

黄土高原子午岭天然林与刺槐人工林地 土壤干化状况对比^X

王 力^{1,2}, 邵明安^{1,3}, 王全九¹, 贾志宽²

(1 中国科学院水土保持研究所 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西杨陵 712100; 2 西北农林科技大学, 陕西杨陵 712100; 3 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘 要: 详细调查和对比分析了子午岭(富县)天然林地和人工林地土壤水分状况和植被状况, 发现天然林地水分亏缺不严重, 只在浅层形成了轻度亏缺, 并在雨季后能得到及时的恢复; 同时这种亏缺并没有影响到天然植被的发育与演替。人工林地土壤水分则亏缺明显, 深层亏缺尤为严重, 土壤含水量最低平均达到 5.90%, 已接近凋萎湿度, 且这种水分亏缺严重影响了人工林的生存和发展, 部分林地已出现了明显的衰退迹象。在此基础上, 说明了天然林地土壤水分状况明显优于人工林地的原因是天然林在林分结构上形成了典型的“乔-灌-草”复层稳定的空间层片结构, 具有很强的自我调节能力, 使天然林在物种的组成成分上逐渐向喜干物种方向发展, 以适应气候旱化的总趋势; 而人工林则因其结构简单, 物种单一, 自我调节能力差, 在连续干旱的条件下因植被对土壤水分的过度消耗, 形成了严重程度不一的土壤干化层。同时, 从天然植被的自然水分状况入手, 提出了“林地稳定土壤持水量”的概念, 来界定土壤干化现象: 依据土壤水分的亏缺现状初步将干化程度分为轻度干层(8%~10%)、中度干层(6%~8%)和严重干层(<6%) 3 个等级; 依据土壤水分的补偿深度又将其划分为临时性干层和持续性干层。研究认为, 当前人工林地的土壤水分出现严重亏缺而形成土壤干化层是人为不合理经营造成人工林群落林分结构不完善的结果, 如果人为干预适当, 能创造出类似于天然植被的生存条件, 人工植被完全有可能得到正常的生存和发展。

关键词: 水分亏缺; 土壤干层; 天然林; 刺槐人工林; 林地稳定土壤持水量

中图分类号: Q945.17; Q149 **文献标识码:** A

Comparison of Soil Desiccations in Natural and Acacia Forests in the Ziwuling Mountain of the Loess Plateau

WANG Li^{1,2}, SHAO Ming-an^{1,3}, WANG Quan-jiu¹, JIA Zhi-kuan²

(1 State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3 Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: Detailed investigation and comparisons of soil water and vegetations in natural forests were conducted, revealing that natural forests had less severe deficiency of soil water which only appeared in shallow soil layer and rehabilitated timely after rain season; meantime, the deficiency still had not affected the development and evolution of forest vegetations. Artificial forests had severe deficiency of soil water, especially so in deeper soil layers where the content of soil water amounted to 5.90%, a value nearly approaching

X 收稿日期: 2004-12-02; 修改稿收到日期: 2005-05-10

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G2000018605); 陕西省基金项目; 中国科学院“百人计划”项目; 国家自然科学基金项目(40371077)

作者简介: 王 力(1973-), 男, 山西临县人, 副研究员, 博士后, 主要从事土壤水分养分和植被生长方面的研究。E-mail: wangli 5208@sina.com; wangli 5208@163.com

the wilting soil humidity, and this deficiency severely affected the existence and development of artificial forests so that some of them had showed obvious degeneration symptoms. Accordingly, the reason why the soil moisture in natural forests was remarkably better than that in artificial forests was that natural forests formed the stand structure typical of "arbor-shrub-grass and thus had very strong self-regulating capacity so that the species of natural forests gradually developed into the ones adapted to dry conditions so as to follow the general climatic drying tendency; moreover, artificial forests had poor self-regulating capacity because of their simple structure and uniformed species composition and thus consumed too much soil water and formed dry a desiccated layers under long-lasting dry conditions to varying degree. Meantime, the concept of "stable water-holding capacity of forestlands" was put forward in terms of the soil moisture in natural forests to define the phenomena of the desiccated soil layer; according to the deficiency of soil water, the severity of soil desiccation was divided into light desiccation (water content: 8% ~ 10%), moderate desiccation ((water content: 6% ~ 8%) and severe desiccation (water content: less than 6%); according to the compensation depth of soil water, the desiccated layer was divided into temporarily desiccated layer and permanently desiccated layer. The study held that the occurrence of the desiccated layer due to severe deficiency of soil water was because of the improper stand structure of the communities in artificial forests resulting from the mismanagement of artificial forests; with proper intervention, it was fully possible to create similar growing conditions to those of natural forests under which artificial vegetations could survive and develop.

Key words: water deficiency; desiccated soil layer; natural forest; acacia forest; stable water-holding capacity of forestlands

自 20 世纪 80 年代以来,黄土高原人工林草地普遍出现土壤干化问题,并且越来越严重,干层厚度不断加深,从最初的 2 m 发展到 10 m 左右。陕北半干旱区飞播沙打旺草地 6~7 年生沙打旺的强烈耗水层达到 8~10 m 左右,土壤水分出现极度负补偿状况^[1]。林草植被和土壤的退化,伴随着干层厚度的加深,形成大面积的低效低产林,由此引起了学术界对土壤干层的关注。究其原因,是因为其对黄土高原局部小气候环境变化及林草植被建设带来不良影响,不利于黄土高原生态环境的改善和可持续发展^[2];其危害^[3,4]主要表现在三方面:(1)导致土地退化;(2)使植被生长衰退,形成大面积的低效低产林;(3)使衰败后的林草地重新造林难度更大。由此看出,土壤干层对黄土区植被恢复和重建构成了严重威胁,研究其形成原因并提出防治措施已成为刻不容缓的任务^[5,6]。本研究选取有天然次生林分布的子午岭富县区域为研究对象,对比分析天然林地和人工林地土壤水分的亏缺状况,探索土壤干层的形成原因及其对植被生长退化的影响。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

子午岭位于黄土高原中部偏南陕西省与甘肃省

的交界处,地理座标为 107°30'~109°40'E、33°50'~36°50'N,系泾洛两大水系的分水岭,总面积 2.3 万 km²。海拔高度 1 100~1 756 m,相对高差 200~400 m,为典型的黄土梁峁丘陵景观。本试验的研究区域位于子午岭林区陕西省富县任家台林场辖区范围内,地理坐标为 109°11'E、36°05'N,年均气温 8~10℃,多年平均降水量 576.7 mm,其中 6~8 月份降水占到 60% 以上,属于暖温带冷凉半湿润气候^[7~11]。研究区植被类型为落叶阔叶林^[11],土壤为弱度发育的钙质黄绵土。

1.2 研究方法

1.2.1 标准地调查 对刺槐人工林和天然山杨林及辽东栎林进行标准地调查,按群落常规调查法进行各株树胸径、树高等指标的记测并对群落的组成、数量、高度、盖度等指标进行详细调查记录。

1.2.2 土壤水分测定 在标准地内用打土钻法进行取样,用 105 烘干法测定标准地的土壤水分含量,取样深度为 6 m,取样时间为 6 月和 10 月(2000~2001 年),是一年中土壤水分变化最为活跃的时期。土壤水分含量测定:0~100 cm 以 10 cm 为一个层次,100~600 cm 以 20 cm 为一个层次,共 35 个层次。

2 结果与分析

试验选取了 5 个标准地(表 1), 其中天然山杨

林 2 个, 天然辽东栎林 1 个, 刺槐人工林 2 个。在林分调查的基础上测定标准地内 0~600 cm 土层的水分含量, 分析各标准地土壤水分的亏损状况和原因。

表 1 标准地概况

Table 1 The conditions of the different sample sites

调查时间 Survey time (Year-Month)	编号 Code	地点 Location	标准地面积 Standard land area (m ²)	植被类型 Vegetation type	坡度 Slope(°)	坡向 Slope aspect	海拔 Height above sea level(m)	林龄 Forest age(a)	平均树高 Average tree height (m)	平均胸径 Breast height diameter (cm)	郁闭度 Canopy density
2000-06	A-30	富县 Fu county	10 × 10	天然山杨林 Natural Populus davidiana forest	37	W	1 200	30	10.5	9.6	1.0
2000-06	A-31	富县 Fu county	10 × 10	天然辽东栎林 Natural Quercus liaotungensis forest	22	W	1 200	35	13.9	13.2	1.0
2000-06	A-33	富县 Fu county	10 × 10	刺槐人工林 Artificial Robinia pseudoacacia forest	7	S	1 120	22	8.7	8.8	0.7
2000-06	A-35	富县 Fu county	10 × 10	天然山杨林 Natural Populus davidiana forest	坡顶		1 150	29	11.7	10.6	1.0
2000-06	A-37	富县 Fu county	10 × 10	刺槐人工林 Artificial Robinia pseudoacacia forest	15	W	1 120	21	8.8	8.8	0.7

注: 各标准地土壤均为钙质黄绵土, 其田间持水量为 21%, 田间稳定持水量为 12.6%。

Note: The soil of all standard lands is less soil, whose field water capacity is 21% and field steady water capacity is 12.6%.

2.1 天然山杨林与刺槐人工林土壤水分状况比较

表 2 为 2000 年 6 月份标准地 0~600 cm 土层含水量的动态变化, 表 3 为 2000 年 10 月份各标准地的土壤水分状况。对天然山杨林和人工刺槐林标准地进行分析, 结果表明, 刺槐人工林地土壤水分亏缺要比天然山杨林严重。刺槐人工林标准地 A-33 在 60~200 cm 平均土壤含水量低于 7%, 与田间稳定持水量 12.60% 相比, 相差近 6%; 在 200~400 cm 平均土壤含水量低于 8%, 与田间稳定持水量 12.60% 相比, 相差近 5%, 特别是在 240~280 cm 之间, 平均土壤含水量只有 3.9%(图 1), 已接近凋萎湿度, 说明水分亏缺已非常严重; 在 400~600 cm 之间平均土壤含水量低于 10.0%, 与田间稳定持水量 12.60% 相比, 相差 2% 以上。与刺槐人工林地相比, 天然山杨林地土壤水分状况明显要好, 统计分析表明, 在 6 月份, 天然山杨林标准地土壤含水量与刺

槐人工林地在 0~600 cm 土层均呈显著差异; 而在 10 月份, 剔除 0~50 cm 层次(主要是基于该层属于降雨交换层, 土壤水分受降雨量影响较大的缘故), 在 60~600 cm 范围内天然林标准地土壤含水量与人工林标准地土壤含水量呈显著差异(表 4)。标准地 A-30 在 60~100 cm 之间, 平均只有 9.39%, 形成了一定程度的水分亏缺, 但这种浅层的土壤水分亏缺经过雨季可得到恢复, 10 月相同层次土壤含水量已达 13.03%, 超过了田间稳定持水量。而在 200 cm 以下, 不管是标准地 A-30 还是标准地 A-35, 土壤含水量都在 10.0% 以上, 有的甚至高于 12.6%, 基本没有形成严重的水分亏缺。天然山杨林标准地 A-35 土壤含水量优于标准地 A-30, 相应其生长状况也较好, 标准地 A-35 平均树高和平均胸径分别为 11.7 m 和 10.6 cm, 比标准地 A-30 的 10.5 m 和 9.6 cm 分别高出 1.2 m 和 1.0 cm。

表 2 不同林地 2000 年 6 月份土壤水分状况

Table 2 The soil moisture in different sample sites in June, 2002

土层深度 Soil depth(cm)	A-30 天然山杨林 Natural Populus davidiana forest	A-31 天然辽东栎 Natural Quercus liaotungensis forest	A-33 刺槐人工林 Artificial Robinia pseudoacacia forest	A-35 天然山杨林 Natural Populus davidiana forest	A-37 刺槐人工林 Artificial Robinia pseudoacacia forest
000~050	13.50	16.76	9.45	11.92	10.54
060~100	9.39	9.28	7.30	8.53	8.05
100~200	10.03	9.91	6.60	10.25	7.52
200~300	10.16	10.63	5.69	10.56	7.18
300~400	10.05	10.82	8.16	12.26	8.82
400~500	14.05	10.87	9.26	13.69	10.20
500~600	11.89	13.69	10.10	12.63	10.99

表 3 不同林地 2000 年 10 月份土壤水分状况

Table 3 The soil moisture in different sample sites in October, 2002

土层深度 Soil depth(cm)	B-30 天然山杨林 Natural Populus davidiana forest	B-31 天然辽东栎 Natural Quercus liaotungensis forest	B-33 刺槐人工林 Artificial Robinia pseudoacacia forest	B-35 天然山杨林 Natural Populus davidiana forest	B-37 刺槐人工林 Artificial Robinia pseudoacacia forest
000 ~ 050	20.80	22.81	19.47	26.20	20.54
050 ~ 100	13.03	10.67	9.35	11.04	10.05
100 ~ 200	10.67	11.49	7.73	11.32	8.52
200 ~ 300	10.10	10.81	6.86	12.40	8.18
300 ~ 400	12.02	10.08	8.18	13.74	8.92
400 ~ 500	13.00	10.75	9.25	12.28	10.14

表 4 不同标准地天然山杨林与刺槐人工林 60 ~ 600 cm 土层土壤水分方差分析

Table 4 Variance analysis of soil moisture between natural Populus davidiana and artificial Robinia pseudoacacia forestland in the different sample sites (in 60 ~ 600 cm soil depth)

项目 Item	A-33 刺槐人工林 Artificial Robinia pseudoacacia forest		A-37 刺槐人工林 Artificial Robinia pseudoacacia forest		B-33 刺槐人工林 Artificial Robinia pseudoacacia forest		B-37 刺槐人工林 Artificial Robinia pseudoacacia forest	
	F 值 F value	显著性 Significance	F 值 F value	显著性 Significance	F 值 F value	显著性 Significance	F 值 F value	显著性 Significance
A-30 天然山杨林 Natural Populus davidiana forest	11.821 11	0.004 911	6.078 26	0.029 742				
B-30 天然山杨林 Natural Populus davidiana forest					21.043 27	0.001 785	13.093 28	0.006 798

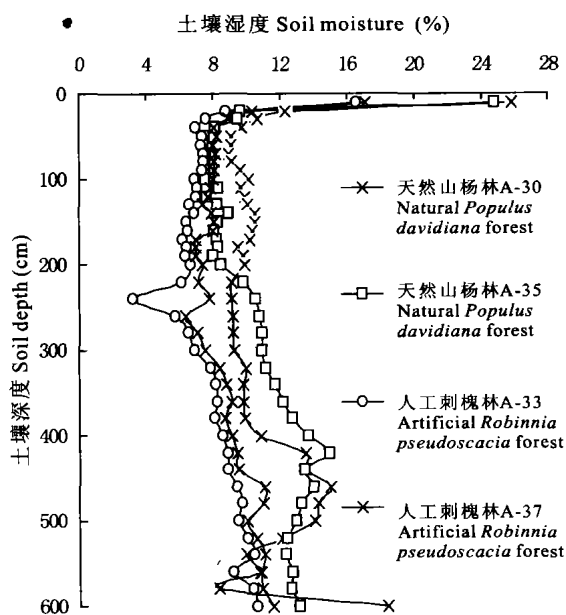


图 1 天然山杨林与刺槐人工林地土壤水分状况对比(测定时间 2000 年 06 月)

Fig. 1 The comparison of soil moisture between natural Populus davidiana and artificial Robinia pseudoacacia forestland (Time: June, 2000)

2.2 天然辽东栎林地与刺槐人工林地土壤水分状况比较

由表 2、3 可以看出,与刺槐人工林地相比,天然

辽东栎林地土壤水分状况亦明显要好。分析表明,天然辽东栎标准地与刺槐人工林地土壤含水量在 6 月份和 10 月份(剔除 0 ~ 50 cm 土层)均呈显著差异(表 5)。天然辽东栎林地只有在 6 月份 60 ~ 200 cm 之间土壤含水量低于 10.0%(表 2),但在雨季过后的 10 月份,该层次土壤水分就得到了显著的恢复,100 ~ 200 cm 之间更是恢复到了 11.49%(表 3),已接近于田间稳定持水量的水平。在 200 cm 以下,不管是 6 月份还是 10 月份,土壤含水量都在 10.0% 以上,保持了相对较为稳定的值,表明天然辽东栎林地土壤水分基本上没有形成严重的亏缺。

2.3 原因分析

土壤水分状况一方面可以反映当地降水的特点,另一方面在同一地区不同植被条件下,它又可以反映植被与水分的平衡关系。在基本相同的气候条件下,富县天然林和人工林下土壤水分存在如此大的差别,是值得关注的。从天然林和人工林本身的区别出发,也许更容易说明形成这种差别的原因。首先,天然林和人工林在林分结构上有明显的差别。调查表明,不管是天然山杨林还是辽东栎林,都已形成了典型的“乔-灌-草”空间层片结构,而人工林的空间结构则非常简单(表 6)。山杨(Populus davidiana)群落是富县森林群落向顶级群落演替过程中的一个过渡类型,其种群高度平均为 10 m 左

表 5 不同标准地天然辽东栎林与刺槐人工林 60~600 cm 土层土壤水分方差分析

Table 5 Variance analysis of soil moisture between natural *Quercus liaotungensis* and artificial *Robinia pseudoacacia* forestland in the different sample sites (in 60~600 cm soil depth)

项目 Item	A-33 刺槐人工林 Artificial <i>Robinia pseudoacacia</i> forest		A-37 刺槐人工林 Artificial <i>Robinia pseudoacacia</i> forest		B-33 刺槐人工林 Artificial <i>Robinia pseudoacacia</i> forest		B-37 刺槐人工林 Artificial <i>Robinia pseudoacacia</i> forest	
	F 值 F value	显著性 Significance	F 值 F value	显著性 Significance	F 值 F value	显著性 Significance	F 值 F value	显著性 Significance
A-31 天然辽东栎 Natural <i>Quercus liaotungensis</i> forest	9.684 852	0.008 987	5.384 482	0.038 736				
B-31 天然辽东栎 Natural <i>Quercus liaotungensis</i> forest					22.802 96	0.001 399	12.200 45	0.008 163

表 6 各标准地乔灌木物种数量

Table 6 The number of species in different sample sites

标准地号 Code of standard land	乔木层 Layer of arbor	灌木层 Layer of shrub	草本层 Layer of grass
A-30	7	19	46
A-31	2	19	47
A-33	1	4	19
A-35	6	19	46
A-37	1	5	20

右, 灌木层物种达 19 种以上, 草本层物种达 45 种以上。辽东栎 (*Quercus liaotungensis*) 作为森林群落的演替顶级, 种群高度已达到 12 m 以上, 其群落结构已更为完善, 这主要表现在乔木层与林下灌木层 (下木层) 的组成上, 辽东栎林是该区域的唯一建群种, 林下灌木层也远不如山杨林下发育完善, 说明种间竞争基本完成, 生态系统达到稳定、和谐、协调统一的阶段。刺槐人工林乔木层只有建群种刺槐 (表 6), 灌木层次极为不明显, 且数量很少, 呈零星点缀状态, 没有形成稳定的层片结构, 草本植物分布较多, 达 20 种左右, 但其物种多样性仍不如天然山杨林和辽东栎林。其次, 天然林有明显优于人工林的自我调节能力。根据生态学原理, 限制植被分布和发育的诸多环境因子中, 水分和热量起主导作用。当某一地区的气候发生长期演变时, 适应原来气候条件的自然植被必然会发生相应的变化, 即发生植被演化, 以适应新的气候条件。仅就水分因子而言, 当气候向干旱方向发生演化时, 原来的喜湿植物因耗水较多, 而不能适应新的气候条件, 群落组成会发生相应的变化, 喜湿成分逐渐减少, 喜干成分逐渐增多, 反之, 当气候由干旱向湿润方向发生演化时, 植物群落的组成会发生相反的变化。黄土高原现存的天然次生植被是经过上百年的自然发展和适应而保留下来的, 在长期的演替过程中, 已形成了乔灌木搭配和谐, 物种分布合理的具有很强自我调节能力的复层稳定系

统, 能够对气候条件的变化表现出很强的适应能力。在物种组成上, 其成分逐渐向喜干物种方向发展, 以适应气候旱化的总趋势^[12, 13]; 在系统内部, 天然林下都积累了厚厚的枯枝落叶层, 一方面增加了降雨的入渗, 另一方面减少了地表的蒸发, 在增加土壤水分总量的同时, 提高了其利用率, 为群落在干旱条件下的生存和发展创造了条件。而人工植被 (如刺槐人工林) 自我调节能力就比较差^[14~18], 在临时干旱条件下, 植物尚能从深层土壤吸收一定的水分来维持植物的生长; 但在连续干旱的条件下, 深层土壤水分就不能满足其所需, 从而造成林木生长不良, 林分全面衰退的现象。显然, 从土壤水分的消耗过程来讲, 人工植被深层土壤出现水分严重亏缺的原因应包含两个方面, 一是气候连续干旱的发生, 二是由于树草种及乔灌木的配置方式选择不当, 在其自我调节能力较差的条件下, 致使植被对土壤水分特别是深层土壤水分产生了强烈消耗, 并导致了土壤干化层的出现^[19, 20]。

2.4 土壤干化的判定和分级

土壤水分亏缺现象实际上是植被与水分关系矛盾的具体体现, 刺槐人工林地土壤因水分亏缺而导致林分衰退是这种矛盾的反映。天然山杨林和辽东栎林地尽管在一些土壤层次存在水分亏缺现象, 但从自然植被的景观特征来看, 并没有出现类似于人工植被那样的衰败迹象^[21], 这除与林种对环境条件

的适应能力有关之外,更主要的原因在于天然植被在较长时间的演替过程中形成了较为合理的群落生活型组合与空间层片结构^[22],系统内部达到了高度和谐的统一。因此,我们从天然植被的自然水分状况入手,结合其 6 m 土层的水分变化,提出“林地稳定土壤持水量”的概念,来界定土壤干化现象。从以上的分析可知,天然山杨林地和天然辽东栎林地 6 m 土层含水量平均在 10.0% 以上,最低值出现在 6 月份的 60~100 cm 土层范围内,分别为 9.01% 和 9.26%,但在雨季过后的 10 月份,又得到了恢复,达到了 10.0% 以上。由此认为 10.0% 可以作为富县天然林的“林地稳定土壤持水量”,初步定义其为“在生长季内,根系作用深度范围内,可以保证林分正常生

长、发育,不导致群落产生逆向演替所需的最低土壤含水量”。

根据土壤林地稳定持水量,对天然林地和人工林地土壤水分的亏缺状况作出量化分析,认为低于林地稳定土壤持水量就产生了土壤水分亏缺,形成了土壤干化层。对于黄土高原子午岭林区,根据这一指标,对其天然林和人工林部分标准地的土壤水分亏缺程度作出具体的分析(表 7、8、9)。

表 7 干化程度分级

土壤含水量 Soil moisture	8% ~ 10%	6% ~ 8%	< 6%
干化程度 Desiccation	轻度 Light	中度 Moderate	严重 Severe

表 8 不同林地 2000 年 6 月份土壤干化程度划分

Table 8 The classification of soil desiccation in different forests in June

土层深度 Soil depth (cm)	A-30 天然山杨林 Natural Populus daurica forest		A-31 天然辽东栎 Natural Quercus liatungensis forest		A-33 刺槐人工林 Artificial Robinia pseudacacia forest	
	土壤含水量 Soil water content (%)	干化程度 Desiccation	土壤含水量 Soil water content (%)	干化程度 Desiccation	土壤含水量 Soil water content (%)	干化程度 Desiccation
000 ~ 050	13.50	无 Naught	16.76	无 Naught	9.45	轻度 Light
060 ~ 100	9.39	轻度 Light	9.28	轻度 Light	7.30	中度 Moderate
100 ~ 200	10.03	无 Naught	9.91	轻度 Light	6.60	中度 Moderate
200 ~ 300	10.16	无 Naught	10.63	无 Naught	5.69	严重 Severe
300 ~ 400	10.05	无 Naught	10.82	无 Naught	8.16	中度 Moderate
400 ~ 500	14.05	无 Naught	10.87	无 Naught	9.26	轻度 Light
500 ~ 600	11.89	无 Naught	13.69	无 Naught	10.10	无 Naught

表 9 不同林地 10 月份土壤干化程度划分

Table 9 The classification of soil desiccation in different forests in October

土层深度 Soil depth (cm)	A-30 天然山杨林 Natural Populus daurica forest		A-31 天然辽东栎 Natural Quercus liatungensis forest		A-33 刺槐人工林 Artificial Robinia pseudacacia forest	
	土壤含水量 Soil water content (%)	干化程度 Desiccation	土壤含水量 Soil water content (%)	干化程度 Desiccation	土壤含水量 Soil water content (%)	干化程度 Desiccation
000 ~ 050	20.80	无 Naught	22.81	无 Naught	19.47	无 Naught
050 ~ 100	13.03	无 Naught	10.67	无 Naught	9.35	轻度 Light
100 ~ 200	10.67	无 Naught	11.49	无 Naught	7.73	中度 Moderate
200 ~ 300	10.10	无 Naught	10.81	无 Naught	6.86	中度 Moderate
300 ~ 400	12.02	无 Naught	10.08	无 Naught	8.18	轻度 Light
400 ~ 500	13.00	无 Naught	10.75	无 Naught	9.25	轻度 Light

从表 2、3 可知,天然林地在土壤浅层(60~200 cm)产生了一定程度的水分亏缺,但在雨季过后得到了恢复,因此我们把天然林地的这种因土壤水分暂时亏缺而形成的干化层称为临时性干层。刺槐人工林地则在浅层和深层(200 cm 以下)都形成了较为严重的水分亏缺,根据雨季前后的对比,将浅层土壤水分亏缺形成的干化层同样称为临时性干层,因为浅层土壤水分亏缺在雨季得到了较明显的补

偿,将深层土壤水分亏缺形成的土壤干化层称为持续性干层,因为深层土壤水分在雨季后的恢复和补偿很少,没有从根本上改变深层土壤水分亏缺的状况。主要是由于黄土高原特殊的水文特征,其降水入渗深度一般在 2 m 以内^[23~26],且很少有深层渗漏,因此深层土壤水分亏缺一旦形成很难在短时间内得到恢复。又根据土壤水分的亏缺程度将土壤干化层进行初步分级,将 8%~10% 的范围划分为轻度干

层, 6% ~ 8% 的范围划分为中度干层, 6% 以下的范围划分为严重干层(表 7)。以此对富县不同林地 6 月和 10 月的土层土壤水分状况进行干化程度判定, 其结果见表 8 和表 9, 表明人工刺槐林已形成了严重的土壤干化层, 而天然林地只是在 6 月份出现轻度干化, 10 月份后又得到恢复。

3 小结与讨论

(1) 以富县天然林地的自然土壤含水量作为水分背景, 辅以人工林地的土壤水分亏缺状况提出了“林地土壤稳定持水量”的概念, 根据以上分析, 结合富县天然林地的实际情况, 我们初步认为是可行的。但这一概念能否适用于陕北黄土高原其它地方作为判断林草地土壤水分亏缺程度的依据呢? 根据黄土高原综合考察对陕北黄土高原的植被区划, 其分布呈“两线三区”的带状排列: 年均降水 550 mm 以上为落叶阔叶林区, 年均降水 450 ~ 550 mm 的地区为森林草原区, 年均 450 mm 降水以下的地区为草原区^[11, 21]。富县年均降雨量为 660 mm, 属于落叶阔叶林区, 属于森林带, 且有天然次生森林分布, 因此以天然林地的自然土壤含水量作为背景水分是恰当

的。相应草原区, 就应该以天然草地的自然土壤含水量为背景, 确定对应于“林地稳定土壤持水量”的概念, 即“草地土壤稳定持水量”来界定林草地的土壤水分亏缺程度。而在森林草原区, 就应该同时考虑天然林和天然草地的自然土壤含水量, 选取其中最能反映当地植被自然生长状况的林地或草地土壤含水量为背景, 来分析林草地的土壤干化状况。

(2) 子午岭天然林与人工林地土壤水分状况存在明显的差异, 天然林地土壤水分基本没有形成亏缺, 而人工林地土壤水分不管是深层还是浅层, 都形成了较严重的亏缺状况。但天然山杨林和辽东栎林的景观生态特征表明, 两类森林群落没有出现衰退的迹象, 这说明森林群落合理的内部结构不会造成林地土壤水分的严重亏缺, 子午岭的自然气候条件可以满足森林群落生存、发展的需要。而人工林地的土壤水分出现严重亏缺而形成土壤干化层并导致人工林衰退可能是人为不合理经营造成人工林群落林分结构不完善的结果, 如果人为干预适当, 能创造出类似于天然植被的生存条件, 人工植被有可能得到正常的生存和发展, 出现衰退的刺槐人工林亦有可能得到良好的恢复。

参考文献:

- [1] YANG W ZH(杨文治), SHAO M A(邵明安), PENG X D(彭新德), et al. On the relationship between environmental aridization of Loess Plateau and soil water in Loess[J]. Sciences in China (Series D)(中国科学)(D辑), 1998, 28(4): 357- 365(in Chinese).
- [2] LIANG Y M(梁一民), LI D Q(李代琼), CONG X H(丛心海). A study on soil moisture and productivity of Astragalus adsurgens pasture on Wuqi County[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation(水土保持通报), 1990, 10(6): 113- 118(in Chinese).
- [3] YANG W X(杨维西). The preliminary discussion on soil desiccation of artificial vegetation in the northern regions of China[J]. Scientia Silvae Sinicae(林业科学), 1996, 32(1): 78- 85(in Chinese).
- [4] WANG L(王 力), SHAO M A(邵明安), HOU Q CH(侯庆春). The primary research on dried soil layer in the Loess Plateau[J]. Journal of Northwest Sci-Tech Univ. of Agri. And For. (Nat. Sci. Ed.)(西北农林科技大学学报)(自然科学版), 2001, 29(4): 34- 38(in Chinese).
- [5] HOU Q CH(侯庆春), HAN R L(韩蕊莲), HAN SH F(韩仕峰). The initial research on “soil dried layer” of artificial forestland and grassland in Loess Plateau[J]. Soil and Water Conservation of China(中国水土保持), 1999, 5: 11- 14(in Chinese).
- [6] WANG L(王 力), SHAO M A(邵明安), LI Y Y(李裕元). Study on Relationship between growth of artificial Robinia pseudoacacia plantation and soil desiccation in the Loess plateau of Northern Shaanxi Province[J]. Scientia Silvae Sinicae(林业科学), 2004, 40(1): 84 - 91(in Chinese).
- [7] CHEN CH D(陈昌笃). Ziwuling vegetation and its functions for soil & water conservation in the boundary of Shaanxi and Gansu Province (in Chinese)[J]. Acta Phytocologica et Geo Botanica Sinica(植物生态学与地植物学资料丛刊), 1958, 2: 5- 20(in Chinese).
- [8] TANG K L(唐克丽), ZHENG F L(郑粉莉), ZGANG K L(张科利), et al. Research subjects and methods of relationship between soil erosion and eco-environment in the Ziwuling forest area[J]. Memoir of NISWC, Academia Sinica and Ministry of Water Resources(西北水土保持研究所集刊), 1993, 17: 1- 2(in Chinese).
- [9] ZHANG P C(张平仓), ZHENG F L(郑粉莉). The regional properties of natural environment and relationship of it and soil erosion in the Ziwuling region[J]. Memoir of NISWC, Academia Sinica and Ministry of Water Resources(中国科学院水利部水土保持研究所集刊), 1993, 17: 11- 16(in Chinese).
- [10] 刘立品. 子午岭木本植物志[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 1998: 4- 30.
- [11] ZHOU H Y(邹厚远). A study on correlation between vegetation division and construction of forest and grasslands in Loess Plateau of

Northern Shaanxi[J]. Research of Soil and Water Conservation(水土保持研究), 2000, 7(2): 97- 101(in Chinese).

- [12] 刘东生. 黄土与环境[M]. 北京: 科学出版社, 1985: 191- 364, 411.
- [13] YANG W ZH(杨文治), TIAN J L(田均良). Essential exploration of soil aridization in Loess Plateau[J]. Acta Pedologica Sinica(土壤学报), 2004, 41(1): 1- 6(in Chinese).
- [14] SHENG ZH R(沈照仁). Man-made forests and sustainable management[J]. World Forestry Research(世界林业研究), 1994, 7(4): 8- 13 (in Chinese).
- [15] ZHAI M P(翟明普). The survey of mixed forests and the interaction of tree species[J]. World Forestry Research(世界林业研究), 1993, 6(1): 39- 45(in Chinese).
- [16] EVANS J, WOOD P J. The place of plantation in tropical forestry[J]. TFU, 1993, 5: 3- 5.
- [17] RICHARDSON S D. Costing change or changing costs[J]. Comm. For. Rev., 1993, 1: 13- 20.
- [18] LIU D L(刘东兰), ZHENG X X(郑小贤). Studies on artificial multiple storied stands[J]. World Forestry Research(世界林业研究), 1999, 12(2): 24- 26(in Chinese).
- [19] LI Y Y(李裕元), SHAO M A(邵明安). Climate change, vegetation evolution and low moisture layer of soil on the Loess Plateau[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment(干旱区资源与环境), 2001, 15(1): 72- 77(in Chinese).
- [20] WANG L(王力), SHAO M A(邵明安), ZHANG Q F(张青峰). Distribution and characters of soil dried layer in north Shaanxi Loess Plateau[J]. Chin. J. Appl. Ecol. (应用生态学报), 2004, 15(3): 436- 442(in Chinese).
- [21] ZHOU H Y(邹厚远), LIU G B(刘国彬), WAN F H SH(王晗生). The vegetation development in North Ziwulin forest region in last fifty years[J]. Acta Bot. Boreal. -Occident. Sin. (西北植物学报), 2005, 22(1): 1- 8(in Chinese).
- [22] LI Y Y(李裕元), SHAO M A(邵明安). Natural succession and evolution of structural characteristics of forest community in Ziwuling area on the Loess Plateau[J]. Acta Bot. Boreal. -Occident. Sin. (西北植物学报), 2003, 23(5): 693- 699(in Chinese).
- [23] YANG X M(杨新民), YANG W ZH(杨文治). Study on the soil water balance of artificial forestland in arid region[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation(水土保持通报), 1988, 8(3): 32- 38(in Chinese).
- [24] NIE D P(聂道平). A preliminary study on the water equilibrium and evapotranspiration in plantation of Pinus tabulaeformis[J]. Forest Research(林业科学研究), 1989, 2(6): 606- 609(in Chinese).
- [25] MA Y X(马玉玺), YANG W ZH(杨文治), HAN SH F(韩仕峰). On the growth dynamics of locust in the Loess Plateau[J]. Acta Conservationis Soil et Aquae Sinica(水土保持学报), 1990, 4(2): 26- 32(in Chinese).
- [26] YANG H J(杨海军), SUN L D(孙立达), YU X X(余新晓). Study of the water balance for soil and water conservation in forests of Northwest Shanxi Province[J]. Journal of Beijing Forestry University(北京林业大学学报), 1993, 15(3): 42- 50(in Chinese).