

# 黄土高原植被建设与整治方略

——纪念朱显谟院士从事黄土区土壤科学研究55周年暨80华诞

吴钦孝 郭中升

(中国科学院水土保持研究所·陕西杨陵·712100)  
水利部

朱显谟院士是我国著名的土壤和国土整治专家,在土壤科学和国土整治研究领域,他已辛勤耕耘了55个春秋。解放前,他曾在江西地质调查所和中央地质研究所工作。新中国成立后,他怀着一颗拳拳报国的赤子心,离开南京,来到黄土高原这块贫瘠、尚待开发的热土,并几十年如一日,坚持野外实地考察,潜心理论研究,做出了一个又一个贡献。“全部降水就地入渗拦蓄,米粮下川上塬,林果下沟上岔,草灌上坡下圪”的整治方略就是他根据长期研究和实践,从协调人与自然的关系出发,以通俗易懂的文字,科学地总结整治黄土高原的指导思想,它闪烁着朱显谟先生的智慧,凝聚着他几十年辛勤劳动的结晶。方略的提出对于协调科学、技术和工程以及各行各业在治理黄土高原过程中的关系,具有重要的理论价值和深刻的现实意义<sup>[1~4]</sup>。现结合作者多年来在黄土高原从事植被恢复和森林保持水土功能与机理的研究,就林草植被建设与贯彻“28字”方略的关系谈一点认识。

## 1 植被建设是实现“全部降水就地入渗拦蓄”的中心环节

林草植被是人类和自然系统进行物质和能量流动、信息传递的主要承受体,是捍卫生态平衡的主要力量。据史料记载,黄土高原在历史上曾~~有~~茂密的森林和草地所覆盖。但随着人与自然的矛盾加剧,人类对自然资源进行不合理的开发利用,林草植被遭到破坏,导致森林覆盖率大幅度下降,而当这种利用方式超过植物生态系统有限的调节程度时,就会引起沙漠化、干旱、水土流失等一系列严重的生态问题。自然灾害的频繁,水分条件的不足,土壤肥力的下降又严重地影响了该区农业的综合发展。为了防止由于水土流失等灾害造成的一系列生态和社会问题,最大限度地利用有限降水和土壤水分,发挥土地生产潜力,提高经济收益,实现“全部降水就地入渗拦蓄”就成为整治黄土高原,改变其自然和经济面貌的关键。

诚然,降水入参与土壤关系密切。黄土高原经过漫长岁月的堆积过程,土层一般有50~300m,加之黄土疏松,透水性强,吸水量高(44%~48%)而持水量低(<20%),这些特性有利于阻缓地表径流的发生,但因此也易发生溅蚀,堵塞土壤孔隙。同时,由于黄土渗水速率一般为0.5~1.0mm/min<sup>[5]</sup>,在暴雨来临时,亦常因渗水不及,反而引起土体崩解而被冲刷。因此,还必须依赖植被的保护和改良作用,只有这样,才能使“全部降水就地入渗拦蓄”成为可能。

据我们在宁夏六盘山区和陕西黄龙山区的研究结果表明,植被在这方面的作用十分显著,且

不可替代。它主要表现在如下几个方面。

### 1.1 林冠层和枯枝落叶层的截留和拦蓄

据测定,该地区主要森林类型林冠截留量占大气降水量的 15.6%~29.1%,枯枝落叶层的拦截率为 5.6%~13.1%,其最大持水能力可达本身重量的 190.1%~345.8%<sup>[6]</sup>。

### 1.2 枯枝落叶层减少土壤溅蚀,降低径流速度和提高表土的抗冲性

试验结果表明,有 1cm 厚枯枝落叶层覆盖地面时,将减少土壤溅蚀量 79.7%~97.5%<sup>[7]</sup>,并对流进林地的混水径流过滤,避免堵塞土壤孔隙;可降低径流速度 85%以上<sup>[8]</sup>,有利于其入渗土壤;可抵御 2.2~3.6mm/min 雨强,即黄土高原常见暴雨的冲刷,在坡度 25°条件下,减少土壤冲刷量 47.1%~90.8%<sup>[9]</sup>。

### 1.3 林地土壤良好的结构和水分入渗机制

因枯落物分解而增加土壤有机质含量和植物根系的穿插,林地土壤具有良好的团粒结构,土壤容重小,总孔隙度和毛管孔隙度高,大大提高了其水分入渗能力。据观测,乔木林地的稳渗率为 7.14~21.34mm/min,平均 18.3mm/min;灌木林地 5.60~14.45mm/min,平均 8.76mm/min;草地平均 5.59mm/min,分别比农地提高 13.96mm/min、4.42mm/min 和 1.16mm/min<sup>[10][11]</sup>。林地的入渗速率多超过黄土高原大暴雨的雨强,为实现降水就地入渗创造了条件。

### 1.4 根系提高土壤的抗冲性

研究结果表明,在常见暴雨雨强(2.0mm/min)和坡度(20°)的条件下,林地根系对土壤表层(10cm)抗冲性的强化值为 8.2~27.5s/g,即每冲刷 1g 土所需时间增加 8.2~27.5s<sup>[12][13]</sup>,草地根系可降低土壤冲刷量的 74.1%~99.7%<sup>[14]</sup>。所增强的土壤抗冲性与≤1mm 的根密度在极显著水平上呈幂函数关系。

### 1.5 植被的蓄水减少作用

在冠层、枯枝落叶层和土壤根系层等各活动层次的共同作用下,植被的保持水土效益显著。与农地相比,乔木林地可减少地表径流量 86.0%~90.9%,减少土壤侵蚀量 99.6%~99.9%;灌木林地可分别减少 69.5%~91.1%和 63.8%~99.6%;草地分别减少 42.9%~75.0%和 65.9%~99.0%<sup>[15][16]</sup>。研究资料表明,植被保持水土的能力除受类型影响外还与年龄有关。而年龄的作用,又主要与枯枝落叶层的形成和根系的发育关系密切。据观测,对乔木林来说,大约需要经过 10~15 年的时间,林地的水土保持作用才能得以较好地发挥。

### 1.6 林地对河川径流的调节功能

森林的调节作用突出地表现在对洪水量的大量减少和枯水期河川流量的增加。大量研究表明,黄土区森林流域(集水区)的年径流量比无林流域(集水区)减少<sup>[17][18][19]</sup>,其减少量大约在 37%以上<sup>[17]</sup>。在汛期,林区每年每平方公里的洪水量不超过 1 000m<sup>3</sup>(相当于 1mm 水深),而其它地区均在 6 000m<sup>3</sup>以上<sup>[20]</sup>。在总径流量中,森林流域地下径流占的比例比无林流域高。当森林覆盖率大于 90%时,地下径流的比例可达 80%以上,比无林地区大 33%<sup>[21]</sup>,从而使径流在年内分配较均匀、稳定。

从以上所述可以看出,植被巨大的保持水土、涵养水源、调控径流的功能。降水作为地球上淡水资源的唯一来源,对人类的生产和生活具有最重要的意义。在当前科学水平和经济力量还很难对降水量和降水的时空作出全面和根本性改变的情况下,生物工程,特别是植被的建造,其控制和调节功能的扩大和提高,成为实现这一思想要求的中心内容和主要手段。

## 2 合理配置植被(含作物),合理布局林草措施是实现“全部降水就地入渗拦蓄”的保证

扩大和提高植被控制和调节降水功能,实现“全部降水就地入渗拦蓄”,必须按“米粮下川上塬,林果下沟上岔,草灌上坡下抓”的要求,合理配置植被,合理布局林草措施,才能取得最大的效果,原因如下:

### 2.1 符合当地自然条件,可实现最优的生态环境,有利于植被作用的充分发挥

黄土高原地域辽阔,自然条件复杂。在地理位置上该区处于华北落叶阔叶林区、内蒙草原区和蒙新荒漠之间一个广阔的过渡地带。从东南向西北,随着水热条件变化,植被类型有规律地从森林带向疏林灌丛草原、典型草原过渡,虽然原生植被已被破坏殆尽,显域地境植被缺乏,但就总体而言,森林草原和典型草原是它的主体。且因剧烈的水土流失的影响,该区地形、地貌多样,使在同一地区同一空间、生态类型非常不同的植被获得生长的可能,形成了本区植被的特殊配置特点<sup>[22]</sup>。因此,必须因地制宜,根据社会环境、气候、土壤条件、地貌特点等,如“28”字方略所述,合理布局乔、灌、草种,避免不顾条件,不切实际的片面追求。按照黄土高原植被地带性(水平、垂直)分布规律,把符合当今条件下的顶极群落作为当前植被恢复的依据,纵然在形式上似乎不如全面营造乔木效益显著,但实质上从长远看,灌木(包括疏林灌丛)、草本植物是黄土高原绝大部分荒山、陡坡地段最稳定的植物群落,因而也就有最好结构,最佳生态环境效应。以往一些地区在实施防护林建设工程中,不适当地把杨树上山造林所带来的不良后果和在某些显性区域营造的乔木树种,因忽视立地因素而长成“小老树”等事例,已成为该区林草植被建设中“三低”(即成活率低、保存率低、生态经济效益低)现象的重要表现,致使在一定程度上引起了对林草措施治理水土流失作用的怀疑和争议。只有植物种选择得当,搭配合理,才能保证植被在与环境进行物质与能量交换过程中,始终处于平衡状态,并对外界干扰实行一定的调节,使该区环境保持永续的再生潜力。

### 2.2 符合社会经济条件,可取得最佳的经济效益,有利于土地生产潜力的充分发挥

黄土高原虽土地资源丰富,但适于耕作的土地较少。以水土流失区 106 县为例,现有耕地面积 824.6 万  $\text{hm}^2$ ,占土地总面积的 30.2%,人均 0.35  $\text{hm}^2$ 。这些耕地分布在平地( $\leq 3^\circ$ )的占 29.3%,梯、条田占 19.4%,其余则分布在  $3\sim 25^\circ$  的丘陵坡地上;保存的人工植被约 200 万  $\text{hm}^2$ ,为同期建造面积的约 25%左右,其中人工林(包括灌木)约 150 万  $\text{hm}^2$ ,人工草地 50 万  $\text{hm}^2$ ,尚有大量荒山荒坡亟待综合治理。可见,在整治黄土高原过程中,如何根据土地类型、水热条件的分异,确定农业生产的特征和方向,具有决定性意义。“28 字”整治方略正是这一点上指明了不同生产类型的地域分工和农业生产的具体布局,即在综合发展的前提下,各有侧重,在不同的土地类型上确定和安排大农业内部的构成和发展方向<sup>[23]</sup>,以充分发挥土地潜力,用最少的资金、人力和物力,取得最佳的经济效益。一般来说,川塬区地平土厚,生产潜力大,发展种植业,建设高产稳产基本农田,做到粮食自给并有余,有利于人民生活提高和国家政治稳定。据国外有关研究,如果以无侵蚀黑土地上收获的小麦产量为 100%计,则在中等侵蚀土壤上的产量为 28.0%,而在强烈冲刷土壤上仅为 2.6%<sup>[24]</sup>。丘陵区坡大沟深,发展林草业比发展种植业更具广阔的前景,其中林木因蒸腾耗水量比草灌大,在沟岔等水分条件较好的地方生产力比梁、坡高,灌草耐寒耐旱性强,更适于环境恶劣地区的植被恢复。如宁南固原黄土丘陵区“三料”林试验结果表明,种植在沟道的实行矮林作业的刺槐林,每公顷可年产干柴 7 660 kg,在梁、峁顶部和山坡则不能生存,而柠条、山

桃和沙打旺等在那里生长旺盛,每公顷产量可达 $3\,000\sim 7\,500\text{kg}$ <sup>[25]</sup>。需要注意的是不可以发展林业,特别是果树去大量挤占良田,尤其在平川地,而主要应安排在坡地和滩地,因为粮食作为一种特殊商品,是无法替代的战略物资。目前在一些地区出现的此类现象,在某种程度上具有一定的盲目性,一遇灾年,带来的损失和后果将是十分严重的。

综上所述可见,认真贯彻“28字”方略,将有可能使该地区农林牧业各得其所而成为双高产业,即同时实现最大的生态、社会效益和最高经济效益,使农业经济系统的经济再生产与农林牧复合生态系统的自然再生产密切结合,促进农村的脱贫致富,同时也为进一步整治黄土高原提供坚实的物质基础。

### 3 因地制宜,制定具体的实施方针,提高植被覆盖率

朱显谟先生提出的黄土高原整治方略,指出了综合治理过程中的核心问题、各种措施的效果检验标准和农林牧宏观配置模式,但由于该区气候、土壤、植被、地形、地貌等自然条件各地差异较大,经济发展状况也不一致,所以也就不可能用一种统一的整治方法、发展规模和速度,以指导整个黄土高原的国土整治工作。因此,对于某一具体地区来说,必须按照当地的实际情况,因地制宜,制定具体的实施方针。

要根据立地条件和植物种的特性,选择并确定适宜发展的树、草种及其合理的结构和配置方式,这是决定我们取得造林种草成效的前提。

要选择合理的经营方向,各种林种,不论是防护性的还是生产性的,都要把生态效益和经济效益紧密结合起来,把长远利益和近期效益结合起来,以提高广大群众造林种草、护林护草的积极性,改善促进植被恢复的社会条件,这是现阶段该区林草业发展的重要保证。

要加强科学研究,采取强化措施,提高林草植被的生态和经济效益,扭转并克服目前在林草植被建设中存在的“三低”现象,除通过宣传、培训、示范、推广、普及已取得的科技新成果外,对一些生产和治理急需生态和经济效益显著的重大问题,如良种选育,抗旱造林种草理论和技术,林草业的持续发展,市场经济条件下治理开发模式等,进行了深入的科学研究以指导生产和治理工作不断向前发展<sup>[26]</sup>。要把生物措施和工程措施结合起来,以生物保工程,以工程促生物,逐步实现“全部降水就地入渗拦蓄”的目标。据研究,植被保持水土的作用是一个动态过程,它随着植被年龄的增长而增大,达到高峰以后,又随植被的衰败而降低。在植被恢复的初期,特别是营造乔木林,植被的作用尚不明显,此时,如辅之以整地等工程措施,不仅可以促进水土保持,而且有利于植被的成活和生长。而在库、渠周围建造植被,则可护坡固土,使其免遭淤塞,有利于工程效益的持续发挥。

黄土高原的植被建设,经过40年的努力,取得明显的成绩。全区累计造林面积已达 $1\,000\text{万}\text{hm}^2$ ,保存 $250\text{万}\text{hm}^2$ ,草地 $75\text{万}\text{hm}^2$ ,但是距实现“全部降水就地入渗拦蓄”的目标,尚有较大的距离。该区森林覆盖率,包括灌木林内,仅 $11.2\%$ ,即使与我们测算的水土保持林有效覆盖率,即林地土壤流失量等于土壤允许流失量( $1\,000\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ )时的森林覆盖率 $42.8\%$ <sup>[27]</sup>相比较,还差31个百分点。草场按北方草场资源调查办公室统一制定的“五等八级制”标准,多属三、四等,以五、六级居多,即每公顷产草量仅 $3\,000\sim 4\,500\text{kg}$ 和 $1\,500\sim 3\,000\text{kg}$ ,且退化严重,退化率已超过 $30\%$ 。因此,作为整治黄土高原的中心内容,应认真保护好现有植被资源,大力开展造林种草,并在有条件地区做好封山育林育草<sup>[28]</sup>工作,尽快提高植被覆盖率,把植被建设工作推向一个新的阶段。

## 参考文献

- 1 中科院西北水保所. 中科院学部委员朱显谟教授. 水土保持通报, 1992 年, 第 2 期
- 2 包浩生等. 国土整治与自然资源研究. 地理学报, 1987 年, 第 1 期
- 3 朱显谟. 再论黄土高原国土整治“28”字方略. 1995 年
- 4 朱显谟等. 综合治理水土流失, 彻底改善生态环境. 水土保持通报, 1986 年, 第 2 期
- 5 黄土高原综合治理方案组, 黄土高原综合治理分区. 中国科学院西北水土保持研究所集刊, 1985 年, 第 1 期
- 6 刘向东等. 森林植被垂直截留作用与水土保持. 水土保持研究, 1994 年, 第 3 期
- 7 韩冰等. 林地枯枝落叶层对溅蚀影响的研究. 防护林科技, 1994 年, 第 2 期
- 8 赵鸿雁等. 枯枝落叶层阻延径流速度研究. 中国科学院、水利部西北水保所集刊, 1991 年, 第 14 期
- 9 汪有科等. 林地枯落物抗冲机理研究. 水土保持学报, 1993 年, 第 1 期
- 10 刘向东等. 六盘山林区森林树冠截留, 枯枝落叶层和土壤水文性质的研究. 林业科学, 1989 年, 第 3 期
- 11 Wu Qinxiao at. el. Soil Water Characteristics in Mountain Poplar Stand and Its Benefits to Soil and Water Conservation in Loess Hilly Region. 《Journal of Environmental Sciences》1994. Vol 6. No 3
- 12 李勇等. 油松人工林根系对土壤抗冲性的增强效应. 水土保持学报, 1990 年, 第 1 期
- 13 李勇. 沙棘林根系强化土壤抗冲性的研究. 水土保持学报, 1990 年, 第 3 期
- 14 吴钦孝等. 草本植物根系提高表土抗冲刷力的试验分析. 水土保持学报, 1990 年, 第 1 期
- 15 侯喜禄等. 陕北黄土区不同森林类型水土保持效应研究. 西北林学院学报, 1994 年, 第 2 期
- 16 吴钦孝等. 黄土高原油松林地产流产沙及其过程研究. 1995 年
- 17 刘昌明. 黄土高原森林对年径流影响的初步分析. 地理学报, 1978 年, 第 2 期
- 18 刘志韬. 山西管涔山林区森林对径流的影响. 水土保持通报, 1981 年, 第 4 期
- 19 杨雨行等. 我国森林植被变化对河川径流泥沙的影响. 全国森林水文和流域治理学术讨论会论文, 1993 年
- 20 刘昌明. 森林拦蓄洪水的作用——以黄土高原林区为例. 全国森林水文学术讨论会文集, 测绘出版社, 1989 年
- 21 马雪华. 森林水文学. 中国林业出版社, 1993
- 22 朱志诚. 陕北黄土高原森林变迁与当前林业建设. 陕西林业科技, 1990, (4)
- 23 刘胤汉. 关于黄土高原土地资源合理利用问题. 黄土高原水土流失综合治理学术讨论会资料汇编, 中国科学院西北水保所, 1981 年
- 24 A. A. 莫尔恰诺夫. 最佳森林覆盖率. 科学出版社, 1966 年(俄文)
- 25 吴钦孝等. 固原县黄土丘陵区灌木“三料”林研究简结. 中国科学院、水利部西北水保所集刊, 1990 年, 第 11 期
- 26 吴钦孝等. 黄土高原水土流失区的林草资源和植被建设. 水土保持研究, 1994 年, 第 3 期
- 27 郭中升等. 水土保持林有效覆盖度及其确定. 1995 年
- 28 Wu Qinxiao at. el. Ways and Measures of Restoring Vegetation for Controlling Soil and Water Loss on the Loess Plateau of China 《Indian Forester》1995, Vol 121, No 3