

## 杉木幼林群落生产量的研究\*

冯宗炜 陈楚莹

(中国科学院林业土壤研究所)

杉木人工林是我国特有的经营历史较久的人工林群落之一。其经营集约的程度和独特的栽培方式,在国内外享有很高声誉。长期以来,我国南方山区群众在培养杉木人工林的实践中,就有一种“林粮间作”(或称农林间作)的经验。林粮间作的产生,是山区群众在长期的生产实践中,认识森林自然生长和发展规律的基础上,从林木与林木之间,林木与其它层次的植被之间,以及它们与环境之间的相互关系中,所找到的一种适合经济要求和生产需要的造林形式,它是人工林生态系统的一种特殊类型。由于间作的结果,同一块林地相同或不同的时间里,出现两种或两种以上的栽培植物——多年生的树木和短期作物的组合,不同植物之间的相互关系,不仅直接反映在群落的外貌和结构的变化上,也关系到树木和作物的生长发育以及它们的生物生产量和产量。联合国粮农组织林业委员会第三届会议(1976年11月22—27日,罗马)文件之一“为地方村社发展的林业”中,对林粮间作的潜力给予很高评价,并指出:“多年生树木和短期作物或树木和家畜饲料的最好组合,取决于生态学状况和居民的饮食习惯”。因此,研究杉木林地,因间作而形成的不同群落结构,阐明群落与环境之间以及群落内各成员之间,特别是林木与作物之间的相互关系,有助于对杉木人工林生态系统物质生产过程的了解,旨在为提高杉木生长量和林地生产力,考虑相应的技术措施和选择适宜的人工林结构配置,提供理论依据。

现根据我们在湖南会同森林生态实验站多年定位研究观测的资料,对杉木幼林阶段不同群落结构与生产力之间的关系进行分析和探讨。

### 一、实验地概况

实验林地位于疏溪口大队黄家团公路边的小丘地上。坡向为西南坡,坡面平正,坡度 $15^{\circ}$ 左右,土壤为山地红黄壤(当地群众叫“糯黄土”)。造林前为马尾松(*Pinus massoniana*)、枫香(*Liquidambar formosana*)、栎类(*Quercus* spp.)和油茶(*Camellia oleosa*)等组成的亚热带次生针阔叶混交林(当地群众叫“老荒山”)。经全垦整地造林,杉苗为1年生,栽植密度每公顷3,750株,株行距 $1.3\text{米} \times 2.0\text{米}$ ,采用当地群众习惯栽植的两种粮食作物——玉米和旱稻与杉木幼树间作,间作的作物株行距玉米为 $0.6\text{米} \times 0.6\text{米}$ ,旱稻为 $0.4\text{米} \times 0.4\text{米}$ 。实验小区按同一坡面的等高线排列,每块面积为250平方米。对照区(不间作)设于中间。

\*朱岩同志参加了本项工作,邓仕坚、邵玉华同志协助绘图。

每个实验小区之间有间隔 5 米的保护带。在同一地块上,用同一品种连续试验 3 年。每年采取的抚育管理措施均一致,即在作物生长期中耕除草 3 次。为了叙述方便起见,下文中以 A 表示杉木——玉米类型;B 表示杉木——早稻类型;C 表示纯杉木类型(不间作的为对照区)。

## 二、研究方法

### 1. 生物量的测定

每年 8 月在各实验小区内选具有代表性样方 3—4 块,每块面积约 4 平方米样方内具有杉木平均木 1 株,生长中等的作物若干株。将它们全部挖出,用分层切割法(Kira 等,1967; Monsi, 1974),测定叶、干(包括枝)、根的鲜重,然后置于 80℃ 下烘至恒重,求出各器官含水量和干重。鉴于幼树阶段直径的增长量远不如树高的增长量大,而幼树的树高与各器官生物量之间又呈明显的直线相关,故可利用树高( $H$ )与各器官的生物量( $W$ )的直线方程( $W = a + bH$ )来推导出各器官的生物量。为测定作物不同生育期各类型中杉木生物量的变化,在每小区内固定 30 株幼树定期测量树高,然后分别代入树高与干(包括枝)、叶、根生物量的直线方程中求得杉木生物量。

### 2. 小气候观测

1) 观测项目 (1)光照:用照度计(测定范围 0—250,000 Lux)测定地表光照强度,每小区取 3 个测点。(2)气温和相对湿度:用阿斯曼通风干湿球计(温度表最小刻度 0.2℃),测定离地表高 20 厘米的气温和相对湿度。(3)地温:分地表、地中 5、10、15、20 厘米(地表温度计最小刻度 0.2℃,地中曲管温度计最小刻度 0.5℃)。(4)蒸发:用直径 10 厘米的表皿,盛定量水,置于地面(株间),测定蒸发量,每小区设置 3 个。

2) 观测时间 气温、湿度、地温三项在作物生长期,每旬连续观测 3 天,其中 1 天系观测日变化,从 7—19 点,每隔 2 小时观测 1 次。光照强度与蒸发量每旬观测 1 次日变化。

### 3. 营养元素的分析

每年在测定生物量的同时,分别在各小区内采集杉木和作物样品,分析各器官氮、磷、钾含量。氮的测定用凯氏法,磷的测定用钼蓝法,钾用火焰光度计法测定(叶炳,1963)。

## 三、结果与分析

### 1. 群落结构和生物量

人工林不同于天然林,人工林群落的种群组成和结构是人为选择而确定的。但它也处于不断运动和发展的过程。速生性杉木人工林群落在幼林阶段,因林粮间作而引起的群落结构和生产力变化尤为明显。由于在同一地段上既有多年生杉木,又有一年生农作物,因此,这种变化显得复杂。它主要受两方的影响,一是随杉木年龄的增长而变化;一是随间作的作物不同生长发育阶段而变化,这是不同于一般人工纯林或农田生态系统的特征。

1) 杉木和作物在群落的水平结构和垂直结构方面的变化 了解不同种群在群落中所占据的空间大小,及其在时间上的变化,有利于分析它们各自在群落中的地位及其稳定性。

3 年的观测表明,杉木和作物群落的水平结构,各年极不相同,由图 1 看出,在 A 类型中,杉木随其年龄增长覆盖面积相应地迅速增加,而玉米则随杉木年龄增长覆盖面积渐次缩小,

但杉木和玉米的枝叶在间作的第1、2年,并没有明显的重叠现象。在B类型中因为早稻是丛生的作物,间作第1年覆盖度达90%,第2年和第3年分别为78%和46%,早稻的覆盖度逐年减少,杉木随树龄的增加覆盖度也增加,第1、2、3年分别为6%、43%和79%,故在B类型中各年杉木的枝叶和早稻叶片相互交错,形成密闭状态。

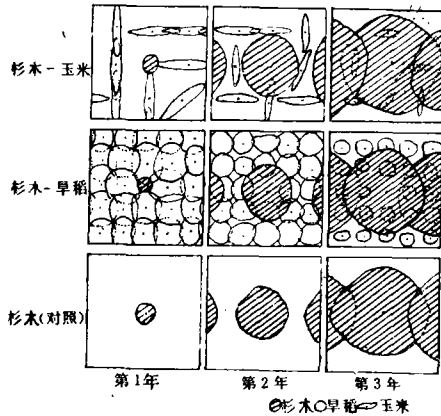


图1 各类型水平结构的变化 (1/40)

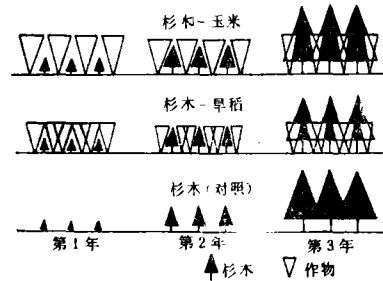


图2 各类型垂直结构的变化 (1/40)

杉木和作物在群落中的垂直变化逐年不一。由图2看出,杉木在各类型中的高度的每年变化与其本身年龄成正比,而作物高度的变化第1、2年与杉木年龄成负相关,到第3年时,高度又稍有所增,这主要是第3年杉木的高度和枝叶迅速增加,作物因与杉木争光所导致的结果。由图2还可看出,第1年A、B类型中作物均居上层,杉木居于下层,第2年在A类型中玉米仍居上层,而在B类型中杉木与早稻同居一层;第3年时恰与第1年相反,杉木均居上层,作物则居下层。

综上所述可以看出,在头三年间作作物的杉木幼林群落的发展过程中,随杉木年龄的增加,作物无论在垂直和水平的空间位置均趋于缩小,相反,杉木则逐年增大而迅速占领了几乎整个空间,到第3年时,杉木水平覆盖面积已达80—90%,接近郁闭状态。

表1 作物不同生育期间杉木生物量的变化 (公斤/公顷)

| 年<br>龄 | 杉木生<br>物量<br>类 型 | 作物生<br>育期 | 生 长 初 期 |        |        | 生 长 旺 盛 期 |        |        | 开 花 结 实 期 |        |        |
|--------|------------------|-----------|---------|--------|--------|-----------|--------|--------|-----------|--------|--------|
|        |                  |           | 叶       | 干+枝    | 根      | 叶         | 干+枝    | 根      | 叶         | 干+枝    | 根      |
| 1      | A(杉木-玉米)         |           | 7.97    | 2.20   | 3.57   | 10.30     | 3.21   | 4.09   | 4.62      | 0.80   | 2.84   |
|        | B(杉木-早稻)         |           | 4.97    | 1.09   | 3.43   | 8.07      | 2.37   | 0.85   | 1.69      | 0.48   | 2.59   |
|        | C(杉木)            |           | 4.62    | 0.81   | 2.79   | 8.30      | 1.85   | 0.64   | 3.51      | 0.45   | 2.53   |
| 2      | A(杉木-玉米)         |           | 351.55  | 211.37 | 95.41  | 188.12    | 82.82  | 38.49  | 285.96    | 140.05 | 91.90  |
|        | B(杉木-早稻)         |           | 94.85   | 160.08 | 76.92  | 37.64     | 48.81  | 11.37  | 83.89     | 99.36  | 64.01  |
|        | C(杉木)            |           | 206.52  | 201.43 | 89.63  | 105.62    | 73.33  | 29.86  | 193.49    | 128.99 | 70.03  |
| 3      | A(杉木-玉米)         |           | 678.91  | 807.59 | 518.94 | 548.95    | 590.77 | 371.32 | 751.14    | 944.77 | 551.24 |
|        | B(杉木-早稻)         |           | 594.73  | 695.80 | 318.48 | 406.75    | 401.87 | 211.59 | 529.63    | 593.96 | 281.43 |
|        | C(杉木)            |           | 734.35  | 696.76 | 484.42 | 535.14    | 450.31 | 345.44 | 725.89    | 686.31 | 478.52 |

2) 群落生物量 本文中群落生物量(Biomass)是指组成人工林群落中,绿色植物在单位面积内通过同化器官进行光合作用所积累的有机物质或能量。

(1)各群落中作物不同生育期间杉木生物量的变化:随着杉木年龄的变化和作物生育期

的不同,杉木的生物量也呈现差异。由表 1 看出,A 类型中的杉木叶的生物量在各年的作物不同生育期内,均较 B 和 C 类型的杉木大,在 B 类型中,除第 1 年在作物各生育期内与 C 类型的杉木差异较小外,其余各生育期均小于 C 类型中的杉木。干(包括枝)、根的生物量在各年的不同生育期内,除第 1 年生长初期和生长旺盛期个别出现了 B 类型中的杉木大于 C 类型中的

的杉木外,其余则趋向于 A 类型>C 类型>B 类型。由此看出,杉木在造林后最初三年内,若间作玉米,它对杉木各器官生物量的增长并无影响,而间作早稻则在各生育期对杉木的生长就有不同程度的影响,这种

影响反映在杉木生物量的变化上,从第 2 年起就更加明显。(2)各群落中杉木和作物生物量的垂直分布:图 3 为 1—3 年间在作物整个生育期内,各类型地上和地下部分生物量的变化,由图 3 看出,第 1—2 年各类型中作物的生物量均大于杉木;第 3 年与 1、2 恰相反,杉木的生物量均大于作物。图 4 表示不同类型在第 3 年时杉木与作物地上和地下部分各器官生物量的垂直分布情况,

由图 4 中看出,在第 3 年时,间作类型中作物均处于强烈的被压地位。(3)各群落的生物量:1—3 年间在作物整个生育期内,各类型的生物量和净生产量见表 2,由表 2 看出,各年度均以 A 类型最大, B 类型次之, C 类型最小。但就杉木的生物量来看,并不与群落的生物量

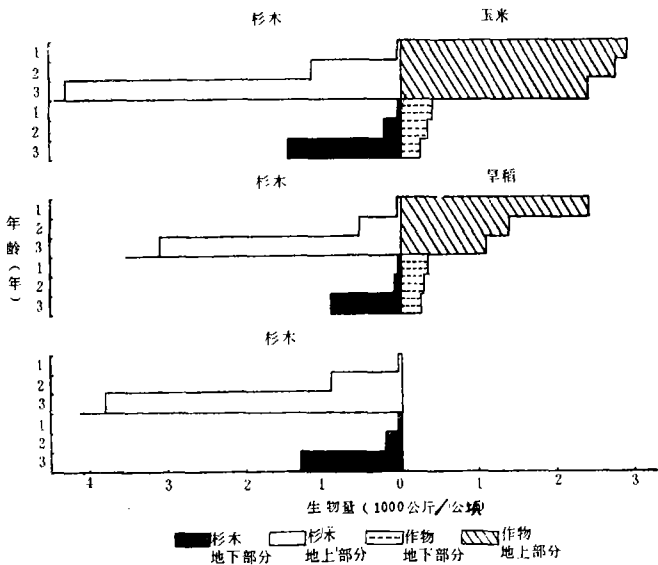


图 3 1—3年间在作物整个生育期内,地上和地下部分生物量的变化

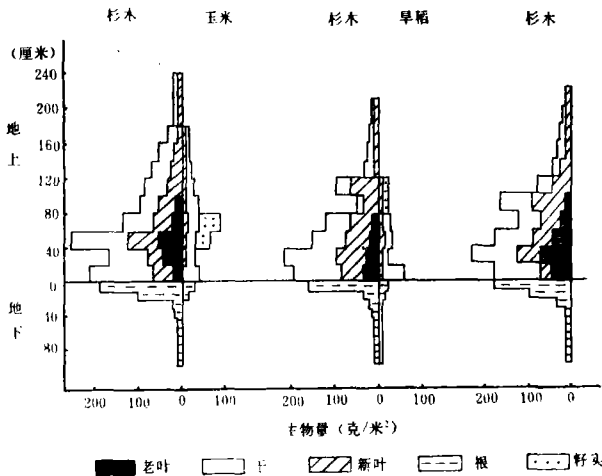


图 4 第 3 年时杉木和作物各器官生物量的垂直分布

完全一致, 第1年以A类型中最多, B与C类型相差不大。因此, 可以认为第1年群落生物量的多少, 主要取决于间作的作物的不同, 特别是因作物不同而形成的产量(籽实)方面的差别具有决定性影响。在第2、3年杉木的生物量则以A类型中最多, C类型中次之, B类型中最少, 这里尽管C类型中无作物, 但杉木的生物量却比间作旱稻的B类型中的杉木要多, 这也就是说从第2年起杉木本身同化所积累的有机物质, 对群落的生物量来说已经开始有明显的作用, 这种作用在第3年时, 就更加突出了。

净生产量(net production)是绿色植物在一定时间内除去呼吸消耗部分外所生产的有机物质, 它是衡量群落生产力的重要指标。计算公式为:

$$\Delta P_N = Y_{NL} + Y_{NS} + Y_{NR} + Y_{NF} + C_S$$

式中:  $\Delta P_N$  = 年净生产量;  $Y_{NL}$  = 叶子年增长量;

$Y_{NS}$  = 干、枝年增长量;  $Y_{NR}$  = 根系年增长量;

$Y_{NF}$  = 籽实年产量;  $C_S$  = 作物播种量。

计算结果表明, 不同类型的净生产量随杉木年龄增加而增多, 其趋势为A类型 > B类型 > C类型(表2)。

表 2

各类型的生物量和净生产量

| 年<br>龄 | 类<br>型       |     | 生 物 量 (公斤/公顷) |         |         |         |         | 净生产量<br>(公斤/公顷<br>·年) |         |
|--------|--------------|-----|---------------|---------|---------|---------|---------|-----------------------|---------|
|        |              |     | 叶             | 干、枝     | 籽 实     | 根       | 合 计     |                       | 总 计     |
| 1      | A<br>(杉木-玉米) | 杉 木 | 22.89         | 6.21    |         | 10.50   | 39.60   | 3407.10               | 3384.60 |
|        |              | 玉 米 | 716.70        | 1198.40 | 1067.50 | 384.90  | 3367.50 |                       |         |
|        | B<br>(杉木-旱稻) | 杉 木 | 14.43         | 3.94    |         | 7.17    | 25.54   | 2831.94               | 2826.94 |
|        |              | 旱 稻 | 1419.50       | 496.60  | 502.40  | 377.90  | 2796.40 |                       |         |
|        | C (杉木)       |     |               | 16.43   | 3.11    |         | 5.96    | 25.50                 | 25.50   |
| 2      | A<br>(杉木-玉米) | 杉 木 | 845.63        | 434.25  |         | 205.80  | 1485.68 | 4632.48               | 4570.38 |
|        |              | 玉 米 | 1118.00       | 1024.00 | 647.00  | 357.80  | 3146.80 |                       |         |
|        | B<br>(杉木-旱稻) | 杉 木 | 216.38        | 308.25  |         | 152.30  | 676.93  | 2396.83               | 2366.29 |
|        |              | 旱 稻 | 591.35        | 615.00  | 180.15  | 333.40  | 1719.90 |                       |         |
|        | C(杉 木)       |     |               | 485.63  | 423.75  |         | 189.52  | 1098.90               | 1098.90 |
| 3      | A<br>(杉木-玉米) | 杉 木 | 1909.00       | 2413.13 |         | 1441.50 | 5763.76 | 8458.76               | 6950.58 |
|        |              | 玉 米 | 868.00        | 1058.00 | 505.00  | 264.00  | 2695.00 |                       |         |
|        | B<br>(杉木-旱稻) | 杉 木 | 1531.11       | 1691.63 |         | 811.50  | 4034.24 | 5504.24               | 4822.31 |
|        |              | 旱 稻 | 699.00        | 432.00  | 40.50   | 294.00  | 1470.00 |                       |         |
|        | C (杉木)       |     |               | 1995.38 | 1833.38 |         | 1308.38 | 5137.14               | 5137.14 |

上述情况表明, 杉木幼林阶段间作作物后, 能明显地提高群落的生物量和净生产量。换言之, 即间作作物后, 在有效利用自然潜能方面比单纯植杉要高。

## 2. 生物小气候状况

随着杉木幼林的生长, 群落的环境也相应地不断发生变化。林地间作作物后, 在一年的

生长季节里,因作物不同生育期,植株高矮和同化器官叶面积大小的变化,直接影响到林地的小气候,产生了不同的生物小气候状况。

1) 光照 不同类型中生物小气候的变化,以光照最为明显。据我们连续 3 年在生长季节的观测资料表明(表 3),通过不同的群落透入到地表的光量差别甚大,从整个作物的生育期来看,若以 C 类型中地表的光照为 100,则 A 类型中地表相对光照强度变动在 71—83% 之间,即使在玉米生长旺盛期相对光照也不低于 63%。在 B 类型中地表相对光照强度变动在 58—72% 之间,特别是在旱稻生长旺盛期,地表相对光照强度最低为 40%,最高也仅为 55%。

从群落中光照的垂直分配情况来看(表 4),由于 A 类型在间作期间始终是复层结构,因而比 B 类型在光能利用方面更充分。

表 3 各类型中地表的相对光照强度 (%)

| 年 龄 | 相对光照强度<br>作物生育期<br>类 型 |  | 生长初期  | 生长旺盛期 | 开花结实期 | 整个生育期 |
|-----|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|
|     |                        |  |       |       |       |       |
| 1   | A (杉木-玉米)              |  | 80.0  | 63.0  | 71.0  | 71.3  |
|     | B(杉木-旱稻)               |  | 71.0  | 40.0  | 64.0  | 58.3  |
|     | C (杉木)                 |  | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 2   | A (杉木-玉米)              |  | 80.0  | 72.0  | 97.0  | 83.0  |
|     | B (杉木-旱稻)              |  | 80.0  | 48.0  | 78.0  | 68.7  |
|     | C (杉木)                 |  | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 3   | A (杉木-玉米)              |  | 70.0  | 76.0  | 98.0  | 81.3  |
|     | B (杉木-旱稻)              |  | 80.0  | 55.0  | 80.0  | 72.0  |
|     | C (杉木)                 |  | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

表 4 间作第 3 年各类型中相对光照强度的垂直分布 (%)

| 离地表高度<br>(厘米) | 相对光照强度作<br>物生育期<br>类 型 |  | 生长初期  | 生长旺盛期 | 开花结实期 | 整个生育期 |
|---------------|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|
|               |                        |  |       |       |       |       |
| 100           | A(杉木-玉米)               |  | 96.0  | 80.0  | 96.0  | 90.7  |
|               | B(杉木-旱稻)               |  | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
|               | C(杉木)                  |  | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 50            | A(杉木-玉米)               |  | 84.0  | 70.0  | 80.0  | 78.0  |
|               | B(杉木-旱稻)               |  | 100.0 | 94.0  | 82.0  | 92.0  |
|               | C(杉木)                  |  | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 0 (地表)        | A(杉木-玉米)               |  | 70.0  | 76.0  | 98.0  | 81.3  |
|               | B(杉木-旱稻)               |  | 80.0  | 55.0  | 80.0  | 72.0  |
|               | C(杉木)                  |  | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

2) 温度 不同类型中由于群落结构的变化, 地表裸露部分和透入到地表的光照状况不同, 也直接影响到近地表的温度状况。其中尤以地表温度的变化差别最大, 据在整个作物生育期间的观测, A类型中地表温度较C类型降低 2.5—4.1℃; B类型中较C类型降低 1.5—4.1℃。在作物的各生长发育阶段则以生长旺盛期和开花结实期差别最大, 由图 5 看出, 在第 3 年作物生长旺盛期内, 间作与未间作类型相比地表温度下降最大幅度分别达 7.8℃ (A与C类型相比) 和 7.3℃ (B与C类型相比), 随着地表面向上或向下, 不同类型中温度的垂直变化差别渐次减小。

3) 相对湿度 不同类型中相对湿度状况, 间作的类型均比未间作类型要高 (表 5), 从整个生育期来看, 相对湿度增加的幅度A类型比C类型高3.4—4.8%; B类型比C类型高1.5—2.7%。各年中相对湿度增加的幅度不一, 在A类型中相对湿度增加最大可达 7.1% (第 3 年生长初期); 而在B类型中相对湿度增加最大为 6.1% (第 3 年开花结实期)。

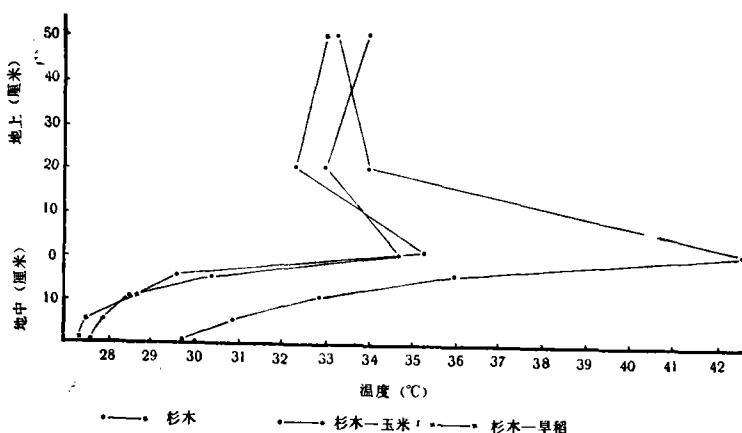


图 5 第 3 年作物生长旺盛期内各类型中温度垂直梯度的变化

表 5

各类型中相对湿度的变化 (%)

| 年 龄 | 相对湿度     | 作物<br>生育期 | 生长初期 | 生长旺盛期 | 开花结实期 | 整个生育期 |
|-----|----------|-----------|------|-------|-------|-------|
|     | 类 型      |           |      |       |       |       |
| 1   | A(杉木-玉米) |           | 82.1 | 88.0  | 91.0  | 87.0  |
|     | B(杉木-早稻) |           | 79.6 | 81.0  | 91.0  | 83.9  |
|     | C(杉木)    |           | 77.9 | 81.0  | 88.3  | 82.4  |
| 2   | A(杉木-玉米) |           | 76.0 | 68.6  | 69.6  | 71.4  |
|     | B(杉木-早稻) |           | 76.4 | 70.7  | 65.6  | 70.9  |
|     | C(杉木)    |           | 71.4 | 67.6  | 64.9  | 68.0  |
| 3   | A(杉木-玉米) |           | 75.5 | 75.0  | 69.1  | 73.2  |
|     | B(杉木-早稻) |           | 69.1 | 72.5  | 71.8  | 71.1  |
|     | C(杉木)    |           | 68.4 | 71.0  | 65.7  | 68.4  |

4) 蒸发量 不同类型中由于植被的覆盖率的变化, 地表蒸发量的差别也甚明显。从整个作物的生育期来看, 若以 C 类型中地表蒸发量为 100, 则 A 类型中地表蒸发量变动在 79—96% 之间; B 类型中地表蒸发量则变动在 69—92% 之间。各年份间作类型与未间作类型相比蒸发量减少的幅度不一, 在 A 类型中蒸发量最低为 52%, 而在 B 类型中蒸发量最低仅为 48% (表 6)。

表 6

各类型中地表蒸发的变化 (%)

| 年 龄 | 蒸 发<br>类 型 | 作物<br>生育期 | 生长初期  | 生长旺盛期 | 开花结实期 | 整个生育期 |
|-----|------------|-----------|-------|-------|-------|-------|
|     |            |           |       |       |       |       |
| 1   | A (杉木-玉米)  |           | 96.0  | 95.0  | 96.0  | 95.7  |
|     | B(杉木-旱稻)   |           | 97.0  | 48.0  | 61.0  | 68.7  |
|     | C(杉木)      |           | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 2   | A(杉木-玉米)   |           | 94.0  | 58.0  | 84.0  | 78.7  |
|     | B(杉木-旱稻)   |           | 67.0  | 72.0  | 68.0  | 69.0  |
|     | C(杉木)      |           | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 3   | A(杉木-玉米)   |           | 82.0  | 71.0  | 99.0  | 84.0  |
|     | B(杉木-旱稻)   |           | 97.0  | 92.0  | 88.0  | 92.3  |
|     | C(杉木)      |           | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

综上所述可以看出, 在 A 类型中, 间作玉米后林地光照减弱, 气温和地温降低, 相对湿度增高, 地表蒸发量减少。在 B 类型中, 间作旱稻后虽然气温、地温、相对湿度等如 A 类型一样也有所改变, 但由于旱稻叶子密集, 间作期间与杉木的枝叶相互重叠, 致使地表光照强度很低, 特别是在旱稻生长旺盛期间这种现象更为明显, 由于不同类型中生物小气候的差异, 因而给“幼树稍能耐荫”(中国树木志编委会, 1976)的杉木造成了不同结果。

### 3. 营养元素的含量和分布

杉木是一种常绿针叶树, 喜肥沃土质而不适瘠薄土壤。杉木幼树在郁闭以前, 树体基本上没有什么凋落物一般要到郁闭后, 下部受不到光的枝叶逐渐枯死, 才有少量凋落物产生。因此, 杉木在幼林阶段生长过程中, 单纯植杉只有营养元素的消耗而无归还。间作作物后, 尽管作物生长发育需要消耗土壤养分, 吸取不少营养元素, 但是作物收获后的根系依然留在土里, 杆、叶还山指作物的地上部分残体, 割倒后留在原地, 归还林地土壤一部分有机质。特别是在我国南方亚热带高温高湿的气候条件下, 对于加速林地营养元素的循环还是有利的。下面根据我们连续 3 年的观测和分析资料, 试以通过作物残体还山的方式, 对杉木幼林地营养元素 (N、P、K) 的收支加以估算和探讨。

由表 7 中看出, 不同类型中氮的吸收量与归还量随群落结构变化逐年不一, 杉木随其年龄增长, 氮的吸收量相应地迅速增加, 而间作的作物无论玉米或旱稻则渐次减少, 通过作物残体还山, 在 A 类型中, 第 1、2、3 年分别有 26.9 公斤、32.1 公斤和 27.09 公斤氮, 归还给林地; 而在 B 类型中分别有 36.92 公斤、20.73 公斤和 20.96 公斤氮归还给林地。

表 7 不同类型中氮 (N) 的吸收量、存留量、归还量的估算 (公斤/公顷)

| 年龄 | 类 型      |     | 各 器 官 中 含 量 |       |       |      | 吸收量   | 存留量   | 归还量   |
|----|----------|-----|-------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
|    |          |     | 叶           | 茎、干   | 籽 实   | 根    |       |       |       |
| 1  | A(杉木-玉米) | 杉 木 | 0.35        | 0.02  |       | 0.06 | 0.43  | 0.43  | 0     |
|    |          | 玉 米 | 12.56       | 10.48 | 17.19 | 3.86 | 44.09 | 17.19 | 26.90 |
|    | B(杉木-旱稻) | 杉 木 | 0.22        | 0.01  |       | 0.04 | 0.27  | 0.27  | 0     |
|    |          | 旱 稻 | 28.46       | 4.04  | 5.68  | 4.42 | 42.60 | 5.68  | 36.92 |
|    | C(杉木)    |     | 0.25        | 0.01  |       | 0.03 | 0.29  | 0.29  | 0     |
| 2  | A(杉木-玉米) | 杉 木 | 12.74       | 1.18  |       | 1.18 | 15.10 | 15.10 | 0     |
|    |          | 玉 米 | 19.55       | 8.96  | 10.42 | 3.59 | 42.52 | 10.42 | 32.10 |
|    | B(杉木-旱稻) | 杉 木 | 3.14        | 1.03  |       | 0.82 | 4.99  | 4.99  | 0     |
|    |          | 旱 稻 | 11.83       | 5.00  | 2.02  | 3.90 | 22.76 | 2.03  | 20.73 |
|    | C(杉木)    |     | 7.24        | 0.60  |       | 0.88 | 8.72  | 8.72  | 0     |
| 3  | A(杉木-玉米) | 杉 木 | 16.46       | 5.48  |       | 7.44 | 29.38 | 29.38 | 0     |
|    |          | 玉 米 | 15.18       | 9.26  | 8.13  | 2.65 | 35.22 | 8.13  | 27.09 |
|    | B(杉木-旱稻) | 杉 木 | 20.43       | 4.04  |       | 3.74 | 28.21 | 28.21 | 0     |
|    |          | 旱 稻 | 14.01       | 3.51  | 0.43  | 3.44 | 21.39 | 0.43  | 20.96 |
|    | C(杉木)    |     | 23.30       | 3.86  |       | 5.37 | 32.53 | 32.53 | 0     |

表 8 不同类型中磷 ( $P_2O_5$ ) 的吸收量、存留量、归还量的估算 (公斤/公顷)

| 年龄 | 类 型      |     | 各 器 官 中 含 量 |      |      |      | 吸收量   | 存留量   | 归还量  |
|----|----------|-----|-------------|------|------|------|-------|-------|------|
|    |          |     | 叶           | 茎、干  | 籽 实  | 根    |       |       |      |
| 1  | A(杉木-玉米) | 杉 木 | 0.05        | 0.01 |      | 0.01 | 0.07  | 0.07  | 0    |
|    |          | 玉 米 | 3.06        | 2.50 | 9.00 | 0.76 | 15.32 | 9.00  | 6.32 |
|    | B(杉木-旱稻) | 杉 木 | 0.04        | 0.01 |      | 0.01 | 0.06  | 0.06  | 0    |
|    |          | 旱 稻 | 2.82        | 0.75 | 1.53 | 0.52 | 5.62  | 1.53  | 4.09 |
|    | C(杉木)    |     | 0.04        | 0.01 |      | 0.01 | 0.06  | 0.06  | 0    |
| 2  | A(杉木-玉米) | 杉 木 | 1.97        | 0.23 |      | 0.24 | 2.44  | 2.44  | 0    |
|    |          | 玉 米 | 4.77        | 2.14 | 5.46 | 0.71 | 13.08 | 5.46  | 7.62 |
|    | B(杉木-旱稻) | 杉 木 | 0.49        | 0.15 |      | 0.17 | 0.81  | 0.81  | 0    |
|    |          | 旱 稻 | 1.17        | 0.93 | 0.55 | 0.45 | 3.10  | 0.55  | 2.55 |
|    | C(杉木)    |     | 1.16        | 0.43 |      | 0.21 | 1.80  | 1.80  | 0    |
| 3  | A(杉木-玉米) | 杉 木 | 2.03        | 1.10 |      | 1.47 | 4.60  | 4.60  | 0    |
|    |          | 玉 米 | 3.71        | 2.21 | 4.26 | 0.56 | 10.74 | 4.26  | 6.48 |
|    | B(杉木-旱稻) | 杉 木 | 3.27        | 8.43 |      | 0.76 | 12.46 | 12.46 | 0    |
|    |          | 旱 稻 | 1.39        | 0.65 | 0.12 | 0.40 | 2.56  | 0.12  | 2.44 |
|    | C(杉木)    |     | 3.73        | 1.48 |      | 1.33 | 6.54  | 6.54  | 0    |

表 8 的资料表明, 通过作物残体还山, 归还给林地的磷数量是少的, 在 A 类型中, 第 1、2、3 年每公顷分别只有 6.32 公斤、7.62 公斤和 6.48 公斤; 而在 B 类型中则更少, 每公顷分别有 4.09 公斤、2.55 公斤和 2.44 公斤。

表 9 不同类型中钾 ( $K_2O$ ) 的吸收量、存留量、归还量的估算 (公斤/公顷)

| 年龄 | 类 型      |     | 各 器 官 中 含 量 |       |      |      | 吸 收 量 | 存 留 量 | 归 还 量 |
|----|----------|-----|-------------|-------|------|------|-------|-------|-------|
|    |          |     | 叶           | 茎、干   | 籽 实  | 根    |       |       |       |
| 1  | A(杉木-玉米) | 杉 木 | 0.25        | 0.01  |      | 0.05 | 0.31  | 0.31  | 0     |
|    |          | 玉 米 | 20.91       | 24.41 | 5.11 | 7.53 | 57.96 | 5.11  | 52.85 |
|    | B(杉木-早稻) | 杉 木 | 0.15        | 0.01  |      | 0.01 | 0.17  | 0.17  | 0     |
|    |          | 早 稻 | 33.78       | 14.20 | 6.85 | 3.21 | 58.04 | 6.85  | 51.19 |
|    | C(杉木)    |     | 0.12        | 0.01  |      | 0.02 | 0.15  | 0.15  | 0     |
| 2  | A(杉木-玉米) | 杉 木 | 8.85        | 0.88  |      | 0.91 | 10.64 | 10.64 | 0     |
|    |          | 玉 米 | 32.62       | 20.86 | 3.10 | 7.04 | 63.62 | 3.10  | 60.52 |
|    | B(杉木-早稻) | 杉 木 | 2.10        | 1.00  |      | 0.70 | 3.80  | 3.80  | 0     |
|    |          | 早 稻 | 14.04       | 17.58 | 2.46 | 3.85 | 38.20 | 2.46  | 35.74 |
|    | C(杉木)    |     | 3.34        | 1.37  |      | 0.54 | 5.25  | 5.25  | 0     |
| 3  | A(杉木-玉米) | 杉 木 | 11.44       | 4.03  |      | 5.79 | 21.26 | 21.26 | 0     |
|    |          | 玉 米 | 25.33       | 21.55 | 2.42 | 5.19 | 54.49 | 2.42  | 52.07 |
|    | B(杉木-早稻) | 杉 木 | 13.68       | 4.51  |      | 3.06 | 21.25 | 21.25 | 0     |
|    |          | 早 稻 | 16.63       | 12.35 | 0.55 | 3.39 | 32.92 | 0.55  | 32.37 |
|    | C(杉木)    |     | 10.75       | 4.59  |      | 3.33 | 18.67 | 18.67 | 0     |

表 9 中的资料表明, 杉木和作物对钾的吸收量较多, 尤其是作物的叶子和茎秆中钾的含量较高。因此, 尽管杉木随其年龄增长对钾的吸收量相应增大, 但是在 A 与 B 类型中除了籽粒所取走的一部分钾以外, 其余部分均归还于林地, 而且钾归还的数量较大。在 A 类型中第 1、2、3 年分别有 52.85 公斤、60.52 公斤、52.07 公斤; 而在 B 类型中分别有 51.19 公斤、35.74 公斤和 32.37 公斤。

从上述分析来看, 杉木幼林阶段间作作物后, 如通过作物残体还山, 可增加土壤有机质含量, 加速营养元素的循环。

## 四、结 论

1. 杉木幼林间作不同作物后反映在群落结构上有明显的差别, 这种差异逐年不一, 第 1 年无论是间作高秆的玉米或低矮的早稻, 作物均处于优势, 但随着杉木年龄的增加, 作物在空间的优势迅速让位于杉木, 这种情况到第 3 年时就十分明显了。

2. 在间作的类型中, 杉木与作物地上和地下部分(根、干、枝、叶、籽实)生物量与它们所占空间位置的大小相一致, 即杉木随其年龄的增加而上升, 作物随杉木年龄的增加而下

降, 其中作物产量下降趋势更为明显, 因此, 从经济效益来看, 间作以头两年较合适, 第 3 年可不必间作。

3. 各类型中群落的生物量逐年增加, 每年均以 A 类型最多, B 类型次之, C 类型最少。但就杉木的生物量来看, 并不与群落的生物量完全一致, 第 1 年 A 类型最多, B 与 C 类型基本相同, 第 2、3 年则为 A 类型 > C 类型 > B 类型。

4. 在作物不同生育期间杉木生物量的增长不同, 在 A 类型中, 玉米的各生育期间, 杉木的生物量均高于 C 类型; 而在 B 类型中, 在早稻生长旺盛期内杉木的生物量明显地低于 C 类型。

5. 杉木幼林地间作农作物后, 因间作物的不同, 造成了不同的生物小气候。在 A 类型中由于地表光照减弱, 气温和地温降低, 相对湿度增高, 地表蒸发量减少, 这种水热状况的改善, 有利于幼时稍能耐荫的杉木生长。在 B 类型中由于早稻叶子密集, 与杉木的枝叶相互重叠, 致使林地光照强度很低, 特别是在早稻生长旺盛期这种现象更为明显, 因而对杉木的生长产生了一定的影响。

6. 杉木幼林阶段间作作物后, 通过作物残体还山, 可增加土壤有机质含量, 加速氮、磷、钾营养元素的循环。

### 参 考 文 献

中国树木志编委会 1976 中国主要树种造林技术。6 页。

叶炳 1963 土壤的理化分析法。105—140 页, 科学出版社。

Kira, T. and T. Shidei 1967 primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the Western pacific. *Jap.J.Ecol.* 17: 70—87,

Monsi, M. 1974 植物群落的数学模型。植物生态学译丛第一集: 123—144。

## STUDIES ON THE PRODUCTION OF YOUNG CUNNINGHAMIA LANCEOLATA COMMUNITIES

FENG ZONGWEI      CHEN CHUYING

*(Institute of Forestry and Soil Science Academia Sinica)*

The field experiment was carried out at Huitong Forest Ecological Research Station in southwest part of Hunan Province. Results obtained from three types *C. lanceolata* intercropped with maize (type A); *C. lanceolata* intercropped with upland rice (type B) and *C. lanceolata* only (type C) during 3 years are summarized as follows:

1. The horizontal structure of trees and crops varies with the stand ages; the coverage of trees increases with increasing the stand ages and the coverage of crops decreases with increasing the stand ages.

2. The vertical distribution of trees and crops varies with the stand ages too. At the 1st year, in different types all crops are taller than trees. At the 2nd year, the type A is similar to the 1st year, and in type B the upland rice are located in same layer with trees. At the 3rd year, in different types all trees are taller than crops.

3. The biomass of leaf, stem, root and seed for crops decreases with increasing stand ages. At the 3rd year, the biomass of seed for maize and upland rice are 505.00kg/ha and 40.50kg/ha respectively. It is appearance that both crops in the communities trend toward decline with increasing stand ages.

4. The biomass of three types At 1,2,3. years shows  $A > B > C$ , but the biomass of trees at the 1st year in the different types of stands is  $A > B > C$  and at the 2nd year or 3rd year being  $A > B > C$ .

5. Returning the stem, leaf and root of crops to soil could lead to increasing the organic matter in soil and promote the cycles of nitrogen, phosphorus and potassium in those stands.

6. The microclimatic condition in type A is more favourable to the growth of trees than that in type B.