

45-50

19618(7)

第17卷第1期  
1997年1月生态学报  
ACTA ECOLOGICA SINICAVol. 17, No. 1  
Jan., 1997

## 土壤因子对次生森林群落演替的影响

安树青 王峥峰 朱学雷 刘志礼 洪必恭 赵儒林

(南京大学生物科学与技术系, 南京, 210093)

5718.54

A

摘要 采用聚类分析、主分量分析和回归分析对紫金山次生森林群落的系列群落, 演替途径和演替速率进行了研究。紫金山次生森林群落目前的演替趋势为马尾松群落→马尾松、落叶阔叶树群落→落叶阔叶树、马尾松群落→落叶阔叶树群落, 但在不同的土壤条件下, 阔叶树的侵入、生长状况不同, 群落具体的发展途径和速率有差异, 制约森林演替的主要土壤因子为土壤水分和土壤厚度, 它们通过对马尾松、枫香、黄檀、栓皮栎等主要树种显著度, 对树种竞争能力的作用, 对演替产生影响。随着土壤水分和土壤厚度增加, 马尾松相对显著度的剧烈减少, 黄檀相对显著度的慢慢增加以及枫香和栓皮栎相对显著度的迅速发展, 均呈显著相关。

森林生态学

关键词: 土壤因子, 演替, 次生森林, 群落

EFFECTS OF SOIL FACTORS ON THE SECONDARY  
SUCCESSION OF FOREST COMMUNITYAn Shuqing Wang Zhengfeng Zhu Xuelei  
Liu Zhili Hong Bigong Zhao Rulin

(Biology Department, Nanjing University, Nanjing, 210093, China)

**Abstract** Cluster analyses, principal component analyses and regression analyses were used to study serial communities, successional pathways and successional velocities of the secondary forests in Zijin mountain.

The current successional trend of the forest was: *Pinus massoniana* community→*P. massoniana* + deciduous broadleaved tree species community→deciduous broadleaved tree species + *P. massoniana* community→deciduous broadleaved tree species community. But different pathways and speed could be found on several soil conditions, because of the differences of invasion and growth of the deciduous broadleaved tree species on different soil factors. Soil depth and soil humidity, were the main factors to control succession through affecting the dominance and competitive capacity of the major tree species such as *P. massoniana*, *Liquidambar formosana*, *Dalbergia hupeana* and *Quercus variabilis*. The relative changes between increasing of soil depth, soil humidity and decreasing of dominance of *P. massoniana*, between increasing of

- 江苏省自然科学基金、江苏省教委优秀青年教师基金、南京大学育苗基金项目。
- 收稿日期: 1995-03-12, 修改稿收到日期, 1996-01-12.

soil depth, soil humidity and slowly increasing of dominance of *D. hupeana*, between increasing of soil depth, soil humidity and rapidly increasing of dominance of *L. formosana* and *Q. variabilis* happened in the secondary forests.

**Key words:** soil factor, succession, secondary forest.

伴随着对 Clements 和 Odum-Margalef 单向、线性演替理论的批评,生态学家已逐步认识到群落演替的多向、非线性及可循环的特征,多元顶极、格局镶嵌理论兴起<sup>[1-4]</sup>, Connell, Mueller-Dombois, Shugart 等更在镶嵌理论的框架内,对土壤、火、生物、人类活动等非气候因子在群落演替中的重要作用进行了多方面的探讨<sup>[5-8]</sup>。

由于战争、饥荒和砍伐,1945年底,紫金山上的树木已所剩无几,为了绿化紫金山,1946~1948年间,曾大规模栽种马尾松(*Pinus massoniana*),现存的植被便是由该松林发展而成的<sup>[9-11]</sup>。安树青、赵儒林曾报道,在紫金山森林植被的发育过程中,土壤厚度、土壤水分等土壤因子起着非常重要的作用<sup>[9]</sup>,为此,本文以具有相同来源的紫金山森林为对象,探讨该土壤因子对次生群落演替的作用。

### 1 研究区域概况

紫金山位于南京东郊(32°01'57"~32°06'15" N, 118°48'~118°53'04" E),宁镇山脉西段。北坡为岩石断层,坡陡;南坡较缓,形成单面山。面积2970 hm<sup>2</sup>,主峰海拔高度448.9 m,相对高度420 m。

该地气候属北亚热带气候类型。全年日照2213 h,年均温15.4℃,1月均温1.3℃,7月均温29.6℃,全年有效积温(日均温≥10℃)4845℃,极端低温和高温分别为-13.0℃和40.5℃。平均年降水1013 mm,约有70%分布于6~7月的梅雨期。全年气温和降水有明显的季节波动。

黄棕壤为紫金山的基本土壤类型,广布于山体,但在不同的区域,尤其在不同的海拔高度,其含水量、土层厚度、营养元素等因子有显著的差异<sup>[9]</sup>。另外,紫色土集中分布于山体东坡和东北坡,其土层薄、粘性强、营养贫瘠。黄砂土局部分布于山坡下部和山脚,其土层厚、含水量高、营养丰富。由于紫金山曾遭受较大规模的破坏,水土流失严重,导致不同海拔高度下的土壤条件有明显的不同,山顶部,土壤层薄、水分含量低、营养元素少;山脚处则正好相反。

### 2 研究方法

在不同的海拔高度、不同的群落内设置样地,进行植被区系、结构、数量特征以及光照强度、土壤厚度等的调查,同时钻取土壤样品,室内测定其含水量、pH值、Ca、Mg总量、盐基总量、速效氮、有效磷等。

在1990年4月~1993年9月间,共取得乔木样方(20 m×25 m)36个,灌木样方(2 m×2.5 m)72个,草本样方(1 m×1 m)72个,土壤样品72个。

### 3 结果与分析

#### 3.1 系列群落

根据聚类分析的结果,36个样方可区分出8个群落类型(图1)。

马尾松群落 马尾松重要值(N)为82.3,主要伴生种黄檀(*Dalbergia hupeana*),黄连

木(*Pistacia chinensis*)的重要值分别为6.8和5.8, 朴树(*Celtis sinensis*)、化香(*Platycarya strobilacea*)等树种只出现少数个体, 群落高8 m, 郁闭度0.5。灌木层盖度60%, 有六月雪(*Serissa serissoides*)、圆叶鼠李(*Rhamnus globosa*)、铁黑汉条(*Spiarea chinensis*)、茅莓(*Rubus parvifolia*)等。草本层盖度45%, 有野菊(*Chrysanthemum indicum*)、翻白草(*Potentilla discolor*)等。

**马尾松、化香群落** 含有化香、黄连木、黄檀、朴树、枫香、苦树(*Picrasma quassoides*)和榔榆(*Ulmus parvifolia*)等7种落叶树, 其重要值分别为31.3、11.2、10.4、5.1、4.0和2.2, 马尾松的重要值为35.8, 群落高10 m, 郁闭度0.6。灌木层盖度60%, 有白檀(*Symplocos peniculata*)、牛奶子(*Elaeagnus umbelata*)和六月雪等。草本层盖度50%, 有黄鹌菜(*Youngia japonica*)、毛茎马兰(*Aster panduratus*)等。

**马尾松、枫香群落** 马尾松的重要值为32.5, 枫香(*Liquidambar formosana*)的重要值为28.1, 伴生有黄檀, 麻栎(*Quercus acutissima*)、白栎(*Quercus fabri*)等树种。群落高13 m, 郁闭度0.7。灌木层盖度55%, 有山胡椒(*Lindera glauca*)、野蔷薇(*Rosa multifolia var. prageri*)、六月雪、白檀等。草本层盖度55%, 有地榆(*Sanguisorba officinalis*)、野青茅(*Deyuezia sylvatica*)等。

**马尾松、栓皮栎群落** 马尾松的重要值为38.9, 栓皮栎(*Quercus variabilis*)为32.6, 枫香为8.4, 群落高15 m, 郁闭度0.7。灌木层盖度55%, 有山胡椒、六月雪、菝葜(*Smilax chinensis*)等。草本层盖度65%, 有披针苔草(*Carex lanceolata*)、荩草(*Arthraxon hispidus*)等。

**枫香、马尾松群落** 枫香、马尾松的重要值分别为45.4和30.7, 群落高18 m, 郁闭度0.7。灌木层盖度为50%, 有山胡椒、六月雪、竹叶椒(*Zanthoxylum armatum*)等。草本层盖度50%, 有雀麦(*Bromus japonica*)、沿阶草(*Ophiopogon japonica*)等。

**枫香、黄檀群落** 枫香、黄檀、马尾松的重要值分别为30.5、24.0和16.5, 群落高18 m, 郁闭度0.8。灌木层盖度为70%, 有山胡椒、白檀、野蔷薇等。草本层盖度60%, 有鹅观草(*Roegneria japonica*)、韩信草(*Scatellon indica*)等。

**枫香、栓皮栎群落** 枫香、栓皮栎、马尾松的重要值分别为64.5、14.0和4.0, 群落高

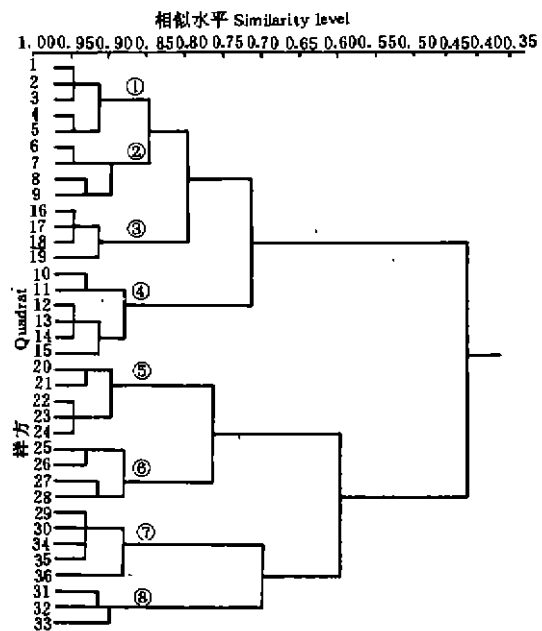


图1 紫金山植被的聚类分析

Fig.1 Cluster analyses of vegetations on Zijin mountain

- ① 马尾松群落 *Pinus massoniana* community. ② 马尾松、化香群落 *P. massoniana* + *Platycarya strobilacea* comm. ③ 马尾松、枫香群落 *P. massoniana* + *Liquidambar formosana* comm. ④ 马尾松、栓皮栎群落 *P. massoniana* + *Quercus variabilis* comm. ⑤ 枫香、马尾松群落 *L. formosana* + *P. massoniana* comm. ⑥ 枫香、黄檀群落 *L. formosana* + *Dalbergia hupeana* comm. ⑦ 枫香、栓皮栎群落 *L. formosana* + *Q. variabilis* comm. ⑧ 栓皮栎、枫香群落 *Q. variabilis* + *L. formosana* comm.

20 m, 郁闭度0.8。灌木层盖度为45%, 有山胡椒、白檀等。草木层盖度55%, 有地榆、雀麦等。

栓皮栎、枫香群落 栓皮栎、枫香、马尾松的重要值分别为50.3、28.4和0.0, 群落高20 m, 郁闭度0.8。灌木层盖度为45%, 有山胡椒、六月雪、金银木(*Lonicera mackii*)等。草木层盖度50%, 有苔草、野青茅等。

### 3.2 演替途径

以30个种的显著度为属性对样方进行主分量分析(PCA), 其中, 第1主分量占总信息量的45%, 第2主分量占总信息量的25%, 第3主分量占总信息的16%, 第1主分量中枫香占总信息量的61.4%, 第2主分量中马尾松占总信息量的58.8%, 第3主分量中黄檀占总信息量的67.2%。因此, 第1主分量、第2主分量和第3主分量上数值的变化可分别视为枫香、马尾松和黄檀显著度的变化(图2)。

马尾松人工林是紫金山近代植被的开端, 目前该山的森林植被均源于此<sup>[9~11]</sup>。因此, 马尾松在群落中重要性的降低, 阔叶树种在群落中重要性的提高, 是目前紫金山森林自然演替的一个重要指标。

据此, 可以认为, 紫金山森林的演替为马尾松群落→马尾松、落叶阔叶树群落→落叶阔叶树、马尾松群落→落叶阔叶树群落(图2)。但在不同的土壤条件下, 其途径和速率有差异。在紫色土区域, 虽然有9个落叶树种侵入, 但它们数目少, 个体小, 不能取代马尾松。在黄棕壤和黄沙壤上, 山顶区域, 化香发展较快, 其地位仅次于马尾松; 山坡和山脚区域, 枫香和栓皮栎的重要值分居第2位。在山坡上部, 可发现枫香、马尾松群落; 在中部和山脚, 可发现残存着少量马尾松的枫香、黄檀群落和枫香、栓皮栎群落; 在山脚的局部, 存在着不含有马尾松的栓皮栎、枫香群落。高度和土壤起如此重要的作用, 主要是因为群落发育初期, 其区系组成主要取决于侵入树种对环境, 特别是土壤环境的耐受程度, 而非物种之间的竞争能力。而紫金山由于植被曾遭大规模人为活动破坏, 山顶的土壤被冲刷到山脚, 山顶土层薄, 约15~40 cm 深, 蓄水、保肥能力差, 山脚土层厚, 深150 cm 以上, 水分、营养充足, 山坡特征居中的明显梯度。当侵入树种的冠层发育到一定高度后, 作为强阳性树种的马尾松和和阳性树种的枫香、黄檀、化香、栓皮栎等对光的竞争才起重要作用。

### 3.3 演替速率

陈庆诚等曾以主要种数量特征的衰减和增升作为指标, 研究放牧压力下针茅草原的演替速率<sup>[12]</sup>, 本文借用该思想, 以4个树种在每个样方的相对显著度为指标, 对紫金山次生林的演替速率与土壤因子间进行了多元逐步回归分析, 其结果与以主要因子, 土壤厚度和土壤水分<sup>[9]</sup>, 进行的二元回归分析结果相同, 故本文主要分析这两种因子对演替速率的影响。

马尾松( $Pm$ )、枫香( $Lf$ )、黄檀( $Dh$ )和栓皮栎( $Qv$ ), 随土壤厚度( $Sd$ )和土壤水分( $Sh$ )的变率方程分别为:

马尾松	$Pm = 87.53 - 0.32Sd - 1.56Sh$	复相关系数( $r_{1,2}$ )=0.634	$n=28$
枫香	$Lf = -9.45 + 0.27Sd + 1.24Sh$	复相关系数( $r_{1,2}$ )=0.526	$n=36$
黄檀	$Dh = 2.66 + 0.14Sd + 0.43Sh$	复相关系数( $r_{1,2}$ )=0.488	$n=36$
栓皮栎	$Qv = -8.34 + 0.31Sd + 0.54Sh$	复相关系数( $r_{1,2}$ )=0.673	$n=27$

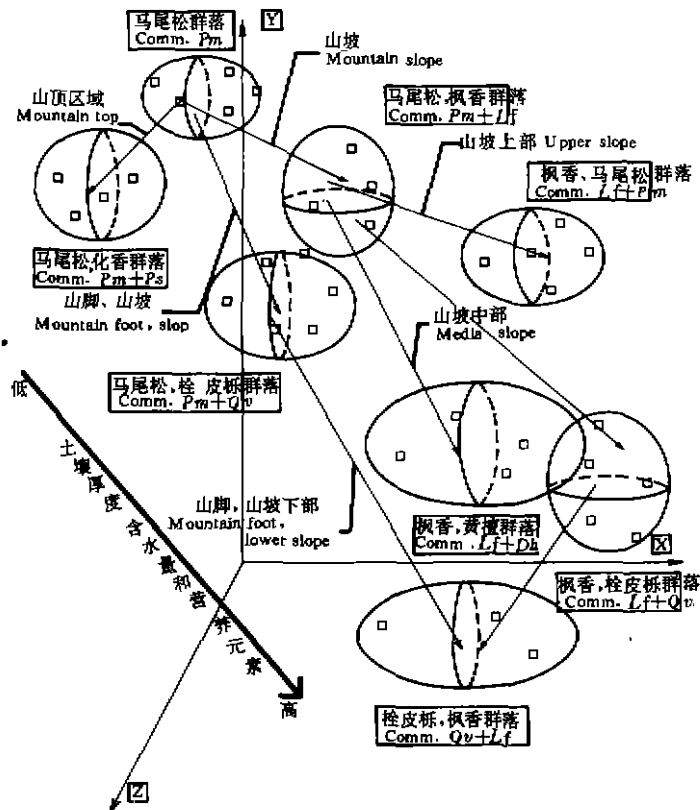


图2 紫金山不同土壤条件下的森林演替途径

Fig. 2 Successional pathways of the forests in various soil conditions on Zijinshan mountain

Pm: *Pinus massoniana*, Lf: *Liquidambar formosana*, Ps: *Platycarya strobilacea*,

Qv: *Quercus variabilis*, Dh: *Dalbergia hupeana*

随着土壤水分和土壤厚度的增加，马尾松的相对显著度，即相对重要性，逐步下降，但这并不意味着马尾松在土壤条件好的地方不能生存，而是表明它所受到的来自阔叶树的竞争压力愈来愈大，马尾松相对重要性降低的同时，枫香、黄檀和栓皮栎的相对重要性的增加便是证明。随着土壤水分和土壤厚度的增加，枫香和栓皮栎的相对重要性和增加较快，黄檀则较慢。

#### 4 结论

通过聚类计算，36个样方资料归并成了8个群落类型，马尾松群落，马尾松、化香群落，马尾松、枫香群落，马尾松、栓皮栎群落，枫香、马尾松群落，枫香、黄檀群落，枫香、栓皮栎群落和栓皮栎、枫香群落。其目前的演替趋势为马尾松群落→马尾松、落叶阔叶树群落→落叶阔叶树、马尾松群落→落叶阔叶树群落，但在不同的土壤条件下，阔叶树的侵入、生长状况不同，群落具体的发展途径和速率有差异，在紫色土区域，群落仍然以马尾松为主，阔叶树的作用很小，在黄棕壤和黄沙壤区域，山顶，为马尾松、化香群落，山坡和山脚，为马尾松、枫香群落和马尾松、栓皮栎群落，且在山坡上部，形成枫香、马尾松群落，中部，形成枫香、黄檀群落，下部和山脚，发育为枫香、栓皮栎群落或栓皮栎、枫香群落。制约森林演替的主要土壤因子为土壤水分和土壤厚度，它们通过对马尾松、枫香、黄

檀、栓皮栎等主要树种显著度,及树种竞争能力的作用,对演替产生影响。随着土壤水分和土壤厚度增加,马尾松相对显著度的剧烈减少,黄檀相对显著度的缓慢增加以及枫香和栓皮栎相对显著度的迅速发展,均呈显著关系。

### 参 考 文 献

- 1 田汉勤,齐 晔. 生态演替的过程分析. 见:马世骏主编. 现代生态学透视. 北京:科学出版社,1990. 90~100
- 2 克纳普, R 著. 宋永昌等译. 植被动态. 北京:科学出版社,1986. 68~76
- 3 熊利民,钟章成. 四川缙云山森林群落的同期发生演替及其模型预测. 生态学报,1990, 11(1): 49~53
- 4 Horn H S. Forest succession. *Scientific American*, 1975, 232: 90~98
- 5 Connell J H. Slatyer R O. Mechanisms of succession in natural communities and the role of in community stability and organization. *American Naturalist*, 1977, 111, 1119~1144
- 6 Mueller-Dombois D. The mosaic theory and the spatial dynamics of natural dieback and regeneration in pacific forests. Remmert, H. ed. *The Mosaic-Cycle of Concept of Ecosystems*. Berlin, Spring-Verlag, 1991, 46~60
- 7 Mueller-Dombois D. Forest dynamics in Hawaii. *Trend in Ecology and Evolution*, 1987, 2(7): 216~220
- 8 斯嘉特 H H 著. 李承彪等译. 森林动态理论——森林演替模型的生态学原理. 贵阳:贵州科技出版社,1992. 51~263
- 9 安树青,赵儒森. 紫金山次生森林植被特征分析. 植物生态学与地植物学学报,1990, 14(1): 13~22
- 10 曲仲湘,文振武等. 南京灵谷寺森林现况分析. 植物学报,1952, 1(1): 18~45
- 11 熊文愈. 南京灵谷寺森林的变化分析. 南京林产工业学院学报,1983, 2(1): 1~23
- 12 陈庆诚,赵松岭等. 针茅草原放牧演替中种群消长的数学模型. 植物学报,1981, 23(4): 323~328