

271-276

128/0(6)

广西植物 Guihaia 14(3): 271-276. 1994

## 桂东南三个主要薪炭树种的养分特点 及其幼林的生态效益\*

罗天祥 李信贤

(广西农业大学林学院, 南宁 530001)

胡舜士

(中国科学院植物研究所, 北京 100044)

57594

A

**摘要** 本文对博白和岑溪县薪炭试验林的窿缘桉、刺栲和大叶相思三个树种的养分特点进行了初步分析, 提出窿缘桉属氮磷钙锰养分相关型, 刺栲属氮磷钾锰养分相关型, 大叶相思属磷钾养分相关型; 发现三个树种对钙元素具有强烈的吸收特点。五年生幼林土壤肥力明显提高, 生态效益显著。

**关键词** 薪炭林; 养分特点; 生态效益

养分

## NUTRIENT CHARACTERISTIC OF THREE MAJOR FUELWOOD SPECIES AND ECOLOGICAL EFFICIENCY OF THE JUVENILE FUEL-FORESTS IN SOUTH-EAST OF GUANGXI

Luo Tianxiang and Li Xinxian

(Forestry College of Guangxi Agricultural University, Nanning 530001)

Hu Shunshi

(Institute of Botany, Academia Sinica, Beijing 100044)

**Abstract** In this paper, a preliminary study was made on the nutrient characteristic of three major fuelwood species in the fuel-forests of Bobei and Cenxi counties of Guangxi. The three species are *Eucalyptus exserta*, *Acacia auriculiformis* and *Castanopsis hystrix*. The results showed that *E. exserta* belonged to N-P-Ca-Mn nutrient type, *A. auriculiformis* to P-K type and *C. hystrix* to N-P-K-Mn type. The characteristics were correlated with their height growth. In this study, we still discovered that the three species had a characteristic of strongly absorbing of element Ca, and the soil fertility level of the 5 year fuel-forests was greatly improved and their ecological efficiency was highly remarkable.

**key words** fuel-forests; nutrient characteristic; ecological efficiency

薪炭林的短轮伐期作业是一种集约的经营方式。据林木生理活动对营养元素的需要与土壤养分供给能力进行人工施肥, 以满足林木生长发育需要, 达到短期内(2—5年)获取高

\* 本文由罗天祥执笔。承蒙李治基教授审阅, 并提出宝贵的修改意见, 在此谨以致谢!

产薪材,一直是薪炭林经营的主要措施之一。1989年,笔者就桂东南地区薪炭试验林中三个主要薪炭林树种鲜叶及其林地土壤养分含量的分析,初步探讨各薪炭树种幼期生长的养分特点,为今后的薪炭林施肥提供初步的科学依据。同时,对幼林初步表现的生态效益进行了评价。

### 1 试验林的立地条件

试验林分别设在博白县城东林场(N 22°16', E109°58')和岑溪县马路镇(N 22°55', E110°58')。博白试验地属南流江中游河谷平原边缘台地,海拔50—60米,土壤为发育于印支期花岗闪长岩上的厚层赤红壤;年均气温21.9℃,极端最低温1.1℃,极端最高温37.3℃,年降雨量1788.1mm。岑溪试验地属常态侵蚀的丘陵,海拔40—250米,土壤发育于砂岩、砂页岩上的厚层赤红壤;年均气温21.2℃,极端最低温-1.9℃,极端最高温38.2℃,年降雨量1407.7mm。两试验地原有植被均以岗松(*Baeckea frutescens*)、桃金娘(*Rhodomyrtus tomentosa*)和铁芒箕(*Dicranopteris dichotoma*)为优势的稀疏灌草丛,表土普遍流失。

### 2 分析方法

造林前和造林后第五年分别在窿缘桉(*Eucalyptus exserta*)、大叶相思(*Acacia auriculiformis*)和刺栲(土名红椎)(*Castanopsis hystrix*)的不同试验林分中采集土壤和鲜叶样品进行化学元素分析。分析的内容包括:土壤的有机质、全氮、水解氮、速效磷、代换性钾、钙和镁、有效性锰、铜和锌;鲜叶的氮、磷、钾、钙、镁、锰、铜和锌的全量分析。分析方法按颁布的国家标准《森林土壤分析方法》。

### 3 结果与分析

#### 3.1 三个薪炭树种的养分特点

影响树高生长的因素很多,但在类似的立地条件下,林木树高生长与土壤养分含量存在

表1 三个树种不同林分措施下幼林的林分平均高<sup>1)</sup>  
Table 1 Average stand height of three species under different treatments

| 树 种                                          | 样 地 号       | 处 理          | 林 分 高            |
|----------------------------------------------|-------------|--------------|------------------|
| species                                      | sample num. | treatments   | stand height(cm) |
| 窿<br>缘<br>桉<br><i>E. exserta</i>             | 1           | 不施肥纯林        | 627.3            |
|                                              | 2           | 施一年肥纯林       | 714.6            |
|                                              | 3           | 施二年肥纯林       | 717.5            |
|                                              | 4           | 全垦整地纯林       | 690.0            |
|                                              | 5           | 混交试验对照纯林     | 686.0            |
|                                              | 6           | 与大叶相思混交林     | 746.7            |
| 大<br>叶<br>相<br>思<br><i>A. auriculiformis</i> | 7           | 不施肥纯林        | 287.6            |
|                                              | 8           | 施肥纯林         | 590.4            |
|                                              | 9           | 与薰茅栲(大叶栲)混交林 | 593.2            |
|                                              | 10          | 混交对照试验纯林     | 357.9            |
|                                              | 11          | 与窿缘桉混交林      | 436.2            |
| 刺<br>栲<br><i>C. hystrix</i>                  | 12          | 不施肥纯林        | 247.2            |
|                                              | 13          | 施一年肥纯林       | 306.1            |
|                                              | 14          | 施二年肥纯林       | 312.0            |
|                                              | 15          | 混交对照试验纯林     | 261.7            |
|                                              | 16          | 与台湾相思混交林     | 305.0            |

1) 7, 8, 9样地号为岑溪薪炭试验林,引自《岑溪县马路薪炭林造林试验研究报告》;其它样地号为博白薪炭试验林,引自《广西博白县薪炭林造林试验研究报告》。

表2 三个树种鲜叶及其土壤养分含量<sup>1)</sup>  
Table 2 Nutrient contents of fresh leaves and soil in forests

| 树 种                                          | 样地号       | 有机质%      | 水解氮ppm  | 氮                | 磷               | 钾                | 钙            | 镁              | 锌               | 铜               | 锰               |
|----------------------------------------------|-----------|-----------|---------|------------------|-----------------|------------------|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| sp.                                          | sam. num. | org. mat. | hydro-N | N                | P               | K                | Ca           | Mg             | Zn              | Cu              | Mn              |
| 窿<br>缘<br>桉<br><i>E. exserta</i>             | 1         | 3.431     | 12.4    | 0.220<br>(1.605) | 1.25<br>(0.080) | 29.7<br>(0.396)  | 0<br>(0.366) | 6.1<br>(0.146) | 0.63<br>(0.002) | 0.47<br>(0.001) | 2.39<br>(0.071) |
|                                              | 2         | 4.539     | 9.3     | 0.259<br>(1.614) | 1.48<br>(0.071) | 34.6<br>(0.475)  | 0<br>(0.811) | 5.7<br>(0.151) | 0.63<br>(0.002) | 0.46<br>(0.002) | 2.35<br>(0.046) |
|                                              | 3         | 5.040     | 19.1    | 0.237<br>(1.740) | 1.56<br>(0.088) | 36.4<br>(0.444)  | 0<br>(0.595) | 5.4<br>(0.113) | 0.50<br>(0.002) | 0.55<br>(0.001) | 2.31<br>(0.049) |
|                                              | 4         | 3.912     | 22.6    | 0.145<br>(1.787) | 1.13<br>(0.077) | 27.4<br>(0.907)  | 0<br>(0.602) | 4.9<br>(0.157) | 0.77<br>(0.002) | 0.64<br>(0.001) | 2.25<br>(0.072) |
|                                              | 5         | 4.587     | 22.7    | 0.200<br>(1.637) | 1.40<br>(0.07)  | 34.40<br>(0.534) | 0<br>(0.423) | 5.6<br>(0.103) | 0.74<br>(0.002) | 1.58<br>(0.001) | 2.81<br>(0.060) |
|                                              | 6         | 4.969     | 56.6    | 0.213<br>(1.960) | 0.81<br>(0.097) | 31.4<br>(0.869)  | 0<br>(0.460) | 5.4<br>(0.103) | 0.53<br>(0.002) | 1.15<br>(0.001) | 2.13<br>(0.060) |
| 大<br>叶<br>相<br>思<br><i>A. auriculiformis</i> | 7         | 0.87      | 53.4    | 0.059            | 0.68            | 50.3             | 0            | 1.8            | —               | 2.21            | 0.53            |
|                                              | 8         | 1.112     | 66.1    | 0.074<br>(2.426) | 1.15<br>(0.057) | 58.8<br>(0.805)  | 0<br>(0.297) | 0.8<br>(0.158) | —               | 1.96<br>(0.021) | 0.50<br>(0.027) |
|                                              | 9         | 0.73      | 34.1    | 0.075            | 0.98            | 72.8             | 24.0         | 4.7            | —               | 2.48            | 0.68            |
|                                              | 10        | 3.339     | 15.8    | 0.162<br>(2.359) | 0.58<br>(0.068) | 31.8<br>(0.819)  | 0<br>(0.149) | 5.8<br>(0.151) | —               | 1.44<br>(0.061) | 2.74<br>(0.053) |
|                                              | 11        | 4.969     | 56.6    | 0.213<br>(3.206) | 0.81<br>(0.109) | 31.4<br>(0.946)  | 0<br>(0.117) | 5.4<br>(0.132) | —               | 1.15<br>(0.001) | 1.98<br>(0.055) |
| 刺<br>栲<br><i>C. lhystris</i>                 | 12        | 3.506     | 12.4    | 0.158<br>(1.388) | 1.03<br>(0.059) | 27.9<br>(0.599)  | 0<br>(0.219) | 7.8<br>(0.167) | 0.79<br>(0.002) | 1.15<br>(0.001) | 2.13<br>(0.039) |
|                                              | 13        | 4.982     | 21.1    | 0.190<br>(1.354) | 1.08<br>(0.068) | 28.10<br>(0.558) | 0<br>(0.280) | 5.4<br>(0.184) | 0.64<br>(0.002) | 1.28<br>(0.001) | 2.18<br>(0.051) |
|                                              | 14        | 5.836     | 36.4    | 0.160<br>(1.440) | 1.96<br>(0.072) | 27.1<br>(0.467)  | 0<br>(0.123) | 5.5<br>(0.165) | 0.62<br>(0.001) | 1.27<br>(0.000) | 2.33<br>(0.051) |
|                                              | 15        | 6.365     | 69.1    | 0.217<br>(1.632) | 1.68<br>(0.078) | 34.1<br>(0.757)  | 0<br>(0.247) | 6.4<br>(0.172) | 0.72<br>(0.003) | 1.30<br>(0.001) | 2.95<br>(0.067) |
|                                              | 16        | 7.931     | 45.5    | 0.267<br>(1.692) | 1.67<br>(0.077) | 32.50<br>(0.515) | 0<br>(0.142) | 8.4<br>(0.112) | 0.88<br>(0.002) | 1.46<br>(0.001) | 3.39<br>(0.050) |

1) 小括号内的数据均为鲜叶的元素含量, 单位%干重; 无括号的数据均为土壤养分含量, 单位: 金氮%, 速效磷、代换性钾、钙、镁和有效性锌、铜、锰的单位为ppm。土层深度0—40cm。大叶相思鲜叶即变态叶, 下同。

明显的相关<sup>[1]</sup>。从表1、2中可看出, 窿缘桉树高生长与其林地土壤有机质含量密切相关, 相关系数0.7480, 达到显著水平 ( $P < 0.10$ ); 与土壤速效磷含量也存在一定的正相关。大叶相思树高生长与其林地土壤速效磷含量密切相关, 相关系数0.9060; 与土壤代换性钾含量也有一定的正相关。据前人研究, 土壤速效钾对大叶相思生长有显著促进作用, 而对氮素的要求不高<sup>[2]</sup>。刺栲树高生长与土壤中的养分含量相关不明显。

从图1中可看出, 窿缘桉树高生长与叶子中的 N/Mn、P/Mn 和 Ca/Mn 的含量比率密切相关。在混交林中窿缘桉(树高746.7cm)叶子的 N/Mn 33, P/Mn 1.6, Ca/Mn 7.7, N : P : Ca : Mn 为 20 : 1 : 5 : 0.6; 在树高达700cm以上的窿缘桉纯林中, 其树叶的 N/Mn 35左右, P/Mn 1.5—1.8, Ca/Mn 12—18, 叶子中的 N : P : Ca : Mn 为 20(23) : 1 : 8(11) : 0.6, 与混交的窿缘桉叶子中 N/Mn 和 P/Mn 基本一致, 与其 N : P : Ca : Mn 很接近。从表2中还看出, 刺栲树高生长与其叶子中的营养元素比率 N : P : K : Mn 存在一定的相关性, 在树高300cm

表3 造林前后试验林地土壤(0—60cm)养分含量的变化

Table 3 Changes of nutrient contents in soil before or after afforestation

| 林分                               | 有机质(%)           | 全氮(%)            | 碳氮比           | 水解氮(ppm)        | 速效磷(ppm)       | 代换性(ppm)<br>exchangeable |              |              | 有效性(ppm)<br>available |                |  |
|----------------------------------|------------------|------------------|---------------|-----------------|----------------|--------------------------|--------------|--------------|-----------------------|----------------|--|
| stand types                      | organic mat.     | total-N          | C/N           | hydro-N         | avail.-P       | K                        | Ca           | Mg           | Mn                    | Cu             |  |
| 大叶相思纯林<br>pure <i>A. auri.</i>   | 2.744<br>(3.339) | 0.222<br>(0.162) | 7.1<br>(12.0) | 68.5<br>(15.8)  | 0.13<br>(0.58) | 35.2<br>(31.8)           | 65.8<br>(0)  | 8.1<br>(5.8) | 0.36<br>(2.74)        | 0.73<br>(1.44) |  |
| 窿缘桉纯林<br>pure <i>E. exserta</i>  | 2.211<br>(5.040) | 0.252<br>(0.237) | 4.9<br>(12.3) | 84.5<br>(19.1)  | 0.13<br>(1.56) | 22.1<br>(36.4)           | 101.5<br>(0) | 7.6<br>(5.4) | 0.59<br>(2.31)        | 0.47<br>(0.55) |  |
| 刺栲纯林<br>pure <i>C. hystrix</i>   | 4.919<br>(5.835) | 0.392<br>(0.150) | 7.3<br>(21.2) | 92.1<br>(35.4)  | 0.42<br>(1.96) | 8.7<br>(27.1)            | 97.1<br>(0)  | 7.5<br>(5.5) | 0.70<br>(1.27)        | 0.41<br>(2.19) |  |
| 刺栲混交林<br>mixed <i>C. hystrix</i> | 2.524<br>(7.931) | 0.291<br>(0.257) | 5.0<br>(17.2) | 103.3<br>(45.5) | 0<br>(1.57)    | 24.1<br>(32.5)           | 92.9<br>(0)  | 6.4<br>(6.4) | 0.82<br>(1.45)        | 0.30<br>(3.39) |  |

注：小括号内的数据为造林后第五年林地土壤的养分含量，无括号的数据则为造林前荒地土壤的养分含量。

以上的纯林中，树叶中的N:P:K:Mn为20:1:8(7):0.8(0.7)，与混交林中刺栲(树高305cm)叶子的N:P:K:Mn(22:1:7:0.7)基本接近。大叶相思树高生长与叶子(变态叶，下同)的磷和钾含量成正相关，基本反映了其与土壤养分的相关性。由此可见，各种林分措施(施肥、混交等)对林木生长的促进作用是通过林木对营养元素的按比例选择吸收而体现的。据以往研究，植物叶子营养与树高生长、单位面积产量及土壤肥力均有相关，且不同树种对营养环境有一定的适应范围和最适范围<sup>[1]</sup>。

从表2中也看出，在各类窿缘桉林分中，生长较好的施肥纯林(2—3号样地)树叶的五种大量元素含量的大小顺序为N>Ca>K>Mg>P，其它林分则为N>K>Ca>Mg>P，大叶相思和刺栲基本为N>K>Ca>Mg>P。三个树种比较，均以氮的含量最高，其中又以大叶相思的氮含量最高(平均2.664%)，分别为窿缘桉(平均1.724%)的1.5倍和刺栲(平均1.501%)的1.8倍，这与大叶相思的固氮作用有关。而磷、钾、钙和镁的含量以窿缘桉最高，反映了该树种的耗肥而速生的养分特点，同时也在一定程度上说明了窿缘桉与大叶相思幼期混交成功的养分基础。另外，从表2中尚表明，林地土壤的代换性钙含量基本属痕迹，但三树种叶子中钙含量均达中量<sup>[3]</sup>，均表现出其对钙元素的强烈吸收特点，而表3中造林后土壤代换性钙含量的明显下降也进一步地说明了这一特点。这种现象在杉木林的研究中也有类似的报道<sup>[4,5]</sup>。叶子中钙含量以窿缘桉最高(0.366—0.811%)，其次为刺栲(0.123—0.280%)和大叶相思(0.117—0.297%)。

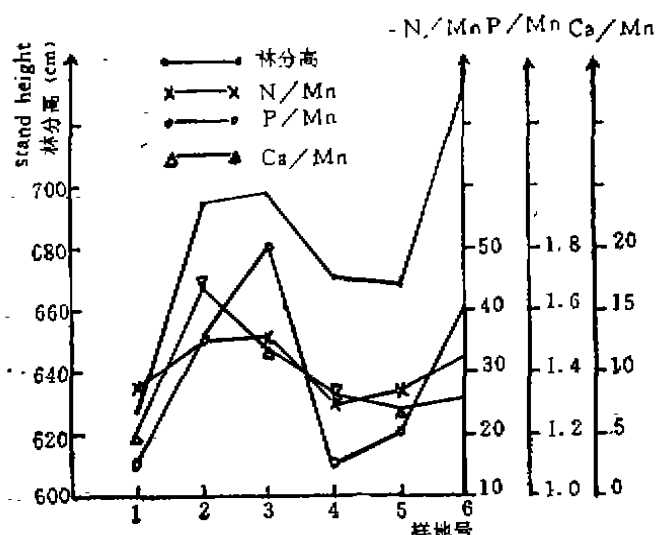


图1 窿缘桉林分高生长与叶子营养元素比率的相关曲线  
Fig.1 Correlating curves between the stand height growth of *E. exserta* and the rates of nutrient contents in leafage

### 3.2 试验林的生态效益

造林后五年, 林冠均已郁闭, 林下形成凋落物层。通过降水淋溶和凋落物层的分解作用, 实现森林营养物质循环。幼林地与荒坡地的土壤养分含量出现明显差异, 见表3。土壤有机质、速效磷、代换性钾、有效性锰和铜的含量均明显提高, 土壤肥力明显改善。其中, 大叶相思纯林提高: 有机质21.7%, 速效磷346.2%, 有效锰661.1%, 有效铜97.3%, 代换性钾略有下降(这可能与钾在植物体内的转移再利用率高有关, 据鲜叶与枯叶钾含量的差异推算, 其钾素的转移率为60%, 而刺栲为89%, 窿缘桉为65%)。窿缘桉纯林提高: 有机质127.9%, 速效磷1100%, 代换性钾64.7%, 有效锰291.5%, 有效铜17.0%。刺栲纯林提高: 有机质18.6%, 速效磷366.7%, 代换性钾211.5%, 有效锰81.4%, 有效铜434.1%。刺栲混交林提高: 有机质214.2%, 速效磷极大, 代换性钾34.9%, 有效锰78.0%, 有效铜1030%。不同树种的林分提高的程度不同反映了其不同的养分选择吸收特点。另外, 从表3也看出, 土壤氮素的释放(有机质矿化分解)趋于合理<sup>[8]</sup>, 幼林土壤的C/N为12—21, 荒坡地则为5—7。土壤的速效磷和钾含量普遍提高, 可能主要与林冠层中这两元素的易淋溶归还有关。由于三个树种对钙的强烈吸收, 而钙的移动性(淋溶和释放)差<sup>[7, 9]</sup>, 因此幼林土壤代换性钙含量极低, 均为痕迹。土壤全氮和代换性镁的含量也普遍下降, 这可能主要与幼林旺盛生长形成大量绿叶时需要大量氮和镁合成叶绿素有关。

表2还表明, 鲜叶中含有丰富的养分元素, 尤以氮素含量最高。各树种鲜叶含N、P、K、Ca、Mg、Mn、Cu t 元素总量(公斤/公顷)分别为: 大叶相思78, 刺栲57, 窿缘桉126, 相当尿素(含氮46%)74—149公斤/公顷。若薪材收获后全部绿叶归还林地, 那将是一笔可观的绿肥, 可实现森林自肥过程。

另别, 幼林郁闭后已初步形成森林小气候, 原来荒坡强阳性种类组成的灌草丛已全部或部分地为耐阴性种类所替代, 如在刺栲林下出现了铁线蕨等蕨类植物。森林的涵养水源、保持水土等功能已初步体现。

## 4 结 论

(1) 窿缘桉、刺栲和大叶相思幼林树高生长与土壤及鲜叶中的元素含量比率出现一定相关性。窿缘桉树高生长与林地土壤有机质和速效磷含量存在正相关, 与其叶子中N/Mn、P/Mn和Ca/Mn含量比率相关密切; 大叶相思树高生长则与土壤速效磷和代换性钾含量及叶子的磷和钾含量出现正相关; 刺栲树高生长与其叶子的N:P:K:Mn比率有一定的相关性。

(2) 三树种均表现明显的吸钙特点。窿缘桉属氮磷钙锰养分相关型, 其比率为20(23): 1: 8(11): 0.6; 刺栲属氮磷钾锰养分相关型, 其比率为20(22): 1: 8(7): 0.8(0.7); 大叶相思属磷钾养分相关型。

(3) 五年生幼林土壤肥力明显提高, 具有显著的生态效益。

(4) 建议在今后的施肥试验中, 适当增施钙肥(石灰盐粉), 同时按比例施用: 窿缘桉以氮磷钙锰型肥料, 刺栲以氮磷钾锰型肥料, 大叶相思以磷钾型肥料。

(5) 窿缘桉和大叶相思具有明显不同的养分特点, 两树种混交具有合理的养分基础。

## 参 考 文 献

- 1 钟安良. 人工林生态系统营养问题初探. 广东林业科技, 1989, (5)
- 2 黄永芳, 徐英宝. 大叶相思立地类型的研究. 华南农业大学学报, 1990, 13(1)
- 3 侯学煜著. 中国植被地理及优势植物化学成分. 科学出版社, 1992, 316—321
- 4 韦 峰, 李信贤等. 桂西北田林老山中山杉木人工林生态研究报告. 广西农学院学报, 1991, 10(1): 1—26
- 5 温毓穆. 龙胜里骆林区杉木人工林营养元素的研究. 广西农学院学报, 1993, (1): 1—27
- 6 陈华癸. 樊庆笙主编. 微生物学. 农业出版社, 1991, 215—216
- 7 温毓穆. 杉木林乔木层凋落物及其在分解过程中化学成分的变化. 广西农学院学报, 9(2): 1—10
- 8 罗天祥. 龙胜里骆杉木林林下植物营养元素循环的初步研究. 广西农学院学报, 1990, 9(1): 37—44