

文章编号: 1001-1498(1999) 06-0585-06

杉木种源对断面积模型影响的检验和比较*

王明亮, 李希菲

(中国林业科学研究院资源信息研究所, 北京 100091)

摘要: 对鸡公山、大岗山和洪雅种源试验的调查材料, 用随机效应检查和固定效应检查两种方法检验和比较了同一地区不同种源对断面积生长模型的影响。结果表明, 种源试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。随机效应检查的结果表明, 同一地区不同种源的断面积模型相同。

关键词: 杉木种源; 断面积模型; 随机效应检查; 固定效应检查

中图分类号: S758.5⁺5 文献标识码: A

应用生长收获模型指导营林生产, 已成为现代森林集约经营的一项重要技术。生长与收获模型的研究一直受到重视。近期, 生长收获模型的通用性及其模型参数的稳定性研究日益受到关注^[1-6]。断面积模型是全林整体模型系统中最重要模型, 文献[4]指出: 立地区和产区不能成为杉木统一建立断面积模型的依据, 影响杉木断面积模型参数的真正原因如种源、海拔等是需要进一步研究的问题。

唐守正¹⁾应用线性混合模型随机效应检查的方法分别比较了鸡公山和洪雅两个杉木(*Cunninghamia lanceolata* Lamb.) Hook.) 种源试验基因库不同种源对断面积模型的影响, 结论是: 在一定精度范围内, 同一地区不同种源可用同一断面积模型, 不同种源的生长差异由立地指数和密度指数描述。并指出, 应用线性混合模型随机效应检查的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, 对由抽样所造成的模型参数估计的差异检查有普遍的意义。而传统的假设检验(固定效应检查)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。本文研究的目的在于应用具体的数据资料对随机效应检查和固定效应检查这两种方法进行比较。

1 数据材料

全国杉木种源试验基因库资料: 河南省信阳地区鸡公山林场、四川省洪雅县洪雅林场以及中国林业科学研究院亚热带林业实验中心大岗山实验林场所设种源试验区。1979年采种, 1980年育苗, 1981年造林, 株行距2 m × 2 m。数据情况见表1。

收稿日期: 1998-11-27

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”(项目编号39670609)。

* 基础资料收集得到原杉木种源协作组洪菊生、陈伯望、克瑶、黄旺志、赵世远、段官安、刘朝禄等同志的大力支持, 特此致谢。本文得到唐守正院士的指导, 谨表谢忱。

第一作者简介: 王明亮(1970-), 男, 山东寿光人, 助理研究员。

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

由于参试种源繁多、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个种源的具体描述见文献[6]。

2 种源对断面积生长模型的影响

2.1 断面积生长模型

表1 各试验区参试种源情况

地点	参试种源/个	林龄/a	观测次数
鸡公山	183	6~17	6
洪雅	194	6~16	6
大岗山	183	6~16	5

李希菲等^[7]提出由立地指数 L 、密度指数 S 和林分年龄 t 描述的断面积生长模型

$$G = b_1 L^{b_2} (1 - \exp(-b_4 (S/1000)^{b_5} (t - t_0)))^{b_3} \quad (1)$$

式中, $b_1 \sim b_5$ 为模型参数且满足 $b_3 \times b_5 < 1$ 。 G 为公顷断面积, t 为林龄, t_0 为平均树高达到胸高的年龄(取 $t_0 = 3$)。林分密度指数 S 定义为 $S = N(D/D_0)^\beta$, D_0 为基准直径(取 $D_0 = 20$), N 、 D 为现实林分的株数与平均直径, $\beta = 1.65$ 。洪雅和鸡公山各种源的立地指数 L 取自文献[6]的计算结果,大岗山各种源的立地指数按相同方法求得。

由于模型参数较多,为有效估计起见预先固定几个参数。(1)式参数 b_2 、 b_4 和 b_5 取定值后可线性化,便于利用线性模型的统计推断理论来检验不同种源的影响。经预估计,取 $b_2 = 0.3$ 、 $b_4 = 0.003572$ 、 $b_5 = 4.85$ 。(1)式两边取对数为:

$$\ln G = \ln b_1 + b_2 \ln L + b_3 \ln(1 - \exp(-b_4 (S/1000)^{b_5} (t - t_0))) \quad (2)$$

或
$$\ln G - b_2 \ln L = \ln b_1 + b_3 \ln(1 - \exp(-b_4 (S/1000)^{b_5} (t - t_0))) \quad (2)$$

记: $y = \ln G - b_2 \ln L$, $X = \ln(1 - \exp(-b_4 (S/1000)^{b_5} (t - t_0)))$, $a = b_1$, $b = b_3$

(2)式写为
$$y = a + bx \quad (3)$$

本文以(3)式为基础进行研究。

2.2 种源对断面积模型影响的数学描述

针对“同一地区不同种源对断面积模型的影响”这一问题,(3)式拓展为

$$y_{ij} = a + b_{ixj} \quad (4)$$

或
$$y_{ij} = a + b_{ixj} + \alpha + \beta_{ixj} \quad (5)$$

其中, i 为种源编号, $i = 1, 2, \dots, m$ (m 为种源个数); j 为观测次数, $j = 1, 2, \dots, n$ (n 为复测次数)。 a 、 b 为某地区各种源的平均截距和斜率参数, α 、 β 为第 i 种源截距和斜率参数的变异,体现了该地区的种源效应,不妨分别称之为第 i 种源的截距效应参数和斜率效应参数,相应地, $a_i = a + \alpha$ 以及 $b_i = b + \beta$ 分别为该地区第 i 种源对应的截距和斜率参数。

依(4)式或(5)式,某地区种源对断面积模型的影响,可表述为该地区各种源是否有相同的截距参数和是否有相同的斜率参数?当 a_i 、 b_i 为固定效应时,依(4)式检验下述零假设:

$$H_{01}: \text{不同种源的截距参数相同,即 } a_1 = a_2 = \dots = a_m;$$

$$H_{02}: \text{不同种源的斜率参数相同,即 } b_1 = b_2 = \dots = b_m.$$

当 a_i 、 b_i 或 α 、 β 为随机效应时,依(5)式检验下述零假设:

$$H_{03}: \text{不同种源的截距效应参数为0,即 } \alpha = 0, i = 1, \dots, m;$$

H_{04} : 不同种源的斜率效应参数为0, 即 $\beta = 0, i = 1, \dots, m$ 。

上述两假设(H_{01} 和 H_{02} 或者 H_{03} 和 H_{04})若均不被接受, 则各种源断面积模型不同; 若仅其一被接受, 表明种源影响截距或斜率参数; 若均被接受, 表明某地区不同种源断面积模型相同。

3 随机效应检查和固定效应检查

唐守正¹⁾探讨了种源试验中应用线性混合模型进行统计推断的一般原理和方法并用于生长与收获模型的假设检验。应用线性混合模型的统计推断理论和方法对前述假设 $H_{01} \sim H_{04}$ 进行假设检验, 关键在于确定各种源截距参数 a_i 和斜率参数 b_i 是固定效应还是随机效应。

3.1 随机效应检查

对于某地区的种源试验, 对不同种源生长模型参数差异的检验, 唐守正¹⁾区分了固定效应检查和随机效应检查的林学意义, 指出: 由于任何种源试验, 我们总是从某种种源中抽出样品种子进行种植试验, 因此当检查种源之间差异时, 各种源截距参数 a_i 和斜率参数 b_i 或者种源效应参数 α 和 β 应视为随机效应。此时, 依(5)式检验零假设 H_{03} 和 H_{04} , 种源平均截距和斜率参数为固定效应, 各种源效应参数 α 、 β 为随机效应。

3.2 固定效应检查

为了与随机效应检查比较, 把各种源截距参数 a_i 和斜率参数 b_i 视为固定效应。此时, 依(4)式检验零假设 H_{01} 和 H_{02} , 各种源截距和斜率参数均为固定效应。

4 随机效应检查和固定效应检查结果及比较

计算由SAS的Mixed Procedure完成。

4.1 检查结果

4.1.1 同一地区种源影响的随机效应检验结果 依(5)式检验了零假设 H_{03} 、 H_{04} , 结果见表2。对于鸡公山和大岗山林场, 以很高的概率接受零假设 H_{03} 和 H_{04} ; 对于洪雅林场, 以很高的概率接受零假设 H_{03} , 但不能接受 H_{04} 。

4.1.2 同一地区种源影响的固定效应检验结果 依(4)式检验了零假设 H_{01} 、 H_{02} , 结果见表3。对于鸡公山, 接受零假设 H_{02} 不能接受 H_{01} ; 对于大岗山和洪雅林场, 则均不能接受零假设 H_{01} 和 H_{02} (显著水平为0.05)。

表2 不同种源断面积模型参数差异的随机效应方法检验结果

地点	来源	第1自由度	第2自由度	F值	大于F值的概率
鸡公山	截距(a)	26	104	0.05	1.000 0
	斜率(b)	26	104	0.70	0.855 7
大岗山	截距(a)	26	78	0.05	1.000 0
	斜率(b)	26	78	0.82	0.713 2
洪雅	截距(a)	26	104	0.40	0.995 5
	斜率(b)	26	104	7.19	0.000 1

注: 大于F值的概率表示接受零假设 H_{03} 或 H_{04} 的概率。

表3 不同种源断面积模型参数差异的固定效应方法检验结果

地点	来源	第1自由度	第2自由度	F值	大于F值的概率
鸡公山	截距(a)	25	104	2.46	0.000 8
	斜率(b)	25	104	0.80	0.731 9
大岗山	截距(a)	25	78	4.61	0.000 1
	斜率(b)	25	78	2.01	0.010 5
洪雅	截距(a)	25	104	10.05	0.000 1
	斜率(b)	25	104	2.52	0.000 6

注: 大于F值的概率表示接受零假设 H_{01} 或 H_{02} 的概率。

4.2 两种检查方法的比较

表3中固定效应检查接受零假设的概率均低于表2中相应的随机效应检查接受零假设的

概率,换言之,固定效应检查更倾向于拒绝零假设,从而造成固定效应检查中鸡公山、大岗山和洪雅均拒绝零假设 H_{01} 的判断而在随机效应检查中均接受相应的零假设 H_{03} 。

但是,固定效应检查中鸡公山、大岗山和洪雅均拒绝零假设 H_{01} 的判断究竟是否误判?我们应用回归方程适应性检验的方法来判断。操作如下:姑且承认随机效应检查为真,由此得到的结论是对鸡公山和大岗山而言不同种源的杉木在同一地区的断面积模型相同;对于洪雅,不同种源的杉木,其断面积模型的截距参数相同但斜率参数不同。因此,分别配制鸡公山和大岗山各自地区不同种源的杉木断面积同一模型,对于洪雅则配制相同截距参数、不同斜率参数的断面积模型。把这3个地区的断面积模型分别应用于各自地区的不同种源,分别地区分别种源进行回归方程适应性检验。回归方程适应性检验的具体操作见文献[8]。表4列出检验结果。

由表4看出,鸡公山和大岗山不同种源按地区分别采用同一模型,26个种源的适合性检验分别通过22个和24个;洪雅不同种源采用相同截距、不同斜率的断面积模型,26个种源的适合性检验通过19个。因此可以推断,以随机效应检查的方法来检验不同种源断面积模型的参数差异更为有效,而固定效应检查则不合适,容易造成误判。

表4 分别地区分别种源的回归方程适应性检验

种源	鸡公山 F 值	大岗山 F 值	洪雅 F 值	种源	鸡公山 F 值	大岗山 F 值	洪雅 F 值
1	0.016	0.366	30.645*	14	1.209	2.410	3.410
2	62.965*	0.476	0.823	15	0.957	0.360	0.645
3	23.683*	0.971	65.770*	16	2.442	0.468	2.372
4	1.639	1.905	16.365*	17	0.537	0.426	15.735*
5	0.059	0.092	1.888	18	1.384	1.585	0.335
6	9.083*	12.252*	0.857	19	4.675	7.246*	18.292*
7	0.109	3.253	1.702	20	0.259	1.535	13.325*
8	6.463	0.829	1.380	21	0.033	4.625	0.070
9	1.667	3.866	0.303	22	1.785	0.401	0.462
10	0.446	0.105	1.305	23	0.634	0.990	0.208
11	0.393	2.942	2.056	24	0.875	0.539	0.049
12	0.598	1.370	76.447*	25	0.014	3.636	1.975
13	0.625	0.320	1.854	26	14.360*	0.120	5.040

注: * 表示回归方程适应性检验没有通过,显著性水平 $\alpha=0.05$ 。

4.3 同一地区种源的影响

根据上面随机效应检查和固定效应检查的比较,我们采用随机效应检查的结果。结论为对鸡公山和大岗山而言不同种源的杉木在同一地区的断面积模型相同;对于洪雅,不同种源的杉木,其断面积模型的截距参数相同但斜率参数不同。

同时,洪雅林场拒绝零假设 H_{04} ,表明这26个种源群体中至少存在1个种源其斜率变异参数显著地不为零,并不意味着所有种源的斜率变异参数均显著地不为零。因此,检验了各种种源的斜率变异参数 β_i ,零假设为某种源的斜率变异参数 $\beta_i=0(i=1,2,\dots,26)$,结果见表5。可见,在显著性水平 $\alpha=0.05$ 上,有11个种源的斜率效应参数显著地不为零,而半数以上的种源效应参数显著地等于零。所以作者认为可能存在着其它原因影响了洪雅不同种源的断面积模型,需要进一步探讨。

综上所述,作者倾向于推论:同一地区不同种源的断面积模型相同。

表5 洪雅各种源斜率效应参数的随机检查结果

种源	第1 自由度	第2 自由度	F 值	大于 F 值 的概率	种源	第1 自由度	第2 自由度	F 值	大于 F 值 的概率
1	1	104	0.59	0.446 0	14	1	104	2.97	0.088 0
2	1	104	8.22	0.005 0*	15	1	104	8.14	0.005 2*
3	1	104	1.24	0.267 3	16	1	104	0.14	0.712 0
4	1	104	0.20	0.657 2	17	1	104	9.58	0.002 5*
5	1	104	3.05	0.083 6	18	1	104	1.11	0.295 2
6	1	104	0.41	0.525 8	19	1	104	32.34	0.000 1*
7	1	104	4.39	0.038 5*	20	1	104	18.08	0.000 1*
8	1	104	1.37	0.244 4	21	1	104	5.94	0.016 5*
9	1	104	0.06	0.805 9	22	1	104	0.01	0.936 5
10	1	104	0.42	0.516 2	23	1	104	0	0.990 9
11	1	104	5.87	0.017 1*	24	1	104	7.25	0.008 3*
12	1	104	7.69	0.006 6*	25	1	104	1.00	0.318 6
13	1	104	0.43	0.514 3	26	1	104	10.43	0.001 7*

注: * 表示某种源变异参数显著地不为0, 显著性水平 $\alpha = 0.05$ 。

5 讨论和结论

(1) 用随机效应检查和固定效应检查两种方法比较了同一地区不同种源对断面积模型的影响, 表明种源试验中采用随机效应检查的方法较好, 固定效应检查容易造成模型参数差异显著的误判。

(2) 根据本研究结果倾向于推论: 同一地区不同种源的断面积模型相同。需补充更多的试验资料加以验证。

(3) 接受“同一地区不同种源的断面积模型相同”这一结论, 并不表明种源对断面积的生长没有影响, 恰恰相反, 注意到断面积模型包含了立地指数的密度指数, 因此种源对断面积的影响已经包含在对立地指数、密度指数(包含了株数(枯损)和平均直径)的影响中, 文献[6]已经研究了种源对立地指数的影响, 得到影响显著的结论。种源对密度指数(株数(枯损)、平均直径)的影响应予以研究。

参考文献:

- [1] Harrison W C, Genetic differences in basal carrying capacity: evidence from a close-spacing study[A]. In: modeling stand response to silvicultural practices[C]. Blacksburg, Virginia, 1993. 20 ~ 30.
- [2] Tome M, Almeida H, Projecting growth of a provenance trial with a distance-independent individual tree model[A]. In: modeling stand response to silvicultural practices[C]. Blacksburg, Virginia, 1993. 172 ~ 180.
- [3] 王明亮, 唐守正. 标准树高曲线的研制[J]. 林业科学研究, 1997, 10(3): 259 ~ 264.
- [4] 李希菲, 洪玲霞. 杉木、落叶松断面积模型参数比较[J]. 林业科学研究, 1997, 10(5): 500 ~ 505.
- [5] 杜纪山, 李希菲. 杉木树高曲线参数稳定性的研究[J]. 林业科学研究, 1998, 11(2): 169 ~ 174.
- [6] 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.
- [7] 李希菲, 唐守正, 王松龄. 大岗山实验局杉木人工林可变密度收获表的编制[J]. 林业科学研究, 1988, 1(4): 382 ~ 389.
- [8] 郎奎健, 唐守正. IBM-PC 系列程序集[M]. 北京: 中国林业出版社, 1998. 110.

Testing and Comparing the Impact of Chinese Fir Provenances on Basal Area Growth Models

WANG Ming-liang, LI Xi-fei

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

Abstract: Two methods for testing the impact of Chinese fir provenances planted on the same region on their basal area growth models, random effects test and fixed effects test, were compared with the data from three forest farms, Jigongshan, Dagangshan and Hongya. The result showed that random effects test was better while fixed effects test tended to refuse wrong the null hypothesis of no significant difference in parameters of basal area models among Chinese fir provenances. Meanwhile, the result showed by random effects test demonstrated that basal area models of provenances planted on the same region was of no significant difference.

Key words: Chinese fir provenances; basal area growth model; random effects test; fixed effects test