

# 水土保持生物措施的研究

郑 科, 郎南军, 温绍龙, 袁春明  
(云南省林业科学院, 昆明黑龙潭 650204)

摘 要: 对多年来的水土保持生物措施研究进行了分析总结, 内容包括水土保持生物种的评价选择、水土保持植被种防侵蚀机理、水土保持植被措施的配置以及水土保持植被建造技术等四个方面, 并且对四个方面的内容进行了详细地总结分析。  
关键词: 水土保持生物措施; 评价; 防侵蚀机理; 配置; 建造技术  
中图分类号: S 157. 433 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409( 2003) 02-0073-03

## Research of Soil and Water Conservation Biological Measures

ZHENG Ke, LANG Nan-jun, WEN Shao-long, YUAN Chun-ming  
(Yunnan Forestry Academy, Heilongtan, Kunming 650204, China)

**Abstract:** The research of soil and water conservation biological measures is summarized and analyzed, including the estimate and choice of soil and water conservation vegetation breed, the anti-erosion mechanism of soil and water conservation vegetation breed, the collocation of soil and water conservation vegetation measures and the building technology of soil and water conservation vegetation, and the content of four aspects is summarized and analyzed at length.  
**Key words:** soil and water conservation biological measures; estimate ; anti-erosion mechanism ; collocation ; building technology

作为水土保持三大措施之一的生物措施一直倍受水土保持工作者的重视。近年来, 随着党与国家西部生态环境建设与退耕还林还草政策的深入开展, 植被建设成为恢复脆弱生态环境的主要措施。由于生物措施治理水土流失具有立体多点防侵蚀的特点, 因此具有强大的防止水土流失的功能, 并且与其它两种措施相比, 治根治本, 对地表的破坏程度也非常小, 所以在水土流失中对生物措施的研究意义非常大。而且植被不仅能有效控制水土流失和土地荒漠化, 改善生态条件, 同时又是农林牧副业生产的可再生资源, 是生产系统的生产者, 因此, 多年来, 水土保持工作者在水土保持生物措施研究中做了大量的研究工作。

### 1 水土保持生物种的评价选择

#### 1.1 水土保持效益评价

就防止水土流失而言, 理想的水土保持植被种应该具有枝繁叶茂, 强大的地下根系, 但选择适宜的水土保持物种, 衡量指标不仅仅这么一点。植被措施的研究已经比较成熟, 所选择的水土保持生物种也非常多, 也形成了一定的选择标准。其中, 水土保持效益大小在选择水土保持生物种用得很多, 物种的生物学特性与生态学特性在水土保持中作用, 地

上部分拦截降雨, 阻滞气流, 抵消侵蚀动能, 蓄积水分, 地下部分机械网络、粘结, 改良土壤物理化学性质, 比如土壤的水稳性团粒含量、容重、孔隙度以及土壤渗透性和崩解等性质, 这些是决定降雨、入渗与径流分配关系的主导因素。通过水土保持效益指标( 如产泥沙量、土壤抗冲性指数、抗蚀性指数等等) 变化来显示这些作用效能的大小从而对水土保持生物种作出对比评价选择。

#### 1.2 成活状况评价

植被一旦成活, 正常生长, 则就会通过地上部分与地下部分发挥防止水土流失的作用。因此, 植被成活与否, 生长状况就是水土保持植被种选择评价的一个比较关键的考虑因子。水土保持植被种作为改善脆弱生态环境的先锋, 应该具备比较强的抗逆能力。在那些水土流失严重的地带, 往往因为其水分、温度、土壤养分或者其它干扰因素不适宜植被的生长而成为侵蚀、破坏的敏感区域, 在植被繁茂的地域, 水土流失也非常微弱。水保生物措施研究中, 选择生物种中有一方面就是引种选择。不同地理区域的引种, 由于植被种生态适应的环境发生了改变, 其生长必然要受到或多或少的影

<sup>1</sup> 收稿日期: 2002-09-20  
基金项目: 国家“十五”攻关课题“干热河谷生态恢复技术与示范”第二子专题“严重生态区水土流失综合防治技术与示范”(2001BA606—07—01)资助。  
作者简介: 郑科(1973—), 男, 四川绵阳人, 研究实习员, 硕士, 主要从事水土保持与林业生态方面的研究。

响<sup>[1]</sup>。其实,如果没有人为的维护,种植在比较贫瘠、欲恢复植被的地方的外来种生长难度比较大,这在研究中常常被证实。在现实研究中,由于很多时候没有对植被是否能够存活以及正常生长给以足够的重视,致使引种失败,造成了人力物力的浪费。从生态学理论上说,一定的地理区域,在恢复植被时应该适当借鉴植被的演替规律,天然的顶极植被结构就是完全适应当地生态环境的植被结构类型。尽管引进外来种,具有一定的难度,但如果认真考察引入地与原产地的气候地理土壤立地条件差别,尽量根据区域相似理论进行,将外来种驯化也是可以做到的,其实,有的外来种引种以后,生长状况相当好,这样也可以利用外来种许多其它的优良特性。选择水土保持生物种的另一方面就是乡土种的筛选,在对特定地理区域内乡土植被本底的调查基础上,进行研究分析。乡土种在成活生长状况方面显然优于外来种,在没有实施人为保护措施的地方,乡土种由于生长状况比较好而在保持水土的能力上,一般比外来种大。在水土保持生物措施物种选择研究中,仅就防止水土流失功效而言,乡土种重视程度远远不够,应该将它放在主要的地位上。

### 1.3 经济效益评价

但往往适宜生长的乡土种没有良好的经济效益,而通过人为选择、引进的外来种,却具备比较好的经济效益,这也是在水土保持生物措施研究中引进外来种最主要的考虑方面。水土保持工作利国利民,所创造的巨大社会、经济效益的显现具有长期性,而这一特点在一定程度上阻滞了水土保持实践的顺利进行。水土保持治理工程具有全民性、宏伟性,单靠任何单个人、机构都无法完成。流域治理、水土保持规划实践重要的一点就是要依靠广大人民参与完成,而人民的积极性的调动就要让人们看见短期迅速可见的经济效益。许多优良的水土保持物种同时又是优良的牧草饲料<sup>[2]</sup>、药用植物<sup>[3]</sup>、其它经济产品的原料<sup>[4,5]</sup>等。因此,经济效益也是选择水土保持生物种一个重要的衡量指标,这是顺利进行水土保持生物防护的有力保证。

### 1.4 其它特定评价

评价选择优良的水土保持植被种,除了以上衡量指标以外,在有些需防护的特定脆弱地带,由于生境小气候的特殊性,对防护植被种还有一些特殊的要求,比如在道路防护中,根据道路路面路坡生境小气候,有机质含量低、速效养分贫乏、结构性差、有效水含量低的土壤的特点以及外界扰动程度比较大,选择植被种时按照以下标准:

- (1) 生长速度快;
- (2) 根系发达,网络状,具有强的无性繁殖能力;
- (3) 喜阳光,耐践踏,耐瘠薄,抗逆再生长能力强;
- (4) 栽种简单,容易成活;
- (5) 植株外观,叶硬、细,革质、蜡质,自由水含量较低,纤维素含量高,茎矮化、柔韧性强(路面有此要求);
- (6) 价格低廉,种子来源丰富,不需要过多的管理。

## 2 水土保持植被种防侵蚀机理的研究

如上文所述,植被覆盖在地表上,具有立体多点防侵蚀的特征,因此可以说植被是防止水土流失的最积极的因

素<sup>[6]</sup>。水土保持植被种防止水土流失的机理研究一般是通过地上部分与地下部分两个部分进行。

### 2.1 地上部分

土壤水蚀程度与径流的集中有关,植被地上部分通过截流降雨,减少降雨击溅,减少表层结皮以及枯枝落叶层的蓄积水分而削弱径流,延长入渗时间,达到减少侵蚀的目的。地上部分水土保持功效的研究中,研究者曾进行了植被截流量的研究<sup>[7]</sup>,得出植被截流量与其它因素的关系,比如盖度、降雨时间以及降雨强度等因素。在植被地上防侵蚀因素,比较关注的是对植被盖度对侵蚀过程影响的研究,比如产流产沙过程与植被覆盖度的关系,随着植被覆盖度的增加,径流量随之减小,但这种减小也受到其它影响因素的作用,如果其它影响因素的强度比较大,比如雨前土壤含水量、降雨强度和降雨量,植被覆盖度的变化对径流量的影响得出的功效值,就相差不大<sup>[8]</sup>。由于植被盖度的研究比较多,许多研究者从建立数学公式,对植被盖度与侵蚀模数、冲刷量与植被覆盖度等关系进行了探讨,比如刘昌明等根据黄土高原不同森林覆盖的小流域试验资料,分析得出年输沙模数与森林覆盖度为负指数函数关系<sup>[9]</sup>。水土保持研究者还比较重视,当植被盖度达到多少的时候,水土流失能够控制在某一范围,比如小于土壤允许流失率,防止冲刷的植被覆盖度临界值<sup>[8]</sup>;在黄土高原植被盖度研究中,研究者对植被保持水土有效性进行了探讨,说明植被有效保持水土的最小盖度为有效植被盖度,随着影响水土流失的地理因素条件不一样,有效植被盖度也有变化,一般在 60% ~ 70% 之间变化<sup>[10]</sup>。植被地上部分还通过生物栅栏作用,减弱降雨侵蚀能量,从而减弱降雨对地面的冲刷力<sup>[9]</sup>。研究者还关注过植被枯枝落叶的容水量大小<sup>[11]</sup>,实际上很多资料表明植被死被物的水土保持作用还大于活被物,枯枝落叶最终形成疏松多孔的结构,有利于水分的蓄积,削减了径流,并且枯枝落叶被微生物分解后,进入土壤,改善土壤理化性质,达到了减弱水土流失的目的。

### 2.2 地下部分

植被地下部分水土保持作用机理的研究也比较丰富,地下部分通过其机械物理作用,比如网络、串连、黏结,增强其土壤抗剪切强度、抗拉强度;生物化学作用,对土壤本身性质进行改良,增大其土壤抗冲指数、抗蚀性指数。地下部分研究就是根系的研究,当然有时候还有地下茎的作用。研究者基本上从两方面入手对根系在水土保持中的作用进行了研究,一方面从植被根系的生物力学特性出发,研究过根系应力与应变的关系<sup>[12]</sup>,单根固持土壤作用大小<sup>[13]</sup>,根系对土壤抗剪切强度的增强作用<sup>[14]</sup>,根系对土壤的固持增加土壤的抗拉强度的作用,根系在稳定斜坡上的力学加强作用<sup>[15]</sup>,这些都是通过根系对土壤的缠绕固结作用而实现;另一方面,是从植被地下根系对土壤理化性质的改善而有利于防止水土流失,比如植被根系对土壤特性改变比如包括增加土壤有机质含量、增大非毛管孔隙度、提高 > 0.25 mm 的水稳性团聚体含量以及增大土壤稳渗率、土壤崩解率、土壤抗冲性、抗蚀性指数等等<sup>[16]</sup>,得出了诸如根长、根量与抗冲指数的正相关关系<sup>[17]</sup>,0 ~ 50 cm 地下部总生物量、0.1 ~ 0.4 mm 毛根生物量

与土壤抗冲性的关系为显著正相关关系, 其中, 0.1 ~ 0.4 mm 毛根生物量、面积、长度与抗冲性正相关性最好等结论<sup>[18, 19]</sup>。

植被防止水土流失机理真正体现出了植被是保护地表的天赐动力和强劲保障。

### 3 水土保持植被措施的配置

恢复和建造植被是水土保持和生态农业的重要措施。在自然界影响水土流失因素中, 如坡度、汇流面积、土壤、植被盖度等等, 植被是容易为人类控制的因子。植被配置模式研究就是在利用植被防止水土流失中, 人为控制植被的一个主要方面。

植被配置涉及很多方面, 气候、地形地貌以及土壤、地理位置、防护需求、物种关系等等, 考虑的因子很多。配置的目的是充分利用自然资源, 能发挥最大的环境与经济效益, 经常与其它措施结合在一起, 比较著名的是黄土高原上根据水肥光热等自然资源在坡面上的层面分布规律的不同提出的梯层结构配置模式: 山顶带帽子(草灌), 坡上挂果子(经济林), 山腰系带子(基本农田), 山下穿裙子(造林)和沟里穿靴子(谷坊和淤地坝)。在水土保持植被配置研究中, 将植被能否生长并且改善环境放在首要考虑的地位上, 这也是应该而且正确的。具体实施, 从两个方面入手, 一种侧重于研究立地条件, 包括土壤、水分、温度状况等生境小气候研究, 评价立地条件的好坏以及水土保持防护的要求, 结合考虑植被种的生物学特性与生态学特性, 进行配置, 也就是从立地到植被的决定配置方案的方式, 比如付明胜、高登宽、马小哲等通过对黄土丘陵沟壑区山坡地不同地形部位小气候、土壤水分与林草植被配置的分析评价, 提出了山坡地林草植被建设的最优配置模式等<sup>[20]</sup>。另一种是在充分调查一定区域植被本底的基础上, 提出植被配置模式, 也就是参考原来植被本底的物种搭配构成, 决定如何配置, 也就是从植被到植被的决定配置方案的方式, 比如邹厚远、刘志高、程积民等人在杏子河流域的林草建设方案一文中, 主要就是根据陕北杏子河流域的植被分布状况进行分区进而在此基础上提出了该流域的林草建设方案, 灌丛草原区之对应于灌丛草地模式与疏林灌丛模式, 森林草原区之对应于森林灌丛草地模式, 选择的恢复配置植被种也是乡土种<sup>[21]</sup>; 梁一民等在黄土丘陵林草植被快速建造的理论与技术中, 也提出天然植被是依据水热条件分异有规律的呈地带性分布, 建造人工植被时, 必须符合其相应的地带性植被类型, 在不同地区选择相应地带性植被优势种作为造林种草的主要树种等等<sup>[22]</sup>。两种方式考虑的侧重点不一样, 前一种掺进的人为影响比较多, 不太局限于原来植被生长分布状况, 选择植被种与结构自由度比较大, 可以在某一地域得到新的物种生长尝试, 但缺点是往往有可能出现这种情况, 理论与实际有距离, 物种尽管能生长, 但生长不良, 比如黄土高原地区出现的低产林与“小老树”; 后一种方式, 制约性比较大, 选择度比较小, 但能取得比较好的效果, 这也是可以想见的。在现实研究实践中, 实际上往往二者结合在一起考虑, 因地制宜地进行植物种配置, 这样也避免了各自的缺点, 发挥了两者的优点。

为了通过种间生态位互补以及空间互补、时间交替, 达到充分利用自然资源, 在同等物质与能量输入情况下, 得到更多的物质以及更多样的产品和良好的水土保持效益, 植物种配置在立体结构上为复层混交模式, 这也是水保研究者所公认。植被种配置研究中, 有一个说法叫“草灌先行”, 梁一民研究员对此提出了不同的看法, 认为草灌先行的理论基础是森林破坏后或者农田撂荒后, 天然植被是以草—灌—乔的顺序演化的, 但天然植被的演化过程比较缓慢, 土壤水分基本维持平衡, 而人工恢复植被比较迅速, 先期的草灌消耗了大量的土壤水分而致使后续乔木的生长变得不可能, 所以提出在建造乔灌草混交植被时, 草、灌、乔应该按照比例一次种植<sup>[22]</sup>。

### 4 水土保持植被建造技术

植被一经选定, 就涉及到应该怎样建造的问题, 水保研究工作者对植被的建造技术作了系统地研究, 植被建造主要是与植被生长的限制因子作斗争。

(1) 在植被建造技术中, 首要就是建造的时间, 为了取得比较好的播种栽植效果, 播种栽植必须限制在某个特定的季节。无论栽还是播种, 要注意时间的选择, 最好在当地雨季前后, 不能太前也不能太后。因为植被种子的萌发以及所栽幼苗的扎根生长, 都需要水分, 而这时水分是生长的主要限制因子, 很容易出现水分亏缺, 而导致不萌发或者死亡。

(2) 对植被种种子以及幼苗作些技术性处理, 比如在播种中:

① 推广应用保水剂。用一定浓度的保水剂拌种或者做成丸衣种子播种, 可有助于水分对种子的供应率。保水剂种类比如有 H—S—PAN 保水剂。

④ 使用微量元素。硼元素具有增强植株耐热性、抗旱力作用。可用 0.1% 浓度的硼砂拌种, 可以增强抗旱性。

(四) 应用激素。种子能自身产生萌发抑制物质(比如对一抗坏血酸等)。用细胞激动素吲哚乙酸(IA)按照一定浓度处理种子可以促进发芽率。吲哚乙酸浓度一般采用 5 mg/kg 左右浓度处理种子。

有些时候, 为了防止种子被暴雨冲走, 这样的情况会经常发生, 可以采取以下方法解决:

运用丸子种子, 用长效肥、保水剂、填充剂、微量元素、激素以及优选搭配好的灌木草本种子, 滚成鸡蛋大小(重约 50 g)的种子丸。然后, 挖浅沟, 播种下种子丸, 可以防止径流冲走。

(3) 植被建造经常同工程措施结合在一起, 工程措施促进了植被措施的实施, 比如地形比较陡峭的地方, 由于水土流失严重, 而致使植被难于生长, 采用工程措施修筑水平阶、水平沟以及鱼鳞坑拦蓄径流、土壤, 而在上面种植植被, 发展集流植被<sup>[23]</sup>。

(4) 新兴的植被建造技术, 比如水力喷草技术<sup>[24]</sup>、人工防蚀草膜<sup>[25]</sup>等等, 这些综合技术综合了多方面的知识, 包括生物、机械、水力以及化学等等。这些技术是针对那些土质复

为:

$$i_x = R_y - R_x$$

入渗速率呈减小趋势; 随着雨强的增加, 强化降雨入渗速率也减小。

式中:  $i_x$  ——不同耕作措施强化降水入渗速率( mm/min);  
 $R_y$  ——对照产流率;  $R_x$  ——不同耕作措施的产流率。

(3) 在相同的时间和降雨强度下, 不同耕作措施强化降水入渗率的大小为, 等高耕作> 人工掏挖> 人工锄耕。

4 结 论

(1) 对于不同耕作措施, 随着入渗时间的增加, 强化入渗速率以指数函数递减。

(4) 在不同降雨条件下, 对该区的三种不同耕作措施进行了分析, 得出了该区不同水土保持耕作措施强化降雨入渗速率的模型  $i_x = R_y - R_x$ 。

(2) 对于同一种耕作措施, 同一雨强作用下, 其强化降雨

参考文献:

[ 1 ] 蔡强国, 王贵平, 陈永宗. 黄土高原小流域侵蚀产沙过程与模拟[ M ]. 北京: 北京科学出版社, 1998.  
[ 2 ] 陈永宗. 一项具有战略意义的水土保持措施[ J ]. 中国水土保持, 1984( 1 ): 5—7.  
[ 3 ] 黄秉维. 谈黄河中游土壤保持问题[ J ]. 中国水土保持, 1983( 1 ): 10—12.  
[ 4 ] 李忠魁. 小流域综合治理监测与评估[ M ]. 西安: 西安地图出版社, 1996.  
[ 5 ] 刘秉正, 吴发启. 土壤侵蚀[ M ]. 西安: 陕西人民出版社, 1997.  
[ 6 ] 王万忠, 焦菊英. 黄土高原降雨侵蚀产沙与黄河输沙[ M ]. 北京: 科学出版社, 1999.  
[ 7 ] 朱显谟. 黄土高原土地的整治问题[ J ]. 水土保持通报, 1984, 4( 4 ): 1—4.

( 上接第 75 页 )

杂、松软以及地形陡峭的、不容易实施已有的一些生物措施和工程措施的特殊区域。在国外, 研制运用这些技术比较多, 相应的仪器设备也比较多, 而国内, 这方面的研究就相对比较薄弱, 今后应该在已有的理论研究基础上, 多做诸如以

参考文献

[ 1 ] H W Cooper. Some plant material and improved techniques used in soil and water conservation in the Great Plains[ J ]. Journal of Soil and Water Conservation, 1990, 12( 4 ): 52— 55.  
[ 2 ] 祁德才, 刘克俭, 吴克让. 宁南山区引种粒籽苋的试验研究[ J ]. 水土保持通报, 1991, 11( 6 ): 45— 50.  
[ 3 ] 孔四新, 段延恒心, 李延福. 冬凌草的人工栽培与水土保持效益研究[ J ]. 中国水土保持, 1992( 6 ): 30— 35.  
[ 4 ] 程洪. 香根草在我国的应用及研究综述[ J ]. 水土保持通报, 1998, 18( 3 ): 77— 81.  
[ 5 ] 贾爱卿, 步兆鹤. 龙须草水土保持效益初步研究[ J ]. 水土保持通报, 1992, 12( 4 ): 48— 52.  
[ 6 ] 朱显谟. 黄土高原植被因素对于水土流失的影响[ J ]. 土壤学报, 1960, 8( 2 ): 110— 120.  
[ 7 ] 张光辉, 梁一民. 黄土丘陵区沙打旺草地截流试验研究[ J ]. 水土保持通报, 1995, 15( 3 ): 28— 32.  
[ 8 ] 罗伟祥, 白立强, 宋西德, 等. 不同覆盖度林地和草地的径流量与冲刷量[ J ]. 水土保持学报, 1990, 4( 1 ): 30— 34.  
[ 9 ] 王秋生. 植被控制土壤侵蚀的数学模型及其应用[ J ]. 水土保持学报, 1991, 5( 4 ): 68— 72.  
[ 10 ] 汪有科, 刘宝元, 焦菊英. 恢复黄土高原林草植被及盖度的前景[ J ]. 水土保持通报, 1992, 12( 2 ): 55— 60.  
[ 11 ] 侯喜禄, 曹清玉. 陕北黄土丘陵沟壑区植被减沙效益研究[ J ]. 水土保持通报, 1990, 10( 2 ): 33— 40.  
[ 12 ] 刘国彬, 蒋定生, 朱显谟. 黄土区草地根系生物力学特性研究[ J ]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2( 3 ): 21— 27.  
[ 13 ] 杨维西, 赵廷宁, 李生智, 等. 人工刺槐林和油松林的根系固土作用初探[ J ]. 水土保持学报, 1988, 2( 4 ): 70— 74.  
[ 14 ] 孙立达, 杨维西, 黄治江. 沙打旺、紫花苜蓿和小叶锦鸡儿的根系对斜坡稳定性的影响[ J ]. 水土保持学报, 1987, 1( 2 ): 43— 51.  
[ 15 ] 阿部和时, 岩元贤. 用树木的抗拉强度测定根系固定坡面的作用[ J ]. 水土保持情报, 1992( 4 ): 53— 57.  
[ 16 ] 查轩, 唐克丽, 张科利, 等. 植被对土壤特性及土壤侵蚀的影响研究[ J ]. 水土保持学报, 1992, 6( 2 ): 52— 58.  
[ 17 ] 张金池, 康立新, 卢义山, 等. 苏北海堤林带树木根系固土功能研究[ J ]. 水土保持学报, 1994, 8( 2 ): 43— 47.  
[ 18 ] 刘国彬, 梁一民. 黄土高原草地植被恢复与土壤抗冲性形成过程— [ J ]. 水土保持研究, 1997, 4( 4 ): 102— 110.  
[ 19 ] 刘国彬. 黄土高原草地植被恢复与土壤抗冲性形成过程— , [ J ]. 水土保持研究, 1997, 4( 4 ): 110— 128.  
[ 20 ] 付明胜, 高登宽, 马小哲, 等. 山坡地林草植被配置模式的研究[ J ]. 水土保持研究, 1998, 5( 4 ): 93— 97.  
[ 21 ] 邹厚远, 刘志高, 程积民, 等. 杏子河流域的林草建设方案[ J ]. 水土保持通报, 1985, 5( 3 ): 64— 71.  
[ 22 ] 梁一民, 侯喜禄, 李代琼. 黄土丘陵区林草植被快速建造的理论与技术[ J ]. 1999, 5( 3 ): 1— 5.  
[ 23 ] 程积民, 杜峰, 万惠娥. 黄土高原半干旱集流灌草立体配置与水分调控[ J ]. 草地学报, 2000, 8( 3 ): 210— 219.  
[ 24 ] 邹战国. 水力喷草技术在防治水土流失中的应用[ J ]. 水土保持通报, 1993, 13( 4 ): 51— 55.  
[ 25 ] 张科利, 细山田健三. 人工防蚀草膜保持及改良土壤作用的研究[ J ]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1997, 3( 4 ): 20— 24.