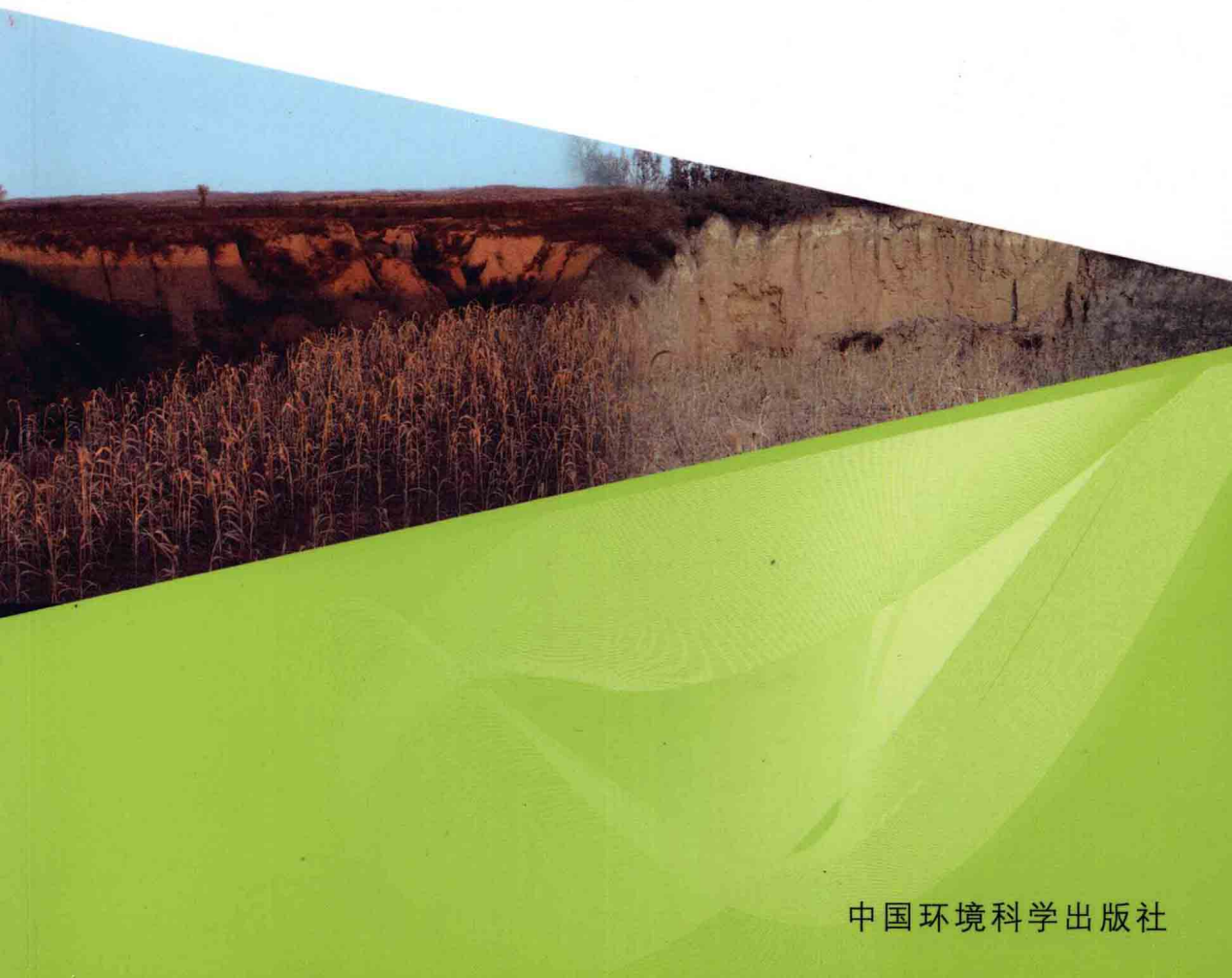


山西土壤水环境 与植被建设

SHANXI TURANG
SHUIHUANJING
YU ZHIBEI JIANSHE

| 牛俊杰 赵景波 ◎ 著



中国环境科学出版社

山西省基础研究项目（2007011100）资助

山西土壤水环境 与植被建设

SHANXI TURANG
SHUIHUANJING
YU ZHIBEI JIANSHE

| 牛俊杰 赵景波 ◎ 著

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

山西土壤水环境与植被建设/牛俊杰, 赵景波著. —北京: 中国环境科学出版社, 2008.6

ISBN 978-7-80209-757-5

I. 山… II. ①牛…②赵… III. ①土壤—水环境—研究—山西省②土壤水—关系—植被—研究—山西省 IV. X144 S152.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 097861 号

责任编辑 周艳萍
责任校对 扣志红
封面设计 王强工作室

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2008 年 6 月第 1 版
印 次 2008 年 6 月第 1 次印刷
开 本 787×960 1/16
印 张 11.75
字 数 252 千字
定 价 28.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

序

人工植被的土壤水环境研究,对认识土壤干化原因与土壤干层分布规律有重要科学意义,对认识土壤干化对地下水的影响、防止新的生态退化、成功实施生态环境建设和农林业发展具有重要现实意义。现代黄土高原土壤含水量及其区域环境变化受已经发生了变化的现代气候控制,植被建设要能够适应现代土壤含水量状况,所以将土壤中、下部含水量状况作为植树种草以及确定人工林植株密度的依据是科学的、可靠的。因此,本项研究对成功实施山西黄土高原生态建设和确保其环境与经济效益有重要的应用价值。

本书以全球变化为背景,以区域响应作主线,研究山西人工植被的土壤水分特征,探讨土壤干层的发生过程、形成机理。

土壤干化的研究是基于土壤含水量的现状和发生原因。无论是干层的出现还是植被的重建,都需要研究了解植被耗水等水分的损失状况,要具体研究对水分需求不同的人工植被土壤含水量,研究植被在当地自然环境发生了变化之后的土壤水分状况及植被适宜性。因此,从土壤水分消耗的角度确定干化的标准显得尤为重要。过去对我国陕西黄土高原地区的土壤水分和土壤干燥化问题进行了大量研究,并取得了许多重要研究成果。认识到该区土壤干层的广泛存在和发育强度,并将土壤干层分为强、中、弱不同等级;认识到土壤干层的存在是造成该区人工林生长不良的主要原因。关于土壤干层发生原因,一般认为降水量偏少和不合理的人工造林是主要因素。过去对山西黄土区 2 m 以上浅层土壤水环境作过一些研究,但对深层土壤水环境研究很少。在降水量较少地区,树木生长需要深层土壤水,所以系统深入研究山西黄土区 6 m 深度范围内土壤水环境和土壤干层发育强度、分布深度是非常必要的,也为整个黄土高原地区的研究填补空白。水、热、光是植被地理分布的基本要素,过去主要以温度、积温、降水等作为确定植被分布的依据,本书利用土壤含水量的现实状况验证植被的适宜性。不同的地区具有不同的土

壤水分综合生态特征,这其实是一个土壤水分的背景,了解它也就掌握了土壤水分发生、发展的全貌。

针对以往土壤干层及土壤水研究中存在的问题,本书重点研究山西不同人工植被、不同地貌、不同植被密度下土壤含水量的空间变化。在时间尺度上,主要研究经 50 年暖干化之后的现代土壤含水量。具体研究内容如下:

(1) 利用近 50 年山西 20 个基准站的气象资料分析全球变化下的山西降水、气温等响应情况。

(2) 测定不同人工林 6 m 深度土层中的含水量,查明土壤含水量的垂向变化和区域变化规律,确定区域土壤含水量指标、差异。

(3) 测定不同人工林植株密度条件下的土壤含水量。通过这一研究,确定人工林植株密度差异和乔、灌、草配置不同对土壤干化的影响。利用含水量测定资料证实由于气候变暖引起的植被带变化。根据各区土壤含水量的差异,确定区域适宜的植被类型,为成功实施植树种草等生态建设提供科学依据。

(4) 研究不同农田土层含水量差异,揭示不同农作物种植区的土层土壤含水量变化,为防治季节性干层对农作物危害提供依据。

(5) 基于水分消耗的土壤干层标准的研究。

本研究采用实地调查、打钻采取 6 m 深度土层剖面样品、实验分析的方法测定土壤含水量,将野外考证与理论分析、定性分析与定量分析相结合进行综合研究。

通过对实验结果的理论分析与模型计算得出以下结论和认识:

(1) 研究地区季节性土壤干层形成时间主要是在秋、冬、春季。由于山西降水量少,黄土丘陵起伏不平,在四季都可能出现暂时性干层,但在秋、冬、春季暂时性干层发生的概率大。

(2) 山西人工植被土壤干化具有普遍性。在长治等晋东南半湿润区人工植被的土壤存在弱干层,临猗、芮城等晋南重半干旱区人工植被的土壤存在严重干层,太原、忻州、榆次、太谷等晋中、晋北重半干旱黄土丘陵区人工植被的土壤存在严重干层,平川地带存在弱干层,寿阳等晋东北轻半干旱地区人工植被的土壤大部分存在轻度干层,大同等雁北重半干旱地区人工植被下出现了严重干层,离石等晋西轻半干旱地区人工植被下出现了严重干层。

(3) 人工乔木林长期性土壤干层的分布深度。在山西绝大多数人工乔木林土壤干层发育深度超过了 6 m, 坡地梯田土壤干层分布深度达到了 7 m 以下。在较干旱区(近年平均降水量 395 mm)长期性干层分布上界为 100 cm 左右, 在一般干旱区(近年平均降水量 440~490 mm)为 150cm 左右。

(4) 山西农田深部存在土壤干层。在山西玉米、小麦等农田中普遍存在轻度或中度干层。在晋中玉米地轻度干层发育到了 600 cm 以下, 晋南轻度土壤干层发育深度也达到 600 cm, 晋西玉米地 400 cm 深度接近轻度干化, 晋北玉米地轻度干层分布深度超过了 600 cm。农田季节性干层、深部长期性土壤干层的出现严重影响了农田土壤的水循环, 季节性干层的存在是该地区农作物易于发生干旱灾害的主要原因。降水量少是本区农田干层产生的主要原因, 但农田生产力提高、作物密度大也是不可忽视的因素。

(5) 运用 GIS 软件, 依据土壤含水量等主要影响因素将山西土壤水分环境划分为: 土壤水分相对丰富区、土壤水分一般区、土壤水分相对缺乏区; 依据土壤干层程度将山西人工林的土壤干层划分为: 土壤轻微干层区、土壤中等干层区、土壤严重干层区。

(6) 基于水分消耗的土壤干层指标——水分缺失度模型:

水分缺失度 $R = (\text{田间持水量 } W - \text{土壤含水量 } W_h) / \text{田间持水量 } W$

(7) 山西植被建设模式。遵循演替规律, 自然恢复为主, 水分条件好的地方发展人工林。结合植被带的变化, 人工植被种类、密度为: 在半湿润的长治地区, 杨树、核桃及与之耗水接近的落叶阔叶乔木适宜种植密度应略小于 1 111 株/hm², 静乐沟谷和阴坡杨树的种植密度应为 500~600 株/hm², 岚县平川地杏树的种植密度为 600~700 株/hm², 梁峁地油松密度为 500~600 株/hm²。轻半干旱地区杨树、核桃、油松等植被适宜种植密度应略小于 900 株/hm²; 重半干旱地区的太原平川地段苹果、梨树种植密度应在 700~800 株/hm², 梧桐应为 500~600/hm², 白皮松、柏树应为 600~700 株/hm², 枣树应略小于 1 000 株/hm², 平川地区杨树应略小于 1 000 株/hm²。在阳曲阴坡、沟谷可以种植密度小于 600 株/hm² 的杨树。

本书是作者在陕西师范大学期间研究成果的总结, 全书共 25.2 万字, 其中牛俊杰完成 17.2 万字, 赵景波完成 8 万字, 最后由作者共同审定。

在研究过程中, 长安大学李佩成院士、中科院水保所李锐研究员、陕西

师范大学甘枝茂教授、黄春长教授、马耀峰教授、吴成基教授、任志远教授、孙根年教授、薛东前教授、薛亮讲师、山西大学黄土高原研究所王孟本教授等提出了宝贵意见，山西省科技厅秦作栋副厅长、李敏处长、史新珍主任，以及孙建平、周彬学、王长燕、郁耀闯、王丽霞等同学提供了诸多支持与帮助。另外韩安民等在野外取样、考察等方面提供了帮助。中国环境科学出版社周艳萍编辑对本书的出版给予了协助，本书的完成参考了众多前人研究的成果，且得到诸多专家、老师、同事、朋友、同学、学生的支持和帮助，对此均致以诚挚的谢意。

土壤水环境问题还有许多难题有待研究，而且我们的研究才刚刚开始，书中难免有疏漏之处。敬请专家、同行批评指正。

作 者

2008年5月18日

目 录

第一章 概述	1
1.1 研究的意义.....	1
1.2 国内外关于土壤干层研究的现状及趋势.....	4
1.3 研究区概述.....	10
1.4 研究方法和研究内容.....	15
第二章 全球变化与山西的响应	19
2.1 全球变化研究进展.....	19
2.2 山西近 50 年来的气候变化.....	21
第三章 山西人工植被土壤水环境变化	31
3.1 土壤干层标准.....	31
3.2 太原市人工植被土壤含水量.....	31
3.3 静乐县人工植被土壤含水量测定结果.....	53
3.4 娄烦县人工植被土壤含水量.....	55
3.5 阳曲人工植被土壤含水量测定结果.....	58
3.6 岚县人工植被土壤含水量测定结果.....	62
3.7 忻州人工植被土壤含水量测定结果.....	68
3.8 寿阳县人工植被土壤含水量测定结果.....	71
3.9 芮城县人工植被土壤含水量测定结果.....	75
3.10 太谷县人工植被土壤含水量测定结果.....	79
3.11 临猗县人工植被土壤含水量测定结果.....	80
3.12 离石人工植被土壤含水量测定结果.....	83
3.13 榆次人工植被土壤含水量测定结果.....	87

3.14 长治人工植被土壤含水量测定结果.....	89
3.15 大同人工植被土壤含水量测定结果.....	93
第四章 不同气候条件下土壤干层发育强度与含水量差异.....	97
4.1 重半干旱地区土壤干层发育强度及土壤含水量.....	97
4.2 轻半干旱地区人工植被土壤干层发育强度.....	103
4.3 半湿润地区土壤干层发育强度.....	104
第五章 土壤干层形成机制	109
5.1 气候与土壤水的存在形式对干层的影响.....	109
5.2 植被条件对土壤水环境的影响.....	113
5.3 地形对土壤水分的影响.....	117
5.4 土壤质地、黄土厚度对土壤水分及植被恢复的影响.....	118
5.5 暂时性干层出现的季节分析.....	120
5.6 土壤干层的突变.....	121
5.7 关于土壤干化指标的讨论.....	122
第六章 山西农田土壤干化问题探讨	127
6.1 农田长期性干层存在的普遍性与等级.....	127
6.2 季节性干层发育强度和对农作物的影响.....	128
6.3 农田含水量垂向变化和长期性干层发育深度.....	128
6.4 农田土壤干层对水循环的影响.....	130
6.5 农田土壤干层发育原因.....	130
6.6 研究地区防治农田土壤干层发生的对策.....	131
6.7 本章小结.....	132
第七章 基于 GIS 的山西土壤水分环境分析	133
7.1 水分分区研究进展.....	133
7.2 空间技术及 GIS 技术的应用	134
7.3 影响黄土丘陵区水分的主要影响因素分析及指标确定.....	134

7.4 GIS 在山西土壤水分环境分析中的应用	140
7.5 数据分析	141
第八章 山西植被建设	157
8.1 植被建设的方式与植被类型	157
8.2 退耕还林还草的选择	158
8.3 临猗、芮城、忻州、太原现有人工植被的不适宜性	160
8.4 研究地区适于发展的植被密度及树种类型	161
第九章 主要结论与展望	163
9.1 主要结论	163
9.2 未来工作展望	166
参考文献	167

第一章 概 述

1.1 研究的意义

土壤干层及土壤水分问题的研究涉及生态、农业、林业等许多领域。人们对黄土高原土壤含水率、土壤水的运移和在剖面中的分布等进行了许多研究,解决了农业生产中存在的很多实际问题,也发现了一些在发展农林业过程中需注意或需解决的土壤水分变化的重要问题。

人工植被土壤水环境研究对认识土壤干层形成原因与土壤干层分布规律有重要科学意义,对认识土壤干化对地下水的影响、防止新的生态退化、成功实施生态环境建设和农林发展具有现实意义。

自从 20 世纪 60 年代在陕西蒲城发现塬区农田降水垂直下渗深度是有限的,在 3m 以下存在“低湿度”,其湿度接近毛管破裂湿度^[1]后,农业、林业、水保、地理、环境、生态等方面专家就开始从不同角度对土壤水、土壤干层等相关问题进行了研究。朱显谟院士研究认为,充分利用黄土区的“土壤水库”是黄土高原农林业发展的关键^[2]。王经民^[3]等同志研究得出,不同植被、不同季节和不同深度土层含水率是变化的,油松林下深部土层中含水率比空旷地、采伐地都低。李玉山^[4]先生提出土壤干层是半干旱地区土壤水分循环的一个特征。后来杨文治^[5]、杨维西^[6]、王克勤^[7]、侯庆春^[8]、余新晓^[9]、王力^[10]等专家先后研究我国北方和黄土高原人工林下土层含水量的垂向变化,也发现土壤干化产生了“土壤干层”,并认为土壤含水量低于田间持水量的 30% 为土壤干层的含水量指标。土壤干层可以是自然现象,也可以是人为因素引起的。如果是人为因素引起的,就会造成土壤退化,从而引起植被衰退。土壤干化主要出现在黄土高原及北方降水量少的地区。在垂向变化上,土壤含水量有明显分带性,从上向下依次分为 0~20 cm 的速变层,20~100 cm 的

活跃层, 100~400 cm 的次活跃层和 400 cm 以下的相对稳定层。200 cm 以上的干层是暂时性的, 适当的降水会使其变为非干层。200 cm 以下的干层不易恢复, 是通常所指真正意义的干层^[9,11,12]。

张信宝^[13]等研究认为, 黄土层水分蒸发损失大, 土壤含水量低, 当黄土厚度和地下潜水埋深大于 50 m 时, 乔木不能利用其中的地下水, 不利于森林发育, 而薄层土覆盖的土石山区森林植被发育好与地下水位埋藏深度小有关。吕厚远^[14]等通过对植物硅酸体记录的研究表明, 末次间冰期以来, 在黄土高原南部, 主要发育草原和森林草原的植被类型, 只有在气候最适宜期年降水量超过 800 mm 以上, 才可能有短期的森林植被发育。在黄土高原塬区发育森林植被所需要的降水量要比基岩山地高 250 mm 以上。如果真是这样, 那么黄土高原区一般不适于植树造林, 事实上乔木生长可以利用地下潜水, 但更多的是利用土壤水。只要土壤含水量能够达到森林长期生长的需要, 就能够发育森林植被。土壤含水量的多少是决定植物生长状况和植被类型的主要因素, 根据研究区土壤含水量多少、含水量垂向变化以及森林植被下是否存在土壤干化现象就完全能够确定是否适于森林发育。虽然人们可以把历史时期黄土高原植被类型和植被分带的研究结果作为实施生态环境建设的依据, 但气象资料表明近 50 年来黄土高原年均降水量减少了 100 mm 左右^[15,16], 所以根据历史时期植被类型及分布资料作为植树种草的依据具有局限性。一般认为黄土高原现代植被由南向北划分为落叶阔叶林带、森林草原带和草原带^[17], 这是该区目前进行植树种草区域布局的依据。然而关于该区植被类型的分带还有不同的认识, 加之现代降水量已明显减少, 所以目前植树种草的依据存在一定问题。该区现代植树造林的结果表明, 按照植被学家划分的森林带造林出现了中龄林下土壤缺水的事实, 也就是出现了人工林生长不良的矛盾。我们认为产生这种矛盾的原因有六种: 一是如气象资料和我们研究表明的那样, 黄土高原近年降水量的减少已引起了森林带的南移。二是侵蚀作用使土壤水肥减少, 质量下降, 出现了侵蚀逆境^[18]。三是过去确定的现代森林分布范围与实际范围不完全吻合。四是人工林密度过大, 导致耗水过多。五是造林没有遵循植被从草地到灌丛再到林地的演替规律。六是人工林缺少天然林的多层结构, 林下受光照较强, 蒸发量较大。该区不同植被下土壤含水量及其季节变化研究和湿润山区黄土层上森林土壤含水量研究能够查明引

起这一矛盾的多种原因。

土壤的干化常常还表现为土壤水分的减少和湿润锋下移深度增加, 这些都会给农林业的发展带来很不利的影响。目前山西正在进行生态环境建设, 实施这一建设首先要解决的是植树还是种草的问题。植树获得的经济效益和环境效益比种草高, 但如在不适于植树的地带进行造林, 则会出现造林不成林的状况, 从而导致经济上的损失。王志强、刘宝元等^[19]认为黄土高原土壤干层是一个重要的生态环境问题, 研究干层土壤水分的恢复对正确指导黄土高原退耕还林还草、实现该区土地的可持续利用具有重要意义。目前国家每年在黄土高原投入的生态环境建设资金达数十亿元, 还有大量的人力投入, 如不查明土壤干化发生的原因和科学合理地进行植树种草, 不但会造成经济上的巨大损失, 而且会引起土壤干化进而导致新的荒漠化, 非但生态环境不能改善, 而且会出现难以治理的生态退化。因此, 研究土壤含水量与土壤干化发生原因、干化的等级、分布范围和地区差异对当前植树种草生态建设和土壤干化的防治是非常迫切的。

现代黄土高原土壤含水量及其区域变化受已经发生了变化的现代气候控制, 实施山川秀美计划过程中的造林树种必须能够适应现代土壤含水量状况, 所以将土壤中、下部含水量状况作为植树种草以及确定人工林植株密度的依据是科学的、可靠的。因此, 本项研究对成功实施山西黄土高原生态建设和确保其环境效益与经济效益及防止新的生态退化有很重要的意义。研究黄土高原土壤水的垂向变化和区域差异, 对科学合理利用该区土壤水资源也很有意义。掌握了该区已发生了变化的土壤含水量在垂向上和区域上的差异, 就能够有针对性地开展适合该区土壤水分状况的树种和农作物。通过本课题的研究, 能够确定因气候变化引起的目前太原附近不同地形、降水等条件下适宜的植被类型, 进而确定哪些地方适于造林, 哪些地方不适于造林。

过去在山西开展的工作一般是研究 1 m 深度范围内的土壤含水量, 对 6 m 深度甚至更深土层范围内的含水量变化的研究很少。而树木的耗水深度很大, 土壤水分的垂向分布状态又直接影响树木的根系分布与正常生长, 尤其在黄土高原的干旱、半干旱地区土壤水分无疑成为限制植物生长和分布的主要因子, 所以研究 0~6 m 深度以致更深范围内的土壤水分变化对探讨人工林生长、生态恢复、环境建设以及避免绿色荒漠等高成本的环境退化问题方面都

有非常重要的意义。虽然过去注意到了黄土高原土壤含水量存在着从北向南呈现由低到高的变化,但尚缺少区域变化的系统和定量的研究,没有查明土壤含水量垂向分层在不同地区的厚度差异、含水量差异和不同地区土壤干化的原因。对作为生态建设重点的太原地区深层土壤水分分区的大面积系统研究还属空白,因此开展此项研究更为必要和迫切。

对于农田土壤干层问题,过去研究基本上是针对 0~200 cm 农田水分动态、耕作方式、灌溉等对农田土壤水分的影响,专门就山西农田 0~600 cm 土壤干化问题进行的研究很少,对暂时性干层的研究更少。暂时性干层在较干旱区出现时间长,有时会存在几年,对农作物的危害比长期性干层大,对其进行研究对农作物尤为重要。为解决山西农业生产及黄土高原生态环境建设中的实际问题,研究太原附近农田土壤含水量的变化,查明不同农田土壤暂时性干层的变化及其对农作物生长的危害并提出防治措施对农业生产具有重要现实意义。

1.2 国内外关于土壤干层研究的现状及趋势

1.2.1 对人工植被土壤干层的认识

土壤干化及土壤水分问题是目前有关生态、农业、环境、林业等方面研究的热点问题。过去对黄土高原土壤含水量、土壤水运移等的研究,在理论和实践上都为农、林业生产中的相关问题提出了解决的途径。朱显谟^[20]院士研究认为,“土壤水库”的发生、发展及其演变是陆地生态发展的关键和“动力”。杨维西^[6]认为,我国北方地区以人工林为代表的人工植被建设中正面临着一个严峻问题——土壤干化。土壤干层是北方少雨地区人工植被土壤退化的主要表现形式,其显著特征是因植物蒸腾过量和耗水造成植物根系范围内土壤水分长时间持续严重亏缺,天然降水已不能有效予以补偿,土壤表层板结,土壤紧实度增大,从而导致植物生长明显衰退以致大面积干枯死亡。土壤干层已成为这一地区人工植被建设的严重隐患。之后王经民^[3]、王克勤^[7]、侯庆春^[8]、余新晓^[9]、张信宝^[13]等专家先后研究人工林下土层干燥化问题及其危害。土壤干层是土壤干燥化的主要表现。土壤干层是指在林草植被强烈耗

水情况下,土壤深层含水量处于亏缺状态,并且雨季之后得不到补偿^[21],也指土壤水通过物理蒸发和植被蒸腾作用,因土壤水分的负补偿效应在土体内所形成厚度不等的低湿度层^[6]。李玉山^[4]将土壤干层划分为利用型干层和地区型干层,利用型干层是由于某种土地利用形式所致,改变土地利用方式,干层可以消失,主要在半湿润地区;地区型干层是由于地区性水量亏损所形成的干层,不因土地利用方式的改变而消失。

1.2.2 人工植被土壤干层形成的原因

造成人工植被土壤干化的直接原因是植被类型选择不当、群落密度过大和群落生产力过高^[6]。杨文治^[5]认为黄土高原存在着土壤“干层”这一特殊的水文现象是在半干旱、半湿润环境下由强烈的蒸散作用形成的“蒸散型干层”和在半干旱环境下因干旱或特殊情况形成的“蒸发型干层”。关于土壤干层发生原因,目前尚未完全查明。王国梁^[22]、孙长忠^[23]、韩仕峰^[24]等系统分析了土壤干层的形成机制。

赵景波^[16]提出了气候的变暖、变干及不合理的植树造林都可能引起土壤的干化。杜娟^[25]、刘刚^[26]、陈洪松^[27]、王力^[10]、李瑜琴^[28]、李艳花^[29]等都对土壤干化问题作了不同程度的研究。一般认为,降水量的不足和植物对水分的吸收是主要原因,造林密度过大和不遵循植被演替规律也是重要原因。

1.2.3 人工植被土壤干化的防治对策

要避免土壤干层的出现,人工植被的建设首先需要遵循植被地带性分布规律^[30]。在土壤水分严重亏缺的黄土高原半干旱区,发展对于干旱适应性强的植被群落,降低其蒸腾耗水量,增加土壤储水量,缓和土壤干层的上移^[31]。人工植被土壤干层的防治对策是在正确的植被建设思想指导下,依据当地的生物气候生产力因地制宜地选择植被类型,以水定植,调整群落密度,合理调控群落生产力,以保持植物蒸腾耗水与土壤水分补偿之间的水分平衡,从而维持群落的持续稳产与高产^[6,32]。根据当地环境的水分承载力调控造林种草的密度,可以使土壤水分亏缺得到缓减,使植物耗水与环境供水间保持一个相对的平衡状态,从而使群落持久地保持稳定状态^[33]。采用人工集流措施也是防止和减少土壤干层发生的一条有效途径^[34];充分利用降

水资源, 收集雨水; 把坡地改造成梯田, 并把梯田的边缘抬高, 增强雨水的入渗^[24,35]。另外, 采用封育措施促进植被的自然恢复, 形成稳定的植物群落^[36], 在一定程度上可以减缓由于种植不适宜的人工植被引起的土壤干层。

1.2.4 土壤干化的危害

土壤干层的出现不但会造成乔木生长差、弯曲甚至干枯死亡, 而且会影响水分的循环, 造成十分不良的后果, 所以在林下出现土壤干层的地区, 造林应当慎重考虑^[21]。杨文治^[5]、赵景波^[15]的研究还表明, 在土壤干层较轻的情况下, 采取必要的抚育措施, 造林也是可行的。在土壤干层较严重的情况下, 造林不但会引起土壤与植被的退化, 而且将会切断该区地下水的补给来源, 导致地下潜水的下降甚至枯竭, 在此种情况下是不适于造林的。由土壤干层形成条件可知, 在降水较少的地区, 如果发展林业, 土壤干层的出现范围是相当广泛的。

黄土高原地区自 20 世纪 50 年代开始大规模造林以来, 森林覆盖率由 3% 提高到 8% 左右, 但一部分人工林生长极不正常, 个体矮小, 生长缓慢, 过早老化, 称之为“小老树”。在黄土高原的低产林地中, 除个别类型外, 几乎都有土壤干层发育。相当多的有“土壤干层”的林地树木成为“小老树”, 树高只有 3~5 m, 叶片小而少, 分枝少, 树皮发黑而无光泽, 心腐病严重, 最终难以成材^[8,37]。20 世纪 90 年代以前, 我国造林质量低, 发展速度慢, 20 世纪 90 年代以后, 我国造林绿化步伐不断加快, 全国人工造林、飞播造林、封山育林分别以年均 420 万 hm^2 、60 万 hm^2 和 400 万 hm^2 的速度推进, 但实际保存面积只有造林面积的 50%, 成效不高^[38]。黄土高原许多地区人工林生长 8~10 年之后就出现了生长不良的状况^[39,40], 现已查明, 人工林生长不良正是由于土壤干层的存在。干层使树木长势弱, 根系浅; 在特大干旱年份里常常发生树木因缺水而不能正常生长或枯死的情况^[21]。土壤干层一旦形成, 不仅使已有树木生长衰退, 生命周期缩短, 而且还会使局部小气候环境趋于恶化^[10], 土地退化, 进而导致天然条件下树种更新困难, 现存林地只能生存一代, 衰败后林地仍有可能变回为光山秃岭, 这给衰败后的林、草地生态恢复造成了更大的难度^[40]。

1.2.5 关于黄土高原及山西土壤水分与土壤干层的研究

目前对黄土高原土壤含水量、土壤干层与植被关系的研究主要是在黄土高原北部^[41-43]及中、南部^[16,44-50]一带,在黄土高原其他地区尤其东部山西研究较少。

在山西范围内,孙中峰^[51]在山西省吉县蔡家川流域取 0~100 cm 土样作了晋西黄土区林地坡面土壤水分异质性研究。贾志清^[52]在偏关县取 0~100 cm 土样作的晋西北黄土丘陵沟壑区典型灌草植被土壤水分动态变化规律研究得出,该区典型灌草植被土壤水分年内变化受降雨和蒸发的影响,可明显地划分为干湿两季和土壤水分变化的 4 个带层,即速变层、活跃层、次活跃层和相对稳定层。王孟本、李洪建^[12,53]等在河曲县砖窑沟流域取 0~300 cm 土样分别进行了林地和林种对土壤水分的影响以及土壤水分变化的时空特征分析,得出坡向和坡位对林地土壤水分有一定影响,选择适当的造林树种和密度可以改善林地土壤水分状况,认识到降水、地形、坡向是影响水分分布的重要因素。胡振华^[54]在山西省隰县取 0~100 cm 土样作了晋西黄土残塬沟壑区水分变化及其利用效率研究。侯振宏^[55]在山西省吕梁山西麓的方山县取 0~100 cm 土样进行了晋西黄土高原半干旱区刺槐林需水量的研究。过去在山西开展的研究一般是 1 m 深度范围内的土壤含水量,对 6 m 深度或更深土层范围内的研究很少。

1.2.6 农田土壤水分、土壤干层研究

关于农田土壤水、土壤干化问题,谢贤群^[73]的研究认为黄土高原旱作高产农田土壤干化是高产田产量波动的主要原因,揭示了我国北方地区主要作物的耗水、需水规律。樊军等^[74]的研究得出了渭北旱塬不同土地利用方式下土壤深层剖面含水率的变化特征,认识到了高产农田与苹果园种植加快了土壤深层水分消耗,影响了区域水循环。杨婕等^[75]的研究表明,不同供水条件下农田土壤水分变化的主要层次均为 80 cm 以上,120 cm 以下土层土壤水分处于相对稳定状态。李志军等^[76]进行不同潜水位埋深条件下的农田土壤水分动态试验研究,揭示了玉米田土壤水分的季节性变化规律。张洪芬等^[77]的研究认为,西峰麦田土壤水分含量具有明显的时间变化特征,垂直变化分布有明