

山桐子自然群体表型性状变异分析

江锡兵, 龚榜初*, 李大伟, 吴开云, 赵献民

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400)

关键词: 山桐子; 天然居群; 表型性状; 变异

中图分类号: S718.46

文献标识码: A

Variation Analysis of Phenotypic Traits in Natural Population of *Idesia polycarpa*

JIANG Xi-bing, GONG Bang-chu, LI Da-wei, WU Kai-yun, ZHAO Xian-min

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

Abstract: *Idesia polycarpa* is an important woody oil and biomass energy tree species in China, the development of germplasm resources and research of genetic variation on *I. polycarpa* are of great significance. The phenotypic traits were investigated and determined, and variation among and within populations were analyzed on nine natural groups in the distribution zone of *I. polycarpa*. The results indicated that there were significant differences in age, growth and yield traits of *I. polycarpa* from different population, especially in yield. There were rich variations in fifteen phenotypic traits including leaf length. These variation appeared among and within populations, and with similar contribution rate (31.99% and 30.82%). The variation of fruit traits were much more obvious in phenotypes, and the variation coefficients such as number of fruits per grain, which were closely related to yield, were up to 38%. The rich genetic variation of *I. polycarpa* provides many advantages for the development and utilization of germplasm resources, selecting and breeding.

Key words: *Idesia polycarpa*; population; phenotypic traits; variation

山桐子 (*Idesia polycarpa* Maxim.) 属大风子科 (Flacourtiaceae) 山桐子属 (*Idesia* Maxim.) 植物, 主要分布于我国长江流域、华北和西北南部的 17 个省区。另外, 朝鲜、日本的南部也有分布^[1]。山桐子树干通直, 树形美观, 生长迅速, 适应性强, 材质优良, 3 年生实生苗木即可挂果, 是我国南方主要城市园林绿化和用材树种之一。研究发现, 山桐子果实含油率及油中不饱和脂肪酸含量较高, 而不饱和脂肪酸中尤以亚油酸含量最高^[2-3]。山桐子油脂既可以经过深加工提炼成食用油, 也可以作为生物燃油的原料, 能够产生巨大的生态效益和经济效益。随着国

家对生物质能源需求的增加, 山桐子已被列入具有重要开发利用价值的生物质能源植物。

我国大部分山桐子资源处于野生状态, 对其开发利用尚处于起步阶段。近年来, 一些学者对山桐子的栽培技术、果实成分、组织培养以及引种育苗等方面作过一些研究^[1, 4-6], 但关于山桐子自然群体表型遗传变异方面的研究较少。本研究对我国浙江、江西、四川等自然分布区山桐子表型性状进行调查、测定, 分析其天然居群间及居群内变异情况, 为我国山桐子种质资源开发利用及良种选育奠定基础。

收稿日期: 2012-07-04

基金项目: 浙江省科技厅重大科技专项重点农业项目“山桐子能源品种选育”(2008C12018)

作者简介: 江锡兵(1983—), 男, 安徽怀宁人, 助理研究员, 博士, 主要从事经济林育种研究。

* 通讯作者: 研究员, 硕士, 主要从事经济林育种与栽培研究。E-mail: gongbc@126.com

1 材料与方法

1.1 试验材料

于2008年、2009年9—12月在我国山桐子自然分布区内选择浙江省奉化县、仙居县,江西省分宜县、上犹县,安徽省黄山市,四川省广元市朝天区、元坝区、青川县,陕西省宁强县共9个地区,对山桐子生长情况进行调查记录,并对其叶片、果实等表型性

状进行测定分析。不同地区地理、气候及土壤条件基本情况见表1。由于山桐子天然分布极少,在每个地点选取15~20株10~20年生处于盛果期的健康植株作为样株,株间距离在200 m以上。对样株进行定位、标记,在样株的树冠中上部外缘四周枝条中部随机采集30个叶片和30个成熟果穗作测试材料。

表1 不同地区地理、气候及土壤条件

地区	海拔/m	纬度(E)	经度(N)	年均气温/℃	年降水量/mm	年无霜期/d	土壤类型
上犹(县)	395	114°35'	25°48'	19.4	1 438	281	红壤
分宜(县)	200	114°50'	27°43'	18.0	1 434	274	红壤
青川(县)	952	105°19'	32°27'	13.7	1 021	243	黄壤、黄棕壤
元坝(区)	803	105°03'	31°40'	17.0	900	264	黄壤、黄棕壤
宁强(县)	913	106°11'	32°52'	13.0	900	287	黄棕壤
仙居(县)	483	120°36'	28°07'	16.9	1 632	278	红壤
朝天(区)	648	105°49'	32°43'	15.8	1 120	230	黄壤
奉化(市)	262	121°33'	29°30'	16.3	1 475	232	红壤
黄山(市)	490	119°57'	30°03'	15.5	1 670	236	黄棕壤

1.2 生长情况调查

通过与当地林业工作者和群众座谈访问,以及根据他们记录的数据了解山桐子树龄及每年产量。对不同地区山桐子树高、胸径及冠幅进行测量。

1.3 叶片、果实等表型性状测定

对采集的山桐子叶片及果实各性状进行测定。定义叶长/叶宽为叶形指数,果长/果宽为果形指数。由于山桐子种子较小,随机选取50粒种子称质量,换算成千粒质量。所有指标均重复测定30次(即每个居群选取30个叶片和30个果穗进行测定)。

1.4 数据分析

采用Excel 2003及SPSS12.0分析软件对调查测定数据进行统计分析及制表。

2 结果与分析

2.1 不同天然居群山桐子生长性状及产量变异分析

从表2可以看出:不同地区山桐子各项生长指标差异较大,其树高、胸径、冠幅均值变幅分别为5.5~12.8 m、9.3~20.5 cm、11.0~40.5 m,其中以冠幅变异最为明显,且同一居群内山桐子单株间生长指标差异明显,其中,宁强居群山桐子树高、胸径及朝天居群冠幅变异幅度大于其他居群;不同居群山桐子单株平均产量差异明显,以宁强、青川居群最高,分别达到77、75 kg,同一居群内山桐子单株产

量差异也较大,其中,宁强、青川居群产量变幅最大。这些地区山桐子资源大部分处于野生状态,自然更新能力差,导致各天然居群间及居群内山桐子生长及产量差异显著。究其原因可能是由于山桐子种子表皮由蜡质层包裹,自然发芽率低,且生长期缺乏合理的肥水管理。

2.2 不同天然居群山桐子表型性状变异分析

由不同地区山桐子各表型性状的均值及多重比较结果得出(表3):山桐子各性状除叶宽外在不同天然居群间大多存在显著差异,其中,以每穗出果数差异最为明显,居群间变异系数达74.22。叶片性状方面,朝天、宁强居群山桐子叶长和叶宽均值较大,而上犹、分宜、元坝居群山桐子叶长较小且差异不显著,叶宽较小的为上犹、黄山居群,差异也不显著;叶形指数较大的为奉化、黄山居群,较小的为上犹、分宜居群;奉化、朝天居群山桐子叶柄长均值较大且差异不显著,而元坝、黄山居群叶柄长均值较小。果穗性状研究结果表明:每穗出果数变异最大,各居群间存在显著差异;其次为果穗长;而果穗宽比较稳定,其均值变幅仅为5.72~9.32 cm。果实大小较为稳定,大多数居群山桐子果长和果宽均值介于8.00~9.50 mm之间,仅奉化居群的均值达到10.72 mm;其余性状如果形指数、单果质量、单果种子质量、千粒质量各居群间均值差异较小,仅单果出籽率各居群均值变幅较大且差异显著。

表2 不同地区山桐子生长性状及产量变异分析

地区	树高/m		胸径/cm		冠幅/m		产量/kg	
	均值	变幅	均值	变幅	均值	变幅	均值	变幅
上犹	8.6	7.5~12.0	15.6	12.2~18.3	19.5	14.0~27.0	25	10~30
分宜	9.2	6.0~12.0	15.7	5.9~25.0	11.0	4.0~27.0	45	10~90
青川	10.3	4.0~14.0	20.5	8.5~25.0	31.9	14.0~80.0	75	30~120
元坝	9.5	7.0~12.3	16.5	9.6~23.0	28.2	12.0~65.0	40	20~70
宁强	11.7	8.0~19.8	19.8	3.5~33.4	24.8	10.5~48.0	77	30~130
仙居	9.0	7.0~11.0	10.5	8.5~12.5	20.0	12.0~27.5	22	20~25
朝天	9.5	4.2~15.5	18.9	9.8~35.5	40.5	10.5~80.0	55	30~108
奉化	5.5	4.0~6.5	9.3	8.0~12.0	14.0	6.0~16.5	40	25~80
黄山	12.8	9.0~17.0	16.7	5.0~24.0	22.5	13.5~33.0	40	20~65

表3 不同地区山桐子表型性状变异分析

地区	叶长		叶宽		叶长/叶宽		叶柄长		叶柄径	
	均值/cm	变异系数/%	均值/cm	变异系数/%	均值	变异系数/%	均值/cm	变异系数/%	均值/cm	变异系数/%
上犹	11.41±1.81 ^d	15.89	8.94±1.54 ^b	17.31	1.25±0.09 ^{cde}	7.52	8.82±2.77 ^{bc}	31.48	1.48±0.29 ^e	19.91
分宜	11.45±2.10 ^d	18.37	9.47±2.08 ^b	22.01	1.22±0.14 ^c	11.53	8.67±2.73 ^c	31.57	1.76±0.51 ^{bed}	29.05
青川	13.22±2.24 ^{bc}	17.17	9.91±1.98 ^{ab}	20.06	1.35±0.18 ^{abc}	13.96	9.67±2.80 ^{abc}	28.96	1.65±0.33 ^{cde}	20.25
元坝	11.39±1.78 ^d	15.64	9.11±1.79 ^b	19.71	1.26±0.13 ^{de}	10.63	7.57±1.99 ^d	26.36	1.81±0.21 ^{bc}	11.71
宁强	13.87±2.39 ^{ab}	17.24	10.80±2.31 ^a	21.44	1.30±0.17 ^{cde}	13.15	9.68±3.26 ^{abc}	33.70	1.89±0.32 ^{ab}	17.15
仙居	12.53±1.72 ^c	13.77	9.30±1.56 ^b	16.77	1.36±0.18 ^{ab}	13.28	8.90±2.24 ^{bc}	25.26	1.72±0.25 ^{bed}	14.92
朝天	14.29±1.98 ^a	13.87	10.73±1.77 ^a	16.49	1.34±0.15 ^{abc}	11.40	9.84±2.69 ^{ab}	27.37	1.80±0.34 ^{bc}	18.99
奉化	13.41±2.47 ^{ab}	18.47	9.56±1.78 ^b	18.66	1.41±0.15 ^a	11.03	10.09±2.86 ^a	28.37	1.50±0.29 ^{de}	18.60
黄山	12.65±2.38 ^c	18.57	9.00±1.56 ^b	17.36	1.41±0.19 ^a	13.97	8.57±2.70 ^{cd}	31.55	2.05±0.54 ^a	27.01
均值	12.63±2.51	19.87	9.60±2.05	21.42	1.32±0.19	14.67	9.04±2.85	31.51	1.79±0.40	23.42

地区	果穗长		果穗宽		每穗出果数		果长		果宽	
	均值/cm	变异系数/%	均值/cm	变异系数/%	均值/个	变异系数/%	均值/mm	变异系数/%	均值/mm	变异系数/%
上犹	15.17±2.96 ^{ef}	19.55	6.74±1.39 ^d	20.68	27.56±10.59 ^e	38.42	8.74±0.78 ^{bc}	9.00	9.09±0.85 ^{bc}	9.50
分宜	21.71±4.48 ^{bc}	20.64	9.32±2.07 ^a	22.26	114.35±73.14 ^{abc}	64.00	8.74±0.91 ^{bc}	10.42	8.90±1.08 ^{bed}	12.08
青川	22.12±4.60 ^b	20.81	8.34±1.61 ^b	19.28	120.59±53.28 ^{ab}	44.10	8.86±0.86 ^{bc}	9.75	9.43±0.81 ^{ab}	8.60
元坝	17.98±4.01 ^d	22.29	7.50±1.65 ^c	22.07	93.74±68.61 ^c	73.20	8.00±0.74 ^d	9.33	8.57±0.96 ^{cd}	11.31
宁强	24.59±4.76 ^a	19.38	8.28±1.71 ^b	20.67	102.81±43.98 ^{bc}	21.34	8.10±0.80 ^d	9.88	8.47±0.87 ^d	10.36
仙居	16.90±3.27 ^{de}	19.37	5.72±1.24 ^e	21.50	23.79±10.36 ^e	43.50	8.61±0.63 ^{bc}	7.38	7.47±0.60 ^e	8.51
朝天	22.61±5.40 ^b	23.88	7.65±1.49 ^{bc}	19.57	68.37±34.13 ^d	49.90	8.91±0.93 ^b	10.41	9.28±1.15 ^a	11.62
奉化	20.02±5.01 ^c	25.03	8.34±1.98 ^b	23.84	133.71±49.08 ^a	36.70	10.72±1.14 ^a	10.81	9.86±1.03 ^{ab}	11.02
黄山	14.24±3.49 ^f	24.15	7.24±1.52 ^{cd}	21.08	47.38±21.05 ^{de}	25.90	8.34±0.96 ^{cd}	11.58	8.48±0.82 ^d	9.73
均值	19.38±5.60	28.90	7.65±1.98	25.93	81.03±60.14	74.22	8.72±1.28	14.78	8.88±1.29	14.70

地区	果长/果宽		单果质量		单果出籽率		单果种子质量		种子千粒质量	
	均值	变异系数	均值/g	变异系数/%	均值/%	变异系数/%	均值/g	变异系数/%	均值/g	变异系数/%
上犹	0.96±0.087 ^{bc}	3.78	0.36±0.11 ^{cd}	31.35	18.95±8.74 ^e	46.14	0.05±0.29 ^d	52.14	2.82±0.35 ^{bc}	12.57
分宜	0.98±0.070 ^b	7.09	0.39±0.12 ^{bc}	31.56	34.44±7.84 ^b	22.77	0.11±0.04 ^b	39.93	3.10±0.63 ^b	20.49
青川	0.94±0.110 ^{cd}	5.07	0.43±0.09 ^b	22.56	35.83±9.57 ^b	26.71	0.11±0.03 ^b	30.43	3.09±0.40 ^b	13.10
元坝	0.93±0.077 ^c	5.94	0.32±0.10 ^d	30.98	35.66±8.94 ^b	25.08	0.09±0.02 ^c	29.45	2.37±0.33 ^{de}	14.19
宁强	0.95±0.091 ^{bc}	7.22	0.33±0.09 ^{cd}	28.95	29.35±8.37 ^c	28.54	0.08±0.02 ^c	32.30	2.69±0.53 ^{cd}	19.96
仙居	1.15±0.110 ^a	6.78	0.24±0.07 ^e	31.22	21.53±5.98 ^e	27.79	0.04±0.02 ^d	40.81	2.12±0.57 ^e	26.97
朝天	0.96±0.041 ^d	4.57	0.49±0.11 ^a	23.56	41.93±10.84 ^a	25.85	0.13±0.04 ^a	31.78	3.13±0.51 ^b	16.54
奉化	1.08±0.081 ^a	8.63	0.45±0.10 ^{ab}	23.69	26.29±9.01 ^{cd}	34.28	0.09±0.03 ^c	34.91	3.59±0.49 ^a	13.70
黄山	0.98±0.097 ^b	9.28	0.32±0.09 ^{cd}	28.52	22.55±6.87 ^{de}	30.48	0.08±0.02 ^c	36.57	3.04±0.92 ^b	30.30
均值	0.99±0.85	12.65	0.37±0.12	34.15	29.47±11.43	38.81	0.09±0.04	49.26	2.87±0.72	25.06

注:不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

变异系数(CV)表示性状值离散性特征,变异系数越大,则性状值离散程度越大。山桐子各表型性状变异程度较大(表3),变异系数变幅为12.65~74.22%,平均变异系数为28.62%,其中,以每穗出果数最大(74.22%),其次为单果种子质量(49.26%),而果形指数(12.65%)、果长(14.78%)、果宽(14.70%)变异系数较小,说明山桐子果实性状较其他性状稳定。从表3还可以看出:各居群内山桐子不同性状的变异系数也有较大的差异。结果表明山桐子自身存在丰富的遗传变异,且不同地区的环境异质性增强了表型变异的差异,为山桐子良种选育提供了有利条件。

2.3 山桐子表型性状变异来源分析

为定量分析山桐子15个表型性状变异来源,按

照巢氏设计方差分量比组成,进一步分析各方差分量占总变异的比。由表4得出:居群间的方差分量占总变异的31.99%,居群内方差分量占30.82%,机误占37.19%,表明天然山桐子表型性状居群间变异贡献与居群内变异贡献相当。15个性状的表型分化系数(V_{ST})变幅为22.07%~75.56%,平均表型分化系数为48.02%,其中,表型分化系数最大的是果形指数,最小的是叶宽。除果形指数外,表型分化系数较大的有果长、单果种子质量、单果出籽数、果穗长、果穗宽和每穗出果数,说明这7个性状在居群间的变异大于居群内的变异,居群间的变异占有相对优势。其他性状如叶宽、叶形指数、叶柄长及叶柄径等表型分化系数较小,且比较稳定,主要以居群内变异为主。

表4 山桐子表型性状的方差分量及居群间表型分化系数

性状	方差分量			方差分量百分比/%			
	居群间($\delta_{V_s}^2$)	居群内(δ_s^2)	机误(δ_e^2)	居群间(P_{V_s})	居群内(P_s)	机误(P_e)	表型分化系数(V_{ST})
叶长	1.088 0	1.604 9	2.998 9	19.11	28.20	52.69	40.40
叶宽	0.392 0	1.384 4	2.103 4	10.10	35.68	54.22	22.07
叶长/叶宽	0.003 5	0.009 3	0.017 1	11.81	31.06	57.14	27.54
叶柄长	0.509 7	1.676 4	5.733 9	6.44	21.17	72.40	23.31
叶柄径	0.021 6	0.060 9	0.074 4	13.79	38.80	47.41	26.22
果长	0.534 1	0.417 3	0.379 0	40.15	31.36	28.49	56.14
果宽	0.439 1	0.489 6	0.406 2	32.90	36.68	30.43	47.28
果长/果宽	0.006 5	0.002 1	0.002 7	57.60	18.63	23.78	75.56
单果质量	0.005 6	0.006 2	0.000 5	45.33	50.60	4.06	47.25
单果种子质量	0.000 8	0.000 5	0.000 1	53.87	38.98	7.15	58.02
单果出籽率	59.021 7	32.085 3	43.716 3	43.78	23.80	32.42	64.78
果穗长	12.460 0	6.665 4	12.149 9	39.84	21.31	38.85	65.15
果穗宽	1.026 2	0.784 5	2.007 4	26.88	20.55	52.58	56.67
每穗出果数	1 621.647 0	948.888 7	1 236.615 9	42.60	24.92	32.48	63.09
千粒质量	0.182 4	0.207 6	0.121 7	35.65	40.57	23.79	46.77
均值				31.99	30.82	37.19	48.02

3 讨论

山桐子是我国重要的木本油料树种,野生资源广泛分布于四川、陕西、湖南、湖北、浙江、江西、江苏、安徽、福建等省份,其主要分布地的海拔高度为50~1 500 m,适宜在微酸性的红壤和黄棕壤环境下生长。山桐子分布广泛,但是数量稀少,呈零星分布。本研究调查结果显示,天然分布的山桐子居群内及居群间树体生长性状及产量差异较大,尤以产量性状在居群间和居群内变异范围最广,表明其存在着广泛的遗传变异,为山桐子定向育种提供很大的空间。

山桐子叶片、果穗、果实等表型性状变异丰富,

叶长、叶宽等15个表型性状在居群间和居群内均存在显著差异,其中,每穗出果数变异系数高达74.22%,其次为单果种子质量和单果出籽率,变异系数均在38%以上,表明这些性状在山桐子不同居群间存在广泛的遗传变异。李大伟等^[1]认为,山桐子对纬度和经度变化表现出一定的梯度规律性,随着纬度的变化,由南向北,叶长和叶宽等性状表现出增加的趋势,而果实性状如单果质量、单果出籽率等对经度变化改变较为明显,从东到西表现出增加的趋势。丰富的表型变异是山桐子作为一个优良速生树种适应环境的一种表现,利用它们进行选择是可行且有效的;而这些性状又与山桐子果实产量密切相关,印证了产量性状在居群间和居群内变异范围

广泛性。此外,山桐子果穗与果实性状的平均变异系数(31.71%和31.99%)均大于叶片(22.18%),表明其果穗与果实性状相对叶片存在着更加广泛的遗传变异,为山桐子的选择育种提供了有利条件。

群体间的变异反映了地理、生殖隔离上的变异,群体间的多样性变异是种内多样性的重要组成部分^[7],因此,群体间的变异意义重大。庞广昌等^[8]认为,分布于群体间的变异真正反映了群体在不同环境中的适应状况,其大小在某种程度上说明了该生物对不同环境适应的广泛程度,值越大,适应的环境越广。本研究表明,山桐子叶片、果穗、果实等性状的平均表型分化系数为50.93%,说明其居群间和居群内的变异贡献率相当,反映了基因与环境互作的复杂性及其适应环境选择的广泛程度,表现出群体分化的多元化趋势。山桐子这种变异是自身遗传因素和环境因素共同作用的结果。这种多层次的变异为优质种质资源和生物多样性保护提供了物质基础,同时也表明了生物多样性保护任务的艰巨性。

本研究主要从山桐子表型性状上分析其变异情况,表型变异是遗传型和环境因子共同作用的结果,往往具有适应和进化上的意义^[9-10];而且表型变异蕴涵着遗传变异,表型变异越大,可能存在的遗传变异越大^[11]。山桐子表型分化中,31.99%来自群体间,30.82%存在于群体内,群体间与群体内分化程度相当。因此,在山桐子遗传改良工作中,应兼顾不

同地区优良群体选择和优良个体选择。

参考文献:

- [1] 李大伟,龚榜初,白杰健,等. 山桐子天然群体表型遗传多样性研究[J]. 湖南农业科学, 2010(11): 7-9,10
- [2] 祝志勇,王强,阮晓,等. 不同地理居群山桐子的果实含油率与脂肪酸含量[J]. 林业科学, 2010, 46(5): 176-180
- [3] 龚榜初,李大伟,江锡兵,等. 不同种源山桐子果实脂肪酸组成变异分析[J]. 植物生理学报, 2012, 48(5): 505-510
- [4] 祝志勇. 山桐子栽培试验[J]. 浙江林业科技, 2004, 24(4): 36-38
- [5] 蒋泽平,梁珍海,刘根林,等. 山桐子茎段离体培养技术研究[J]. 中国农学通报, 2006, 22(12): 393-396
- [6] 梁珍海,蒋泽平,李淑琴,等. 日本山桐子引种育苗及苗期生长规律研究初报[J]. 江苏林业科技, 2006, 33(4): 9-11
- [7] Fuchs E J, Hamrick J L. Genetic diversity in the endangered tropical tree, *Guaiaacum sanctum* (Zygophyllaceae) [J]. Journal of Heredity, 2010, 101(3): 284-291
- [8] 庞广昌,姜冬梅. 群体遗传多样性和数据分析[J]. 林业科学, 1995, 31(6): 543-550
- [9] Chavez A S, Saltzberg C J, Kenagy G J. Genetic and phenotypic variation across a hybrid zone between ecologically divergent tree squirrels (*Tamiasciurus*) [J]. Molecular Ecology, 2001, 20(6): 3350-3366
- [10] 曾杰,郑海水,甘四明,等. 广西西南桦天然居群的表型变异[J]. 林业科学, 2005, 41(2): 59-65
- [11] 吴开志,肖千文,贾瑞芬,等. 油橄榄品种表型性状的多样性[J]. 经济林研究, 2008, 26(2): 48-52