

# 黄土高原人工林对区域深层 土壤水环境的影响\*

穆兴民 徐学选 王文龙 温仲明 杜 峰

(中国科学院、水利部水土保持研究所, 西北农林科技大学, 陕西杨陵 712100)

**摘 要** 通过对典型黄土区 10 m 土层土壤水分的分析表明: 黄土高原土壤深层具有丰富的土壤水资源, 3~ 10 m 土层内土壤水资源从南部的 1 086. 8 mm 逐渐降低到北部的 524. 1 mm, 各地土壤水资源量约相当于当地多年平均降水量的 2 倍。在 10 m 土壤水分剖面内, 随土层深度的变化土壤含水量具有波动性和相对稳定性的特征。以荒坡地或低产农田为对照, 通过对比分析发现, 黄土高原目前主要的造林树种可利用 9~ 10 m 以下土层的土壤水资源。在黄土高原半干旱气候背景下, 人工林植被的耗水主要使黄土区中北部地区 3~ 8 m 土层土壤含水量降低到长期接近或低于凋萎湿度, 形成难以恢复的深厚土壤干层。人工林大量耗水形成的难以恢复的土壤干层是黄土高原特殊的生态水文现象, 是目前区域人工植被生态系统不稳定性的体现。同时表明, 黄土高原营造的人工林尚不能达到涵养水源之功能。

**关键词** 黄土高原, 人工林, 深层土壤水分

**中图分类号** S152.7

黄土高原是全球黄土连续分布面积最广、厚度最大、地层最全的高地。黄土覆盖厚度 50~ 100 m, 已知最大厚度达 399 m<sup>[1]</sup>。年降水量变化于 200~ 600 mm 之间, 平均年降水量 492 mm, 相当于世界同纬度陆地和中国大陆年平均降水量的 75% 和 57%<sup>[2]</sup>。区域地表径流量贫乏, 地下水埋深在 30~ 100 m 以下。农业以旱作为主, 其中旱地占总耕地面积的 90%。长期以来, 由于土地利用不合理, 过度放牧和垦荒, 植被遭受严重破坏, 水土流失异常严重。黄土高原平均每年输入黄河的泥沙量达  $1.6 \times 10^{12}$  kg, 最高年 (1933) 超过  $4.0 \times 10^{12}$  kg, 土壤侵蚀模数多在  $2.0 \times 10^6 \sim 1.0 \times 10^7$  kg km<sup>-2</sup>, 高者可达  $2.5 \times 10^7$  kg km<sup>-2</sup>, 表土流失使土壤质量下降, 生产能力降低<sup>[3]</sup>。长期强烈的水土流失导致黄土高原地形破碎, 沟壑密度达  $4 \sim 6$  km km<sup>-2</sup>, 高者达  $10$  km km<sup>-2</sup>, 土地资源严重破坏, 整个农业生产系统面临极大危机<sup>[4]</sup>。因此, 以恢复植被和调整土地利用结构为核心的区域水土流失治理已成为促进区域可持续发展的关键。

土壤水作为水量平衡与水循环和土壤水资源的重要方面已受到广泛的研究<sup>[4-12]</sup>。水是制约黄土高原植被恢复的关键自然因素, 土壤水和生长期降水是该区植被用水的基本来源。黄土高原土壤的特殊性, 气候和植被的过渡带特征使人们更加重视植被与土壤水资源的相互影响, 特别是土壤水分状况对植被生长的作用研究<sup>[12-20]</sup>。尽管区域植被恢复对深层土壤水分产生了深刻的不良作用, 进而影响植被的生长、土地的可持续利用、区域土壤水资源的再生和水文循环等已引起人们的注意, 但由于深层土壤水分测定的困难性和研究方法问题, 深层土壤水分 (如 10 m 土层土壤) 水环境问题的深入研究甚少。本文重点研究黄土高原人工林对深层土壤水分环境的影响, 为区域植被恢复和土壤资源的合理利用提供土壤水分依据。

\* 中国科学院知识创新工程项目“西部生态环境演变规律与水土资源可持续利用研究(KZCX1-10-04)”和国家“九五”攻关项目“区域水土流失防治与农业持续发展中重大共性关键问题研究(96-004-05-12)”共同资助  
收稿日期: 2001-03-25; 收到修改稿日期: 2002-01-14

## 1 材料与方 法

调查地为黄土高原的渭北、陕北、宁夏南部和陇东等有厚层黄土堆积的地区。土壤水分用土钻法测定,每 20 cm 土层取一个样,装入铝制土盒,在干燥箱中烘干。土壤含水量用重量百分比表示。容重用环刀法,田间持水量用离心机法,凋萎湿度用幼苗法等,各种方法详见文献[21]。主要代表性测点的气候、植被和土壤物理特征如表 1。树种主要选择在黄土高原广为栽植的刺槐、油松、柠条和沙棘等。

表 1 黄土高原与土壤水分有关的几个背景指标

Table 1 Indexes related to soil water on the Loess Plateau

项目 Item	地点 Site									
	陕西 永寿	陕西 长武	陕西 洛川	陕西 富县	陕西 延安	陕西 安塞	宁夏 固原	陕西 绥德	陕西 靖边	宁夏 盐池
植被带	森林	森林	森林	森林	森林	草原	草原	草原	草原	草原
土壤质地	重壤	重壤	中壤	中壤	轻壤	轻壤	轻壤	轻壤	沙壤	沙壤
降水量(mm)	602	586	622	577	566	505	478	486	395	289
凋萎湿度 <sup>1)</sup> (%)	8.2	8.8	8.6	6.2	5.1	4.5	5.9	3.7	3.5	3.2
田间持水量 <sup>1)</sup> (%)	22.2	21.1	20.5	21.1	20.4	18.9	19.2	15.8	15.3	14.1
土壤容重(g cm <sup>-3</sup> )	1.21	1.31	1.29	1.23	1.24	1.20	1.19	1.25	1.25	1.28

1) 引自文献[1]

因缺少长期定位观测资料,本文仍然采用对比分析法<sup>[13, 14]</sup>研究人工林对深层土壤含水量影响,即选择代表性的成熟人工林地,采用相同的方法同时测定林地和对照地土壤水分。要求对照地的地形(坡度、坡向和坡位)与林地基本一致。对照地最好选择耗水土层较浅的荒草坡地或低产农田,以反映深层土壤水分的“原貌”。通过林地和对照地土壤含水量差异,分析人工林植被对区域土壤水分的影响。

## 2 结果与分析

### 2.1 黄土高原 10 m 土层土壤水分剖面背景特征

土壤水资源是干旱半干旱地区重要的水资源之一。黄土高原气候具有明显的雨季(6月~9月)和旱季(10月~5月),雨季也是土壤水分的主要补给时期,每年降水补给土壤的深度主要在 1.5~2.0 m 土层以上,在特别湿润年份降水入渗补给深度可达 3.0 m<sup>[8, 15, 16, 19]</sup>。黄土高原多数牧荒坡和农田植被的耗水深度一般不超过 3 m<sup>[1, 8, 9, 19]</sup>。因此,3 m 以下土层受降水随机性变化影响小,且不受一般浅根系植被影响,可称之为深层或土壤水分稳定层。表层土壤含水量受天气(不是气候)条件的随机变化影响较大,而这种变化并不能反映土壤含水量长期的地带性规律,故分析时予以剔除。黄土高原农田土壤深层含水量如图 1。在气候和土壤的综合作用下,随年降水量的区域差异和土壤质地从南到北逐渐变粗<sup>[1]</sup>,黄土高原土壤深层含水量也表现出从东到西和从南到北的递减规律,这与黄土高原 0~5 m 土层土壤水资源的地带性规律相似<sup>[11]</sup>。在黄土高原台塬区南部,农田 3~10 m 土层平均土壤含水量约 19%,相当于该地区田间持水量的 89%,土壤实际有效含水量为 11.9%。丘陵沟壑区的南部土壤含水量为 17.4%,相当于对应点田间持水量的 84%,土壤实际有效含水量为 11.8%。丘陵沟壑区的北部土壤含水量为 12.0%,相当于田间持水量的 61%,土壤实际有效含水量为 7.4%。北部风沙区土壤含水量为 8.7%,相当于土壤田间持水量的 59%,土壤实际有效含水量为 5.3%。土壤含水量占田间持水量的百分比和土壤实际有效含水量的南北差异表明:黄土高原从南到北土壤的持水能力不断降低,土壤水资源量逐渐减小。根据土壤容重,计算得出上述四个区内 3~10 m 土层土壤有效储水量分别达 1 086.8 mm、1 072.2 mm、671.7 mm 和 524.1 mm,约相当于同区域多年平均降水量的 2 倍。表明黄土高原具有较为丰富的土壤水资源。

黄土高原几个典型均质土壤 10 m 土层土壤含水量剖面如图 2。对不同的土壤剖面,由于土壤性质的层间差异或剖面分布的不同,深层土壤含水量随土层深度变化具有波动性。在土壤含水量剖面中,每

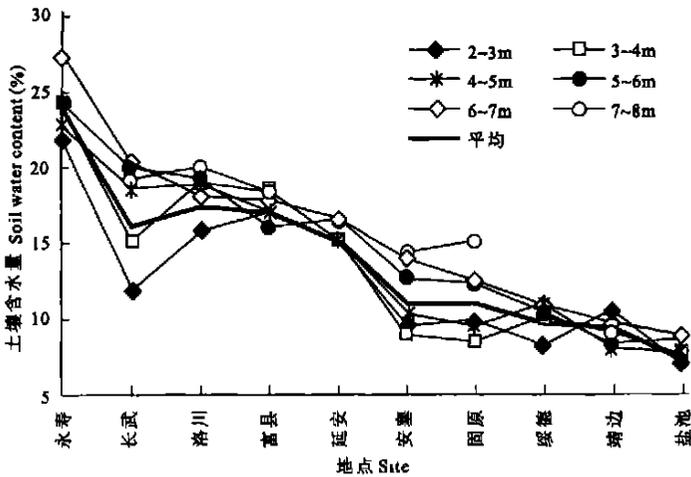


图1 黄土高原土壤深层含水量变化

Fig. 1 Change in soil water content in Loess Plateau

一剖面都存在相对的低湿层和相对的高湿层。北部的靖边, 4.6~ 5.8 m 土层之间土壤含水量最低, 为 7% ~ 8%; 6~ 10 m 土层为相对高湿层, 土壤含水量变化于 8% ~ 12% 之间。安塞和固原土壤的含水量剖面属同一类型, 2.8~ 4.4 m 之间土壤含水量最低, 稳定在 8% ~ 9% 之间; 相对高湿层在 6~ 10 m 土层间, 土壤含水量变动于 13% ~ 15% 之间。长武和洛川为另一类型区, 从 4.4 m 直到 10 m 土层土壤含水量一直稳定在 18% ~ 20% 左右。从图 2 还可看出, 土壤相对低湿层和高湿层在剖面中的临界上限的位置有从北到南逐渐上移的趋势。

2.2 人工林生长与土壤含水量

2.2.1 人工林对土壤含水量的影响 黄土高原不同地区几种主要人工乔木和灌木林地与对照地土壤含水量如表 2。由此表可得出如下结果: (1) 在相同的条件下, 在对应土层内, 人工乔木或灌木林地的土壤含水量都明显低于对照地(荒坡草地), 人工乔灌植被加剧了黄土高原的土壤干燥化, 造成植被赖以生长发育的土壤水分状况恶化。(2) 不同林类型对土壤含水量影响程度不同, 人工灌木林地土壤含水量一般低于乔木林地<sup>[13, 14]</sup>。除浅层外, 成熟人工乔木林地土壤含水量相当于对照地的 70% 左右, 为测定点田间持水量<sup>[15]</sup>的 55% ~ 60%。测定剖面内, 林地土壤含水量较荒坡地低(绝对值) 2% ~ 4%, 相当于使土壤储水量减少 87~ 267 mm。人工灌木林中, 林地土壤含水量多为对照地的 50% ~ 70%, 为测定点田间持水量<sup>[15]</sup>的 40% ~ 50%。测定土壤剖面内, 林地土壤含水量较荒坡地低

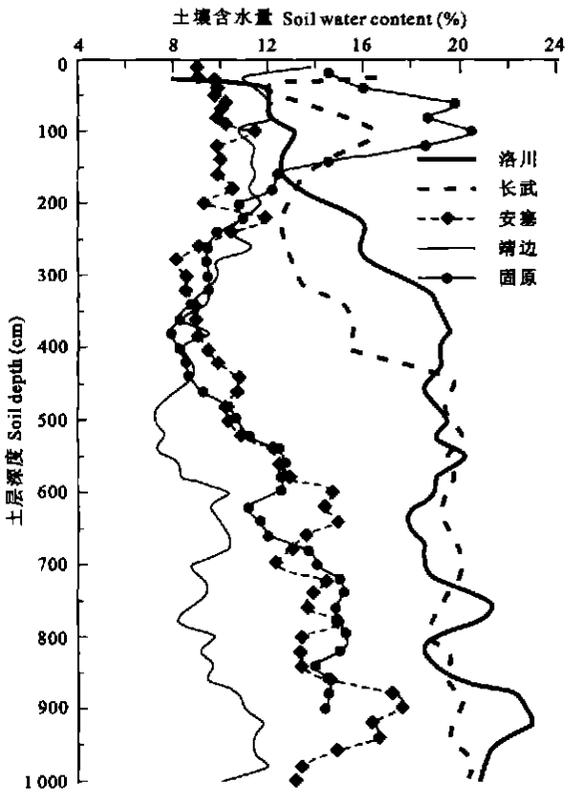


图2 黄土高原 10 m 土层土壤含水量剖面

Fig. 2 Soil moisture profile down to 10 m deep

测定土壤剖面内, 林地土壤含水量较荒坡地低

1%~5%,相当于使土壤储水量减少50~288 mm。在延安的燕沟,人工柠条林地5 m土层平均含水量仅6.5%,而荒地地达11.5%,土壤储水量相差300 mm。黄土高原离石、西吉、海原和定西四个县的调查,不同植被5 m土层平均土壤含水量分别为:农田11.9%,乔木林地8.0%,灌木林地6.2%,荒地8.5%。1986年下半年,在黄土高原西部持续半年未曾下过一次透雨的情况下,乔木和灌木林地的土壤含水量分别达5%~6%和6%~8%。在延安的高家峁,人工刺槐与柠条地5 m土层平均土壤含水量分别为5.2%和4.4%,土壤储水量相差48 mm。这与人工灌木植被耗水量大、耐旱能力强有关<sup>[13 14]</sup>。(3)与天然林地相比,人工乔木林地土壤含水量远低于天然林。除表层外,人工小叶杨地土壤含水量仅为天然林地的62%~63%,1~4 m土层土壤实际含水量接近凋萎湿度。这与侯庆春<sup>[22]</sup>在延安7个乡的调查结果和穆兴民<sup>[13]</sup>关于人工与天然草地土壤含水量分析结果一致。

表2 黄土高原人工乔木林地与对照地土壤含水量

Table 2 Soil water content of artificial forest fields at the various soil depths and sites

地点 Site	树种 Tree type	林龄 Age	土壤含水量(%) Soil water content				地点 Site	树种 Tree type	林龄 Age	土壤含水量(%) Soil water content				
			0~1 m	1~3 m	3~4 m	平均				0~1 m	1~3 m	3~4 m	4~5 m	平均
			固原	杨树	13	9.8				8.2	8.7	安塞	柠条	7
	杏树	12	8.4	7.9	8.1		对照	—	13.2	12.5	11.5	—	12.6	
	对照	—	12.0	10.9	10.1		沙棘	8	14.0	5.4	6.6	—	9.1	
淳化	刺槐	16	15.6	11.6	13		对照	—	12.9	8.6	7.7	—	10.1	
	对照	—	20.7	15.6	17.3	固原	沙棘	15	5.3	4.9	6.1	7.5	5.7	
安塞	刺槐	14	11.6	3.9	3.8	7		柠条	15	4.8	5.5	7.2	7.5	6.1
	对照	—	11.2	7	9.5	9.1		对照	—	8.7	8.9	11.6	13.4	10.3
安塞	杨树	18	9.0	5.9	6.3	7.2	吴旗	沙棘	12	11.4	4.7	4.1	4.7	7.2
	对照	—	13.0	8.3	8.1	10.1		对照	—	11.4	5.3	7.1	7.9	8.3
宜川	油松	25	11.9	9.8	9.8	10.3								
安塞	人工小叶 杨山桃 混交林	33	6.9	4.3	4.8	5.6								
	天然侧柏 辽东栎 混交林	—	7.0	6.9	7.5	7.1								

2.2.2 人工林地的土壤含水量剖面特征 人工林植被不仅导致土壤含水量的明显降低,也影响着土壤含水量剖面的分布。据调查,在土层深厚的黄土高原,广为种植的人工乔木和灌木的根系主要分布在0~2 m土层内,但主根随生长年龄的增长而不断下伸,在5~6年后基本稳定,成熟林主根一般伸达3~6 m土层,最大可达8 m土层以下<sup>[23]</sup>。我们曾在黄土高原观察到一条7.5 m长的柠条主根。林木深的根系对土壤水分的吸收使林地与对照地土壤水分发生分异(如图3~图4)。1997年在固原测定的15龄沙棘和柠条地5 m土层水分剖面如图3,表明在长期未降雨条件下,0~5 m土层含水量剖面呈现明显的系统差异,3 m土层以下差异越来越大,其中3~5 m土层含水量平均分别为6.8%和7.3%,变化区间分别为5.0%~7%。吴旗12龄沙棘林地土壤水分(1988年测定)剖面如图3。林地与对照地土壤含水量在3 m以上土层中变化趋势基本一致,在3 m以下含水量差异逐渐增大。3~5 m土层平均土壤含水量林地地为4.4%(变化于3.8%~4.9%之间),对照地为7.5%,其土壤的凋萎湿度为4%。以凋萎湿度为参照点,除表层外,3~5 m土层土壤含水量已属于难以利用水分。

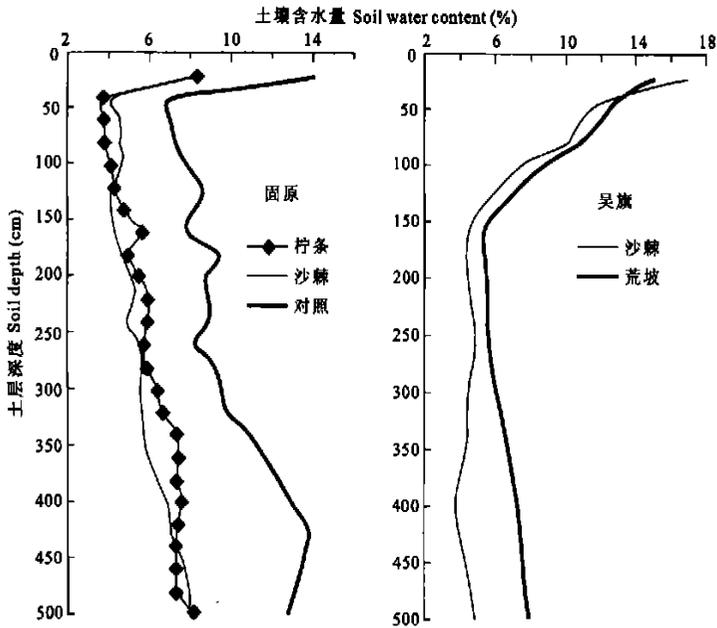


图3 黄土高原灌木林地土壤水分剖面

Fig. 3 Soil moisture profile in the shrub land

据观察,当地土壤含水量等于或接近同层对照地土壤含水量时所对应的土层基本与植物主根到达的深度相对应,也即林木利用土壤水分的深度。从图3可以初步判断,黄土高原人工林可利用土壤水的土层在5 m以下。有研究指出:黄土高原人工乔木林的土壤耗水深度多在5.0 m以下,但因测定土层深度有限,未能找到最大利用深度<sup>[16,24]</sup>。图4为安塞人工刺槐林、油松林和对照地、永寿刺槐林与对照地10 m土层土壤含水量剖面。在安塞,5 m土层以上土壤含水量变化特征与图3相似,但林地与对照地土壤含水量曲线在8.6 m土层时相交,即人工乔木林利用土壤水分的土层深度达8.6 m。在黄土高原南部的永寿,测定深度内(7 m)并未达到刺槐林消耗土壤水分的土壤深度。一般而言,根据我们的观察,黄土高原灌木林比乔木林的耗水强度大,并依据植物根深的特点,可以断定黄土高原主要人工林用水深度可达9~10 m土层。在个别地区的某些树种,由于气候(寒冷区)、土层厚度和树种的差异,其用水土层可能较浅<sup>[16]</sup>。与对应点土壤凋萎湿度相比,安塞的人工油松或刺槐使林地深层(5~8.5 m土层)土壤含水量低至凋萎湿度,土壤形成干层。在永寿,尽管刺槐林使深层土壤含水量明显降低,但整个剖面的土壤含水量均高于土壤的凋萎湿度(8.2%),并未出现土壤含水量接近或低于凋萎湿度的干层。从林相看,安塞的刺槐林地的林相则远不如永寿的刺槐林地。永寿的刺槐林地自然更新良好,形成了稳定高产的森林植被生态系统。

### 3 讨论

尽管人工林在控制黄土高原水土流失中具有重要的作用,但现有常用树种都使深层土壤趋于干燥化。在土壤的干燥化过程中,灌木比乔木的作用程度更强,它们都可能造成土壤干层,即土壤含水量长年接近或低于凋萎湿度的层次。这是黄土高原一种特殊而普遍的生态水文现象。黄土高原人工林地深层土壤干燥化主要是植被蒸腾耗水作用的结果。黄土高原常用人工林种具有强的抗旱能力和较大的蒸腾强度。据在宁夏固原1988~1990年连续三年的同期测定,林龄6~9年、林相较好、生长发育正常的人工刺槐、沙棘、山桃和柠条等树种年平均蒸腾量分别为446.67 mm、386.03 mm、270.83 mm和198.30 mm,各为荒坡植被的7.92、6.84、4.80和3.52倍<sup>[25]</sup>。人工刺槐、沙棘和柠条等林种有较庞大的根系,黄土高原的土壤和地下水条件使人工林的主根可深扎到近10 m的土层,随林木根系的下伸,深层土壤水分被

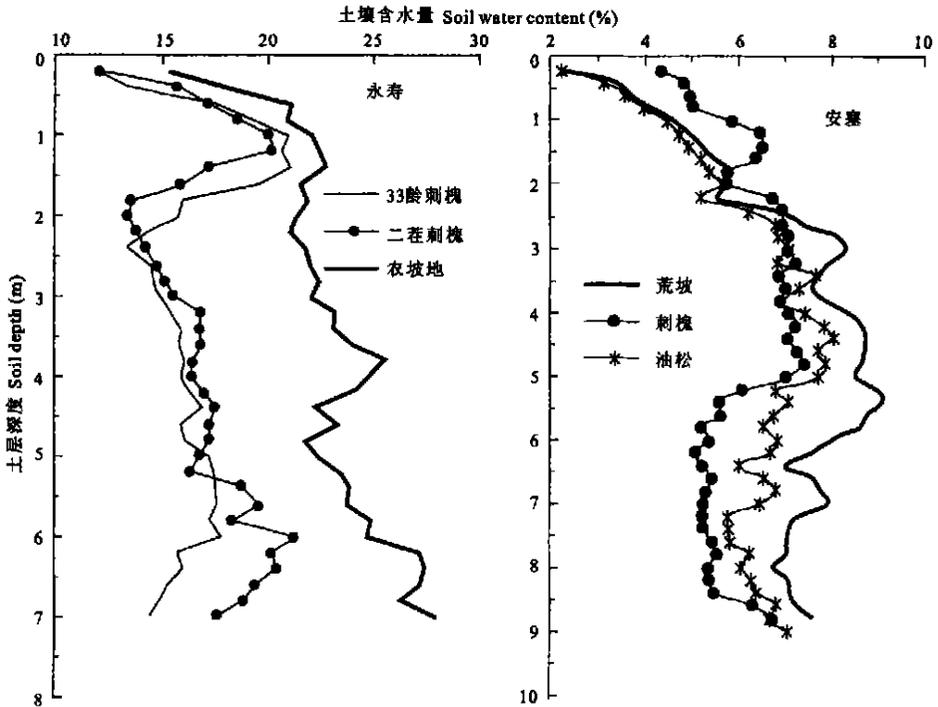


图4 黄土高原乔木林地土壤水分剖面

Fig. 4 Soil moisture profile of forest land

根系吸收和冠层蒸散,造成深层土壤水分的不断消耗。而在干旱或半干旱气候条件下,降水只能补偿到2.5~3.0 m土层,使3.0~10 m土层的土壤含水量接近或低于凋萎湿度,形成难以恢复的土壤干层。据此看来,人工林是一个消耗大量土壤水分的“抽水机”。

营造人工林植被能使长期未被利用的深层土壤水资源得以利用,但3~10 m土层土壤含水量低到接近凋萎湿度以后,植被赖以生育的土壤水供给受阻,使多数树种特别是乔木的后期生长明显减慢而成为低产林<sup>[26]</sup>。土壤干燥,林下植被天然更新不良,人工更新困难<sup>[27]</sup>。由于深层土壤水分枯竭,深根系人工沙打旺和苜蓿的生产力降低甚至大面积枯死<sup>[15]</sup>。由于深层土壤干旱和土壤水库的调节能力减弱,苹果产量对降水量的依赖性提高<sup>[18]</sup>。因此,黄土高原目前的主要人工林草种的生长是以消耗深层土壤水资源为代价,形成的深厚干层不利于土地资源的可持续利用,是植被生态系统不稳定的重要因素。

黄土高原深层土壤的干燥化不利于区域地下水补给和水分循环。在干旱或半干旱气候条件下,人工林造成土壤水分实际亏缺度增大,因降水量的有限性,每年土壤水资源恢复的深度变浅。根据我们在固原的模拟实验,在年降水量450 mm和土壤水分严重亏缺条件下,5 m土层土壤含水量恢复到当地的自然含水量水平大约需要15年,那么,深达10 m厚度的土壤干层又需多少年才能恢复?降水也是黄土高原地下水的补给源,其补给主要通过土壤颗粒间的孔隙下渗以及土壤裂隙和空洞等的漏入两种途径。在水分通过土壤颗粒孔隙下渗中,包气带内入渗量达到或超过土壤田间持水量的条件下的下渗量对地下水的补给具有实际意义。黄土高原人工林导致3~8 m土层水分严重亏缺,北部地区的土壤含水量接近或低于凋萎湿度。而该区降水入渗补给深度2.5~3 m。只有当降水入渗在重力和吸力作用下,使干燥化土壤的含水量恢复到接近田间持水量的条件下,重力下渗,补给地下水才能实现。因此,黄土高原区域性人工林建设造成的土壤干层不利于地下水的补给,目前的生长状态尚不能达到“涵养水源”之效果。

## 参考文献

1. 朱显谟. 黄土高原土壤与农业. 北京: 农业出版社, 1989. 2~ 26, 342~ 365
2. 穆兴民, 徐学选, 陈国良. 黄土高原降水量的地理地带性研究. 水土保持通报, 1987, 12(4): 27~ 32
3. 王万中, 焦菊英. 黄土高原降雨侵蚀产沙与黄河输沙. 北京: 科学出版社, 1996
4. 蒋定生等编著. 黄土高原水土流失与治理模式. 北京: 中国水利水电出版社, 1997. 8~ 17
5. Scientific Committee on the Water Resources. Water resources research: Trends and needs in 1997. Hydro. Sci. J., 1998, 43(1): 19~ 46
6. Robock Alan, Vinnikov K Y. The global soil moisture data bank. Bull. Amer. Meteorol. Soc., 2000, 81: 1 281~ 1 299
7. Kutilek M, Nielsen D R. Soil Hydrology—Geo-ecology Textbook. Berlin: Catena Verlag, 1994. 370
8. 穆兴民, 陈国良, 郭保安. 宁南黄土丘陵区牧荒地土壤水资源分布与平衡特征. 中国科学院水利部西北水土保持研究所集刊, 1992, 16: 71~ 78
9. 李玉山. 黄土区土壤水资源循环特征及其对陆地水文循环的影响. 生态学报, 1983, 3(2): 91~ 101
10. 卢玉邦. 土壤水分预报模型的研究. 土壤学报, 1989, 26(1): 38~ 41
11. 穆兴民. 试论黄土高原土壤水资源的地带性与非地带性. 土壤学报, 1999, 36(2): 237~ 244
12. 杨文治, 邵明安. 黄土高原环境旱化与黄土中水分关系. 中国科学(D辑), 1998, 28(4): 357~ 365
13. 穆兴民, 陈霁巍. 黄土高原水土保持措施对土壤水分的影响. 水土保持学报, 1999, 5(4): 39~ 44
14. 穆兴民. 黄土高原土壤水分与水土保持措施相互作用研究. 农业工程学报, 2000, 16(2): 41~ 45
15. 穆兴民. 草地土壤水分生态. 见: 彭祥林, 贾恒义编著. 黄土高原草地土壤生态研究. 西安: 世界图书出版公司, 1997. 121~ 150
16. 王恒俊. 黄土高原地区土壤资源及其合理利用. 北京: 中国科学技术出版社, 1991. 205~ 241
17. 邵明安, 杨文治, 李玉山. 植物根系吸收土壤水分的数学模型. 土壤学报, 1987, 24(4): 295~ 305
18. 黄明斌, 李玉山, 杨新民, 等. 黄土区渭北旱塬苹果基地对区域水循环的影响. 地理学报, 2001, 56(1): 7~ 13
19. 穆兴民, 陈国良, 赵克学, 等. 黄土高原旱地春小麦农田水分生态特征与改善途径. 中国科学院水利部西北水土保持研究所集刊, 1990, 11: 55~ 63
20. 吴钦孝, 刘向东, 赵鸿雁, 等. 山扬林地土壤的物理性质和水分特性. 中国科学院水利部西北水土保持研究所集刊, 1991, 14: 79~ 83, 95
21. 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室. 土壤物理性质测定方法. 北京: 科学出版社, 1978. 3~ 8, 11~ 13, 99~ 121
22. 侯庆春. 黄土丘陵典型地区植被建设中有关问题的研究. 水土保持研究, 2000, 7(2): 102~ 110
23. 丛心海, 梁一民, 李代琼, 等. 黄土高原半干旱区沙棘根系特性与土壤水分动态研究. 水土保持通报, 1990, 10(6): 98~ 103
24. 中国科学院西北水土保持研究所编. 黄土高原杏子河流域自然资源与水土保持. 西安: 陕西科学技术出版社, 1986. 179~ 194
25. 李代琼, 梁一民. 宁夏五种灌木林蒸腾和水分利用效率试验研究. 中国科学院水利部西北水土保持研究所集刊, 1991, 14: 33~ 38
26. 侯庆春, 韩仕峰, 黄旭. 黄土高原地区“小老树”成因及其改造途径的研究. 水土保持学报, 1991, 5(1): 64~ 72
27. 侯庆春, 韩蕊莲. 黄土高原人工林草地土壤干层问题初探. 中国水土保持, 1999, (5): 26~ 29

## IMPACT OF ARTIFICIAL FOREST ON SOIL MOISTURE OF THE DEEP SOIL LAYER ON LOESS PLATEAU

Mu Xing-min Xu Xue-xuan Wang Wen-long Wen Zhong-ming Du Feng  
(*Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Northwest Sci-Tech University of  
Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China*)

### Summary

By the analysis of soil moisture profile of 10m deep it shown that there is very abundant soil water resources (SWR) on Loess Plateau, SWR amount in the 3~ 10 m depths is 1 086. 8 mm in the south and 524. 1 mm in the north on Loess Plateau. SWR amount of various sites is about two times of rainfall amount in the same sites. There was a fluctuation and relatively steady of soil moisture change with soil layer deep. By comparing soil moisture of the control sites with artificial forest land it was found that mainly artificial tree types in Loess Plateau could take up soil moisture from 9~ 10 m deep soil layer and caused the dried soil layer of 3~ 8m soil layer, of which soil water content is nearly to or lower wilting point during long term. Dried Soil layer was a special phenomenon of eco-hydrology and also was an indicator the instability of artificial forest vegetation on Loess Plateau. It shown that artificial forest vegetation did not currently has function to conserve water supply on Loess Plateau.

**Key words** Loess Plateau, Artificial forest, Soil moisture