

# 不同种源/家系山鸡椒苗期生长性状遗传变异

高暝, 陈益存, 吴立文, 汪阳东\*

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 杭州 311400)

**摘要:** 为筛选苗期表现优良的山鸡椒(*Litsea cubeba* (Lour.) Pers.)种源/家系, 对其 13 个种源 55 个家系的苗高(h)、地径(bd)性状进行遗传变异分析。结果表明, 山鸡椒 1 年生苗木生长期可分为生长初期、速生期和完全木质化期, 苗高、地径生长不同步。山鸡椒不同种源、家系间的苗高、地径生长量均存在极显著差异( $P < 0.01$ )。利用综合选择指数法建立综合选择式为  $I = 0.007X_h + 0.74X_{bd}$ , 建阳 2 号、富阳 1 号、遂昌 8 号、遂昌 13 号和岳西 1 号等 5 个家系优良度为 I 级, 入选率为 9.1%。浙江富阳和福建建阳 2 个种源的苗高、胸径期望遗传增益值最高; 建阳 2 号、遂昌 8 号、富阳 1 号、遂昌 13 号、岳西 1 号、建阳 3 号、岳西 6 号等 7 个家系的苗高、胸径期望遗传增益最高。因此, 依据生长性状综合选择和遗传增益表现, 选择出建阳 2 号、富阳 1 号、遂昌 8 号, 遂昌 13 号, 岳西 1 号 5 个家系以及浙江富阳和福建建阳 2 个种源为优良家系/种源。

**关键词:** 山鸡椒; 种源; 家系; 遗传变异

doi: 10.11926/jtsb.3785

## Genetic Variation of Seedling Growth of *Litsea cubeba* from Different Provenances/families

GAO Ming, CHEN Yi-cun, WU Li-wen, WANG Yang-dong\*

(Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Hangzhou 311400, China)

**Abstract:** In order to select the superior provenances/families of *Litsea cubeba* at seedling stage, the genetic variations of seedling height (h) and base diameter (bd) of 13 provenances and 55 families were studied. The results showed that the growth period of 1-year-old seedlings of *L. cubeba* could be divided into three stages, including initial growing stage, fast growing stage and full lignification stage. The growth peak of base diameter was earlier than that of seedling height. The increment of seedling height and ground diameter were different significantly among 13 provenances and 55 families ( $P < 0.01$ ). Through comprehensive selection index method, the comprehensive selection formula was established as  $I = 0.007X_h + 0.74X_{bd}$ . The five families, including Jianyang 2, Fuyang1, Suichuan 8, Suichuan 13 and Anhui 1, were selected as level I with a selection rate of 9.1%. The expected genetic gains of seedling height and ground diameter of Zhejiang Fuyang and Fujian Jitneying provenances were the highest. Meanwhile, those of seven families, including Jianyang 2, Suichuan 8, Fuyang 1, Suichuan 13, Anhui 1, Jianyang 3, Anhui 6 were the highest. Therefore, based on multi-trait comprehensive selection and genetic gain values, the five families (Jianyang 2, Fuyang1, Suichuan 8, Suichuan 13 and Anhui 1) and two provenances (Zhejiang Fuyang and Fujian Jianyang) were evaluated as superior provenances/families.

**Key words:** *Litsea cubeba*; Provenance; Family; Genetic variation

收稿日期: 2017-06-19

接受日期: 2017-08-16

基金项目: 浙江省农业(林木)新品种选育重大科技专项(2016C02056-7)资助

This work was supported by the Major Program for Science and Technology on Agricultural New Variety Breeding in Zhejiang (Grant No. 2016C02056-7).

作者简介: 高暝(1984~), 女, 博士, 助理研究员, 主要从事木本油料树种遗传改良。E-mail: 115037382@qq.com

\* 通信作者 Corresponding author. E-mail: 4862705@163.com

山鸡椒 [*Litsea cubeba* (Lour.) Pers.] 是原产于我国的一种极具开发前景的工业油料树种, 为樟科 (Lauraceae) 木姜子属落叶灌木或小乔木, 广泛分布于长江以南各省份及台湾、西藏等地区, 多生长于海拔 100~2400 m 向阳的山地、灌丛、疏林或林中路旁、水边等。山鸡椒因其果实、根、茎、叶片、花芽(花)均可蒸提精油, 具有极高的经济价值<sup>[1]</sup>, 其精油中柠檬醛含量高达 60%~90%, 广泛用于日用化工、食品行业及医药原料<sup>[2-4]</sup>; 其核油能制造生物柴油, 可作为低消耗生物质能源<sup>[5]</sup>。目前我国山鸡椒粗油年产量达 4 000 余吨, 年出口量达 3 500 余吨, 是世界最大的山鸡椒精油原料生产国和出口国<sup>[6-7]</sup>。同时 1 kg 山鸡椒粗油从 2000 年的 7.71 美元上涨到 2014 年的 18.74 美元<sup>[8]</sup>, 种植山鸡椒为农民带来了较为可观的经济收益。

山鸡椒具有生长快、投产早、产量高、收效快等特点, 栽植 2~3 年即可投产, 盛果期达 5~12 年, 是一种高产的木本油料树种, 因此有计划地发展种植生产, 对于繁荣山区经济, 增加农民收入, 实现林业现代化和生态文明建设具有重要意义。我国于 20 世纪 60 年代开始在湖南、贵州、四川、福建、安徽等省进行山鸡椒人工造林, 面积曾达到  $4 \times 10^3 \text{ hm}^2$  以上<sup>[9]</sup>。然而由于国内收购体制的不健全及计划经济体制强求“创汇”效益, 造成我国山鸡椒粗油市场管理失控, 粗油价格一降再降, 严重影响广大林农种植的积极性, 导致山鸡椒种植基地多数被改种为其他经济林树种, 从而造成了巨大的资源浪费。目前山鸡椒利用仍以野生资源为主, 良种缺乏导致产量提升缓慢, 而山鸡椒研究主要集中在繁殖栽培技术<sup>[10]</sup>、精油化学成分分析与应用<sup>[11-14]</sup>、特定地区苗木生长规律<sup>[15]</sup>等方面, 但是不同种源、家系苗期生长性状的遗传变异研究还未见报道。因此, 开展山鸡椒种源-家系的多层次遗传改良, 提高山鸡椒遗传品质、培育良种显得很有必要。

中国林业科学研究院亚热带林业研究所调查并收集了山鸡椒主要分布区种质资源, 采集优良单株种子, 在苗期测定生长性状, 评价其遗传改良潜力, 从而选择苗期优良的种源/家系, 为该树种遗传改良工作提供依据。本研究对山鸡椒自然分布区 13 个种源 55 个家系的 1 年生幼苗生长进行定期观测, 研究不同种源/家系苗期生长性状的遗传变异规律, 选择苗期生长优良的种源/家系, 为山鸡椒遗传改良提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

2014 年 8 月下旬, 在山鸡椒 [*Litsea cubeba* (Lour.) Pers.] 自然分布区, 选择天然林中生长正常、无病虫害、8~10 年生的植株作为母树, 采集成熟果实。各采种母树间隔 50 m 以上, 每株采集成熟果实 2 kg 以上, 共采集 13 个种源 55 株的果实。55 株母树编号见表 1, 采集区生态因子见表 2。果实采集后, 经脱皮脱脂特殊处理后沙藏储存以待播种。于 2015 年 3 月进行播种试验, 播种试验林位于浙江省杭州市富阳区新沙岛山鸡椒育苗基地 (120°00' E, 30°04' N), 年平均气温 16.63℃, 平均降水量 1 479 mm, 年日照时数 1 759.2 h, 无霜期约 238 d, 供试土壤为酸性黄壤土, 全氮含量为 0.64 g kg<sup>-1</sup>, 全磷含量 0.35 g kg<sup>-1</sup>, 全钾含量 8.46 g kg<sup>-1</sup>。播种试验采用随机区组设计, 4 次重复。

### 1.2 方法

山鸡椒幼苗 6 月 1 日出土后, 于 7 月 1 日开始, 每个家系每个重复随机选取 20 株苗木作为标准株, 每隔 15 d 测量 1 次苗高和地径至生长结束。

种源遗传力<sup>[16]</sup>:  $h^2_{\text{种源}} = (M_p - M_{pb}) / M_p$ , 其中,  $M_p$  为种源间均方,  $M_{pb}$  为种源内小区间均方。

家系遗传力<sup>[16]</sup>:  $h^2_{\text{家系}} = (M_f - M_{fb}) / M_f$ , 其中,  $M_f$  为家系间均方,  $M_{fb}$  为家系内小区间均方。

综合选择指数<sup>[17-20]</sup>:  $I = W_1 h_1^2 X_1 / \bar{X} + W_2 h_2^2 X_2 / \bar{X}$ , 其中,  $I$  为各家系的综合选择值,  $W$  为性状权重值,  $h^2$  为性状遗传力值,  $X$  为性状实测值,  $\bar{X}$  为性状总体平均值, 1 为苗高, 2 为地径。

期望遗传增益<sup>[19,21]</sup>:  $\Delta G = S h^2 / \bar{X} = (X_i - \bar{X}) / \bar{X} \times h^2$ , 其中,  $S$  为选择差,  $h^2$  为遗传力,  $X_i$  为性状实测值。

### 1.3 数据的统计分析

数据分析、处理采用 Excel 2010、SPSS 18.0 统计分析软件进行, Duncan 新复极差法检验差异显著性。

## 2 结果和分析

### 2.1 不同种源山鸡椒的苗高和地径生长

在 7 月 1 日至 9 月 15 日期间, 山鸡椒的苗高快速增长, 净生长量在 8 月中旬达到峰值, 9 月底苗高生长减缓, 直至 11 月 1 日到 12 月 1 日净生长

表 1 山鸡椒的种源/家系信息

Table 1 Information of provenances and families of *Litsea cubeba*

种源 Provenance	家系 Family	数量 Number
安徽黄山 Huangshan, Anhui	黄山 3 号、黄山 4 号、黄山 5 号、黄山 6 号、黄山 7 号 Huangshan 3, Huangshan 4, Huangshan 5, Huangshan 6, Huangshan 7	5
广西百色 Baise, Guangxi	百色 2 号、百色 3 号、百色 4 号、百色 5 号 Baise 2, Baise 3, Baise 4, Baise 5	4
福建将乐 Jiangle, Fujian	将乐 3 号、将乐 5 号、将乐 6 号、将乐 8 号、将乐 9 号、将乐 14 号 Jiangle 3, Jiangle 5, Jiangle 6, Jiangle 8, Jiangle 9, Jiangle 14	6
江西分宜 Fenyi, Jiangxi	分宜 1 号、分宜 3 号、分宜 6 号 Fenyi 1, Fenyi 3, Fenyi 6	3
福建建阳 Jianyang, Fujian	建阳 2 号、建阳 3 号、建阳 8 号、建阳 12 号 Jianyang 2, Jianyang 3, Jianyang 8, Jianyang 12	4
安徽岳西 Yuexi, Anhui	岳西 1 号、岳西 3 号、岳西 5 号、岳西 6 号、岳西 7 号、岳西 8 号、岳西 9 号、岳西 10 号 Yuexi 1, Yuexi 3, Yuexi 5, Yuexi 6, Yuexi 7, Yuexi 8, Yuexi 9, Yuexi 10	8
江西宜丰 Yifeng, Jiangxi	宜丰 2 号、宜丰 3 号、宜丰 4 号 Yifeng 2, Yifeng 3, Yifeng 4	3
江西兴国 Xingguo, Jiangxi	兴国 5 号、兴国 6 号 Xingguo 5, Xingguo 6	2
浙江遂昌 Suichang, Zhejiang	遂昌 1 号、遂昌 2 号、遂昌 3 号、遂昌 5 号、遂昌 6 号、遂昌 7 号、遂昌 8 号、遂昌 9 号、遂昌 10 号、遂昌 11 号、遂昌 12 号、遂昌 13 号 Suichang 1, Suichang 2, Suichang 3, Suichang 5, Suichang 6, Suichang 7, Suichang 8, Suichang 9, Suichang 10, Suichang 11, Suichang 12, Suichang 13	12
贵州毕节 Bijie, Guizhou	毕节 6 号、毕节 7 号 Bijie 6, Bijie 7	2
贵州织金 Zhijin, Guizhou	织金 10 号、织金 19 号 Zhijin 10, Zhijin 19	2
福建建瓯 Jianou, Fujian	建瓯 23 号、建瓯 25 号、建瓯 29 号 Jianou 23, Jianou 25, Jianou 29	3
浙江富阳 Fuyang, Zhejiang	富阳 30 号 Fuyang 30	1
总计 Total		55

表 2 山鸡椒不同种源地生态因子

Table 2 Ecological factors of different provenance locations of *Litsea cubeba*

种源地 Provenance location	纬度 (N) Latitude	经度 (E) Longitude	年平均气温 (°C) Annual average temperature	年均降雨量 (mm) Annual average rainfall	海拔 (m) Elevation
安徽黄山 Huangshan, Anhui	30.30°	118.10°	12.10	1 670	157
广西百色 Baise, Guangxi	24.50°	106.53°	20.10	1 235	763
福建将乐 Jiangle, Fujian	26.68°	117.15°	19.80	2 027	327
江西分宜 Fenyi, Jiangxi	27.74°	114.65°	17.20	1 600	86
福建建阳 Jianyang, Fujian	27.71°	117.74°	18.10	1 742	135
安徽岳西 Yuexi, Anhui	31.35°	116.90°	14.40	1 445	371
江西宜丰 Yifeng, Jiangxi	28.39°	114.08°	17.10	1 720	69
江西兴国 Xingguo, Jiangxi	26.34°	115.33°	18.90	1 522	145
浙江遂昌 Suichang, Zhejiang	28.64°	119.25°	16.80	1 510	250
贵州毕节 Bijie, Guizhou	27.34°	105.43°	12.80	954	1 610
贵州织金 Zhijin, Guizhou	27.55°	105.62°	12.30	953	1 680
福建建瓯 Jianou, Fujian	27.09°	118.31°	18.70	1 664	650
浙江富阳 Fuyang, Zhejiang	30.05°	119.95°	16.10	1 410	350

量降到最低(表 3)。除建瓯、建阳种源外,山鸡椒的地径净生长量峰值较苗高提前 15 d,于 7 月 30 日达到峰值(表 4)。

根据 1 年生苗生长节律特点,可将山鸡椒幼苗生长期分为生长初期、速生期和完全木质化期 3 个阶段。开始发芽到出芽整齐为生长初期,期间苗木通过积累干物质为快速生长做准备;7 月初至 9 月

中旬为速生期,期间温度较高、水分充足,苗木迅速生长;10 月至 12 月为完全木质化期,期间气温持续下降、日照时间变短,苗木生长逐渐缓慢,木质化程度增加,为越冬做准备。

## 2.2 山鸡椒苗期生长性状的遗传变异分析

山鸡椒 13 个种源的平均苗高为(64.01 ± 6.78) cm,

表 3 不同种源山鸡椒 1 年生苗高净生长量(cm)

Table 3 Height growth (cm) of 1-year-old seedlings of *Litsea cubeba*

种源 Provenance	日期 Date (M-D)									
	7-16	8-1	8-16	9-1	9-16	10-1	10-16	11-1	11-16	12-1
黄山 Huangshan	9.48 ±0.99	11.00 ±0.81	12.80 ±0.74	6.64 ±0.53	5.88 ±0.42	3.32 ±0.39	1.21 ±0.37	0.57 ±0.10	0.19 ±0.04	0.10 ±0.00
广西 Guangxi	10.16 ±0.42	11.48 ±0.74	13.03 ±0.63	6.93 ±0.39	6.01 ±0.45	3.74 ±0.45	1.05 ±0.10	0.51 ±0.16	0.21 ±0.10	0.10 ±0.01
将乐 Jiangle	10.66 ±0.64	11.95 ±0.70	12.99 ±0.85	6.67 ±0.43	6.14 ±0.50	3.51 ±0.31	1.05 ±0.15	0.49 ±0.05	0.23 ±0.08	0.10 ±0.02
分宜 Fenyi	8.52 ±0.75	10.66 ±0.23	11.57 ±1.35	5.64 ±0.64	5.07 ±0.74	2.77 ±0.38	1.02 ±0.06	0.48 ±0.08	0.18 ±0.03	0.10 ±0.03
建阳 Jianyang	12.66 ±0.26	12.81 ±0.71	14.12 ±0.69	6.99 ±0.31	6.10 ±0.53	3.58 ±0.42	0.83 ±0.09	0.48 ±0.03	0.38 ±0.03	0.10 ±0.04
岳西 Yuexi	11.70 ±0.54	12.45 ±0.83	13.15 ±0.32	6.59 ±0.47	6.36 ±0.29	3.34 ±0.37	1.13 ±0.38	0.50 ±0.04	0.22 ±0.06	0.10 ±0.05
宜丰 Yifeng	11.43 ±0.70	12.56 ±0.42	13.24 ±0.44	6.42 ±0.40	6.23 ±0.04	3.52 ±0.32	0.91 ±0.16	0.48 ±0.07	0.17 ±0.02	0.10 ±0.06
兴国 Xingguo	7.93 ±0.86	9.79 ±0.83	11.81 ±1.15	5.67 ±0.16	4.95 ±0.16	3.02 ±0.03	1.04 ±0.07	0.45 ±0.02	0.20 ±0.04	0.10 ±0.07
遂昌 Suichang	11.41 ±0.18	12.36 ±0.44	13.52 ±0.60	6.24 ±0.49	6.22 ±0.50	3.63 ±0.09	1.21 ±0.14	0.44 ±0.03	0.25 ±0.04	0.10 ±0.08
毕节 Bijie	6.98 ±0.64	8.07 ±0.96	8.50 ±0.51	6.59 ±0.14	6.00 ±0.33	2.71 ±0.71	1.10 ±0.13	0.52 ±0.04	0.19 ±0.01	0.10 ±0.09
织金 Zhijin	6.24 ±0.27	7.14 ±0.21	8.54 ±0.16	6.16 ±0.11	5.31 ±0.11	2.40 ±0.25	1.07 ±0.04	0.59 ±0.08	0.18 ±0.01	0.10 ±0.10
建瓯 Jianou	9.46 ±0.73	10.09 ±0.94	13.46 ±1.47	7.29 ±0.17	6.64 ±0.31	3.64 ±0.31	0.92 ±0.20	0.47 ±0.03	0.23 ±0.03	0.10 ±0.11
富阳 Fuyang	10.30 ±0.55	13.84 ±0.29	14.34 ±0.94	9.78 ±0.65	6.54 ±0.26	3.87 ±0.21	1.65 ±0.04	0.56 ±0.01	0.28 ±0.01	0.10 ±0.12

表 4 不同种源山鸡椒 1 年生地径净生长量(mm)

Table 4 Ground diameter (mm) of 1-year-old seedlings of *Litsea cubeba*

种源 Provenance	日期 Date (M-D)									
	7-16	8-1	8-16	9-1	9-16	10-1	10-16	11-1	11-16	12-1
黄山 Huangshan	1.111 ±0.119	1.257 ±0.100	1.217 ±0.104	0.934 ±0.072	0.616 ±0.032	0.301 ±0.018	0.059 ±0.001	0.063 ±0.002	0.021 ±0.001	0.011 ±0.001
广西 Guangxi	1.169 ±0.136	1.294 ±0.071	1.216 ±0.112	0.949 ±0.052	0.604 ±0.025	0.340 ±0.011	0.040 ±0.005	0.056 ±0.001	0.022 ±0.001	0.011 ±0.000
将乐 Jiangle	1.232 ±0.082	1.346 ±0.080	1.201 ±0.066	0.915 ±0.049	0.613 ±0.028	0.324 ±0.019	0.037 ±0.004	0.053 ±0.007	0.025 ±0.001	0.011 ±0.000
分宜 Fenyi	1.014 ±0.044	1.249 ±0.077	1.087 ±0.077	0.837 ±0.138	0.520 ±0.025	0.247 ±0.012	0.045 ±0.005	0.054 ±0.002	0.020 ±0.004	0.011 ±0.001
建阳 Jianyang	1.459 ±0.022	1.348 ±0.065	1.426 ±0.065	0.949 ±0.072	0.626 ±0.024	0.315 ±0.012	0.008 ±0.001	0.052 ±0.002	0.042 ±0.005	0.014 ±0.001
岳西 Yuexi	1.335 ±0.081	1.391 ±0.083	1.145 ±0.035	0.967 ±0.053	0.633 ±0.033	0.290 ±0.010	0.044 ±0.002	0.054 ±0.001	0.024 ±0.002	0.011 ±0.001
宜丰 Yifeng	1.284 ±0.015	1.368 ±0.044	1.112 ±0.030	0.954 ±0.007	0.610 ±0.001	0.306 ±0.010	0.023 ±0.001	0.051 ±0.002	0.018 ±0.004	0.011 ±0.001
兴国 Xingguo	0.876 ±0.096	1.064 ±0.090	1.043 ±0.124	0.787 ±0.020	0.477 ±0.005	0.262 ±0.011	0.048 ±0.004	0.048 ±0.002	0.021 ±0.003	0.011 ±0.000
遂昌 Suichang	1.262 ±0.076	1.345 ±0.097	1.117 ±0.060	0.951 ±0.058	0.605 ±0.012	0.316 ±0.012	0.054 ±0.006	0.046 ±0.002	0.026 ±0.004	0.011 ±0.000
毕节 Bijie	0.786 ±0.078	1.005 ±0.099	0.807 ±0.032	0.689 ±0.008	0.609 ±0.009	0.240 ±0.010	0.063 ±0.007	0.056 ±0.004	0.020 ±0.002	0.017 ±0.000
织金 Zhijin	0.706 ±0.031	0.906 ±0.023	0.818 ±0.018	0.647 ±0.012	0.539 ±0.011	0.211 ±0.012	0.063 ±0.004	0.063 ±0.001	0.020 ±0.002	0.011 ±0.001
建瓯 Jianou	1.075 ±0.091	1.058 ±0.113	1.443 ±0.170	0.874 ±0.131	0.671 ±0.011	0.327 ±0.010	0.026 ±0.001	0.051 ±0.004	0.025 ±0.001	0.011 ±0.000
富阳 Fuyang	1.168 ±0.092	1.544 ±0.152	1.365 ±0.054	1.221 ±0.080	0.645 ±0.014	0.341 ±0.010	0.095 ±0.001	0.060 ±0.006	0.030 ±0.001	0.010 ±0.001

平均地径为(0.69 ±0.06) cm, 不同种源间苗高和地径的差异均极显著( $P < 0.01$ ) (表 5), 说明 13 个种源存在显著的遗传和表型差异, 选择潜力巨大。苗高和地径的变异系数分别为 10.59 和 10.01, 苗高的变

异系数稍高于地径; 同时苗高、地径的遗传力均较高(0.97 和 0.98), 说明环境因素对山鸡椒种源苗高、地径的变异影响甚微, 主要来源于种源自身的遗传特性。

表 5 山鸡椒苗期生长性状的方差分析和遗传估算

Table 5 ANOVA and genetic estimation of growth traits from different provenance/family seedlings

	种源 Provenance			家系 Family			变异系数 Variation coefficient
	自由度 Degree of freedom	<i>F</i>	遗传力 Heritability	自由度 Degree of freedom	<i>F</i>	遗传力 Heritability	
苗高 Height	12	36.14**	0.97	54	17.12**	0.94	10.59
地径 Base diameter	12	50.90**	0.98	54	62.49**	0.98	10.01

\*\*: $P < 0.01$

比较山鸡椒不同种源的苗高和地径, 可见浙江富阳、福建建阳种源的平均苗高最高, 分别比平均值高 17.91% 和 12.59%; 其次为安徽岳西和浙江遂昌种源, 分别高于平均值 8.27% 和 7.95%; 而贵州织金和贵州毕节种源的苗高最小, 分别比平均值低 26.26% 和 21.03%。浙江富阳、福建建阳种源的地径平均值最高, 分别超出平均值 17.27% 和 13.27%; 其次为安徽岳西和福建将乐种源, 分别较平均值高 8.15% 和 5.86%; 贵州织金和贵州毕节种源地径最小, 比平均值低 26.67% 和 21.90%。

方差分析表明, 山鸡椒 55 个家系间的苗高、地径均存在极显著差异( $P < 0.01$ ), 家系存在较大选择潜力; 55 个家系的苗高、地径遗传力也较高(表 5)。其中, 建阳 2 号、遂昌 8 号、富阳 1 号、遂昌 13 号、岳西 1 号的苗高最高; 建阳 2 号、富阳 1 号、遂昌 8 号、岳西 1 号、黄山 4 号的地径最大; 毕节 1 号、2 号、织金 1 号、岳西 2 号的苗高、地径均表现最差(表 6)。

### 2.3 山鸡椒优良种源、家系生长性状的综合选择

通过经济加权方法计算得到苗高(h)、地径(bd)的经济相对权重值  $W^{[20]}$ ,  $W_h$  为 0.48,  $W_{bd}$  为 0.52, 综合选择式为  $I = W_h \times 0.94 \times X_h / 64.01 + W_{bd} \times 0.98 \times X_{bd} / 0.69$ , 简化后为  $I = 0.007X_h + 0.74X_{bd}$ , 得出家系群体平均选择指数值  $I_0 = 0.959225$ , 选择标准差  $S = 0.098$ 。同时可将参试家系分为 4 类: (1) 优良度  $I \geq I_0 + S$ , 家系生长迅速, 是筛选的重点, 有 5 个家系入选: 建阳 2 号、富阳 1 号、遂昌 8 号、遂昌 13 号和岳西 1 号; (2)  $I_0 + 0.5S \leq$  优良度  $II < I_0 + S$ , 家

系可作为杂交育种亲本纳入育种群体, 有 11 个家系入选: 建阳 3 号、岳西 6 号、建瓯 1 号、建阳 12 号、黄山 4 号、岳西 5 号、岳西 8 号、将乐 6 号、建阳 8 号、遂昌 12 号和遂昌 3 号; (3)  $I_0 <$  优良度  $III < I_0 + 0.5S$ , 这些家系可作为杂交育种亲本的备选资源, 有 19 个家系入选: 将乐 14 号、宜丰 2 号、将乐 5 号、将乐 8 号、遂昌 7 号、百色 2 号、岳西 3 号、遂昌 10 号、宜丰 3 号、遂昌 11 号、宜丰 4 号、岳西 7 号、岳西 10 号、百色 5 号、遂昌 2 号、百色 3 号、建瓯 2 号、遂昌 5 号和黄山 7 号; (4) 优良度  $IV < I_0$ , 这类家系生长缓慢, 不符合选育目标, 予以淘汰。因此, 本次参试的 55 个家系中, 根据生长性状选择指数筛选出的 5 个优良家系为建阳 2 号、富阳 1 号、遂昌 8 号、遂昌 13 号和岳西 1 号(表 6)。

### 2.4 优良家系期望遗传增益估算

对所有种源和家系山鸡椒 1 年生苗高、地径进行期望遗传增益估算, 综合生长性状表现和遗传增益值, 可初步筛选出浙江富阳种源和福建建阳种源为优良种源, 苗高能分别获得 14.02% 和 9.00% 的期望遗传增益, 胸径能分别获得 13.77% 和 10.43% 的期望遗传增益; 筛选出建阳 2 号、遂昌 8 号、富阳 1 号、岳西 1 号、建阳 3 号、遂昌 13 号和岳西 6 号等 7 个优良家系, 苗高期望遗传增益为 8.64% ~ 15.57%, 地径期望遗传增益为 8.87% ~ 15.84% (表 7)。综合选择指数与遗传增益值, 期望遗传增益表现较好的 5 个家系(建阳 2 号、富阳 1 号、遂昌 8 号、遂昌 13 号和岳西 1 号), 其选择指数也最高, 因此这 5 个家系可最终作为优良家系予以选择。

表 6 山鸡椒家系苗期生长性状

Table 6 Characters of families at seedling stage in *Litsea cubeba*

家系 Family	苗高 Height (cm)	选择差 Selection difference	地径 (mm) Base diameter	选择差 Selection difference	选择指数 Selection index	优良度 Excellent degree
建阳 2 Jianyang 2	74.62	16.58	8.02	0.163	1.116 091	1
富阳 1 Fuyang 1	73.26	14.45	7.88	0.142	1.095 749	1
遂昌 8 Suichang 8	74.06	15.70	7.71	0.118	1.089 299	1
遂昌 13 Suichang 13	72.04	12.54	7.58	0.110	1.065 434	1
岳西 1 Yuexi 1	70.45	10.06	7.66	0.102	1.059 813	1
建阳 3 Jianyang 3	69.90	9.20	7.60	0.101	1.051 539	2
岳西 6 Yuexi 6	70.05	9.44	7.53	0.099	1.047 737	2
建瓯 1 Jianou 1	69.00	7.80	7.50	0.092	1.038 000	2
建阳 12 Jianyang 12	67.76	5.86	7.53	0.091	1.031 458	2
黄山 4 Huangshan 4	66.90	4.51	7.60	0.087	1.030 868	2
岳西 5 Yuexi 5	68.10	6.39	7.48	0.085	1.030 480	2
岳西 8 Yuexi 8	69.00	7.80	7.34	0.080	1.026 191	2
将乐 6 Jiangle 6	67.80	5.92	7.45	0.075	1.025 941	2
建阳 8 Jianyang 8	67.52	5.48	7.42	0.064	1.021 704	2
遂昌 12 Suichang 12	69.44	8.48	7.23	0.053	1.021 347	2
遂昌 3 Suichang 4	67.60	5.61	7.27	0.048	1.011 092	2
将乐 14 Jiangle 14	67.73	5.81	7.13	0.047	1.001 691	3
宜丰 2 Yifeng 2	67.14	4.89	7.14	0.045	0.998 529	3
将乐 5 Jiangle 5	66.27	3.53	7.20	0.044	0.996 931	3
将乐 8 Jiangle 8	65.72	2.67	7.22	0.038	0.994 466	3
遂昌 7 Suichang 7	67.52	5.48	7.03	0.035	0.993 107	3
百色 2 Baise2	65.60	2.48	7.21	0.033	0.992 651	3
岳西 3 Yuexi 3	65.88	2.92	7.16	0.033	0.991 064	3
遂昌 10 Suichang 10	67.33	5.19	7.01	0.026	0.990 312	3
宜丰 3 Yifeng 3	66.50	3.89	7.07	0.026	0.989 011	3
遂昌 11 Suichang 11	66.47	3.84	7.00	0.025	0.983 056	3
宜丰 4 Yifeng 4	66.08	3.23	6.96	0.019	0.977 288	3
岳西 7 Anhui 7	64.17	0.25	7.13	0.016	0.976 810	3
岳西 10 Yuexi 10	65.66	2.58	6.99	0.014	0.976 518	3
百色 5 Baise 5	64.43	0.66	7.08	0.013	0.974 946	3
遂昌 2 Suichang 2	65.75	2.72	6.92	0.012	0.972 408	3
百色 3 Baise 3	65.53	2.37	6.90	0.008	0.969 154	3
建瓯 2 Jianou 2	64.28	0.42	6.99	0.006	0.966 995	3
遂昌 5 Suichang 5	65.08	1.67	6.85	0.003	0.962 499	3
黄山 7 Huangshan 7	62.31	-2.66	7.08	0.000	0.960 140	3
岳西 9 Yuexi 9	64.86	1.33	6.83	-0.002	0.959 245	4
黄山 6 Huangshan 6	62.45	-2.44	6.94	-0.007	0.950 628	4
将乐 9 Jiangle 9	62.66	-2.11	6.89	-0.011	0.948 163	4
遂昌 6 Suichang 6	63.68	-0.52	6.77	-0.011	0.947 071	4
遂昌 1 Suichang 1	63.52	-0.77	6.76	-0.018	0.944 691	4
将乐 3 Jiangle 3	62.33	-2.62	6.78	-0.018	0.937 660	4
百色 4 Baise 4	61.44	-4.01	6.83	-0.021	0.935 253	4
遂昌 9 Suichang9	62.37	-2.56	6.64	-0.037	0.927 588	4
黄山 5 Huangshan 5	61.16	-4.45	6.65	-0.038	0.920 059	4
分宜 3 Fenyi 3	57.67	-9.90	6.63	-0.039	0.894 216	4
分宜 6 Fenyi 6	59.69	-6.75	6.42	-0.070	0.892 783	4
黄山 3 Huangshan 3	59.62	-6.86	6.41	-0.071	0.891 736	4
建瓯 3 Jianou 3	57.58	-10.05	6.19	-0.103	0.861 223	4
兴国 6 Xingguo 6	58.10	-9.23	6.12	-0.114	0.859 268	4
分宜 1 Fenyi 1	52.58	-17.86	6.11	-0.114	0.820 493	4
兴国 5 Xingguo 5	54.30	-15.17	5.72	-0.172	0.803 068	4
毕节 2 Bijie 2	51.01	-20.31	5.43	-0.214	0.758 638	4
毕节 1 Bijie 1	47.12	-26.38	5.07	-0.266	0.704 788	4
岳西 2 Yuexi 2	46.61	-27.18	5.01	-0.274	0.697 145	4
织金 1 Zhijin1	45.02	-29.67	4.84	-0.298	0.673 364	4

表 7 优良种源、家系苗期性状遗传增益估算

Table 7 Genetic gains estimation of seedling traits of superior provenances and families

			苗高 Height		地径 Base diameter	
			均值 Mean (cm)	遗传增益 Genetic gain	均值 Mean (mm)	遗传增益 Genetic gains
种源	1	浙江富阳 Fuyang, Zhejiang	73.26	14.02	7.88	13.77
Provence	2	福建建阳 Jianyang, Fujian	69.95	9.00	7.64	10.43
家系	1	建阳 2 号 Jianyang 2	74.62	15.58	8.02	15.96
Families	2	遂昌 8 号 Suichang 8	74.06	14.75	7.72	11.57
	3	富阳 1 号 Fuyang 1	73.26	13.58	7.88	13.88
	4	遂昌 13 号 Suichang 13	72.04	11.78	7.58	9.70
	5	岳西 1 号 Yuexi 1	70.45	9.45	7.66	10.76
	6	建阳 3 号 Jianyang 3	69.90	8.64	7.60	9.91
	7	岳西 6 号 Yuexi 6	70.05	8.86	7.53	8.98

### 3 讨论和结论

#### 3.1 山鸡椒苗期生长节律分析

苗木生长节律体现出苗木在生长过程中的动态变化, 掌握苗木生长规律可为苗期管理、苗木质量分级标准制定提供科学依据。根据本试验研究结果, 可将山鸡椒 1 年生苗木生长期分为生长初期、速生期和完全木质化期 3 个时期。同时与参试种源的平均变化节律相比, 优良种源浙江富阳与福建建阳在快速生长期内有较大的生长势, 苗高生长量分别高出种源平均值的 19.29% 和 14.65%, 地径生长量分别较平均值高 18.74% 和 16.01%。因此山鸡椒 1 年生幼苗的速生期, 应有针对性地加强苗期管理, 及时松土除草, 加强病虫害防治工作, 从而加快苗木生长; 在苗木完全木质化期应主要增强其抵抗低温和干旱的能力, 使苗木顺利越冬。

#### 3.2 山鸡椒优良种源、家系选择

通过苗期试验进行早期选择, 可缩短育种周期, 加快林木良种选育的过程; 同时结合种源选择和家系选择, 可达到利用种源间及种源内遗传变异的效果, 为开展山鸡椒种源-家系的多层次遗传改良奠定基础<sup>[22]</sup>。山鸡椒苗期短, 一般当年播种, 第 2 年开花, 第 3 年结果, 因此进行山鸡椒苗期选择很有必要。在林木优良种源、家系选择中, 可利用多性状综合选择、建立包含各性状表型值和遗传参数的综合指标, 综合评判所参试的遗传型, 从而避免单一考虑某性状而造成优良种源/家系选择的局限性。其中, 选择指数方法是多性状综合选择中一种具有较高选择效率的方法, 其同时考虑各性状的遗传力和经济权重<sup>[17]</sup>。本研究中, 应用选择指数方法对山鸡椒各家系生长性状进行选择, 筛选出选择值

大于群体平均值的优良家系 5 个, 入选率为 9.1%, 分别为建阳 2 号、富阳 1 号、遂昌 8 号、遂昌 13 号和岳西 1 号。同时综合选择指数与遗传增益值, 确定这 5 个家系以及浙江富阳和福建建阳 2 个种源可最终作为优良家系/种源予以选择, 而胸径生长值表现较好的黄山 4 号因苗高遗传增益值较低, 而没有入选优良家系。本试验选出的 5 个优良家系均来自浙江、福建、安徽三省, 说明这三省应是山鸡椒种源/家系选择的重要地区, 但由于本试验为单点试验, 后续需结合多点试验进一步验证<sup>[23]</sup>。

山鸡椒为工业油料植物, 良种选育应以经济指标为主要选择方向, 同时植物数量性状受遗传、环境及栽培管理措施等多重因素的影响, 苗期选择的效果及可靠性存在差异<sup>[24]</sup>。对麻疯树(*Jatropha curcas*)、火炬松(*Pinus taeda*)<sup>[25-26]</sup>等早期选择的可靠性和可行性进行了报道, 但也报道了兴安落叶松(*Larx gmelinii*)、红椿(*Toona ciliata*)等树种<sup>[27-28]</sup>苗期选择的不稳定性, 苗期筛选的优良家系会在后期发生变化和分离。因此今后应将本研究中山鸡椒苗期生长性状的研究结果, 与盛果期经济性状选择以及后期区域性造林试验数据相结合, 以检验山鸡椒苗期优良种源、家系筛选的可靠性和稳定性, 并作进一步选择。

#### 参考文献

- [1] WANG H W, LIU Y Q. Chemical composition and antibacterial activity of essential oils from different parts of *Litsea cubeba* [J]. Chem Biodiv, 2010, 7(1): 229-235. doi: 10.1002/cbdv.200800349. doi: 10.1021/jf9015416.
- [2] SEO S M, KIM J, LEE S G, et al. Fumigant antitermitic activity of plant essential oils and components from ajowan (*Trachyspermum ammi*), allspice (*Pimenta dioica*), caraway (*Carum carvi*), dill

- (*Anethum graveolens*), geranium (*Pelargonium graveolens*), and litsea (*Litsea cubeba*) oils against Japanese termite (*Reticulitermes speratus* Kolbe) [J]. *J Agric Food Chem*, 2009, 57(15): 6596–6602. doi: 10.1021/jf9015416.
- [3] YANG Y, JIANG J Z, QIMEI L, et al. The fungicidal terpenoids and essential oil from *Litsea cubeba* in Tibet [J]. *Molecules*, 2010, 15(10): 7075–7082. doi: 10.3390/molecules15107075.
- [4] ZHANG W, HU J F, LV W W, et al. Antibacterial, antifungal and cytotoxic isoquinoline alkaloids from *Litsea cubeba* [J]. *Molecules*, 2012, 17(11): 12950–12960. doi: 10.3390/molecules171112950.
- [5] ZHANG Q Y, XU C, BA D W, et al. Study on the transesterification reaction of biodiesel with *Litsea cubeba* kernel oil [J]. *Guangzhou Chem Ind*, 2010, 38(9): 82–84. doi: 10.3969/j.issn.1001-9677.2010.09.034.  
张秋云, 徐春, 坝德伟, 等. 山苍子核仁油酯交换制备生物柴油的研究 [J]. *广州化工*, 2010, 38(9): 82–84. doi: 10.3969/j.issn.1001-9677.2010.09.034.
- [6] WANG X, YANG G F. Current status and countermeasures of development and utilization in *Litsea cubeba* in China [J]. *Nonwood For Res*, 2010, 28(3): 136–139. doi: 10.3969/j.issn.1003-8981.2010.03.028.  
王旭, 杨关锋. 我国山苍子开发利用的现状与发展对策 [J]. *经济林研究*, 2010, 28(3): 136–139. doi: 10.3969/j.issn.1003-8981.2010.03.028.
- [7] CHEN Y C, WANG Y D, HAN X J, et al. Biology and chemistry of *Litsea cubeba*, a promising industrial tree in China [J]. *J Essent Oil Res*, 2013, 25(2): 103–111. doi: 10.1080/10412905.2012.751559.
- [8] Zhiyan Consulting Group. Analysis of import and export data statistics and prospect of foreign trade outlook of *Litsea cubeba* oils industry of China in 2016–2022 (33012950) [EB/OL]. <http://www.chyxx.com/data/201604/409543.html>.  
智研咨询集团. 2016–2022 年中国山苍子油行业进出口态势分析及对外贸易前景展望报告(33012950) [EB/OL]. <http://www.chyxx.com/data/201604/409543.html>.
- [9] CHEN X H. Commented on utilization status and industrialization prospects of natural resources from *Litsea cubeba* in China [J]. *Sci Silv Sin*, 2003, 39(4): 134–139. doi: 10.3321/j.issn:1001-7488.2003.04.022.  
陈学恒. 我国山苍子资源利用现状和产业化前景评述 [J]. *林业科学*, 2003, 39(4): 134–139. doi: 10.3321/j.issn:1001-7488.2003.04.022.
- [10] CHEN W J, YOU C B, HU J J. Growth status and nursery soft characteristics of artificial raising seedlings in *Litsea cubeba* [J]. *Nonwood For Res*, 2012, 30(4): 155–158. doi: 10.14067/j.cnki.1003-8981.2012.04.010.  
陈卫军, 尤春波, 胡俊靖. 山苍子人工育苗苗木生长及圃地土壤特征研究 [J]. *经济林研究*, 2012, 30(4): 155–158. doi: 10.14067/j.cnki.1003-8981.2012.04.010.
- [11] SI L L, CHEN Y C, HAN X J, et al. Chemical composition of essential oils of *Litsea cubeba* harvested from its distribution areas in China [J]. *Molecules*, 2012, 17(6): 7057–7066. doi: 10.3390/molecules17067057.
- [12] GAO M, CHEN Y C, WANG Y D. Evaluation of the yields and chemical compositions of the essential oils of different *Litsea cubeba* varieties [J]. *J Essent Oil Bear Plant*, 2016, 19(8): 1888–1902. doi: 10.1080/0972060X.2016.1252695.
- [13] LIU Y G, WU Q K, HE G S, et al. Cloning and SNP analysis of 1-deoxy-D-xylulose-5-phosphate reductoisomerases gene (*DXR*) in *Litsea cubeba* [J]. *For Res*, 2015, 28(1): 93–100. doi: 10.13275/j.cnki.lykxyj.2015.01.015.  
刘英冠, 吴庆珂, 何关顺, 等. 山鸡椒 1-脱氧木酮糖-5-磷酸还原异构酶 *DXR* 基因的克隆和 SNP 分析 [J]. *林业科学研究*, 2015, 28(1): 93–100. doi: 10.13275/j.cnki.lykxyj.2015.01.015.
- [14] LIN B, ZHANG H, ZHAO X X, et al. Inhibitory effects of the root extract of *Litsea cubeba* (Lour.) Pers. on adjuvant arthritis in rats [J]. *J Ethnopharmacol*, 2013, 147(2): 327–334. doi: 10.1016/j.jep.2013.03.011.
- [15] CUI Y Z, LIAO S X, CUI K, et al. Study on the growth of one-year-old *Litsea cubeba* seedlings in mountainous area of Guizhou Province [J]. *For Res*, 2013, 26(4): 501–505. doi: 10.3969/j.issn.1001-1498.2013.04.017.  
崔永忠, 廖声熙, 崔凯, 等. 贵州山区山苍子苗年生长规律 [J]. *林业科学研究*, 2013, 26(4): 501–505. doi: 10.3969/j.issn.1001-1498.2013.04.017.
- [16] SHEN X H. Breeding of Forest Tree [M]. Beijing: China Forestry Press, 1990.  
沈熙环. 林木育种学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1990.
- [17] SONG L, QI D X, MA J W, et al. Genetic variation and integrated selection of *Picea balfouriana* families at seedling stage [J]. *J NE For Univ*, 2014, 42(7): 20–23. doi: 10.3969/j.issn.1000-5382.2014.07.005.  
宋璐, 齐德新, 马建伟, 等. 川西云杉家系苗期性状遗传途径分析及综合选择 [J]. *东北林业大学学报*, 2014, 42(7): 20–23. doi: 10.3969/j.issn.1000-5382.2014.07.005.
- [18] LEI L, PAN X Q, ZHANG L, et al. Genetic variation and comprehensive selection of turpentine composition in high-yielding slash pine (*Pinus elliottii*) [J]. *For Res*, 2015, 28(6): 804–809. doi: 10.3969/j.issn.1001-1498.2015.06.007.  
雷蕾, 潘显强, 张露, 等. 高产脂湿地松松节油成分的遗传变异及综合选择 [J]. *林业科学研究*, 2015, 28(6): 804–809. doi: 10.3969/j.

- issn.1001-1498.2015.06.007.
- [19] WU Y, MAO C L. Simple introduction to heritability, repeatability and genetic gain in percent in tree breeding [J]. Trop Agric Sci Technol, 2012, 35(1): 47-50. doi: 10.3969/j.issn.1672-450X.2012.01.015.
- 吴裕, 毛常丽. 树木育种学中遗传力、重复力和遗传增益的概念及思考 [J]. 热带农业科技, 2012, 35(1): 47-50. doi: 10.3969/j.issn.1672-450X.2012.01.015.
- [20] PANG H, WU C X, ZHANG Y, et al. A study on methods of calculating economic weights in the selection index [J]. Hereditas (Beijing), 1989, 11(1): 13-16. doi: 10.16288/j.ycz.1989.01.006.
- 庞航, 吴常信, 张源, 等. 选择指数中计算经济加权值方法的研究 [J]. 遗传, 1989, 11(1): 13-16. doi: 10.16288/j.ycz.1989.01.006.
- [21] WANG M X. Tree Genetics and Breeding [M]. Beijing: China Forestry Press, 2001: 1-422.
- 王明麻. 林木遗传育种学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2001: 1-422.
- [22] SHAO W H, YUE H F, JIANG J M, et al. Study on genetic variation of seedling growth from different provenances of *Sapindus mukorossi* [J]. J Zhejiang Sci Technol, 2012, 32(1): 21-25. doi: 10.3969/j.issn.1001-3776.2012.01.005.
- 邵文豪, 岳华峰, 姜景民, 等. 不同种源无患子苗期生长性状遗传变异研究 [J]. 浙江林业科技, 2012, 32(1): 21-25. doi: 10.3969/j.issn.1001-3776.2012.01.005.
- [23] ZHANG J, CHEN G C, XU J M, et al. Comprehensive selection for *Eucalyptus grandis* provenances and families [J]. J Trop Subtrop Bot, 2016, 24(3): 280-286. doi: 10.11926/j.issn.1005-3395.2016.03.006.
- 张捷, 陈广超, 徐建民, 等. 巨桉种源/家系综合选择研究 [J]. 热带亚热带植物学报, 2016, 24(3): 280-286. doi: 10.11926/j.issn.1005-3395.2016.03.006.
- [24] DENG B, YANG W X, FANG S Z, et al. Growth and wood properties of juvenile *Cyclocarya paliurus*, and their correlation analysis [J]. J Nanjing For Univ (Nat Sci), 2014, 38(5): 113-117. doi: 10.3969/j.issn.1000-2006.2014.05.022.
- 邓波, 杨万霞, 方升佐, 等. 青钱柳幼龄期生长与木材性状表现及其性状相关分析 [J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2014, 38(5): 113-117. doi: 10.3969/j.issn.1000-2006.2014.05.022.
- [25] CHEN B T, TIAN H, ZHOU S M, et al. Study on the genetic variations of main traits among superior tree progenies of *Jatropha curcas* L. at seedling stage [J]. Seed, 2010, 29(3): 26-28,32. doi: 10.3969/j.issn.1001-4705.2010.03.008.
- 陈波涛, 田汉, 周世敏, 等. 麻疯树优树子代苗期主要生长性状变异研究 [J]. 种子, 2010, 29(3): 26-28,32. doi: 10.3969/j.issn.1001-4705.2010.03.008.
- [26] LI C S, LI C H, LIU P, et al. Correlation between cotyledon number of seedlings and early growth in *Loblolly pine* [J]. Chin Agric Sci Bull, 2010, 26(13): 126-128.
- 李承水, 李存华, 刘平, 等. 火炬松幼苗子叶数与早期生长相关性研究 [J]. 中国农学通报, 2010, 26(13): 126-128.
- [27] SHANG Y L, ZHANG S H, CHEN Z C, et al. Fine family selection and genetic gain of *Larix gmelinii* [J]. J NE For Univ, 2010, 38(7): 123-125. doi: 10.3969/j.issn.1000-5382.2010.07.039.
- 商永亮, 张淑华, 陈志成, 等. 兴安落叶松优良家系选择及遗传增益 [J]. 东北林业大学学报, 2010, 38(7): 123-125. doi: 10.3969/j.issn.1000-5382.2010.07.039.
- [28] WEN W H, WU J Y, CHEN M G, et al. Seedling growth performance of *Toona ciliata* elite trees progeny [J]. Chin Agric Sci Bull, 2012, 28(34): 36-39. doi: 10.3969/j.issn.1000-6850.2012.34.007.
- 文卫华, 吴际友, 陈明皋, 等. 红椿优树子代苗期生长表现 [J]. 中国农学通报, 2012, 28(34): 36-39. doi: 10.3969/j.issn.1000-6850.2012.34.007.