

现代农业水土保持机理 与技术研究

◎张亮 著

非
外
借



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

华北水利水电大学高层次人才科研启动项目(编号: 40522)资助
国家自然科学基金面上项目(编号: 51779093)资助
河南省高校科技创新团队支持计划(编号: 17IRTSTHN026)资助

现代农业水土保持机理 与技术研究

◎张亮 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

·北京·

内 容 提 要

本书在梳理已有成果和分析现代农业发展趋势的基础上,明确了现代农业水土保持的相关原理,介绍了水土保持措施、水土保持规划、不同区域水土保持生态建设措施等内容,力求反映当前现代农业水土保持建设的主要内容及发展趋势,将水土保持学科的基本知识与新知识、新成果和新技术在实践中的应用相融合,使水土保持生态建设在支撑经济社会可持续发展中发挥重要的作用。

本书可作为国内外环境科学、地学、农业、林业、水利等相关学科科教人员的教材使用,也可作为从事水保科技研究、教学与推广的科教工作者及有关行政管理人士的参考读物。

图书在版编目(CIP)数据

现代农业水土保持机理与技术研究 / 张亮著. -- 北京: 中国水利水电出版社, 2018. 11
ISBN 978-7-5170-7124-2

I. ①现… II. ①张… III. ①水土保持—研究 IV. ①S157

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 257488 号

责任编辑: 陈洁

封面设计: 王伟

书 名	现代农业水土保持机理与技术研究 XIANDAI NONGYE SHUITU BAOCHI JILI YU JISHU YANJIU
作 者	张亮 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (营销中心)、82562819 (万水) 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	三河市元兴印务有限公司
规 格	170mm×240mm 16 开本 14.5 印张 208 千字
版 次	2019 年 1 月第 1 版 2019 年 1 月第 1 次印刷
印 数	0001-3000 册
定 价	63.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

我国是一个历史悠久的农业大国，也是世界上水土流失最严重的国家之一，在长期的历史实践中，我国劳动人民积累了丰富的水土治理经验。从西周到晚清，广大劳动人民创造、发展了保土耕作、造林种草、打坝淤地等一系列水土保持措施。当代的水土保持理论方法，很多都是我国历史上水土流失防治实践的延续与发展。从近现代开始，受西方科学传入的影响，国内一批科学工作者相继投身治理水土流失、改变人民贫困生活的行动中，他们做了大量科学研究工作，取得了丰硕的成果，水土保持也从自发阶段进入到自觉阶段，水土保持事业进入到一个全新的历史时期。

近年来，随着经济的快速发展，大量的工程建设导致水土流失这一问题更加严峻。为应对这一变化，水土保持工程措施也有了新的发展。

而在农业生产中，采用各种措施来防治水土流失，已有几千年历史，但是随着人们对资源、环境及社会经济可持续发展认识的不断深化，各种替代性农业模式不断涌现，相应的农业技术措施也处在不断创新和研究中。

本书共六章。第一章在阐释了水土保持和水土流失的核心概念的基础上，探究了水土流失和农业可持续发展的关系；第二章对水土流失的机理进行了分析；第三章阐述了水土保持规划和治理措施配置；第四章对水土保持工程措施进行了研究，分别探究了流域坡面治理工程、边坡防护工程、流域沟道治理工程及泥石流防治工程措施；第五章则对农业水土保持的关键技术进行了探讨；第六章是水土保持型生态农业途径研究的相关内容。

我国国土辽阔，各地气候、地形、土壤、植被、社会经济发展水平等差异较大，防治水土流失所采取的工程措施侧重点不尽相同，具体措施也有变化。作者力图将水土保持的新理论、新方法、新经验写

入书中，供生产、科研及管理部門的有关人員参考，但是由于农业水土保持的发展历史悠久，创新势头强劲，又是一門交叉学科，限于知识水平与实践經驗，书中难免有疏漏与错误之处，恳請广大讀者批評指正。

作者

2018年2月

目 录

前言

第一章 水土保持与农业可持续发展	1
第一节 水土保持的核心概念	1
第二节 水土流失现状、趋势及危害	2
第三节 水土保持与农业可持续发展	8
第二章 水土流失的机理分析	11
第一节 土壤侵蚀与水土保持关系	11
第二节 土壤侵蚀的类型、形式和我国土壤侵蚀类型分区	16
第三节 土壤侵蚀机理与影响因素分析	20
第三章 水土保持规划和治理措施配置	42
第一节 水土保持规划研究概述	42
第二节 水土保持规划的内容与程序	44
第三节 水土保持分区及治理措施总体布局	46
第四节 水土保持综合防治规划	48
第四章 水土保持工程措施探究	56
第一节 流域坡面治理工程措施	56
第二节 边坡防护工程措施	82
第三节 流域沟道治理工程措施	110
第四节 泥石流防治工程措施	150
第五章 农业水土保持的关键技术	154
第一节 水土保持耕作技术与保护性耕作技术	154
第二节 水土保持栽培技术	173

第三节	土壤改良与培肥技术	181
第四节	旱作农业节水技术	205
第六章	水土保持型生态农业途径研究	209
第一节	生态农业的内涵与发展背景分析	209
第二节	生态农业的理论基础与特征	214
第三节	水土保持型生态农业模式与技术	220
参考文献	224

第一章 水土保持与农业可持续发展

水土保持对农业可持续发展具有深远影响，本章在对水土保持的核心概念进行了诠释后，剖析了水土流失的现状、趋势及危害，并较为全面地对水土流失与农业可持续发展之间的关系进行了研究。

第一节 水土保持的核心理论

一、概念

水土保持是指合理使用水资源、土地资源，避免污染，防止土壤内的营养物质流失，增强土地活性，同时通过地表植被的保护和重建，有助于实现水源、土壤资源的市场经济效益，形成绿色环保的环境，促进人与自然建立更亲密的关系。我国出台的《水土保持法》中明确写出：“水土保持是指对自然因素和人为活动造成水土流失所采取的预防和治理措施。”

二、研究对象

水土保持既要保护土地资源，又要防止水资源污染。其实质除了需要实施保护外，还要对水土资源进行改善和适当的配置。把保护水土的内涵停留在表面的保护土壤和水资源上是错误的。除此之外，水土保持与避免土壤遭到侵蚀的概念不相等。

水土保持从以下几个方面进行：科学分配土地资源；避免水源、土壤资源损失；防治土壤退化；充分利用有限的自然资源；控制地表径流；为农地保蓄水分；节流灌溉与适当排水；改善生态环境和提高农业生产等。

● 现代农业水土保持机理与技术研究

水土保持按项目类型又主要分为农地水土保持、林地水土保持、草地水土保持、道路水土保持、工矿区保护水土资源、保护水库、城镇水土资源，形成绿色良好的环境等。

水土保持的研究对象具体体现在以下几个领域。

(一) 土壤资源领域

丰富土壤内有机物质的种类和含量，提高土壤贮水及排水的能力，对土壤结构进行调整，促进土壤生产力及抗逆性的提高。

(二) 植物资源领域

部分地区的森林植被由于过度砍伐，造成了严重的水土流失，在这些地区中可通过种植花草树木、封山育林等方式恢复原有的自然样貌，扩大植被的覆盖面积，从而达到保护土壤及水资源、阻挡沙尘、建立良好的生态环境的目的。

(三) 工程措施领域

通过修建各项水土保持工程以预防水土流失灾害的发生，促进土壤及水资源循环利用。具体的措施不仅包括防治山坡水土流失的工程，如梯田、水平沟等；还包括防治沟壑水土流失的工程，如各类型淤地坝、拦沙坝和沟头防护工程。除此之外，还包括如喷灌、滴灌等小型灌排设施。

第二节 水土流失现状、趋势及危害

一、水土流失现状

根据2002年1月水利部公布的“全国第二次水土流失遥感调查成果”，20世纪90年代末，我国遭受水土流失地区的总面积约355.55万 km^2 ，其中，水蚀造成的破坏面积约164.88万 km^2 ，因风蚀

造成的破坏区域面积约 190.67 万 km^2 ，在水蚀、风蚀面积中，水蚀风蚀交错区水土流失面积 25.76 万 km^2 。

表 1-1 全国土壤侵蚀强度面积统计 (1999)

项目	土壤水蚀		土壤风蚀	
	面积/万 km^2	占比/%	面积/万 km^2	占比/%
轻度侵蚀	83	50.30	79	41.36
中度侵蚀	55	33.33	25	13.09
强度侵蚀	18	10.91	25	13.09
极强度侵蚀	6	3.64	27	14.14
剧烈侵蚀	3	1.82	35	18.32
合计	165	100	191	100

我国土壤损失情况严重，覆盖领域广，各地区及村镇、城市都存在土壤侵蚀问题。

第一，水蚀区域有长江中上游的四川、重庆等地区，黄河中下游的甘肃、宁夏等地区。除此之外，部分华北、东北的地区如河北、辽宁等，为水蚀所害的程度也异常突出。

第二，风蚀最严重的地区为西北地区的新疆、内蒙古、青海、甘肃以及西南地区的西藏，仅这 5 省（自治区）的风蚀面积就达到 183.62 万 km^2 ，占全国风蚀总面积的 95.30%。

二、2000 年和 2010 年水力侵蚀风险及其对土地利用的影响

人类活动对土壤侵蚀发生及发展的影响，主要是通过对土地的不同利用方式产生，合理的土地利用（如植树造林、坡地退耕或改梯田耕作等）可以有效地减少侵蚀风险性或减缓侵蚀速率。

土地利用方式对水力侵蚀风险的影响角度出发，叠加 2000 年和 2010 年的土地利用与相应时期的水力侵蚀风险指数数据，按照水土保持区界进行统计，结果如表 1-2。研究中考虑到水体和城镇/建设用地水力侵蚀发生的可能性相对较小，在本文中不予计算，主要以耕地（包括山区水田、丘陵水田、平原水田、大于 25 度水田、山区旱地、

丘陵旱地、平原旱地和大于 25 度旱地)、林地 (包括有林地、灌木林地、疏林地和其他林地)、草地 (高覆盖度草地、中覆盖度草地和低覆盖度草地) 和未利用地 (沙地、戈壁、盐碱地、湿地、裸土地、裸岩石砾地和其他未利用土地) 等 4 个地类为主要分析对象。2000 年, 结果如表 1-2 所示, 耕地区中, 中度及以下风险级的面积占比最大 (约 79%), 较高和高风险的侵蚀耕地面积比也较大 (约占 19%), 极高风险的侵蚀耕地很少, 面积比不到 2%; 林地区中度及以下侵蚀风险级的面积占比也最大 (约 82%), 较高和高风险的侵蚀林地面积比也较大 (约为 17%), 极高风险的侵蚀林地面积比最小 (约 1.1%); 草地区中度及以下侵蚀风险级的面积比也是最大的 (约 58%), 比耕地和林地的同侵蚀风险级别的面积比减少很多, 较高和高风险级的侵蚀草地面积比很大 (约 39%), 极高侵蚀风险级的草地面积比也是最小的 (约 3%), 但比耕地和林地同侵蚀风险级别的面积比增大很多; 未利用土地地区, 中度及以下侵蚀风险级的面积比略大于 50%, 但较高和高侵蚀风险级的未利用土地面积比很高 (约 46%), 极高侵蚀风险级的未利用土地面积比也最小 (约 3.1%)。

表 1-2 2000 年 4 个主要地类的水力侵蚀风险等级面积占比

2000 年	无风险	低风险	中度风险	较高风险	高风险	极高风险	合计
耕地	44.46%	18.50%	16.06%	11.45%	7.62%	1.92%	100.00%
林地	15.18%	46.99%	19.67%	9.91%	7.15%	1.10%	100.00%
草地	9.02%	25.48%	23.90%	22.92%	15.63%	3.06%	100.00%
未利用土地	31.47%	8.13%	10.69%	22.46%	23.29%	3.97%	100.00%

2010 年研究区耕地、林地、草地和未利用土地的水力侵蚀风险级面积分布格局与 2000 年相似, 见表 1-3, 各土地类型中都以低侵蚀风险级的面积比大于高侵蚀风险级的。但 2010 年除林地区以外, 低侵蚀风险级的土地面积比还有增大的趋势, 较高和高风险级的面积比减小了, 如中度及以下侵蚀风险级的耕地面积比增加到了 87.63%, 而其较高和高风险级的侵蚀耕地面积比减小为 9.69%, 耕地、林地和草地

区的极高风险级别的侵蚀面积比也增加明显，未利用土地地区的极高侵蚀风险级的面积比略有减小。总体来说，土地利用结构趋于合理，有助于土壤侵蚀治理保护，但在有些环境条件特别易于发生侵蚀的地区，如地形起伏度大或坡度陡、可蚀性强的土壤质地区、降雨充沛、植被覆盖度低等条件不好的地区，对植被的破坏和不合理的土地利用方式就会引起极大的侵蚀风险。

表 1-3 2010 年 4 个主要地类的水力侵蚀风险等级面积占比

2010 年	无风险	低风险	中度风险	较高风险	高风险	极高风险	合计
耕地	45.28%	23.08%	19.26%	6.04%	3.66%	2.68%	100.00%
林地	9.35%	32.16%	35.25%	14.42%	6.02%	2.80%	100.00%
草地	7.13%	29.89%	31.79%	17.08%	10.09%	4.02%	100.00%
未利用土地	24.67%	12.96%	16.46%	23.90%	18.82%	3.20%	100.00%

细化主要土地利用类型水力侵蚀风险指数分布格局，结果见表 1-4 所示，东北黑土区以林地和草地的水力侵蚀风险指数最大，耕地和未利用土地的风险指数最小，相比 2000 年，2010 年该区林地和未利用地的水力侵蚀风险指数有所上升，耕地和草地的下降了。

北方土石山区以林地和草地的土壤侵蚀风险指数最大，耕地和未利用土地的风险指数最小，相比 2000 年，2010 年该区林地和未利用地的水力侵蚀风险指数有所上升，耕地和草地的下降了。

西北黄土高原区耕地、林地、草地和未利用地的水力侵蚀风险指数都是全国相对最大的，相比 2000 年，2010 年该区林地和未利用地的水力侵蚀风险指数有所上升，耕地和草地的下降了。

南方红壤区，2000 年以林地和草地的土壤侵蚀风险指数最大，2010 年以耕地的风险指数最大，相比 2000 年，2010 年该区耕地、林地、草地和未利用地的水力侵蚀风险指数都增大了，尤以农田侵蚀风险指数增长最显著。

表 1-4 2000 - 2010 年不同土地利用方式下水力侵蚀风险指数

水土保持区	土地利用类型	2000 年风险指数	2010 年风险指数
东北黑土区	耕地	0.0296	0.0274
	林地	0.0474	0.0634
	草地	0.0650	0.0565
	未利用地	0.0261	0.0353
北方风沙区	耕地	0.0352	0.0270
	林地	0.0498	0.0615
	草地	0.0703	0.0635
	未利用地	0.0687	0.0798
北方土石山区	耕地	0.0308	0.0279
	林地	0.0596	0.0811
	草地	0.0728	0.0733
	未利用地	0.0242	0.0259
西北黄土高原区	耕地	0.1137	0.0885
	林地	0.0993	0.1105
	草地	0.1256	0.1069
	未利用地	0.1221	0.1243
南方红壤区	耕地	0.0251	0.1243
	林地	0.0362	0.0547
	草地	0.0330	0.0470
	未利用地	0.0129	0.0142
西南紫色土区	耕地	0.0585	0.0581
	林地	0.0530	0.0777
	草地	0.0553	0.0813
	未利用地	0.0796	0.1009
西南岩溶区	耕地	0.0807	0.0622
	林地	0.0725	0.0683
	草地	0.0665	0.0656
	未利用地	0.0870	0.0799
青藏高原区	耕地	0.0758	0.0706
	林地	0.0814	0.0786
	草地	0.0857	0.0719
	未利用地	0.1202	0.1089

西南紫色土区以未利用土地的侵蚀风险指数最大, 相比 2000 年, 2010 年该区除耕地的风险指数减小了外其他土地利用类型的侵蚀风险指数都增大了。

西南岩溶区也以未利用土地的侵蚀风险指数最大,相比2000年,2010年该区耕地、林地、草地和未利用地的水力侵蚀风险指数都减小了。

北方风沙区以草地和未利用地的侵蚀风险指数最大,相比2000年,2010年该区林地和未利用地的侵蚀风险指数增大了,耕地和草地的侵蚀风险指数却是减小了。

青藏高原区以未利用地侵蚀风险指数最大,而且耕地、林地、草地和未利用地的水力侵蚀风险指数从2000年至2010年都呈减小变化。

三、水土流失的影响

我国土壤资源破坏的程度位居国际前列,黄河中上游及我国东北的少数地区是水土流失的高发地区。水土流失带来的恶劣影响有以下几点。

(一) 破坏土壤资源

土壤破坏导致土壤内丰富的营养物质流失,极易形成沟壑地势,土壤贫瘠,土壤出现裂化现象,造成农耕用田面积缩小。如果不及时采取有效的措施,适合耕种的田地将越来越少,影响人们的日常生活。有调查称,除沙尘破坏外,我国土壤及水资源损失总面积达到我国土地总面积的16%。遭受水土流失的黄土高原面积共43万 km^2 ,占黄土高原总面积的81%。在山西等省内,干沟超过50条,长度5~10km,这些沟河的长度大多较长,沟河峡谷的面积达水域总面积的二分之一。

(二) 土壤肥力和质量下降

由于土壤被破坏营养大量减少,不管是土壤的肥力又或是植物的产量上都有着大幅度的下降。吉林省的黑土地地区,每年土层流失量的厚度最低为0.5cm,最高则达到3cm,原来丰富的土层逐渐变得贫瘠,有些侵蚀严重的地方黑土层几乎被全部破坏,地表层随处可见的是黄土与乱石。四川盆地中部的土石丘陵区,其坡地的坡度为 $15^\circ\sim 20^\circ$,年均表土侵蚀厚度为2.5cm;陕西某地区的年均侵蚀量已超过 $6000\text{t}/\text{km}^2$,甚至最高时要超过2万t;淮河以南的红黄壤地区,譬如江西的兴国县,平均年流失量为 $5000\sim 8000\text{t}/\text{km}^2$,甚至有部分地区可达到

13500t/km²，裸露的花岗岩风化坡面之所以有着南方“红色沙漠”之称也是因其地表温度在夏季时高达70℃而得名。而珠江三角洲就目前而言其部分海岸线是以每年50~100m的速度向前推进。我国土壤的流失数量就已达到50万t，占世界总流失量的20%，相当于剥去10mm厚的较肥沃的土壤表层。水土流失的土壤表层通常是较肥沃的，所以使土壤中的有机物及养分损失惨重；土壤的理化性质也趋于恶化，如土壤的板结、土质的变坏等，且土壤的透气性和透水性都有所下降。

（三）生态环境恶化

由于严重的水土流失，导致地表植被的严重破坏，我们所生存的环境日益恶化，使各种自然灾害发生的频率逐年升高，其中干旱所带来的危害越发严重。黄土高原地区10年有5~7年便会发生一次的旱灾，严重影响农林业生产的发展。

（四）破坏水利、交通工程设施

水土流失带走的大量泥沙，被送进水库、河道、天然湖泊，造成河床淤塞、抬高，引起河流泛滥，大大缩短了水利设施的使用寿命，这是平原地区发生特大洪水灾害的主要原因之一。大量泥沙的淤积还会造成大面积土壤的次生盐渍化。此外，一些地区因重力侵蚀形成崩塌、滑坡或泥石流等，经常导致交通中断，道路桥梁破坏，河流堵塞，也造成了巨大的经济损失。

第三节 水土保持与农业可持续发展

水土流失是农业生产中长期存在的一个重要问题。水土流失会导致养分退化和生产力降低，没有了肥沃的土壤，人们的农业生产将无法正常进行下去，人们得益于土壤，人们更依赖于土壤，同时土壤还是人类世代相传的生存条件和生产条件，可以说是我们的生命线。现代农业生产中农业机械化水平稳步上升，不管是在土地产出率还是劳

动生产率等方面都因此而大大提高，显著增强了农业综合生产能力，同时也大大缩减了农业生产的成本。然而，高度机械化作业，极易导致耕作、犁耙过度，进一步加剧农田土壤的风蚀和水蚀，更易造成水土流失和沙尘暴肆虐。

水土保持是指针对自然因素和人为活动造成水土流失所采取的预防和治理措施。而农业可持续发展是人类可持续发展大系统中的—个重要组成部分，构建农业可持续发展战略需要从农业资源环境保护、宏观经济战略、经济体制和社会制度等多角度去全面透视和探索。水土保持与农业可持续发展两者之间有着密切的联系。

一、水土保持对农村可持续发展的巨大支撑

(一) 水土保持可以改善农业生态与环境

水土保持通过工程、林草、农业耕作等措施的有效结合，可以提高生态自我修复能力和植被覆盖率，涵养水土资源，改善江河水流状况，有效防止水土流失和土地荒漠化；减少滑坡、泥石流、山洪等灾害的发生，减少入河泥沙和河道淤积，提高河道防洪减灾能力；防止沙尘暴等恶劣天气的发生，改善流域生态与环境。

(二) 水土保持可以帮助农民脱贫

就水土保持的工作任务而言，一方面可促使农业生产率的稳步上升，且使农业生产和收成有不同程度的提高，另一方面促使农业的高效发展和生态建设紧密结合，从结构上进行农村产业的进一步调整，确保第二、第三产业上农民的盈利收入有所增加。水土保持有助于推进新农村建设。把水土保持与新农村建设紧密结合起来，实行山、水、电、田、林、路、草、房、厕、池（垃圾池、沼气池、生活用水池）、管线（涵管、水管、电线、电话线、网络线）、村镇、住宅、防洪、排涝、排污等统筹规划，把水土保持的理念渗透到新农村建设中，以水土保持的技术标准完成生态文明新农村建设的目标任务，可以有力地促进新农村基础设施建设。

二、农业持续发展对水土保持工作有着巨大的推动作用

(一) 可以为水土保持工作提供财力保证

水土保持工作的长期性和艰巨性决定了水土保持需要巨大的投入，光靠中央政府投入是远远不够的，通过农业可持续发展，农村经济状况得到改善，地方政府就有更多的财力投入到水土保持工作中来，广大农民以及各种社会资金也可以在水土保持中贡献更多的力量。

(二) 可以为水土保持工作提供科技支撑

水土保持工作需要遵循自然规律，需要有先进科技的指导，通过农村可持续发展，农民素质得到提高，增强了吸收、消化和运用先进科学技术知识应对水土保持与农村可持续发展所面临的问题的能力，能使水土保持工作取得事半功倍的效果。

(三) 可以为水土保持工作提供基础设施保障

水土保持工作不是某一个部门的工作，而是一个需要多个部门或者行业协同合作的工作，如交通、电力等部门，通过农业可持续发展战略，能使农村的电力、交通等基础设施更加完善，从而为水土保持工作提供有力的保障。