

对六盘山主要森林类型 涵蓄降水能力的探讨

刘向东 吴钦孝

(中国科学院西北水土保持研究所
水利部)

摘 要

本文分析了六盘山林区主要森林类型土壤的水文性质、最大贮水能力,探讨了林地涵蓄降水量的最大值,并提出了计算公式,林地土壤涵蓄降水量包括非毛细孔隙的滞蓄量和部分毛细孔隙持水量,且有季节变化。其计算公式为 $W_T = W_a - W_o + W_c$ 或 $W_T = W_a - W_o$ 。

关键词 六盘山 森林类型 土壤贮水量

AN APPROACH TO SOIL STORAGE CAPACITY IN MAIN FOREST TYPES OF LIUPANSHAN REGION

Liu Xiangdong Wu Qinxiao

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation under The Chinese
Academy of Sciences and The Ministry of Water Conservancy)

Abstract

This paper has analysed the soil hydrologic properties and its maximum storage capacity in main forest types of Liupanshan region, approached the problem of the maximum of rainfall conserved in soil and advanced a calculation formula. The rainfall conserved in soil, including moisture capacity of non-capillary pore and part of capillary pore, varied with season. Its formula may be expressed as $W_T = W_a - W_o + W_c$ or $W_T = W_a - W_o$.

Key words Liupanshan forest type soil storage capacity

六盘山雄踞宁夏回族自治区南部,是黄土高原温带山地森林发育较好的地区之一。境内气候比较湿润,森林密布,具有黄土高原“湿岛”之称。六盘山呈西北至东南走向,是泾河、葫芦河、清水河的发源地,森林在涵养水源、保持水土方面具有重要作用。1980年国务院108号文件确定六盘山为黄土高原重要的水源涵养地,1982年宁夏自治区决定建立六盘山自然保护区。因此,评价该区森林的水源涵养功能,对保护区的经

营管理具有重要意义。

1 自然概况

六盘山地处我国黄土高原中部, 海拔2 500~2 800m。地跨北纬 $35^{\circ}14' \sim 35^{\circ}41'$, 东经 $106^{\circ}13' \sim 106^{\circ}23'$ 。年平均气温 $5.1^{\circ} \sim 5.8^{\circ}\text{C}$, 其中高山地区仅 1.0°C ; $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温2 500 $^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温1 720~1 930 $^{\circ}\text{C}$, 无霜期127~160天。年降水量550~820mm, 大部分地区在600mm以上, 多集中在夏秋季, 6~9月的降水量占全年总降水量的72.2%; 年蒸发量1 426mm, 平均相对湿度68%。

六盘山岩层主要由砂岩、页岩、砾岩、灰岩构成, 经多次造山运动, 裂隙、节理较发育, 主要土壤类型为灰褐土, 占土壤总面积的94.4%, 其次为亚高山草甸土、新积土等。成土母质为沙质泥岩、页岩、灰岩风化物的堆积物或坡积物, 中壤质至重壤质, 有机质含量丰富, 结构疏松。

六盘山植被基带为森林草原, 分布于海拔1 700~2 300m之间, 其上为落叶阔叶林带, 海拔2 700m以上为亚高山草甸。

组成森林的主要建群种有: 辽东栎 (*Quercus liaotungensis*)、山杨 (*Populus davidiana*)、白桦 (*Betula platyphylla*)、红桦 (*Betula albo-sinensis*)、糙皮桦 (*Betula utilis*)、少脉槲 (*Tilia pauciosata*)、中国槲 (*Tilia chinensis*)、华山松 (*Pinus armandi*) 等。

2 林地土壤水文特性

六盘山的森林是经多代萌生的次生林, 发育历史悠久, 森林茂密, 类型多样, 结构良好, 林下土壤发育充分, 主要类型为灰褐土, 分布于辽东栎林、山杨林、白桦林、槲木林、华山松林以及许多灌丛下。剖面构型自上而下为:

2.1 枯枝落叶层 一般有1~5 cm厚的枯枝落叶层, 主要为森林植物器官的凋落物, 每公顷蓄积量12.5~22.3t, 最大持水率174.6%~351.0%;

2.2 半分解状松软腐殖质层 一般厚12.5~13.3cm, 暗灰色, 团粒结构, 疏松, 土壤容重为 $0.70 \sim 0.98\text{g/cm}^3$, 总孔隙率62%~70%, 有机质平均含量7.4%~13.4%, 根系含量丰富, 中壤质至重壤质。

2.3 矿质土有机质层 平均厚度18~24cm, 有机质含量4.6%~9.4%, 核状和柱状结构, 疏松, 中壤至重壤质, 土壤容重 $0.98 \sim 1.25\text{g/cm}^3$, 总孔隙率52%~62%, 根系较多;

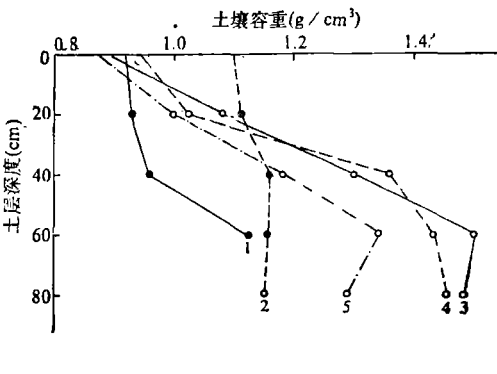
2.4 过渡层 平均厚度17~19cm, 壤质或粘壤质, 块状或粒状结构, 稍紧实, 壤土, 容重 $1.20 \sim 1.43\text{g/cm}^3$, 总孔隙率49%~58%;

2.5 淀积层 平均厚27~42cm, 壤质或粘质, 块状或核状结构, 紧实。

林区土壤剖面的这种构型, 使土壤水文特征如下:

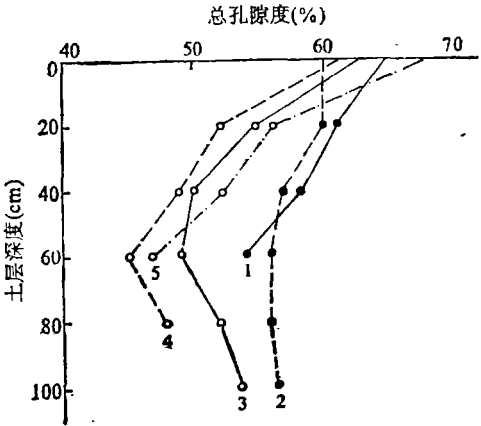
1. 土壤容重随剖面深度而增加, 除人工林因整地因素影响外, 在0~60cm土层内递增较快, 其下变化较小(图1)。

2. 土壤总孔隙率、毛管孔隙率和非毛管孔隙率随剖面深度而减小, 其中, 总孔隙



1. 油松人工林 2. 落叶松人工林
3. 杂灌辽东栎林 4. 杂灌白桦林
5. 杂灌山杨林

图1 林地土壤容重在剖面上的变化



1. 油松人工林 2. 落叶松人工林
3. 杂灌辽东栎林 4. 杂灌白桦林
5. 杂灌山杨林

图2 林地土壤总孔隙度在剖面上的变化

率在0~60cm土层递减较快,其下较慢(图2);非毛管孔隙度在0~40cm土层递减较快(图3)。

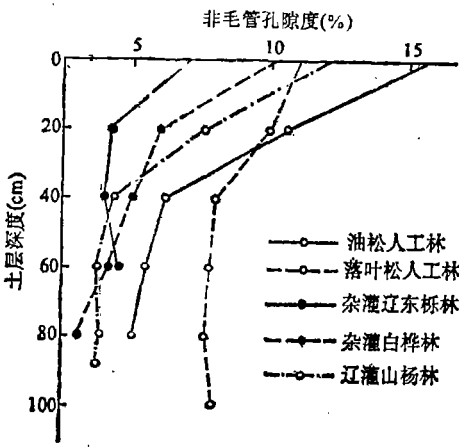
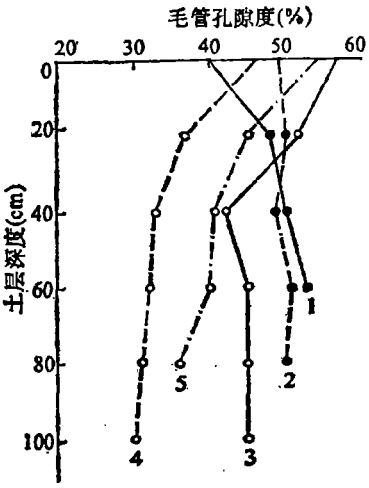


图3 林地土壤非毛管孔隙度在剖面上的变化



1. 油松人工林 2. 落叶松人工林
3. 杂灌辽东栎林 4. 杂灌白桦林
5. 杂灌山杨林

图4 林地土壤毛管孔隙在剖面上的变化

3 林地土壤贮水能力

林地土壤贮水量分为毛管饱和持水量和非毛管滞蓄量,两者可用下式计算:

$$W = 10\,000 \times hp \tag{1}$$

式中, W——贮水量, 以t/ha计; h——土层厚, 以m计; p——毛管孔隙率或非毛管孔隙率, 以百分率计。

用上式计算的六盘山主要森林类型贮水能力如表 1。

表 1 不同森林类型土壤的贮水能力

| 森林类型 | 土壤饱和持水量 | 毛管饱和持水量 | 非毛管滞蓄量 |
|---------|---------|---------|--------|
| | (t/ha) | | |
| 油松人工林 | 3724.9 | 2869.5 | 855.4 |
| 落叶松人工林 | 5919.5 | 4994.0 | 925.5 |
| 杂灌辽东栎林① | 5360.6 | 4773.3 | 587.3 |
| 杂灌辽东栎林② | 4385.2 | 3348.0 | 1037.2 |
| 榛子白桦林① | 3909.8 | 3515.0 | 393.9 |
| 榛子白桦林② | 3296.5 | 2791.5 | 505.0 |
| 杂灌山杨林① | 3335.6 | 2812.5 | 523.1 |
| 杂灌山杨林② | 4878.8 | 4286.4 | 592.4 |
| 箭竹山杨林 | 4255.6 | 3306.0 | 949.6 |
| 山脊辽东栎林 | 5578.6 | 4490.0 | 1088.6 |
| 青杨人工林 | 4304.6 | 3448.6 | 856.0 |
| 灌丛① | 3400.9 | 2778.0 | 622.9 |
| 灌丛② | 2795.4 | 2126.6 | 668.8 |

由表 1 可以看出，六盘山主要森林类型的非毛管孔隙滞蓄能力为 390~1 110t/ha，相当于 39~110mm 水深；土壤毛管饱和持水能力为 2 100~5 000t/ha，相当于 210~500mm 水深；土壤饱和持水量 2 700~5 660t/ha，相当于 270~560mm 水深。各类型之间差距较大，主要是受土层厚度和土壤孔隙度的影响

4 林地土壤涵蓄降水的评价

在评价森林土壤涵养水源的效益时，通常用非毛管孔隙度的持水量来计算。非毛管孔隙涵蓄的降水量是假定充满水的，实际上，非毛管孔隙充满的水受重力的影响，不断向土层深层渗透，向山坡下部排泄，成为地下水或壤中流。因此，这种滞蓄量是暂时的，是非毛管孔隙达饱和的瞬时蓄水量，在排除以后，仍能维持其滞蓄降水的能力，它对涵养水源具有重要意义。

毛管孔隙持水量虽然不能排除，起涵养水源的作用，但保持的水分可供林木根系吸收。

森林土壤毛管孔隙并非随时随地都充满水，由于林木强大的蒸腾耗水，有时森林土壤的含水量在田间稳定湿度以下，尤其是黄土丘陵半干旱区，林地土壤水分经常处于亏缺状态。此时毛管孔隙也能涵蓄降水。我们经常看到，在旱季一次降水 30~40mm，林地坡面很少产生径流，但在雨季，仅降水 10mm，也会产生较大径流，根本的区别是土壤含水量不同。因此，森林土壤涵蓄降水能力应当包括非毛管孔隙滞蓄量和部分毛管孔隙持蓄量。可用下式计算：

$$W_T = W_s - W_o + W_e \quad (2)$$

式中： W_T ——涵蓄降水量，以 mm 计； W_o ——非毛管孔隙滞蓄量，以 mm 计；

W_a ——毛管饱和持水量，以mm计； W_o ——土壤含水量，以mm计。

毛管孔隙饱和持水量和非毛管孔隙滞蓄量之和为土壤饱和持水量，因此，上式可写为：

$$W_T = W_A - W_o \tag{3}$$

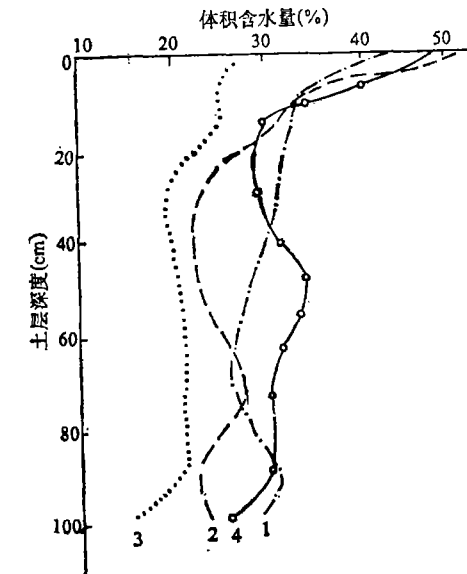
式中， W_A ——土壤饱和持水量。

③式的 W_A 、 W_o 可以分层测得，在实际应用中用下式计算：

$$W_T = 1000 (P - P_c) \times h \tag{4}$$

式中 P ——土壤饱和持水率，即总孔隙率，以体积百分率计； P_c ——土壤含水量，以体积百分率计； h ——土层厚度，以m计。

由④式计算的白桦林、辽东栎林、山脊辽东栎林、落叶松人工林等林地土壤在1983年7~11月的平均涵蓄降水能力为137.7~234.0mm（表2），其中非毛管孔隙的滞蓄量在32.6%~45.5%，其余为毛管持蓄量。在表列4种类型中，以华北落叶松林最大。该林分正处中龄林，生长旺盛，林分密度大。郁闭度高（0.90），蒸腾作用强烈，对降水的截留量也大，因此，土壤含水量较其它三类林分低（参见图5），对降水的涵蓄能力大。



1. 白桦林 2. 辽东栎林
3. 华北落叶松林 4. 山脊辽东栎林

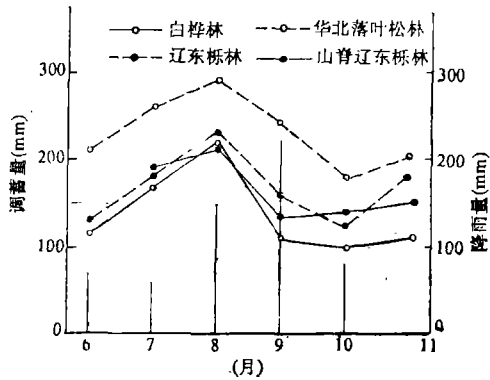


图6 几种森林类型调蓄降水量的季节动态(1983年)

图5 不同森林类型土壤水分比较

上述林地涵蓄降水的量力是在70cm土层内充满水而实现的，且有一个复杂的水文过程，由于六盘山森林土壤疏松多孔，入渗速率为11~22mm/min（用流水型下渗仪测定），多数次降水都可被吸收。

林地土壤涵蓄降水量与土壤湿度有关，而土壤湿度受降水的影响有季节变化，因此，林地土壤涵蓄降水能力也有季节动态（图6）。图中4种森林土壤涵蓄降水能力的季节动态基本一致，与降水量呈负相关，且有滞后现象。

表2 几种森林涵蓄降水的能力* (mm)

| 类 型 | 饱和持水量 | 6~11月平均 土壤含水量 | 涵蓄降水量 | 其中非毛管孔 隙涵蓄量 |
|--------|-------|------------------|-------|----------------|
| 白桦林 | 364.7 | 227.0 | 137.7 | 62.3 |
| 辽东栎林 | 377.3 | 210.1 | 167.2 | 62.6 |
| 山脊辽东栎林 | 378.9 | 221.4 | 157.5 | 71.7 |
| 华北落叶松林 | 413.0 | 179.0 | 234.0 | 76.3 |

*按80cm土层计算

5 结 论

5.1 六盘山森林土壤发育良好，一般具有1~5cm厚的枯枝落叶层和12~13cm厚的腐殖质层，有机质含量7.4%~13.4%，结构疏松，多孔隙，但土层浅薄，含有砾石，影响对降水的贮蓄能力。

5.2 六盘山主要森林的最大贮水能力为2 700~5 600 t/ha，相当于270~560 mm水深，其中非毛管孔隙贮水量为390~1 100 t/ha，相当于39~110 mm水深，毛管饱和持水量2 100~5 000 t/ha，相当于210~500mm水深。

5.3 六盘山森林土壤对降水的涵蓄能力应包括非毛管孔隙滞蓄量和部分毛管孔隙持水量，受土壤含水量的影响，而有季节变化，全年平均涵蓄降水量为138~234 mm (按0.7m土层深计算)，其中非毛管孔隙滞蓄量占32.6%~45.5%，毛管孔隙占54.5%~67.4%。

参 考 文 献

[1] M.J.柯克比主编、刘新仁等译。《山坡水文学》，哈尔滨工业大学出版社，1989年
[2] 宁夏林业厅自然保护区办公室等。《六盘山自然保护区科学考察》，宁夏人民出版社，1988年
[3] 王安。药姑山林区森林贮水量的初步测算，《水土保持通报》，1986年4期
[4] 刘向东等。六盘山林区森林树冠截留、枯枝落叶层和土壤水文性质的研究，《林业科学》，1989年3期
[5] 刘向东等。六盘山森林保持水土生态功能的评价，《水土保持学报》，1987年1期

(上接第70页)

$\Delta V_{油} = 17.2\alpha^{0.385} \cdot q^{0.346} \cdot [0.05$

$\Delta V_{山} = 18.2\alpha^{0.380} \cdot q^{0.365} \cdot [0.048$

参 考 文 献

[1] 刘家冈等。阔叶红松林枯枝落叶滞蓄地表径流的一维模型，《应用生态学报》，1990，第1卷2期，p107~113
[2] M·J 柯克比主编，刘新仁等译。《山坡水文学》，哈尔滨工业大学出版社，1989.7
[3] 周善生主编。《水力学》，高等教育出版社，1980.7