

黄土高原森林水文生态效应和林草适宜覆盖指标

吴钦孝, 赵鸿雁

(中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

摘要: 概述了黄土高原森林各层次的水文生态功能和水土保持效益。在此基础上, 根据自然条件、地形地貌和国民经济发展要求, 提出了为保护生态环境和协调经济发展的适宜林草覆盖指标。

关键词: 黄土高原; 水文生态效应; 林草覆盖率

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2000)05-0032-03

中图分类号: S715.7

Hydro-ecological Effects of Forest and Suitable Index of Vegetation Coverage

WU Qin-xiao, ZHAO Hong-yan

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, Shaanxi Province, PRC)

Abstract The hydro-ecological effects of the every layer of forest and its soil and water conservation benefits in the loess plateau are generally expounded. On the basis of these, the suitable index of vegetation coverage for protecting ecological environment and coordinating economy development is advanced in conformity with the natural conditions, landforms and the demands of national economy development.

Keywords the loess plateau; hydro-ecological effects; vegetation coverage

植被建造作为黄土高原水土保持的有效措施, 近年来受到普遍重视。199年江泽民主席作出批示, 要“经过一代一代人长期地、持续地奋斗, 再造一个山川秀美的西北地区”。1999年朱镕基总理为贯彻、落实江主席的批示和中央关于西部大开发的决策, 深入黄土高原进行实地考察, 提出了“退田还林(草), 封山绿化”的措施。上述批示和措施为黄土高原的治理指明了正确的方向, 是实现水土保持, 恢复生态平衡和促进经济协调发展的根本途径。

1 森林的水文生态效应

森林一般可分为3个层次, 即冠层、地被物层和根系—土壤层。这3个层次在水土保持中各有其重要的作用^[1]。

1.1 冠层

冠层的作用主要表现在截持降水、蒸腾蒸发以及对林内雨滴动能的影响。目前, 在黄土高原对不同植被类型冠层的截留作用已有较多的研究^[2, 3], 视植被类型和郁闭度不同, 截留量一般约占总降水量的12%~30%。截留率随降水形式、降水量和降水强度而变

化。林冠截持的降水多以枝叶蒸发的形式返回大气冠层对降水的再分配, 不仅减少了林内的降水量, 而且使雨滴对于草本群落和多数灌丛的打击力也有所下降。但在乔木林内, 纵然雨滴终速有所降低, 由于其质量增加, 在冠下高达到7m以上时, 林内雨滴动能反比空旷地大。中国科学院水利部水土保持研究所宜川水文生态试验观测站对油松和山杨林测定的结果表明, 其林内雨滴动能分别比空旷地大3.8倍和3.7倍^[4]。

1.2 地被物层

地被物层的作用主要表现在截留降水, 防止溅蚀, 滞缓地表径流, 抑制土壤蒸发, 抵抗水流冲刷等方面。据北京、河北、山西、陕西、内蒙古等省(市、区)的林业、水保等有关科教单位对油松、刺槐、沙柳、沙棘、柠条、羊柴等植被类型的地被物层进行的大量研究得出如下结论: (1) 枯枝落叶层的截留量约占同期降水量的10%~15%, 截留率随降水等级增大而减少; (2) 有1cm厚的枯枝落叶覆盖地表, 即可基本防止溅蚀发生; (3) 枯枝落叶层滞缓产流的时间随其厚度增加而增大, 随坡度和径流深的加大而减少。在黄土

收稿日期: 2000-04-04

资助项目: “九五”国家科技攻关项目“区域水土流失防治与农业可持续发展中重大共性关键问题”(96-004-05-12)

作者简介: 吴钦孝(1936-), 男(汉族), 研究员, 博士生导师。主要从事黄土原“生态林业工程建设信息管理系统效益观测与评价技术”植被恢复和森林保持水土功能与机理研究。电话: (029) 7012424, E-mail: qxw@ms.iswc.ac.cn

高原常见坡度 25° 条件下, 有 1 cm 厚的枯落物覆盖, 径流速度就可降低到只相当于无覆盖坡面上的 $1/10 \sim 1/15$, 从而有利于降水入渗土壤; (4) 枯落物层抑制土壤蒸发的效应与枯落物厚度和土壤含水量关系密切, 当枯落物层厚为 2 cm 时, 其抑制土壤蒸发的效应, 与无枯落物覆盖的土壤相比, 约可减少 10% ~ 70%。

1.3 根系—土壤层

根系—土壤层的作用主要表现在其透水和贮水性能方面, 根系对土壤的固持以及在枯落物和根系共同作用下, 对土壤物理性状和结构的改善。土壤的渗透性是植被各种有益水文功能的总基础, 它通过渗透可把降雨转变为土壤水。据我们对六盘山区各地类土壤水分渗透能力的测定, 乔木林地的稳渗率 (11.07~22.11 mm/min) > 灌木林地 (5.80~14.4 mm/min) > 草地 (3.69~10.26 mm/min) > 农地 (2.87~5.87 mm/min)。土壤贮水量的变化也有类似的趋势和顺序^[2]。植物根系对土壤的固持, 主要取决于其结构和根量。在晋西、子午岭和黄龙山进行的根系提高土壤抗冲性能研究的结果表明, 其效应主要由 ≤ 1 mm 的须根密度决定; 在坡度一定条件下, 增强效应随雨强增大而减小, 如在雨强 0.5 mm/min 条件下, 表层土壤 (0~20 cm) 抗冲性的强化值, 油松林地比黄土母质和农地提高约 25~50 s/g, 沙棘林地约 3~8 s/g^[6]。决定土壤抗蚀性强弱的主导因子——土壤有机质含量和黏粒含量, 各植被类型亦均较裸地为高, 且在腐殖质组成中与钙结合的富里酸和胡敏酸比较丰富, 尤其是带有二价阳离子的腐殖质胶体, 遇水不潮解, 能促进水稳性团粒结构的形成^[7]。

2 森林的水土保持效益

2.1 群落的水土保持作用

在黄土高原各种不同地类设置的大量径流小区的观测资料表明, 群落植被的水土保持作用显著。根据对油松、刺槐、沙棘、柠条、沙打旺和苜蓿的多年连续观测, 其地表径流量可分别比农地减少 82.6%, 87.5%, 60.5%, 87.7%, 70.1% 和 33.1%, 泥沙可分别减少 98.2%, 98.9%, 86.6%, 99.8%, 97.8% 和 37.5%, 效益十分明显^[8]。

人工模拟降雨试验结果表明, 在坡度、雨强、盖度相同条件下, 不同地类的产沙量大小顺序依次为乔木林地 < 灌木林地 < 草地 < 裸地 < 农地, 其宏观产沙比为 1: 2.3: 30~50: 100~130, 视坡度和雨强而变化, 陡坡农地是侵蚀产沙的主要来源。除下垫面因素外, 坡

度和雨强对产流和产沙影响很大, 通常随坡度和雨强的增加而增加, 其中尤以雨强的效应为甚^[9]。目前, 分布在该地区的各综合治理试验示范区、水土保持试验站以及有关科研和教育单位的观测试验站, 都在这方面继续积累资料, 以期在长期工作的基础上, 揭示植被保持水土的规律。

2.2 森林流域调节降水减少泥沙的效益

流域是产水产沙的基本单元, 其水土保持功能的发挥比单个群落要复杂得多, 研究流域植被的水土保持作用具有更为实际的意义。

林草植被与产水产沙间的关系, 受多种因素的影响, 它因地、因时、因各种具体条件而不同, 但在防止土壤侵蚀方面的积极作用是公认的。据中国科学院地理研究所刘昌明在黄土高原林区 7 个自然地理条件相似的大中流域的试验资料, 经统计分析得出, 森林的减水 (地表水) 效应与森林覆盖率成线性关系。当森林覆盖率为 100% 时, 大中流域森林的减水效应均可达到约 90%, 可削减洪峰流量的 70% ~ 95%。森林的减沙效应随森林覆盖率的增加而增长, 两者呈指数关系, 且其对含沙率的减少要比对地表径流率的减少大几倍, 减沙作用基本与流域大小无关^[10]。

森林对河川径流和泥沙的影响, 目前进行的研究不多。据我们在陕西省黄龙山区的松峪沟采用集水区对比法对森林集水区和荒坡灌草集水区进行多年观测的结果, 荒坡灌草集水区年均径流量 $5164 \text{ m}^3/\text{km}^2$, 年际变化幅度很大, 最大和最小值之差达到 4 倍以上, 沟道内只在雨季出现暴雨时产流; 年均产沙量 $1054 \text{ t}/\text{km}^2$ 。森林集水区年均径流量 $2495 \text{ m}^3/\text{km}^2$, 径流总量较少, 年际变化幅度小, 不超过 10%, 年内分布亦较均匀, 洪峰流量、洪水总量、洪水起伏量均较前者为低, 特别是枯水季节, 沟道仍有流水, 森林削洪补枯效应显著; 年均产沙量极少, 侵蚀模数在 $1 \text{ t}/\text{km}^2$ 左右, 减沙效益巨大。

3 林草适宜覆盖指标

林草植被的上述保持水土、涵养水源作用, 需要在一定的条件下才能实现, 才能得以充分发挥, 这个条件就是它必须有一定的面积, 并具备相应的结构。据国内外研究, 这样的面积将随着地区的自然条件、林木生长状况、森林的分布、地形地貌、侵蚀程度、坡度大小以及人口数量等不同而变化。如前苏联 И. Кпиниов 认为, 为了有效地发挥森林的水源涵养作用, 稳定河流流量, 通常要求森林的覆盖面积达到流域总面积的 50% ~ 60%^[11]。对于黄土高原这一具有

独特地貌的单元来说,确定适宜覆盖面积必须从自然条件、生态环境、经济发展等各方面进行综合考虑,特别是与减少土壤侵蚀、消除干旱、风沙等有害因子影响,提高农业用地的生产力相联系,以尽可能充分发挥植被的水土保持作用,并同时提供较多的“三料”、果品和木材,满足当地人民生产和生活需要。

3.1 良好的群落结构

3.1.1 盖度(郁闭度) 群落作用的大小与盖度关系密切,国内外众多研究表明,随着植被盖度的增大,土壤侵蚀量下降,通常当盖度达到 60% 以上时,便可稳定地减少产沙。所以,从防止水土流失角度来说,60% 的盖度可称之为“水土保持有效盖度”^[12]。

3.1.2 枯枝落叶层厚度 林地枯枝落叶层在山地森林的防蚀作用中,具有头等重要的意义。我们在宜川进行的枯枝落叶层抗冲刷试验表明,土壤的冲刷量随枯落物厚度的增加而减少,1 cm 厚的枯落物层即可有效抵御 2.7 mm/min 雨强的冲刷,比无覆盖的裸地减少土壤冲刷量约 80%;有 2 cm 厚的枯落物覆盖,即可消除侵蚀产沙^[13]。

3.1.3 根密度 根系可以明显提高土壤的抗冲抗蚀性能,其提高程度与 ≤ 1 mm 的须根密度关系密切。试验研究表明,树种不同,所要求的最低有效根密度不同,如油松为 26~34 个/100 cm²,沙棘 60~118 个/100 cm²。与无根系土壤比较,各主要天然草地的根系可提高表层土壤的抗冲力 15~20 倍^[6,14]。

通常,群落盖度、枯枝落叶层厚度和根密度三者之间是互为关联的,盖度大,枯枝落叶就多,根系就密。但是,在黄土高原生产实际中,由于自然因素(如风的吹袭、暴雨冲刷)和人为因素(如放牧、扫除枯落物)的干扰,有时它们之间会失去常有的关联,从而影响植被的效益。

3.2 一定的面积比例

为确定适宜的林草覆盖面积,我们分别不同地貌区,并根据与这些区域最相关的生态环境保护要求,考虑不同的需要,如对于丘陵地区,主要从保持水土的需要考虑,森林覆盖率应保持在 44%;对于山区,从涵养水源的要求出发,覆盖率应保持在 60% 以上;对于川、台、塬地区和风沙区则主要从农田防护和防风固沙角度考虑,覆盖率应分别保持在 10% 和 40%。与此同时,还计算了为保证木材、薪炭和林果产品供给所必需的森林面积,考虑了林木再生产过程本身所包含的森林生态、社会功能,即它们之间具有的某种相容性,包括基本相容或部分相容,计算得到的森林覆

盖率为 40%^[15]。这是一个用最少的林地面积,实现区域生态平衡,保持水土和林产品持续、稳定发展的指标。但考虑到黄土高原现有林地面积和宜林地面积仅占总土地面积的约 30%,尚有 10% 的森林覆盖应通过草地解决,而草地的水土保持功能约为林地,因此,为达到相当于 40% 的森林覆盖效应,林草植被的覆盖率应保持在 60% 左右。这也是该地区林草业发展规模的最低标准。它在计算上具有科学的依据,在实现上具有现实的可能。实现这一目标也就为实现该地区的山川秀美打下了坚实的基础,因而可以成为林草业生产和发展的宏观决策依据。

[参 考 文 献]

- [1] 吴钦孝.黄土高原植被保持水土功能和机理研究及发展趋势 [M].见:土壤侵蚀环境调控与农业持续发展.西安:陕西人民出版社,1995.65-68.
- [2] 刘向东,等.六盘山林区森林树冠截留、枯枝落叶层和土壤水分性质的研究 [J].林业科学,1989,25(3):220-227.
- [3] 刘向东,等.油松人工林林冠对降水再分配的研究 [J].陕西林业科技,1993(1):9-13.
- [4] 赵鸿雁,等.人工油松林和天然山杨林林内降雨动能的初步研究 [J].中科院水利部西北水土保持研究所集刊,1991,14:44-50.
- [5] 吴钦孝,等.森林水文生态和水土保持林效益研究 [M].西安:陕西科技出版社,1991.
- [6] 李勇,等.黄土高原植物根系提高土壤抗冲性能的研究 [J].水土保持学报,1990,4(1):1-5.
- [7] 王佑民,刘秉正.黄土高原防护林生态特征 [M].北京:中国林业出版社,1994.207-216.
- [8] 侯喜禄,等.陕西黄土区不同森林类型水土保持效益的研究 [J].西北林学院学报,1994,9(1):20-24.
- [9] 吴钦孝,等.植被保持土壤的人工降雨试验研究 [M].见:黄河中游防护林体系建设与水土保持 [M].西安:西北大学出版社,2000.
- [10] 刘昌明,等.黄河中游黄土高原森林减沙效应研究的梗概 [C].见:全国森林水源涵养学术讨论会资料,1982.
- [11] 吴钦孝,等.宁南六盘山区的森林资源及其合理利用 [J].自然资源,1983(4):41-50.
- [12] 张光辉,等.植被盖度对水土保持功效影响的研究综述 [J].水土保持研究,1996,3(2):104-110.
- [13] 汪有科,等.林地枯落物抗冲机理研究 [J].水土保持学报,1993,7(1):75-80.
- [14] 李勇.沙棘林根系强化土壤抗冲性的研究 [J].水土保持学报,1990,4(3):16-20.
- [15] 吴钦孝,杨文治.黄土高原植被建设与持续发展 [M].北京:科学出版社,1998.255-271.