

文章编号: 100F 1498(2003) 06 0689 05

连栽杉木人工林土壤肥力变化的主分量分析*

孙启武, 杨承栋, 焦如珍

(中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091)

摘要: 对江西分宜县大岗山不同立地指数(12、14、16 指数)、不同生长阶段(幼龄林、中龄林和成熟林)的 1、2 代杉木人工林 23 项土壤因子进行了测定, 运用主分量分析筛选出评价杉木人工林土壤肥力的 3 个综合因子, 并用主分量分析结果进一步对所选的样地进行综合评分、排序。2 代杉木人工林综合得分均低于对应的 1 代杉木人工林, 表明连栽杉木人工林土壤肥力下降的事实; 1 代杉木人工林不同发育阶段土壤肥力的变化趋势为: 从幼龄林发育至中龄林阶段, 林地综合地力呈下降趋势; 从中龄林发育至成熟林阶段, 林地综合地力略有回升, 说明杉木人工林土壤肥力下降孕育在 1 代林阶段。

关键词: 杉木; 人工林; 土壤肥力; 主分量分析

中图分类号: S791. 27 文献标识码: A

杉木(*Cunninghamia lanceolata*(Lamb.) Hook.) 是我国主要用材树种, 20 世纪 50 年代后, 随着人口的增加, 经济发展速度的加快, 木材需要量急剧增加, 原有杉木林资源远远不能满足人们的需求, 于是各地开始大力发展以杉木人工林为主的用材林, 并向着“定向、速生、丰产、优质、稳定、高效”的方向发展。然而, 随着杉木人工林的多代连栽, 杉木人工林土壤肥力下降现象日益显现, 因此, 广大林业工作者对杉木人工林土壤肥力下降现象做了大量研究工作, 分析连栽林地土壤肥力下降状况, 寻找引起土壤肥力下降的因子。多数研究结果表明: 杉木人工林土壤肥力下降是多种因子综合作用的结果^[1-6], 孤立地用某一个或几个因子来反映杉木连栽林地肥力状况是不科学的, 甚至是错误的, 因此, 需要寻找综合因子来合理评价杉木林地土壤肥力的状况。主分量分析就是一种把原来多个指标化为少数几个相互独立的综合指标的统计方法, 运用它可以简化数据结构, 寻找综合因子, 并进一步给每一块林地评分、排序, 科学、直观地反映出林地综合地力状况, 据此提出合理的防治土壤肥力下降的措施。

1 试验区概况

试验区设置在江西省分宜县大岗山林区, 位于 $114^{\circ}30' \sim 114^{\circ}45' E$, $27^{\circ}30' \sim 27^{\circ}50' N$ 。该区属亚热带季风湿润地区, 年平均温度为 $15.8 \sim 17.7^{\circ}C$; 平均降水量为 1 591 mm, 平均蒸发量约为 1 503 mm, 年平均无霜期为 265 d。

收稿日期: 200F 08 30

基金项目: 1997—2001 年国家自然科学基金重点项目“杉木、桉树人工林长期生产力保持机制的研究”(3963024) 部分研究内容

作者简介: 孙启武(1973—), 男, 安徽六安人, 助理研究员。

* 感谢盛炜彤先生对此文进行了审阅并修改!

本区属地带性低山丘陵红壤、黄壤类型及其亚类的分布区。杉木林下主要植被有狗脊 (*Woodwardia japonica* (L. f.) Sm.)、鳞毛蕨 (*Dryopteris* spp.)、杜茎山 (*Maesa japonica* (Thunb.) Moritz.)、金星蕨 (*Parathelypteris glanduligera* (Kze.) Ching)、海金沙 (*Lygodium japonicum* (Thunb.) SW.)、铁芒萁 (*Dicranopteris dichotoma* (Thunb) Benth)、土茯苓 (*Smilax* sp.)、乌蕨 (*Stenoloma chusanum* (L.) Ching)、红淡 (*Adinandra* spp.)、鼠刺 (*Itea chinensis* Hook. et Arn.)、柃木 (*Eurya japonica* Thunb.)、油茶 (*Camellia oleifera* Abel.)、木 (*Loropetalum chinense* (R. Br.) Oliver)、鸡血藤 (*Millettia reticulata* Benth.)、五节芒 (*Miscanthus floridulus* (Labill) Warb.)、淡竹叶 (*Lophanthemum gracile* Brongn)、小蓼 (*Polygonum minus* Huds.)、苦苔 (*Conandron ramondioides* Sieb. et Zucc)、大青 (*Clerodendrum cyrtophyllum* Turcz.)、三花悬钩子 (*Rubus trianthus* Focke) 等^[7]。

2 研究方法

2.1 样地设置

在大岗山山下林场、上村林场和年珠林场,选择相似立地条件下不同地位指数(12、14、16地位指数)、不同树龄(幼龄林4~6年生、中龄林10~15年生和成龄林25~30年生)组合的1、2代杉木人工林样地45块。

2.2 研究方法

在0~40 cm土层中用环刀取土,测定容重、总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度及土壤水分^[8];同时用取土钻在每块样地中随机布设6~9个点,按土层深度分别采集0~20 cm、20~40 cm两个层次的混合土壤样品(1 kg左右),以测定土壤pH值、有机质、全N、全P、全K、水解N、有效P、有效K、交换性Ca²⁺、Mg²⁺、有效Cu、有效Fe、有效Mn等土壤化学性质^[8];多酚氧化酶活性用A. Ш. Га льян 法,转化酶活性用Т. А. ерба кова 法,H₂O₂酶活性用J. L. Johnson & K. L. Hoffmann 和 K. Teicher 法,酸性磷酸酶活性用 G. Hoffmann 法,脲酶活性用 G. Hoffmann & K. Teicher 法^[9]。

用美国SYSTAT统计软件进行主分量分析,本研究采用R分析法^[10]。

3 结果与分析

对所选的15种林分土壤容重、有机质、全N、全P、土壤酶等23项指标的测定值(均为0~40 cm层次平均值)进行主分量分析,得出各主分量特征根及其贡献率(表1)。

表1 主分量特征根、贡献率及累积贡献率

主分量	特征根	贡献率/%	累积贡献率/%	主分量	特征根	贡献率/%	累积贡献率/%
1	7.425 9	41.256	41.256	13	0.034 7	0.193	100.000
2	3.717 5	20.653	61.909	14	0.000 0	0.000	100.000
3	2.444 7	13.582	75.491	15	0.000 0	0.000	100.000
4	1.130 6	6.281	81.772	16	0.000 0	0.000	100.000
5	1.029 5	5.720	87.492	17	-0.000 0	0.000	100.000
6	0.686 9	3.816	91.308	18	-0.000 0	0.000	100.000
7	0.572 1	3.178	94.487	19	0.000 0	0.000	100.000
8	0.346 1	1.923	96.409	20	0.000 0	0.000	100.000
9	0.271 0	1.506	97.915	21	0.000 0	0.000	100.000
10	0.150 7	0.837	98.752	22	0.000 0	0.000	100.000
11	0.111 6	0.620	99.372	23	0.000 0	0.000	100.000
12	0.078 3	0.435	99.807				

从表1可知,前3个主分量的累积贡献率达到75.5%,也就是说,前3个主分量已把全部指标提供信息的75.5%反映出来了,在林业生产实践中已具有很好的代表性,因此选取前3个主分量来评价林地综合肥力状况。

从表2可以看出,对第1主分量影响较大的有脲酶、转化酶、过氧化氢酶、酸性磷酸酶、pH值、土壤容重、毛管持水量、总孔隙度、毛管孔隙度和非毛管孔隙度。脲酶、转化酶、过氧化氢酶、酸性磷酸酶,它们均为土壤酶因子。在第1主分量中,各土壤酶因子负荷量最大,说明土壤酶在评价连栽杉木人工林综合地力中占首要地位;土壤pH值是土壤重要的基本性质之一,它对土壤酶活性的影响很大,通常情况下,pH值改变时,酶活性随之变化。同时土壤pH值直接影响土壤养分的存在状态、转化和有效性。国内外的研究也表明,土壤pH值的降低造成土壤酸化是引起林地土壤肥力下降的主要原因之一^[11~12],因此,在第1主分量中pH值的负荷量较大也说明了这一点。土

壤容重、毛管持水量、总孔隙度、毛管孔隙度和非毛管孔隙度均为土壤重要物理性质,良好的土壤物理性质有利于形成团粒结构,增强保水保肥能力,有益微生物活动,促进养分转化。它们在第1主分量中具有较大的负荷量,表明土壤物理性质的改变对连栽杉木人工林综合地力有较大的影响,这与钱亦兵先生^[13]研究结果“土壤物理性质的变化是土壤退化的重要因素”之论断相吻合,也与盛炜彤^[14]、许利群^[15]先生的研究结果相一致,因此,可以把第1主分量看作是土壤酶和土壤物理性质的综合因子。第2主分量中因子负荷量较大的有土壤有机质、全N、全P、全K、有效Mn、有效Cu和有效Fe,说明这些因子对第2主分量有决定性影响。毋庸置疑,土壤“N、P、K”作为植物营养三要素,其作用是显而易见的。在主分量分析中,它们以较大的负荷量出现在第2主分量中,再一次证实它们在评价杉木连栽林地综合地力中的重要作用;土壤有效Mn、土壤有效Cu和有效Fe均为土壤有效微量元素,在以往的研究中,杨承栋^[5]、张焕朝^[16]等先生已注意到土壤微量元素的变化对林地土壤退化的影响,从本研究结果可以清楚地看出微量元素对林地综合地力的影响程度,因此第2主分量可以看作是全量N、P、K与有效微量元素的综合因子。第3主分量主要由土壤有机质、水解N、全N、交换性Ca²⁺、总孔隙度和毛管孔隙度决定,因此第3主分量即是这些指标的综合因子。

为了更直观地比较各林地综合地力的状况,根据所选的3个主分量计算每一块样地得分,给予排序。从以上运算中知所选3个主分量的特征根分别为9.5118、4.1612和3.0067,先求出它们的权重分别为0.570、0.249和0.180,然后将对应数据代入主分量方程对每一块样地进行加权求和,得出每一块样地得分,比较不同林分的得分情况(表3)。

表2 变量对前3个主分量的负荷量

变量(土壤肥力)	第1主分量	第2主分量	第3主分量
有机质	0.1690	0.4992	0.6068
水解N	0.5500	0.2994	0.4900
全N	0.1875	0.5741	0.6580
全P	0.3018	0.7371	-0.2942
有效P	0.5445	-0.0726	0.2713
交换性Ca ²⁺	0.3119	0.0431	0.6627
交换性Mg ²⁺	0.5012	-0.2963	0.1031
全K	-0.1157	0.8207	0.1481
有效K	0.5234	0.1137	-0.3498
有效Mn	0.4177	0.8107	-0.1012
有效Cu	-0.2773	-0.6202	0.4860
有效Fe	-0.2803	0.5691	-0.2097
脲酶	0.9310	0.0080	0.1862
转化酶	0.8381	0.3529	0.2010
过氧化氢酶	0.8018	-0.0663	-0.0165
酸性磷酸酶	0.8223	0.0768	0.0852
多酚氧化酶	0.0021	0.1044	-0.0592
pH值	0.7635	-0.3283	0.1375
土壤容重	-0.7822	0.1749	-0.2509
毛管持水量	0.8027	-0.1242	-0.3424
总孔隙度	0.6335	-0.1093	-0.5209
毛管孔隙度	0.7002	0.1003	-0.5582
非毛管孔隙度	0.7514	-0.0994	-0.2297

比较相同地位指数的 1、2 代杉木人工林样地得分可以清楚地看出, 不论是 2 代幼龄林还是 2 代中龄林得分均低于同类 1 代林, 结果证实了所选的连栽杉木人工林地存在土壤肥力的下降现象, 因此及时对这些 2 代杉木人工林采取有效措施防治土壤肥力下降是有必要的。

从表 4 的结果中可以看出, 在不同地位指数 1 代杉木人工林发育过程中, 从幼龄林至中龄林发育过程中, 林地综合地力呈下降趋势; 从中龄林至成熟林发育过程中, 综合地力略有上升, 但幅度不大, 且仍然低于幼龄林。这种结果在一定程度上暗示 2 代杉木人工林综合地力下降孕育在 1 代林发育过程中。

4 结论与讨论

(1) 运用主分量分析筛选出评价杉木人工林土壤肥力的 3 个综合因子: 土壤酶和土壤物理性质综合因子; 全量“N、P、K”和土壤有效微量元素综合因子; 土壤有机质、水解 N、全 N、交换性 Ca^{2+} 、土壤总孔隙度和毛管孔隙度综合因子。

(2) 在研究杉木人工林土壤肥力变化中应重视土壤酶活性和土壤物理性质的变化, 可以通过研究土壤酶和土壤物理性质变化大致了解杉木林地综合肥力状况。

(3) 土壤 pH 值的作用不容忽视, 但国内对土壤 pH 值的研究相当粗放, 因此今后对土壤 pH 值的研究亟待深入, 应对林地土壤中活性 H^+ 和活性 Al^{3+} 的变化加以研究。

(4) 土壤有效微量元素在评价杉木林地综合地力中的作用显著, 但国内以前对这方面的研究未受足够重视, 今后应加强此方面研究。

(5) 运用主分量分析结果进一步对所选的样地进行综合评分, 结果表明 2 代杉木人工林综合得分均低于对应的 1 代杉木人工林, 证实了杉木连栽土壤肥力下降现象的存在。

(6) 在 1 代杉木人工林发育过程中, 从幼龄林至中龄林发育过程中, 综合地力呈下降趋势, 从中龄林至成熟林发育过程中, 综合地力略有上升, 但幅度不大, 且仍然低于幼龄林阶段。表明 2 代杉木人工林综合地力下降孕育在 1 代林发育过程中, 因此, 对杉木人工林的可持续经营应从 1 代林做起。

参考文献:

- [1] 盛炜彤. 我国人工林的地力衰退及防治对策[A]. 见: 盛炜彤. 人工林地力衰退研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 15~ 19
- [2] 杨承栋. 杉木人工林地力衰退的原因机制及其防治措施[J]. 世界林业研究, 1997, 10(4): 34~ 39
- [3] 何智英, 俞新妥. 杉木连栽林地地力衰退问题的研究[A]. 见: 盛炜彤. 人工林地力衰退研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 243~ 250
- [4] 曾亮忠, 陈丽娟. 限制人工杉木林生长的土壤因子[J]. 福建林学院学报, 1994, 14(1): 11~ 15

表 3 1、2 代杉木人工林得分比较

发育阶段	地位指数	1代	2代
幼龄林	12	0.741 5	0.581 0
	14	0.790 5	0.750 7
	16	1.078 4	0.639 3
中龄林	12	0.601 6	0.578 1
	14	0.695 1	0.528 9
	16	0.794 8	0.887 5

表 4 1 代杉木人工林不同发育阶段林地得分比较

地位指数	幼龄林	中龄林	成熟林
12	0.741 5	0.601 6	0.603 7
14	0.790 5	0.695 1	0.744 6
16	1.078 4	0.794 8	0.780 8

- [5] 杨承栋, 焦如珍. 关于杉木人工林根际土壤性质变化的研究[J]. 林业科学, 1999, 35(6): 2~ 9
- [6] 张露, 高璜. 人工林地力衰退研究现状与进展[J]. 江西林业科技, 2000, 6: 28~ 33
- [7] 蒋有绪, 徐德应, 聂道平, 等. 江西大岗山森林生态系统结构与功能规律定位研究(一)[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995. 1~ 2
- [8] 国家标准局. 中华人民共和国国家标准森林土壤分析方法[M]. 北京: 标准出版社, 1988
- [9] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986
- [10] 唐守正. 多元统计分析方法[M]. 北京: 中国林业出版社, 1986
- [11] 卢元添. 酸雨危害森林情况综述[J]. 福建林学院学报, 1989, 9(4): 398~ 401
- [12] Johnson D W. Atmospheric deposition, forest nutrient status, and forest decline: Implications of the Integrated Forest Study[M]. Forest Decline in the Atlantic and Pacific Region, Berlin: Springer Verlag, 1993. 66~ 81
- [13] 钱亦兵, 李银芳. 莫索湾垦区荒漠化土地物理特性研究[J]. 干旱区研究, 1999, 16(2): 41~ 46
- [14] 盛炜彤. 土壤物理性质与杉木生长关系的研究[A]. 见: 盛炜彤. 人工林地力衰退研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 140~ 147
- [15] 许利群. 土壤物理性质对杉木、马尾松生长影响调查初报[J]. 浙江林业科技, 1989, 9(1): 50~ 52
- [16] 张焕朝, 俞元春. 杉木、樟木、柏木等林分下土壤微量元素状况[J]. 南京林业大学学报, 1995, 19(2): 6~ 12

PCA on the Soil Degradation of the Successive Chinese Fir Plantation

SUN Qi-wu, YANG Cheng-dong, JIAO Ru-zhen

(Research Institute of Forestry, CAF Beijing 100091, China)

Abstract: 23 soil factors in the different sites (site index 12, 14, 16) and different growth periods (young, half mature and mature) of the first and second generation Chinese fir plantations in Dagang Mountain, Fenyi County of Jiangxi Province, were determined. By the method of PCA, three synthesized factors were selected as targets on evaluating soil fertility in Chinese fir plantation. The results were quantified, scored and sequenced to the data collected relevant to the soil fertility in the selected plots using PCA. The result showed that the score of all the 2nd generation Chinese fir plantations were much lower than that of the 1st generation. It revealed the fact that soil degradation existed in successive Chinese fir plantations. The result also showed the tendency of soil productivity of different growth period of 1st rotation was that the soil productivity decreased from young to half-matured period, but raised slightly from half-matured to matured period, this meant that 1st rotation was the latent period of soil degradation of Chinese fir plantation.

Key words: Chinese fir; plantation; soil fertility; PCA