

● “十一五”国家重点图书出版规划项目 ●

土壤侵蚀与旱地农业系列专著

黄土高原土壤水分植被 承载力研究

邵明安 郭忠升 夏永秋 王延平/著



科学出版社

www.sciencep.com

“十一五”国家重点图书出版规划项目

土壤侵蚀与旱地农业系列专著

黄土高原土壤水分 植被承载力研究

邵明安 郭忠升 夏永秋 王延平 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书共分8章。第1章介绍了土壤水分植被承载力概念、研究方法和研究进展;第2章主要介绍了黄土高原的土壤、水资源、植被、土壤侵蚀与水土保持、土壤干层和生态足迹概况;第3章主要涉及降水与土壤水分补给、人工林草生长与土壤水分动态以及它们之间的关系和调控;第4章主要介绍了土壤水分植被承载力概念模型的构建、应用及影响土壤水分植被承载力数值的因素;第5章主要包括土壤水分过程模型与植被生长过程模型的构建与耦合,及其模型参数的确定;第6章主要在坡面尺度下分析了土壤水分过程模型的结构、参数敏感性,并在模型得到有效验证的基础上进行了情景模拟;第7章主要在GIS基础上构建了小流域土壤水分植被承载力系统,并且模拟了六道沟小流域柠条林、沙柳林和苜蓿地土壤水分承载力;第8章主要讨论了土壤水分植被承载力研究成果在森林可持续经营、植被恢复、小流域植被建设以及降水高效利用上的应用。

本书可供农业生态、林业生态、自然地理、生态水文、水土保持、环境保护和环境水利等领域有关科技人员和高等院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

黄土高原土壤水分植被承载力研究 / 邵明安等著. —北京: 科学出版社, 2010

(土壤侵蚀与旱地农业系列专著 / 雷廷武, 王全九主编)

ISBN 978-7-03-026363-6

I. ①黄… II. ①邵… III. ①黄土高原-土壤含水量-关系-植被-承载力-研究 IV. ①S152.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 005611 号

责任编辑: 张 震 / 责任校对: 刘小梅

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 耕者设计工作室

封面照片提供: 田均良

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年1月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2010年1月第一次印刷 印张: 22 1/4

印数: 1—1 200 字数: 448 000

定价: 90.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

总 序

资源合理利用与生态环境保护已成为 21 世纪中国西部开发的战略核心。实施这一战略,对粮食和环境安全有着举足轻重的作用。开展土壤侵蚀和旱地农业研究是实施上述战略的关键。土壤侵蚀与旱地农业是黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室的两个基本研究方向。本系列专著针对实验室两个研究方向,以黄土高原土壤侵蚀环境调控和提高旱地农业生产力为基础,从土壤侵蚀过程及其调控、土壤侵蚀模型及预测、水土流失、土壤水分养分循环机制及其调控、土壤侵蚀与旱地农业研究的新方法和新技术等领域出发,系统反映实验室基于大量重要研究项目资助获得的研究成果。

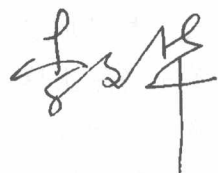
《土壤侵蚀与旱地农业系列专著》具有以下特点:一是长期和集体研究工作的结晶。作者以他们自己的研究工作累积为基础,并综合国内外有关专家、学者的研究成果,较充分反映了我国土壤侵蚀与旱地农业研究取得的成就。二是具有坚实的科学立论基础,作者以严肃、认真的科学态度,从黄土高原实际出发,理论联系实际,观点明确,论据充分,是具有较高权威性的系列专著。三是有很强的应用性,主要基于土壤侵蚀与旱地农业的相关理论,对如何控制水土流失和提升旱地农业生产力提出关键技术措施。

该系列专著各分册相对独立,但又相互补充,体系完整,资料系统,涉及地学和农业科学的诸多领域,是一套在理论上具有一定深度、实践上具有一定广度的丛书。该丛书的出版发行对推动水土保持、优化旱地农业水肥资源管理和提高农业生产力将会产生积极作用。系列专著资料丰富,数据可靠,内容翔实,图文并茂,是理论联系实践的著作。它不仅可以作为地学、生态学、气象学、土壤学、植物营养学、农学等相关专业科技工作者的参考书,而且可作为高等院校相关专业

教学的重要参考书。

我相信这套专著的出版，一定会受到学术界的欢迎，将为推动土壤侵蚀和旱地农业学科建设发挥其应有的作用。

中国工程院院士



2009. 10. 24

前 言

黄土高原是我国乃至世界上水土流失最严重的地区，轻度以上水土流失面积达 45.4 万 km^2 ，多年平均输入黄河的泥沙高达 16 亿 t，其中自然侵蚀量约 9.75 亿 t。黄土高原生态恢复和重建最直接、最有效和最经济的措施是植被建造。然而，该区又是典型的干旱、半干旱地区，有限的雨水资源和土壤水资源决定了其植被承载力十分有限。长期以来在黄土高原进行的以植树种草为主要措施的生态建设取得了巨大的成功，但是还存在着植被成活率低、生产力低以及保存率低的问题，根本原因是没能根据黄土高原水土资源特点科学地配置植被。“六五”以来，黄土高原资源环境问题和植被恢复一直是研究的热点。经过多年研究，学者对黄土高原基本的环境问题及其治理方案已基本达成共识，即按照因地制宜、适地适树适草的原则，宜乔则乔，宜灌则灌，宜草则草，农林复合，乔灌草结合，科学地建立与生态环境最为适宜的森林植被。但是这些都只停留在感性认识上，对于植被恢复程度及其如何量化，却回答甚少。

干旱区生态系统是土壤 - 植被 - 大气系统研究的热点和生态水文研究的焦点，目前对于干旱区水文以及碳、氮生物地球化学循环的研究较多。但是植物生长与其环境相互影响和制约，是一个复杂的动态过程，一方面气候和土壤条件限制植物生长；另一方面植物生长又影响土壤水循环和小气候，但对此还缺少系统的研究，特别是在地形和气候独特的黄土高原地区。植被恢复过程中还存在成活率低、保存率低和效益低的“三低”问题。为此，我先后安排了三位研究生（郭忠升、夏永秋、王延平）开展了有关方面的探索和研究。他们分别在黄土高原三个典型地区（米脂县远志山试验基地、固原上黄试验区、榆林神木试验区），通过对典型植被类型的植物（苜蓿、柠条、沙柳、杏树）生长和土壤水分的动态分析，探讨并构建土壤水分植被承载力量化模型，从小区尺度、坡面尺度以及流域尺度确定了土壤水分植被承载力。本书就是在他们工作的基础上综合而成的。

本书是黄土高原土壤侵蚀和旱地农业国家重点实验室组织编写的系列专著之一，在申报、审定、编写、签订出版合同的过程中得到了实验室的大力支持和帮助，特别要感谢李玉山先生和唐克丽先生对本书提出的指导性意见；三位博士论文的完成也得到了米脂试验站、上黄试验站以及神木侵蚀与环境试验站和土壤物理组全体人员的大力支持，在这里向他们表示衷心的感谢。另外，本书的部分研究内容由国家自然科学基金重点项目（90502006）和教育部“长江学者和创新团队发展计划”项目（IRT0749）资助，在此深表谢意。

由于时间短，我们水平所限，书中难免出现不足，恳请读者批评指正。

邵明安

2009年9月

目 录

总序

前言

第1章 绪言	1
1.1 土壤水分植被承载力的概念	1
1.1.1 承载力	1
1.1.2 资源承载力	3
1.1.3 土壤水分植被承载力	4
1.2 土壤水分植被承载力的研究方法	8
1.2.1 土壤水分植被承载力的研究尺度	8
1.2.2 森林/草地生态系统	9
1.2.3 土壤水分植被承载力的量化模型	11
1.3 土壤水分植被承载力的研究进展	15
1.3.1 土壤-植被-大气水分传输系统	15
1.3.2 土壤水分与植物生长的关系	22
1.3.3 SVAT 水热过程模拟	32
1.3.4 土壤水分植被承载力理论应用前景	39
1.4 本章小结	42
第2章 黄土高原的水土资源与生态环境概况	46
2.1 黄土高原的土壤	46
2.1.1 瘠土	46
2.1.2 黑垆土	47
2.1.3 黄绵土	49
2.1.4 其他土壤	50
2.1.5 土壤基本特性的空间分布	52
2.2 黄土高原的水资源	56
2.2.1 降水资源	56
2.2.2 降水的时空分布	57

2.2.3 侵蚀性暴雨	62
2.3 黄土高原的植被	66
2.3.1 古植被	67
2.3.2 天然植被	68
2.3.3 人工植被	70
2.3.4 植被恢复前景与途径	71
2.4 黄土高原的土壤侵蚀与水土保持	78
2.4.1 水力侵蚀	79
2.4.2 风力侵蚀	80
2.4.3 重力侵蚀	80
2.4.4 复合侵蚀	81
2.4.5 其他侵蚀	82
2.4.6 黄河粗沙、多沙的主要来源	82
2.4.7 黄河泥沙的变化特征	83
2.4.8 水土保持	84
2.5 黄土高原的土壤干层	86
2.5.1 土壤干层的概念	86
2.5.2 土壤干层的成因	86
2.5.3 土壤干层的分类	88
2.5.4 土壤干层防治	89
2.6 黄土高原的生态足迹	90
2.6.1 生态足迹的概念	90
2.6.2 生态足迹的研究方法	91
2.6.3 黄土高原生态足迹	92
2.7 本章小结	98
第3章 土壤水分与植物生长的关系及其调控	101
3.1 研究方法	101
3.1.1 研究区概况	101
3.1.2 降水动态分布特征	102
3.1.3 供试林	105
3.1.4 试验布设与测定方法	107

3.2 降水与人工林草地土壤水分补给	118
3.2.1 人工林冠层截留	118
3.2.2 人工林草地地表径流	120
3.2.3 人工林草地降水入渗特征	123
3.2.4 降雨量与土壤水分补给	129
3.3 人工林生长	133
3.3.1 人工林生长的动态变化	133
3.3.2 人工林生长与生物量的关系	134
3.3.3 人工林根系分布	137
3.4 人工林草地土壤水分动态变化	137
3.4.1 上黄试区缓坡柠条林地土壤水分动态变化	137
3.4.2 米脂试区陡坡苜蓿地土壤水分的变化	142
3.4.3 米脂试区陡坡杏树地土壤水分的变化	145
3.4.4 米脂试区陡坡柠条林地土壤水分的变化	146
3.5 人工林草生长与土壤水分关系调控	149
3.5.1 上黄试区缓坡柠条生长与土壤水分关系	149
3.5.2 米脂试区陡坡苜蓿生长与土壤水分关系	153
3.5.3 米脂试区陡坡杏树生长与土壤水分关系	154
3.5.4 米脂试区陡坡柠条林生长与土壤水分关系	155
3.6 本章小结	158
第4章 土壤水分植被承载力概念模型	162
4.1 模型基础	162
4.1.1 生态系统	163
4.1.2 生态系统稳定性	164
4.1.3 植物根系吸收利用土壤水分深度	165
4.1.4 根系吸水	166
4.2 土壤水分植被承载力概念模型构建	167
4.2.1 经典的承载力模型	167
4.2.2 种群数量增长的数学模型	168
4.2.3 模型构建	169
4.3 模型应用	170

4.3.1	上黄试区缓坡柠条地土壤水分植被承载力确定	170
4.3.2	陡坡人工草地(苜蓿)土壤水分植被承载力确定	176
4.3.3	陡坡杏林地的土壤水分植被承载力估算	181
4.3.4	陡坡柠条林地的土壤水分植被承载力估算	184
4.4	影响土壤水分植被承载力数值的因素	186
4.4.1	地理位置、海拔与地形	187
4.4.2	生物因素	189
4.4.3	时间因素	189
4.5	本章小结	190
第5章	土壤水分植被承载力过程模型	193
5.1	研究方法	194
5.1.1	模型构建方法	194
5.1.2	模型构建流程	196
5.2	模型构建	196
5.2.1	模型算法	196
5.2.2	土壤水分过程子模型	198
5.2.3	植被生产力过程子模型	209
5.2.4	模型输入输出	220
5.3	参数确定	222
5.3.1	土壤水分运动基本参数	222
5.3.2	根系分布	224
5.3.3	气孔导度	226
5.3.4	气孔内部辐射参数	230
5.3.5	光合速率参数	232
5.3.6	植被生理参数	234
5.4	本章小结	235
第6章	坡面土壤水分植被承载力模型验证与模拟	237
6.1	模型结构	237
6.1.1	模型输入输出	237
6.1.2	模型的工作流程	237
6.2	参数敏感性分析	238

6.2.1	基本理论	238
6.2.2	土壤与地理特征参数敏感性	239
6.2.3	气象特征参数敏感性	243
6.2.4	植被特征参数敏感性	246
6.3	模型验证与讨论	248
6.3.1	试区概况	249
6.3.2	密度对比	252
6.3.3	植被蒸腾	258
6.3.4	气孔导度	261
6.3.5	根系吸水	262
6.3.6	水分循环分量	266
6.4	坡面尺度植被承载力模拟	267
6.5	本章小结	273
第7章	小流域土壤水分植被承载力系统与模拟	275
7.1	系统构建	276
7.1.1	总体思想	276
7.1.2	系统工作流程和功能	277
7.1.3	系统开发方式	278
7.1.4	系统数据库的设计	279
7.2	系统设计中的关键技术	280
7.2.1	栅格图层空间操作	280
7.2.2	组件技术	281
7.2.3	模型库的建立	281
7.3	系统主控界面	282
7.4	模型模拟	284
7.4.1	流域水文过程	284
7.4.2	数据准备与处理	286
7.4.3	模型模拟	290
7.5	本章小结	295
第8章	土壤水分植被承载力研究成果在实践中的应用	296
8.1	森林可持续经营	296

8.1.1 森林可持续发展	297
8.1.2 森林可持续经营	297
8.1.3 森林可持续经营的理论基础	298
8.1.4 中国森林经营	300
8.2 人工森林植被恢复的理论依据	301
8.3 人工森林植被利用的依据	303
8.3.1 薪炭林	304
8.3.2 放牧林	304
8.3.3 生态林	304
8.3.4 经济林	305
8.4 小流域植被恢复	307
8.4.1 六道沟小流域治理过程方案的提出	307
8.4.2 流域治理方案确定原则	308
8.4.3 六道沟小流域植被优化配置	309
8.5 黄土高原雨水资源高效利用技术	311
8.5.1 塑膜微集水促渗技术的集成	312
8.5.2 不同处理方式对造林成活率的影响	312
8.5.3 不同处理方式对杏、枣幼树生长发育和结实的影响	313
8.5.4 不同处理方式幼林对雨水利用率的影响	314
8.5.5 不同处理方式对土壤水分变化的影响	315
8.6 本章小结	319
参考文献	321

第 1 章 绪 言

1.1 土壤水分植被承载力的概念

1.1.1 承载力

“承载力”（carrying capacity 或 bearing capacity）这一概念最早来源于力学，指物体在不产生任何破坏时的最大负载，通常具有力的量纲。在生态学方面，承载力概念的发展也有着悠久的历史，承载力定义为“某一生境（habitat）所能支持的某一物种的最大数量”。在 19 世纪 30 年代中期，“承载力”首先被写入美国国家森林公园管理条例，但在 20 世纪 60 年代以后才被广泛应用，主要用来评价公园在可持续发展情况下所能承载的最大旅游人数（Prato, 2001）。1974 年，美国国家环境保护局的 Peter 根据区域能源承受能力和生态容许能力用系统状态（state-of-the-system, SOS）模型模拟区域承载力，为政府决策提供依据。Khanna 等（1999）认为承载力是实施可持续发展的限度。例如，要确定在某一区域应该存在野生动物的种类和某一特定动物的数量，用承载力度量就非常有效，这对于自然保护区的管理具有指导意义。之后，人们研究区域问题时，普遍借用了承载力这一概念，以描述区域系统对外部环境变化的最大承受能力。例如，理论种群生态学中，常用承载力来表达某一区域生物区系内的各种资源（光、热、水、植物、被捕食者等）能维持的某一生物种群生存的最大数量。随着区域研究的深入，承载力的概念被发展成为承载能力，成为用以描述区域发展受限制程度最常用的概念。Sinden（1975）和 Meier（1977）分别对区域承载力可行性和有效性进行了探讨。在北美、南美及亚洲草原地区，由于草地开垦、过度放牧等原因，土地开始退化。为有效管理草原和取得最大的效益，一些学者将承载力的概念引入草原管理中，于是，相应地产生了草原承载力、最大载畜量等相关概念。承载力概念的拓展与深化是人类认识自然和改造自然的必然结果。90 年代初，加拿大生态经济学家 William 和 Wackernagel 提出“生态足迹”（ecological footprint）的概念，使承载力的研究从生态系统中的单一要素转向整个生态系统。与此同

时,国外对于生态承载力的研究,也逐渐从静态转向动态,从定性转为定量,从单一要素转向多要素乃至整个生态系统,使得生态承载力的概念也日趋完善。

承载力在物理学、经济学、生物学和生态学等方面都有较广泛的应用。在生态领域应用上,主要有自然资源或环境对人口的承载力、某一生境对特定生物的承载力和娱乐旅游承载力三类,尤其是在土地承载力的概念、内涵和量化模型等方面成果丰硕。概括而言,自然资源或环境对人口的承载力是一个与资源禀赋、技术手段、社会选择和价值观念等密切相关的、具有相对极限内涵和伦理特征的概念,它本质上是不固定的、非静态的和非单一关系的。承载力概念的演化与发展是对发展中出现问题的反应与变化的结果。在不同的发展阶段,产生了不同的承载力概念和相应的承载力理论。在这一过程中,研究者分别从自己的专业领域出发,形成了各式各样的带有强烈专业背景的研究方法。承载力概念的拓展与研究方法的更新,体现了人类对自然界的认识不断深化。

在生态学领域,种群在“无限”的环境中,即假定环境中空间、食物等资源是无限的,其增长率不随种群本身的密度而变化,这类增长通常呈指数式增长。现实生活中的种群,除非生活在控制的实验室环境条件下可能按照指数曲线无限制增长,其原因是种群的增长率显然是受环境条件制约的。此时种群连续增长模型比环境条件无限制下的模型增加了两点假设:①有一个环境容量,通常以 K 表示,当 $N_t=K$ 时,种群为零增长,即 $dN/dt=0$,式中 N 为种群数量, t 为时间;②增长率随密度上升而降低的变化,是按比例的。最简单的是每增加一个个体,就产生 $1/K$ 的抑制影响。这就是著名的 Logistic 增长模型。Logistic 方程的两个参数 r 和 K 均具有重要的生物学意义, r 表示物种的潜在增殖能力,而 K 则表示环境容量即物种在特定环境中的平衡密度。虽然模型中的 K 值是一最大值,但作为生物学含义,它应该随资源环境量的改变而改变。Logistic 模型表明,种群的增长由于受到环境的限制,其增长曲线是“S”形的。通常情况是种群开始缓慢增长,然后速率加快,由于受环境条件的限制增长速率逐步降低,最后达到平衡水平。 K 是种群增长的渐近线,是增长的“极限”。因此,可以认为:Logistic 增长模型中所包含的 K 和 r 两个参数是承载力概念的最初定量表达。

近年来,围绕生态承载力方面的研究广度、深度、手段不断扩展,研究区域遍及小尺度(Prato, 2001; Lawson et al., 2003)、中尺度(Khanna et al., 1999)、大尺度(Harris and Kennedy, 1999);技术手段有计算机(Lawson et al., 2003)、遥感(Khanna et al., 1999)、地理信息系统(Khanna et al., 1999; Oh et al., 2005)等现代化手段;研究内容涉及人口(Hui, 2005; Meyer and Ausubel, 1999)、农业(Harris and Kennedy, 1999)、水产业(Duarte et al., 2003)、水资源(Victoria et al., 2005; 朱一中和夏军, 2003)、生态旅游(Khanna et al., 1999)等。

1.1.2 资源承载力

随着土地退化、人口增加、工业化和社会经济的加速发展,资源短缺与环境质量问题日渐凸显。加速的工业化导致能源消耗的迅速增长,引起人们对全球资源的重新评估,提出全球不可再生资源 and 再生资源到底可承载多少人口的问题,资源承载力概念就应运而生了。1962年,美国生物学家莱切尔·卡尔逊出版了《寂静的春天》一书,引发了人们对资源承载力的认识。资源承载力是指一个国家或地区资源的数量和质量,对该空间内人口的基本生存和发展的支撑能力。资源承载力是一个相对客观的量。目前有关资源承载力的研究主要集中在自然资源领域,其中土地资源承载力的研究历史较长,取得的成果也较多。同时由于不同的侧重点和对象,出现了土地资源承载力、水资源承载力等多种承载力。

(1) 土地资源承载力。土地资源承载力是近20年来资源、人口、生态环境等许多领域研究的热点问题之一。其定义为:在维持一定水平并不引起土地退化的前提下,一个区域能永久地承载人口的数量及人类活动的水平。20世纪50~70年代,国外许多学者探讨的土地资源承载力的应用范围多限于生态学领域,其计算思路为:确保不会对土地资源造成不可逆的负面影响的前提下,土地的生产潜力能容纳的最大人口数量。

(2) 水资源承载力。水资源承载力是继土地资源承载力之后被研究得比较多的领域。水资源承载力定义目前还在发展和完善之中,其中程国栋关于水资源承载力的定义考虑得较为全面。程国栋(2002)将其归纳为某一区域在具体的历史发展阶段下,考虑可预见的技术、文化、体制和个人价值选择的影响,在采用合适的管理技术条件下,水资源对生态经济系统良性发展的支持能力。随着社会的高速发展,人类对水资源的利用强度和需求量持续上升,人们在开采和利用各种淡水资源的同时,污染和破坏了许多江河、湖泊和地下水源的水质,大大减少了淡水资源的供应量。在干旱地区,水资源成为生态环境和经济社会协调发展的主要限制因子。对于水资源承载力,必须强调水资源对社会经济和环境的支撑能力。它的主要含义和内容有:第一,强调水资源承载力是水资源对生态经济系统良性发展的支持能力;第二,强调生态经济系统的良性发展;第三,强调合适的管理技术,将水资源承载力的合理配置等技术方面的问题,上升到管理的角度和层次。

(3) 森林资源承载力。森林生态系统是重要的陆地生态系统,森林资源承载力的理论研究和实践应用都始于20世纪80年代末,目前尚处于发展阶段。它是资源承载力研究的一个重要内容。森林资源承载力研究是协调人口、环境保护以及森林资源消耗与经济社会发展的一个重要手段。森林资源承载力是指在某一

时期, 某种状态下, 一个国家或地区的森林资源在保证其生态系统良好结构和功能下所能承受人类活动作用的阈值。吴静和 (1990) 最早探讨了森林资源承载力, 他给出的定义为: “森林资源承载能力是指在一定生产条件下森林资源的生产能力及其在一定生活水平下可以承载的人口数量。” 欧阳勋志等 (2003) 认为森林资源承载力的承载对象应该包含人口数量和经济活动两方面, 并定义森林资源承载力为一定时期、一定区域的森林对人类社会经济活动的支撑能力的阈值及可承载的具有一定生活质量的人口最大数。

为保持资源利用的可持续性和完整性, 资源承载力研究的目的是将人类活动控制在资源环境承载能力范围之内。一个区域的社会经济发展控制在该区的资源承载力之内, 是实现生态系统与社会经济系统可持续发展的首要条件。于是许多学者从资源承载力的特点出发, 根据社会 - 经济 - 生态系统的耦合机制和特殊需要, 提出了一些更为专业的资源承载力的概念。资源承载力的细分, 是对此概念的深入与完善。

1.1.3 土壤水分植被承载力

土壤水分植被承载力是指土壤水资源承载植被的能力。土壤水资源是认识和研究土壤水分植被承载力的理论基础, 因此, 在讨论土壤水分植被承载力之前, 首先有必要了解土壤水资源概念的发展。

1.1.3.1 土壤水资源

土壤水 (soil water) 是指地表面以下至地下水面 (潜水面) 以上非饱和带土层中的土壤水分 (雷志栋等, 1999)。土壤中的水来自于天然降水。虽然存在于土壤中水资源的功能早已被人们所认知, 但由于它并不像地表水和地下水那样集中分布或聚集, 也不能直接提取、运输和改做其他用途, 使得其迟迟未被水文水资源学家作为水资源组成部分来认识和研究。

实际上, 土壤水具有显著的资源特征。首先, 土壤水的补给、存储以及在土壤中运移不仅有利于植物根系的吸收和利用, 而且被植物吸收利用的部分水分能转换成人类的生产和生活资料, 同时, 植物在光合和呼吸过程中吸收 CO_2 和排放 O_2 , 有利于改善近地表层大气的组成, 维护生态平衡; 其次, 土壤水库的强大存储和调蓄能力不仅将休闲期的土壤水分积存起来, 供旺盛生长期的植物使用, 实现土壤水资源的跨季节调配, 而且也有利于调节水循环过程。由此可见土壤水的资源特征是明显的。在土壤水资源价值不断得到认可的过程中, 土壤水资源概念得到了完善 (王浩等, 2006)。