

广西龙胜县里骆林场杉木人工林生态系统的 水量结构、分配与平衡*

The Water Constitution, Distribution and Balance of *Cunninghamia lanceolata* Artificial Forest Ecosystem in Longsheng of Guangxi

黄承标

李信贤

Huang Chengbiao

Li Xinxian

(广西农业大学林学院 南宁市邕武路16号 530001)

(Forestry College, Guangxi Agricultural University, 16 Yongwu Road, Nanning, Guangxi, 530001)

摘要 根据1980~1990年的定位观测,广西龙胜县里骆林场23~33年生杉木人工林生态系统的自然贮水量结构为:乔木层17.2 mm,灌木层0.1 mm,草本层0.9 mm,枯枝落叶层0.2 mm,土壤层354.7 mm;依次占系统总贮水量的4.61%、0.03%、0.24%、0.05%、95.07%。系统对大气降水的年分配为:林冠截留198.5 mm,灌木截留27.2 mm,枯枝落叶截留78.0 mm,地表径流14.7 mm,地下渗透65.9 mm,土壤持水354.7 mm,蒸散量870.1 mm;依次占年降水量的12.91%、1.77%、5.07%、0.96%、4.29%、23.06%和56.58%。

关键词 杉木人工林 水量结构 降水分配 水量平衡 广西龙胜

Abstract Based on the fixed-position observations from 1980 to 1990 on Lilo forest farm of Longsheng county, Guangxi, the natural moisture constitution in 23 to 33 years old *Cunninghamia lanceolata* artificial forest ecosystem is 17.2 mm at tree synusia, 0.1 mm at shrub synusia, 0.9 mm at herb synusia, 0.2 mm at litter layer, 354.7 mm at soil layer, and taking up 4.61%, 0.03%, 0.24%, 0.05% and 95.07% of the total moisture respectively. The annual distribution of the precipitation in the ecosystem is Crown-interception 198.5 mm, shrub- and herb-interception 27.2 mm, litter-interception 78.0 mm, surface runoff 14.7 mm, underground seepage 65.9 mm, soil water retained 354.7 mm, evapotranspiration 870.1 mm, and taking up 12.91%, 1.77%, 5.07%, 0.96%, 4.29%, 23.06% and 56.58% of the annual precipitation respectively.

Key words *Cunninghamia lanceolata*, artificial forest, water constitution, precipitation distribution, water balance, Longsheng, Guangxi

就杉木林群落这个特定的生态系统来说,降落到它一定范围内的雨水,一部分被植物群体、林地枯枝落叶及土壤的吸收贮存起来,并通过它们的截留、蒸发、蒸腾又返回到大气中;另一部分从地表和地下流出区域外,以形成对大气降水再分配的格局。

从80年代初开始,我们对广西中亚热带龙胜县里骆林场杉木(*Cunninghamia lanceolata*)人工林生态系统主要的水文层次进行了定位观测,较系统地摸清了这个地区杉木人工林——山地红壤的水分动态与

平衡规律。为这些地区森林水文效益的评价及合理开发利用提供科学依据。

1 试验地概况

试验地设在中亚热带桂东北龙胜县里骆林场,地理坐标在25°50'N, 110°02'E,海拔高340~420 m。土壤为震旦纪砂页岩发育的山地红壤,土层厚度1 m以上,坡度在25~28°之间。年均气温17.6℃,最热月(7月)均温26.1℃,最冷月(1月)均温7.5℃;年降水量1537.9 mm,年均水面蒸发量955.4 mm,年均相对湿度81%,水热系数2.82;年均日照时数

1994-01-15收稿。

* “广西森林生态系统研究”课题的一部分。

表1 样地概况

Table 1 Description of sampling sites

坡位 Slope seat	乔木层 Tree synusia				灌木层 Shrub synusia			草本层 Herb synusia		
	密度 Density (N/hm ²)	树高 Tree heigh(m)	胸径 Diameter (cm)	郁闭度 Grown density(%)	优势种 Dominant species	高度 Heigh (m)	盖度 Coverage (%)	优势种 Dominant species	高度 Heigh (m)	盖度 Coverage (%)
下坡 Below slope	1100	14.8	18.5	75	柃木, 木荷 <i>Eurya japonica</i> , <i>Schima superbar</i>	2.5	30	东方乌毛蕨, 狗脊 <i>Blechnum orientale</i> , <i>Woodwardia japonica</i>	2.0	60
中坡 Middle slope	1288	13.2	17.3	70	柃木 <i>E. japonica</i>	1.5	30	东方乌毛蕨, 狗脊 <i>B. orientale</i> , <i>W. japonica</i>	1.5	65
上坡 Upper slope	2325	8.8	10.9	65	柃木 <i>E. japonica</i>	1.3	25	铁芒箕, 狗脊 <i>Dicranopteris</i> <i>linearis</i> , <i>W. japonica</i>	1.2	80

* 样地面积 Sample area: 32 m × 25 m.

880.0h, 年均风速0.7m·S⁻¹. 试验林分在同一坡面(SW)上, 按不同立地(坡位)设置3个固定标准样地(表1).

2 研究方法

2.1 系统中自然含水量的测定

植被层自然含水量的测定, 结合生物量测定^[1]进行. 乔木层按径阶分布及树高状况, 每样地分别选取6~11株样树, 按各组分分别称重、取样烘干求算. 灌木层按优势种组成分别取样、烘干求算. 草本层设置1m × 1m 样方5块, 分别称重、取样烘干求算.

枯枝落叶层按不同季节和天气状况, 设置1m × 1m 样方5块, 分别收集称重、混合取样烘干求算; 然后将样品浸水12h后提起, 待无滴水时称重, 求算其最大持水量.

土壤层按国家标准局关于森林土壤水分——物理性质的测定方法^[2], 在不同季节和天气状况进行测定.

2.2 系统中对大气降水再分配的测定

在距离试验林分100m相同海拔的同一坡面上, 砍伐林木0.8hm²形成林中空地, 安装虹吸雨量计和标准雨量筒各1个, 以观测林外降水量(P); 在林内, 等方位设置标准雨量筒9个, 以观测林冠穿透水量(T); 按林木径阶分布及树高状况, 选取10株样树, 在其基部安装接水器, 以观测树干茎流量(S); 林冠截留量(I), 按林冠对降水的分配平衡式 $I = P - T - S$ 求算.

林下灌草层(<0.7m)截留量, 采用人工模拟降水的方法^[3]求算.

林地枯枝落叶层截留量, 设置0.5m × 0.5m的尼龙网框, 将原状的枯枝落叶装入其中, 并自然贴靠地面, 于降雨前后称重求算.

地表径流量的测定, 设置20m × 20m地表径流场, 在径流场下边线的中央部位, 设置60°角的三角形薄壁溢流堰池, 堰池上方安放SW40型日记水位计, 作产流过程的自动记录^[4].

地下渗透水量的测定, 采用0.4m × 0.5m开口托盘式集水器, 承接土壤不同层次(A₀、20、40、70、100cm)的下渗水, 通过排水孔和导管流入容器中^[5]测定, 并与降水量的观测时间同步.

2.3 系统中蒸散量的求算

根据连续11年各种气象要素的实测数据, 按公式

$$E_{rr} = 16D_0 \left(\frac{10t_j}{J} \right)^{\alpha} \text{ 求算}^{[6]}. \text{ 式中:}$$

E_{rr} ——月平均蒸散量(mm).

D_0 ——可照时间(从日出到日落), 按12h/d计算, 即用1个月的总白昼时间除以360h(平均白昼时间12h × 30d)所得到的值.

t ——月平均气温(°C).

j ——月(1~12).

J ——年的指数, $J = \sum_{j=1}^{12} \left(\frac{t_j}{5} \right)^{1.514}$.

α —— $6.75 \times 10^{-7} J^3 - 7.71 \times 10^{-5} J^2 + 1.79 \times 10^{-2} J + 0.49$.

3 结果与分析

3.1 系统中的水量结构

杉木人工林生态系统中植被层的自然含水量(表2): 乔木层在96.2~211.2t/hm²之间, 平均为172.0t/hm², 占鲜重59.4%, 是干重的1.5倍. 其自然含水量的变化随坡位的升高呈递减趋势, 与自身生物量的大小基本吻合. 林下灌木层为0.9~1.4t/hm², 平均为1.1t/hm², 占鲜重57.9%. 草本层在6.7~10.4t/hm²之间, 平均为8.5t/hm², 为鲜重60.3%. 据统计, 系统中乔木、灌木、草本层的自然含水量比值,

表2 植被层水量分布

Table 2 The water distribution of vegetable layer

层次 Synusia	组份 Constituent	下坡 Below slope			中坡 Middle slope			上坡 Upper slope			平均 Mean		
		鲜重 F W	干重 D W	含水量 W C	鲜重 F W	干重 D W	含水量 W C	鲜重 F W	干重 D W	含水量 W C	鲜重 F W	干重 D W	含水量 W C
乔木层 Tree synusia	地上 Upperground	285.2	113.2	172.0	281.7	115.8	165.9	135.4	60.2	75.2	234.1	96.4	137.7
	地下 Underground	63.2	24.0	39.2	67.1	24.3	42.8	36.5	15.5	21.0	55.6	21.3	34.3
灌木层 Shrub synusia	地上 Upperground	1.3	0.6	0.7	1.6	0.7	0.9	0.9	0.3	0.6	1.3	0.5	0.8
	地下 Underground	0.5	0.2	0.3	0.9	0.4	0.5	0.5	0.2	0.3	0.6	0.3	0.3
草本层 Herb synusia	地上 Upperground	5.4	2.1	3.3	4.6	1.6	3.0	9.4	4.0	5.4	6.5	2.6	3.9
	地下 Underground	7.7	2.7	5.0	5.9	2.2	3.7	9.2	4.2	5.0	7.6	3.0	4.6
合计 Total		363.3	142.8	220.5	361.8	145.0	216.8	191.9	84.4	107.5	305.7	124.1	181.6

F W=Fresh weight, D W=Dry weight, W C=Water content

表3 枯枝落叶层和土壤层的水量结构

Table 3 The water distribution of litter layer and soil layer

层次 Layer	坡位 Slope seat	湿重 Wet weight (t/hm ²)	干重 Dry weight (t/hm ²)	自然含水量 Natural dampness (t/hm ²)	最大持水量 Maximum retained water (t/hm ²)
枯枝落叶层 Litter layer	下坡 Below slope	7.1	5.1	2.0	17.1
	中坡 Middle slope	8.5	6.1	2.4	20.4
	上坡 Upper slope	9.1	6.8	2.2	22.7
	平均 Mean	8.2	6.0	2.2	20.1
土壤层 Soil layer	下坡 Below slope	12391.3	8673.9	3717.4	4817.3
	中坡 Middle slope	12192.7	8656.1	3536.6	4709.0
	上坡 Upper slope	12093.8	8707.5	3386.3	4647.2
	平均 Mean	12225.9	8679.2	3546.7	4724.5

依次为152:1:8, 与其生物量的比值149:1:7相接近。从而说明系统中植被层除具有生物量的结构特征外, 同样具有其相对应的水量结构特征。

林地枯枝落叶层的自然含水量在2.0~2.4 t/hm²之间, 平均为2.2 t/hm², 是干重36.7% (表3)。

m 深土层的自然含水量为3386.3~3717.4 t/hm², 平均3546.5 t/hm², 相当于354.7 mm 的降水深度, 是系统中总贮水的最大项量 (占95.1%)。

由表3还看出, 1 m 深土层的最大持水量达4724.5 t/hm², 相当于472.5 mm 的降水深度, 与其自然贮水量 (354.7 mm) 相比较, 两者的差值为117.8 mm。如果一次降雨过程的雨量小于或等于117.8 mm, 而且其降雨强度小于或等于土壤渗透速度时, 1 m 深度土层可以全部容纳, 不会或很少发生地表径流。据我们对该林地土壤渗透速度的测定^[4]: 0~20 cm、20~40 cm、40~100 cm 土层的平均渗透速度依次为4.99 mm·min⁻¹、1.74 mm·min⁻¹、0.12 mm·min⁻¹。而该区多年一次降雨过程的平均降雨强度在0.003~0.472 mm·min⁻¹之间; 1小时内的最大降雨强度在0.063~1.312 mm·min⁻¹之间; 10分钟内的最大平均降雨强度为0.167~2.921 mm·min⁻¹。其降雨强度大都小于0~20 cm 土层的渗透速度, 而略大于20 cm 以下土层的渗透速度。所以, 里骆杉木人工林的地表径流是不可能出现很大的。

3.2 系统中大气降水的再分配

3.2.1 降水在植被层的再分配

森林生态系统中的植被层是大气降水进入系统后的第一活动层。在这里, 降水进行第一级再分配。经过连续11年的定位观测表明 (表4), 以穿透水形式进入林内的为1317.9 mm·a⁻¹, 占林外降水量85.69%; 以树干茎流进入林内的为21.5 mm·a⁻¹, 占1.40%; 林冠截留量为198.5 mm·a⁻¹, 占林外降水量12.91%。与湖南会同县广坪林区22年生、密度

表4 降水在植被层的再分配

Table 4 Precipitation distribution in vegetable layer

林外降水量 Precipitation (mm·a ⁻¹)	乔木层 Tree synusia			灌草层截留量 Shrub and herb synusia interception (mm·a ⁻¹)
	穿透水量 Through rall (mm·a ⁻¹)	树干茎流量 Stem flow (mm·a ⁻¹)	林冠截留量 Crown-interception (mm·a ⁻¹)	
1 537.9	1 317.9 (85.69)	21.5 (1.40)	198.5 (12.91)	27.2 (1.77)

括号内的数字为占林外降水量的百分率 Values in brackets are percentages of precipitation.

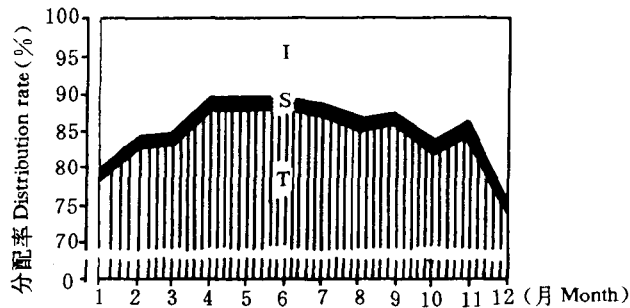


图1 杉木人工林林冠对降水分配

Fig. 1 Distriution of precipitation on crown of *C. lanceolata* artificial forest

2 160 N/hm²、郁闭度0.9的杉木人工林林冠截留量264.6 mm·a⁻¹,占林外降水量24.83%略小^[7]。这是由于里骆杉木林密度及郁闭度较小,同时该区降雨量及降雨强度较大、降水频率较高等因素的影响所致。一年中,杉木林林冠对降水的月分配格局(图1),穿透

表5 降水在林地面的再分配

枯枝落叶截留量 Litter interception (mm·a ⁻¹)	地表径流量 Surface runoff (mm·a ⁻¹)	土壤层不同深度 (cm) 的渗透量 Descending water in different depth (cm) of soil layer (mm·a ⁻¹)				
		A ₀	20	40	70	100
78.0 (5.07)	14.7 (0.96)	900.7 (58.57)	167.2 (10.87)	96.3 (6.26)	71.5 (4.65)	65.9 (4.29)

括号内的数字为占降水量的百分率 Values in brackets are percentages of precipitation.

由表5看出,林地枯枝落叶层的自然截留降水量为78.0 mm·a⁻¹,占林外降水量5.07%;是乔木冠层截留量的39.3%;是林下灌草层截留量的3倍。可见,枯枝落叶层的水文功能是极为显著的。它对于阻滞、分散、减缓和减少地表径流,缓冲雨水对地面的击溅,控制水土流失,增加土壤水分的入渗都具有重要作用。

林地地表径流量为14.7 mm·a⁻¹,年径流系数0.96%。稍大于湖南会同县广坪林区(海拔300~380 m,土壤为震旦纪变质页岩发育的山地红壤,坡度

水量基本随林外降水量的增大而增加,月穿透率变动在73.5%~88.3%之间。其中4~6月穿透率较大,占87.9%~88.3%;12~2月穿透率较小,占74.0%~83.0%;与林外降水量的月分配格局大致呈正相关。树干茎流量的月变化,也基本随林外降水量的增大而有所增加,其月茎流率变动在1.0%~1.6%之间。林冠截留量的月变化,也随林外降水量的增大有所增加,其月截留率在10.1%~24.9%之间变动。其中降雨量及降雨强度较小的10~3月截留率较大,为13.3%~24.9%;雨量较集中,降雨强度较大的4~9月截留率较小,为10.1%~13.2%。

林下灌草层的截留量为27.2 mm·a⁻¹,占林外降水量1.77%。表明林下灌草层的水文生态功能是不可忽视的。它不仅截留一定量的雨水,而且对于分散、减弱林内的降雨动能,减缓降水对林地地面的直接冲击,固结枯枝落叶及土壤是不可缺少的水文层次之一。

3.2.2 降水在林地面的再分配

当大气降水到达林地后,在这里进行降水的第二级再分配。它可分为枯枝落叶层的吸持、土壤层的入渗贮水及地表径流三个分量(表5)。

22° 22年生杉木人工林的年地表径流量9.27 mm,年径流系数0.87%^[7]和江西分宜县山下林场(海拔85~100 m,土壤为低山丘陵地黄红壤,坡度15~20°) 22年生马尾松人工林的年地表径流量1.173 mm,年径流系数0.08%^[8]。这可能与里骆杉木林地坡度、降雨量及降雨强度较大有关。地表径流量的季节变化,为夏季(占81.7%)>春季(占11.0%)>秋季(占5.0%)>冬季(占2.2%)。与所在区域降雨量的季节分配基本吻合。

1 m 深度土层的水分入渗量为65.9 mm·a⁻¹,占

年降水量4.2%。与海南岛尖峰岭半落叶季雨林—褐色砖红壤相同土层的年水分入渗量72.63 mm, 占年降水量2.98%^[5]较接近。其年水分入渗量(率)大体随土层深度的增加而减少。相关分析表明, 该林地土壤年水分入渗量 y (mm) 及其年水分入渗率 y' (%) 分别与土壤深度 x (cm) 呈对数函数相关关系最佳。其回归方程如下:

$$y = 346.7625 - 63.4710 \ln x (r = 0.9576^{**})$$

$$y' = 22.6932 - 4.1538 \ln x (r = 0.9576^{**})$$

所建立的回归方程相关关系极显著。因此, 可根据该区不同土层深度估测其水分入渗量(率)。

3.2.3 系统中的蒸散量与水量平衡

根据连续11年对各种气象水文要素的实测数据, 得出杉木人工林生态系统的蒸散量为870.1 mm·a⁻¹, 占年降水量56.58%。与湖南会同县广坪林区杉木人工林年蒸散量865.03 mm, 占年降水量(1065.0 mm) 81.2%^[7]和海南岛尖峰岭半落叶季雨林的年蒸散量767.3 mm, 占年降水量(1703.9 mm) 44.33%^[5]相比较, 三处的年蒸散量较接近, 所不同的是年蒸散率差异较明显。这主要是区域降水量显著差异所制约的结果。

年中蒸散量的季节变化, 为夏季(占47.3%) >

秋季(占24.8%) > 春季(占23.1%) > 冬季(占4.8%), 与气温的季节变化基本吻合。月平均蒸散量相应比降水量减少0.7~157.2 mm。其中1~6月减少57.7~157.2 mm; 7~12月减少0.7~47.8 mm(图2)。多年的观测统计表明, 除个别年份中7~10月的个别月份出现蒸散量略大于降雨量外, 其他月份的蒸散量均明显小于降雨量, 几乎不存在水分亏缺现象。从而说明, 就水分这一因子来说, 水分完全满足杉木的生长。

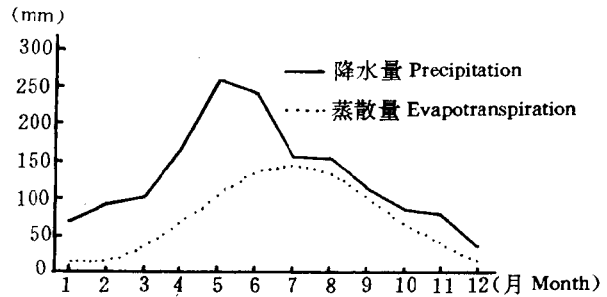


图2 杉木人工林蒸散量与降水量的关系

Fig. 2 Relationship between evapotranspiration and precipitation of *C. lanceolata* artificial forest

杉木林系统中各水文层次对大气降水的分配格

表6 杉木人工林-山地红壤的水量平衡 (mm·a⁻¹)

Table 6 Water balance in Chinese fir artificial forest-mountain soil

降水量 Precipitation	地表径流 Surface runoff	地下渗透 Underground seepage	蒸散量 Evapotranspiration	林冠截留 Crown-interception	灌草截留 Shrub- and herb-interception	枯枝落叶截留 Litter interception	土壤持水 Soil waterretained	误差 Error
1537.9 (100.0)	14.7 (0.96)	65.9 (4.29)	870.1 (56.58)	198.5 (12.91)	27.2 (1.77)	78.0 (5.07)	354.7 (23.06)	71.2 (4.63)

括号内数字为占降水量的百分数 Values in brackets are percentages of precipitation

局汇总于表6。由表6看出, 在水量支出中, 蒸散量为870.1 mm·a⁻¹, 占56.58%, 是水量支出项的主要形式。以径流形式支出的水量为80.6 mm·a⁻¹, 占5.24%, 其中以地表径流形式支出的仅占0.96%。枯枝落叶层截留的水量为78.0 mm·a⁻¹, 占5.07%。系统中水量的总支出1254.4 mm·a⁻¹, 占总收入水量的81.57%。与国外一些学者所研究的森林流域水量平衡中的水量支出占水量收入88.58%^[6]较接近。土壤层吸持水量为354.7 mm·a⁻¹, 占23.06%。其总误差为71.2 mm·a⁻¹, 占4.63%。造成这一误差的原因, 主要在于土壤层水分收入远大于水分支出^[9]的缘故。

4 结论

里骆杉木人工林—山地红壤各水文层次的自然水量结构分别为: 乔木层17.2 mm, 占4.61%; 灌木层0.1 mm, 占0.03%; 草本层0.9 mm, 占0.24%; 枯

枝落叶层0.2 mm, 占0.05%; 土壤层354.7 mm, 占95.07%。

系统中各水文层次对大气降水的年分配为: 杉木林林冠穿透水1317.9 mm, 占85.69%; 树干茎流21.5 mm, 占1.40%; 林冠截留198.5 mm, 占12.91%。林下灌草截留27.2 mm, 占1.77%。林地枯枝落叶截留78.0 mm, 占5.07%。地表径流14.7 mm, 占0.96%。土壤深层入渗65.9 mm, 占4.29%。蒸散量870.1 mm, 占56.58%。

年中月平均蒸散量比降水量减少0.7~157.2 mm, 其中, 处于杉木生长旺盛期的3~6月比降水量减少68.0~157.2 mm。因此, 就水分这一因子来说, 水分完全满足杉木的正常生长, 几乎不存在水分亏缺现象。

(下转第48页 Continue on page 48)

现癌前病变,这里进一步提示了前面所述的肝癌瘤苗阻断肝癌发生的可能的环节所在。在脾脏生发中心减少或萎缩方面,A组发生率最低(与脾细胞玫瑰花结试验结果相符),它与B、C组相比较有显著性差异。原因可能是: DENA及肝癌本身对机体的免疫系统有损害作用,它们能使Wistar大鼠脾脏的生发中心减少或萎缩,而肝癌瘤苗可作为抗原刺激脾脏白髓的淋巴小结中的生发中心生长,使A组动物的脾脏生发中心减少或萎缩的发生率较低。A组中最大的肝癌结节较B、C组中的最大结节为小,这一点也提示肝癌瘤苗具有抗肝癌作用。

综上所述,在DENA诱发Wistar大鼠肝癌过程中应用肝癌瘤苗能提高该鼠的细胞免疫功能,亦提示有提高体液免疫功能的趋势。肝癌瘤苗可能主要在肝脏的癌前病变发展为肝癌这一环节上起作用,从而使实验组动物的肝癌发生率降低。

过去,对原发性肝癌行冷冻外科治疗已有不少报道。但采用体外冷冻方法制备肝癌瘤苗进行防治原发性肝癌的研究,除广西肿瘤研究所外还未见报道。本实验采用体外冷冻方法制备肝癌瘤苗并应用于阻断DENA诱发Wistar大鼠肝癌过程中的研究,取得了良

好的效果,为原发性肝癌的冷冻免疫防治研究的可行性提供了有力的证据,从而有可能为人类原发性肝癌的防治探索出一条新的有效的途径。

参考文献

- 1 郭玉德主编. 实用冷冻疗法. 北京: 人民卫生出版社, 1990. 51~74.
- 2 元前军. 冷冻外科新进展. 山东: 中国制冷学会第六委员会, 1988. 14~19.
- 3 赵长春, 王庭桂, 杨春生主编. 临床免疫检验学. 天津: 天津科学技术出版社, 1990, 353~354.
- 4 上海市医学化验所主编. 临床免疫学检验上册. 上海: 上海科学技术出版社, 1983, 44~48.
- 5 顾长海. 临床细胞免疫学. 重庆: 重庆出版社, 1990, 285~300.
- 6 Gage-AA. Gynosurgery in the treatment of cancer. surg-Gynecol-Obstet, 1992, 174 (1): 73~92.
- 7 曲云英, 高美华, 邱世翠. 液氮冷冻对小鼠免疫功能的影响. 中国应用生理学杂志, 1991, 7 (1): 89~90.
- 8 高美华, 曲云英, 邱世翠等. 液氮冷冻对免疫功能影响的实验观察. 中华理疗杂志, 1990, (2): 82~83.

(责任编辑: 梁积全、蒋汉明)

(上接第 28 页 Continue from page 28)

致谢

龙胜县里骆生态站及本院生态室的部分同志参加野外观测工作, 在此致谢!

参考文献

- 1 温远光等. 广西不同生态地理区域杉木人工林的生物生产力. 广西农学院学报, 1988, 7 (2): 55~66.
- 2 中华人民共和国国家标准局. 森林土壤水分—物理性质的测定. GB7855~87. 1988.
- 3 黄承标. 里骆林区不同森林类型对大气降水的再分配. 广西林业科技, 1988, (1): 8~12.
- 4 黄承标等. 广西不同植被类型地表径流的研究. 林业科学, 1991, 27 (5): 490~497.
- 5 卢俊培等. 热带亚热带森林水文学研究综述. 热带林业科技, 1987, (2): 1~8.
- 6 中野秀章著. 森林水文学. 李云森译. 北京: 中国林业出版社, 1983, 121~124, 212~213.
- 7 康文星等. 杉木人工林水量平衡和蒸散的研究. 植物生态学与地植物学学报, 1992, 16 (2): 187~195.
- 8 马雪华. 杉木、马尾松人工林径流特征的研究. 林业科学研究, 1992, 5 (3): 284~289.
- 9 刘醒华. 中国西南高山暗针叶林森林土壤生态的动力学研究与方法. 见: 国际林联山地森林保护与管理学术会议论文集, 北京: 科学出版社, 1992, 70~73.

(责任编辑: 蒋汉明)