

# 平榛种质资源坚果农艺性状鉴定与评价研究

李京璟<sup>1</sup>, 马庆华<sup>2</sup>, 陈 新<sup>3</sup>, 张日清<sup>1</sup>, 王贵禧<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>中南林业科技大学经济林培育与保护教育部重点实验室, 湖南长沙 410004;

<sup>2</sup>中国林业科学研究院林业研究所/国家林业局林木培育实验室/林木遗传育种国家重点实验室, 北京 100091;

<sup>3</sup>山东省果树研究所/山东省果树生物技术育种重点实验室, 山东泰安 271000)

**摘要:**平榛是我国重要的榛属植物资源, 为鉴定、评价和保护平榛种质资源, 提高其利用效率, 采用主成分分析和聚类分析方法对 99 份平榛种质资源坚果的主要农艺性状进行了鉴定和综合评价。结果表明: 平榛种质资源坚果的 24 个性状具有丰富的遗传多样性; 10 个数量性状的主成分分析确定了 4 类影响因子, 反映了育种选择方向及潜力; 基于各种质间形态性状的遗传差异, 将 99 份平榛种质划分为 5 大类群, 第 I 类群可作为选育果面光滑品种的育种和候选亲本材料, 第 II 类群可作为选育大粒型、适宜机械化加工的育种和候选亲本材料, 第 III 类群具有作为市场产品的潜力, 第 IV 类群可作为选育圆形、果面无条纹的育种和候选亲本材料, 第 V 类群可作为选育高丰产性品种的育种和候选亲本材料。上述研究为平榛种质资源的评价、保护和选优工作提供了基础数据。

**关键词:**平榛; 种质资源; 农艺性状; 鉴定评价

## Identification and Evaluation of Agronomic Traits for *Corylus heterophylla* Fisch. Germplasm Resources

LI Jing-jing<sup>1</sup>, MA Qing-hua<sup>2</sup>, CHEN Xin<sup>3</sup>, ZHANG Ri-Qing<sup>1</sup>, WANG Gui-xi<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Key Laboratory of Cultivation and Protection for Non-Wood Forest Trees, Ministry of Education,  
Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004;

<sup>2</sup>Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry/Key Laboratory of Forestry Silviculture of  
State Forestry Administration/State/Key Laboratory of Tree Genetics and Breeding, Beijing 100091;

<sup>3</sup>Shandong Institute of Pomology, Shandong Provincial/Key Laboratory  
of Fruit Tree Biotechnology Breeding, Shandong Tai'an 271000 )

**Abstract:** *Corylus heterophylla* Fisch. is one of the important *Corylus* resources in China. In order to identify, evaluate and protect *C. heterophylla* Fisch. germplasm resources, and enhance the efficiency of utilization, we evaluated 99 accessions of *C. heterophylla* Fisch. using both the cluster analysis and principal components analysis. The results showed that the 24 agronomic traits had extensive genetic variation types and genetic diversity. The principal components analysis of 10 traits calculated four common factors that reflect the breeding orientation and potential of major quantitative traits. Based on the genetic divergence of agronomic traits, *C. heterophylla* Fisch. genotypes were divided into 5 groups. The first group can be as parents of progenies with spherical and smooth seeds, the second can be as parents of progenies with large seed type and suitable for mechanical processing, the third group can be as

收稿日期: 2015-05-05 修回日期: 2015-06-09 网络出版日期: 2016-04-06

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20160406.1411.034.html>

**基金项目:** 国家林业局林业公益性行业科研专项(201304710)

第一作者主要从事经济林栽培与育种研究。E-mail: 826763104@qq.com; 马庆华为共同第一作者, 主要从事榛子种质资源和育种研究。E-mail: mghmary@sina.com

通信作者: 张日清, 主要从事经济林栽培与育种研究。E-mail: hanszhangriqing@csuft.edu.cn

王贵禧, 主要从事经济林与果品生物学研究。E-mail: wanggx0114@126.com

parents of progenies with market products, the fourth group can be as parents of progenies with round type and without stripe on shell surface, the fifth group can be as parents of progenies with high yield. Comprehensive analysis of agronomic traits provided scientific information for evaluation, protection and screening of the *C. heterophylla* Fisch. germplasm resources.

**Key words:** *Corylus heterophylla* Fisch. ; germplasm resources; agronomic traits; evaluation

榛子是重要的坚果和木本油料树种,在我国原产的 8 个种和 2 个变种中,平榛(*Corylus heterophylla* Fisch.) 是分布面积最广、资源最丰富、产量最多的一个种,其果仁营养丰富、风味清香且略有甜味,是广受欢迎的高档坚果。平榛具有抗逆性强、适应性强的特点,广泛分布在我国黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北等地<sup>[1]</sup>。平榛分布区生态条件复杂多样,繁殖方式以自然杂交结实和无性根蘖繁殖并存,导致了平榛不同居群间以及居群内部存在着广泛的遗传多样性<sup>[2]</sup>。因此,开展平榛种质资源的描述和评价工作,尤其是坚果农艺性状的鉴定和评价研究,对平榛资源遗传多样性的保护、集约化栽培和遗传改良均具有重要意义。在榛属植物种质资源评价方面,M. M. Thompson<sup>[3]</sup>、王明启等<sup>[4]</sup>分别针对不同的适用范围,建立了榛属植物种质资源性状描述与评价系统,提出了包括坚果农艺性状在内的部分数量性状的分级标准;解明等<sup>[5]</sup>通过随机采样的方法,收集了我国 5 个省区的 84 份平榛坚果样品,根据坚果单果重、出仁率、缺陷果率、缺陷果仁率、空粒率 5 个指标对平榛坚果进行等级评价,并列出了各等级的评价标准。上述工作为榛属植物种质资源的评价和坚果生产提供了重要依据,本研究在前人工作的基础上,将以从平榛主要分布区收集的代表性样品为试材,针对坚果农艺性状进行描述和测定,分析各性状的变异和分布情况,结合主成分分析和聚类分析方法分析其遗传多样性,以期今后平榛种质资源的评价、保护和选优工作提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

资源收集于平榛分布区的 5 个省区 14 个采样点(表 1),分别于 2006 年和 2008 年定植于北京市延庆县榛子实验基地,株行距为 2 m × 3 m,在田间采取一致的管理方式,自然授粉结实。

2014 年 8 月下旬,平榛坚果自然成熟后,采集带果苞的坚果,选取生长良好、稳定结实的 99 份平榛坚果样品用于坚果质量性状和数量性状的描述和测定。

表 1 供试材料的来源及数量

Table 1 Origin and amount of *C. heterophylla* Fisch. germplasm resources

| 来源<br>Origin | 份数<br>Amount | 来源<br>Origin | 份数<br>Amount |
|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 黑龙江带岭        | 4            | 辽宁铁岭         | 26           |
| 黑龙江佳木斯       | 7            | 辽宁清源         | 8            |
| 黑龙江牡丹江       | 2            | 辽宁丹东         | 1            |
| 吉林辽源         | 8            | 辽宁辽阳         | 7            |
| 吉林延边         | 2            | 辽宁朝阳         | 5            |
| 吉林敦化         | 6            | 内蒙古扎兰屯       | 2            |
| 河北围场         | 17           | 内蒙古赤峰        | 4            |

### 1.2 方法

**1.2.1 指标的描述与测定** 调查描述项目严格按照《榛种质资源描述符》<sup>[1]</sup>进行,描述项目包括坚果形状、坚果颜色、果顶形状、果基形状、果面条纹、果面茸毛、果仁光洁度、果仁色泽 8 个质量性状。

各品系样品选取具有代表性的坚果各 15 粒,调查坚果的纵、横、侧径和单果重,去壳后测量果壳腰部厚度和果仁的纵、横、侧径及仁重,计算出仁率<sup>[6]</sup>。坚果的纵、横、侧径和壳腰厚度用游标卡尺测量,单果重和仁重使用分析天平测量。纵径指顶部至基部的距离,横径指缝合线之间的距离,侧径指与横径垂直的距离<sup>[7]</sup>;坚果和果仁的三径均值为纵、横、侧径的平均值<sup>[7]</sup>;根据 S. A. Mehlenbacher<sup>[8]</sup>的方法计算坚果和果仁的形状指数、壳仁间隙、果腔系数、出仁率 4 个指标。

$$\text{坚果和果仁的形状指数} = \frac{\text{纵径} + \text{横径}}{2 \times \text{侧径}} \quad (1)$$

$$\text{壳仁间隙} = \text{坚果三径均值} - 2 \times \text{壳腰厚度} - \text{果仁三径均值} \quad (2)$$

$$\text{果腔系数} = \frac{\text{果仁三径均值}}{\text{坚果三径均值} - 2 \times \text{壳腰厚度}} \quad (3)$$

$$\text{出仁率} = \frac{\text{仁重}}{\text{单果重}} \times 100\% \quad (4)$$

**1.2.2 数据处理及统计分析** 试验数据采用 Excel 和 SPSS 19.0 软件统计各个样品数量性状的平均值(X)、最大值(Max.)、最小值(Min.)、标准差(s.)、

变异系数(CV)。根据概率论和数理统计的理论,结合计算结果,将各数量性状划分为7~12个组,统计落入各分组的品种数,用 Origin 8.0 软件绘制次数分布直方图,并用分布函数的  $X^2$  检验法检验各数量性状是否符合正态分布。

由于各个性状的量纲不同,将质量性状如坚果形状、颜色等予以赋值(表2);将数量性状划分为10个等级,1级 $<X-2s$ ,10级 $>X+2s$ ,每级相差0.5s。Shannon-Weaver 遗传多样性指数( $H'$ )按照如下公式(5)<sup>[9]</sup>计算。其中,n为某一性状的级别数目, $P_i$ 为某一性状第i级别内材料份数占总份数的百分比。

$$H' = - \sum_{i=1}^n P_i \times \ln P_i \quad (5)$$

表2 平榛种质资源描述项目及鉴定标准

Table 2 The main morphological characters and their criteria for *C. heterophylla* Fisch. germplasm resources

| 序号 Code | 性状 Character                  | 标准 Criterion                 |
|---------|-------------------------------|------------------------------|
| 1       | 坚果形状<br>Nut shape             | 1:扁圆形,2:圆锥形,3:圆形,4:椭圆形,5:长圆形 |
| 2       | 坚果颜色<br>Nut shell colour      | 1:黄,2:黄褐,3:金黄褐,4:红褐,5:褐      |
| 3       | 果顶形状<br>Shape of nut apex     | 1:圆,2:尖,3:平                  |
| 4       | 果基形状<br>Shape of nut base     | 1:圆,2:尖,3:平                  |
| 5       | 果面条纹<br>Nut shell striping    | 1:不明显,2:较明显,3:明显,4:沟纹        |
| 6       | 果面茸毛<br>Hairness of nut shell | 1:无,2:稀,3:中,4:密              |
| 7       | 果仁颜色<br>Kernel colour         | 1:黄白,2:黄,3:金黄,4:黄褐,5:紫红      |
| 8       | 果仁光洁度<br>Kernel fibre texture | 1:粗糙,2:较粗糙,3:较光洁,4:光洁        |

在主成分分析前,使用隶属函数法对数据进行转化,其中,正相关指标(坚果重、坚果三径均值、果仁重、果仁三径均值、出仁率、果腔系数)依据公式(6),负相关指标(壳腰厚度、壳仁间隙)依据公式(7),坚果和种仁的形状指数使用梯形隶属函数,即形状指数在 $1.00 \pm 0.05$ 之间取值为1,形状指数 $<0.95$ 时依据公式(6),形状指数 $>1.05$ 时依据公式(7)。

$$U_{in} = \frac{X_{in} - X_{imin}}{X_{imax} - X_{imin}} \quad (6)$$

$$U'_{in} = 1 - \frac{X_{in} - X_{imin}}{X_{imax} - X_{imin}} \quad (7)$$

式中, $U_{in}$ 和 $U'_{in}$ 分别指第n个样品第i个指标的原始数据经转化后的隶属函数值; $X_{in}$ 指第n个样品第i个指标的原始测定结果; $X_{imax}$ 和 $X_{imin}$ 分别指样品组中第i个指标的最大和最小值。

在聚类分析过程中,数据进行标准化转换(Z得分),种质间遗传距离为欧氏距离,聚类方法采用离差平方和法。

## 2 结果与分析

### 2.1 主要农艺性状变异及分布

**2.1.1 质量性状变异及分布** 描述的质量性状变异类型及分布频率如图1。所考察的8个质量性状中,变异类型除了果面条纹中的沟纹、果仁色泽中的紫红色空缺外,该核心样本包含了33个质量性状参数中的31个变异类型,具有一定的代表性。

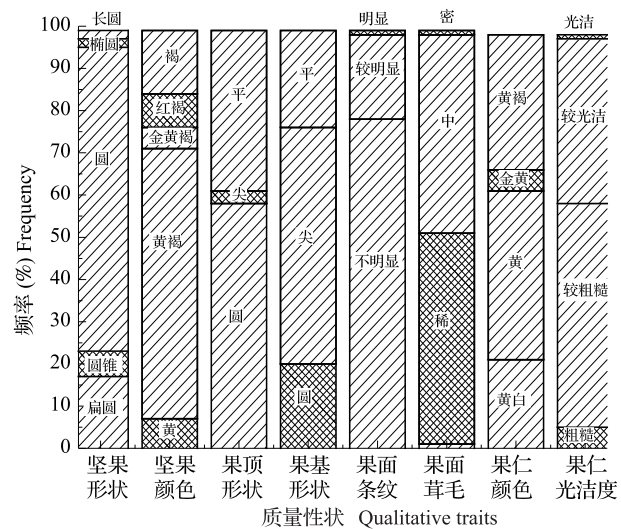


图1 平榛质量性状变异类型的分布频率

Fig. 1 The variation distribution of the qualitative traits in *C. heterophylla* Fisch. germplasm resources

**2.1.2 数量性状的变异及遗传多样性** 变异系数大小反映了品种固有特征的个体差异范围,分布状态则反映了性状的集散性,两者在制定标准时都应该考虑<sup>[10-11]</sup>。表3展示了平榛种质资源16个坚果数量性状的变异情况。由表3可见,平榛种质资源的坚果大小在11.55~16.66 mm之间,坚果重在0.66~2.29 g之间,果仁重在0.11~0.68 g之间,坚果大小整体上小于已报道的平欧杂种榛的坚果大小<sup>[12]</sup>,但与毛榛、川榛、滇榛等其他野生资源相比,处于中等较大的水平<sup>[1]</sup>。坚果横径的多样性指数

表 3 平榛坚果数量性状的变异情况

Table 3 Variation of 16 quantitative characters among varieties of *C. heterophylla* Fisch.

| 性状<br>Characters | 最大值<br>Max. | 最小值<br>Min. | 标准差<br><i>s</i> | 平均值<br>Mean | 变异系数(%)<br><i>CV</i> | 遗传多样性指数<br><i>H'</i> |
|------------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|----------------------|----------------------|
| 坚果纵径(mm)         | 19.61       | 12.11       | 1.40            | 15.52       | 9.00                 | 1.80                 |
| 坚果横径(mm)         | 17.17       | 11.92       | 1.16            | 14.66       | 7.91                 | 1.92                 |
| 坚果侧径(mm)         | 17.56       | 10.63       | 1.22            | 13.52       | 9.05                 | 1.72                 |
| 坚果三径均值(mm)       | 16.66       | 11.55       | 0.84            | 14.57       | 5.77                 | 1.77                 |
| 坚果重(g)           | 2.29        | 0.66        | 0.29            | 1.41        | 20.42                | 1.73                 |
| 仁纵径(mm)          | 14.99       | 8.31        | 1.47            | 11.03       | 13.32                | 1.78                 |
| 仁横径(mm)          | 12.43       | 6.46        | 1.13            | 10.10       | 11.21                | 1.76                 |
| 仁侧径(mm)          | 10.49       | 6.12        | 0.94            | 8.54        | 10.98                | 1.80                 |
| 果仁三径均值(mm)       | 11.48       | 7.14        | 0.87            | 9.89        | 8.81                 | 1.80                 |
| 果仁重(g)           | 0.68        | 0.11        | 0.12            | 0.40        | 30.87                | 1.88                 |
| 壳腰厚度(mm)         | 2.70        | 1.14        | 0.33            | 1.69        | 19.70                | 1.76                 |
| 坚果形状指数           | 1.37        | 0.92        | 0.10            | 1.12        | 8.83                 | 1.65                 |
| 果仁形状指数           | 1.59        | 0.94        | 0.13            | 1.25        | 10.06                | 1.69                 |
| 果腔系数             | 1.03        | 0.66        | 0.07            | 0.89        | 7.33                 | 1.62                 |
| 壳仁间隙             | 3.66        | 0.15        | 0.76            | 1.29        | 59.00                | 1.52                 |
| 出仁率(%)           | 41.43       | 13.17       | 7.26            | 28.32       | 25.60                | 1.80                 |

最高达 1.92,其次为果仁重达 1.88,壳仁间隙最小仅为 1.52。不同来源的平榛坚果数量性状变异较大,变异系数最大的为壳仁间隙,达 59%,其次为果仁重和坚果重,这些指标是对平榛果仁饱满程度的体现,变异系数越大,说明该性状在样品间的差异越大,遗传可塑性越强。因此,在平榛遗传改良工作中应对壳仁间隙、仁重和坚果重等指标予以重点考虑。

**2.1.3 数量性状的分布** 绘制平榛坚果各数量性状的次数分布直方图(图 2),由图 2 可见,各数量性状的分布间存在差异。经分布函数  $\chi^2$  检验得出,单果重、坚果纵、横、侧径、坚果三径均值、坚果形状指数、果仁重、果仁纵、横、侧径、果仁三径均值、果仁形状指数、出仁率、果壳厚度、壳仁间隙均符合正态分布,而果腔系数有一定的拖尾部分,近似服从  $\chi^2$  分布。

**2.2 平榛种质资源主要农艺性状主成分分析**

对平榛 10 个主要农艺性状进行主成分分析,结果表明,前 4 个主成分的累计贡献率达到 93.97%。由表 4 可知,第 1 主成分的特征向量中,载荷较高且符号为正的性状有单果重、仁重、坚果和果仁三径均值、果腔系数、壳仁间隙、出仁率,这些性状间呈正相关,说明在壳仁间隙适当的情况下,坚果和果仁的大

小和质量对出仁率有决定性的作用,此类性状均与产量相关,可称为产量因子。第 2 主成分的特征向量中,载荷较高且符号为正的性状有单果重、坚果三径均值,载荷较高且符号为负的性状有壳腰厚度、出仁率,表明壳腰越厚,坚果就越重,其出仁率就越低,此类性状与坚果的大小有关,可称为大小因子。第 3 主成分的特征向量中,载荷较高且符号为正的有果腔系数和壳仁间隙,符号为负的农艺性状有单果重和果仁重、壳腰厚度、坚果和果仁三径均值,说明果仁并非越饱满越好,过小会影响产量,过大不利于加工生产,此类性状与坚果的加工有关,称为加工因子。第 4 主成分的特征向量中,载荷较高且符号为正的性状有坚果和果仁形状指数、壳腰厚度、出仁率、仁重,符号为负的有单果重、果腔系数、壳仁间隙,表明坚果的形状指数在一定范围内与仁重等产量因子呈正相关,但其超出一定的范围,则会影响坚果的经济价值,此类性状与形状有关,称为形状因子。

**2.3 平榛种质资源的聚类分析**

根据平榛坚果的 24 个主要农艺性状在种质资源间的表现差异,以欧氏距离为遗传距离,以离差平方和法为聚类分析法,在遗传距离为 10 处将参试材料聚为 5 大类群(图 3),各类群特征见表 5。



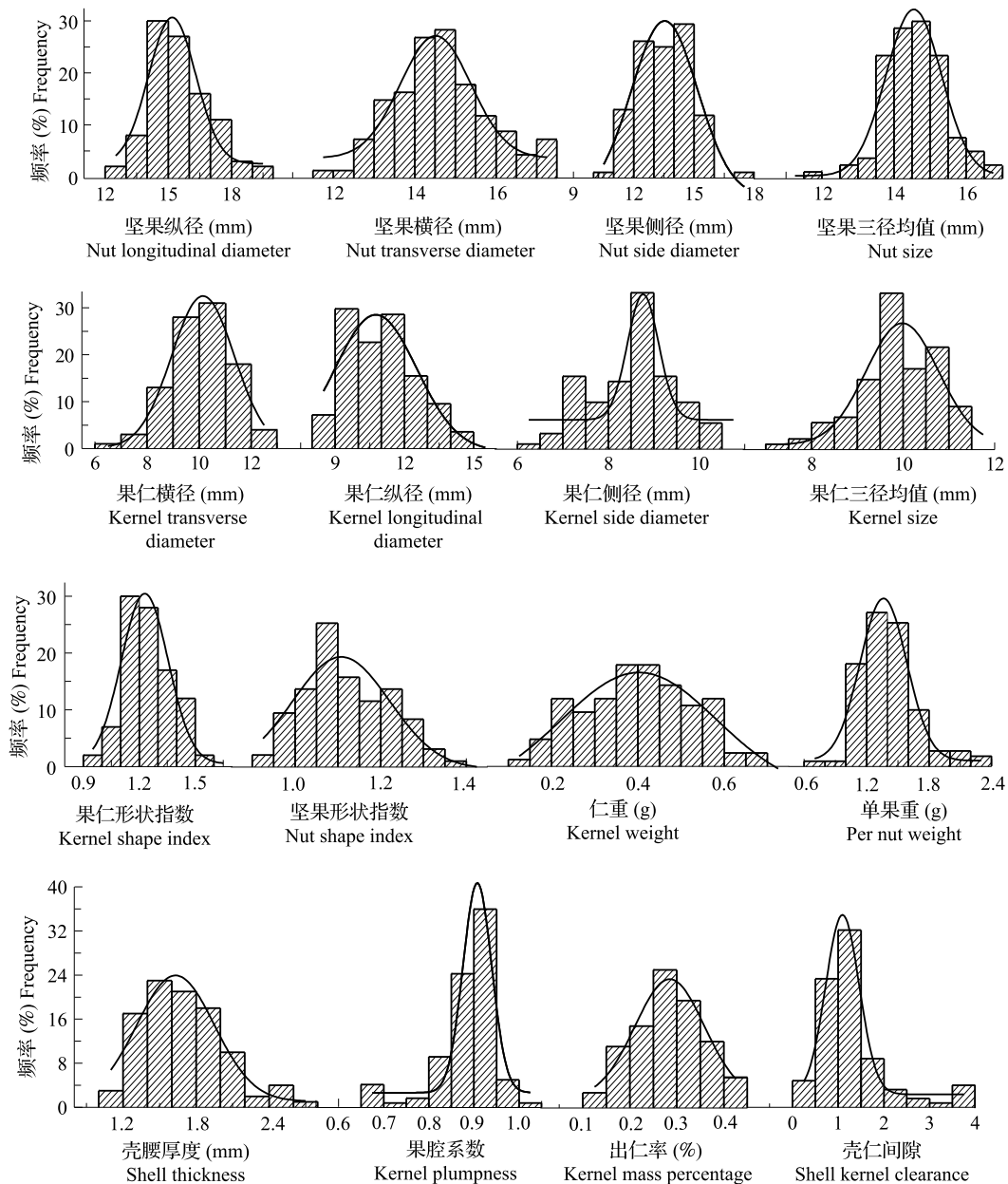


图2 平榛数量性状次数分布柱形图

Fig. 2 Frequency distributions of quantitative characters of *C. heterophylla* Fisch.

第1类群包含18份材料,其主要特征是坚果形状以圆形为主,扁圆形次之;坚果颜色以黄褐居多,黄色和褐色次之;果顶形状以圆和平为主;果基形状以尖和平为主;果面条纹以无或不明显为主,较明显次之;果面茸毛以稀为主,中次之;种仁颜色以黄为主,黄褐和黄白次之;果仁光洁度较粗糙,较光洁次之。壳腰厚度最大,均值为1.92,变异系数达17.85%,出仁率均值为23%。综合各性状,此类群壳厚且出仁率较低,丰产性较差,但其果面条纹不明显,果面茸毛稀少,选育时可加以关注。此类群材料主要包括辽宁铁岭6份,朝阳1份,丹东1份,清源1份,吉林辽源2份,敦化1份,黑龙江带岭1份,佳木

斯1份,河北围场3份,内蒙古扎兰屯1份。

第2类群包含21份材料,其主要特征是坚果形状以圆形为主,扁圆形次之,坚果颜色以黄褐为主,红褐和褐色次之;果顶形状以圆和平为主;果基形状以尖为主,圆次之;果面条纹以无条纹或不明显为主,条纹较明显次之;果面茸毛以中为主,稀次之;种仁色泽以黄为主,黄褐次之;果仁光洁度以较粗糙和较光洁为主。坚果和果仁三径均值、坚果重和果仁重、果腔系数最大,变异系数分别为5.54%、3.76%、21.19%、12.91%、3.81%,出仁率达31%。综合各性状可以看出,此类群单株产量较高,可作为选育大粒型、机械化加工的亲本材料。此类群主要

包括辽宁铁岭 11 份,朝阳 1 份,清源 3 份,吉林辽源 1 份,黑龙江带岭 1 份,河北围场 4 份。

第 3 类群包含 6 份材料,其主要特征是坚果形状以圆形为主,扁圆形次之;坚果颜色以黄褐为主;果顶形状以圆和平为主;果基形状以尖为主,平少许;果面条纹以无条纹或不明显为主,条纹较明显仅有 2 个;果面茸毛以稀为主,中次之;种仁色泽以黄为主,金黄和黄褐次之;种仁光洁度较光洁,仅有 4 个较粗糙。坚果和果仁形状指数较大,均值分别为 1.18、1.32。综合各性状表现,此类材料坚果和果仁表型性状较优,在选择具有商品特性的资源方面具有潜力。此类群主要包括吉林敦化 6 份。

第 4 类群包含 24 份材料,其主要特征是坚果形状都为圆形,坚果颜色以黄褐为主,褐次之;果顶形状都是圆形;果基形状都是平形;果面条纹都是无条纹或不明显;果面茸毛都是中;种皮颜色都是黄褐;种仁光洁度以较光洁为主,较粗糙次之。坚果和果仁重、果腔系数最小,出仁率最小仅为 17%。综合各性状,此类材料的经济特性最差,但在选育圆形、无果面条纹的杂交亲本时可予以关注。此类群主要包括辽宁铁岭 4 份,辽阳 2 份,清源 1 份,吉林辽源 2 份,延边 2 份,黑龙江带岭 1 份,佳木斯 3 份,牡丹江 1 份,河北围场 8 份。

表 4 平榛种质资源主要农艺性状的主成分分析

Table 4 The principal components of *C. heterophylla* Fisch. germplasm resources by analysis of main agro-nomic traits

| 性状                             | 因子 1    | 因子 2    | 因子 3    | 因子 4    |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Traits                         | Factor1 | Factor2 | Factor3 | Factor4 |
| 单果重 Per nut weight             | 0.607   | 0.658   | -0.370  | -0.059  |
| 仁重 Kernel weight               | 0.931   | -0.067  | -0.249  | 0.171   |
| 壳腰厚度 Shell thickness           | 0.056   | -0.868  | -0.287  | 0.322   |
| 坚果三径均值 Nut size                | 0.426   | 0.607   | -0.643  | -0.055  |
| 坚果形状指数 Nut shape index         | -0.533  | 0.612   | 0.110   | 0.334   |
| 果仁三径均值 Kernel size             | 0.961   | 0.053   | -0.148  | 0.095   |
| 果仁形状指数 Kernel shape index      | -0.088  | 0.409   | 0.258   | 0.825   |
| 果腔系数 Kernel plumpness          | 0.656   | 0.153   | 0.726   | -0.108  |
| 壳仁间隙 Shell kernel clearance    | 0.583   | 0.156   | 0.784   | -0.118  |
| 出仁率 Kernel mass percentage     | 0.720   | -0.593  | 0.051   | 0.251   |
| 特征值 Characteristic value       | 3.925   | 2.504   | 1.938   | 1.030   |
| 贡献率(%) Contribution rate       | 39.25   | 25.04   | 19.38   | 10.30   |
| 累计贡献率(%)                       | 39.25   | 64.29   | 83.67   | 93.97   |
| Accumulative contribution rate |         |         |         |         |

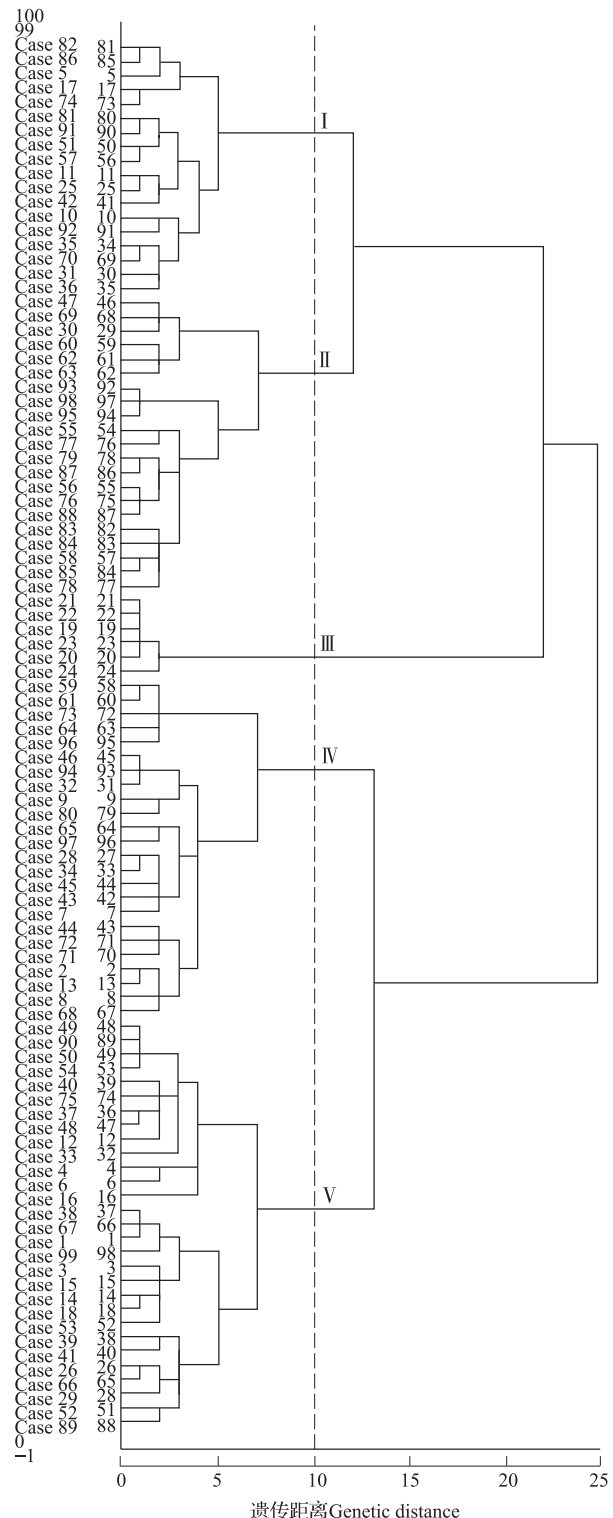


图 3 平榛种质资源基于 24 个性状的聚类图

Fig. 3 Cluster dendrogram of *C. heterophylla* Fisch. germplasm resources based on analysis of 24 traits

第 5 类群包含 29 份材料,其主要特征是坚果形状 5 种形状都有;坚果颜色以黄褐为主;果顶形状以圆为主;果基形状以尖为主,平次之;果面条纹以无条纹或不明显为主,有 4 个条纹较明显;果面茸毛以

表 5 平榛种质资源各类群农艺性状特征

Table 5 Average and standard deviation amount agronomic traits in different germplasm groups of *C. heterophylla* Fisch.

| 性状 Trait   | 项目 Item       | 种质群 Germplasms groups |         |         |         |               |
|------------|---------------|-----------------------|---------|---------|---------|---------------|
|            |               | I                     | II      | III     | IV      | V             |
| 坚果纵径(mm)   | 平均值 $\bar{X}$ | 14.54                 | 15.51   | 15.31   | 14.55   | 17.37         |
|            | 变异系数(%) CV    | 5.69                  | 5.74    | 8.35    | 1.41    | 6.04          |
| 坚果横径(mm)   | 平均值 $\bar{X}$ | 14.93                 | 15.58   | 13.46   | 14.34   | 14.32         |
|            | 变异系数(%) CV    | 5.70                  | 6.84    | 5.56    | 4.30    | 7.61          |
| 坚果侧径(mm)   | 平均值 $\bar{X}$ | 13.94                 | 14.38   | 12.18   | 14.68   | 12.68         |
|            | 变异系数(%) CV    | 5.69                  | 7.33    | 5.22    | 3.86    | 7.09          |
| 坚果三径均值(mm) | 平均值 $\bar{X}$ | 14.47                 | 15.16   | 13.65   | 14.52   | 14.79         |
|            | 变异系数(%) CV    | 4.14                  | 5.54    | 5.04    | 3.13    | 4.66          |
| 坚果重(g)     | 平均值 $\bar{X}$ | 1.43                  | 1.65    | 1.18    | 1.07    | 1.43          |
|            | 变异系数(%) CV    | 12.70                 | 21.19   | 14.26   | 12.88   | 12.93         |
| 果仁纵径(mm)   | 平均值 $\bar{X}$ | 9.87                  | 11.23   | 10.95   | 9.19    | 12.99         |
|            | 变异系数(%) CV    | 8.34                  | 6.74    | 9.22    | 2.79    | 7.81          |
| 果仁横径(mm)   | 平均值 $\bar{X}$ | 10.09                 | 11.21   | 9.36    | 7.64    | 10.17         |
|            | 变异系数(%) CV    | 7.85                  | 6.40    | 7.04    | 8.10    | 7.39          |
| 果仁侧径(mm)   | 平均值 $\bar{X}$ | 8.59                  | 9.53    | 7.71    | 6.94    | 8.50          |
|            | 变异系数(%) CV    | 7.90                  | 6.15    | 7.34    | 6.09    | 7.16          |
| 果仁三径均值(mm) | 平均值 $\bar{X}$ | 9.52                  | 10.65   | 9.34    | 7.92    | 10.55         |
|            | 变异系数(%) CV    | 4.72                  | 3.76    | 5.51    | 4.97    | 4.12          |
| 果仁重(g)     | 平均值 $\bar{X}$ | 0.33                  | 0.50    | 0.33    | 0.18    | 0.50          |
|            | 变异系数(%) CV    | 22.49                 | 12.91   | 24.00   | 20.60   | 17.24         |
| 壳腰厚度(mm)   | 平均值 $\bar{X}$ | 1.92                  | 1.82    | 1.58    | 1.54    | 1.37          |
|            | 变异系数(%) CV    | 17.85                 | 15.66   | 13.21   | 4.42    | 12.76         |
| 坚果形状指数     | 平均值 $\bar{X}$ | 1.06                  | 1.08    | 1.18    | 0.99    | 1.25          |
|            | 变异系数(%) CV    | 5.13                  | 4.75    | 4.34    | 1.40    | 4.86          |
| 果仁形状指数     | 平均值 $\bar{X}$ | 1.17                  | 1.18    | 1.32    | 1.21    | 1.37          |
|            | 变异系数(%) CV    | 8.85                  | 7.19    | 7.07    | 4.38    | 7.20          |
| 果腔系数       | 平均值 $\bar{X}$ | 0.90                  | 0.93    | 0.89    | 0.69    | 0.88          |
|            | 变异系数(%) CV    | 4.73                  | 3.81    | 3.78    | 2.81    | 5.42          |
| 壳仁间隙       | 平均值 $\bar{X}$ | 1.11                  | 0.89    | 1.15    | 3.52    | 1.49          |
|            | 变异系数(%) CV    | 43.54                 | 41.90   | 34.50   | 4.77    | 42.50         |
| 出仁率(%)     | 平均值 $\bar{X}$ | 0.23                  | 0.32    | 0.28    | 0.17    | 0.35          |
|            | 变异系数(%) CV    | 22.03                 | 17.21   | 18.55   | 15.34   | 14.32         |
| 坚果形状       |               | 圆、扁圆                  | 圆、扁圆    | 圆、扁圆    | 圆       | 圆、扁圆、圆锥、椭圆、长圆 |
| 坚果颜色       |               | 黄褐、黄、褐                | 黄褐、褐、红褐 | 黄褐      | 黄褐、褐    | 黄褐            |
| 果顶形状       |               | 圆、平                   | 圆、平     | 圆、平     | 圆       | 圆             |
| 果基形状       |               | 尖、平                   | 尖、圆     | 尖、平     | 平       | 尖、平           |
| 果面条纹       |               | 不明显、较明显               | 不明显、较明显 | 不明显     | 不明显     | 不明显、较明显       |
| 果面茸毛       |               | 稀、中                   | 稀、中     | 稀、中     | 中       | 稀、中           |
| 果仁颜色       |               | 黄、黄褐、黄白               | 黄、黄褐    | 黄、金黄、黄褐 | 黄褐      | 黄、白、黄褐        |
| 果仁光洁度      |               | 较粗糙、较光洁               | 较粗糙、较光洁 | 较光洁     | 较粗糙、较光洁 | 较粗糙、较光洁       |

稀和中为主;种皮颜色以黄和黄白为主,有少许黄褐;果仁光洁度以较粗糙为主,较光洁次之。坚果和果仁重较大,壳腰厚度最小,坚果和果仁形状指数最大,出仁率最高,达 35%。综合各性状,此类群的经济特性最好,可作为丰产型的杂交亲本。此类群主要包括辽宁铁岭 5 份,朝阳 3 份,清源 3 份,吉林辽源 5 份,敦化 1 份,黑龙江带岭 2 份,牡丹江 2 份,河

北围场 3 份,内蒙古赤峰 4 份,内蒙古扎兰屯 1 份。

3 结论与讨论

种质资源遗传多样性主要是指群体内个体间基因组成的差异,对同一植物不同品种乃至同一品种不同个体间也有不同程度的差异性,多样性的高低对于品种的选育改良有很大的影响<sup>[13]</sup>。因此,为了

获得优质的平榛基因资源,进行种质资源的遗传多样性研究,是今后种质创新和品种选育的关键<sup>[14-15]</sup>。同时,农艺性状的鉴定和描述作为种质资源研究的最直观、最基本的方法和途径<sup>[16-17]</sup>,在平榛的育种工作中是不可或缺的。本试验对 99 份平榛种质资源的 24 个表型性状进行形态多样性分析,结果表明核心样本的质量性状基本上涵盖了所有的变异类型,数量性状中坚果横径和果仁重的多样性指数较高;坚果重、果仁重和壳仁间隙性状的变异系数比较大,这表明平榛种质资源间的性状差异明显,变异范围大,遗传多样性丰富,为平榛的选优和遗传改良奠定了基础。

在数量性状的分布类型方面,有学者研究发现,并不是果树的所有性状均遵从正态分布,例如桃、李属<sup>[18]</sup>等树种的某些性状近似服从  $X^2$  分布。而本研究平榛坚果的果腔系数不属于正态分布,除去其拖尾部分,可近似看作是正态分布。果腔系数反映了果仁的饱满度,本研究中果腔系数拖尾部分比较严重的分布出现在系数为 0.6~0.7 以下的部分,参照 IBPGR/IPGRI 规范和文中的 5 级分级标准,均表明为不太饱满的类型,本研究所测定的样品,栽植在同一地块,不存在环境因素的影响,拖尾现象的原因可能是样品的遗传特性造成的,说明在野生的平榛群体中尚存在一定数量的劣质种质类型,实现野生平榛的高效栽培,还需逐步进行淘汰和选优等工作。

本研究利用主成分分析法和聚类分析法研究参试材料主要农艺性状间的相关性及差异性,对平榛种质资源的综合性状进行评价。主成分分析结果表明,前 4 个主成分反映了 10 个性状的全部信息,累计贡献率达 93.97%。根据各性状的载荷值大小,将第 1 主成分作为产量因子,第 2 主成分作为大小因子,第 3 主成分作为加工因子,第 4 主成分作为形状因子。利用以上 4 个因子对平榛的综合性状进行优劣评价,可得优质的平榛种质资源选育主要集中在出仁率高、果个大、果壳薄、果形好、易机械加工的品种。根据遗传关系理论,通过聚类方法,将参试材料的 24 个主要农艺性状聚为 5 大类群,各类种质群间差异明显。在 5 个类群中,第 I 类群丰产性较差可作为选育果面光滑的品种;第 II 类群可作为选育大粒型、适宜机械化加工的亲本材料;第 III 类群具有作为市场产品的潜力;第 IV 类群经济特性差可作为选育圆形、果面无条纹的杂交亲本材料;第 V 类群可作为选育丰产性高的品种。通过聚类,初步明确了平榛种质资源的不同类型,为榛子不同目标的杂交育种提供亲本材料,使亲本间优良性状的搭配

更优良化。植株的表型性状受生态环境的影响大,表现形式在不同生态条件下趋于多样化,表达出较高的遗传变异<sup>[19]</sup>。根据聚类结果发现,聚类类群与平榛资源的地理分布没有明显的对应关系,地理来源包含的资源多,则被划分到各类群的比例相应较高。

本研究利用从各地收集到的平榛种质资源,栽种于同一地块进行坚果主要农艺性状的综合评价,消除了环境因素的影响。但是对于更广泛的平榛种质资源评价来说,表型性状受环境影响较大,农艺性状难以反映种质资源的遗传背景及差异,因此,为了更全面的深入了解平榛种质资源,分子标记已应用于这方面的研究<sup>[20]</sup>。分子生物学技术同常规农艺性状评价相结合,可为平榛种质资源的鉴定、评价和保护工作奠定更加坚实的基础。

## 参考文献

- [1] 张宇和,柳鑫,梁维坚,等.中国果树志·板栗榛子卷[M].北京:中国林业出版社,2005
- [2] 王艳梅.利用 SSR 研究榛属种间亲缘关系及平榛居群遗传多样性[D].北京:北京林业大学,2008:1-117
- [3] Thompson M M, Romisondo P, Germain E. An evaluation system for Filberts (*Corylus avellana* L.) [J]. Hortscience, 1978, 13: 514-517
- [4] 王明启,彭立新,吴榜华,等.榛属种质资源性状描述系统研究[J].林业科学,1999(6):52-57
- [5] 解明,郑金利.平榛坚果质量评价体系的建立[M].干果研究进展 4,北京:中国农业科学技术出版社,2005:109-111
- [6] 马庆华,王贵禧,梁维坚,等.平欧杂种榛坚果性状的加工性能分析与综合评价[J].东北林业大学学报,2011(8):61-64
- [7] 解明,郑金利.平欧杂种榛资源评价评估系统研究[J].辽宁林业科技,2009(2):16-18
- [8] Mehlenbacher S A. Hazelnuts (*Corylus*) [J]. Acta Horticulturae, 1991, 290: 791-836
- [9] 董玉琛,曹永生,张学勇,等.中国普通小麦初选核心种质的产生[J].植物遗传资源学报,2003,4(1):1-8
- [10] 刘孟军.枣树数量性状的概率分级研究[J].园艺学报,1996,23(2):105-109
- [11] 王力荣,朱更瑞,方伟超.桃种质资源若干植物学数量性状描述指标探讨[J].中国农业科学,2005,38(4):770-776
- [12] 艾吉尔·阿不拉,马庆华,王贵禧,等.仁用加工型平欧杂种榛品种(系)的坚果经济性状[J].林业科学,2013(7):175-182
- [13] 聂石辉,彭琳,王仙,等.鹰嘴豆种质资源农艺性状遗传多样性分析[J].植物遗传资源学报,2015,16(1):64-70
- [14] 郭丽芬,徐宁生,张跃,等.云南红花种质资源主要农艺性状的遗传多样性分析[J].植物遗传资源学报,2012,13(2):219-225
- [15] 郁永明,李鲁峰,俞信英,等.浙江省沿海地区南瓜地方品种的表型遗传多样性[J].植物遗传资源学报,2014,15(4):906-911
- [16] 刘金,关建平,徐东旭,等.小扁豆种质资源形态标记遗传多样性分析[J].植物遗传资源学报,2008,9(2):173-179
- [17] 郁香荷,章秋平,刘威生,等.中国李种质资源形态性状和农艺性状的遗传多样性分析[J].植物遗传资源学报,2011,12(3):402-407
- [18] 孙升.李属资源若干数量性状评价标准探讨[J].园艺学报,1999,26(1):7-12
- [19] 王丽侠,程须珍,王素华,等.中国绿豆应用型核心样本农艺性状的分析[J].植物遗传资源学报,2009,10(4):589-593
- [20] 王艳梅,刘震,马天晓,等.平榛居群结构与遗传多样性的初步分析[J].河南农业大学学报,2009,43(5):497-505