemistry experimentation*. 4th ed. Beijing: Science Press: 16 - 17. (in Chinese)
- 陈钧辉. 2008. *生物化学实验*. 第 4 版. 北京: 科学出版社: 16 - 17.
- Eiichi I, Lin N, Hirmichi H, Shuan R, Hiroyuki A. 2009. Development of simple sequence repeat markers in Chinese chestnut and their characterization in diverse chestnut cultivars. *J Amer Soc Hort Sci*, 134 (6): 610 - 617.
- Fuchs E J, Hamrick J L. 2010. Genetic diversity in the endangered tropical tree, *Guaiaicum sanctum* (Zygophyllaceae). *Journal of Heredity*, 101 (3): 284 - 291.
- Ge Song, Wang Ming-xiu, Chen Yue-wu. 1988. An analysis of population genetic structure of masson pine by isozyme technique. *Scientia Silvae Sinicae*, 24 (4): 399 - 409. (in Chinese)
- 葛 颂, 王明麻, 陈岳武. 1988. 用同工酶研究马尾松群体的遗传结构. *林业科学*, 24 (4): 399 - 409.
- Hizukuri S, Takeda Y, Maruta N. 1989. Molecular structural characteristics of rice starch. *Carbohydrate Research*, 189: 227 - 235.
- Jiang Xi-bing, Gong Bang-chu, Li Da-wei, Wu Kai-yun, Zhao Xian-min. 2013. Variation analysis of phenotypic traits in natural population of *Idesia*

- polycarpa*. Forest Research, 26 (1): 113 - 117. (in Chinese)
- 江锡兵, 龚榜初, 李大伟, 吴开云, 赵献民. 2013. 山桐子自然群体表型性状变异分析. 林业科学研究, 26 (1): 113 - 117.
- Lan Yan-ping, Zhou Lian-di, Yao Yan-wu, Wang Shang-de, Liu Guo-bin. 2010. Analysis of *Castanea mollissima* germplasm resources by AFLP. Acta Horticulturae Sinica, 37 (9): 1499 - 1506. (in Chinese)
- 兰彦平, 周连第, 姚研武, 王尚德, 刘国彬. 2010. 中国板栗种质资源的 AFLP 分析. 园艺学报, 37 (9): 1499 - 1506.
- Li Bin, Gu Wan-chun, Lu Bao-ming. 2002. A study on phenotypic diversity of seeds and cones characteristics in *Pinus bungeana*. Biodiversity Science, 10 (2): 181 - 188. (in Chinese)
- 李 斌, 顾万春, 卢宝明. 2002. 白皮松天然群体种实性状表型多样性研究. 生物多样性, 10 (2): 181 - 188.
- Li Mei. 2005. Study on phenotypic diversity of natural populations in *Quercus liaotungensis* [M. D. Dissertation]. Beijing: Beijing Forestry University. (in Chinese)
- 李 梅. 2005. 辽东栎天然群体表型多样性研究 [硕士论文]. 北京: 北京林业大学.
- Michelle R L, Westoby M, Jurado E. 1995. Correlates of seed size variation: A comparison among five temperate floras. Journal of Ecology, 83 (3): 517 - 530.
- Tian Hua, Kang Ming, Li Li, Yao Xiao-hong, Huang Hong-wen. 2009. Genetic diversity in natural populations of *Castanea mollissima* inferred from nuclear SSR markers. Biodiversity Science, 17 (3): 296 - 302. (in Chinese)
- 田 华, 康 明, 李 丽, 姚小洪, 黄宏文. 2009. 中国板栗自然居群微卫星 (SSR) 遗传多样性. 生物多样性, 17 (3): 296 - 302.
- Wang Tong-kun, Dong Chao-hua, Qi Yong-shun, Zhang Jing-zheng, Bai Su-hua, Song Wen-jing, Zhang Kai-hui. 2006. Analysis of genetic diversity of Yanshan chestnut by RAPD. Journal of Fruit Science, 23 (4): 547 - 552. (in Chinese)
- 王同坤, 董超华, 齐永顺, 张京政, 柏素花, 宋文静, 张开慧. 2006. 燕山板栗种质资源遗传多样性的 RAPD 分析. 果树学报, 23 (4): 547 - 552.
- Wang Ying-zi, Hong Wei, Wu Cheng-zhen, Zheng Guan-guan, Fan Hai-lan, Chen Can, Li Jian. 2009. Research on leaf traits for different age leaves of dominant species in *Castanopsis carlessii* forests in Lingshishan National Forest Park. Journal of Fujian College of Forestry, 29 (3): 203 - 209. (in Chinese)
- 王英姿, 洪 伟, 吴承祯, 郑关关, 范海兰, 陈 灿, 李 键. 2009. 灵石山米槠林优势种群不同叶龄叶属性的研究. 福建林学院学报, 29 (3): 203 - 209.
- Yang Ji. 1991. Intraspecific variation in plant and the exploring methods. Journal of Wuhan Botanical Research, 9 (2): 187 - 195. (in Chinese)
- 杨 继. 1991. 植物种内形态变异的机制及其研究方法. 武汉植物学研究, 9 (2): 187 - 195.
- Zhang Lin, Luo Tian-xiang. 2004. Advances in ecological studies on leaf lifespan and associated leaf traits. Acta Phytocologica Sinica, 28 (6): 844 - 852. (in Chinese)
- 张 林, 罗天祥. 2004. 植物叶寿命及其相关叶性状的生态学研究进展. 植物生态学报, 28 (6): 844 - 852.
- Zhou Lian-di. 2005. Study on genetic diversity of germplasm resources in *Castanea mollissima* [Ph. D. Dissertation]. Beijing: China Agricultural University. (in Chinese)
- 周连第. 2005. 板栗种质资源遗传多样性研究 [博士论文]. 北京: 中国农业大学.
- Zhou Lian-di, Lan Yan-ping, Cao Qing-chang, Li Shu-ying, Lan Wei-zong. 2005. Geographical variation of morphologic characteristics of *Castanea mollissima* seeds and legumes. Chinese Agricultural Science Bulletin, 21 (9): 136 - 139. (in Chinese)
- 周连第, 兰彦平, 曹庆昌, 李淑英, 兰卫宗. 2005. 板栗叶片性状表型多样性研究. 中国农学通报, 21 (9): 136 - 139.
- Zhou Lian-di, Lan Yan-ping, Han Zhen-hai. 2006. Study on heritance diversity of Chinese chestnut (*Castanea mollissima*) variety resources at molecular level. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 21 (3): 81 - 85. (in Chinese)
- 周连第, 兰彦平, 韩振海. 2006. 板栗品种资源分子水平遗传多样性研究. 华北农学报, 21 (3): 81 - 85.