

DOI:10.11937/bfyy.201512005

青海核桃种质资源表型多样性研究

魏海斌, 朱春云, 刘小利, 顾文毅

(青海省林业科学研究所, 青海 西宁 810016)

摘 要:以青海省 6 个核桃产区 152 份样本为研究对象,通过对主要性状指标的变异分析、聚类分析和主成分分析,初步探讨青海核桃的表型多样性。结果表明:单果重、核壳厚、露仁情况、取仁难易、核仁饱满度等的变异系数相对较高,品种选育宜将这些指标作为主要参考指标;在 6 个核桃产区中,循化产区各性状的变异程度总体最大,遗传多样性最丰富,综合表现以尖扎产区的最好;聚类分析结果表明,当遗传距离为 5 时,青海的 6 个核桃产区可聚为 3 类。不同地理位置下,不同的气候与降水条件导致核桃表型变异程度不同、遗传多样性丰富度不同。

关键词:核桃;种质资源;表型多样性;青海省

中图分类号:S 664.102.4(244) **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)12-0020-04

核桃是世界著名四大干果之一,它是胡桃属落叶乔木,在中国栽培有 2 000 年以上的历史^[1-7]。青海核桃栽培历史也比较悠久,远在唐代民和县的史纳大核桃就作为贡品向皇朝进贡。悠久的核桃栽培史,使得世代实生繁殖,在其实生群体中,混生着不同性状的核桃类群,经长期自然相互杂交,形成了高度的混杂群体,种质资源异常丰富多彩^[8-9]。然而,关于青海核桃表型多样性的研究尚属空白,因此,通过开展青海核桃种质资源的表型多样性,对青海地区核桃种质资源的保存与有效利用提供参考^[10]。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为青海省 6 个核桃主产区的 152 份样本,见表 1。

表 1 供试材料基本情况

Table 1 Basic situation of materials

编号 Serial number	采集地 Collection site	样本数 Number of samples /个	是否实生 Whether seedling	主要生境 The main habitat
1	尖扎县	16	是	河滩边、田间、路旁、屋旁
2	化隆县	12	是	河滩边、田间、路旁、屋旁
3	循化县	14	是	河滩边、田间、路旁、屋旁
4	贵德县	30	是	河滩边、田间、路旁、屋旁
5	乐都县	22	是	河滩边、田间、路旁、屋旁
6	民和县	58	是	河滩边、田间、路旁、屋旁

第一作者简介:魏海斌(1984-),男,青海西宁人,硕士,助理研究员,现主要从事经济林研究等研究工作。E-mail:13997091326@163.com.

基金项目:青海省自然科学基金资助项目(2013-Z-903);青海省农业科技成果转化和推广计划资助项目(2012-N-509);青海大学中青年科研基金资助项目(2012-QNY-5)。

收稿日期:2015-01-19

1.2 试验方法

依据地理分区,以村为单位,采用普查、抽查与访问相结合的方式开展调查。为确保数据的详实与准确。依托资料,对集中分布的乡村,采取逐户登记普查与实地抽样核查的方式进行;对分布少,且零星分散的乡村,采取访问与抽查核实相结合的方式进行。

1.3 项目测定

主要测定指标有当年生枝平均长度和节间长度(树冠外围东、西、南、北方向当年生枝各 3 枝长度与节间的平均值)、单果重、缝合线紧密程度、核壳厚、坚果纵径、坚果横径、坚果缝径、露仁情况、取仁难易、出仁率、核仁饱满度、坚果形状均匀度共 13 项指标。

其中,坚果三径及壳厚的测定:将成熟果实至少 20 个带回实验室用游标卡尺进行测定。

缝合线紧密程度、露仁情况、取仁难易、核仁饱满度、坚果形状均匀度等定性指标采用赋值的方法进行数量化,具体赋值标准参照《核桃种质资源描述规范和数据标准》:缝合线紧密程度:1-松;2-较松;3-紧密。露仁情况:1-不露;2-微露;3-露。取仁难易:1-易;2-中;3-难。核仁饱满度:1-饱满;2-较饱满;3-干瘪。坚果形状均匀度:1-差;2-中;3-好。

1.4 数据分析

采用 Excel 2003 软件进行数据处理;采用 SPSS 18.0 软件进行主成分分析与聚类分析。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,根据主成分函数模型计算主成分得分:

$F = A_1ZX_1 + A_2ZX_2 + A_3ZX_3 + \dots + A_nZX_n$, 其中, $A_n = B_n / \sqrt{Q(\alpha_n)}$; B_n 为主成分指标对应的系数; α_n 为主成分对应的特征值。 ZX_n 为标准化后数据。

2 结果与分析

2.1 青海核桃种质资源的主要表型性状

由表 2 可知,供试样本的 13 个性状差异明显,变异范围较大,变异系数为 8.41%~48.63%,平均变异系数为 26.93%。发育枝长度、节间平均长度、单果重、核壳

厚、露仁情况、取仁难易、核仁饱满度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。发育枝长度和核仁饱满度的变异系数最高,分别为 48.63%和 48.26%,表明其离散度较大;坚果纵径和横径平均值变异系数较低,仅为 8.56%和 8.41%。

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

指标 Indicators	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean	标准差 Standard deviation	变异系数 Variable coefficient/%
发育枝长度 Development branch length/cm	8.82	62.88	27.7303	13.48433	48.63
节间平均长度 The average length of internode/cm	1.78	9.00	4.7513	2.04348	43.01
单果重 Fruit weight/g	4.90	20.38	11.2494	3.13217	27.84
缝合线紧密程度 Suture tightness	1.00	3.00	2.9300	0.30200	10.31
核壳厚 Shell thickness/mm	0.25	2.44	1.3440	0.41541	30.91
纵径 Longitudinal diameter/cm	2.83	5.50	3.9808	0.55046	13.83
横径 Transverse diameter/cm	2.65	3.99	3.2566	0.27876	8.56
缝径 Seam diameter/cm	2.66	4.02	3.2532	0.27365	8.41
露仁情况 Nucleolus exposed	1.00	3.00	1.0500	0.30700	29.28
取仁难易 Take nucleolus easy or difficulty	1.00	3.00	1.8700	0.75700	40.50
出仁率 Walnut kernel rate	0.28	0.89	0.4821	0.08542	17.72
核仁饱满度 Degree of nucleolus plump	1.00	3.00	1.3500	0.64900	48.26
坚果形状均匀度 Nutseventy traits degree	1.00	3.00	2.5000	0.57000	22.81

2.2 青海核桃种质资源表型性状不同分布区差异

由表 3 可以看出,6 个产区核桃单果重差异明显,最高的是化隆,单果重达 13.31 g,超出国标特级标准(GB/T 20398-2006),其余产区达到国标Ⅱ级以上;各产区除循化和民和有少量核桃缝合线较松,其余缝合线均结合紧密;核壳厚介于 1.17~1.48 mm 之间,属于薄壳核桃范

围;从坚果三径值来看,属于大中型果范围;除循化产区有部分露仁,其余产区没有露仁情况;各产区核桃取仁较易,且坚果形状均匀度较好;出仁率最高的为循化产区,出仁率为 53%,达到国标特级标准,其余产区达到国标Ⅱ级以上。

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 Areas	发育枝长度 Development branch length/cm	节间平均长度 The average length of internode/cm	单果重 Fruit weight/g	缝合线紧密程度 Suture tightness	核壳厚 Shell thickness/mm	纵径 Longitudinal diameter/cm
尖扎 Jianzha	20.24±9.96	3.23±1.29	12.34±1.19	3.00±0.00	1.31±0.34	4.17±0.39
化隆 Hualong	25.58±12.57	4.97±1.81	13.31±1.30	3.00±0.00	1.48±0.70	4.15±0.32
循化 Xuehua	17.21±7.07	3.58±0.92	10.00±2.84	2.73±0.64	1.17±0.58	3.87±0.55
贵德 Guide	23.41±10.73	3.90±1.70	10.55±3.93	3.00±0.00	1.45±0.41	4.04±0.71
乐都 Ledu	32.83±10.98	5.90±1.80	12.23±3.35	3.00±0.00	1.46±0.41	4.00±0.41
民和 Minhe	32.50±15.56	5.41±2.25	11.05±3.16	2.91±0.29	1.29±0.29	3.89±0.59

表 3-1 不同产区核桃种质资源的表型性状指标

Table 3-1 Phenotype traits of walnut germplasm from different areas

产区 Areas	横径 Transverse diameter/cm	缝径 Seam diameter/cm	露仁情况 Nucleolus exposed	取仁难易 Take nucleolus easy or difficulty	出仁率 Walnut kernel rate	核仁饱满度 Degree of nucleolus plump	坚果形状均匀度 Nuts evenly traits degree
尖扎 Jianzha	3.13±0.11	3.21±0.22	1.00±0.00	2.00±0.53	0.47±0.04	1.25±0.71	2.63±0.51
化隆 Hualong	3.40±0.13	3.32±0.16	1.00±0.00	1.83±0.75	0.48±0.06	1.67±1.03	2.33±0.51
循化 Xunhua	3.22±0.29	3.23±0.32	1.36±0.81	2.09±0.83	0.53±0.16	1.64±0.92	2.45±0.68
贵德 Guide	3.15±0.36	3.19±0.30	1.00±0.00	1.93±0.88	0.43±0.09	1.20±0.56	2.53±0.52
乐都 Ledu	3.43±0.31	3.37±0.32	1.00±0.00	1.82±0.87	0.47±0.05	1.09±0.30	2.64±0.51
民和 Minhe	3.26±0.25	3.24±0.26	1.00±0.00	1.76±0.71	0.51±0.06	1.36±0.55	2.45±0.62

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,其中发育枝长度、平均节间长、核壳厚、取仁难易、核仁饱满度等的变异系数较大,最高达 61.68%,该结果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,而单果重、缝合线紧密程度、坚果三径值、露仁情况、出仁率、坚果形状均匀度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,循化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 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

变异系数 Variable coefficient/%													
产区 Areas	发育枝长 Development branch length	节间长 Length of internode	单果重 Fruit weight	缝合线 Suture	核壳厚 Shell thickness	纵径 Longitudinal diameter	横径 Transverse diameter	缝径 Seam diameter	露仁情况 Nucleolus exposed	取仁难易 Take nucleolus easy or Difficulty	出仁率 Walnut kernel rate	核仁饱满 Degree of nucleolus plump	坚果均匀 Nuts evenly traits degree
尖扎 Jianzha	49.21	39.94	9.64	0.00	25.95	9.35	3.51	6.85	0.00	26.50	8.51	56.80	19.39
化隆 Hualong	49.14	36.42	9.77	0.00	47.30	7.71	3.82	4.82	0.00	40.98	12.50	61.68	21.89
循化 Xunhua	41.08	25.70	28.40	23.44	49.57	14.21	9.01	9.91	59.56	39.71	30.19	56.10	27.76
贵德 Guide	45.84	43.59	37.25	0.00	28.28	18.32	11.43	9.40	0.00	45.60	20.93	46.67	20.55
乐都 Ledu	33.65	30.51	27.39	0.00	28.08	10.25	9.04	9.50	0.00	47.80	10.64	27.52	19.32
民和 Minhe	47.88	41.59	28.60	9.97	22.48	15.17	7.67	8.02	0.00	40.34	11.76	40.44	25.31

2.3 不同产区核桃主要经济性性状指标的主成分分析

以发育枝长度、节间平均长、单果重、缝合线紧密程度、核壳厚、纵径、横径、缝径、露仁情况、取仁难易、出仁率、核仁饱满程度、坚果形状均匀度 13 项主要经济性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 96.359%, 表明这 4 个主成分反映了核桃 13 项主要性状 96.359% 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 5

主成分分析的特征值和方差贡献率

Table 5

Eigenvalues and cumulative variance proportion from PCA

序号 Numbers	特征根 Characteristic root	方差贡献率 Variance contribution rate/%	累计方差贡献率 Cumulative variance contribution rate/%
1	5.597	43.05	43.050
2	4.425	34.04	77.086
3	1.332	10.244	87.328
4	1.174	9.034	96.359
5	0.473	3.644	100.000
6	2.846E-16	2.14E-15	100.000
7	1.641E-16	1.24E-15	100.000
8	9.358E-17	7.19E-16	100.000
9	4.721E-17	3.63E-16	100.000
10	-4.348E-17	-3.34E-16	100.000
11	-2.076E-16	-1.59E-15	100.000
12	-4.055E-16	-3.11E-15	100.000
13	-4.306E-16	-3.314E-15	100.000

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乐都、尖扎、贵德、化隆、民和、循化; 第二主成分的排序结果为循化、尖扎、乐都、化隆、贵德、民和; 第三主成分的排序结果为化隆、民和、尖扎、乐都、循化、贵德; 第四主成分的排序结果为化隆、贵德、尖扎、循

化、乐都、民和; 综合主成分的排序结果为尖扎、乐都、化隆、循化、贵德、民和。由此基本可以判断, 尖扎产区核桃的综合性状表现最好。该结果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青海各产区核桃表型性状的结果是比较可靠的。

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 Areas	主成分得分及排名 Principal component scores and rankings									
	F1	排名 Rank	F2	排名 Rank	F3	排名 Rank	F4	排名 Rank	F	排名 Rank
尖扎 Jianzha	2.72	2	2.55	2	0.31	3	0.36	3	2.18	1
化隆 Hualong	-0.92	4	-1.23	4	1.20	1	1.68	1	-0.56	3
循化 Xunhua	-3.30	6	2.73	1	-0.30	5	-0.38	4	-0.58	4
贵德 Guide	0.02	3	-1.52	5	-2.10	6	0.54	2	-0.70	5
乐都 Ledu	2.75	1	-0.55	3	0.13	4	-0.88	5	0.96	2
民和 Minhe	-1.27	5	-1.97	6	0.77	2	-1.32	6	-1.30	6

2.4 不同产区核桃的聚类分析

以发育枝长度、节间平均长、单果重、缝合线紧密程度、核壳厚、纵径、横径、缝径、露仁情况、取仁难易、出仁

率、核仁饱满程度、坚果形状均匀度 13 项主要经济性性状指标对 6 个产区进行聚类分析。

从图 1 可以看出, 当距离为 5 时, 6 个核桃产区在表

型性状上可以聚为 3 类。其中第 I 类包括化隆、贵德、民和、尖扎,说明这 4 个产区在表型性状上具有一定的相似性;乐都产区和循化产区分别单独聚为一类。

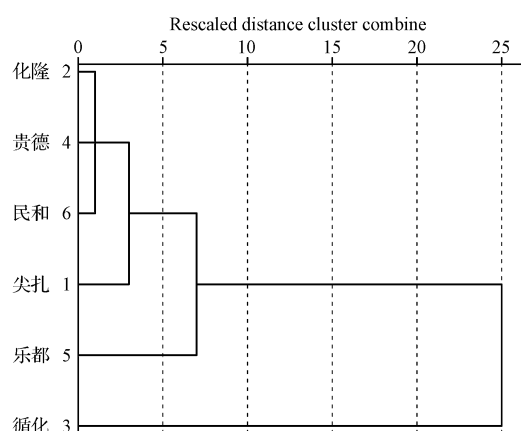


图 1 6 个核桃产区的聚类分析结果

Fig. 1 Result of cluster analysis in 6 walnut distributed areas

3 结论与讨论

该研究中,单果重、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,表明青海核桃种质资源丰富,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,因此,在品种选育过程中,宜将单果重较大、缝合线是否紧密、坚果外观是否均匀、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,循化产区各性状的变异程度总体最高,表明循化核桃种质资源丰富。

通过对 6 个产区的发育枝长度、节间平均长、单果重、缝合线紧密程度、核壳厚、纵径、横径、缝径、露仁情况、取仁难易、出仁率、核仁饱满程度、坚果形状均匀度 13 项主要经济性状指标进行聚类分析发现,化隆、贵德、民和、尖扎 4 个产区聚为 1 类、乐都产区和循化产区分别单独聚为 1 类。其原因可能与各地区所处的纬度有关,研究发现,乐都处于北纬 $36^{\circ}48'$,循化位于北纬 $35^{\circ}85'$,其余 4 个产区位置介于 $36^{\circ}48' \sim 35^{\circ}85'$ 。而其中乐都产区的表型变异程度最低,说明该区核桃的遗传多样性丰富度最低;循化产区的表型变异程度最高,说明该区核桃的遗传多样性丰富度最高。这表明在不同地理位置下,不同的气候与降水条件导致核桃表型变异程度不同、遗传多样性丰富度不同。

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] 郝荣庭,张毅萍. 中国核桃[M]. 北京:中国林业出版社,1992.
- [3] 郝荣庭,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] 郭映智. 青海的果树[M]. 西宁:青海人民出版社,1991:99-110.
- [9] 李耀阶. 青海木本植物志[M]. 西宁:青海人民出版社,1987:139-140.
- [10] 杨生福. 青海省东部地区核桃资源及其发展问题[J]. 林业科研文集, 1960(12):539-551.

Research on the Phenotypic Diversity of Walnut Germplasm Resources in Qinghai

WEI Hai-bin, ZHU Chun-yun, LIU Xiao-li, GU Wen-yi

(Forestry Science Research Institute of Qinghai Province, Xining, Qinghai 810016)

Abstract: Phenotypic diversity of walnut germplasm resources were investigated from main characters through variation analysis, clustering analysis and principal component analysis based on 152 superior trees from 6 cities/counties in Qinghai. The results showed that, variation coefficients of many economic indicators, such as fruit weight, nuclear shell thickness, kernel situation, take the kernel were difficult, nucleolus plumpness was in a relative high level. Consequently, those could be considered as reference guides in walnut variety breeding. The variation extent of all walnut characters was the greatest in Xunhua area among all 6 walnut growing areas, where the genetic diversity showed great abundance. In general, the walnut from Jianzha area was ranked first in the 6 walnut areas; the result from cluster analysis showed that the 6 walnut areas could be clustered into 3 classes when the distance was 5. Different geographical location, climate and rainfall conditions led to walnut phenotypic variation degree different, richness of genetic diversity.

Keywords: walnut; germplasm resources; phenotypic diversity; Qinghai province