

# 人工模拟降雨大厅及模拟降雨设备简介

郑粉莉<sup>1,2</sup>, 赵 军<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院水利部水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨陵 712100;  
2. 西北农林科技大学, 陕西 杨陵 712100)

黄土高原土壤侵蚀和旱地农业国家重点实验室人工模拟降雨大厅位于陕西杨陵农科城, 降雨大厅面积为 1 296 m<sup>2</sup>, 其规模为世界上第二大模拟降雨大厅 (图 1)。该降雨大厅为我国土壤侵蚀与水土保持科学定量化研究提供了平台。



图 1 降雨大厅外景

## 1 模拟降雨系统

降雨大厅的模拟降雨系统由下喷式降雨系统和侧喷式降雨系统组成。

### 1.1 下喷式降雨系统

下喷式降雨系统装置由日本引进 (图 2), 降雨高度 18 m, 满足所有降雨雨滴达到终点速度。降雨强度变化范围为 30 ~ 350 mm/h, 降雨均匀度大于 80%, 最大持续降雨时间 12 h。降雨区由两个独立降雨试验区组成, 且可以组合降雨。单个实验区有效降雨面积 27 m × 18 m, 总面积 2 × 27 m × 18 m。



图 2 下喷式降雨机

### 1.2 侧喷式降雨系统

侧喷式降雨系统由中国科学院水利部水土保持研究所研制, 降雨高度 16 m, 满足所有降雨雨滴达到终点速度。降雨强度变化范围为 40 ~ 260 mm/h, 降雨均匀度大于 80%, 最大持续降雨时间 12 h。降雨区由两个独立降雨试验区组成, 单个实验区有效降雨面积 4 m × 9 m。

## 2 降雨大厅试验土槽

### 2.1 固定式液压升降试验土槽

该实验土槽固定安装于地面, 采用液压系统调节地面坡度, 试验土槽长 8 m, 宽 3 m, 深 1 m, 坡度调节范围 0 ~ 30°; 坡度调节步长为 5° (图 3)。



图 3 固定式液压升降试验土槽

### 2.2 移动式液压升降试验土槽

该实验土槽可整体移动, 采用液压系统调节地面坡度, 试验土槽长 5 m, 宽 1 m, 深 1 m, 坡度调节范围 0 ~ 30°; 坡度调节步长为 5°。



图 4 小流域实体模型 (比例尺: 1/75)

### 2.3 组合移动式液压升降试验土槽

该实验土槽由上、下两个土槽组成,可整体移动,采用液压系统调节地面坡度。单个实验土槽长 5 m,宽 1 m,深 1 m,两个试验土槽组合可使坡长达到 10 m。上坡试验土槽坡度调节范围为 0~30°;下坡试验土槽坡度调节范围 0~25°;坡度调节步长为 5°。

### 2.4 小流域实体模型

将野外原形按一定比尺进行缩小,利用模拟降雨试验技术,研究小流域土壤侵蚀过程及其水沙汇集传递关系。(图

4)

## 3 便携式降雨机

该模拟降雨机由中国科学院水利部水土保持研究所研制,降雨机形式为侧喷式降雨机,具有运输方便、安装快速的特点,适用于进行各种野外人工模拟降雨试验。通过两组以上降雨机的组合,可获取降雨强度变化范围为 30~230 mm/h,降雨面积由几平方米至几百平方米。降雨高度为 2~8 m,降雨均匀度大于 75%。

(上接第 27 页)

的 15~25 坡耕地退下来,从此黄土高原不要再耕种坡耕地,而且还可以将部分梯田改作人工草地,有效地解决农牧矛盾。

由上面分析不难看出,从生态环境建设全局出发,灵活而系统地用好“退耕还林(草),以粮代赈”政策措施是加速水土流失有效治理的关键。总思路是利用国家现有政策措施,分别做好两方面的工作,一是人工修水平梯田和淤地坝增加经济效益,奠定生态环境建设的经济基础;二是陡坡耕地退下来以后一般情况下以自然封禁为主,发挥土地的自我修复能力,恢复自然植被,增加生态效益。二者有机结合,同步进行,不仅能加快水土流失的治理速度,尽快改善生态环境,而且能省钱、省工、省时,可在不太长的时间修复黄土高原生态环境、是提高农民的物质水准的最佳出路。

## 3 植被建设的前景展望

未来黄土高原森林覆盖率究竟能达到什么程度是人们十分关心的问题。现代植被带和 50 年造林成果说明,黄土高原存在 4 个不同类型的植被带,即半湿润区的落叶阔叶林带,半湿润与半干旱过渡的森林草原带和半干旱的草原带和干旱荒漠草原带。只要未来气候不发生区域性变化,这 4 个植被带的位置不会发生改变,各植被带的土壤水分不会改变。由此可以推测,今后半湿润地带地区的森林覆盖率达到 30%,甚至更高一点也不是不可能的,反映出来的减水减沙效益和生物多样性肯定也是明显的。但也必须清醒地看到树木的生长量不是很大,经济效益不会很高,如 5 年龄以前的刺槐年生长高度可达到 0.9 m/a,5~10 年龄时降为 0.2 m/a,10~15 年龄时降为不足 0.1 m/a,1 年龄树高只有 6.5 m 高,直径 5.3 cm,蓄积量 20~30 m<sup>3</sup>/(hm<sup>2</sup>·a),只相当于全国平均的 23%~25%(82.5 m<sup>3</sup>/(hm<sup>2</sup>·a)),在塬咀、沟坡和参考文献:

山梁生长量只有 0.7 m<sup>3</sup>/(hm<sup>2</sup>·a),也形成小老头树<sup>[3]</sup>。在森林草原带,乔木林只能在沟谷和阴坡的下部才能生长,梁峁地只适宜灌草生长,而且灌木的密度还不能太密。未来这一带的乔木林覆盖率不大可能超过 20%,以灌草为主的植被覆盖率达到 50%~60%是完全可能的;但由于坡地的坡度大,加之暴雨为主,土壤水分得不到补充,坡地的草灌的郁闭度低,生长速度慢,其生态效益和减沙效益也不如半湿润地带。这一地区除经济林和人工草地外,其他林草的经济效益也不会很大。北部的半干旱草原带的乔木林种单一,以杨、柳为主,只能在沟道与河滩生长,梁峁坡无论是阳坡还是阴坡都不能生长,这一区域的林草是以半旱生灌草为主,今后林草覆盖率不大可能超过 50%。因而这一地区林草建设对生态环境改善有一定的作用,但它的减水减沙效益都不会十分明显,林草的直接的经济效益也是有限的。干旱荒漠草原带由于终年干旱少雨,除局部集水区外,不具备乔木林生长环境,全区以旱生草灌为主。荒漠草原植被如能够保护好,生态效益(防风蚀)是明显的,但不能指望有多少经济效益。

综上所述,黄土高原 50 年来的林草建设收效甚微的一个重要原因是植被建设违背了自然规律。今后的退耕还林还草过程中的林草建设必须坚持在气候生物带规律指导下的“适地适水”原则。受土壤水分差异性的制约,黄土高原林草建设植物种群在不同的地带,即使同一个地带的不同地貌部位的适应性和生长量都不相同。今后半湿润地区的森林覆盖度可达到 30%,甚至更高一些;半湿润至半干旱过渡区森林(乔木林)覆盖度不会超过 20%,半干旱地区就更低了。与此相关的生态和经济效益,半湿润地区不仅有明显的生态效益,还有一定的经济效益。此带北部的黄土高原的林草建设也将会有明显的生态效益,但除经济林和人工草地外的林草的经济效益不要寄予过高的希望。

[1] 陈雷. 抓住机遇开拓创新推动我国水土保持工作再上新台阶[J]. 中国水土保持, 2002, (1): 1- 4.

[2] 侯庆春, 等. 黄土高原地区“小老头树”成因及其改造途径的研究[J]. 水土保持学报, 1991, (1): 64- 72.

[3] 王佑民, 等. 黄土高原防护林生态特征[M]. 北京: 中国林业出版社, 1994.

[4] 杨文治, 等. 黄土高原土壤水分研究[M]. 北京: 科学出版社, 2000.

[5] 中国科学院黄土高原综合科学考察队. 中国黄土高原地区耕地坡度分级数据集[M]. 北京: 海洋出版社, 1990.

[6] 黄河中游治理局. 黄河水土保持志[M]. 郑州: 河南人民出版社, 1993.