

七叶树种间和种内生长与形态差异

李永胜¹, 周志春^{2*}, 金国庆², 江志标³, 饶龙兵², 陈仲良³, 余雪琪³

(1. 浙江省林业种苗管理总站, 浙江 杭州 310020; 2 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400

3. 浙江省桐庐县林业局, 浙江 桐庐 311500)

关键词: 七叶树; 种源; 家系; 生长; 形态; 遗传变异

中图分类号: S722.7

文献标识码: A

Growth and Morphology Differences between and within *Aesculus* Species

LI Yong-sheng¹, ZHOU Zhi-chun², JIN Guo-qing², JIANG Zhi-biao³, RAO Long-bing², CHEN Zhong-liang³, YU Xue-qi³

(1. Forestry Seed Administration of Zhejiang Province Hangzhou 310020, Zhejiang China 2 Research Institute of Subtropical Forestry,

CAE, Fuyang 311400 Zhejiang China 3 Forest Bureau of Tonglu County, Zhejiang Province Tonglu 311500 Zhejiang China)

Abstract Two genetic trails including eight seed sources of three native *Aesculus* species and twenty plus tree families of *A. chinensis* var. *chekiangensis* from Tonglu of Zhejiang were used to explore the genetic variation between and within *Aesculus* species for seed, growth and morphology traits at seedling and young stage. The results demonstrated that there were significant differences for growth and morphology characteristics among eight provenances of three *Aesculus* species. Among three *Aesculus* species, seeds of *A. wilsonii* were the biggest, seeds of *A. chinensis* the middle and seeds of *A. chinensis* var. *chekiangensis* the least. Seed sources of *A. wilsonii* with bigger seeds were generally from the southern and southwestern areas. It was found that the species/provenances from the seed sources with big seeds possessed greater seedling growth, extensive tap and lateral root system, and larger leaves. Seedling test result of species/provenance growth was not used to predict the growth performance at young stage, because of marked seed maternal effect. *A. chinensis* var. *chekiangensis* from Lin'an of Zhejiang with least seeds have best growth performance, and while *A. wilsonii* from Mabian of Sichuan with biggest seeds exhibited intermediate growth performance at age two. Moreover, there existed rich family variation for growth and morphology of seedling and young trees in *A. chinensis* var. *chekiangensis*. Seedling growth of families was significantly and positively related to their young tree growth. Early selection of growth traits could conduct at seedling stage.

Key words *Aesculus*, provenance, family, growth, morphology, genetic variation

七叶树 (*Aesculus* spp.) 是重要的药用经济树种, 传统中药娑罗子即为七叶树种子, 通常用于治疗胃寒腹胀、小儿疳积、痢疾等病症。国外在 18 世纪初就将欧洲七叶树 (*A. hippocastanum* L.) 种子和幼枝

外皮的乙醇制剂用于解热和治疗痔疮、静脉曲张等疾病。近几十年来德国、日本等对七叶树提取物七叶皂苷和七叶树昔进行大量的药理活性和临床应用试验, 并广泛用于静脉血栓、静脉机能不全、各种类

收稿日期: 2006-11-06

基金项目: 国家林业局“948”项目“药用七叶树优良种质资源和栽培技术引进”(2001-11)、浙江省科技厅科研项目“药用七叶树种质资源开发和特色基地营建技术研究”(2003C3248)和浙江省自然科学基金项目“七叶树属植物遗传差异及药效成分变异研究”(302085)

作者简介: 李永胜(1972-), 男, 浙江永嘉人, 硕士, 工程师。

* 通讯作者。

型的脑瘤、脑动脉硬化、颅水肿、血栓性水肿及周围血管疾病的治疗,显示独特的疗效。现已证实七叶树主要活性成分是三萜皂苷类,其中最重要的是七叶皂苷(Escin)^[1]。全世界有七叶树 30 余种,主要分布在亚洲、欧洲和美洲,原产我国的有 10 余种^[2],以浙江七叶树 [*A. chinensis* Bunge var. *chekiangensis* (Hu et Fang) Fang]、中华七叶树 (*A. chinensis* Bunge)、天师栗 (*A. wilsonii* Rehd) 药用价值最高,而浙江杭州,河南洛阳、南阳、郑州、新乡,陕西汉中、安康,甘肃武都,湖北郧阳、恩施、襄阳,贵州黔南、毕节等则是其主要的分布地^[3]。七叶树野生资源稀少,自然保留种群较小,有些则为人工栽培种群,加之长期的地理隔离,七叶树种间和种内遗传分化显著,种子皂苷含量和组分差异很大^[4,5],为药用七叶树新品种的选择提供了较好的基础。本文在浙江七叶树、中华七叶树、天师栗种质资源收集保存的基础上,利用树种种源和家系苗期和幼林测定材料,研究揭示七叶树种子、生长和形态等性状在种间和种

内的遗传变异,为药用七叶树种质资源发掘和品种选育奠定前期研究基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2003年 10月上、中旬,在中华七叶树(甘肃康县、陕西勉县)、天师栗(河南西峡、湖北恩施、湖南桑植,四川马边、苍旺)和浙江七叶树(浙江临安)3个树种的 8个产地,采集自然成熟的种子。每个产地各选 15株以上的优良结实母树采种,母树间距 50 m 以上。甘肃康县种群较小,仅从少数几株母树上采种。种子采集后混合,取 10~15 kg 种子用于树种/种源遗传测定。鉴于浙江七叶树种子七叶皂苷含量较高^[5],2003年 10月上旬还在浙江七叶树主要分布区的浙江杭州、临安等地选择 20株优树(表 1)。入选的优树要求树体高大、结实量多、年龄在 30 a 以上。每株优树采集 10 kg 以上的种子用于子代遗传测定。

表 1 入选 20株浙江七叶树优树地点以及生长和结实情况

优树编号	优树地点	胸径/cm	树高/m	生长势	结实状况	分布情况
1	杭州市药物研究所	32	13	良	较多	公路两边成片分布
2	临安市西天目乡齐农村	50	18	优	多	房前孤立分布
3	临安市西天目乡大有村	65	20	优	特多	房前孤立分布
4	临安市西天目乡武山村	50	17	优	特多	房前孤立分布
5	临安市西天目乡老庵村	39	14	良	较多	房前孤立分布
6	临安市西天目乡老庵村	44	12	良	较多	房前孤立分布
7	临安市西天目乡老庵村	36	13	良	多	屋后山脚孤立分布
8	临安市西天目乡老庵村	38	8	优	多	房前路边零星分布
9	杭州市梅家坞上天竺	65	20	优	特多	公路边零星分布
10	杭州市梅家坞上天竺	81	18	优	特多	公路边零星分布
11	杭州市梅家坞上天竺	41	12	优	多	公路两边成片分布
12	杭州市灵隐寺	44	15	优	多	公路两边成片分布
13	杭州市灵隐寺	66	18	优	特多	山边零星分布
14	杭州市灵隐寺	48	18	优	较多	路边零星分布
15	杭州市灵隐寺	90	25	优	多	庭院成片分布
16	杭州市灵隐寺	48	15	良	多	路边零星分布
17	杭州市龙井路	53	15	优	多	公路两边成片分布
18	杭州市满觉陇	38	13	优	多	公路两边成片分布
19	杭州市南屏饭店	45	13	良	特多	公路两边成片分布
20	杭州市动物园	40	12	良	多	门口路边零星分布

1.2 遗传测定和统计分析

七叶树种子采集后及时沙藏,以备次年遗传测定,同时随机选取 50粒种子量测种子和种脐大小等性状,以研究不同七叶树种及种内不同产地间的种

子形态差异。2004年 2月底在浙江省桐庐县林业局的凤川苗圃开展七叶树种种/种源和浙江七叶树优树子代的苗期测定。苗期测定按完全随机区组设计,3次重复,5行小区,每行播种 10粒种子,行距 15

cm, 株距 10 cm。在 2004 年 12 月开展大田遗传测定前, 每重复内各试验小区随机选择 20 株生长正常的苗木, 量测苗高、地径、主根长、侧根数、侧根长等性状。苗木性状测定后随即在凤川苗圃分别开展七叶树树种 / 种源和浙江七叶树优树家系大田遗传测定造林试验, 由于少量家系苗木数量太少, 有 3 个浙江七叶树优树家系未参加大田遗传测定。造林试验按完全随机区组设计, 5 次重复, 20 株小区, 株行距 1 m × 1 m (栽培密度较大主要在于结合大苗培育), 并在造林后的第 2 年底 (2006 年 11 月) 开展全林树高和地径生长量调查。采用 SAS/GLM 软件, 以试验小区内单株测定值为单元, 按树种 / 种源或家系单因素进行方差分析以检验苗期和幼林生长、形态性状的树种 / 种源或家系差异的显著性, 方差分析时侧根数经 $X^{1/2}$ 数据转换。

2 结果与分析

2.1 七叶树树种 / 产地种子形态差异

表 2 给出了 3 种七叶树 8 个产地的种子性状测

表 2 国产七叶树不同树种 / 产地种子形态性状差异

树种 (产地)	种子长 / cm	种子宽 / cm	种脐长 / cm	种脐宽 / cm	种皮颜色	种脐形状
天师栗 (四川苍旺)	3.38	3.19	3.09	2.86	栗褐色	椭圆形
天师栗 (四川马边)	3.98	3.73	3.64	3.27	栗褐色	椭圆形
天师栗 (湖南桑植)	3.33	3.23	2.96	2.89	栗褐色	椭圆形
天师栗 (河南西峡)	3.01	2.78	2.61	2.26	栗褐色	椭圆形
天师栗 (湖北恩施)	3.13	3.04	2.88	2.48	栗褐色	椭圆形
(平均值)	3.37	3.19	3.04	2.75		
中华七叶树 (甘肃康县)	3.12	3.01	2.67	2.33	栗褐色	椭圆形
中华七叶树 (陕西勉县)	3.11	3.06	2.68	2.55	栗褐色	椭圆形
(平均值)	3.12	3.08	2.68	2.44		
浙江七叶树 (浙江临安)	2.97	2.91	2.55	2.32	栗褐色	椭圆形

2.2 七叶树树种 / 种源苗期和幼林期生长和形态差异

2.2.1 苗期生长和根系形态 方差分析结果表明, 七叶树树种 / 种源苗期生长和根系形态参数等都达到极显著水平的差异。七叶树树种 / 种源的苗高变化在 20.1~31.8 cm 间 (表 3), 四川马边产天师栗苗高最大, 湖南桑植产天师栗、甘肃康县产中华七叶树和浙江临安产浙江七叶树的苗高生长量中等, 而其他产地的七叶树树种 / 种源苗高生长量较小, 仅为四川马边产天师栗的 72%~75%。七叶树树种 /

种源地径变化在 0.89~1.19 cm 间, 最大值和最小值间相差 33.7%。七叶树乃深根性树种, 七叶树树种 / 种源平均主根长 24.8 cm, 与地上部分的苗高生长相近。七叶树树种 / 种源的根系发育差异也较大, 主根长和最大侧根长变化分别在 21.3~26.1 cm 和 13.4~18.8 cm 间。相关分析表明, 七叶树树种 / 种源的苗高、主根长和侧根长与产地种子大小 (长宽) 呈显著和极显著的正相关, 来自粒大产地的种源苗高生长量较大, 主根和侧根较长, 这说明七叶树树种 / 种源的种子大小显著影响其苗木当年生长表现。

表 3 七叶树不同树种/种源苗期生长差异

树种(种源)	苗高 /cm	地径 /cm	主根长 /cm	侧根数 /根	侧根长 /cm
天师栗(四川苍旺)	23.9	1.08	24.6	16	15.1
天师栗(四川马边)	31.8	1.11	26.1	19	18.8
天师栗(湖南桑植)	27.1	1.11	25.8	17	15.3
天师栗(河南西峡)	23.1	1.08	24.9	18	17.5
天师栗(湖北恩施)	22.9	1.19	25.3	18	16.0
中华七叶树(甘肃康县)	26.9	0.98	23.0	22	16.0
中华七叶树(陕西勉县)	23.0	1.07	24.7	19	15.7
浙江七叶树(浙江临安)	26.0	0.89	21.3	16	13.4
(平均值)	25.6	1.06	24.5	18	16.0
(变幅)	20.1~31.8	0.89~1.19	21.3~26.1	16~22	13.4~18.8
(差异显著性水平)	$p < 0.0001$	$p < 0.0001$	$p = 0.0089$	$p = 0.0029$	$p = 0.0003$

2.2.2 叶片形态 试验观测到(表 4), 3 种七叶树 8 个种源复叶的小叶数 2~7 片或 3~7 片不等, 多数为 7 片, 形状多为卵圆形或长卵圆形。然而不同树种/种源的叶片大小存在一定的差异。其中湖南桑植产天师栗叶片最大, 平均叶片长和叶片宽分别为 14.3 cm 和 5.1 cm, 较总体平均值分别高出 18.2%

和 27.5%; 四川苍旺产天师栗叶片大小次之, 而浙江临安产浙江七叶树叶片较小, 平均叶片长和叶片宽分别为 11.4 cm 和 3.5 cm, 仅为湖南桑植产天师栗的 79.7% 和 68.6%, 说明来自偏南部的七叶树树种/种源叶片较大, 来自偏北部的七叶树树种/种源叶片较小。

表 4 七叶树不同树种/种源叶片形态差异

树种(种源)	复叶中小叶数/片	复叶叶柄长/cm	小叶叶柄长/cm	叶片长/cm	叶片宽/cm	叶片形状
天师栗(四川苍旺)	3~7	11.3	1.1	12.6	3.9	卵圆形或长卵圆形
天师栗(四川马边)	2~7	10.4	1.0	11.3	3.8	卵圆形
天师栗(湖南桑植)	3~7	11.8	1.0	14.3	5.1	卵圆形
天师栗(河南西峡)	2~7	10.7	0.9	11.7	3.8	卵圆形或长卵圆形
天师栗(湖北恩施)	3~7	10.7	0.9	11.9	4.0	卵圆形
中华七叶树(甘肃康县)	3~7	10.3	0.9	11.5	4.0	卵圆形
中华七叶树(陕西勉县)	2~7	9.8	0.8	11.9	3.9	卵圆形
浙江七叶树(浙江临安)	2~7	11.3	0.9	11.4	3.5	长卵圆形
(平均值)		10.8	0.9	12.1	4.0	

2.2.3 幼林生长 七叶树具有早期生长慢的特性。由于七叶树苗木主根发达而须根和侧根较少, 造林前两年主要是根系生长, 影响地上部分的生长量。测定结果表明, 3 种七叶树 8 个种源 2 年生树高和地径平均值分别为 58.6 cm 和 2.19 cm, 其变幅分别在 50.1~71.4 cm 和 1.85~2.55 cm, 树种/种源差异都达到极显著水平 ($p < 0.0001$), 其中以浙江临安产的浙江

七叶树和四川苍旺产的天师栗 2 年生树高生长量最大, 分别为 71.4 cm 和 67.7 cm, 湖南桑植产的天师栗树高生长量最小, 为 50.1 cm(图 1), 这与苗期测定结果表现出较大的差异。七叶树树种/种源 2 年生树高和地径与苗木高、径生长的相关性较小, 主要缘于苗期生长具有较大的种子母本效应。

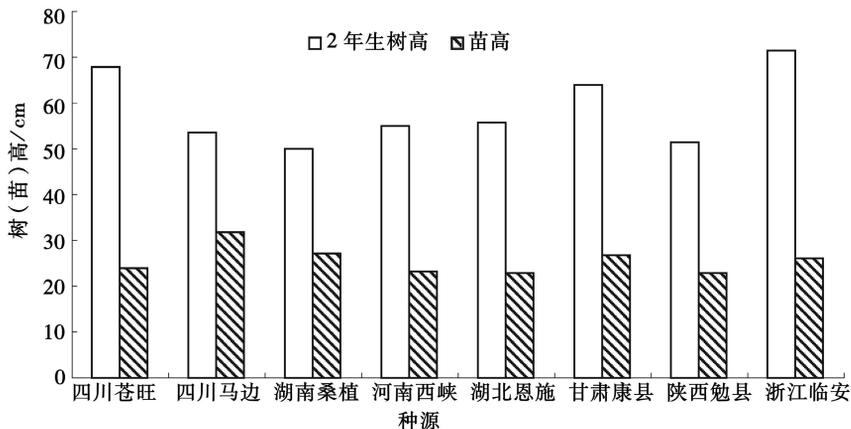


图 1 3 种七叶树 8 个种源的苗期和 2 年生树高平均值

2.3 浙江七叶树优树子代生长和形态差异

七叶树不仅树种/种源间生长表现差异较大,而且种内家系间遗传差异也较大。表 5 列出了浙江七叶树 20 个优树家系子代苗期、幼林生长和根系参数测定值。这 20 株优树选自浙江七叶树主要分布区的临安、杭州。方差分析表明,浙江七叶树生长和形态性状的家系遗传差异都达到极显著性水平 ($p < 0.0001$)。苗高、地径、主根长、最大侧根长和侧根数的家系平均值变幅分别为 18.1~32.3、0.73~1.07、10.8~22.9、9.8~20.8 cm 和 12~18 根,最大值和最小值分别相差 78.5%、46.6%、112.0%、112.2% 和 50.0%, 2 年生家系树高和地径平均值变幅则分别为 46.2~94.2 cm 和 1.64~3.08 cm,最高和最低家系分别相差 103.9% 和 87.8%,这说明浙江七叶树种内家系间的遗传变异也极为丰富,选择潜力很大。相关分析结果显示,浙江七叶树家系 2 年生树高和地径生长与其苗高、地径和主根长呈极显著的正相关关系 ($r = 0.65 \sim 0.72$),根据家系苗期生长可预测其幼林生长表现。

表 5 浙江七叶树不同优树子代生长差异

家系	苗期					2年生	
	苗高 / cm	地径 / cm	主根长 / cm	侧根数 / 根	侧根长 / cm	树高 / cm	地径 / cm
1	29.6	1.01	19.1	15	17.8	84.0	2.67
2	30.1	1.02	20.9	17	20.3	94.2	2.99
3	29.2	0.98	22.4	17	20.8	87.7	2.73
4	32.6	1.07	22.9	18	20.6	94.1	3.08
5	21.4	0.81	17.7	14	12.9	72.8	2.40
6	28.0	0.99	22.7	16	20.2	70.7	2.30
7	29.2	1.03	18.1	16	16.4	79.2	2.56
8	25.9	0.94	19.6	18	18.5	81.1	2.61
9	27.1	0.89	20.0	14	16.5	68.1	2.29
10	25.8	0.89	11.5	14	12.8	-	-
11	32.3	1.00	10.8	17	15.5	62.1	2.06
12	24.5	0.87	16.4	18	14.9	48.2	1.71
13	20.3	0.73	14.0	14	12.4	46.2	1.64
14	27.0	0.90	13.6	13	15.0	63.2	2.18
15	24.3	0.93	11.1	12	13.2	59.8	2.04
16	23.7	0.82	17.9	16	15.7	66.5	2.35
17	22.4	0.82	17.3	17	12.8	59.5	1.92
18	26.6	0.87	18.0	13	15.0	60.0	2.08
19	20.0	0.65	12.7	12	9.8	-	-
20	18.1	0.73	16.8	15	13.8	-	-
(平均值)	26.5	0.91	17.6	16	16.2	70.4	2.33
(变幅)	18.1~ 32.3	0.73~ 1.07	10.8~ 22.9	12~ 18	9.8~ 20.8	46.2~ 94.2	1.64~ 3.08

注: 差异显著性水平 $p < 0.0001$

3 结论与讨论

对中华七叶树、浙江七叶树和天师栗 3 种七叶树 8 个种源的遗传测定表明,其生长和形态差异较大。在 3 种七叶树中,天师栗种子及种脐最大,中华七叶树次之,浙江七叶树最小。对于分布广泛的天师栗,来自其偏南和偏西南部产地的种子较大。苗期测定结果显示,七叶树树种/种源生长、叶片形态和根系参数差异明显,同时产地种子大小对苗期表现影响显著,即来自粒大产地的树种/种源苗木生长量大,主根和侧根发达,叶片宽大,来自粒小产地的树种/种源苗木生长量小,根系欠发达,叶片较小。对比幼林和苗期测定结果,发现树种/种源间的生长表现发生较大的变化,幼林与苗期生长的相关性较小。如浙江临安产浙江七叶树虽然苗高生长量中等,但造林 2 a 后树高生长量最大;相反,四川马边产天师栗苗高最大,但造林 2 a 后树高生长却表现一般。七叶树属大粒种子类树种,苗期生长的种子母本效应很大,树种/种源的苗期结果不能预测幼林生长表现。七叶树不仅树种/种源生长和形态差异较大,而且种内也存在显著的差异。浙江七叶树 20 个优树自由授粉家系的苗期和幼林遗传测定结果表明,浙江七叶树生长和形态表现存在显著的家系遗传变异。但与树种/种源测定结果不同的是,同属浙江七叶树的不同家系,苗期生长的种子母本效应则较小,家系苗期生长与幼林生长呈显著的正相关,在苗期可开展早期生长预测和初选。

参考文献:

- [1] 刘湘. 欧洲七叶树的化学、药理作用和临床 [J]. 国外医药: 植物药分册, 1999, 14(2): 47~52
- [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 (第四十六卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1981: 274~289
- [3] 杜向红, 雷留成, 李平. 娑罗子植物资源调查 [J]. 中药材, 1999, 22(4): 172~173
- [4] 费学谦, 丁明, 周志春, 等. 七叶树属种和种群的遗传多样性及遗传分化研究 [J]. 江西农业大学学报, 2005, 27(2): 166~171
- [5] 费学谦, 丁明, 周志春, 等. 七叶树种子皂苷含量及其组分的产地变异分析 [J]. 林业科学研究, 2005, 18(2): 227~230