

文章编号: 1001- 9499 (2000) 01- 0017- 03

西双版纳橡胶—咖啡人工群落降雨径流初步研究

刘文杰 张克映 马友鑫 刘玉洪 张一平 李红梅

(中国科学院西双版纳热带植物园生态站, 云南省 勐腊县勐仑 666303)

由降雨造成的径流(地表径流和地下径流)是水分循环和水量平衡的基本要素,是气候、植被、地理因素相互作用的结果。因地表径流的快速流失,缓慢有序的地下径流成了控制土壤水分变化的主导因子。区分地表径流和地下径流的关键是确定下渗率 F_c ,进而研究土壤水的补给及流出规律。

现利用自然流域集水区连续4年的观测资料,研究分析土壤的降雨径流及下渗率的变化规律。

1 自然概况和观测方法

实验集水区位于云南省勐腊县勐仑镇热带生态站(101°15'E, 21°56'N, 海拔560m)橡胶—咖啡人工群落区,其内选一地形完整的小流域(面积为10hm²),平均坡度15°。橡胶树定植在环坡1.5m宽稍上倾台地上,行距5m,行间间种咖啡,橡胶林龄为9年。本区位于热带北缘西南季风气候区,年降水量1500mm,干、雨季分明,干季11~4月降水占全年的15%,雨季5~10月占85%,年均温21.7℃,干燥度1.01。应用“小集水区径流技术”在集水区沟洼常年地下水出口处从不透水的基岩上修筑截水墙,并修建一测水堰(直角三角加矩形堰),用水位计自计水位,定期测量土壤

流失量。

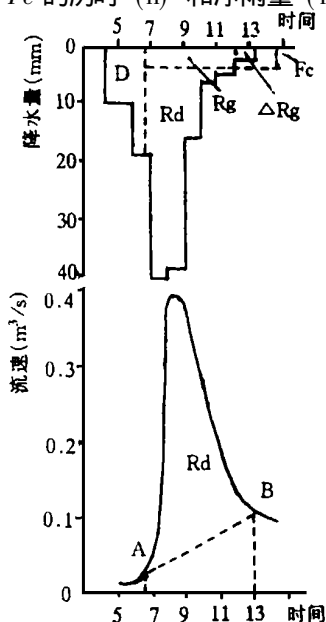
2 结果与分析

2.1 稳定下渗率 F_c 的确定

现以一次暴雨(132.7mm/d)和一次中雨(3.72mm/d)过程为例计算 F_c 。如图为实测流量过程线和降雨分布。 F_c 的计算式为:

$$F_c = (R_g - \Delta R_g) / (t - \Delta t)$$

式中 t 为净雨历时(h); R_g 为降雨过程中的地下径流(mm); Δt 、 ΔR_g 分别为净雨强度小于 F_c 的历时(h)和净雨量(mm)。



F_c 分析示意图 (1994- 07- 14)

根据实测降雨和相应水位资料可分析确

来稿日期: 1999- 07- 16

责任编辑: 任少英

定 F_c 。 R_g 从实测流量过程线上采用斜线分割法分割而得。如图所示, 从过程线起涨点 A 至地表径流终止点 B 连直线 (B 点可根据多次退水资料求得, 对本集水区, 统计得 B 点在雨止后约 $2h$), 直线下部为地下径流。 t 、 Δt 、 ΔR_g 可从降雨及水位自记资料中统计出来, 也与 F_c 有关, 所以求 F_c 时要试算。图中 D 表示流量过程线陡涨时刻前的降水量, 它主要包括植物截留、土壤贮存、填充洼地和雨期蒸发等, 可由资料统计得出 (见表 1)。

表 1 F_c 计算表

日期 时间	降水量 P (mm)	总径 流量 R (mm)	净雨 历时 (h)	$F_c = 2.80\text{mm/h}$	
				地下径流 R_g (mm)	地表径流 R_d (mm)
1994- 07- 14					
05: 00	9. 7	0. 3	0. 9	0. 3	0. 0
06: 00	19. 5	1. 4	1. 0	1. 4	0. 0
07: 00	40. 5	9. 8	1. 0	2. 8	7. 0
08: 00	39. 5	16. 8	1. 0	2. 8	14. 0
09: 00	16. 8	14. 0	1. 0	2. 8	11. 2
10: 00	3. 7	3. 7	1. 0	2. 8	0. 9
11: 00	3. 1	3. 1	1. 0	2. 8	0. 3
累计	132. 7	49. 1	6. 9	15. 7	33. 4
1994- 07- 15					
09: 00	5. 7	1. 1	0. 7	1. 1	0. 0
10: 00	10. 3	6. 3	1. 0	1. 7	4. 7
11: 00	16. 2	10. 4	1. 0	2. 8	7. 6
12: 00	5. 0	3. 0	0. 8	2. 8	0. 2
累计	37. 2	20. 8	3. 5	8. 4	12. 5

F_c 确定, 则此次降雨形成的总径流过程就可分解。如前所述, 对于降雨形成的径流线而言, 其稳定下渗部分为地下径流, 超过稳定下渗率 F_c 的部分为地表径流。总径流线有一明显的起涨时间 (6: 20~ 6: 40), 此后陡涨; 地下径流线缓慢上升, 至 7: 20 趋于稳定, 直至本次降雨结束而重合于总径流线 (此时已无地表径流); 地表径流自

6: 40开始, 随后陡涨, 其过程最高点与总径流过程线同步。这说明, 随着土壤含水量趋近田间持水量, 下渗率趋于稳定, 而地表径流占总径流的主要部分。

2. 2 下渗率的特征

2. 2. 1 稳定下渗率 F_c 随雨强的变化

选雨量大于 20mm 雨日, 用上述方法求各级别降水强度下的 F_c 值点绘于图上, 求得拟合曲线。可看出, 当 $H \leq 10\text{mm/h}$ 时, $F_c = 0.25H$ ($P < 0.001, r = 0.9724$); 当 $H > 10\text{mm/h}$ 时, $F_c = 0.45/(1 + 0.125H)$ ($P < 0.001, r = 0.9611$)。即: H 取值 (0, 10), F_c 直线增长; F_c 在 $H > 10\text{mm/h}$ 时变化缓慢, 按双曲线形式减缓, 趋于稳定 (2.81mm/h)。这与前面计算的稳定下渗率 (2.80mm/h) 相近。

2. 2. 2 下渗率随时间的变化

表征下渗曲线 $F - t$ 的数学方程式比较普遍利用霍顿 (Horton, 1940) 方程:

$$Ft = F_c + (F_o - F_c)e^{-kt}$$

式中 F_t 为 t 时刻的下渗率 (mm/h); F_o 为土壤干燥时的最大下渗率 (mm/h); F_c 为稳定下渗率 (mm/h); k 为下渗率递减率系数。 F_o 可通过统计分析干旱期降雨强度最强的阵雨过程, 由其径流过程线陡涨前的降雨强度代替, 对本集水小区, 求得 F_o 为 20mm/h; F_c 已知, k 在湿润地区的闭合流域取 1。以上所有值代入上式, 可绘出下渗率曲线 $F - t$ 。自降雨 2 小时后, F_t 基本趋于稳定 ($= F_c$), 前期 F_t 逐渐减小。此时也是地表径流形成之时, 即 F_c 就是地下径流的来源, 而 $H - F_c$ 为地表径流的来源。

2. 3 总径流的划分及水文系数

按上述对稳定下渗率的分析, 对 4 年内每次大的降雨 ($H > 10\text{mm/h}$, 可引起流量过程线陡涨) 过程分析求各次的 F_c , 以各月内的 F_c 取平均代表当月的降雨稳定下渗率, 月内无大降雨 (或无降雨) 过程则用该月较近月的 F_c 代替, 计算结果如表 2。可

看出, 各月 F_c 不同, 但变化较小, 各月平均均为 2.82mm/h。

表 2 各月稳定下渗率 F_c (mm/h)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
F_c	2.84	2.84	2.82	2.82	2.81	2.81	2.78	2.80	2.79	2.82	2.84	2.84	2.82

表 3 地表径流与地下径流年分配

月份	降水量 (mm)	地表径流 (mm)	地下径流 (mm)	总径流 (mm)	降雨下渗 补给率	土壤侵蚀量 (kg)
1	1.7	0.0	7.2	7.2	1.0	0.0
2	10.1	0.0	5.0	5.0	1.0	0.0
3	20.9	0.1	3.4	3.5	0.97	0.0
4	69.2	0.2	0.2	0.4	0.97	0.0
5	119.4	0.0	0.1	0.1	0.99	0.0
6	418.3	27.1	57.1	84.2	1.0	483.0
7	319.8	82.1	99.4	171.5	0.80	252.4
8	266.4	48.4	98.0	146.4	0.46	85.1
9	142.8	3.1	30.3	33.7	0.47	42.3
10	49.2	1.2	29.0	30.2	0.76	10.5
11	57.2	0.5	8.7	9.2	0.77	0.0
12	39.1	0.3	6.1	6.4	0.83	0.0
年合计	1 514.1	163.0	344.8	497.8	0.84	873.7
径流系数	...	10.8%	22.8%	32.9%	...	...

有了各月 F_c , 参照月内每次降雨期间的总径流线, 在陡涨点以后, 当 $H > F_c$ 时, 地下径流强度等于 F_c , 地表径流强度等于 $H - F_c$; 当 $H \leq F_c$ 时, 则 H 即为地下径流强度, 而没有地表径流。相应, 对陡涨点以前及降雨停止以后, 因没有地表径流, 地下径流即是总径流。有降雨过程而总径流线稳定, 表明没有形成地表径流, 仅有地下径流。

水文系数中的径流系数 $a = R/P$ (R 为年径流深, P 为年降水量) 及降雨下渗补给系数 $a_i = \Delta R/P$ (ΔR 为时段降雨下渗补给地下水的水量深, 对此集水区应为时段降水量扣除相应期总径流, P 为时段降水量; 因 a_i 对每次降雨是不同的, 所以分别求各月内

a_i 的平均值), 计算结果列于表 3。

由表 3 可看出, 集水区年径流量为 497.8mm, 径流系数 0.329。其中地下水输出 344.8mm, 径流系数为 0.228; 以地表水形式输出 163.0mm, 径流系数为 0.108。总的说来, 集水区以径流形式支出的水量不多, 只有大气降水的 32.9%, 而所剩 67.1% 的降水又多以蒸发散形式返回大气。从地下径流年变化看, 它滞后于降雨, 年内降雨最多在 6 月 (418.3mm), 但地下径流峰值 (99.4mm) 在 7 月出现, 其原因一是 7 月降雨较多, 二是最多降雨的 6 月增加土壤蓄水后滞影响。4~5 月和 9~10 月降水量相差不多, 但后者的地下径流量却是前者 (下转第 8 页)

Study on the Afforestation Technology of *Abies holophylla* Maxim

SUN Yue- yin

(Mudanjiang Research Institute of forestry 157000)

Abstract In this paper, afforestation technology for *Abies holophylla* Maxim is studied. The results are as follow: the planting density is 6 600 trees/ hm^2 , hilldown, north slop, north by east slop and north by west slop are the suitable sites for *Abies holophylla* Maxim growth and planting while preparing will be taken.

Key words *Abies holophylla* Maxim; Afforestation; Culture technique

(上接第 19 页)

的 200 倍左右, 这与 6~ 8 月的降水量多 (占全年 60%)、大量降水贮存在土壤内的后滞影响有关。相应, 地表径流峰值也出现在 7 月 (82. 1mm), 其原因是 7 月降雨强度较强 ($\geq 10. 0\text{mm/h}$ 的雨日可达 17 天)。而 6 月的降雨量虽多, 但强度较小 ($\geq 10. 0\text{mm/h}$ 的雨日 10 天), 所以地表径流不及前者。干季 11~ 4 月, 地表径流基本没有, 地下径流仅为 30. 6mm (占全年 8. 9%), 此时期降雨强度小、土壤干燥, 所有降水多用于补充上层土壤缺水及植物截留蒸发。而雨季的 6~ 7 月总径流量是 255. 7mm (占全年的 51. 4%), 其中地表径流 109. 2mm, 占全年地表径流的 67. 0%, 土壤侵蚀量为 735. 4Kg (占全年 84. 2%), 说明水土流失侧重在 6~ 7 月份。

3 结 论

3. 1 区分地下径流和地表径流的关键是确

定稳定下渗率 F_c 。计算结果表明, 各月 F_c 不同 (趋近于 $2. 80\text{mm/h}$), 平均为 $2. 82\text{mm/h}$ 。 F_c 在每次降雨过程中是随雨强 H 而变化的, 其值随 H 的增大而趋于常数 $2. 80\text{mm/h}$ 。

3. 2 地下径流和地表径流的峰值均在 7 月, 尽管 6 月份降水量最多, 但 7 月降雨强度较大, 加之 6 月降水增加土壤水的后滞影响, 因而 7 月份地下径流和地表径流量最多。

3. 3 降雨下渗补给率呈干季 (11~ 4 月) 大于雨季 (5~ 10 月), 说明雨季降水对土壤的有效性不如干季。干季土壤缺水, 雨季水土流失多, 尤其是 6~ 7 月最甚。

参 考 文 献

- [1] 康文量等. 杉木人工林水量平衡和蒸散的研究. 植物生态学与植物学学报, 1992, 16 (2): 187~ 195
- [2] 施成熙等编. 农业水文学. 北京: 农业出版社, 1984, 129~ 260