

杉木家系物候型与早期选择*

阮梓材¹⁾ 胡德活¹⁾ 王以珊²⁾ 韦战²⁾ 覃冀²⁾

(1) 广东省林业科学研究院, 510520, 广州; 2) 广东省信宜市林业科学研究所, 525300, 广东 信宜;
第一作者 62 岁; 男, 高级工程师)

摘要 对 2 至 4 年生的杉木子代林 7 个物候相进行观察, 通过稳健主分量分析, 参试的 112 个家系可分为 4 类物候型, 即: () 芽早展开晚封顶型; () 芽晚展开晚封顶型; () 芽早展开早封顶型; () 芽晚展开早封顶型。造林 4 a 后, 第 、 、 种类型比第 种类型树高生长量分别大 41.21%、20.00% 和 17.56%。造林 10 a 后验测, 第 、 、 种类型比第 类型树高生长量仍然分别大 37.50%、15.78% 和 23.36%。说明在广东省通过物候测定来进行生长量的早期选择是有效的、可行的。建议在杉木南带多采用第 类型家系造林。

关键词 杉木; 家系; 物候型; 早期选择

分类号 S791.270.1

林木生长的早期预测是林木育种工作需要解决的一个重要技术问题, 杉木早晚期生长相关紧密, 有关资料说明, 一般可以在 3 a 初选, 7 a 决选, 但过去测定因子主要在生长量方面, 而林木物候相的表现亦可以反映其生长发育的节律及其与环境条件的关系, 本文就杉木 (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.) 的物候相进行观察和研究, 并进而将不同的物候相划分为不同的物候类型, 以便为早期选择提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

为全国 10 个省(区) 14 个杉木种子园提供的 41 个产地 112 个优良家系的种子, 每个种子园有 8 个家系参加, 基本包括我国南方杉木产区的种源。产地经度相距 16°18', 纬度相距 7°45', 代表范围较广。3 个对照分别来自福建莱州种子园混合种、广东小坑种子园混合种、广东曲江一般生产种。1984 年育苗, 1985 年造林。

1.2 试验地概况

试验地设在广东省信宜市林科所, 地处 22°21' N, 110°56' E, 属南亚热带气候区, 位于杉木自然分布区南缘。

试验采用分组的随机区组设计, 112 个家系分为 8 个大组: 每个大组由参试的 14 个种子园, 从每个种子园随机抽取 1 个家系参加, 计 14 个家系, 加上 3 个对照, 共 17 个组成 1 个大组, 共计 8 个大组。组内家系间及组间均随机排列。4 株单行小区, 重复 10 次。

1.3 观察方法^[1-3]

在每一个大组内, 选择其中 1 个重复区进行每株调查, 14 个家系和 3 个对照各观察 4 株,

* 本研究为 1986 ~ 1990 年国家科技攻关项目(编号: 75-07-01-32) "杉木种子园建立技术研究" 的内容之一。
1998-04-16 收稿。

另定 3 个重复区作为物候期出现率补充调查。8 个大组 112 个家系和 3 个对照全部进行观察, 每年调查分两个阶段进行, 第 1 阶段从 1 月 15 日开始, 到“针叶完全展开”为止; 第 2 阶段从 10 月 5 日开始, 到“针叶变色”为止。从 1986 年开始, 连续观察 3 a。

观察的项目有主枝和侧枝的芽膨胀、芽开始展开、完全展开、芽开始封顶、完全封顶和针叶变色, 另以芽开始展开至芽完全封顶的起止日期作为生长期, 共观察 14 个项目。

物候观察间隔期: 在物候相未出现前每 5 d 1 次, 物候相出现后每 3 d 1 次, 12 月份进行每株的树高生长量调查。以超过半数的观察株达到某一物候相的出现日期作为该物候相的出现日期; 同一观察株, 其某一物候相的出现数量达到 50% 时的日期, 作为该株物候相的出现日期。

1.4 计算方法^[4-6]

1.4.1 逐步回归计算 选取数据比较完整的 1987 年调查因子进行。自变量因子有主枝和侧枝的芽膨胀(X_1, X_2) (前者为主枝, 后者为侧枝, 下同)、芽开始展开(X_3, X_4)、芽完全展开(X_5, X_6)、芽开始封顶(X_7, X_8)、芽完全封顶(X_9, X_{10})、针叶变色(X_{11}, X_{12}) 和生长期(X_{13}, X_{14}), 共计 14 个因子, 以 4 年生树高作为因变量(Y), 采用如下计算公式: $Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$ 。

1.4.2 主分量聚类分析 采用公式为: $Y_i = \sum_{j=1}^m X_j \zeta_j, j = 1$ 。式中: Y_i 是主分量, X_j 是第 j 个因子标准化变量, ζ_j 是相关阵 R 的特征值 λ 的特征相量 ζ 的第 j 个分量, 称为 X_j 因子的权系数。

1.4.3 数据转换

$$X = \text{Sin}^{-1} (X/X_{\max})$$

2 结果与分析

2.1 树高生长的主要物候因子选择

通过逐步回归分析对参试的 14 个物候因子进行选择, 当因变量为 4 年生树高时, 从自变量 14 个物候因子中, 最后选出 4 个主要物候因子, 即 X_4 (侧枝芽开始展开)、 X_6 (侧枝芽完全展开)、 X_7 (主枝芽开始封顶) 和 X_{14} (侧枝生长期), 其回归方程如下:

$$Y_i = 17.61574 + 1.7714X_4 - 2.498117X_6 + 0.8925723X_7 + 0.7484506X_{14}$$

2.2 物候型的聚类分析^[7]

对采用逐步回归分析筛选出的 4 个主要物候因子进行稳健主分量分析, 计算结果如下。

2.2.1 特征值与贡献率 见表 1。

表 1 特征值与贡献率

特征值序号	特征值	贡献率%	累计贡献率%
1	2.5572	63.9308	63.9308
2	1.0324	25.8103	89.7411
3	0.2937	7.3437	97.0848
4	0.1166	2.9152	100.0000

2.2.2 特征向量与因子组合 从表 2 可以看出, 第一主分量: 正向因子为侧枝芽开始展开和侧枝芽完全展开, 负向因子为侧枝的生长期。第 2 主分量: 负向因子主要为主枝的芽开始封顶, 由于第 1、2 主分量的累计贡献率已达 89.74%, 因此主要分析第 1、2 主分量的情况。

表 2 4 个主分量的特征向量及主要因子组合

序 号	因 子	主 分 量			
		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
1	侧枝芽始展	0.599 4	0.010 6	0.191 9	0.777 1
2	侧枝芽全展	0.558 8	- 0.111 7	- 0.787 4	- 0.235 1
3	主枝芽始封	0.060 8	- 0.972 9	0.206 5	- 0.084 6
4	侧枝生长期	- 0.569 9	- 0.202 2	- 0.548 2	0.577 7
主要因子组合	正向因子	侧枝芽始展 侧枝芽全展		侧枝芽始展	
	负向因子	侧枝生长期	主枝芽始封	侧枝芽全展 侧枝生长期	侧枝生长期

2.2.3 物候型的划分 用 Q 型载荷值绘制聚类分析图, 以第 1 主分量为横座标(X 轴), 第 2 主分量为纵座标(Y 轴), 以每个家系的第 1、2 主分量值在直角坐标系中描点, 将 112 个家系及 3 个对照点均绘于图 1。

图 1 所示, 第 1 主分量靠右方数值大, 侧枝芽始展和侧枝芽全展迟, 反之, 愈靠左方数值愈小, 侧枝芽始展和侧枝芽全展愈早; 而侧枝生长期, 由于是负向因子, 愈靠左方, 负值愈大, 则生长期愈长。第 2 主分量主枝芽始封, 也是负向因子, 愈向下方, 负值愈大, 封顶期愈迟。根据第 1、2 主分量对主要物候因子的反映, 将性状因子彼此接近的点归为一类, 每一类都聚集在一条封闭的曲线内。按聚类分析结果, 115 个样本(包括对照在内)可划分为 4 类物候型, 见表 3、4。

表 3 4 类物候型各家系主要物候期和树高值

类型	家系编号	家系名称	提 供 种子园名称	侧枝始展 /月-日	侧枝全展 /月-日	主枝始封 /月-日	侧枝生长期 / d	4 年生树高 / cm
	4	乐石 11	广东曲江	04-05	04-18	10-10	230	280
	14	柳 246	广西南宁	04-20	05-10	10-14	221	175
	17	广西 1170	广西西山	04-23	05-05	10-25	218	310
	18	广西 1253	广西西山	04-15	04-23	10-17	221	253
	19	广西 1228	广西西山	02-28	04-09	10-09	266	223
	21	广西 1206	广西西山	03-21	04-16	10-13	246	252
	22	广西 1220	广西西山	03-14	04-30	10-24	268	217
	23	六万山 9	广西西山	04-04	04-20	10-24	246	221
	37	黎屏天 1	贵州东风	04-08	04-23	10-11	232	210
	51	建 55	福建桃源	03-30	04-30	10-10	251	206
	54	建 106	福建桃源	04-18	04-30	10-18	221	231
	57	三明 2	福建莱州	04-17	04-19	10-17	226	233
	61	三明 67	福建莱州	03-23	04-10	10-13	234	281
	62	三明 70	福建莱州	04-22	05-05	10-22	217	233
	69	小叶栋 55	江西兆坑	04-05	04-18	10-12	230	230

(续表 3)

类型	家系编号	家系名称	提 供 种子园名称	侧枝始展 /月-日	侧枝全展 /月-日	主枝始封 /月-日	侧枝生长期 / d	4 年生树高 / cm
	76	甘优 12	江西上甘山	03-11	04-10	10-18	252	204
	78	甘优 15	江西上甘山	04-16	04-18	10-15	228	270
	111	鄂 7827	湖北桂花	04-19	04-30	10-12	214	149
	115	广东生产种 类平均	广东曲江	03-30	04-30	10-14	237	182
				04-03	04-23	10-21	237. 4	232. 2
	9	柳 222	广西南宁	04-23	04-25	10-16	214	306
	11	柳 294	广西南宁	04-28	05-13	10-16	210	218
	12	柳 292	广西南宁	05-20	05-25	10-24	199	219
	13	柳 241	广西南宁	04-30	05-10	10-14	221	175
	15	柳 295	广西南宁	04-25	05-23	10-13	210	148
	26	大堡子 20	湖南排牙山	05-20	06-05	10-18	189	248
	28	大堡子 30	湖南排牙山	04-18	05-17	10-14	204	166
	29	大堡子 31	湖南排牙山	04-25	05-05	10-17	207	167
	32	大堡子 44	湖南排牙山	05-15	06-13	10-17	180	173
	33	锦屏 41	贵州东风	04-30	05-15	10-17	209	236
	36	锦屏 37	贵州东风	04-20	05-15	10-18	209	232
	41	四川 2	四川富顺	04-21	04-30	10-16	216	190
	44	四川 5	四川富顺	05-08	05-22	10-19	197	203
	46	四川 8	四川富顺	05-13	06-13	10-23	188	180
	47	四川 9	四川富顺	04-22	05-20	10-23	206	207
	50	建 53	福建桃源	05-27	06-22	10-20	192	184
	55	岩 9	福建桃源	04-25	05-20	10-24	210	161
	58	三明 14	福建莱州	05-18	05-30	10-19	200	198
	68	兆坑 30	江西兆坑	04-25	05-25	10-22	203	205
	77	甘优 14	江西上甘山	04-20	05-18	10-14	217	199
	80	甘优 40	江西上甘山	04-25	05-20	10-18	207	176
	81	龙泉 28	浙江龙泉	05-10	05-25	10-17	197	152
	82	龙泉 21	浙江龙泉	04-22	05-05	10-18	206	224
	90	临安 111	浙江开化	05-10	05-25	10-19	188	179
	98	西田 16	安徽西田	04-23	04-30	10-17	219	206
	105	鄂 7403	湖北桂花	04-28	05-07	10-15	206	212
	113	全国对照 类平均	洋口园混合	04-23	05-05	10-14	216	182
				05-04	05-22	10-03	204. 1	193. 8
	2	连西 4	广东曲江	04-13	04-30	10-11	220	178
	3	乐老 1	广东曲江	04-25	05-05	10-11	210	191
	5	乐 30	广东曲江	04-15	04-30	10-12	220	267
	6	扬白 11	广东曲江	04-18	04-30	10-10	208	188
	7	八一 21	广东曲江	04-25	04-30	10-11	212	211
	8	黄泥基 3	广东曲江	04-20	04-30	10-13	215	233
	10	柳 285	广西南宁	04-27	04-30	10-10	204	304
	16	柳 245	广西南宁	04-20	05-15	10-11	216	139
	20	镇龙 7	广西西山	04-16	04-30	10-07	217	305
	24	那么 3	广西西山	04-20	04-25	10-14	215	267
	25	大堡子 16	湖南排牙山	04-25	05-10	10-10	209	194
	34	锦屏 22	贵州东风	04-27	04-30	10-13	207	138
	48	四川 19	四川富顺	05-15	05-20	10-10	186	192
	52	建 15	福建桃源	04-28	05-15	10-11	207	131

(续表 3)

类型	家系编号	家系名称	提供 种子园名称	侧枝始展 /月-日	侧枝全展 /月-日	主枝始封 /月-日	侧枝生长期 /d	4年生树高 /cm
	56	岩 8	福建桃源	04-20	05-10	12-12	208	151
	59	三明 40	福建莱州	04-18	04-26	10-10	210	163
	60	三明 45	福建莱州	04-10	04-30	10-09	222	213
	63	三明 55	福建莱州	04-20	04-30	10-07	209	188
	65	大山脑 10	江西兆坑	04-25	05-15	10-10	250	210
	66	大山脑 13	江西兆坑	04-25	04-30	10-10	206	260
	67	兆坑 28	江西兆坑	04-20	04-29	10-07	215	187
	70	小叶栋 103	江西兆坑	04-17	04-30	10-10	209	196
	71	棋棠山 3	江西兆坑	04-16	04-30	10-10	218	226
	72	拔英 16	江西兆坑	04-25	05-15	10-12	209	190
	74	甘优 2	江西上甘山	03-19	04-18	10-07	234	201
	75	甘优 7	江西上甘山	04-20	04-30	10-09	213	219
	79	甘优 39	江西上甘山	04-20	05-15	10-13	215	275
	84	龙泉 2	浙江龙泉	04-20	05-13	10-11	205	157
	85	龙泉 8	浙江龙泉	04-23	04-30	10-05	214	214
	87	龙泉 5	浙江龙泉	04-20	05-13	10-09	218	155
	93	临安 211	浙江开化	04-17	04-28	10-13	205	154
	96	临安 123	浙江开化	04-20	04-30	10-07	205	135
	101	西田 3	安徽西田	04-20	05-05	10-13	212	176
	103	西田 6	安徽西田	04-12	05-15	10-13	199	142
	106	鄂 7404	湖北桂花	04-18	04-30	10-08	206	164
	108	鄂 7818	湖北桂花	04-25	05-08	10-13	207	181
	109	鄂 7812	湖北桂花	03-24	04-20	10-08	224	153
	110	鄂 7826	湖北桂花	04-20	05-08	10-11	215	203
	112	鄂 7830	湖北桂花	04-14	04-18	10-07	215	177
	114	全省对照 类平均	曲江园混合	04-11	04-25	10-14	237	182
				04-19	04-29	10-12	211.8	194.2
	1	连南 1	广东曲江	05-20	05-24	10-15	186	192
	27	大堡子 23	湖南排牙山	05-13	05-18	10-10	188	224
	30	大堡子 35	湖南排牙山	05-05	05-25	10-14	202	187
	31	大堡子 40	湖南排牙山	05-05	05-25	10-09	211	224
	35	锦屏 28	贵州东风	05-13	05-25	10-15	194	170
	38	黎屏天 18	贵州东风	05-14	05-25	10-08	193	203
	39	榕 10	贵州东风	04-30	05-25	10-10	199	168
	40	锦 61	贵州东风	05-20	05-29	10-12	186	146
	42	四川 3	四川富顺	05-10	05-25	10-07	192	187
	43	四川 4	四川富顺	05-05	05-15	10-13	200	192
	45	四川 7	四川富顺	05-05	05-23	10-10	199	135
	49	建 6	福建桃源	04-30	05-15	10-07	208	202
	53	建 10	福建桃源	05-20	06-05	10-06	189	138
	64	浦 2	福建桃源	04-28	05-20	10-06	207	143
	73	甘优 1	江西上甘山	04-29	05-08	10-11	198	208
	83	龙泉 15	浙江龙泉	05-15	05-25	10-13	188	179
	86	龙泉 4	浙江龙泉	05-20	06-13	10-06	181	145
	88	龙泉 17	浙江龙泉	04-30	05-15	10-10	202	111
	89	临安 414	浙江开化	05-05	05-15	10-12	205	172
	91	临安 117	浙江开化	05-08	05-25	10-10	184	147

表 4 各省(区)种子园 4 类物候型的家系数

个

类型	广东	南宁	西山	湖南	贵州	四川	桃源	莱州	赣州	宜春	龙泉	开化	安徽	湖北	合计
1	1	1	6		1		2	3	1	2			1		18
		5		4	2	4	2	1	1	2	2	1	1	1	26
6	2	2	2	1	1	1	2	3	6	3	3	2	2	5	39
1				3	4	3	2	1		1	3	5	5	1	29

4 类物候型特征如下:

第 1 类为芽早展开, 晚封顶, 生长期长物候型。共 18 个家系, 占参试家系 112 个的 16.07%。主要是来自广西壮族自治区玉林县、北流市和福建省三明市、建瓯县。比第 2 类高生长快 41.21%。物候特征为芽始展在 4 月上旬, 芽全封在 11 月下旬, 生长期长达 232.2 d。针叶变色较迟, 优树所处纬度平均值为 25°11' N, 相当于我国融水、乐昌市一线。经度平均值为 112°52' E, 是我国杉木南带应加以发展的家系。

第 2 类为芽晚展开, 晚封顶物候型。来自广西壮族自治区融水、三江县; 湖南省靖县和四川省叙永县等地, 共 26 个家系, 占参试家系的 23.22%。物候期, 芽始展在 5 月上旬, 比第 1 类晚 1 个月, 芽全封也在 11 月下旬。此类家系生长主要在每年后期, 即杉木年生长的第 2 个高峰, 树高生长比第 1 类快 20.0%, 生长期和针叶变色处于中等。优树所处纬度平均值为 26°37' N, 相当于靖县、南平市一线, 所处经度平均值为 110°50' E, 在我国南部偏西地区。是我国杉木分布区中带应加以发展的家系。

第 3 类为芽早展开, 早封顶物候型。共 39 个家系, 此类数量最多, 占参试家系的 34.82%。来自广东省乐昌市、江西省全南、上高县以及湖北省通城县等地。物候期, 叶芽始展在 4 月上旬, 芽全封在 11 月中旬, 生长期与高生长与第 2 类相差不大, 其高生长比第 2 类快 17.56%。优树所处纬度平均值为 26°48' N, 相当于湖南省会同县、贵州省锦屏县一线, 所处经度平均值为 114°45' E, 在我国南部偏东地区。

第 4 类为芽晚展开, 早封顶物候型。共 29 个家系, 占参试家系的 25.89%。主要来自浙江省临安、安吉县, 安徽省西田县和贵州省锦屏县等地。物候期, 芽始展在 5 月中旬, 芽全封在 11 月中旬, 生长期最短, 只有 165.3 d, 树高生长最慢, 只有第 1 类的 70.80%, 优树所处纬度较高, 为 28°22' N, 相当于四川省叙永县、江西省上高县、浙江省龙泉县一线, 所处经度偏东为 115°10' E, 针叶变色较早。

3 验证

不同物候型的家系, 通过造林 10 a 后验证, 第 1、2、3 种类型, 其树高生长分别比第 4 种类型增加 37.50%、15.78%、23.36%, 5 个年份测定的结果基本相同, 而且比较稳定。见表 5。

4 结论

验证结果说明, 在广东省通过物候测定进行生长量的早期选择是有效的、可行的。建议在杉木南带多采用第 1 类型的家系进行造林。

表 5 杉木不同物候型家系造林 4~10 a 的高生长增益

%

项 目	物 候 类 型 及 特 征			
	芽早展, 晚封顶, 生长期长	芽晚展, 晚封顶	芽早展, 早封顶	芽晚展, 早封顶, 生长期短
统计家系数/个	18	26	39	29
树龄/a	4	41.21	20.00	17.56
	5	47.37	21.49	20.61
	7	37.16	18.85	20.77
	8	39.61	16.66	21.26
	10	37.50	15.78	23.36
平均值	40.57	18.56	20.71	0

参 考 文 献

- 1 竺可桢, 宛敏渭. 物候学. 北京: 科学出版社, 1973. 26~50.
- 2 宛敏渭, 刘秀珍. 中国物候观察方法. 北京: 科学出版社, 1979.
- 3 李晓储. 杉木种源物候变异初步探讨. 杉木种源试验研究报告选编. 1984(1): 81.
- 4 (英) 史尼斯 P, (美) 索卡尔 R. 数值分类学. 北京: 科学出版社, 1984. 97~103.
- 5 (美) 利思 H. 物候学与季节性模式的建立. 北京: 科学出版社, 1984. 192.
- 6 阳含熙, 卢泽愚. 植物生态学的数量分类方法. 北京: 科学出版社, 1981. 15~32, 246~251.
- 7 斯特思 K, 罗奇 L. 植物生态系统遗传学. 北京: 中国林业出版社, 1984. 221~227.

Early Selection of Phenological Types of *Cunninghamia lanceolata*

Ruan Zicai¹⁾ Hu Dehuo¹⁾ Wang Yisan²⁾ Wei Zan²⁾ Qin Ji²⁾

(1) Forestry Academy of Guangdong Province, 510520, Guangzhou Province, China;

2) Forest Research Institute of Xinyu City, Guangdong Province, 525300, Xinyu, Guangdong, China)

Abstract 2~4 years old Chinese fir progeny-test forest established in the Forest Research Institute of Xinyu City had been observed in 7 phenologies 112 tested families could be divided into four phenological types polymerization analysis of main component: () Early bud-start and late bud-termination. () Late bud-start and late bud-termination. () Early bud-start and early bud termination. () Late bud-start and early bud-termination. In the four year after forest establishment, the growth of height of , , , were 41.21%, 20.00%, 17.56% which were larger than that of , in the tenth year, the growth of height of , , was still larger by 37.50%, 15.78%, 23.36% respectively. The results suggest that early selection of phenological types of Chinese fir be feasible and effective. It is suggested that the families of first phenological types is adopted to forest in south China.

Key words *Cunninghamia lanceolata*; family; phenological type; early selection