

河岸带研究及其退化生态系统的恢复与重建

张建春^{1,2}, 彭补拙¹

(1. 南京大学城市与资源学系, 南京 210093; 2. 安徽师范大学国土资源与旅游学院, 芜湖 241000)

摘要:河岸带是指水陆交界处的两边,直至河水影响消失为止的地带。河岸带是湿地的重要组成部分,在流域生态系统中发挥着重要的作用,具有较大的生态、社会、经济和旅游价值。河岸带研究以生态学、水文学和地貌学为基础,涉及多种学科和技术方法。由于自然和人为因素的影响,退化河岸带的生态恢复与重建较为复杂,通过安徽潜山县潜水退化河岸带滩地近 6a 的生态恢复与重建试验,研究表明:恢复与重建后的河岸带滩地生态系统的生物多样性和稳定性增加;土壤结构和养分条件得到改善,其中,小于 0.002mm 的粘粒含量的平均值由恢复前的 4.53%,上升到恢复后的 11.71%,土壤容重由恢复前的 1.455g/cm³ 下降到恢复后的 1.2g/cm³,土壤有机质的平均值由恢复前的 1.25g/kg 上升到恢复后的 9.44g/kg;河滩地泥沙淤积量增加;植物抗风浪作用增强,有效地保护了河岸,改善了河岸带地区的小气候。河岸带研究在我国起步较晚,因此,今后应加强河岸带的管理和对退化河岸带生态系统的恢复与重建工作,使河岸带生态系统可持续地为人提供丰富多样的生产、生活和观光旅游产品。

关键词:河岸带;生态恢复与重建;功能;内容;方法;潜水

Study on riparian zone and the restoration and rebuilding of its degraded ecosystem

ZHANG Jian-Chun^{1,2}, PENG Bu-Zhuo¹ (1. Department of Urban & Resources, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2. College of Territorial Resources and Tourism, Anhui Normal University, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(1): 56~63.

Abstract: Riparian zone is the area extending from the two edges of a river to where the influence of the river disappears. As an important part of wetland, riparian zone functions as a corridor, a buffer zone and a revetment in the river valley ecosystem, and has a high ecological value, in addition to its social, economical and travel values. The study on riparian zone is based on ecology, hydrology and geomorphology, involving multiple disciplines and technology. It mainly studies riparian microclimate, creatures, groundwater, and the correlation between riparian zone and the mass and energy in the surrounding environment. The methodology used in the riparian zone study includes those in landscape ecology, remote sensing and geographic information system, natural geography, environmental science and restoration ecology. Most of the riparian zone and the wetlands therein have been impacted and are no longer fully functional. Changes in riparian vegetation may be driven by natural or human forces. There are numerous examples of natural

基金项目:安徽省水利厅“九五”课题资助项目;安徽省教育厅自然科学研究资助项目(2001KJ102)

收稿日期:2001-08-12; **修订日期:**2002-06-10

作者简介:张建春(1964~),男,江苏南京人,博士生,教授。主要从事生态学、土地资源应用、管理与开发研究。

Foundation item: Under the Auspices of the Project of Ninth Five-year Plan of the Department of Water Resources of Anhui Province, and Natural Science Foundation of the Department of Education of Anhui Province(No. 2001KJ102)

Received date: 2001-08-12; **Accepted date:** 2002-06-10

Biography: ZHANG Jian-Chun, Ph. D. candidate, Professor. Mainly engaged in the research of ecology, and use and management. E-mail: zhangjianchun@263.net

forces that cause shifts in the composition of riparian vegetation including climate, geology, wind, floods, gravity, and disease. The restoration of degraded bottomland communities to more native species compositions is a complex and challenging problem. As shown in the six-year longitudinal study on ecosystem restoration and rebuilding carried out on the bottomland in Qianshui degraded riparian zone in Qianshan County, Anhui Province, the biological diversity and stability in the degraded riparian-ecosystem increased after the restoration and rebuilding. The soil structure and nutrient conditions was improved, with the mean of clay content less than 0.002mm rising from 4.53% before the restoration to 11.71% after restoration, the soil density decreasing from 1.455g/cm³ to 1.2g/cm³, and the mean of organic matter rising from 1.25g/kg to 9.44g/kg. In addition, the restoration and rebuilding resulted in the increase of the silt deposit on the bottomland and the reinforcement of plants' anti-storm ability. This, in consequence, effectively safeguarded the riparian zone and improved the microclimate in the riparian zone. In summary, there is abundant evidence that planting are successful in restoring riparian condition. The riparian vegetation plays a significant role in relation to soil erosion and channel stability.

There is no simple answer on how to restore degraded riparian ecosystems. The challenge for the restorationist is to find a way to restore more desirable conditions. The study on riparian zone is quite new in China. This paper suggests the efforts in the administration of riparian zone and in the restoration and rebuilding of degraded riparian ecosystem, so that riparian ecosystem can continuously provide people with various kinds of products in daily life, trade and industries.

Key words: riparian zone; ecosystem restoration and rebuilding; function; content; methodology; Qianshui

文章编号:1000-0933(2003)01-0056-08 中图分类号:P345.5,Q178.1,X171.4 文献标识码:A

随着人口的激增和工农业生产的发展,河流生态系统,特别是河岸带生态系统由于受人类活动的干扰而严重退化,世界20%以上的河岸带植被已不复存在,剩余部分也在极迅速的消失^[1]。退化河岸带往往造成植被破坏,生物多样性下降,小气候恶化,河床及河岸遭受侵蚀,洪涝灾害频繁,严重威胁着人民的生命财产安全。因此,与湿地恢复密切相关的退化河岸带生态系统恢复与重建已成为当今恢复生态学研究的重要内容之一。1997年《Science》杂志设专栏连续发表了6篇关于恢复生态学的论文^[2-7],美国和中国生态学会均将恢复生态学作为生态学五大优先关注或资助的领域之一^[8]。

国际上河岸带研究起步较晚,直至20世纪70年代末,河岸带才被正式定义为:河水-陆地交界处的两边,直至河水影响消失为止的地带^[9]。80年代中期,由于全球气候变化,生物多样性损失和可持续发展研究问题的提出,特别是湿地的损失、河流生物多样性减少以及农业非点源污染问题,使河岸带研究的重要性凸显,河岸带已成为流域生态学各专业之间相互影响的焦点。

Brinson^[10]将湿地分为6类,即河边地、洼地、坡地、沼泽地、港湾边缘地以及湖泊边缘地。湿地的功能取决于各类湿地在湿地景观中的位置、湿地的主要水源以及湿地内部水的运动方向。作为湿地的组成部分之一,河岸带具备湿地几乎所有的功能,如湿地的调节气候,涵养水源,蓄洪防旱,控制土壤侵蚀,促淤造陆,降解环境污染,净化水质,维持生物多样性和生态平衡,保持地下水资源平衡以及调节区域乃至全球C、N等元素的生物地球化学循环等功能。河岸带较其它湿地类型生物多样性更加丰富,但同时河岸带也最易遭受人类活动的影响。Whigham^[10]认为:湿地的损失及其生物多样性和生态系统功能降低的两个主要原因之一,就是河岸带不断遭到破坏,致使生物多样性减少、湿地环境发生变化(如水质下降等)以及使湿地作为重要的景观价值能力降低。

1 河岸带研究概述

1.1 河岸带功能

综合 Mander 和 Smith 等人的研究成果^[10-11],河岸带生态系统功能可以归纳为:①滞纳颗粒物质,过滤

来自高地和地表径流所带来的污染物;②维护遭受侵蚀的河岸;③改进邻近地区的微气候并过滤受污染的空气;④维持地表水的蓄积和地表及地下水的循环变动;⑤产生并保持新的水陆交错植被群落;⑥维持生境的离散和湿地之间的连接;⑦维持无脊椎动物的丰富性和多样性;⑧避免由于树冠荫影的影响而使水生巨型植物疯长;⑨维持湿地内部的生境结构及其食物链。河岸带的功能可以简化为河岸带的廊道、缓冲带和护岸功能三大类。

1.1.1 廊道功能 廊道是组成景观的结构单元之一,指景观中与相邻两边环境不同的线状或带状结构。廊道具有生境、传输通道、过滤和阻抑作用以及可作为能量、物质和生物(个体)的源或汇的作用^[12]。河岸带廊道功能及河流廊道功能的研究是景观生态学廊道原理具体运用的一个典型范例。根据河流廊道及其溶解物原理 宽度原理 连接度原理,具有宽而浓密植被的河流廊道可控制来自景观基底的溶解物质,为两岸内部种提供足够的生境和通道,并能更好地减少来自周围景观的各种溶解物污染,保证水质;不间断的河岸植被廊道能维持诸如水温低 含氧高的水生条件,有利于某些鱼类生存;沿河两岸的植被覆盖,可以减缓洪水影响,并为水生食物链提供有机质,为鱼类和泛滥平原稀有种提供生境。

Burger^[11]认为:河岸带生境既作为生物多样性的潜在危险区,也可作为连接分散生境斑块的廊道。Lima^[11]等人在研究了南美亚马逊地区热带植物时指出:植物的线性残存,如河岸带廊道,灌木林带和山谷中的森林长廊带,均有助于一定水平森林破碎景观的连接。适当宽度的河岸带(140~190m)残林,具有重要的保护价值,至少对于一些小动物(<2kg 的森林脊椎动物)是这样的;而宽度在 200~300m 的热带残迹林,更有利于一些敏感动物种的迁移,甚至大于 5km 的河岸带走廊都是不为过的。

1.1.2 缓冲带功能 Mander^[11]在研究了爱沙尼亚和美国的河岸缓冲带功能后指出:河岸缓冲带是指直接生长在河岸的林地、灌丛(5~50m 宽)或草地(50~200m 宽)。河岸缓冲带的宽度依据土壤和邻近地区 5~50m 范围内的景观条件而定。参照通用水土流失方程(USLE),Mander 提出缓冲带的有效宽度与在相应时段内地表径流强度、流域坡长和坡度成正比,而与流域地表的粗糙度系数(自然草地为 1.2,开发强度较大的土地为 1.0)、缓冲带内渗入的水流流速及缓冲带内土壤的吸附能力成反比。Mander 发现灌丛和树龄小的林地较树龄大的林地具有更大的去除 N、P 等营养物质的能力,这是由于在这类河岸缓冲带中植被和土壤及土壤微生物的活动能力和吸附能力更强。此外,Mander 还发现森林中圆木的运输量与 N、P 在河岸缓冲带中的滞留量相关性极强,其相关系数分别达到 0.99 和 0.997,这表明林地中植被的数量及其郁闭度大小对河岸缓冲带的功能影响极大。Peterjohn 和 Correll 认为河岸带可滞留 89% 的 N 和 80% 的 P^[13]。由此可见,河岸缓冲带去除非点源污染的有效性受许多因素的影响,包括缓冲带的大小尺度,带内植物的组成、土地利用情况,土壤类型、地貌、水文、微气候和其它农业生态系统的特性,因此,设计河岸缓冲带是一个十分复杂的过程。

1.1.3 护岸功能 河岸侵蚀是一个复杂的现象,受多种因素的影响,通常与水流、泥沙和河岸性质(物质组成与质地、切向力和抗张力、地下水水位、渗透力、地层、河岸几何形态及其上生长的植物等)有关。河岸植被覆盖的密度与类型对河岸侵蚀的防护作用影响较大。Zierholz^[16]在研究了沼泽湿地对河流和流域泥沙输移时指出:沼泽植被通过保护河岸,覆盖河谷和河床,降低了河床中水流速度,防止了水流侵蚀,促进了泥沙沉积;反之,孤立的植被在河床中极易遭受洪水侵蚀,影响河床形态和泥沙输移。沼泽湿地每年沉积的泥沙量是其它河段沉积泥沙量的 4~20 倍,同其它保护河流、防止泥沙侵蚀的措施相比,在河边建造篱笆、树木和其它土木工程是最经济、最自然和最有效地方法。当然,植物的护岸作用也是有条件的,Smith 通过试验研究认为^[17],在河岸较低时,由于植物根系可以垂直深入河岸内部,故植树可以加强河岸的稳定性;但当河岸较高时,由于植物根系不能深入到河堤堤脚,植树则会增加河岸的不稳定性,特别是当河岸易遭受河水侵蚀和底蚀时;当短期的洪水侵蚀河堤并且水位经常发生变化时,草本植物可以有效的发挥防洪和防侵蚀作用,但如果水位较高,淹没时间较长,这时就需要寻求更好的护岸方法。

1.2 河岸带研究的内容

1.2.1 河岸带植被及其影响因素研究 河岸带植被是陆地和水生生态系统的活动边界,是环境活力和变化的敏感标志。河岸带植被在形成河流物理和生物特性的过程中起着重要的作用^[18];河岸带植被群落是动

态的,地形的差异、微气候的变化、地段的生产力和内外因素的扰动均在较大程度上影响着森林结构、种群的丰富度和外来植物的占有情况^[19]。河岸带廊道的高度多样性是与洪水的干扰破坏、粗木质残体(CWD)在河流的空间不均匀分布和当地受高度影响的气候紧密联系;经常的洪水影响和地貌形态的空间不均匀性,通常是植被种群丰富程度的标志。此外,河岸带廊道在流域中穿过了不同的高度,这样就造成了一系列的适应地区植物群落需要的温度和降水条件^[17]。此外,自然环境和河岸带森林具有时空变化特征,在较大的尺度范围内,河谷形态影响沉积地形的发展和类型,比如,泛滥平原、高低阶地、山丘斜坡;在较小的尺度,在河床之上不同高度的沉积地形调节着河流对河岸带所产生的影响,影响着植被的组成和CWD的产量,所有尺度的这些生物物理因素的综合影响以及河流的干扰作用,决定了河床的类型和结构形态^[20~22]。

1.2.2 河岸带小气候及其影响因素研究 河岸带森林对河流小气候产生较强的影响和控制,河岸带林地的空气状况、地表温度、相对湿度和太阳辐射都表明了河岸植被群落的影响;流域环境与河岸植被之间的相互作用,同样也影响着河岸带的生物多样性、生物化学循环和其它系统水平的过程^[23,21]。

1.2.3 河岸带动物及其影响因素研究 由于河岸带植被群落为野生动物提供了许多特有的栖息地以及可为来自受到较大干扰的高地动物种迁移提供避难地,故河岸带具有较高的动物多样性。河岸带野生动物群落的组成主要受两个重要因素的影响,一是与河流尺度大小有关的河岸带特有的生境有关;二是与影响河岸带植被群落演替阶段的干扰的类型、频率、持续时间和严重程度有关。很多研究案例表明,河岸带动物不仅仅被动的适应河岸带生态系统,而且对河岸带生物地球化学过程、植被的演替和景观变化均有影响^[24]。

1.2.4 潜水层变化与河岸带过程 潜水层是位于河床和河岸带下部,充满来自地表河床水的饱和沉积层。由于潜水层是地表水和地下水的混合体,截然不同的化学组分,可以更有效地保持和处理溶解的营养物质,以及成倍的提高河流去除有机废物的能力,大大促进了生物活动。潜水层和河岸带相互作用的强度既受到河谷形态等大的地理因素的影响,也受到诸如沉积物、河床岩石、浅滩等表征单个河流特性的因素的影响。比如,在河溪尺度情况下,地形可产生广宽的浅层水流,而这种水流可以很容易的与河岸带植物的根系和土壤保持接触,从而有利于河岸带植被的生长发育^[25]。

1.3 河岸带研究的方法

1.3.1 生态系统的方法 河岸带生态系统系指河岸带地区生物和环境通过物质循环和能量的流动,相互作用、相互依存而构成的一个狭长的水陆生态交错带。故生态系统学是河岸带研究的重要方法。流域内的水生态系统、陆地生态系统、草地生态系统、农田生态系统以及人工生态系统它们之间的相互影响和相互作用是河岸带研究的重点^[27]。

1.3.2 景观生态学方法 景观生态学是研究景观单元的类型组成、空间配置及其与生态学过程相互作用的综合性学科。它以景观的结构、功能及其动态变化为研究对象和内容^[12]。研究的目的是合理利用自然资源和保护生态环境。流域生态系统是以流域的地理特征划分的,是宏观生态学研究的一个新领域,而河岸带是属于流域生态系统的一部分,故在研究中需大量借助于宏观生态学(景观生态学和区域生态学)的研究方法^[28]。

1.3.3 “3S”技术在河岸带研究中的应用 遥感、地理信息系统和全球定位系统是景观生态学研究中的重要技术工具,结合地面观测,从而实现了景观中的组分或过程的具体地理位置的空间数据的收集、存储、提取、转换、显示和分析。同时,“3S”技术在河岸带景观格局分析和模型中的作用也愈来愈重要^[29]。

1.3.4 自然地理学的研究方法 自然地理学是研究特定空间范围内的物质形态、结构、性质和运动规律的科学。河岸带研究涉及到水文学、地貌学、气象气候学、土壤学、动植物学等自然地理学研究的分支学科,故自然地理学的定性和定量研究方法是河岸带研究的基本方法^[30]。

1.3.5 环境科学的研究方法 由于环境污染的日益严重,因此,研究环境中污染物质迁移转化规律,寻求解决环境污染的途径和方法,改善环境质量,已成为河岸带生态系统功能研究的重要内容之一。故环境科学的研究方法,特别是水环境和土壤环境研究的方法构成了河岸带研究方法的一部分^[31]。

1.3.6 恢复生态学研究的方法 近年来恢复生态学已成为国际生态学研究的新领域,特别是湿地退化生

态系统的恢复和重建愈来愈受到国外学者的重视;国外大量的河岸带退化生态系统的恢复和重建实验研究工作主要是通过利用恢复和重建后的湿地岸边植被,发挥河岸带生态系统的功能^[32~34]。

2 河岸带退化生态系统恢复与重建及其实践研究

Vitousek^[2]指出:目前物种灭绝的速度是人类史前的 100~1000 倍,地球上 11% 鸟类,18% 的哺乳动物,5% 的鱼类和 8% 的植物种正面临灭绝的威胁。因此,在生物多样性大量减少或生物灭绝之前进行恢复是至关重要的,恢复被认为是当前应对世界环境问题的最为关键的因素,生态恢复学科的出现为加速退化土地的恢复和人类持久的认识生物群落和生态系统功能提供了重要的方法和途径^[6]。

湿地是地球上最脆弱的生态系统之一,同时湿地也是自然界最富生物多样性的生态景观和人类最重要的生存环境之一,湿地在维持自然平衡中起着重要的作用。全球约 80% 的湿地资源丧失或退化,严重影响了湿地区域生态、经济和社会的可持续发展^[35];因此,退化湿地的恢复极为重要。河岸带是湿地景观中生物多样性最为丰富的地区之一,河岸带植被在形成河流物理和生物特性的过程中起着重要的作用。湿地恢复的重要方法之一就是采用工程和生物措施,以生态演替为理论基础,根据湿地退化原因及不同湿地,选择最佳位置恢复和重建生物群落及其生境要素,以保护自然的和恢复的湿地。

在这一理论的指导下,选择了皖西潜山县境内的长江支流潜水河漫滩地作为恢复和重建退化河岸带部分功能的实验地。其主要原因是因为潜水属北亚热带湿润地区季风型河流,河谷滩地发育,宽窄差异较大,滩窄的仅 5m,宽的达 120m,汛期河床水位上涨,经常毁坏河堤,造成洪水泛滥。同时,河滩地多为砂土,有机质含量低,结构松散,浅层含水量低和贮水能力差,枯水期干旱时土壤供水能力不足,植物生长所需的最低水分无法得到满足,难以生长,汛期又遭受水淹,生境条件差,植被稀少,河滩地生态系统退化严重,原有湿地生态系统结构与功能退化或丧失。因此,如能恢复或重建河滩地植被及其生态要素,则不仅河岸得到了保护,而且生境条件较河滩地优越的整个河岸带生态系统结构和功能的恢复就会迎刃而解。

实验从 1994 年春季~2000 年春季,在潜水六公堤区段河滩地进行了长达 6a 的河滩地植被生态重建试验示范研究,通过植被重建后的河滩地生态功能与荒滩地对比研究,重建后的生态效益明显。

2.1 河岸带滩地生态系统的生物多样性和稳定性增加

原有的河岸带滩地多为砂石裸露的荒滩或由零星、稀疏的单一树种枫杨和元竹林组成,经过多年的河岸带滩地生态重建,采用先锋物种引入技术和生物工程措施,在试验地组成了以本地优势树种枫杨(*Pterocarya stenoptera*)、河柳(*Salix chaenomeloides*)为主的落叶阔叶林,以紫穗槐(*Amorpha fruticosa* L.)为主的灌木林,以河岸坡地上的苔草(*Carex*)为主的草本和元竹林(*Phyllostachys congesta*)共同构建的河岸带滩地生物群落,形成了从河滩~岸坡~高地,由乔、灌、草共同组成的面积约为 16hm² 的试验研究河岸带滩地生态系统;明显的提高了河岸带生物多样性和生态多样性,促进了河岸带生态系统的稳定。

2.2 改善了河岸带滩地的土壤结构和土壤养分,增强了河岸缓冲带功能

Dobson^[6]认为:生态系统的功能存在于地球表面的每一个部分。虽然生境的基本特征是理化特征,但生物过程——特别是营养物质的积累对支持生态系统功能发挥的生境的发展至关重要;而这一过程依赖于贮存在土壤有机物质中的氮的缓慢分解,在气候温暖的地区,氮的分解速率小于 10%,而每年每公顷土壤至少要积累 1000kg 的氮,才能满足生态系统每年的需要量(大约 100kg/hm²)。由于最初的退化物质很可能含有极少量的氮,因此,氮的累积量通常是控制生态系统发展的限制因素。

为了提高河岸带滩地重建后植物的存活率,改善河滩地土壤结构及其氮、磷等养分条件。对河岸带滩地防护林树种元竹、意杨(*Populus Canadensis* Moench.)、枫杨、河柳和紫穗槐等树种进行了树种引入、选育和培植,依据植物固滩、护坡、防冲机理和河岸带本地树种的生物学特性,设计了两种河岸带滩地植物群落结构优化配置模式:模式 A 是元竹-枫杨-苔草类型,模式 B 是意杨-紫穗槐-河柳-苔草类型,从滩缘至岸坡到河岸高地依株行距 3m×3m 的密度形成长 4km,宽 30~60m 不等的河岸植被带,土壤的理化性质发生了较大的变化(见表 1)。土壤养分及其理化性状和其它生态要素的改善,必然会增强河岸缓冲带的功能。

2.3 抗蚀促淤,保护河岸

由于采用“元竹-枫杨”和“意杨-紫穗槐-河柳”两种河岸带滩地生态重建措施护坡,河岸带滩地横向冲

蚀显著减弱,淤积增加,固滩防冲效能显著(表2);位于铁路桥的模式A河岸带滩地植物护坡布设段,当年最大洪峰每米冲蚀量仅 1.1m^3 ,没有出现崩塌现象,而距其上游滩高基本相同的对照段鹰家嘴河岸带荒滩每米冲蚀量达 5.3m^3 ,为护坡段的4.8倍,且洪水造成崩塌105m。

表1 不同生态重建模式河岸带土壤养分和理化性质对比

Table 1 Comparison of riparian soil physical and chemical properties in different rebuilding measures

实验地 Site	措施 Measures	pH	有机质 OM (g/kg)	全N TN (g/kg)	全P TP (g/kg)	速效磷 AP (mg/kg)	全K TK (g/kg)	速效钾 AK (mg/kg)	阳离子交换量 CEC (cmol/kg)	容重 Density (g/cm ³)	粘粒(%) Clay content ($<0.002\text{mm}$)
铁路桥 ¹	恢复前 ³	6.5	1.4	0.38	0.13	2.8	0.89	7.0	6.48	1.57	5.12
(Type A)	恢复后 ¹	5.3	12.7	1.07	0.27	13	26.5	20	11.8	1.16	14.27
野寨 ²	恢复前 ³	6.6	1.1	0.52	0.22	5.1	1.10	12.0	9.17	1.34	3.94
(Type B)	恢复后 ¹	5.8	6.18	0.96	0.84	14	24.2	18	11.3	1.24	9.15

¹ Railway bridge, ² Ye zhai, ³ Before restoration, ⁴ After restoration

表2 造林地与对照地河岸带冲蚀情况对比

Table 2 Comparison of flood erosion between forestation land and edge of bottomland

场地 Site	措施 Measure	林宽 Forest width (m)	岸长 Bank length (m)	表面破损 Slope erosion (m)	滑坡 Slide (m ³)	崩塌 Sloughing (m)	冲蚀 Erosion (m ³)	每米冲蚀量 Erosion ratio (m ³)	最大沉积厚度 Max deposition (m/a)
鹰家嘴	对照 Control	70	210	210	115	105	1113	5.3	-0.32
铁路桥	Type A	58	350	240	73	13	385	1.1	0.09
野寨	Type B	85	170	130			255	1.5	0.05

2.4 防风消浪,改善小气候

由于试验河岸带滩地植被宽度有限,尚不足以对地方气温、湿度等产生影响,故试验仅对河岸带植被对风速和洪峰产生的影响进行了测定;试验结果表明,模式A河岸带滩地试验观测段和模式B河岸带滩地试验观测段林后风速分别下降82.5%和40.0%;波高衰减系数分别为0.77和0.39(表3、表4)。河岸带植物防风减浪护坡效能显著。

此外,作为湿地的组成部分,河岸带还具有多种功能和价值,不仅表现在生态环境功能和河岸带产品(竹子、木材等)的用途上,而且河岸带还具有众多的美学、旅游和科研价值。

表3 不同植物重建措施护坡防风效能对比

Table 3 Function of wind protection under different rebuilding measures

地段 Site	措施 Measures	林宽 Forest width(m)	株行距 Plant gap (m)	枝下高 Cladode highness(m)	透风系数 Permeable wind factor	空地风速 Wind speed (m/s)	林后风速 Wind speed behind forest(m/s)	比降 Ratio of slope(%)
铁路桥	A	58	3	1.0	0.9	4.0	0.7	82.5
野寨	B	48	3.3	—	0.6	4.0	2.4	40.0

表4 不同植物重建措施护坡消浪效能对比

Table 4 Function of energy dissipation under different rebuilding measures

地段 Site	措施 Measures	林宽 Forest width(m)	深水深度 Depth water(m)	浅水深度 Shallow water(m)	波高 Wave height(m)	波长 Wave length(m)	波浪周期 Wave cycle(s)	林内波高 Wave height (m)	衰减系数 Damping ratio
鹰家嘴	Control	70	1.10	0.33	0.09	1.50	1.30	0.089	0.99
铁路桥	A	75	2.30	1.50	0.24	3.20	1.70	0.185	0.77
野寨	B	40	2.18	0.60	0.18	2.50	1.80	0.07	0.39

3 结语

河岸带退化的原因是多方面的,但只要克服或消除自然的或人为的干扰压力,并且在适宜的管理方式下,由于生态演替的作用,退化河岸带最终是可以被恢复的。故河岸带功能的恢复与重建不仅在于恢复和重建河岸带生态系统,还应包括对洪水的管理,地表和地下水交换功能的恢复,以及改变人为的影响因素

(如放牧、伐木、筑路等);同时还应关注社会对河岸带资源的需要。因此,今后要加强对河岸带重要性的认识,制定切实可行的河岸带保护的政策和法律法规,加强河岸带的植树造林和河岸带保护的宣传教育;科学合理的制定流域河岸带规划,对上游河岸带应侧重于自然生态环境的保护和生态旅游资源的开发利用,在不影响交通、通讯和人民生产、生活的前提下应尽可能恢复河流的自然过程,即减少河坝、河堤等人为因素的干扰,加强河道与周围泛滥平原的天然联系,尽可能的恢复与重建原有自然泛滥平原和湿地景观,保护和提高生物多样性,改善小气候,美化环境,在有条件的地方可以发展林牧副业生产;中下游地区河岸带,除继续加强河岸带的防洪工程建设外,应尽可能的重建河岸带生态系统,重建河岸植被,充分发挥河岸带植被的缓冲带功能和护坡效应,减少非点源污染物对河流的污染,正确认识特大山洪暴发所造成的洪水泛滥,在沿河地区农业推广稻田与河塘养殖相结合的复合农业生态模式。总之,尽可能保护、开发和利用好河岸带的各项功能,使河岸带生态系统可持续地为人类提供丰富多样的生产、生活和观光旅游产品。建设一个功能齐全的、贯穿整个流域的河岸带生态系统,是 21 世纪自然资源管理的重要内容之一。

References

- [1] Naiman R J, Decamps H, Pollock M. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecology*, 1993, **3**: 309~212.
- [2] Vitousek P M, Mooney H A, Lubchenco J, et al. Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, 1997, **277** (25): 494~499.
- [3] Chapin S F, Walker B H, Hobbs R J, et al. Biotic Control over the functioning of ecosystems. *Science*, 1997, **277** (25): 500~504.
- [4] Matson P A, Parton W J, Power A G, et al. Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science*, 1997, **277** (25): 504~509.
- [5] Botsford L W, Castilla J C, and Peterson C H. The management of fisheries and marine ecosystems. *Science*, 1997, **277** (25): 509~515.
- [6] Dobson A P, Bradshaw A D and Baker A J M. Hopes for the future: restoration ecology and conservation biology. *Science*, 1997, **277** (25): 515~522.
- [7] Noble L R, Dirzo R. Forests as human-dominated ecosystems. *Science*, 1997, **277** (25): 8~9.
- [8] Peng S L. The Restoration of degraded ecosystems and restoration ecology. *China Basic Science*, 2001, **3**: 18~24.
- [9] Chen J Q. Riparian vegetation characteristics and their functions in ecosystems and landscapes. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1996, **7** (4): 439~448.
- [10] Whigham D F. Ecological issues related to wetland preservation, restoration, creation and assessment. *The Science of the Total Environment*, 1999, **240**: 31~40.
- [11] Mander U, Kuusemets V, Krista L, et al. Efficiency and dimensioning of riparian buffer zones in agricultural catchments. *Ecological Engineering*, 1997, **8**: 299~324.
- [12] Wu J G. Landscape ecology: pattern, process, scale and hierarchy. Beijing: Higher Education Press, 2000. 1~258.
- [13] Burger J. Landscapes, tourism and longervation. *The Science of the Total Environment*, 2000, **249**: 39~49.
- [14] Lima M G D & Gascon C. The conservation value of linear forest remnants in central Amazonia. *Biological Conservation*, 1999, **91**: 241~247.
- [15] Peterjohn W T, Correll D L. Nutrient dynamics in an agricultural watershed: Observations on the role of a riparian forest. *Ecology*, 1984, **65**: 1466~1475.
- [16] Zierholz C, Prosser I P, Fogarty P J, et al. In-stream wetlands and their significance for channel filling and the catchment sediment budget, Jugiong Creek, New South Wales. *Geomorphology*, 2001, **38**: 221~235.
- [17] Margaret S P. *River engineering*. New Jersey: Inc. Englewood Cliffs, 1986. 1~331.
- [18] Boon P J, Calow P and Petts G E. *River Conservation and Management*. John Wiley & Sons Ltd., England, 1992. 1~304.
- [19] Naiman R J, Robert E B and Peter A B. Riparian ecology and management in the Pacific coastal rain forest.

- Bioscience*, 2000, (11): 996~1011.
- [20] Joan M L, Anthony P E and Miller D E. Riverbank stabilization program. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 1997, (9): 292~291.
- [21] Thomas A R, Jeffrey B. Geomorphic survey of eastern cascade streams before and after 1995~1996 floods. *Forest Ecology and Management*, 2001, (143): 57~64.
- [22] DENG H B, XIAO B Y, DAI L M, et al. Advances in ecological studies on in-stream coarse woody debris. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(1): 87~93.
- [23] Jean C R. Factors influencing windthrow in balsam fir forests: from landscape studies to individual tree studies. *Forest Ecology and Management*, 2000, (135): 169~178.
- [24] Chehbouni A, Goodrich D C, Moran M S, et al. A preliminary synthesis of major scientific results during the SALSA program. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2001, (105): 311~323.
- [25] Brian R S. A model of wetland vegetation dynamics in simulated beaver impoundments. *Ecological Modelling*, 1998, (112): 195~225.
- [26] Lowrance R, Hubbard R K and Williams R G. Effects of a managed three zone riparian buffer system on shallow groundwater quality in the Southeastern coastal plain. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2000, (21): 212~219.
- [27] Ervin H Z, David S and Steven F. Desert riparian landscapes: Values and Change, 1981~96. *Landscape and Urban Planning*, 1998, (42): 81~89.
- [28] SHANG Z B, GAO Q. Watershed ecology-a new research area of ecology. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(3): 468~473.
- [29] Sunil N, Zhou Y C and John R J. Application of remote sensing and geographic information systems to the delineation and analysis of riparian buffer zones. *Aquatic Botany*, 1997, (58): 393~409.
- [30] Julie C F Z, Laura E D, Peter G R. Vegetation diversity in an interconnected ephemeral riparian system of north-central Arizona, USA. *Biological Conservation*, 1999, (90): 217~228.
- [31] Sandra S P, Nancy R D. Mountain. Maryland. the power plant research program, and the chesapeake Bay watershed. *The Science of the Total Environment*, 1999, (240): 171~188.
- [32] Ravindra N C, Chen H J. From gene shuffling to the restoration of riparian ecosystems. *Trends Plant Science*, 1999, (4): 337~338.
- [33] Dennis F W. Ecological issues related to wetland preservation, restoration, creation and assessment. *The Science of the Total Environment*, 1999, (240): 31~40.
- [34] Molles J, Mannel C and Crawford C. Managed flooding for riparian ecosystem restoration. *Bioscience*, 1998, 48(9): 749.
- [35] Ren H, Peng S L. *An introduction to restoration ecology*. Beijing: Science Press, 2001. 1~42.

参考文献

- [8] 彭少麟. 退化生态系统恢复与恢复生态学. 中国基础科学, 2001, 3: 18~24.
- [9] 陈吉泉. 河岸植被特征及其在生态系统和景观中的作用. 应用生态学报, 1996, 7(4): 439~448.
- [12] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级. 北京: 高等教育出版社, 2000. 17~30.
- [22] 邓红兵, 肖宝英, 代力民等. 溪流粗木质残体的生态学研究进展. 生态学报, 2002, 22(1): 87~93.
- [28] 尚宗波, 高琼. 流域生态学——生态学研究的一个新领域. 生态学报, 2001, 21(3): 468~472.
- [35] 任海, 彭少麟. 恢复生态学导论. 北京: 科学出版社, 2001. 1~42.