

小流域水土保持植物措施对位配置研究

张富^{1,2}, 余新晓¹, 陈丽华¹

(1. 北京林业大学 水土保持学院 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083;
2. 甘肃省定西市水土保持局, 甘肃 定西 743000)

摘要: 系统地论述了水土保持对位配置概念产生的理论背景和实践根源。阐述了水土保持对位配置概念的内涵与外延。全面地总结了我国水土保持植物措施对位配置研究的成果, 并以实践为基础阐述了水土保持对位配置的基本理论与方法。

关键词: 水土保持; 对位配置; 植物措施; 生态位理论

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2008)02—0195—04

中图分类号: S157.5

Optimum Structure and Disposition of Vegetation Measures of Soil and Water Conservation in Small Watershed

ZHANG Fu^{1,2}, YU Xin-xiao¹, SUN Lan-dong^{3,4}

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of the Ministry of Education, Beijing 100083, China; 2. Soil and Water Conservation Bureau of Dingxi City, Dingxi, Gansu 743000, China)

Abstract: The theoretical basis and practical sources on the concept of optimum structure and disposition of soil and water conservation are discussed. Intension and extension of optimum structure and disposition of soil and water conservation are given. Researches on optimum structure and disposition of vegetation measures for soil and water conservation in China are summarized on the basis of practice. Basic theory and method of optimum structure and disposition of soil and water conservation is explained.

Key words: soil and water conservation; optimum structure and disposition; vegetation measure; niche theory

20 世纪 80 年代以来我国水土保持工作进入了一个以小流域为单元进行治理的崭新的发展阶段。20 多年来, 全国先后开展小流域治理 2.00 × 10⁴ 多条, 涌现出一大批高水平的治理典型, 为面上治理提供了丰富的治理实例。但是由于各地水土流失类型、社会经济发展和技术水平的差异, 为面上应用带来了巨大困难。如何使这些实践经验上升为理论, 特别是在小流域综合防治体系科学组装、措施结构优化及措施对位配置理论化方面的研究成为我国水土保持小流域治理走向高、深、细的主要难题和关键^[1]。1984 年甘肃省定西水保试验站针对这一重要技术问题, 以生态学生态位理论为指导, 开展了《小流域地形小气候、土壤水分特征及治理措施对位配置研究》。1988 年提出了水土保持治理措施对位配置^[2], 标志着治理措施的配置已从主观布设治理措施到按自然规律对

位配置各项治理措施, 这是认识和实践上的飞跃^[3]。水土保持治理措施对位配置, 经过 10 多年的多层次多方位研究, 在实践和理论上得到了进一步的完善。

1 生态位的概念及属性

1.1 扩展的生态位

刘建国、马世骏 (1990) 认为从基因到整个地球^[4], 所有的生物组织层次均是具有一定的生态学结构和功能的单元, 称其为生态元 (ecological unit 或 ecounit)。把生态位定义为: 在生态因子变化范围内, 能够被生态元实际和潜在占据、利用或适应的部分称为生态元的生态位。其研究范围已从传统的社会—经济—自然复合生态系统向生物圈、整个地球迅速扩展, 并在众多领域取得了很好的应用成效。生态位的定义由传统的生境生态位、功能生态位、超体积

收稿日期: 2006-12-20

修回日期: 2007-03-20

资助项目: 国家科技支撑计划“沟壑综合整治与开发利用技术”(2006BAD09B02-03); 国家重大基础研究 973 项目 (2002CB111502)

作者简介: 张富 (1961—), 男 (汉族), 甘肃省定西市人, 研究员, 主要研究方向为水土保持治理及管理工作。E-mail: fuzhang001@163.com。

通讯作者: 余新晓 (1961—), 男 (汉族), 甘肃省平凉市人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为森林水文。E-mail: yuxinxiao@bjfu.edu.cn。

生态位发展到生态位扩展理论、生态位态势理论,并且还在不断地向前扩充、演进。生态位理论也因此成为近 20 年来生态学研究热点之一,并且在现代生态学中占有愈来愈重要的地位^[5-7]。

1.2 生态位的属性

经典的生态位概念认识^[8],正如 Pianka (1981) 评述的,种群生物学家的理论与经验工作的结果,越来越将生态位与资源利用谱等同,由生物特性与资源利用(非生物)2 个方面组成生态位。随生物种类的不同,以及相近生物物种对资源利用的差异或多样化程度的不同,以及相近生物物种对资源利用的差异或多样化程度的不同,它们都能具有一个与其它物种有区别的独立的特定的生态位,即一个物种一个生态位。笔者认为,无论如何,生态位的构成主体是生物体及其赖以生存的环境资源空间;研究生物生育对环境资源的需求(位)与环境资源(位)条件之间的发展变化规律,构成了生态位研究的总体。

2 水土保持对位配置

2.1 对位配置的内涵

水土保持对位配置就是通过研究发展主体所处的环境资源位与发展主体(或生物生育)对环境资源的需求位之间的发展变化规律。按照生态位的能级分布层次,逐维分析环境资源分布特征对发展主体(或生物生长发育条件)的胁迫程度(限制性因子)及适宜性,协调资源位和需求位之间的关系,选择与环境资源位特征相适宜的发展主体(或生物种),或者改变环境资源位使环境资源位满足发展主体(或生物)所需的生态位条件,达到生物需求位与环境资源位相互适宜,相互吻合——对位配置。

水土保持治理措施对位配置反映了发展主体(或生物体)对环境资源依赖关系和环境资源位对适宜发展主体(生物种及其适宜种群)的规定性,通过生态元产生最大的生态效能,使小流域生态系统达到“万物有位层位有序,人与自然和谐相处,治理措施对位配置,各居其位,各尽其效”的目标。

2.2 水土保持对位配置的层次结构

小流域生态系统自身的多个层次水平决定了其结构的多等级性。一定层次的单元个体都是多个层次单元的结构组合型,又是更高层次单元的结构组成部分。

小流域生态系统是一种层系系统,一个层系系统的组分可以按功能尺度组建成层次。层系原理的提出,研究者必须把注意力放在感兴趣的特定层次上,上部层次于是成为边界约束,并可用于解释层次的意

义,而下部层次可以解释和控制集中的层次的现象和过程。生态学中常用的层次水平是细胞、个体、种群、群落、生态系景观和区域。干扰在不同层次上的机制、功能和效果是不一样的。一般说来,低层次上发生的干扰比较小型和快速,较高层次上发生的干扰较大型和缓慢。

按照生态位的能级、层次分布原则,根据水土保持工作的工作内容(预防监督、综合治理、生态修复、监测预报)所对应的环境资源位与工作对象需求位的适宜性分析,进行对位配置。水土保持综合治理对位配置的系统化按工作顺序及层次,可描述如下。

(1) 宏观对位。为小流域水土保持总体规划,指不同时空流域发展需求位与环境资源位的对位配置。

(2) 空间对位。为水土流失防治措施空间布局,指不同时空防治措施与其所需立地条件的对位配置。

(3) 技术对位。为小流域水土流失防治工程的实施技术,指不同时空实施的防治措施与所需实施技术(如半干旱地区抗旱造林技术)的对位配置。

(4) 管理对位。为小流域综合管理服务机构,指不同时空服务对象(人或事)需求与管理功能的对位配置。

(5) 时序对位。因地制宜制订实施程序,指不同时空实施步骤或程序与实施条件的对位配置。

3 治理措施对位配置研究方法

由于环境变量的多维性、非线性排列以及非独立性、优势物种与劣势物种的共存性,使得 Hutchinson 的生态位模型运算存在巨大困难,常利用多元统计方法选取主要影响因子或省略重要性不大的维,达到计算简便的目的。第 2 种是资源利用函数生态位方法,用一个或又能用多资源维的利用函数给出,能够很好地解释资源利用性。超体积生态位与资源利用生态位(MacArthur 资源利用生态位:一个生物物种或种群的资源利用函数)相比,超体积生态位仅能考虑分析特殊维的有机体耐受性限度,而资源利用函数生态位表明了耐受性限度范围内发生的情况,反映了生物有机体如何作为和如何利用资源(Arthur, 1987)。但是不管哪种方法,要全面地对资源利用与物种的生长及适合度进行联立分析,在现在实验条件下几乎是不可能的。因此,第 3 种方法是在实践中大量采用的实地调查法。现存的生态类型是生物体与资源环境长期适应、长期共存的结果,体现了生物与环境、生物与生物之间的生物学、生态学以及生态型、生活型等各种关系协调发展的总和。因此,通过大量的实地调查研究,分析归纳生物体与环境资源以及生物体之间、

环境资源之间各种关系,是实现生物体生育需求位与环境资源位对位配置的高效途径。

4 黄土高原水土保持植物措施对位配置研究

黄土高原近 2 000 年来植被区系逐渐由亚热带森林与暖温带草原变化为暖温带落叶阔叶林、温带森林草原、温带草原与温带灌木草原。有史以来随着农业垦殖活动的不断强化,滥伐滥垦,加上战争破坏,天然植被长期处于持续不断的破坏之中,至新中国成立时原始植被破坏殆尽。

建国后国家投入大量的人力、物力和财力,虽经长期不懈地努力,但是由于对自然生态规律认识不清,忽视当地自然资源,特别是气候特点,以及林草中的生物学、生态学特性,不同地形部位林草种选择不当,植物需水严重不足,植被管护跟不上等原因,至 1999 年底黄土高原植被覆盖率才达 19%^[9],植被建

设中“成活率低,保存率低,效益低”,“种树不成林或成林不成材”的现象普遍存在。据调查^[10],该区造林多年保存率只有 15%左右,水土保持重点小流域为 30%左右。黄土丘陵沟壑区郁闭度小于 0.4 的稀疏林分占总林分的 55%,总体蓄积量为低下或极低下的占 80%^[11]。

4.1 气候带与植被带的对应关系——对位配置的宏观背景

由于气候因子纬度的地带性和山地的非地带性分布,形成了植被带的地带性分布和非地带性分布。

4.1.1 气候因子的地带性分布与植被的地带性分布

天然植被是依据水热条件有规律地呈地带性分布的。黄土高原植被从东南向西北依次是暖温性森林地带、森林草原地带、典型草原地带、荒漠草原地带、草原化荒漠带(表 1)^[12],不同植被地带植被类型(包括组成、结构、生物量等)均不相同。因此,建造人工植被时,必须符合其相应的地带性植被类型。

表 1 黄土高原植被地带的环境指标

植被地带	年降水量/mm	生物气温/	干燥度	干湿分区	土壤
暖温性森林带	550~650	12~13	1.3~1.5	半湿润	褐色土
暖温性森林草原带	450~550	9~10	1.4~1.8	半湿润—半干旱	黑垆土
暖温性典型草原带	300~450	8~9	1.8~2.2	半干旱	轻黑垆土、淡栗钙土
暖温性荒漠草原带	200~300	8~9	2.4~3.4	半干旱—干旱	灰钙土、棕钙土
暖温性草原化荒漠带	<200	9~10	>4	干旱	漠钙土

注:生物气温为 >0 , <30 各月平均气温之年均值。干燥度为彭曼干燥度。

4.1.2 气候因子的非地带性分布与植被的非地带性分布 由于山地地形部位、坡向、坡位等下垫面因子对气候区气候因子的影响以及土质的非地带性分布^[13],气候因子分布特征产生了相应的组合,形成了局部山地气候与植被分布的非地带性。山体越高大,山脊越长,对气候影响越大。高大山体不仅形成自身独特的山地气候,而且往往成为气候区的分界线。受子午岭、黄龙山、阴山、兴隆山山脉等的影响,在黄河中游的温带草原区也有非地带性的、分散分布的“岛状”山地森林。在半干旱、半湿润的气候条件下,山地沟谷及沟坡中下部自然植被为森林,梁峁、塬面及沟坡中上部的自然植被为草原。沟坡森林植被的分布高度,自南向北呈降低的趋势,而且受坡向的影响,阴坡往往高于阳坡。

4.2 小流域地形小气候特征与植物措施配置——对位配置的微观背景

由于地形、地貌下垫面对气候因子的再分配,不同地形、地貌部位具有不同的地形小气候(资源位)条

件,只能满足特定植物的生育需求;不同植物种具有不同的生态适应性,只能在特定的小气候条件下正常生育。地形小气候(资源位)条件只有满足植物物种生态位条件——即对位配置,植被建设才能取得相应的实际效果。

4.2.1 小流域地形对地带性小气候资源的再分配——地形小气候特征

张富等对黄土丘陵沟壑区第 1 副区的安家沟流域不同地形部位小气候的分布规律的研究发现,13 项地形小气候因子在不同地形部位(分梁峁顶、阴坡和阳坡中部、沟底 4 个部位)的数量分布情况如下。

除风速、相对湿度外,其它因子(气温、水气压、地面最高及最低 0,5,10,15,20,30 cm 地温)无显著差异,但均有规律性变化(表 2);风速除阴、阳坡中部差异未达到显著水平以外,其它两两间均有极显著差异;相对湿度除沟底显著高于其它各点外,均无显著差异。因此,植物措施配置应注意风速与相对湿度对植物生长发育的影响^[14]。

表 2 定西县安家沟流域地形小气候观测主要指标

太阳辐射/(kJ·cm ⁻²)			风速/(m·s ⁻¹)				相对湿度/%				气温/			
梁顶	阳坡	阴坡	梁顶	阳坡	阴坡	沟底	梁顶	阳坡	阴坡	沟底	梁顶	阳坡	阴坡	沟底
346	350	315	3.25	1.21	0.82	0.75	68.10	66.82	68.09	71.99	11.00	11.76	11.77	12.42

注:观测时间为1983—1986年4—11月。

4.2.2 不同地形部位土地生产潜力与植物的适应性

研究表明^[14-17],受气候因子影响,土地生产潜力随坡位的抬升及风速增大而降低;在自然坡面上部的水土流失,土壤水分和肥分也随坡位的抬升而迅速降低;在无灌溉条件时,土壤水分支出大于收入,土层不断干化,特别是在干旱、半干旱和荒漠地区,植物生育状况越好对水分利用强度越大,土层干化越严重。风对植物蒸腾、光合作用的效应取决于风速的大小和植物种的生物学特性(植物种、叶型、密度、株高、生育期、抗机械损害能力等)和生态学特性。风速低于植物生育破坏临界值(2 m/s)时,对植物光合作用有所促进;大于临界值时,导致植物在形态学、生态学、解剖学上的变化。由于坡面中部以上风速较大,使阔叶乔木林蒸腾作用受到抑制,生长发育不良,相比之下,灌木、牧草由于低秆、矮冠、叶面小,对风的抗性较强,生长发育良好,但其生长效果阴坡优于阳坡,沟谷优于坡面,坡面下部优于上部。

4.3 小流域植物措施的对位配置

4.3.1 不同地形部位气候资源数量分布与植物生育需求对位配置——树种选择

梁一民等通过对气候带与植被带之间的适应性^[16],以及适地适树(草)与适地适林之间的关系研究,提出了“应用植被地带性分布规律指导人工林草植被建设,选择地带性植被优势种作为主要造林种草的植物种,模拟天然植被结构实行乔灌草复层混交是快速建造稳定植被”的适宜林草种选择的科学方案。

4.3.2 水分条件的地带性分布对植物生长发育的影响

黄土高原天然植被的地带性分布取决于水、热条件为主的气候地带分布。由于黄土高原半干旱地区植物光热的生产潜势远远大于水分的生产潜势,因此人工植被普遍出现了生物产量高,土壤干化严重的现象。水分成为影响植物生长发育主要限制因子,制约着植物生产力的高低。就其对林木生长的制约程度而言,森林带<森林草原带<典型草原带。森林带的水分生态条件可满足林木成材对水分的需求,林木采伐后,土壤水分在经过3个雨季后可基本恢复。

森林草原带可基本满足10龄以下林木生长对水分的需求,人工沙棘林平茬后,经过3个雨季,土壤水

分可得到部分恢复,但恢复的水平远低于森林带。典型草原带不能满足人工林生长对水分的需求,即使林木采伐后的土壤水分恢复也很困难^[18-19]。解决环境水分承载力与植物生产力之间的矛盾是植被建设与生态环境恢复的关键措施。与天然荒坡比较,由于物种和密度的不同,不同植被地带的人工林下均存在一定程度的水分亏缺和不同深度的土壤干化层现象,为使植被建设达到预期目标,按照不同立地条件的降水补给量、林木需水量,确定适宜的造林密度(半干旱地区乔木树种一般在1500株/hm²,灌木在3000株/hm²左右^[9,19]),匹配与之适应的径流聚集工程,解决水分承载力与植物生产力之间的矛盾,是林木正常生长发育的保证条件。定西县在九华沟流域治理中,以系统工程和径流调控理论为指导,在植物措施对位配置的前提下,增加坡面产流,提高拦蓄标准,以满足植物需水为目标,创造性地提出了径流聚集工程,使林木成活率、保存率达到90%以上,生长量比对照提高一倍以上,取得了显著成效^[9]。

4.3.3 树种搭配

人工造林不但要考虑适地适树的原则,而且必须考虑它们的群落学特性或林学特性,利用树种间的相辅现象,增加树种结构的多样性,可以形成生态系统的分层性和空间异质性,从而创造合理的生态位结构,以提高林带的可塑性及抵抗外来灾害的能力。在适地适树的基础上,以适地适林为目标,应依据植被地带性分布规律和树种的生物生态学及群落学特性、生态位理论,选择适宜的树草种及相应的林分(植物群落)结构。

实践证明,由于物种的生物学、生活型特性的不同,物种的种内和种间搭配会产生相宜和相克等不同效果,纯林结构的群落稳定性和生产力不如混交林,应尽量避免单一的林分结构,特别是避免榆树、臭椿、杨树等等实践证明适地不能(适)成林树种;在营造混交林时,要注意速生与慢生树种及深根性与浅根性树种的搭配,以提高资源的利用率。同时注意避免相克树种如毛白杨与桑科植物(易受桑天牛的危害)以及杨树与落叶松(易发生黄粉病)的混交,降低病虫害的危害^[20]。

(下转第210页)

根据评价结果可知,宁都试验区表现优或较优的草本有百喜草、糖蜜草、柱花草、宽叶雀稗、棕叶狗尾草、鸡眼草、马塘草;表现良或较差的有圆果雀稗和荻草;表现差的有茅花雀稗和虾花草。分析其原因主要是出苗率、成活率低,地上生物量小,难以适应花岗岩侵蚀区缺水缺肥的土壤条件。

德安试验区供试草本中表现优或较优的草本有百喜草、画眉草、黑麦草、狗牙根、假俭草、宽叶雀稗和苏丹草,可在试验区推广;表现较差的有类地毯草,应与其它优良草种进行混播;表现差的有茅花雀稗和结缕草,主要原因是草种根系分布浅,主根长都在 20 cm 以下,须根量少,地上生物量小,覆盖度低,难以适应第四纪红壤侵蚀区黏重瘠薄的土壤条件。

5 结论

(1) 对供试的 19 个草本植物进行评判,从中筛选出花岗岩侵蚀区 7 种优良品种和第四纪红壤侵蚀

区 7 种优良品种,从全省其它地区的推广种植情况来看,也与试验结果基本相符。

由此说明,选择出苗率、成活率、平均分蘖数、覆盖度、地上部分浸水容重、根系鲜重、地上部分生物鲜重、有机质等评价指标,建立矩阵,采用层次分析和模糊数学的原理进行模糊评判优选水土保持草本植物切实可行。

(2) 筛选出来的优良草本植物,可以在立地条件相似的红壤侵蚀区进行推广,在治理水土流失过程中,可以单独或以混播的方式进行栽植,水土保持效果明显。而表现良或较差可与其它优良草种进行混播,达到较明显的水土保持效果。表现差草本植物难以适应试验区的立地条件,不适宜种植。

[参 考 文 献]

- [1] 熊毅,李庆逵.中国土壤[M].北京:科学出版社,1987.
- [2] 刘洋.层次分析法在应用几个问题[J].温州大学学报,2002(4):67—68.

(上接第 198 页)

[参 考 文 献]

- [1] 郭廷辅,段巧甫.水土保持径流调控理论与实践[M].北京:中国水利水电出版社,2004.
- [2] 张富.黄土丘陵区小流域生态特征及植物对位配置研究[J].水土保持学报,1991(2):46—51.
- [3] 郭廷辅,段巧甫.径流调控理论是水土保持的精髓:四论水土保持的特殊性[J].中国水土保持,2001(11):1—5.
- [4] 刘建国,马世骏.扩展的生态位理论[M].马世骏主编.现代生态学透视.北京:科学出版社,1990.72—89.
- [5] 张光明,谢寿昌.生态位概念演变与展望[J].生态学杂志,1997,16(6):46—51.
- [6] 李翌,朱金兆,朱清科.生态位理论及其测度研究进展[J].北京林业大学学报,2003,25(1):105—107.
- [7] 朱春全.生态位态势理论与扩充假说[J].生态学报,1997,17(3):324—332.
- [8] 王德利.植物生态场导论[M].吉林:吉林科学技术出版社,1994:187—193.
- [9] 张富,胡朝阳.黄土高原植被对位配置技术研究[J].中国水土保持,2003(1):20—21.
- [10] 汪习军.对黄土高原水土流失治理的几点认识[J].中国水土保持,1999(12):17—19.
- [11] 王正秋.黄土高原造林中几个问题的思考[J].中国水土保持,2000,(4):37—39.
- [12] 中国科学院黄土高原综合科学考察队编.黄土高原地区植被资源及其合理利用[M].北京:中国科学技术出版社,1991.
- [13] 张信宝.黄土高原植被建设的科学检讨和建议[J].中国水土保持,2003(1):17—32.
- [14] 张富,李登贵,邱保华.小流域地形小气候研究:半干旱山区农林牧布局初探[J].甘肃省水土保持学会、甘肃省水土保持局编.甘肃省小流域治理学术研讨会论文集.1988.1 27—432.
- [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,1988.40—59.
- [16] 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.
- [17] 杨新民,杨文治,马玉玺.纸坊沟流域人工刺槐林生长状况与土壤水分条件研究[J].水土保持研究,1994,1(3):31—35.
- [18] 陈云明,刘国彬,杨勤科.黄土高原人工林土壤水分效应的地带性特征[J].自然资源学报,2004(3):195—200.
- [19] 张富.西北半干旱地区林地土壤水分动态研究[J].中国水土保持,1990(2):7—35.
- [20] 高椿翔,高祯霞,朱成民.科技兴林建造合理的生态位结构[J].防护林科技,2000(1):44.