

文章编号: 1001-1498(2000)06-0641-05

杉木种源对立地指数模型的影响^{*}

李希菲, 王明亮

(中国林业科学研究院 资源信息研究所, 北京 100091)

摘要: 以鸡公山、洪雅、大岗山、柳州、六峰山 5 个杉木种源基因库以及四川省珙县洛表、珙县民胜、邛崃所设杉木种源试验区的调查材料, 用随机效应检查方法检验同一地区不同种源对立地指数模型的影响。结果表明, 同一地区种源对立地指数模型的斜率无显著影响, 立地指数有显著差异; 不同地区的立地指数模型斜率有显著差异。

关键词: 杉木种源; 立地指数模型; 随机效应

中图分类号: S758.5

文献标识码: A

在林业生产实践中, 立地指数是表达立地生产力的一个重要指标, 由林分的优势高生长来确定。相应的立地指数模型反映了优势高的生长过程, 在林分生长与收获模型研究中一直受到重视。而高生长是综合环境变异和遗传变异的林木表现型反映, 环境因子(立地因子)对立地指数的影响已有很多研究, 但关于种源因素对立地指数的影响则很少涉及。杉木[*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.] 作为我国南方最重要的人工用材林树种, 全国杉木种源试验协作组已完成了 3 次全国范围的杉木种源试验(文献[1]), 结果表明在同一地区生长的不同种源, 在高、直径和材积生长上差异都达到显著或极显著的水平。那么, 不同种源的杉木优势高生长规律如何? 即杉木种源对立地指数模型的影响如何, 是否可以用同一立地指数模型来描述? 这是生长收获模型的通用性及其模型参数的稳定性研究的一个重要方面。文献[1]和[2]研究了杉木种源对立地指数模型的影响, 初步结论是: 同一地区生长的不同种源杉木的立地指数不同, 但立地指数模型的斜率(参数)相同即各种源的优势高生长规律相同; 文献[1]和[2]中检验了鸡公山和洪雅两地区立地指数模型的斜率差异, 得到两地区对立地指数模型的斜率影响不显著的结论。这一结论是否具有普遍意义? 本文补充了 6 个地区共计 8 个地区的试验资料对以上结论作进一步验证。

1 数据材料

全国杉木种源试验“二试”的基因库及部分种源试验林资料, 1979 年采种, 1980 年育苗,

收稿日期: 1999-08-23

基金项目: 国家自然科学基金项目“林分生长的地理和种源变异及其模型的研究”(39670609)

作者简介: 李希菲(1940), 女, 福建惠安人, 研究员。

* 基础资料收集得到原杉木种源试验协作组洪菊生、陈伯望、克瑶、黄旺志、赵世远、陈良德、段官安、刘朝禄、罗吴明、钟建德等同志的大力支持, 特此致谢。本文的研究得到唐守正院士的指导, 谨表谢忱。

1) Tang Shouzheng. Using mixed model to analysis the parameters of growth and yield models for different Chinese fir provenance. 待发表, 下同。

1981年造林,株行距 $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ 。数据情况见表1。

由于参试种源多、数据庞大,为简要起见,按照杉木种源协作组选出的杉木种源丰产稳定性类型选取高产稳产7个种源、高产中稳5个种源、平产平稳10个种源、低产不稳4个种源计26个种源(珙县洛表、珙县民胜为25个,邛崃24个)为代表进行研究,并重新编号为1~26。这26个种源的具体描述参考文献[2]。

2 研究方法

2.1 立地指数模型

杉木全国立地指数方程^[3]采用

$$\ln H = a + b/t + e \quad (1)$$

其中 H 为优势高, t 为林分年龄, a 、 b 为参数, e 为误差。(1)表达为

$$y_{ijt} = a_i + b_i x_{ijt} + e_{ijt} \quad (2)$$

其中 $y_{ijt} = \ln H_{ijt}$ 为第 i 个种源第 j 株优势

木在年龄 t 的树高的对数, $a_i = \ln S_i$ 为第 i 个种源某立地条件下立地指数 S_i 的对数, b_i 为第 i 个种源立地指数曲线的斜率, $x_{ijt} = (1/t - 1/t_0)$, t_0 为立地指数的基准年龄(杉木取 $t_0 = 20$), e_{ijt} 为误差。或表达为

$$y_{ijt} = a + b x_{ijt} + \alpha_i + \beta_i x_{ijt} + e_{ijt} \quad (3)$$

其中, a 、 b 为某地区各种源的平均截距(立地指数)和斜率; α_i 、 β_i 为第 i 种源截距(立地指数)和斜率参数的变异,体现了种源效应,不妨分别称之为第 i 种源的截距(立地指数)效应参数和斜率效应参数。显然 $a_i = a + \alpha_i$ 以及 $b_i = b + \beta_i$ 。

2.2 同一地区种源影响的表达和检验

依(2)式或(3)式,某地区种源对立地指数模型的影响,可表述为检验该地区各种源是否有相同的斜率、截距(立地指数)参数?即检验零假设

$$H01: \beta_i = 0, i = 1, \dots, m$$

$$H02: \alpha_i = 0, i = 1, \dots, m$$

其中 m 为种源个数,或者检验零假设

$$H03: b_1 = b_2 = \dots = b_m$$

$$H04: a_1 = a_2 = \dots = a_m$$

检验上述零假设时,把 a_i 、 b_i 或 α_i 、 β_i 视为固定效应还是随机效应,从而有两种不同的检验方法,即固定效应检查方法(通常的统计推断方法)和随机效应检查方法。文献[2]和文献1)分别应用固定效应检查的方法(一般的线性模型统计推断方法)和线性混合模型随机效应检查方法检验了鸡公山和洪雅两个杉木种源试验基因库不同种源对立地指数模型的影响,它们的结论相同。但文献1)指出应用线性混合模型随机效应检查方法来解释和判断不同种源生长与收获模型中参数的差异,从理论上更符合抽样的特性,这对于由抽样所造成的模型参数估计的差异检查问题有普遍的意义;而固定效应检查方法并未考虑造林种子来源的随机性,因而这种检查方法更倾向于拒绝原假设、从而容易造成差异显著的误判。文献[4]比较了随机效应检查和固定效应检查这两种方法对“种源对断面积模型的影响”的检验效果,结果表明种源试

表1 数据资料

省别	地点	参试种源数/ 个	资料年限/ a	测高次数/ 次
河南	鸡公山	183	6~17	6
四川	洪雅	194	6~16	6
江西	大岗山	183	6~16	5
广西	柳州	169	10~19	4
	六峰山	229	6~19	6
四川	珙县洛表	81	6~18	6
	珙县民胜	81	6~14	5
	邛崃	81	6~18	5

验中采用随机效应检查较好, 固定效应检查容易造成差异显著的误判。因此本文把 a_i 、 b_i 或 α_i 、 β_i 视为随机效应, 应用线性混合模型随机效应检查的方法来检验和判断种源对立地指数模型的影响。有关线性混合模型统计推断的一般原理和方法参考文献 1)。

文献 1) 和文献[2] 已经有初步结论, 同一地区不同种源的立地指数模型斜率相同, 立地指数存在显著差异。因此我们的检验步骤为:

(I) 根据 (3) 式, 检验零假设 H_{01} ;

(II) 如果接受零假设 H_{01} , 表明优势高生长的曲线形状相同, 略去斜率效应, 即 (3) 式表达为

$$y_{ijt} = a + bx_{ijt} + \alpha_i + e_{ijt} \quad (4)$$

根据 (4) 式, 检验零假设 H_{02} 。

3 同一地区种源影响的随机效应检查结果

由 SAS 的 Mixed Procedure 完成对 8 个地区种源试验的数据分析。由于各年龄优势高 (对数) 的剩余方差相差较大, 因此误差 e 的协方差矩阵 R 取为分块对角矩阵, 相同年龄具有相同的剩余方差; 随机效应 α_i 、 β_i 的 G 协方差矩阵取为简单的对角矩阵形式以避免参数多造成估计困难。检验结果见表 2。

由表 1, 鸡公山、洪雅、大岗山、柳州、珙县民胜均以很高的概率接受零假设 H_{01} (显著水平取为 0.05, 下同), 六峰山、珙县洛表和邛崃接受零假设 H_{01} 的概率相对较低, 但仍在接受范围内; 同时这 8 个地区的零假设 H_{02} 均不能接受, 表明这六个地区的立地指数曲线斜率相同、立地指数不同。同时, 与文献[2] 应用固定效应方法对鸡公山、洪雅的检验结果 (参考文献[2]、表 3) 比较, 可以看出尽管结论相同, 但是本文应用随机效应方法检验接受零假设 H_{01} 的概率要高, 这从一个侧面表明了应用随机效应检查的合理性。

根据上面检验结果, 可以认为同一地区不同种源杉木立地指数模型的斜率相同, 但立地指数有显著差异。

4 地区对立地指数模型斜率参数影响的检查

文献 1) 指出地区的影响显然属于固定效应。(3) 式表达为

$$y_{kijt} = a_k + b_k x_{kijt} + \alpha_{ki} + \beta_{kix} x_{kijt} + e_{kijt} \quad (5)$$

其中 k 为地区编号, $k = 1, 2, \dots, 8$, 其它符号同前。

表 2 8 个地区不同种源立地指数模型参数差异的检验结果

地 点	来 源	第一自由度	第二自由度	F 值	大于 F 值的概率
鸡公山	斜率 (b)	26	416	0.54	0.9695
	截距 (a)	26	441	3.58	0.0001
洪 雅	斜率 (b)	26	260	0	1.0000
	截距 (a)	26	285	7.94	0.0001
大岗山	斜率 (b)	26	338	0.73	0.8288
	截距 (a)	26	363	18.38	0.0001
柳 州	斜率 (b)	26	338	0.58	0.9505
	截距 (a)	26	363	15.40	0.0001
六峰山	斜率 (b)	26	416	1.29	0.1560
	截距 (a)	26	441	15.79	0.0001
珙县洛表	斜率 (b)	25	400	1.41	0.0922
	截距 (a)	25	424	4.05	0.0001
珙县民胜	斜率 (b)	25	325	0.10	1.0000
	截距 (a)	25	349	3.23	0.0001
邛 崃	斜率 (b)	24	312	1.29	0.1653
	截距 (a)	24	335	3.30	0.0001

注: 斜率 (b)、截距 (a) 分别表示对零假设 H_{01} 、 H_{02} 检验; 大于 F 值的概率表示拒绝零假设所犯错误的概率。

由上面的结果,同一地区种源对斜率的影响不显著,故不考虑斜率效应 β_{ki} ;种源对立地指数影响显著,故考虑截距效应 α_{ki} 。记 $a_{ki} = a_k + \alpha_{ki}$, (5) 式表达为

$$y_{kijt} = a_{ki} + b_k x_{kijt} + e_{kijt} \quad (6)$$

地区对斜率的影响即检验零假设

$$H_0: b_1 = b_2 = \dots = b_m$$

其中 m 为地区个数。

检验结果(接受零假设 H_0 的概率为 0.000 1) 见表 3。结论为地区对立地指数模型斜率参数有显著影响。该结论与文献[2]的结论并不矛盾。该结论是在 8 个地区的总体水平上作出的推断,即在总体水平上差异显著,但不排除其中部分地区之间不存在显著差异。表 3 也列出了各地区比较的检验结果,表明绝大部分地区之间存在显著差异。

表 3 地区对立地指数模型斜率参数影响的检验结果

比较地区	第一自由度	第二自由度	F 值	大于 F 值的概率
8 个地区	7	3001	172.61	0.000 1*
大岗山, 珙县洛表	1	3001	77.53	0.000 1*
大岗山, 珙县民胜	1	3001	9.75	0.001 8*
洪雅, 大岗山	1	3001	298.05	0.000 1*
鸡公山, 大岗山	1	3001	495.46	0.000 1*
大岗山, 六峰山	1	3001	95.12	0.000 1*
大岗山, 柳州	1	3001	0.43	0.511 4
大岗山, 邛崃	1	3001	483.76	0.000 1*
珙县洛表, 珙县民胜	1	3001	15.80	0.000 1*
洪雅, 珙县洛表	1	3001	97.66	0.000 1*
鸡公山, 珙县洛表	1	3001	169.57	0.000 1*
六峰山, 珙县洛表	1	3001	4.21	0.040 2*
柳州, 珙县洛表	1	3001	95.22	0.000 1*
珙县洛表, 邛崃	1	3001	170.62	0.000 1*
洪雅, 珙县民胜	1	3001	144.42	0.000 1*
鸡公山, 珙县民胜	1	3001	213.53	0.000 1*
六峰山, 珙县民胜	1	3001	28.84	0.000 1*
柳州, 珙县民胜	1	3001	13.76	0.000 2*
珙县民胜, 邛崃	1	3001	215.29	0.000 1*
鸡公山, 洪雅	1	3001	0.54	0.464 5
洪雅, 六峰山	1	3001	52.12	0.000 1*
洪雅, 柳州	1	3001	330.93	0.000 1*
洪雅, 邛崃	1	3001	1.17	0.278 7
鸡公山, 六峰山	1	3001	85.99	0.000 1*
鸡公山, 柳州	1	3001	563.00	0.000 1*
鸡公山, 邛崃	1	3001	0.20	0.653 6
柳州, 六峰山	1	3001	111.62	0.000 1*
六峰山, 邛崃	1	3001	89.13	0.000 1*
柳州, 邛崃	1	3001	546.51	0.000 1*

注: * 表示比较地区差异显著, 显著水平取为 0.05。

5 小 结

(1) 同一地区生长的不同种源杉木其立地指数模型斜率相同, 说明其优势高生长曲线具有

相同的形状, 可以用同一模型描述。

(2) 不同种源的杉木其优势高生长差异显著, 种源对立地指数的影响显著, 说明优势高生长曲线虽然形状相同, 但指数大小不同。

(3) 在以往杉木有关立地的研究中, 虽然没有考虑种源因素, 但从种源与立地的研究结果看, 种源效应仍可以用立地指数反映出来。只是在同一地区, 种源不同, 立地指数也不同。

(4) 不同地区立地指数模型的斜率差异显著, 斜率随地区变化的原因和规律是需要进一步研究的问题。

参考文献:

- [1] 全国杉木种源试验协作组. 杉木造林优良种源选择[J]. 林业科学研究, 1994, 7(专刊): 1~ 25.
- [2] 李希菲, 王明亮, 黄旺志. 利用线性模型来检验杉木不同种源立地指数曲线模型的通用性[J]. 林业科学研究, 1999, 12(5): 505~ 509.
- [3] 南方十四省区杉木栽培科研协作组. 全国杉木实生林地地位指数表的编制和应用[J]. 林业科学, 1988, 18(3): 265~ 278.
- [4] 王明亮, 李希菲. 杉木种源对断面积极模型影响的检验和比较[J]. 林业科学研究, 1999, 12(6): 585~ 590.

The Impact of Chinese Fir Provenances on Site Index Curves

LI Xi-fei, WANG Ming-liang

(Research Institute of Forest Resources Information Techniques, CAF, Beijing 100091, China)

Abstract: The impact of Chinese fir [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook] provenances planted in the same region on their site index curves was tested by the method of random effects test with the data from eight forest farms, Jigongshan, Hongya, Dagangshan, Liuzhou, Liufengshan, Gongxianluobiao, Gongxianm insheng and Qionglai. Results showed that slope parameters of site index curves among Chinese fir provenances planted in the same region are not significantly different while site indices are, and that there is significant difference in the slope parameters among planting regions.

Key words: Chinese fir provenances; site index curves; random effects