

## 山西翅果油天然群体果实多样性研究

赵 罕, 张华新<sup>1\*</sup>, 李凤鸣<sup>2</sup>, 刘正祥<sup>1</sup>, 张廷义<sup>3</sup>, 杜小洋<sup>3</sup>

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091; 2. 内蒙古农业大学林学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 3. 山西省翼城县林业局, 山西 翼城 043500)

关键词:翅果油;群体;表型分化系数

中图分类号:S759.3<sup>+</sup>3

文献标识码:A

### Fruits Diversity of *Elaeagnus mollis* Natural Populations in Shanxi Province

ZHAO Han<sup>1</sup>, ZHANG Hua-xin<sup>1</sup>, LI Feng-ming<sup>2</sup>, LIU Zheng-xiang<sup>1</sup>, ZHANG Ting-yi<sup>3</sup>, DU Xiao-yang<sup>3</sup>

(1. Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry; Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China; 2. College of Forestry, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, Inner Mongolia, China; 3. Forestry Bureau of Yicheng County, Shanxi Province, Yicheng 043500, Shanxi, China)

**Abstract:** The fruits and seeds from four *Elaeagnus mollis* natural populations were collected in Pinglu, Xipo, Yaxia, and Ganquan as materials. The nested design was used to analyze the variation law and pattern of six phenotypic traits of *E. mollis* fruits and seeds from four natural distributed provenances. It showed that extremely significant differences were found among provenances in fruits length, seeds length, fruits length/fruits width and seeds length/seeds width. Difference in fruits width and seeds width were not remarkable among populations. The phenotypic differentiation coefficient of populations were 8.51% (fruits length), 0% (fruits width), 24.46% (seeds length), 1.61% (seeds width), 16.67% (fruits length/fruits width), and 29.41% (seeds length/seeds width), less than that among families in each trait. The traits of variation mainly come from the individuals.

**Key words:** *Elaeagnus mollis*; populations; phenotypic differentiation coefficient

翅果油(*Elaeagnus mollis* Diels.)为胡颓子科胡颓子属,又名柴禾、毛折子、贼绿柴、仄棱蛋,是我国特有的木本油料树种。翅果油种子出油率为32.5%,其中,油酸40.36%,亚油酸50.38%<sup>[1-4]</sup>;经初步测量,成年单株每年可产果40 kg;目前,测定的Ve含量高达15.581 mg·g<sup>-1</sup>,并且还富含其它活性物质,如Vc、甾醇等,具有较高的经济价值<sup>[5-6]</sup>。翅果油根系发达,具固氮能力,在生长条件恶劣的黄土高原地区能够正常生长结实,耐旱、耐瘠薄能力较强,具有重要的生态价值<sup>[7-8]</sup>。由于地理环境限制,其分布区域却很

狭小,主要呈散分布在山西省的吕梁山南端和中条山西端的翼城、乡宁、蒲县、平陆、河津、降县、新降等地,另有少量分布在陕西秦岭北坡,基本处于野生状态,仅有少量人工栽培,多呈灌丛状生长。陕西户县存在的数量稀少,本课题组在当地并未调查到翅果油植株。虽然目前有些企业对翅果油果实进行收购加工,但是由于开发力度和人们的重视程度不够,不当的采摘和砍伐方式已经造成了翅果油资源的逐步减少。通过调查,目前翅果油树大都分布在山坡的悬崖旁边或人所罕至的深山区域,由于所处环境狭小和种群数

量少,种内变异也越来越稀缺,例如长果型在崖下群体中存在的相对数量较多,但是其它地方却很难发现;在甘泉发现了一株长果型,在所有群体中果实是最大的,但是在周围的林分中大部分却均为小果型;因此鉴于翅果油的分布特点和资源状况,应当加强对翅果油种质资源的研究和保护工作。

目前,人们对翅果油的研究主要集中在翅果油的繁殖技术和生态学特性上,而对于翅果油遗传变异规律的研究还处于空白状态。在育种项目的初期,各个性状均应首先从利用树种自然变异开始<sup>[9]</sup>,选择表现优良的种源,采用简单的育种技术便可获得较大的遗传增益,投资少收效快。与生长性状相比,果实性状较为稳定,并且直接影响产油量及经济

价值,有必要对其进行表型变异的分析。本文主要对不同群体的翅果油果实性状进行了探讨和分析,研究了不同群体翅果油果实性状的遗传变异模式和规律,为以后对其进行更进一步的研究和实际制定育种计划打下了基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 取样地点

调查的4个群体分别为平陆的三门镇,乡宁的西坡镇、崖下镇,翼城的甘泉镇(图1),基本上涵盖了山西省翅果油自然分布区的南端、东端、北端和中间地带。各地气候、立地条件及林分生长状况见表1、2。

表1 山西翅果油采样地主要立地条件

群体	年平均气温/℃	极端最高气温/℃	极端最低气温/℃	年均降水量/mm	海拔/m	经度(E) 纬度(S)	土壤	分布特点	株数/株
三门群体	13.8	41.3	-13.2	551.3	800~1 000	111°19' 34°54'	石灰岩质山地褐土	零星分布	33
西坡群体	9.9	35.0	-19.8	600.0	800~900	110°42' 35°46'	沙质页岩为主的山地褐土	带状分布	30
崖下群体	9.9	35.0	-19.8	600.0	1 100~1 200	111°09' 35°58'	沙质页岩为主的山地褐土	带状分布	30
甘泉群体	12.3	41.3	-19.1	542.8	1 200~1 300	111°50' 35°39'	石灰岩质山地褐土	成片分布	32

表2 不同群体翅果油样株生长状况调查表

性状	三门群体	西坡群体	崖下群体	甘泉群体	平均
树高/m	2.60 ± 0.58	2.68 ± 0.68	1.90 ± 0.31	2.85 ± 0.70	2.51 ± 0.68
冠幅/m <sup>2</sup>	2.33 ± 2.11	4.26 ± 3.17	1.61 ± 1.01	3.42 ± 2.35	2.90 ± 2.47
地径/mm	49.11 ± 22.10	62.21 ± 39.81	36.59 ± 14.12	72.30 ± 33.11	55.19 ± 31.62
枝下高/m	0.62 ± 0.40	0.48 ± 0.34	0.49 ± 0.32	0.67 ± 0.45	0.57 ± 0.39
冠下高/m	0.86 ± 0.43	0.67 ± 0.42	0.67 ± 0.35	1.01 ± 0.44	0.81 ± 0.43
新枝长/cm	13.59 ± 7.01	13.53 ± 4.00	14.45 ± 4.06	8.34 ± 3.62	12.44 ± 5.44
新枝粗/mm	3.63 ± 0.82	3.18 ± 0.39	3.35 ± 0.54	2.96 ± 0.35	3.28 ± 0.61
叶片长/cm	9.39 ± 1.47	8.72 ± 1.29	8.13 ± 1.31	8.03 ± 0.84	8.58 ± 1.36
叶片宽/cm	5.06 ± 1.02	4.39 ± 0.86	4.01 ± 0.52	4.02 ± 0.58	4.38 ± 0.88
果数/果序/个	7.58 ± 2.61	4.07 ± 2.08	7.14 ± 1.48	7.46 ± 1.87	6.69 ± 2.45
结果枝比例/%	0.58 ± 0.20	0.53 ± 0.25	0.84 ± 0.11	0.89 ± 0.06	0.72 ± 0.23
单果质量/g	0.80 ± 0.15	0.81 ± 0.14	0.73 ± 0.16	0.71 ± 0.17	0.76 ± 0.16
种子质量/g	0.64 ± 0.13	0.66 ± 0.12	0.58 ± 0.12	0.55 ± 0.13	0.60 ± 0.13
种仁质量/g	0.22 ± 0.06	0.23 ± 0.04	0.20 ± 0.03	0.17 ± 0.04	0.21 ± 0.05

注:数据为平均值 ± 标准差。

### 1.2 调查方法

在每个群体内随机选择30棵以上的单株,由于调查的翅果油处于野生状态,并通过初步观察,树龄和果实大小没有相关性,因此未考虑年龄因素对果实的影响,选择的单株间距在50 m以上。在所选单株的树冠中上部随机采集30个果实,用游标卡尺测量果实长(果实纵轴长度)、宽(果实横轴长度),种子长(种子纵轴长度)、宽(种子横轴长度),风干后

测量果实的平均质量,同时调查树高、地径、冠幅等生长指标。每株任选10个果实,计算果实出仁率和出种率。

果实出仁率:  $x = m_1/m_2 \times 100\%$ ;  $m_1$ —样品种仁质量,  $m_2$ —样品果实质量;

果实出种率:  $x = m_1/m_2 \times 100\%$ ;  $m_1$ —样品种子质量,  $m_2$ —样品果实质量;

### 1.3 分析方法

统计各表型性状的平均值、标准差;用变异系数(CV)表示各个性状的离散程度:

$$CV = (S/X) \times 100\%$$

式中: $S$  为标准差; $X$  为平均值。

对果实的形态性状采用巢式设计进行方差分析,线性模型为:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \delta_{j(i)} + \varepsilon_{k(ij)}$$

式中: $y_{ijk}$  为第  $i$  个群体,第  $j$  个单株中第  $k$  个观测值;

$\mu$  为总平均值; $\tau_i$  为群体间效应值; $\delta_{j(i)}$  为群体内单株效应值; $\varepsilon_{k(ij)}$  为随机误差。

以方差分量表示翅果油树群体间和群体内表型分化程度,以各方差分量与总分量的比值作为表型分化系数:

$$V_{st} = (\sigma_{t/s}^2) / (\sigma_{t/s}^2 + \sigma_s^2)$$

表3 翅果油天然群体果实表型性状的变异系数(CV)

性状	三门群体		西坡群体		崖下群体		甘泉群体		总平均	
	平均值	CV/%	平均值	CV/%	平均值	CV/%	平均值	CV/%	平均值	CV/%
果长/mm	18.25	12.2	18.05	11.6	19.29	11.7	17.77	12.3	18.34	12.0
果宽/mm	19.95	11.4	19.74	11.3	19.79	9.6	19.72	11.0	19.80	10.8
种长/mm	15.55	11.3	15.06	11.7	16.24	14.1	13.95	11.3	15.20	12.1
种宽/mm	11.26	10.7	11.51	10.0	11.02	9.0	11.39	10.1	11.30	10.0
果长/果宽	0.92	10.0	0.92	9.0	0.98	10.0	0.90	9.0	0.93	9.5
种长/种宽	1.39	13.5	1.32	11.8	1.48	13.6	1.23	11.6	1.36	12.6
单果质量/g	0.80	19.2	0.81	17.1	0.73	21.3	0.71	24.6	0.76	20.6
果实出种率/%	79.80	7.3	79.40	6.3	78.10	5.5	75.50	6.5	78.20	6.4
果实出仁率/%	27.70	15.2	28.30	18.4	28.20	17.7	24.20	23.6	27.10	18.7

注:表内数据表示各性状的平均值和变异系数。

同一性状在不同群体间的变异幅度也有差异,其中,果长变异幅度最大的是甘泉群体(12.3%),最小的是西坡群体(11.6%);果宽变异幅度最大的是三门群体(11.4%),最小的是崖下群体(9.6%);种长变异幅度最大的是崖下群体(14.1%),变异幅度最小的是三门和甘泉群体(11.3%);种宽变异幅度最大的是三门群体(10.7%),最小的是崖下群体(9.0%);果长/果宽变异幅度最大的是三门和崖下群体,变异幅度均为10.0%,最小的是西坡和甘泉群体,变异幅度均为9.0%;种长/种宽变异幅度最大的是崖下群体(13.6%),最小的是甘泉群体(11.6%);果实单果质量变异幅度最大的是甘泉群体(24.6%),最小的是西坡群体(17.1%);果实出种率变异幅度最大的是三门群体(7.3%),最小的是崖下群体(5.5%);果实出仁率变异幅度最大的是甘泉群体(23.6%),最小的是三门群体

式中: $\sigma_{t/s}^2$  表示群体间的方差分量; $\sigma_s^2$  表示群体内的方差分量<sup>[10-12]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 翅果油果实变异幅度

由表3可见:翅果油果实各性状的平均变异系数为12.5%,变幅为6.4%~20.6%,各性状变异大小的顺序为:单果质量>果实出仁率>种长/种宽>种长>果长>果宽>种宽>果长/果宽>果实出种率;在果实形态上,果长(12.0%)和种长(12.1%)的变异幅度要大于果宽(10.8%)和种宽(10.0%)。在果实质量上,果实单果质量(20.6%)和果实出仁率(18.7%)的平均变异幅度较大,果实出种率(6.4%)的平均变异幅度较小。

(15.2%)。

### 2.2 翅果油果实群体间和群体内方差分析

从方差分析表(表4)可以看出:果长、种长、果长/果宽、种长/种宽在不同群体间的差异均极显著,果宽和种宽的差异均不显著;果长、种长、果长/果宽、种长/种宽、果宽和种宽在群体内的差异均极显著。多重比较结果(表5)表明:四个群体的果长、种长和种长/种宽差异均达显著水平,各群体的大小顺序依次是崖下、三门、西坡、甘泉。4个群体的种宽也差异显著,各群体的大小顺序是西坡、甘泉、三门、崖下。三门的果宽最大且与其它3个群体的差异显著,西坡、崖下和甘泉群体内差异不显著。崖下群体的果长/果宽最大并且与其它群体差异显著,甘泉群体最小并且与其它群体差异显著,西坡与三门之间差异不显著。

表4 翅果油群体间群体内表型性状的方差分析结果

性状	均方			F	
	群体间	群体内	机误	群体间	群体内
果长	419.399	106.454	1.384	4.104**	76.914**
果宽	15.592	96.46	1.502	0.168	64.232**
种长	924.698	79.533	0.921	12.111**	86.396**
种宽	42.747	27.654	0.386	1.61	71.663**
果长/果宽	1.013	0.151	0.003	7.0**	52.489**
种长/种宽	10.925	0.73	0.007	15.588**	106.677**

表5 不同群体果型的多重比较

群体	果长/mm	果宽/mm	种长/mm	种宽/mm	果长/果宽	种长/种宽
三门	18.25 ± 2.23b	19.95 ± 2.27a	15.55 ± 1.76b	11.26 ± 1.20c	0.92 ± 0.09b	1.39 ± 0.19b
西坡	18.05 ± 2.09c	19.74 ± 2.23b	15.06 ± 1.76c	11.51 ± 1.15a	0.92 ± 0.08b	1.32 ± 0.16c
崖下	19.29 ± 2.26a	19.79 ± 1.90b	16.24 ± 2.29a	11.02 ± 0.99d	0.98 ± 0.10a	1.48 ± 0.20a
甘泉	17.77 ± 2.19d	19.72 ± 2.17b	13.95 ± 1.58d	11.39 ± 1.15b	0.90 ± 0.08c	1.23 ± 0.14d
平均	18.34 ± 2.19	19.80 ± 2.14	15.20 ± 1.84	11.295 ± 1.12	0.93 ± 0.09	1.36 ± 0.21

注:表内数据表示各性状的平均值 ± 标准差。不同字母表示各群体在 0.05 水平差异显著。

表6表明:不同群体单果质量、果实出种率和果实出仁率的差异均极显著。多重比较结果表明:西坡和三门的单果质量分别为 0.81、0.80 g 并与甘泉的差异均显著,西坡与崖下、甘泉的差异均显著。甘泉的果实出种率最小(75.5%)并与三门和西坡的

差异均显著,崖下与其它群体的差异均不显著。甘泉群体的果实出仁率最小(24.2%)并与其它群体的差异均显著,三门、西坡、崖下之间的差异均不显著。

表6 不同群体的果实质量、出种率和出仁率的方差分析与多重比较

性状	方差分析			平均值的多重比较性状			
	群体间均方	群体内均方	F 值	三门	西坡	崖下	甘泉
单果质量	0.074	0.025	3.033**	0.80ab	0.81a	0.73bc	0.71c
果实出种率	0.032	0.007	4.617**	79.8a	79.4a	78.1ab	75.5b
果实出仁率	0.013	0.003	4.502**	27.7a	28.3a	28.2a	24.2b

注:单果质量、果实出种率和出仁率的单位分别为 g、%、%。不同字母表示各群体在 0.05 水平差异显著。

### 2.3 翅果油果实形态特征的变异来源及群体间表型分化系数

从表7可以看出:群体间方差分量占总分量的 0%~24.39%,其中,群体间方差分量最大的是种长/种宽,最小的是果宽;群体内单株间方差分量占总分量的 55.56%~69.55%,其中,群体内方差分量最大的是种宽,最小的是果长/果宽;单株内方差

分量占总分量的 17.07%~33.33%,其中,最大的是果长/果宽,最小的是种长/种宽。从表型分化系数来看,不同群体表型分化系数为 0%~29.41%,其中,最大的是种长/种宽,最小的是果宽。从各指标的方差分量和表型分化系数可以看出:翅果油各性状的变异主要来源于群体内单株间和单株内,群体间分化程度较低。

表7 翅果油表型性状方差分量及群体间与群体内表型分化系数

性状	方差分量			方差分量百分比/%			表型分化系数/%
	群体间	群体内	单株内	群体间	群体内	单株内	
果长	0.335	3.600	1.384	6.30	67.68	26.02	8.51
果宽	0.000	3.231	1.502	0.00	68.27	31.73	0.00
种长	0.855	2.641	0.921	19.36	59.79	20.85	24.46
种宽	0.015	0.916	0.386	1.14	69.55	29.31	1.61
果长/果宽	0.001	0.005	0.003	11.11	55.56	33.33	16.67
种长/种宽	0.010	0.024	0.007	24.39	58.54	17.07	29.41

### 3 结论与讨论

翅果油果实和种子群体内存在丰富的遗传变异,翅果油果实形态的平均变异系数为 12.5%,变异幅度为 6.4%~20.6%,各性状的变异系数大小的顺序为单果质量>果实出仁率>种长/种宽>种长>果长>果宽>种宽>果长/果宽>果实出种率。翅果油各群体果型性状单株间差异均极显著;群体间各性状差异极显著的有果长、种长、果长/果宽、种长/种宽;果宽和种宽群体间差异不显著;翅果油果实形态性状变异主要来源于群体内单株间,群体间表型分化系数为 13.4%,小于群体内单株间。

目前,人们对翅果油树群体中存在的天然变异研究的还较少,人们在杉属、松属等树种的研究上探讨的较多,不同树种在天然林状态时均存在大量的遗传变异,为人们的选育提供了便利的育种材料。李梅等<sup>[13]</sup>的研究表明,不同群体辽东栗叶片的表型分化系数为 13.31%,群体间分化程度小于群体内。王军辉等<sup>[14]</sup>的研究表明,桤木的种源间变异小于种源内。罗建勋等<sup>[15-16]</sup>对云杉变异模式进行的研究也表明,云杉群体间方差分量(30.99%)小于群体内(69.01%)。长白落叶松与白皮松表型分化系数接近<sup>[17]</sup>,分别为 26.2%和 22.86%;花旗松、马尾松、北美短叶松和火炬松表型分化系数分别为 11.1%、6.44%、1.60%~18.90%、15.00%<sup>[18]</sup>。本文对翅果油群体间变异模式的研究结果与桤木、云杉的变异有相似之处。一个群体的遗传结构受到其交配系统、基因流、种子散播机制、繁育方式和自然选择等一系列进化因子的影响,而繁育方式则是确定植物群体遗传结构最重要的因子<sup>[19]</sup>。翅果油群体内的平均方差分量为 63.23%,大于群体间的平均方差分量(10.38%),6个性状群体的平均表型分化系数为 13.44%,表明群体内单株间的变异是翅果油树表型变异的主要来源,群体内单株间的多样性高于群体间的多样性。

翅果油分布较为分散,由于其生长在环境条件较差的悬崖或山坡,树木大小和形状差异较大,生长指标离散程度较大(表 2),但结实指标较为稳定。在每个群体随机选择 30 株个体,每个个体随机选择 30 个果实,基本能反映当地的翅果油的生长状态。由于调查经费及人力的欠缺,仅对翅果油 4 个群体区进行了调查;同时由于质量性状与果实大小相关较为密切,仅对果实的形态大小进行了具体分析;但是不同群体中除果宽和种宽外,其它果实性状的差异均极显著,已基本上能表现出翅果油在分布区中的变异规律。在对翅果油进行良种选育和制定种子

资源保存策略时,群体的遗传变异模式和群体结构是重要的参考条件,通过与其它树种的比较可以看出,群体间、群体内均存在较大的变异,但群体内变异更为显著。因此在良种选育时,可以适当的对群体内变异有所侧重,以便以最小的成本获得最大的改良效果。在种质资源保存时,由于其群体内存在较大的遗传多样性,可对其进行适当的原地保存,使其遗传多样性得以保护。

### 参考文献:

- [1] 滕红梅,宋双红,王喆之,等.翅果油树种子油的脂肪酸成分分析[J].中国油脂,2007,32(3):82-83
- [2] 冯宝英,杨坪荣.翅果油树种仁化学成分分析研究[J].山西林业科技,1989(4):6-9
- [3] 张琦.翅果油树中挥发油提取工艺的研究[J].现代农业科学,2009,16(8):21-22
- [4] 黄玲,王宝贵.翅果油抗氧化作用的研究[J].卫生研究,2006,31(3):172-174
- [5] 刘群龙,吴国良,段国锋,等.翅果油树研究进展[J].河北林果研究,2006,21(2):194-197
- [6] Shang guan Tie ling, Zhang Feng. Studies on the ecological geographic distribution and synecological characteristics of *Elaeagnus mollis* scrub in Shanxi Province[J]. *Geobotanica Sinica*, 1992, 16(3):282-291
- [7] 刘任涛,毕润成,任佳.翅果油树幼苗抗旱性[J].生态学杂志,2006,25(12):1528-1531
- [8] 杜大至,原福虎,赵发有,等.翅果油树苗期接种 *Frankia* 的研究[J].植物学报,1990,32(7):521-527
- [9] 郑勇奇.常规林木育种研究现状与发展趋势[J].世界林业研究,2001,14(3):10-16
- [10] Khalil M A K. Genetic variation in eastern white spruce (*Picea glauca* (Moench) Voss) populations[J]. *Can J For Res*, 1985, 15:444-452
- [11] Khalil M A K. Genetic of cone morphology of black spruce (*Picea mariana* (Mill) . B. S. P) in Newfoundland, Canada[J]. *Silvae Genetia*, 1984, 33:101-109
- [12] 郑建,郑勇奇,宗亦臣,等.花椒树种实多样性研究[J].植物遗传资源学报,2009,10(3):385-391
- [13] 李梅,韩海容,康峰峰,等.山西灵空山辽东栎种群叶性状表型变异研究[J].北京林业大学学报,2005,27(5):10-16
- [14] 王军辉,顾万春,万军,等.桤木不同种源球果及种子性状的遗传变异[J].东北林业大学学报,2006,34(2):1-4
- [15] 罗建勋,顾万春.云杉天然群体表型多样性研究[J].林业科学,2005,41(2):67-73
- [16] 罗建勋,李晓清,黄晓江,等.云杉天然群体的表型变异[J].东北林业大学学报,2003,31(1):9-11
- [17] 李斌,顾万春,卢宝明.白皮松天然群体种实性状表型多样性研究[J].生物多样性,2002,10(2):181-188
- [18] 张含国,孙立夫,韩继凤,等.红皮云杉群体遗传多样性研究[J].植物研究,2003,25(5):224-22
- [19] Hamrick J L, Godt M J W. Allozyme diversity in plant species [M]// Brown A H D, Clegg M T, Kahler A L, et al. *Plant Population Genetics, Breeding and Genetic Resources*, Sunderland, MA: Sinauer Associates, 1989: 43-63