

植被建设在黄土高原水土保持中的意义及其对策^{*}

何永涛¹, 郎海玲²

(1. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 西安市未央区 杨家小学, 西安 710018)

摘要:黄土高原是目前世界上水土流失最严重的地区之一。造成水土流失的原因有其本身生态条件脆弱、环境变化的因素,但在人口压力之下,对该地区植被的长期垦殖、破坏有着不可推卸的责任。目前黄土高原地区的原始植被已经荡然无存。退耕还林(草)、恢复植被是治理水土流失、改善生态环境中一项重要的、而且也是极为有效的措施。但由于黄土高原地处干旱、半干旱地区,水资源匮乏,供需矛盾突出,水就成为了该地区植被建设的主要限制因子。因此目前正在实施的退耕还林工程应该依据黄土高原地区不同地带的水分条件而制定合理的植被建设规划,量水而行。

关键词: 植被建设; 黄土高原; 水资源; 水土流失

中图分类号: X171.1; S157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)04-0030-04

Significance and Strategies of Vegetation Construction on the Loess Plateau

HE Yong-tao¹, LANG Hai-ling²

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. Yangjia Primary School, Weiyang District, Xi'an 710018, China)

Abstract: Converting degraded farmlands to forest or grass lands is the best approach to reduce the soil erosion, the most serious ecological disaster faced by Loess Plateau. Located in the arid and semi-arid regions, Loess Plateau is a fragile region with the characteristics of little precipitation and intensive evapotranspiration. Therefore, water is the most important factor limiting the regional socio-economic sustainable development, and the eco-restoration and construction of the region. Water resources utilization and ecological environment situation should be paid much attention by the local governments and scientists, when make a suitable vegetation construction strategy in the Loess Plateau.

Key words: vegetation construction; the Loess Plateau; water resources; soil and water loss

黄土高原地区是中华民族的摇篮,曾经孕育了灿烂的古代文明。但由于该区域在地形上处于我国东部河谷平原向西部青藏高原过渡、气候上处于暖温带湿润气候向温带干旱气候过渡、植被区划上处于湿润森林向荒漠草原过渡,气候变化剧烈,地形复杂,自然条件十分脆弱,加之长期以来过度的土地开垦,致使目前黄土高原地区原始植被破坏殆尽,造成了极为严重的水土流失。每年通过黄河输出的泥沙为 16×10^9 t, 是尼罗河的 30 倍、密西西比河的 90 倍,黄土高原已经成为世界上水土流失最为严重的地区之一。严重的水土流失不仅造成了该地区生态

环境的急剧恶化,制约了经济的持续发展,而且还造成河道淤塞,给下游地区的发展和带来了巨大的威胁。因此如何加强水土流失的治理就成为黄土高原乃至黄河流域社会经济可持续发展的关键。

1 水土流失——黄土高原面临的生态危机

按照黄土高原综合科学考察队的区划方案,黄土高原地区是指太行山以西、日月山—贺兰山以东、秦岭以北、阴山以南的广大国土,大致位于北纬 $33^\circ 43' - 41^\circ 16'$ 和东经 $100^\circ 54' - 114^\circ 33'$ 之间。包括

^{*} 收稿日期: 2008-02-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(30700080; 40603024); 中国科学院“西部之光”项目(2006)

作者简介: 何永涛(1975-), 河南浉池人, 博士, 从事植被生态学研究。E-mail: hey@igsnrr.ac.cn

山西省、宁夏回族自治区全部、陕西省的中部和北部、甘肃省的陇中和陇东地区、青海省的东北部、内蒙古自治区的河套平原和鄂尔多斯高原以及河南省的西部丘陵地带,共287个县(市、旗)。东西长约1 300 km,南北宽约800 km,总面积62.68万 km^2 ,占全国国土总面积的6.5%。

黄土高原广泛分布的黄土,质地均细、疏松,抗冲性和抗蚀性很弱,极易发生土壤侵蚀,加之长期以来土地利用不合理,滥垦、滥牧、滥伐,进一步加剧了该地区的水土流失。目前黄土高原地区水土流失面积达43万 km^2 ,其中水土流失严重地区的面积为28万 km^2 ;水土流失特别严重地区的面积为10万 km^2 。^[1]

水土流失严重的区域位于黄河中游,是黄土高原的主体部分。范围东起山西吕梁山脉,西至甘肃省永靖、白银一带,北临长城沿线,南接陕西关中平原。包括山西省吕梁山以西的西山地区,陕西省关中北山及其以北和延安、榆林地区,甘肃省陇中、陇东和天水地区,宁夏的固原、盐池地区以及内蒙古自治区伊盟、乌盟的一些地区,共涉及5省区106个县(市、区、旗)。全区土壤侵蚀模数大于5 000 $\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 的严重水土流失区约 $14.5 \times 10^4 \text{ km}^2$,是世界上水土流失最严重的地区之一。

在以上水土流失区内又存在着两个强烈侵蚀中心,即皇甫川、窟野河、孤山川、佳芦河、秃尾河流域侵蚀中心和无定河中下游、北洛河上游、延河和清涧河上游、马连河流域侵蚀中心。前者侵蚀量高达20 000 $\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,后者侵蚀量可达7 500~15 000 $\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。上述两个中心,加上晋陕峡谷两侧的强烈侵蚀带和湫水河流域,是黄河泥沙的主要来源区,也即所谓的粗沙区,虽面积仅 $8.9 \times 10^4 \text{ km}^2$,但来沙量却达 $1.028 \times 10^{10} \text{ t}$,占黄河泥沙总量的64%。^[2]

2 植被破坏——黄土高原水土流失的主要原因

据研究,造成目前黄土高原水土严重流失的原因既有历史气候变化、黄土本身特性等因素,但大量的历史资料 and 现代观测都表明,人为活动对自然生态平衡的破坏,尤其是对植被的破坏和土地利用方式的改变是加速土壤侵蚀的主要原因,并在现代黄土高原土壤侵蚀过程中占据了主导地位^[3-4]。

近3 000 a以来,黄土高原地区天然植被类型的分布状况未发生大的变化,但随着人类社会农耕文明的发展以及战争的频繁,人类活动对黄土高原植

被破坏的影响作用日益显著。特别是历史上曾有11个王朝建都于关中地区,历代的战乱和各朝的皇宫建筑,以及人口增加所造成的对土地的开垦,都对关中地区及其周围的森林植被造成了极大的破坏,致使森林植被急剧减少。据史料记载,3 000 a前的西周时期黄土高原森林面积为32万 km^2 ,森林覆盖率达53%;秦汉时期森林面积已经不到25万 km^2 ;到唐宋时期,下降为20万 km^2 ;而到了明清时期,黄土高原地区森林已只剩下8万 km^2 。^[5]到了近代,黄土高原地区的人口数量更是以前所未有的速度激增,进一步加大了对土地的压力,森林植被遭到了更为严重的破坏。据统计,中华人民共和国成立40 a以来,黄土高原地区人口增加5 000万,密度达到144人/ km^2 ,而同一时期黄土高原地区有数百万公顷土地遭到开垦,其中仅在1960—1962年间,陕、甘、晋三省就有约百万公顷的土地遭到开垦^[1,6-7]。据唐克利等在“七五”期间考察的结果,20世纪50—80年代,子午岭林区因毁林开荒使林线后退了20 km。根据林区内富县的资料统计,每增加1人,就要毁林开荒0.3 hm^2 ,县境内林线年均后退2.4 km。同期宁夏西吉县人口由8.9万人增至29.2万人,而县内的天然次生林面积由2 600 hm^2 降为300 hm^2 ,减少了88.46%。^[8]

由于人口数量的增加而导致了植被的大量破坏,并进一步引起了黄土高原地区土壤侵蚀的加剧。据叶青超研究,如以距今3 000~6 000 a的全新世中期土壤侵蚀率为1计,则公元前1020年至公元1194年间为8,1494—1855年间为116,1949—1980年间达557。另据陆仲臣调查,黄土丘陵沟壑区人为因素在加剧土壤侵蚀中所占比例在8 000 a前为0,6 000 a前为2%,4 000 a前为8%,2 000 a前为18%,而到现代已达30%。^[2]

现代的观测资料也表明,人为开垦土地是造成黄土高原地区水土流失的最主要原因,尤其是对坡耕地的盲目垦殖。据唐克利等在黄土丘陵区子午岭天然次生林区布设的大型径流场观测资料表明,在同样降雨和地形情况下,由于毁林毁草开垦后,土壤侵蚀模数比林地增长了7 000~8 000倍(表1)^[4]。研究表明,目前黄土高原水土流失区 3° 以上的坡耕地占总耕地面积的60%左右,它是水土流失的策源地,也是造成水土流失最为严重的地区,其中约有2/3的水土流失来自于其中的陡坡耕地^[9]。

可见,人口增长导致了土地利用方式的改变,破坏了黄土高原地区的原有植被,而植被的破坏则进一步加剧该地区的水土流失。因此,造林种草、恢复

植被是根治黄土高原水土流失、改善生态环境十分重要的一项举措。

表 1 黄土高原坡耕地的利用方式与侵蚀强度

土地利用	坡度/ (°)	小区面积/ m ²	侵蚀模数/ (t·km ⁻² ·a ⁻¹)	增长 倍数
林地	14~ 32	965.8	1.29	1
开垦土地	14~ 32	1144.3	9703.1	7522
开垦休闲	5~ 34	995.2	10324.5	8000

* 数据来源于文献[4]。

3 植被建设——黄土高原水土流失治理的必然选择

面对如此惨重的水土流失,必须采取有效的措施来治理黄土高原的水土流失。而强化林草植被建设和不断改善生态环境,应作为保持水土和治理黄土高原的根本性措施^[3,10]。因为植被通过其冠层、地被物的覆盖效应,根系固土和改善土壤结构等方式能有效地消散雨滴动能、延滞地表径流、提高土壤水分入渗、减轻地表蒸发、提高土壤水库的调蓄能力、增强土体抗冲抗蚀性,从而达到防治土壤侵蚀、减少流域产沙量与河流泥沙含量,防止河道与水库淤积的作用。

唐克丽等在子午岭林区不同流域的长期观测结果表明^[11-12],植被覆盖率的增加能明显减少土壤侵蚀。如图 1 所示,当植被覆盖率降到 2.6% 时,输沙模数达到了 10 549 t/(km²·a),随着植被覆盖率的增加,输沙模数迅速增加,当植被覆盖度大于 80% 的情况下,输沙模数下降到 1 000 t/(km²·a) (图 1)。

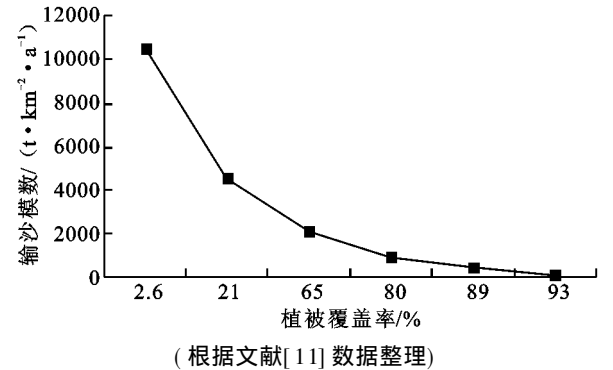


图 1 黄土高原地区土壤侵蚀强度与植被覆盖率的关系示意图

许多成功的事实也说明,良好的植被覆盖能有效地控制水土流失。例如在甘肃省镇宁县武山乡沙棘人工林示范点测得 5 a 生沙棘林地比荒坡草地减少径流可达 83%,减少泥沙达 81%~ 93%^[13]。由于黄土高原地区 50 a 来,特别是近 20 a 来坚持植树造林,使黄河的泥沙减少了约 2 亿 t。陕西省延安市到 1997 年,全市共造林 76.9 万 hm²,种草 37.2 ×

10⁴ hm²,森林覆盖率由建国初期的 14.4% 提高到 42.9%,以生物措施为主的各种水土保持措施增加蓄水能力 2.5 × 10⁸ t,拦蓄泥沙 9 000 × 10⁴ t,流入黄河泥沙由 2.58 × 10⁸ t 减少至 2.2 × 10⁸ t,土壤侵蚀模数明显降低^[14]。

林地作为植被建设的主体,在黄土高原地区的水土保持中有着不可替代的作用,因为乔木林由于自身良好的垂直结构和发达的根系,具有很好的水土保持性能,其保持水土的各项指标均明显优于灌木和草地。据对张广才岭、六盘山和祁连山不同植被类型的测定,其土壤稳渗率乔木林> 灌丛> 草地,土壤非毛管孔隙度和有效蓄水量也有类似趋势和顺序,表明在改良土壤和调节水分作用方面,乔木林优于灌丛和草地^[15]。人工模拟降雨试验也表明,结构良好的乔木林、灌丛、草地与农田,在雨强为 1 mm/min 和 2 mm/min 时,其产沙量之比为 1: 2: 3: (100~ 130),乔木林产沙量最少^[16]。

此外,植被作为生态系统中的第一性生产者,不仅具有防止水土流失的功能,还具有调节气候、改善水文循环、防止土壤侵蚀、吸收和调节各种污染物质、保护生物多样性等生态服务功能。因此,植被在维护区域乃至全球生态平衡中具有无可替代的重要作用,植被建设与保护在生态环境建设与保护中占据关键地位。

4 量水而行——黄土高原植被建设成败的关键

对黄土高原水土流失的治理一直是我国政府和人民关注的焦点,特别是新中国成立以来,投入了大量的人力、物力和财力进行综合治理。而植被建设作为控制水土流失、改善生态环境的一项重要措施,在综合治理中有着举足轻重的地位,历来为人们所重视。1949– 1989 年期间,在黄土高原水土流失区造林保存面积(含灌木林)约 150 万 hm²,人工草地保存面积约 50 万 hm²,使全区森林覆盖率由 2% 提高到 7.8%。在已完成的治理面积中,造林种草面积占 46%,封山育林面积占 7%,二者共计 53%^[2]。

目前,尽管黄土高原的植被建设已经取得了一些成绩,水土流失的情况也有所改观,但由于林草植被建设中存在着造林种草面积不实^[17],有边治理边破坏的现象,被破坏的植被往往是高效的优良植被,如成熟林和近熟林,而新营建的植被往往很难在短期内达到防治水土流失、改善生态环境的防护效益^[18],加上黄土高原地区本身自然条件恶劣,其面临的生态危机仍然很严峻。

另一方面, 由于黄土高原地区环境条件恶劣, 特别是处于干旱和半干旱气候地带, 水资源严重不足, 如果在该地区植被恢复建设的过程中, 不能正确认识自然植被的地理分异规律和植物的生态适应性, 盲目地植树种草, 不仅可能造成极大的经济浪费, 还可能使这一地区的生态环境遭到进一步的破坏。就目前黄土高原地区的植被建设情况而言, 普遍存在着成活率低, 保存率低, 生态、经济效益低等问题。据统计, 黄土高原地区近 40 a 来包括灌木在内造林保存率为 25% ~ 30%, 而一些典型地区的调查表明, 保存率仅 20% ~ 25%^[1]。而且相当一部分人工林生长极不正常, 个体矮小, 生长缓慢, 过早老化, 病虫害严重, 难以成材, 故人们称之为“小老树”, 其面积几乎占到黄土高原地区的 2/5^[19]。这种林地表缺乏枯枝落叶层覆盖, 林分生长不良, 长期不能郁闭, 不能形成稳定的森林小环境, 难以发挥其改良土壤、促进降水入渗、控制水土流失等功能, 因此根本起不到生态屏障作用, 水土流失也没有得到有效控制。

近年, 我国党和政府高瞻远瞩, 发出了西部大开发的战略转移号召, 并明确指出在加快经济发展的同时, 应高度重视对西部地区生态环境的建设, 实现可持续发展, 进而提出了“再造一个山川秀美的西北地区”的战略决策, 制定了“退耕还林(草)”的具体措施。这就为在黄土高原地区实施以植被建设为主要内容的综合治理提供了前所未有的机遇, 但由于该地区生态条件脆弱, 尤其是水资源短缺的矛盾日益突出, 因此如何根据黄土高原现有的自然条件进行合理的植被建设布局规划, 就成为我们必须面对和急需解决的问题。

因此, 我们必需根据黄土高原地区现有的生态条件, 提出相应的植被建设策略, 确保该地区退耕还林还草的顺利实施。根据目前研究所形成的共识, 在黄土高原地区的植被建设中必须依据植被分布的地带性^[20-23]。这其中最主要的影响因素就是水资源条件, 因为黄土高原大部分地区属半干旱和干旱气候, 是典型的水资源匮乏地区, 该地区植物生长的水分条件相当差。黄土高原地区水资源状况及其林木的适生程度, 以及植被恢复重建对水资源的影响是这一地区植被建设首先应当考虑的问题。这一水环境特征, 不仅是本地区生态重建的制约因素, 而且严重影响当地经济和社会的可持续发展, 可以说, 水是该地区生态系统重建的根本^[24-25]。因此在黄土高原地区生态环境建设中, 要充分认识到生态环境和水资源关系的差异性, 不能违背水资源规律和生态规律, 要“量水而行”, 不能盲目地进行植树造林。

黄土高原地区降水的特点总体表现为年均降雨量区域差异大, 由东南部的大于 600 mm 逐渐递减到西北部的不足 200 mm; 植物生长季节期间的降雨占全年 80% 以上, 但却季节分配不均, 表现为春旱、夏多、秋少; 年际变率大, 干旱频繁, 且在空间分布上表现为西北部大于东南部, 也就是说, 降水愈少地区其年际波动也愈大。因此从植物生长的水分条件来看, 黄土高原地区降雨的时空分布特征总体表现为由东南向西北逐渐干旱, 而且波动性也随之增加, 这就越来越不利于植物的生长。与以上降雨的特点相适应, 黄土高原的自然植被沿东南部至西北部依次分布为, 森林带, 森林草原地带, 草原地带, 荒漠草原, 以及荒漠地带。我们在植被建设中也必须遵循这一自然规律, 进行合理的植被配置, 在不同的植被地带采取不同的措施恢复植被。

5 结 论

综上所述, 植被破坏是黄土高原地区水土流失的主要原因, 而植被建设也是该地区综合治理的必然途径。但由于水资源条件的限制, 在黄土高原地区进行植被建设时, 必须依据当地的水分条件, 进行合理的植被建设规划, “量水而行, 宜林则林, 宜草则草, 宜荒则荒”。尤其是黄土高原地区是我国退耕还林工程实施的重点区域, 在该工程实施过程中, 要作好规划, 根据不同植被地带的降水条件进行合理的植被配置, 才能使黄土高原地区的植被建设真正起到调节环境的作用, 以达到治理黄土高原水土流失的目的, 实现该地区乃至整个黄河中下游地区的社会经济可持续发展的目标。

参考文献:

- [1] 中国科学院黄土高原综合科学考察队. 黄土高原地区综合治理开发简要报告集[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991: 4-9.
- [2] 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.
- [3] 唐克丽, 张平仓, 王斌科. 土壤侵蚀与第四纪生态环境演变[J]. 第四纪研究, 1991(4): 300-309.
- [4] 唐克丽, 张科利, 雷阿林. 黄土丘陵区退耕上限坡度的研究论证[J]. 科学通报, 1998, 43(2): 200-203.
- [5] 朱俊凤. “三北”防护林地区自然资源与综合农业区划[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985: 50-55.
- [6] 张维邦. 论黄土高原生态环境遭到彻底破坏的祸根[J]. 水土保持通报, 1989, 9(1): 45-51.
- [7] 张天曾. 黄土高原论纲[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1993: 5-10.

砷的迁移方向。

(3) 土壤砷含量还与化肥施用量及土壤理化性质有关, 昆山农地的土壤砷含量就与化肥施用量成正相关, 且与 pH、OM、TN、 P_1 负相关, 与 P_2 正相关。因而改善土壤理化条件(如提高土壤 OM、TN 含量)可有效减少土壤砷含量, 降低土壤砷污染的风险。

参考文献:

- [1] 毕伟东, 王成艳, 王成贤. 砷及砷化物与人类疾病[J]. 微量元素与健康研究, 2002, 19(2): 76-79.
- [2] 张晓红, 陈敏. 砷的污染毒性及对人体健康的影响[J]. 甘肃环境研究与监测, 1999(12): 215-218.
- [3] 谢正苗, 廖敏, 黄昌勇. 砷污染对植物和人体健康的影响及防治对策[J]. 广东微量元素科学, 1997, 4(7): 17-21.
- [4] 席玉英, 李峰, 樊甲仁. 铬砷在土壤和作物体内积累与迁移规律的研究[J]. 山西大学学报: 自然科学版, 1989, 12(4): 472-480.
- [5] 张辉. 地带性人群砷中毒的环境背景因素及其研究现状[J]. 地质评论, 2000, 46(4): 443-449.
- [6] Hering JG. Risk assessment for arsenic in drinking water: limits to achievable risk levels[J]. Journal of Hazardous materials, 1996, 45: 175-184.
- [7] Tripathi R M, Raghunath R, Krishnamoorthy T M. Arsenic Intake by the Population in Bombay City[J]. Science of the Total Environment, 1997, 208: 89-95.

- [8] Nriagu, J O, Paeyna, J M. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soil by trace metals[J]. Nature, 1988, 333(6169): 134-139.
- [9] 陈同斌, 刘更另. 土壤中砷的吸附和砷对水稻的毒害效应与 pH 值的关系[J]. 中国农业科学, 1993, 26(1): 63-68.
- [10] 李英伦, 蒲富永. 铜铅镉砷在紫色丘陵农田中的径流迁移[J]. 农业环境保护, 1992, 11(2): 60, 66-71.
- [11] Abedin, M J, Cotter-Howells J, Meharg A A. Arsenic uptake and accumulation in rice (*Oryza sativa* L.) irrigated with contaminated water[J]. Plant and Soil, 2002, 240: 311-319.
- [12] 昆山市农业志编纂委员会. 昆山市农业志[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1995. 60-61, 154.
- [13] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983: 44, 55, 68.
- [14] 蒋成爱, 吴启堂, 陈杖榴. 土壤中砷污染研究进展[J]. 土壤, 2004, 36(3): 264-270.
- [15] 中国环境监测总站主编. 中国土壤元素背景值[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990: 330.
- [16] 张红, 郭翠花. 太原市土壤-作物系统中 As 行为研究[J]. 农业环境保护, 2000, 19(3): 169-170.
- [17] 魏显有, 王秀敏, 刘云惠, 等. 土壤中砷的吸附行为及其形态分布研究[J]. 河北农业大学学报, 1999, 22(3): 28-31.
- [18] 翁焕新, 张霄宇, 邹乐君, 等. 中国土壤中砷的自然存在状况及其成因[J]. 浙江大学学报: 工学版, 2000, 34(1): 88-92.

(上接第 33 页)

- [8] 唐克丽, 陈永宗. 黄土高原地区土壤侵蚀区域特征及其治理途径[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1990: 62-67.
- [9] 彭珂珊. 我国西部的生态问题与退耕还林[J]. 首都师范大学学报: 自然科学版, 2001, 22(1): 100-105.
- [10] 唐克丽. 开发西部切入点的研究: 以黄土高原生态环境建设切入点为例[J]. 第四纪研究, 2000, 20(6): 504-513.
- [11] 唐克丽, 张科利, 雷阿林. 子午岭林区自然侵蚀和人为加速侵蚀剖析[M]//唐克丽. 土壤侵蚀与生态环境演变研究论文集. 西安: 陕西科学技术出版社, 1993: 17-27.
- [12] 蔡庆, 唐克丽, 陈文亮. 林地开垦人为加速侵蚀的人工降雨试验研究[M]//唐克丽. 土壤侵蚀与生态环境演变研究论文集. 西安: 陕西科学技术出版社, 1993: 79-86.
- [13] 赵金荣, 孙立达, 朱金兆. 黄土高原水土保持灌木[M]. 北京: 中国林业出版社, 1994: 10-15.
- [14] 罗伟祥, 杨江峰. 黄土高原防护林在生态环境建设和防灾减灾中的作用[J]. 水土保持研究, 2001, 8(2): 1-4.
- [15] 吴钦孝, 赵鸿雁. 植被保持水土的基本规律和总结[J]. 水土保持学报, 2001, 5(4): 13-15.

- [16] 吴钦孝, 赵鸿雁, 韩冰. 植被保持土壤的人工降雨试验研究[M]//黄河中游防护林体系建设与水土保持. 西安: 西北大学出版社, 2000: 93-97.
- [17] 刘勇, 冉大川. 黄河中游水土保持措施保存面积的核实初探[J]. 水土保持通报, 1994, 14(4): 39-58.
- [18] 蒋定生. 黄土高原水土流失与治理模式[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1997: 106-113; 329-403.
- [19] 侯庆春, 黄旭, 韩仕峰. 黄土高原地区小老树成因及其改造途径的研究 I: 小老树的分布及其生长特点[J]. 水土保持学报, 1991, 5(1): 64-72.
- [20] 邹厚原, 关秀琦, 韩蕊莲, 等. 关于黄土高原植被恢复的生态学依据探讨[J]. 水土保持学报, 1995, 9(4): 1-4.
- [21] 梁一民. 从植物群落学原理谈黄土高原植被建设的几个问题[J]. 西北植物学报, 1999, 19(5): 26-31.
- [22] 侯庆春, 韩蕊莲. 黄土高原植被建设中的有关问题[J]. 水土保持通报, 2000, 20(2): 53-56.
- [23] 陈云明, 梁一民, 程积民. 黄土高原草本植被建设的地带性特征[J]. 植物生态学报, 2002, 26(3): 339-345.
- [24] 袁嘉祖, 闵庆文. 水是西北地区生态系统重建的根本[J]. 自然资源学报, 2001, 16(5): 511-515.
- [25] 周晓峰. 关于西部大开发的基本观点和植被建设中的若干问题[J]. 林业科学, 2001, 37(6): 97-104.