

山杨林地土壤的物理性质和水分特性

吴钦孝 刘向东 赵鸿雁

(中国科学院
水利部 西北水土保持研究所)

摘 要

本文对陕北黄土丘陵区山杨天然次生林土壤的物理性质和水分特性进行了测定和研究。研究表明,土壤剖面紧实度相对均一,比重和容重随土层深度逐渐增大,总孔隙度发育,特别是在上层;林地土壤入渗率比荒山高16.6倍,由于根系的强烈吸水,土壤湿度以7~9月为最低,3~4月最高,并在土层2.3~2.7m间形成一干燥层,含水量7%~9%,表明土壤贮水经常处于亏缺状态;2m土层的年均贮水量360~370mm,相当于降水量的63%~65%;农地地表径流是山杨林地的2.3倍,土壤流失8.8倍,而略高于采伐地,说明对山杨林资源只要实行合理经营利用,可以避免给山区水土保持带来不良影响。

关键词 山杨 土壤物理性质 土壤水分状况

SOIL PHYSICAL PROPERTIES AND ITS WATER CHARACTERISTICS IN MOUNTAIN POPLAR FOREST LAND

Wu Qinxiao Liu Xiangdong Zhao Hongyan

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia
Sinica and Ministry of Water Conservancy)

Abstract

The soil physical properties and its water characteristics in *Populus davidiana* forest stand were determined and studied. The results of the study showed that the compaction in soil profile is relatively homogeneous, the specific gravity and volume weight of soil increase with deepening of soil horizon. General porosity is developed, especially in upper soil layer. The water infiltration rate of soil in the stand is 17.6 times as high as in natural range-land. Owing to the absorption of water by root system of plants, the soil moisture content reaches minimum in July-September and returns to maximum in March-April, and a drying layer is formed in soil horizon from 2.3m to 2.7m, where the soil moisture is

about 7%~9%, showing that the subsoil water-storage is in the state of deficit. The annual water-storage capacity in 2 m of soil horizon is 360~370mm, or 63%~65% of annual precipitation. The surface runoff and soil loss in *P. davidiana* stand are decreased by 2.3 times and 8.8 times respectively over that in farmland, but are a little more than ones in cut-over land. Thus, so long as the rational management and utilization of *P. davidiana* forest resources are put into practice, the adverse effects to soil and water conservation in hilly region can be averted.

Key words *Populus davidiana*, soil physical properties soil water characteristics

土壤是森林植物生存的基础,植物生长所需的水分和营养物质,主要来自土壤。森林生态系统的生产力和系统的稳定与功能,也与土壤有密切的关系。林地土壤的物理性质和水分状况等,是在气候、地形等因素控制下,森林植物与环境相互作用的结果。

试验区山杨林地土壤为灰褐土,受成土母质所决定,土层较深厚,表层腐殖质层松软,富含有机质,后者在创造土壤结构上有重要的作用,而良好的结构又是肥力的重要特征之一,也是创造植物适宜的水分状况、空气状况和营养状况的重要条件。

1 土壤的物理性质

林地土壤由于枯落物不断积累,有机质含量高,据测定结果,其物理性质(见表1)具有以下特点:

表1 山杨林地土壤物理性质

土层深度 (cm)	比重	容重 (g/cm ³)	孔隙度(%)			土壤非毛管 孔隙贮水量 (t/ha)	土壤质地
			总	毛管	非毛管		
0~1							枯枝落叶层
1~24	2.36	1.05	55.55	40.85	14.70	338.1	
24~49	2.37	1.21	48.90	41.40	7.50	187.5	
49~101	2.42	1.23	49.10	43.00	6.10	311.1	中壤土
101~151	2.53	1.25	50.60	44.00	6.60	330.0	
151~200	2.70	1.27	52.89	44.29	8.60	421.4	

(1) 土壤剖面紧实度相对均一,土壤比重随土层深度逐渐增加,容重逐渐增大。

(2) 土壤总孔隙度发育,表层最大,为55.55%,其余各层变动在50%左右。

(3) 毛管孔隙较发育,孔隙度一般在40%~45%,非毛管孔隙表层发育,达14.7%,其余各层适中,变动在6.1%~8.6%。

(4) 2m土层的非毛管孔隙贮水量为158.8mm,即1588.1t/ha,表明土壤对降水的短期调蓄能力较大。

除了非毛管孔隙外,土壤毛管孔隙亦非经常为水所充满,故也能贮存部分降水,其

贮存量与土壤含水量有关，含水量愈少，贮存量愈多。

2 土壤水分入渗性能

水分进入土壤的过程是一个复杂的水文过程，它与地表径流、表土结构、容重、土壤湿度等因素有关，在林地它还受到枯落物覆盖、根系分布、草本植物状况等因素的影响。由于入渗影响到产流及对土壤水分的补给，因而在森林水文学中占有重要的地位，是评价林地水分调节能力的一个重要指标。为此，我们对山杨林地和作为对照的荒山，用环刀法测定其土壤入渗能力。根据霍登（1933）的一般下渗经验公式

$$f = f_c + (f_0 - f_c) e^{-kt}$$

- 式中：f——t时刻的瞬时入渗率；
- f_c——当t→∞时的最小入渗率；
- f₀——在t = 0时的入渗率；
- k——反映土壤特性的常数。

入渗率与入渗时间呈指数函数关系，初始时较高，以后随着地表附近土壤水饱和而引起基质势下降和诸如粘粒膨胀而导致孔隙减小等土壤表面的变化，使入渗率随时间降低而最后趋于稳定。对山杨林地和荒山测得的土壤水分入渗率详见表2，根据表2资料绘制的不同地类土壤水分入渗率比较见图1。表内入渗速率方程中f₀-f_c的差值，只说明土壤干燥程度不同使入渗过程在达到f_c值前递减梯度出现的差别。土壤愈干燥，初渗率愈大，达到稳渗率所需的时间愈长。

表2 山杨林地和荒山土壤水分入渗速率

地 类	初 渗 率 f ₀ (mm/m)	稳 渗 率 f _c (mm/m)	入 渗 速 率 方 程 f = f _c + (f ₀ - f _c) e ^{-kt}
山 杨 林	13.40	8.82	f = 8.82 + 4.58 · e ^{-0.0640t}
荒 山	4.26	0.50	f = 0.50 + 3.76 · e ^{-0.1121t}

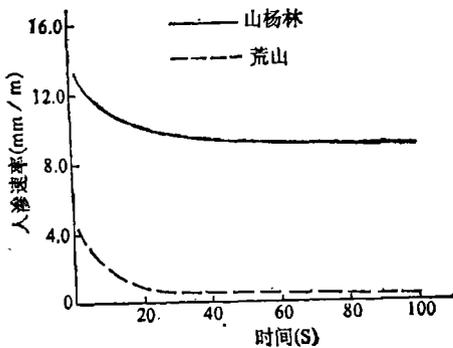


图1 山杨林和荒山土壤水分渗入率比较

由图、表可见，山杨林地和荒山在入渗速率方面存在显著的差异，这种差异主要是因非毛管孔隙数量不同所致。在同样的土壤和地形条件下，山杨林地由于枯落物覆盖产生的改良土壤作用，使表土有良好的结构，有利于水分入渗，同时乔木林发达的根系也增强了土体的渗透能力，而荒山土壤结构致密，容重较大，尤其是地表常遭牲畜践踏，使表土结构恶化，从而降低了水分入渗能力。

3 土壤水分分布

试验区土壤水分的来源为降水，无其它地下水补给。因此，影响土壤水分状况的主要因素是降水及其季节分配特点，它与植物蒸腾一起，决定着整个林地土壤水分的变

化。

3.1 土壤水分的时空分布及特点

测定结果表明,土壤水分含量在不同年度、季节和土层深度均不相同,处于动态变化之中(见图2),特别是在林木根系分布层内,这种变化尤为明显。以1m土层为例,从5月生长季开始,树木展叶生长,随气温不断增高蒸腾蒸发量增大,而降水较少,因而土壤含水量逐渐下降。至7~8月间,有时到9月,虽处雨季有较多降水补充,土壤湿度仍降至全年最低值,一般含水量为10%~12%。10月以后随着树叶枯黄、凋落,气温降低,蒸腾蒸发量减少,土壤水分逐渐回升,至次年4月达到最高值,一般含量约18%~20%,但在根系分布层以下,如3m土层的水分变化已不明显,处于相对稳定的状态。值得注意的一点是,无论是1989年早年,还是1990年丰水年,虽年际降水有差异,出现不同的变化过程,但其变化的趋势则是相似的。

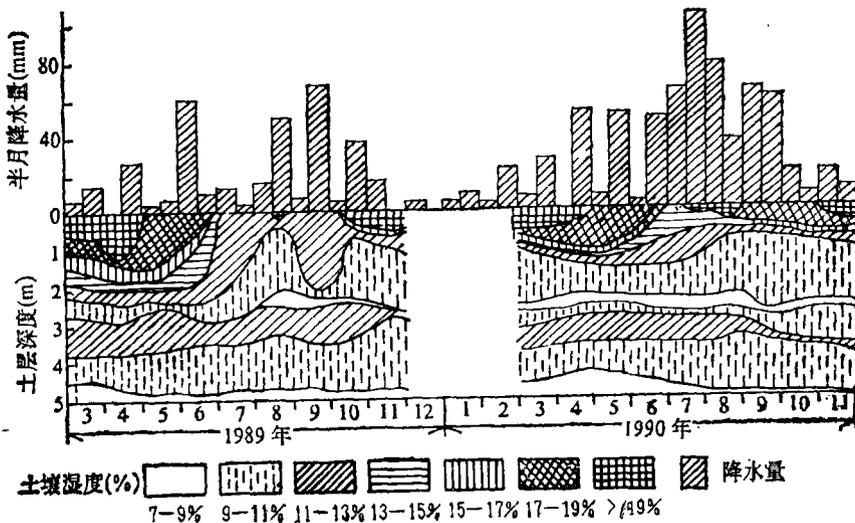
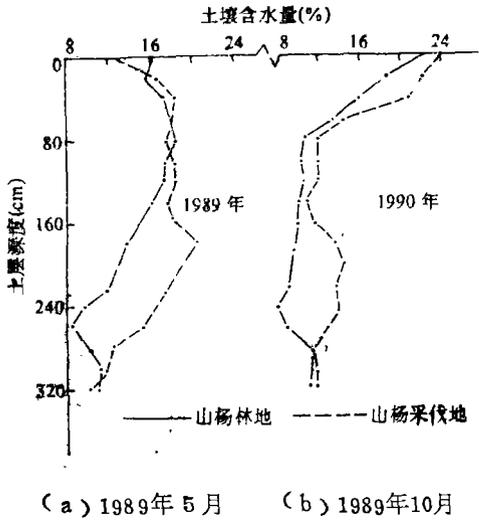


图2 山杨林土壤水分季节性动态

从图2还可以看出,在土层深度2.3m到2.7m之间有一干燥层存在,其水分低于上下两邻层的含量,一般为7%~9%,这是由于根系吸水后引起水分缺额而又未能得到及时补偿造成的。据三年观测资料,视年度降水多寡,山杨林地土壤水分补给深度,一般可达2.4m,补给后含水量提高3%~9%。

3.2 林分对土壤水分的影响

林分通过林冠截留、枯枝落叶层覆盖以及树木根系吸水而对土壤水分含量产生影响,其中以根系作用为甚。为阐明和分析此种影响的过程,对山杨林地及其采伐地(有萌蘖更新)的土壤水分变化进行了定期观测。结果表明,后者的含水量通常较前者为高。图3即是此两地类5月和10月的土壤含水量比较。图中浅层即土层140cm以内差异较小,采伐地水分所增加的部分主要是减少林冠截留降水的结果,但深层即土层160cm至280cm间水分含量的差异则比较明显,其差值一般达5%~6%。林地土壤形成的这一吸水层主要是植物根系从土壤吸收水分的结果。根据系统观测资料,当根系到达土层的含水量接近同层对照地的含水量时(图3表明为10%~12%),通常这时的土层深度



(a) 1989年5月 (b) 1989年10月

图3 山杨林地和采伐地土壤含水量变化

每厘米贮水2.3mm, 以后随土层深度增加, 贮水减少, 至下层已降至1.5mm, 就月份而言, 1989年3月较多, 达487mm, 9月最少, 仅270mm, 两者之差可达200多mm。

表3 山杨林地不同土层深度土壤贮水量

项 目	土 层 深 度 (cm)					合 计
	1~24	24~49	49~101	101~151	151~200	
土壤含水量 (%)	21.85	16.47	14.43	13.13	12.00	
容 重 (g/cm ³)	1.05	1.21	1.23	1.25	1.27	
土层贮水量 (mm)	52.77	49.82	92.29	82.06	74.68	351.62

表4 山杨林地不同月份土壤贮水量变化

项 目	月 份									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
平均土壤含水量 (%)	19.97	18.67	16.41	14.53	11.24	11.75	11.08	12.74	14.20	
容 重 (g/cm ³)	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	
2m土层贮水量 (mm)	487.27	455.55	400.00	354.53	274.26	286.70	270.35	310.86	346.48	

4 林分的保水保土效益

林地土壤对水分的调蓄, 以及林冠和枯枝落叶层的水文作用, 最终将表现为林分的水土保持和水源涵养效能上。为定量研究和评价山杨林的保水保土作用, 在林内设置5m×20m的径流观测小区, 分天然林、采伐地和开垦农地三种处理, 分别测定地表径流和土壤流失量。根据1988~1990三年观测, 除1989年因雨季降水少, 且强度小而基本无径流发生外, 其它两年的实测结果见表5。

表列数据表明, 在地形、土壤、降雨相同的条件下, 林地的保水减沙效益显著, 年

(下转第96页)

即是根系分布的深度, 山杨林的根系深入土层约达3m。用这种对应关系确定的根系分布深度与实际基本相符, 它对于掌握各年水分动态和研究根系均具意义。

3.3 林地土壤贮水量

根据土壤含水量和土壤容重计算的1989年山杨林地2m土层内不同土层深度和不同月份的土壤贮水量见表3和表4。由表可见, 林地2m土层内的土壤贮水量约350mm。如果考虑到未列入计算的12、1、2三个月, 其土壤含水量通常高于平均含水量, 则可以认为山杨林地2m土层的年均水分贮量可达360~370mm。这些水分从其分布上看, 表层贮水最多, 平均

降 3°C ，月平均下降 0.5°C ，日较差下降 10.8 ，月较差下降 0.6°C 。该层为土壤蒸发的活跃层——介质面，温度降低，有利于抑制林内土壤水分蒸发，提高土壤水分利用率，这对干旱、半干旱地区尤为重要。

致谢：本文曾得到李代琼副研究员指导，特此谢意。

参 考 文 献

- [1] 郭忠升、吴钦孝、施立民，利用模糊数学进行黄土丘陵区“三料”林树草种选择的探讨，《生物数学学报》，5(3)1990
- [2] 冯定原、王雪娥编著，《农业气象学》，江苏科学技术出版社，1984。2
- [3] [美] L. 理查德著，中译本，《森林小气候学》，气象出版社，1986。4

(上接第83页)

平均地表径流量仅 $1\ 616\text{m}^3/\text{km}^2$ ，为农地的 43.5% ，土壤流失量 $3.9\text{t}/\text{km}^2$ ，只相当于农地的 $1/88$ ，但与采伐地相比，由于山杨采伐后具有从根部萌生枝条的能力，从而形成较稠密的幼林，继续发挥多种功能，因此，采伐地的地表径流量和土壤流失量不仅没有增加，还比原有林分略有减少，说明对山杨林资源，只要采取合理经营利用，就可以避免给山区的水土保持带来不良影响。

表 5 山杨林保水保土效益

项目	雨 季 降水量 (mm)	地 表 径 流 量 (m^3/km^2)			土 壤 流 失 量 (t/km^2)			备 注
		山杨林	山杨林 采伐地	农 地	山杨林	山杨林 采伐地	农 地	
1988	248.0	1543	1549	4710	4.17	2.75	253.83	各径流观
1990	479.6	1689	1250	5999	3.63	2.52	432.61	测小区的
平均	363.8	1616	1400	5355	3.90	2.64	343.22	坡度为 21°
%		100.0	86.6	331.4	100.0	67.7	8 800.5	

值得指出的是，与各地观测结果一样，黄土高原每年造成的大量水土流失，主要是由几场暴雨引起的。试验区1990年7月21~22日的一次 47.4mm 的暴雨，虽降雨量只相当于雨季降水量的约 $1/10$ ，但造成的水土流失量则分别占当年同期地表径流量的 60.2% ，土壤流失量的 84.6% ，这对于认识和掌握该地区水土流失的规律是很有意义的。

参 考 文 献

- [1] 朱显谟，《黄土高原土壤与农业》，农业出版社，1989
- [2] 宁夏林业厅自然保护区办公室、宁夏六盘山自然保护区管理处，《六盘山自然保护区科学考察》，宁夏人民出版社，1988
- [3] 中国科学院西北水土保持研究所，《黄土高原杏子河流域自然资源与水土保持》，陕西科学技术出版社，1986