

干旱区生态用水和土壤植被承载力综述

李亚军, 金一鸣, 余新晓, 史宇

(北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083)

摘要:干旱区的生态恢复与植被建设均受到水分的严重制约,生态用水和土壤水分植被承载力的研究均为实现地区可持续发展的重要一环。生态用水影响土壤水分补给量,而土壤水分补给量是制约土壤植被承载力的因素之一。因此提高土壤植被承载力需要保证干旱区生态用水总量,而森林植被有保持水土、调节地表径流、增加入渗的功能,能够使得干旱区生态用水量增加,从而提高土壤植被承载力,形成良性循环,最终达到生态系统的稳定。综合提炼多篇相关文献的观点,从生态用水和土壤植被承载力的概念、研究发展现状、在植被建设的指导意义 3 方面综合阐述,讨论了生态用水以及土壤植被承载力的内在联系。

关键词:干旱区;生态用水;植被承载力;自然环境

中图分类号:TV213.4

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)06-0268-04

Reviews on Ecological Water and Soil Water Carrying Capacity in Arid Regions

LI Ya-jun, JIN Yi-ming, YU Xin-xiao, SHI Yu

(College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Ecological restoration and vegetation construction are severely restricted by water supply in arid regions. Study on ecological water and soil water carrying capacity has become the key to realize sustainable development. Ecological water influences soil moisture recharge, which is one of the key factors that restrain soil water carrying capacity. Improvement of the soil water carrying capacity has been a guarantee for ecological water in arid regions. In addition, forest vegetation could conserve soil and water, adjust surface runoff and increase infiltration, which add to the amount of ecological water in arid regions. Therefore, soil water carrying capacity will be increased, which will create a virtuous circle and lead to a stable ecosystem. This study summarized the related literature references and discussed the relationship between ecological water and soil water carrying capacity from three aspects including concepts of ecological water and soil water carrying capacity, current development status and importance in vegetation construction.

Key words: arid region; ecological water; vegetation carrying capacity; natural environment

人类社会经济的发展以物质的繁荣为标志,从某种程度上来说,就是对大自然资源的掠夺,也就是说人类社会的生存和发展要求自然环境有相应的付出。而其中人与自然水资源的矛盾尤为突出。水是人类生产生活以及一切生物赖以生存的基础,而与此同时,自然环境在维持自身平衡时也需要水的维持,人类水需求的增长必然造成了自然环境的付出。人类在自身发展的过程中过于轻视生态环境用水需求,使得生态环境不断恶化。我国干旱区占国土面积的 30.8%,气候干旱,降雨稀少,降水时空分布差异大,

多风沙,日照强。由于对脆弱的生态环境缺乏保护,现今干旱区产生了河流短缩、湖泊干枯、植被衰退、沙漠化加剧、盐渍化等诸多生态问题^[1]。

为此,我们需要重视生命支撑系统的生态用水,合理配置有限的水资源,达到人与自然和谐共处。森林植被能涵养降水,减少丰水期径流量,增加枯水期流量,改善水质,控制土壤侵蚀。同时,森林植被的蒸散等生理活动需要消耗部分水量,从而使得总水量减少^[2-3]。因此,植被的覆盖率对自然环境生态用水量的影响极大,自然环境的生态用水量有遏制其不再退

收稿日期:2011-06-16

修回日期:2011-07-17

资助项目:“十二五”国家科技支撑计划项目“三北地区水源涵养林体系构建技术研究示范”(2011BAD38B05);林业公益性行业科研专项经费项目“典型森林植被对水资源形成过程的调控研究”(201104005)

作者简介:李亚军(1990-),女,本科生,专业为水土保持与荒漠化防治。E-mail:yajun.li412@gmail.com

通信作者:余新晓(1961-),男,教授,主要从事水土保持方向的教学和研究工作。E-mail:yuxinxiao@bjfu.edu.cn

化的最小生态用水量和水热最佳配备的标准生态用水量^[2]。土壤植被承载力是一定条件下单位面积某种生物个体存在的最大值。干旱区降水量少,植被覆盖率低,植被吸收利用土壤水分的主要补充来源是当地的天然降水。因此水分是限制植物生长的决定因子,土壤植被承载力的实质是土壤水分承载植被的能力。土壤植被承载力的高低影响了植被的覆盖率,而森林植被影响生态用水量的大小。从根本上开始重视生态用水与植被建设,才能有效改善干旱区的生态环境,为人类社会的可持续发展提供有力保障。

1 生态用水概念、研究现状与干旱区植被建设

1.1 生态用水概念

生态用水,又称生态环境用水、环境用水、生态需水、生态耗水,目前为止还未有明确的定义。然而在生态用水概念的使用上都有一定的共同点,即生态用水指维持或改善生态系统环境所消耗的水分,包括无效蒸发等一些不被计入水资源计算的水分。在概念使用上的主要分歧在于生态用水的尺度与生态用水的范畴。实际研究应用中,往往根据需要赋予其不同的含义。生态系统耗水理论中,用水与需水是两个概念,其定义更为狭义,仅指地球上依赖于水生存和发展的动植物所消耗的水量^[4]。其尺度为整个生态系统,然而生态用水范畴却未包含水循环中的用水。在水资源计算中,狭义定义为维持生态系统完整性所需要的水资源总量,其尺度是区域生态系统,生态用水范畴包括地下水、地表水、降水等用于水循环的水资源,在科学研究中便于计算,因此被广泛应用。从生态环境从广义的角度讲,指维持地球化学平衡诸如水热平衡所消耗的水分,尺度仍是区域生态系统,然而植被蒸散、动物饮水等均被计入生态用水范畴中^[5]。也有人认为生态用水是维持全球水分平衡所需要的水^[6],包括水热平衡、水盐平衡、水沙平衡、水量供给平衡^[1],其尺度是全球生态系统,生态用水范畴为生态系统中一切用水^[7-9]。

生态用水的概念描述根据研究的不同归纳起来有 3 种内涵:(1)自然地理平衡说法,即生态用水指维持自然某种平衡而需要的水分,多见于研究区域生态环境和综合报告中的有关论述;(2)生态系统稳定说法,即维持或改善生态系统而需要的水分,其实质属于生态学范畴,多用于生态学相关方面研究;(3)水资源计算,即忽略一些难以统计或无关生态系统稳定的水分,多用于计算生态用水量^[7-8]。综合现阶段研究成果以及文献,生态用水的概念可以概括为自然生态

系统在无人为干扰的情况下,维持其自身稳定发展所消耗的最小的水分或水资源总量^[7-10]。

1.2 生态用水研究的发展过程

相关理念的研究早在 20 世纪 40 年代美国渔业和野生动物保护组织避免河流生态系统退化开始,之后不断发展完善^[10]。生态用水一词是我国学者在 20 世纪 80 年代末在研究塔里木盆地水资源与绿洲建设时首次提出^[11]。贾宝全以新疆为例,对干旱区生态用水的概念、分类等理论问题进行了较详细的探索,依据绿洲生命支持系统的来源,将干旱区生态用水分为人工绿洲内与人工绿洲外两大类 8 个小类^[12]。可以说这是目前为止有关生态用水概念与分类方面最为详尽的研究成果。李丽娟等在对河流系统生态环境需水量界定的基础之上,概算了海滦河流域生态环境需水量^[13]。王让会等根据塔里木流域地下水、土壤水、植物生长与生态环境状况之间的定量关系研究,界定了合理的生态水位,并应用植被耗水定额及定额法估算塔里木流域“四源一干”生态需水量^[14]。张思玉等在研究西北干旱区生态用水问题时,提出生态用水不仅包括全球范围内的水循环还包括人类对自然干扰过程中的水资源再分配^[15]。黄强等在研究黄河生态用水综合评价时,完善了河流生态用水质与量综合评价模型,并以此对黄河 2002—2005 年为例进行了分析,标明黄河的改善必须控制污水排放^[16]。王玉娟等在研究黄河三门峡地区植被生态用水时,构建了适用于流域尺度植被生态水文模型,对不同植被的绿水资源消耗进行了分析,为三门峡地区植被结构整改提供了方案^[17]。然而,对生态用水的研究缺乏系统和权威的认定,概念模糊,在生态环境与水资源关系上的研究也无法确定其价值,需要进行进一步的量化研究。

1.3 生态用水与干旱区植被建设

生态用水即生态系统对水的需求,生态系统的稳定少不了水资源的消耗,同时人类社会的发展也少不了水资源的消耗,如何处理好两者对水资源需求的关系是我们研究的核心。而在干旱区与半干旱区,生态环境脆弱,容易受到人为的破坏,支撑生态环境的用水显得尤其重要,在进行水资源与生态环境规划与管理时,要首先考虑生态用水问题。然而对生态用水的忽视使得导致多数地区过度开发,占用生态用水,使得生态环境不断恶化,形势异常严峻^[18]。生态环境的恶化会使得可利用的水资源总量减少,导致生态系统的衰退形成恶性循环,最后威胁到人类的生存与发展空间。因此为了人类和自然的和谐共处与发展,必须加强对生态用水的研究,提高人们对其认识,将生

态用水放在发展规划的重要位置^[19]。

植被是生态系统中最基本的组成部分,其正常生长和更新必然会消耗一定水分,这是植被生态用水的基础。生态环境用水量的保障途径和措施主要在于系统中植被的恢复和保护。植被可以改善水循环条件,调节气候,减少地表径流涵养水源,增加入渗,提高土壤含水率。植被建设是针对生态环境正在恶化或衰竭的地区,以改善和恢复生态环境为目的,采用一定的人工措施,使得植被能够短时间恢复,从而改善生态环境,增加生态用水量^[5,17]。

2 土壤植被承载力概念内涵、研究现状与干旱区植被建设

2.1 土壤植被承载力概念及内涵

土壤植被承载力是指单位面积土壤所能承载植物的最大负荷。承载力属于物理学范畴,它是用于控制和限制发展的一个常用概念^[18]。在水资源紧缺的干旱半干旱地区,土壤水分往往不能满足密集的森林植物群落的正常生长需要,因此土壤植被承载力的大小受到水分的制约。具体来说,为便于分析土壤植被承载力与水分之间的联系,一般假定其他土壤因素非土壤植被承载力限制因素。土壤植被承载力即是在维持群落正常生长前提下,土壤水分补给量大于植被的消耗量。一年内土壤能够承载植被的值称为临时土壤植被承载力,多年内土壤植被能够承载植被的值称为稳定土壤植被承载力^[19]。在研究和实践中,稳定土壤植被承载力更利于对水资源的规划利用、合理的植被种及其种植密度和植物群落的正常生长。

2.2 土壤植被承载力的研究现状

土壤植被承载力在干旱的水分制约型地区为研究热点,主要集中于干旱区的承载力大小、植被的种类、密度选择以及其中关系的研究。郭忠升等在研究柠条和土壤水分的关系时,初步探究了密度与林分生产力、土壤水分补给和消耗量的定量关系以及土壤水分植被承载力的确定方法,并指出土壤植被承载力是以解决土壤旱化问题而提出,在脆弱的环境下植被承载力需要进行长期的研究^[20]。曹军胜等在研究黄土区土壤植被承载力与植被生态恢复时指出,植被密度过大、群落生产力过高会导致以土地旱化为主要特征的土壤植被承载力下降,从而干旱区的生态恢复与植被建设应以土壤植被承载力为前提,恢复并维持迅速稳定提高生产力的中间状态^[21]。田有亮等在研究乌兰布和沙漠土壤植被承载力时,建立基于水量平衡原理的土壤水分动态模型,模拟计算该地区植被在不同叶面积指数下土壤水分动态变化和保证植物生存前

提的土壤水分亏缺值,为评价具体区域的土壤植被承载力做出了示范^[23]。王延平等在研究陕北黄土丘陵沟壑区杏林地土壤植被承载力时,根据立地条件与杏林地连续 3 a 的降雨、林冠截流、地表径流、土壤水分的观测结果,得出了该地区自然降水与土壤水分及林地生产力的关系^[24]。这表明了植被承载力在实际生产中的理论指导价值。此外,各种研究表明土壤植被承载力根据土壤水分生态分区和植被分布规律而不同,各地区的实际情况因具体问题具体研究应用^[21-25]。

2.3 土壤植被承载力与干旱区植被建设

自然生态系统的恢复是以植被的建设和恢复为基础,而植被的建设与恢复带有人为主观性、目的性。植被的生长需要从土壤中汲取水分,土壤含水量的高低制约植被的生长,从而影响植被密度。植物根系吸收和利用的土壤水分量小于等于土壤水分补给量时,植物群落发展正常。当消耗土壤水分过快,就会使得土壤含水量接近凋萎湿度,产生土壤旱化的现象。除此之外,植被建设中植被选择不当,生产力过高也会引起土壤旱化。土壤退化使得植被承载力下降,植物死亡,形成土壤退化恶性循环^[25]。由此,寻找土壤水分与植被密度的平衡为维持生态系统可持续发展的关键,而土壤植被承载力是为了解决土壤旱化为主要特征的退化现象的形势下提出,其研究为土壤水分与植被生长相互调控以及合理利用提高依据,同时也可作为植被地带性划分提供资料^[21-22,26]。土壤植被承载力必须在了解地区气候的前提下,研究植物生长与土壤水分的相互关系。

3 生态用水和土壤植被承载力的联系

干旱区生态用水和土壤植被承载力均属于水资源的矛盾。生态用水属于在干旱区水资源总量一定的情况人类活动用水与自然界维持平衡完整性用水的矛盾,研究能够加深人们对生态用水的重视,而不是一味追求经济的发展。土壤植被承载力则是土壤水分补给与植物生长需水的矛盾,两者相互作用维持生态系统的平衡稳定。宏观上看,生态用水也是土壤植被承载力的影响因素之一。土壤水分补给量是决定土壤植被承载力大小的物质基础,因此在确定其承载力大小前需要确定天然降水与土壤水分补给的关系,以及土壤水分消耗量与植物生长的定量关系^[23]。在水资源总量一定的前提下(立地条件相同),生态用水越多,土壤水分的补给量越多,从而使得土壤植被承载力提高。此外,植被的种类、生长发育阶段等都会影响土壤植被承载力^[20-25]。一般观点认为植被能

够保持水土,减少地表径流,增大入渗率,从而改善小气候环境。然而过多的植被则会导致土壤的旱化,即植被根系需水过多,导致土壤水分含量至凋萎系数^[21-22,25,28]。土壤承载力受土壤含水量及补给量影响较大,根本上说是人类、动植物、自然环境三者用水的矛盾。

4 研究展望

近几年虽然有关生态用水及土壤植被承载力的研究突飞猛进,然而仍需要我们积极探索。从研究趋势来看,将来会集中于以下几个方面:(1)干旱区生态用水概念,即生态用水尺度和范畴的统一,从而为研究其他问题奠定基础。(2)干旱区生态用水的计算、核算方法,以及在实际中应用,包括生态用水调查、监测、控制,同时也使得生态用水研究量化。(3)生态用水在植被建设的影响,从而指导干旱区的生态恢复,提高人们的环保意识以及对于生态用水的重视,为可持续发展铺平道路。(4)土壤植被承载力的研究需要集中于具体干旱区土壤植被承载力的计算,以及立体承载力模型的建立,对干旱区的土壤水分、土壤水分补给量、土壤植被承载力等实现动态监测、控制。(5)土壤植被承载力与生态用水、土壤水分等水资源的关系问题有待进一步完善,为干旱区生态系统的恢复与可持续发展指明方向。

作为生态学与水文学交叉的一项研究领域,生态用水及植被承载力研究的前景广大,但仍需我们积极探索,将研究量化细化实用化,为恢复干旱半干旱区的生态系统奠定基础。

参考文献:

- [1] 贾宝全,许英勤. 干旱区生态用水的概念和分类[J]. 干旱区地理,1998,21(2):8-12.
- [2] 刘昌明. 关于生态需水量的概念和重要性[J]. 科学对社会的影响,2002(2):25-29.
- [3] 王礼先. 黄土高原生态用水与植被建设[J]. 水土保持研究,2000,7(3):5-7.
- [4] 刘霞,王礼先,张志强. 生态环境用水研究进展[J]. 水土保持学报,2001,15(6):58-61.
- [5] 左其亭. 干旱半干旱地区植被生态用水计算[J]. 水土保持学报,2002,16(3):114-117.
- [6] 栗晓玲,康绍忠. 生态需水的概念及其计算方法[J]. 水科学进展,2003,14(6):740-744.
- [7] Pruitt W O, Doorenbos J. Crop Water requirements; FAO irrigation and drainage paper[R]. Rome: FAO, 1997.
- [8] Gleick P H. The Changing water paradigm: A look at twenty-first century water resources development[J]. Water International,2000,25(1):127-138.
- [9] Li Y S. Effects of forest on water circle on the Loess Plateau[J]. Natural Resources,2001,16(5):427-432.
- [10] 王珊琳,丛沛桐,王瑞兰,等. 生态环境需水量研究进展与理论探析[J]. 生态学杂志,2004,23(6):111-115.
- [11] 贾宝全,张志强,张红旗,等. 生态环境用水研究现状、问题分析与基本构架探索[J]. 生态学报,2002,22(10):1736-1740.
- [12] 贾宝全,慈龙骏. 新疆生态用水的初步估算[J]. 生态学报,2000,20(2):243-250.
- [13] 李丽娟,郑红星. 海滦河流域河流系统生态环境需水量计算[J]. 地理学报,2000,55(4):393-398.
- [14] 王让会,宋郁东,樊自立,等. 塔里木流域“四源一干”生态需水量的估算[J]. 水土保持学报,2001,15(1):19-22.
- [15] 张思玉,杨辽,陈戈萍. 生态用水的概念界定及其在西北干旱区实施的策略[J]. 干旱区地理,2001,24(3):277-282.
- [16] 黄强,张泽中,李群,等. 河流生态用水综合评价[J]. 长江流域资源与环境,2008,17(6):939-943.
- [17] 王玉娟,杨胜天,刘昌名,等. 植被生态用水结构及绿水资源消耗效用[J]. 地理研究,2009,28(1):74-84.
- [18] 李荣生. 论西北生态用水问题[J]. 水利规划设计,2000(4):20-25.
- [19] 刘晓燕. 对生态需(用)水研究的几点看法[J]. 治黄科技信息,2005(2):5-7.
- [20] 郭忠升,邵明安. 半干旱区人工林草地土壤旱化与土壤水分植被承载力[J]. 生态学报,2003,23(8):1640-1647.
- [21] 曹军胜,朱清科,薛智德. 黄土高原地区土地植被承载力与植被生态恢复建设[J]. 西北林学院学报,2008,23(1):39-43.
- [22] 郭忠升,邵明安. 雨水资源、土壤水资源与土壤水分植被承载力[J]. 自然资源学报,2003,18(5):523-528.
- [23] 田有亮,何炎红,郭连生. 乌兰布和沙漠东北部土壤水分植被承载力[J]. 林业科学,2008,44(9):13-19.
- [24] 王延平,邵明安. 陕北黄土丘陵沟壑区杏林地土壤水分植被承载力[J]. 林业科学,2009,45(12):1-7.
- [25] 郝博,栗晓玲,马孝义. 甘肃省民勤县天然植被生态需水研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2010,38(2):158-164.
- [26] 张树军,王光谦,王芳,等. 柴达木盆地植被生态需水研究[J]. 水电能源科学,2010,28(12):26-29.
- [27] 郭忠升,邵明安. 土壤水分植被承载力初步研究[J]. 科技导报,2006,24(2):56-59.
- [28] 郭巧玲,杨云松,李大鹏. 干旱区非地带性植被生态需水量及其估算[J]. 沈阳农业大学学报,2010,41(4):463-467.