西南地区作物平衡施肥与坡地管理研究

四川省农业科学院土壤肥料研究所
加拿大钾磷肥研究所成都办事处

涂仕华　主编

四川大学出版社
2006 年 8 月

需要全本请访问 www.ertongbook.com

书　名：西南地区作物平衡施肥与坡地管理研究
作　者：涂仕华 著
ISBN：7-5614-3552-5
出版社：四川大学出版社
出版日期：2006年10月
中国法分类号：S147.2
图书定价：60.00元

作者简介

（姓名按拼音排序）

陈一兵，男，1960 年生，硕士，四川省农业科学院土壤肥料研究所研究员，主要从事水土保持、农业环境资源的保护、农田污染防治和无公害生产研究，先后主持和参加国家攻关、省攻关和国际合作课题 23 项，获得成果 4 项，发表论文 30 余篇。

陈华，男，1979 年生，云南省农业科学院农业环境与资源研究所技术员，从事农作物平衡施肥研究工作。

戴亨林，男，1970 年生，硕士，重庆农业技术推广总站副研究员，主要从事植物营养研究与推广，先后获省部级科技进步三等奖 2 项，发表论文数篇。

董光群，女，1975 年生，重庆市璧山县农业技术推广服务中心高级农艺师，从事农业技术示范与推广，先后发表论文数篇。

冯文强，男，1967 年生，硕士，四川省农业科学院土壤肥料研究所副研究员，主要从事植物营养与施肥、农业环境保护等研究工作，获省科技进步二等奖 1 项，三等奖 2 项，发表论文多篇。

付利波，女，1971 年生，硕士，云南省农业科学院农业环境资源研究所副研究员，从事植物营养调控、农业资源环境等方面的研究工作，获云南省科技进步奖 2 项，在核心刊物上发表文章 10 余篇。

关树森，男，1948 年生，西藏自治区农牧科学院农业研究所研究员，从事西藏一年两收及平衡施肥技术推广和生态环境再造技术研究工作。2005 年 11 月享受国务院政府特殊津贴，著书 3 本，拍摄科教片四部，获省、部级科技成果奖 12 项，发表论文 70 余篇。

郭云周，男，1963 年生，云南省农业科学院农业环境资源研究所副研究员，主要从事土壤、植物营养和作物栽培研究工作。2002 年，获云南省科技进步三等奖 1 项。

洪丽芳，女，1963 年生，博士，云南省农业科学院农业环境资源研究所研究员，一直从事作物营养调控、农业资源环境和计算机信息系统在农业上应用等方面的研究工作。先后主持过云南省七五、八五、九五、十五科技攻关项目和国家科技部科技攻关项目专

题以及加拿大钾磷肥研究所资助课题 20 余项。在国内外发表论文 80 余篇，获农业部科技进步二等奖 1 项，云南省科技进步三等奖 4 项，云南省支农服务先进奖 1 项，加拿大钾磷肥研究所“钾磷农学奖”1 项，获国家专利 1 项。

林超文，男，1968 年生，四川省农业科学院土壤肥料研究所副研究员，主要从事农业环境保护、水土保持、土壤肥力等方面的研究，先后主持和参加国家攻关、省攻关和国际合作课题 16 项，获得成果 3 项，发表论文 20 余篇。

李伟，男，1957 年生，重庆农业技术推广总站研究员、副站长，主要从事植物营养研究与推广，先后获省部级科技进步二等奖 2 项，发表论文数篇。

刘启东，男，1974 年生，硕士，陕西科技大学资源与环境学院任教，主要从事资源环境方面的教学与科学研究，已公开发表第一作者论文 3 篇，其中核心刊物 2 篇。

潘顺秋，女，1957 年生，海南省农业科学院土壤肥料研究所农艺师，从事土壤改良和作物营养与施肥研究工作。参加海南省百项农业新技术推广项目、科技攻关项目、国际合作项目近 10 项，获海南省百项农业新技术成果二等奖 1 项。

秦鱼生，男，1978 年生，硕士，四川省农业科学院土壤肥料研究所助理研究员，主要从事植物营养诊断、养分高效利用、作物高产施肥等研究，发表论文 10 余篇。

苏帆，男，1958 年生，云南省农业科学院农业环境资源研究所研究员、所长。先后主持和参加国家、部、省和国际科技合作项目 10 多项，获农业部科技进步二等奖 1 项、云南省科技进步奖 4 项、昆明市科技进步奖 2 项，发表科技论文 40 余篇。有较长从事科技管理工作的经历。

谭宏伟，男，1961 年生，广西农业科学院土壤肥料研究所研究员、所长，从事土壤与生态环境、作物营养与平衡施肥技术研究及推广工作，获国家科技进步奖 1 项，省部级科技进步奖 10 项。

王正银，男，1953 年生，西南大学资源环境学院教授、博士生导师，主要从事植物营养与品质、植物营养资源利用研究，先后主持国家“863”计划、农业部重点和重庆市攻关项目 10 余项，已获省级二、三等奖 5 项和国家发明专利 5 项，公开发表论文 100 余篇（其中一级刊物 30 余篇），主编出版高校教材和专著各 1 本。

吴家旺，男，1982 年生，目前为西南大学植物营养学硕士研究生，主要从事植物营养资源利用研究，已公开发表第一作者论文 1 篇。

谢良商，男，1958 年生，海南省农业科学院土壤肥料研究所研究员、所长，从事土

壤改良和作物营养与施肥研究工作，主持海南省百项农业新技术推广项目、科技攻关项目、国际合作项目 10 多项，获农业部科技进步二、三等奖各 1 项，海南省科技进步四等奖 2 项，海南省百项农业新技术成果二、三等奖各 1 项。

谢如林，男，1965 年生，广西农业科学院土壤肥料研究所副研究员，从事土壤肥料、作物营养、平衡施肥技术研究与推广工作，发表论文 20 多篇，参与编写专著 1 部，获得广西区科技进步奖 2 项。

尹迪信，男，1946 年生，贵州省农业科学院现代农业发展研究所研究员，主要从事水土保持和植物营养研究，在国际国内杂志、书刊上发表研究报告约 80 余篇。

姚丽贤，女，1971 年生，硕士，广东省农业科学院土壤肥料研究所助理研究员，主要从事土壤、作物营养与施肥工作，先后在国内外期刊上发表多篇文章。

朱小梅，女，1981 年生，现为西南大学植物营养学硕士研究生，主要从事植物营养与品质研究，已公开发表第一作者论文 2 篇。

朱青，女，1962 年 生，现为博士生，贵州省土壤肥料研究所副研究员，主要从事环境生态学及自然资源管理研究，获省科学技术进步三等奖 1 项，省科学技术进步四等奖 1 项，地州科学技术进步二等奖 1 项。

周柳强，男，1964 年生，广西农业科学院土壤肥料研究所副研究员，从事土壤肥料、作物营养、平衡施肥技术研究与推广工作，发表论文 30 多篇，参与编写专著 3 部，获广西区科技进步奖 2 项、省部级科技进步奖 3 项。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

前 言

传统上的西南地区包括西藏、云南、四川、重庆、贵州和广西六省（市、区）。由于平衡施肥项目管理的原因，本书的西南地区还包括了广东和海南两省。该区气候温和，光热充足，雨量充沛，植物种类繁多，物产丰富，是我国重要的粮食作物和经济作物生产基地。区内种植有我国主要的热带作物和大部分亚热带作物，是中国的蔗糖王国，花卉之乡，烟草基地，水稻一年三熟……还有茂密的森林和广阔无垠的草地。为了提高作物的品质和产量，增加农民收入，促进区域农业和农村经济的发展，近20年来，区内有关农业科研院所和大专院校在钾磷肥研究所/加拿大钾磷肥研究所（PPI/PPIC）以及加拿大钾肥公司和加拿大国际发展署的资助下，结合国家和部、省级政府部门的相关科研项目，服务三农，开展了包括粮食、油料、蔬菜、水果、茶叶、烟叶、甘蔗、牧草（草地）等作物的平衡施肥研究与示范工作，取得了显著的成就，一些研究成果已得到有关省份的科技成果奖励。1990年，该区的钾肥施用总量为52.7万吨（不包含复合肥中的钾），复合肥总量为54万吨，$N:P_2O_5:K_2O$ 比例为1∶0.27∶0.15；2004年，钾肥用量增加到125万吨（不包含复合肥中的钾），复合肥增加到215万吨，$N:P_2O_5:K_2O$ 比例为1∶0.31∶0.27；钾肥用量逐年增加，复合肥用量增加3倍多，肥料施用比例逐渐趋于平衡合理。在此过程中，很多研究成果（技术）已应用于农业生产和复合肥料生产中，产生了巨大的社会、经济和环境生态效益。

西南地区多属丘陵和山地，人口密度大，土地垦殖系数高，坡耕地比例大，土壤易受侵蚀，暴雨多而集中，水土流失严重，尤其是长江上游的紫色土壤区域，成为该区农业生态建设与农业环境保护中的重大问题。20世纪90年代后期，钾磷肥研究所/加拿大钾磷肥研究所（PPI/PPIC）先后在四川、云南和贵州三省开展了旱坡地治理和水土流失防治的综合技术研究工作。该项目在从国外引进植物篱的基础上，提出了经济植物篱概念，试验研究出一系列区域性经济植物篱模式。并利用经济植物带固土

和拦截坡地表面水土流失，结合平衡施肥技术促进作物的健壮生长和增加地表覆盖度，取得了可喜的进展。该项技术既可有效地降低水土流失，又可显著地增加作物产量和农民收入，并使坡耕地自然梯化。该研究工作已先后得到农业部和四川、云南和贵州三省政府的支持。通过项目的试验示范，技术的应用推广正在不断扩大。在四川，该研究成果已获省科技进步三等奖。

为了将科研成果尽快用于生产，扩大其社会、经济、生态和环境效益，特组织区内从事研究的专家和技术人员，在总结近几年研究工作的基础上，编写了这本专著，主要编写人员名单附于书后。希望本书对关注该领域的科学家、农技工作者、肥料企业技术员、肥料贸易商家和政府决策者有所裨益，同时为中国可持续农业中的养分管理、环境保护和生态环境建设提供有益的参考。

借此机会，我们对多年来支持、关心、帮助和参加该区平衡施肥研究工作的机构和个人表示衷心感谢。特别感谢 PPI/PPIC 前总裁迪波（David Dibb）博士，现任总裁 Terry Roberts 博士；加拿大钾磷肥研究所前总裁斯多福（Mark Stauffer）博士，前副总裁兼中国和印度项目部主任鲍哲善（Sam Portch）博士，现任总裁 Adrian Johnston 博士，中国项目部主任金继运博士和其它同仁；加拿大钾肥公司（香港）董事总经理康豪伟（Howard Cummer）先生和经理罗志江（Andrew Law）先生；加拿大钾肥公司（新加坡）董事总经理 Matt Albrecht 先生；欧达诗国际贸易公司（香港）董事总经理陈炳煌（Tommie Satanu）先生等对项目的支持、关心和指导。感谢加拿大钾磷肥研究所成都办事处的谢玲女士在本书编写过程中参与的翻译、校对和录入工作。

由于我们水平有限，加之编辑时间仓促，难免存在不足之处，敬请指正。

编　者

2006 年 6 月 10 日

目　录

旱、坡地管理研究

一、坡耕地水土保持技术研究
经济植物篱在长江上游坡耕地水土保持中的作用与效益 …… 涂仕华/ 3
经济植物篱保墒效果灰色分析 …… 陈一兵/12
经济植物篱对水土流失的影响研究 …… 陈一兵/20
经济植物篱种植模式及其生态经济效益研究 …… 陈一兵/27
植物篱本质及“作物—植物篱”复合生产系统结构研究 …… 陈一兵/34
二、坡耕地耕作制度研究
旱地麦—玉—苕耕制条件下平衡施肥定位试验初报 …… 李　伟/43
麦—玉—苕旱三熟制施钾效果的研究 …… 陈一兵/50
四川玉米、红苕间作对其高度、覆盖度和叶面积指数的影响 …… 林超文/57
三、坡耕地养分管理
坡地钾素平衡及管理 …… 朱　青/64
不同农艺措施对云南坡耕地养分移出的影响 …… 郭云周/73
经济植物篱和增施钾肥综合效益研究 …… 陈一兵/79
川西北围栏草地平衡施肥效应研究 …… 秦鱼生/86
贵州野生牧草金荞麦平衡施肥试验研究 …… 尹迪信/91

作物平衡施肥研究

一、粮食作物
长期施肥对水稻产量的影响及施肥效应 …… 李　伟/99
曲靖新田监测村小麦平衡施肥试验研究 …… 陈　华/104
超级杂交水稻的营养特性与肥效研究 …… 谢良商/109
亚热带岩溶地区农田生态系统中玉米吸收养分的特征研究 …… 谭宏伟/116
水稻超高产栽培条件下的平衡施肥 …… 李　伟/122
西藏主要耕作土壤养分限制因子研究与平衡施肥总结 …… 关树森/128
施肥对马铃薯产量的影响 …… 戴亨林/138
施肥对水稻品质和产量的影响 …… 李　伟/142
海南赤土田水稻养分管理研究 …… 谢良商/149
二、蔬　菜
有机肥和化肥对无公害蔬菜生产的影响 …… 苏　帆/156
有机肥料、无机肥料与无公害蔬菜生产 …… 董光群/165
富磷土壤栽种大白菜的平衡施肥技术研究 …… 姚丽贤/171

成都平原露地番茄施用中、微肥效应初探 …… 秦鱼生/175
鸡粪对蔬菜产量及品质的影响 …… 姚丽贤/180
肥料养分组合对甘蓝产量和品质的影响 …… 吴家旺/186
钾肥和有机肥对大白菜产量及商品品质的影响及养分平衡 …… 周柳强/192
平衡施肥对莴笋产量和品质的影响 …… 朱小梅/196
平衡施肥对叶类蔬菜产量和品质的影响 …… 刘启东/204
平衡施肥对茎瘤芥产量品质及其土壤肥力的影响 …… 戴享林/215
平衡施肥对茄子产量和经济效益的影响 …… 戴享林/221
施肥对黄瓜硝酸盐含量的影响 …… 李 伟/227
三、水 果
巴西蕉的营养特性及钾镁肥配施技术研究 …… 姚丽贤/233
高产巴西蕉平衡施肥技术研究 …… 姚丽贤/241
高产香蕉平衡施肥技术研究 …… 姚丽贤/247
沙田柚配施钾及不同相同形态镁、硫肥的效应研究 …… 姚丽贤/252
香蕉适宜氮、钾肥施用比例研究 …… 姚丽贤/257
四川青神县钾肥对西瓜产量和品质的影响 …… 陈一兵/261
四、其它经济作物
平衡施肥在云南茶叶生产上的应用研究 …… 付利波/264
氮、磷、钾营养对黑麦草产量和品质的影响 …… 秦鱼生/270
不同磷肥、钾肥处理对多花黑麦草产量和品质的影响 …… 戴享林/277
甘蔗的钾镁营养特性研究 …… 谭宏伟/281
甘蔗的营养特性与加肥灌溉效应 …… 谭宏伟/286
广西亚热带岩溶地区土壤中的微量元素及作物施肥效应研究 …… 谭宏伟/294

土壤肥力研究与精准施肥

老冲积黄壤茶园土平衡施肥的效果研究 …… 冯文强/301
香蕉园土壤养分空间变异性及适宜样本容量研究 …… 姚丽贤/307
甘蔗香蕉菠萝种植区土壤钾素肥力分级研究 …… 谭宏伟/312
菜地土壤养分的空间变异特征 …… 姚丽贤/318
桉树生产对矿质营养的需要及种植区土壤肥力可持续生产的思考 …… 谭宏伟/323
无径流和淋溶条件下钾肥利用率的研究 …… 谢如林/327
不同采样密度下土壤特性的空间变异特征及其推估精度研究 …… 姚丽贤/331
海南土壤磷素状况与磷肥在农业中的应用 …… 潘顺秋/337
养分精准管理对土壤—水稻体系中氮磷钾养分利用率及水稻经济效益的影响 …… 苏 帆/348
养分精准管理对土壤—烤烟体系中氮磷钾养分利用率及产量品质的影响 …… 苏 帆/353
西南贫困地区土壤养分评价中的数学统计模型研究 …… 朱 青/360
我国可以大规模发展有机农业吗? …… 涂仕华/370

旱、坡地管理研究

一、坡耕地水土保持技术研究

经济植物篱在长江上游坡耕地水土保持中的作用与效益

涂仕华[1]　陈一兵[1]　朱　青[2]　郭云周[3]　朱钟麟[1]

(1. 四川省农业科学院土壤肥料研究所，四川　成都 610066；
2. 贵州省农业科学院土壤肥料研究所，贵州　贵阳 550066；
3. 云南省农业科学院植保土肥研究所，云南　昆明 650205)

摘要：地质破碎，生态脆弱，以坡地农业为主，水土流失严重，经济欠发达，贫困人口多，是长江上游地区的典型特征。很多专家认为，水土流失是贫困的重要原因，因为它冲走了植物赖以生存的肥沃土壤，流走了植物所需的水分和养分。利用经济植物篱技术和平衡施肥技术防止长江上游坡耕地的水土流失，被证明是一项实用性强，应用广泛的技术。它可以有效地降低坡耕地的水土流失，增加作物的产量，显著地提高农民的收入，实现社会效益、生态环境效益和经济效益的统一，保证坡耕地农业可持续利用。

关键词：经济植物篱；坡耕地；长江上游；水土流失

Role and benefit of cash crop hedgerows on soil and water conservation in sloping farmlands in the upper reaches of Yangtze River

Tu Shihua[1]　Chen Yibing[1]　Zhu Qing[2]　Guo Yunzhou[3]　Zhu Zhonglin[1]

(1. Soil and Fertilizer Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066;
2. Soil and Fertilizer Institute, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550066;
3. Soil and Fertilizer Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205)

Abstract: The upper reaches of Yangtze River are characteristic of broken geology and fragile ecology, and prevail in sloping upland agriculture and in serious soil erosion, leading to backward economy and large population in poverty. Experts consider that soil erosion is the origin of poverty, since it washes away the fertile top soil that crops grow on and along with moisture and plant nutrients that support all green lives. Adopting cash crop hedgerows and balanced fertilizer technology to combat soil erosion has proven very practical and applicable on a large scale. It not only reduces effectively the soil erosion from sloping farmlands, but also increases crop yield and farmers´ income. This integrated new technology has realized the goal combining social, ecological and economic benefits, and can thus safeguard the sustainable agriculture on sloping lands.

Key words: cash crop hedgerow; sloping farmland; upper reaches of Yangtze River; soil erosion

1　长江上游坡耕地和水土流失的现状

长江上游以丘陵山地为主，人口密度大，可耕地垦殖指数高，草地放牧过度，土壤侵蚀模数高，生态脆弱，成为我国水土流失的重点区域之一。根据多年来农业、水利与林业等部门的调查研究结果，认为坡耕地是长江上游的主要侵蚀泥沙来源。

长江自宜昌以上为上游，面积 1.0×10^6 km^2，占流域总面积的 55.8%。它位于我国

需要全本请访问 www.ertongbook.com

地势第一、二级台阶的过渡带和第二台阶上，除面积不足 1.0×10^4 km^2 的成都平原外，高原山地占 2/3，低山丘陵占 1/3[1]。该区域地形破碎，构造复杂，地震强烈，滑坡、泥石流活动频繁，水土流失十分严重。其中重点水土流失区包括金沙江下游及毕节地区、陇南及陇南地区、嘉陵江中下游、三峡库区“四大片”，计云、贵、川、甘、陕、鄂、渝 7 省市的 152 县（市、区），土地面积 3.51×10^5 km^2。长江上游大部分属亚热带季风气候区，温和湿润，雨量丰沛。虽然金沙江干热河谷及陇南地区，年降水量仅 500 mm～800 mm，但其它区域多年平均降水量为 800 mm～1000 mm，5—10 月降水量约占全年降水量的 70%～90%，且陡坡区与暴雨区相重合，造成严重的水土流失[1,2]。

长江上游控制站宜昌站多年平均年径流量为 4.4×10^{12} m^3，多年平均输沙量 5.3×10^9 t，宜昌水文站以上的悬移质泥沙，主要来源于金沙江和嘉陵江，两江多年平均输沙量约占宜昌站的 72.8%，其中金沙江占 45.8%，嘉陵江占 27%。长江上游重点水土流失区“四大片”的水土流失面积为 1.89×10^5 km^2，占该区土地总面积的 53.9%，年均土壤侵蚀量为 8.8×10^9 t，占长江上游年均土壤侵蚀总量的 58%。坡耕地近 5.5×10^6 ha，仅占其总面积的 15.6%，而年均侵蚀量高达 3.8×10^9 t，占全区平均侵蚀量的 43.5%。由此可见，“四大片”特别是坡耕地是长江上游主要侵蚀泥沙来源[1,2,3]。

因此，研究切实可行的水保措施防止坡耕地水土流失意义重大。

2 坡耕地水土流失防治技术的发展与演变

传统的坡耕地水土保持核心技术是坡改梯，即利用工程措施把坡地梯地化，并结合相应的农艺措施，如等高种植、垄作、坡地三池配套等技术，达到防治水土流失的目的。近 20 年来，坡改梯技术成为长江上游地区改造中低产田土和防治坡耕地水土流失的主要农业综合治理常年推广项目之一。虽然坡改梯对防治坡耕地的水土流失和提高土壤肥力和土地生产力的作用显著，但工程量大，需一定技术要求，工程造价高。每公顷耕地改造价格因地形地貌、坡度、所用地埂材料不同，花费从 7500～9000 元至 30000～45000元不等。高昂的造价使得坡耕地的改造难以变为农民的自觉行为，全靠政府常年投入巨大的财政资金来推动。

为了降低坡耕地治理的投入成本，加拿大钾磷肥研究所前副总裁 Sam Portch 博士、亚洲土地管理委员会（IBSRAM）的 Adisak Sajjaponse 博士和四川农科院的朱钟麟研究员在总结前人植物篱研究和应用推广工作的基础上，于 1997 年提出了经济植物篱的概念。在加拿大钾磷肥研究所和亚洲土地管理委员会的支持下，先后在四川、云南和贵州三省开展了经济植物篱的试验示范研究。经济植物篱在四川丘陵地区的资阳点和简阳点所表现出的良好的生态环境效益和社会经济效益，很快得到了有关技术部门、农民群众和政府部门的认可，得到了省有关部门的支持，开展扩大示范，并于 2001 年获准农业部跨越计划项目支持，在四川省和重庆市的八个县市因地制宜地开展了多种模式的经济植物篱示范与推广。在充分评估经济植物篱水土保持效果和经济效益的基础上，四川省农业综合开发办于 2002 年停止了支持坡改梯工程项目，开始鼓励和支持各地区利用经济植物篱技术改造坡耕地。贵州省农业综合开发办目前也开始把经济植物篱作为改造坡耕地的主要核心技术之一。云南和贵州省的经济植物篱项目在同期内得到当地政府部门的支持，取得了很好的进展。

3 经济植物篱在防治长江上游坡耕地水土流失中的作用及效果

3.1 坡耕地水土流失量与降水量之间的关系

降水是引起长江上游坡耕地水土流失的主要因素，而水土流失量除受降水量和降水强度的影响外，还受地形地貌、坡度、坡长、土壤质地、有机质含量、土壤覆盖度等因素的影响。在特定地点和相同农作条件下，坡耕地的水土流失量则主要受降水量、降水强度和植物覆盖度的影响，贵州省农科院土肥所朱青等在罗甸县进行的坡地水土保持试验（表1）证明了这一点。

表1 贵州省罗甸县试验区2001年春夏季降雨量和农民习惯种植方式水土流失量测定结果

月份	4	5	6	7	8	9	合计
降水量(mm)	225	1569	6420	444	1514	308	10480
占总量的%	2.1	15.0	61.3	4.2	14.5	2.9	100
地表径流(kg/ha)	22575	660615	2258130	36000	162000	27750	3167070
占总量的%	0.7	20.9	71.3	1.1	5.1	0.9	100
土壤侵蚀量(kg/ha)	150	25845	76335	0	0	0	102330
占总量的%	0.1	25.3	74.6	0	0	0	100

表中的径流量和土壤流失数据是在农民习惯种植方式的玉米地上测定的，在7月份以前，当地表还未被植物完全覆盖时，产生的径流量和泥沙流失量与降水量的大小趋势一致，6月份达到最大值。7月份以后，虽然降水产生了大量的地表径流，但无泥沙流失。这可能归咎于两方面的原因：(1) 作物生长前期土壤较疏松，土壤易被冲失；而到了生长后期，最易被冲失的表土已经散失，加之根系的固土能力增强，土壤也较前期紧实，因而土壤继续流失的几率显著减小。(2) 茂盛的植物生长拦截了雨水，避免了雨滴对地表的直接打击，防止了泥沙流失。

3.2 经济植物篱与平衡施肥对防治坡耕地水土流失的效果

既然植物覆盖度和根系固土能力对水土流失起到了至关重要的作用，那么，任何增加地表覆盖和固定土壤能力的因素都会有效地降低水土流失。为了验证这些因素的作用与效果，从20世纪90年代末至本世纪初，加拿大钾磷肥研究所支持位于长江上游的四川、云南和贵州三省农科院土肥所开展了相应的试验研究，取得了可喜的进展，其田间试验研究结果列于表2和表3。

云南省的田间试验安排在西南地区的祥云县和昆明附近的富民县，分别代表云南省水土流失严重的两个典型区域和土壤类型。试验处理分别是农民顺坡种植或农民习惯种植，农民顺坡种植+平衡施肥（BF），农民顺坡种植+平衡施肥（BF）+经济植物篱（花椒树+黄花），等高种植+平衡施肥（BF），等高种植+平衡施肥（BF）+经济植物篱（花椒树+黄花）（表2）。结果表明，水土流失量存在很大的年度差异。分析当地年度气象资料后发现，这种差异主要归咎于年度间的降雨变化：降水量高的年度，水土流失量也大。试验结果还表明，每一种增加地表覆盖和固土能力的措施都能显著降低水土流失量。按4年的平均土壤流失量计，在祥云县褚家乡，在农民顺坡种植和习惯施肥的基础上增加平衡施肥，可降低土壤流失量21%；在此基础上再种植经济植物篱，可再降低土壤流失量

52%。采用等高种植+平衡施肥，比农民习惯种植降低土壤流失量达 81.98%；在此基础上增加经济植物篱，保持水土的效果可再增加 6%。在富民县高仓试验点，土壤流失量虽比祥云点低，但各处理的表现的效果大致一致。

表 2　云南祥云县和富民县坡耕地 5—10 月不同处理土壤流失量（kg/ha）

试验点/处理		5—10 月降雨量(mm)	农民顺坡(T1)	农民+BF(T2)	农民+BF植物篱(T3)	等高+BF(T4)	等高+BF+植物篱(T5)
祥云褚家	2000 年	826.8	5607.4	2327.6	3226.9	1639.9	952.2
	2001 年	1078.4	42841.0	37382.0	14775.0	6884.0	6498.0
	2002 年	959.0	18828.0	11884.5	4837.5	2056.5	1501.5
	2003 年	982.2	50164.3	41105.4	9273.2	10580.4	5266.1
	平均值	961.6	29360.2	23174.9	8028.2	5290.2	3554.5
	比 T1 减少	—	—	−6185.3	−21332.1	−24070.0	25805.8
	比 T1 减少(%)	—	—	−21.07	−72.66	−81.98	−87.89
富民高仓	2000 年	775.4	12058.5	11886.5	13305.0	723.0	1036.5
	2001 年	879.3	5775.0	3753.0	2304.0	2665.5	471.0
	2002 年	777.2	11697.7	8969.6	8527.1	4248.0	1554.3
	2003 年	664.9	2321.6	852.9	565.4	552.6	237.9
	平均值	774.2	7963.2	6365.5	6175.4	2047.3	824.9
	比 T1 减少	—	—	−1597.7	−1787.8	−5915.9	−7138.3
	比 T1 减少(%)	—	—	−20.06	−22.45	−74.29	−89.64

在贵州省罗甸县的田间试验中，共设计了五个处理，分别为农民顺坡种植，农民顺坡种植+平衡施肥，经济植物篱 1（金荞麦+李子树），经济植物篱 2（黄花+花椒树）和工程梯化（表 3）。结果表明，与云南的情况相似，水土流失存在很大的年度差异，这与当地年降水量的增减趋势一致。利用经济植物篱和其它促进作物生长、增大地表覆盖度等措施来拦截、阻挡水土流失，能有效地起到防止水土流失的目的。采用经济植物篱和工程梯化等水土保持技术结合平衡施肥措施，可明显地减少水土流失和地表径流，其作用从大到小顺序为：金荞麦+李子树+平衡施肥＞工程梯化+平衡施肥＞黄花+花椒树+平衡施肥＞平衡施肥＞农民习惯。试验结果初步表明，经济植物篱配合平衡施肥可维护坡耕地的可持续利用。

表 3　贵州省罗甸县坡耕地 5—10 月不同处理土壤流失量（kg/ha）

年　份	农民顺坡	植物篱 1	植物篱 2	工程梯化	平衡施肥
2000	10233	3518	4749	3797	5352
2001	4395	255	255	1530	1755
2002	7335	3353	3375	3980	5925
2003	2494	633	440	502	1282
平均值	6114	1940	2205	2452	3579
比农民习惯减少		−4174	−3909	−3662	−2536
比农民习惯减少（%）		−68.27	−63.94	−59.89	−41.47

在四川的田间试验中，选用了香椿、枇杷+黄花、黄花梨+黄花、花椒、桑树、蓑

草、金银花等多种经济植物篱模式。在简阳点，试验采用了黄花梨+黄花模式。与云南和贵州的情况相似，从1997年以来，该植物篱模式一直能显著降低坡耕地的土壤流失量。当植物篱与平衡施肥技术结合在一起时，能进一步提高保水效果。植物篱对防止水土流失的效果存在明显的年度差异，其趋势为流失量越大的年份，植物篱的效果就越显著。

4 经济植物篱和平衡施肥对作物产量的影响

云南、贵州、四川三省不同经济植物篱模式对作物产量的影响结果列于表4、表5和表6。由于各试验点的坡度和坡长等各不相同，因而条带间的宽度也各不相同。在云南的祥云和富民点，带间宽度为9 m～10 m，用作种植经济植物篱的宽度为1 m，后者占地面积为10%；在贵州省的罗甸县，带间宽度为6 m，用作种植经济植物篱的宽度为1 m，占地面积为16.7%；在四川省的简阳县，带间宽度为7 m，用作种植经济植物篱的宽度为1.3 m，占地面积为18.7%。不同带宽的选择表明了各地坡耕地地块的坡长与面积大小，即云南省试验点的地块面积最大，四川省居中，贵州省最小。

由于种植经济植物篱作物要占据一定的粮食种植面积，因此，所有经济植物篱处理都会不同程度地影响作物产量。这种影响因经济植物篱模式和所选植物品种不同而异。在云南的祥云和富民点，所有的平衡施肥处理都连续4年显著地增加了作物产量（表4）。等高种植模式比农民顺坡种植更能有效地提高作物产量，这可能是因为等高种植有效地防止了水土和养分流失，从而促进了作物生长和产量的提高。虽然经济植物篱带占据了10%的土地面积，但作物产量不但没有减少，反而比农民习惯种植作物产量显著增加。这一方面可能是因为经济植物篱处理都使用了平衡施肥技术，另一方面可能是该试验选用了花椒和黄花作为篱带植物，这两种植物的根系和树冠的伸展范围都较窄，和粮食作物的争光、争肥问题不严重，以致在试验进行4年时仍未影响作物产量。

表4 云南省经济植物篱坡地试验不同处理对作物产量的影响（kg/ha）

试验点/处理		农民顺坡(T1)	农民顺坡+BF(T2)	农民顺坡+BF+植物篱(T3)	等高种植+BF(T4)	等高种植+BF+植物篱(T5)
祥云褚家	2000年	6090.0	7035.0	6120.0	7155.0	7065.0
	2001年	6075.0	6315.0	6870.0	6900.0	7020.0
	2002年	6973.5	7174.6	6836.0	7857.1	7529.1
	2003年	5661.4	6137.6	6071.4	6719.6	6904.8
	平均产量	6200.0	6665.6	6474.4	7157.9	7129.7
	比T1增加	—	465.5	274.4	957.9	929.7
	比T1增加(%)	—	7.51	4.43	15.45	15.00
富民高仓	2000年	4760.0	6012.8	5459.7	10248.3	9840.3
	2001年	3790.5	4482.0	4824.0	4648.5	5136.0
	2002年	7623.8	7728.6	6842.9	8752.4	8628.6
	2003年	5904.8	6442.9	5185.2	6895.2	6783.1
	平均产量	5519.8	6166.6	5578.0	7636.1	7597.0
	比T1增加	—	2784.4	2195.8	4253.9	4214.8
	比T1增加(%)	—	82.32	64.92	125.77	124.62

在贵州省罗甸点，平衡施肥处理对作物产量的影响与云南的情况一致，但两个植物

篱处理的情况却各不相同。黄花+花椒树处理的结果与云南省的情况一样，虽然植物篱带占了16.7%的土地面积，但在4年试验中的玉米产量始终比农民习惯处理的高（表5）。而对金荞麦+李子树处理来说，从第三年开始玉米出现了减产。这可能是因为李子树属于乔木，其根系和树冠都比花椒伸展的远得多，随着树龄的增加和树的长大，影响作物的生长就成为理所当然的事。当坡地工程梯化后，虽然土地面积也比农民习惯有所减少，玉米产量还是有所增加。

表5　贵州省罗甸县植物篱坡地试验不同处理对作物产量的影响

年份	处理	玉米产量（kg/ha）	比农民习惯增产	
			kg/ha	%
2000	农民习惯	3588.8	—	—
	植物篱1（金荞麦+李子树）	4852.5	1263.8	35.2
	植物篱2（黄花+花椒树）	4841.3	1252.5	34.9
	工程梯化	3978.8	390.0	10.9
	平衡施肥	4867.5	1278.8	35.6
2001	农民习惯	5066.3	—	—
	植物篱1（金荞麦+李子树）	5993.8	927.5	18.3
	植物篱2（黄花+花椒树）	6215.0	1148.8	22.7
	工程梯化	5229.3	163.0	3.2
	平衡施肥	6045.8	979.5	19.3
2002	农民习惯	3220.5	—	—
	植物篱1（金荞麦+李子树）	2859.0	−361.5	−11.2
	植物篱2（黄花+花椒树）	4355.3	1134.8	35.2
	工程梯化	3888.4	667.9	20.7
	平衡施肥	4266.4	1045.9	32.5
2003	农民习惯	3414.3	—	—
	植物篱1（金荞麦+李子树）	3329.4	−2.5	0
	植物篱2（黄花+花椒树）	4934.0	44.5	1.3
	工程梯化	3672.9	7.6	0.2
	平衡施肥	4365.0	27.8	0.8

四川省的试验点处于一年两熟制地区，这使得植物篱对作物产量的影响与一熟制的情况有所不同。在试验的头两年，梨树+黄花处理中几种作物的产量几乎都增加，但从第三年（1999年）起，作物总产开始下降，这与贵州省的试验结果相吻合。从作物品种来看，植物篱1999—2001年主要影响的是夏季作物玉米和红苕的产量，而对冬季作物小麦和大麦的产量影响不大（表6）。这可能是因为梨树旺长期与玉米和红苕同季，而梨树与小麦和大麦的共生期较短（4—5月上旬）。但从第六年（2002年）起，随着梨树继续长大，无论是夏季还是冬季作物，其产量都无一例外地受到影响。但平衡施肥处理作物受到的影响远比非平衡施肥处理作物受到的影响小得多。如果扣除经济植物篱带所占18.7%的土地面积计算，2003年植物篱处理的三种粮食作物仅比农民习惯处理平均减产6%，而植物篱+平衡施肥处理的三种粮食作物反而比农民习惯处理平均增产3%。

表 6 1997—2003 年四川简阳点不同处理对作物产量的影响（kg/ha）

年 份	作 物	顺坡种植（CK）	植物篱+横坡		植物篱+横坡+平衡施肥	
			实产	比 CK±%	实产	比 CK±%
1997—2000	玉米	5067	4267	−15.8	4833	−4.6
	红苕	11367	9800	−13.8	11717	+3.1
	小麦+大麦	2167	2534	+16.9	3333	+53.8
	全年产量	18601	16601	−10.2	19883	+6.9
2001	花生	3250	2700	−16.92	2750	−15.38
	小麦+大麦	2375	2475	4.21	2525	6.32
	黄花	−	513	−	914	−
	梨	−	4250	−5000	−	
2002	花生	3255	1575	−51.61	2400	−26.27
	小麦+大麦	2925	2400	−17.95	2625	−10.26
	黄花	−	390	−	420	−
	梨	−	6900	−	8655	−
2003	花生	3104	2157	−30.51	2344	−24.48
	小麦	3240	2791	−13.86	2996	−7.53
	红苕	13436	10041	−25.27	11258	−16.21
	黄花	−	373	−	400	−
	梨	−	6810	−	8900	−

5 经济植物篱的经济效益

在防止水土流失的同时产生可观的经济收入，这是经济植物篱与其它水土保持措施如工程梯化、非经济植物篱的根本区别。社会效益、生态环境效益和经济效益的有机结合，是坡地农业可持续发展的方向和保障。

为了客观地评估经济植物篱所产生的经济效益，加拿大钾磷研究所 2003 年聘请了原 IBSRAM 的 Adisak Sajjaponse 博士对云南、贵州和四川省坡地经济植物篱试验点的经济效益情况进行了实地考察和评估，结果列于表 7、表 8 和表 9。

表 7 四川省简阳点 7 年来不同试验处理每公顷所产生的纯收入（单位：元）

年 份	纯收入		
	农民习惯	经济植物篱	经济植物篱+平衡施肥
1997	3571	−13323	−13167
1998	9153	6670	8419
1999	5485	7110	8142
2000	6321	12696	14164
2001	7203	12999	15159
2002	8101	13749	19320
2003	7987	21769	22654
合计纯收入	47821	61670	74691
比农民习惯增加	−	13849	26870
比农民习惯增加%	−	28.96	56.19

需要全本请访问 www.ertongbook.com