



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



面向21世纪课程教材

Textbook Series for 21st Century



普通高等教育“十四五”规划教材

土壤肥料学

第3版

谢英荷◎主编

Soil Fertilizer Science



中国农业大学出版社
China Agricultural University Press



普通高等教育“十四五”规划教材



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

土壤肥料学

第3版

谢英荷 主编

李晓林 主审

中国农业大学出版社

• 北京 •

内 容 简 介

本书吸收了近年来国内外土壤肥料学科研究发展的最新进展和成果,紧密结合我国农业的生产实践,在陆欣教授、谢英荷教授主编的普通高等教育“十一五”国家级规划教材《土壤肥科学》(第2版)的基础上编写而成。内容主要包括三大部分:土壤基础理论、肥料基础理论和实验指导及附录。该书既可作为高等农林院校种植类本科相关专业的必修课程教材,也可作为从事土壤肥料科研、生产、管理人员的业务参考书。

书 名 土壤肥科学 第3版

作 者 谢英荷 主编 李晓林 主审

策 划 梁爱荣

责任编辑 赵 艳

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路2号

电 话 发行部 010-62733489,1190

编辑部 010-62732617,2618

网 址 <http://www.caupress.cn>

经 销 新华书店

印 刷

版 次 2022年3月第3版 2022年3月第1次印刷

规 格 185 mm×260 mm 16开本 24.75印张 千字

定 价 .00元

邮政编码 100193

读者服务部 010-62732336

出版部 010-62733440

E-mail cbsszs@cau.edu.cn

图书如有质量问题本社发行部负责调换

第3版编审人员

主 编 谢英荷(山西农业大学)

副主编 石伟勇(浙江大学)

王林权(西北农林科技大学)

李廷亮(山西农业大学)

李学贤(中国农业大学)

参 编 (按姓氏笔画排序)

王小利(贵州大学)

王林权(西北农林科技大学)

石伟勇(浙江大学)

卢维盛(华南农业大学)

刘世亮(河南农业大学)

闫双堆(山西农业大学)

李 勇(西南大学)

李 慧(河南农业大学)

李廷亮(山西农业大学)

李学贤(中国农业大学)

张玉平(湖南农业大学)

金圣爱(青岛农业大学)

秦俊梅(山西农业大学)

黄建国(西南大学)

曹寒冰(山西农业大学)

谢英荷(山西农业大学)

樊文华(山西农业大学)

主 审 李晓林(中国农业大学)

第 2 版编审人员

主 编 陆 欣(山西农业大学)

谢英荷(山西农业大学)

副主编 石伟勇(浙江大学)

李晓林(中国农业大学)

李华兴(华南农业大学)

卜玉山(山西农业大学)

参 编 (按姓氏笔画排序)

王 艳(山西财经大学)

王改兰(湖南农业大学)

王林权(西北农林科技大学)

卢维盛(华南农业大学)

申 鸿(西南大学)

刘世亮(河南农业大学)

李 慧(河南农业大学)

李新平(西北农林科技大学)

陆引罡(贵州大学)

金圣爱(青岛农业大学)

秦俊梅(山西农业大学)

黄建国(西南大学)

樊文华(山西农业大学)

主 审 毛达如(中国农业大学)

第 1 版编审人员

主 编 陆 欣(山西农业大学)

副主编 马国瑞(浙江大学)

李晓林(中国农业大学)

参 编 (按姓氏笔画排序)

王 艳(山西农业大学)

王林权(西北农林科技大学)

王益权(西北农林科技大学)

申 鸿(西南农业大学)

李华兴(华南农业大学)

黄建国(西南农业大学)

谢英荷(山西农业大学)

樊文华(山西农业大学)

主 审 毛达如(中国农业大学)

参 审 王申贵(山西农业大学)

第3版前言

本教材是在陆欣教授、谢英荷教授2011年主编的普通高等教育“十一五”国家级规划教材《土壤肥料学》(第2版)的基础上,由山西农业大学、浙江大学、西北农林科技大学、中国农业大学、西南大学、华南农业大学、湖南农业大学、河南农业大学、青岛农业大学、贵州大学等十多所院校的教师联合修订。《土壤肥料学》(第2版)经过近10年的使用,从2011年发行到2021年共印刷12次,发行量近8万册。得到全国广大使用单位的大力支持与肯定。

为了进一步适应我国新形势下培养新农科人才的需求,本次修订在继续坚持原教材“加强基础,淡化专业,拓宽专业面,重视应用”原则基础上,吸纳了近年来国内外本学科研究发展的新动态、新成果、新知识、新方法,同时结合我国土壤肥料专业的发展历史和科研成果,加强了专业内容与思政元素的有机融合,紧密结合我国的农业生产实践,在内容结构上做了适当缩减和精炼。并且增加了施肥与环境、地理标志产品基地的土壤管理等新内容,在实验指导部分增加了土壤硝态氮等的测定,充分体现了本教材具有起点高、内容新、重点突出、应用性强等特点。本教材既可作为农林类各专业:园艺(含果树、蔬菜、花卉)、园林、农学、农艺、茶桑、草业、经济林、植物保护等本科必修课程的教材,也可作为农林院校其他专业师生以及从事土壤肥料科研、生产、管理人员的业务参考书,有较强的适用性。

本教材除绪论外,设土壤基础理论、肥料基础理论和实验指导及附录,共3篇18章。编写分工如下:绪论和实验指导七~九由谢英荷编写,第1章、第9章的9.1节由李廷亮编写,第2章由曹寒冰编写,第3章、实验指导一~六和十、附录由秦俊梅编写,第4章由金圣爱编写,第5章由刘世亮编写,第6章、第9章的9.4、9.5节由卢维盛编写,第7章、第9章的9.6、9.7节由樊文华编写,第8章8.1节、第10章由王林权编写,第8章8.2、8.4、8.5、8.6、8.7节由张玉平编写,第8章的8.3节、第11章由黄建国编写,第8章的8.8节、第12章、第17章、第18章的18.2节由李学贤编写,第9章的9.2、9.3节由李慧编写,第13章由闫双堆编写,第14章、15章由石伟勇编写,第16章由李勇编写,第18章的18.1、18.3节由王小利编写,在个人编写基础上,由谢英荷、石伟勇、王林权、李学贤、

李廷亮对全书进行了统稿,最后由谢英荷对全稿进行增删、修改、定稿。

本教材承蒙中国农业大学李晓林教授主审,同时,本书参阅了近年来国内外同行的大量有关论著、文献,在此一并致以深切的谢意。

由于土壤肥料涉及学科广泛、发展日新月异,尽管大家在编写过程中付出了艰辛的努力,并经过多次修改,但限于编者水平有限,书中疏漏和错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2021 年 8 月

9.1.4 土壤(地)退化的后果

- (1)陆地生态系统的平衡和稳定遭到破坏,土壤生产力和肥力降低。
- (2)破坏自然景观及人类生存环境,诱发区域乃至全球的土被破坏、水系萎缩、森林衰亡和气候变化。
- (3)水土流失严重,自然灾害频繁,特大洪水危害加剧,对水库构成重大威胁。
- (4)化肥使用量不断增加,而化肥的报酬率和利用率递减,环境污染加剧;农业投入产出比增大,农业生产成本上升。
- (5)人地矛盾突出,生存环境恶化。
- (6)食品安全和人类健康受到严重威胁。

9.2 土壤侵蚀与防治

9.2.1 土壤侵蚀的概念及侵蚀程度指标

9.2.1.1 土壤侵蚀的基本概念

土壤侵蚀是指土壤、土壤母质和其他地面组成物质在水力、风力、冻融和重力等外力作用下,被破坏、剥蚀、转运和沉积的全过程。广泛应用的“水土流失”一词是指在水力作用下,土壤表层及其母质被剥蚀、冲刷搬运而流失的过程。

我国是世界土壤侵蚀最严重的国家之一,其范围遍及全国各地。土壤侵蚀的成因复杂,危害严重,主要侵蚀类型有水力侵蚀、风力侵蚀、重力侵蚀、冻融侵蚀和冰川侵蚀等。根据《中国水利统计年鉴 2018》统计数据,全国土壤侵蚀面积达 361 万 km²,占国土面积的 51%,其中水力侵蚀面积 129 万 km²,风力侵蚀面积 166 万 km²,冻融侵蚀面积 66 万 km²。重力侵蚀则不同程度地分别分布在以上 3 类土壤侵蚀分布范围内。

9.2.1.2 土壤侵蚀程度指标

衡量土壤侵蚀的数量指标主要采用土壤侵蚀模数,即每年每平方千米土壤流失量。根据土壤侵蚀模数对区域划分土壤侵蚀强度(表 9-3)。

表 9-3 土壤侵蚀强度分级标准表(水利部 SL 190—96)

级别	平均侵蚀模数[t/(km ² ·年)]	年平均流失厚度/(mm/年)
①微度	<200,500,1000	<0.15,0.37,0.74
②轻度	200,500,1 000~2 500	0.15,0.37,0.74~1.9
③中度	2 500~5 000	1.9~3.7
④强度	5 000~8 000	3.7~5.9
⑤极强度	8 000~15 000	5.9~11.1
⑥剧烈	>15 000	>11.1

9.2.2 土壤侵蚀的主要类型及成因

9.2.2.1 土壤侵蚀的基本类型

依据侵蚀动力类型、侵蚀的外部特征、作用方式和过程不同,人们将土壤侵蚀划分为以下几种类型。

(1)水力侵蚀 由于大气降水及所形成的径流引起的侵蚀过程和一系列土壤侵蚀形式,称为水力侵蚀。水力侵蚀形式有:①溅蚀;②面蚀;③沟蚀;④河沟山洪侵蚀。

(2)重力侵蚀 由于重力作用为主引起的土壤侵蚀形式称为重力侵蚀。严格地讲,单纯重力侵蚀引起的侵蚀不多,往往是在水力侵蚀和下渗水的共同作用下,以重力为其直接原因所导致的地表物质移动。重力侵蚀形式有泻溜、崩塌和滑坡等。

(3)冻融侵蚀 当温度在 0°C 上下变化时,对土体所造成的机械破坏作用,称为冻融侵蚀。在我国北方寒温带较为广泛,如陡坡、沟坡、河床、渠道等,在春季时有发生。

(4)冰川侵蚀 由现代冰川的活动对地表的机械破坏作用,称为冰川侵蚀。常发生在冰川活跃的青藏高原和高山雪线以上地区。冰川在移动过程中,像一台巨大的铲土机,产生土体的侵蚀作用。

(5)混合侵蚀 混合侵蚀常为泥石流。是一种含大量泥沙石块等固体物质的特殊洪流,它既不同于一般的暴雨径流,又是在一定的暴雨条件下,受重力和流水冲力的综合作用而形成的。在其流动过程中,由于崩塌、滑坡等侵蚀形式发生,得到大量松散固体物质补给,还经过冲击、磨蚀沟床,增加补充固体物质。它爆发突然,来势猛,历时短暂,所以具有强大的破坏力。

(6)风力侵蚀 风力侵蚀指在气流冲击下,土粒、沙粒脱离地表,被搬运和堆积的过程,简称风蚀。风蚀对地表所产生的剪切力和冲击力,引起细小的土粒与较大的土团分离,甚至从岩石表面剥离碎屑,使岩石表面出现擦痕和蜂窝,继之土粒或沙粒被风挟带形成风沙流。气流中的含沙量过饱和和风速降低时,土粒或沙粒与气流分离而引起沉降,堆积成沙丘或沙垄。

(7)生物侵蚀 生物侵蚀指动物、植物在生命过程中引起的土壤侵蚀。动物的生命活动,能引起土体破坏和土粒迁移;而一般植物在防蚀固土方面有特殊的作用,但人为活动不当,会导致植物侵蚀,如过度开垦种植,导致土壤性质恶化、肥力下降等现象的出现。

9.2.2.2 土壤侵蚀的主要形成因素

土壤侵蚀虽然是一种自然过程,但人为活动却是造成土壤流失的主要因素。

(1)植被破坏 植被破坏使得土壤失去天然保护屏障,成为加速土壤流失的先导因子。土壤流失与植被覆盖率呈高度正相关。

(2)坡耕地垦殖 坡耕地垦殖使土壤暴露,产生水力冲刷,是土壤流失的推动因子。土壤流失量与坡度呈指数关系。坡耕地农业是我国南方山地丘陵和黄土高原的特色。

(3)季风气候的影响 我国长江流域、江南丘陵、黄土高原土壤流失严重也与季风气候的影响有关。季风气候的特点是:降雨量大且集中,多暴雨,因此也加重了水土流失。

9.2.3 土壤侵蚀的危害及防治

9.2.3.1 土壤侵蚀的危害

(1)破坏土地吞食农田 西北黄土区、东北黄土区和南方花岗岩“崩岗”地区土壤侵蚀最为

严重。黄土高原的侵蚀沟头一般每年前进 1~3 m。辽宁省 12 个市在新中国成立以来由于土壤侵蚀已损失土地 71.2 万 hm^2 。

严重的土壤侵蚀导致土地“沙化”。在我国西北干旱草原和与风沙区相邻的黄土丘陵区,常因风蚀危害造成土地“沙化”现象。

(2)降低土壤肥力加剧干旱发展 土壤中含有大量氮、磷、钾等各种营养物质,土壤流失也就是肥料的流失。据湖北省有关部门观测分析,坡耕地每年流失土壤约 2.1 亿 t,其中含有机质 273 万 t,氮、磷等养分 231 万 t。坡耕地水、土、肥流失后,土地日益瘠薄,田间持水能力降低,加剧了干旱发展。据统计全国多年平均受旱面积约 1 960 万 hm^2 ,成灾面积约 673.3 万 hm^2 。

(3)淤积抬高河床加剧洪涝灾害 土壤侵蚀使大量坡面泥沙被冲蚀、运搬后沉积在下游河道,削弱了河床泄洪能力,加剧了洪水危害。新中国成立以来,黄河下游河床平均每年淤高 8~10 cm,目前很多地段已高出两岸地面 4~10 m,成为地上“悬河”。

近几十年来,包括我国长江在内的全国各地都有类似黄河的情况,随着土壤侵蚀的日益加剧,各地大、中、小河流的河床抬高和洪涝灾害也日趋严重。1998 年七八月间,我国长江流域、嫩江和松花江流域出现了百年一遇的特大洪水,据估计给我国造成 2 500 亿~3 000 亿元的经济损失,占全国 GDP 总量的 3%~4%。其中,长江沿岸各省水土流失占总土地面积比例:四川为 45%,湖北为 33%,江西为 21%,湖南为 20%,江苏为 15%,常年受洪水之害的安徽高达 37%,说明了土壤侵蚀造成河床淤高、行洪能力下降导致危害不断增大。

(4)淤塞水库湖泊影响开发利用 新中国成立以来,初步估计全国各地由于土壤侵蚀而损失的各类水库、山塘等库容历年累计在 200 亿 m^3 以上。长江中游的洞庭湖,清代道光年间有水面 6 270 km^2 ,由于土壤侵蚀导致的泥沙淤积,加之沿湖围垦等,1949 年湖面面积缩小至 4 350 km^2 ,1993 年又缩小至 3 641 km^2 ,同时湖底因泥沙淤积而升高,使其容量减少了 40%,严重影响了洞庭湖的缓洪能力和湖周的生态环境,1998 年长江干流发生的特大洪水灾害与之有密切关系。

9.2.3.2 土壤侵蚀的防治

防治土壤侵蚀的关键在于正确运用土地管理政策和科学的治理措施,削弱侵蚀因子,增强抗蚀因子和保土因子,达到防治的目的。

(1)树立保护土壤,保护生态环境的全民意识 要在土壤治理与生态环境治理和保护上下功夫;要制定相应的地方性、全国性荒地开垦和农林地利用监督性法规,制定土壤流失量控制指标;像环境保护一样处理好土壤流失。在人少地多地区,实行退耕陡坡与还林还牧同步进行。陡坡退耕的上限坡度已调整为 20° ,在有条件地区为 15° 。

改广种薄收、掠夺性经营为加强投入的集约化经营;在保持水土基础上,加强改土培肥,强化侵蚀土壤的改良,提高土地生产力。

(2)防治兼顾、标本兼治

①无明显侵蚀区 应以预防土地退化为主。在森林、草地植被完好的无明显侵蚀区,坚持采育结合、牧养结合,永续利用的方针。

②轻度和中度侵蚀退化区 在坡耕地地区,实施水土保持耕作法,如横坡耕作、带状种植、间作套种和合理轮作等,就地拦蓄径流,增加入渗。对于农作区,可实行土壤保持耕作法如聚土免耕垄作,一般农田可实行免耕,少耕或轮耕制。丘陵坡地梯田化,横坡耕地,带状种植。

③强度和剧烈侵蚀区 土壤流失严重地区应先保护后利用。土壤流失是不可逆过程,要将保护放在首位。立地条件差的黄土丘陵区 and 南方花岗岩流失区,必须搞工程建设。如水平梯田等,提高土壤水分储蓄量。千方百计培育森林植被。在江南丘陵、长江流域可种植经济效益较高的乔、灌、草本作物,以植物护工程,以保护促利用,最后以植物代工程,从根本上制止土壤侵蚀和土地退化。研究调查表明,在水土流失严重的地区筑坝拦泥淤地,是投资少见效快、坝地利用时间长、效益高的一种方式。“沟里筑道墙,拦泥又收粮”黄土高原地区群众对淤地坝作用的高度概括。淤地坝在拦截泥沙、蓄洪滞洪、减蚀固沟、增地增收、促进农村生产条件和生态环境改善等方面发挥了显著的生态、社会 and 经济效益。据有关调查资料,大型淤地坝每淤 667 m² 坝地,平均可拦泥沙 8 720 t。据对内蒙古准格尔旗西黑岱小流域坝系调查,该流域总面积 32 km²,从 1983 年开始沟道坝系建设,到 2003 年建成淤地坝 38 座,累计拦泥 645 万 t,已达到泥沙不出沟的良好效果。

总之,防治土壤流失,应从生态工程、生物工程和水利工程三方面综合治理。2019 年 9 月习近平总书记在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上强调,黄河生态系统是一个有机整体,在保护和发展的矛盾统一体中必须充分考虑上中下游的差异。龙羊峡、小浪底等大型水利工程充分发挥作用,河道萎缩态势得到遏制,实现了水资源消耗总量和强度双控,三江源等重大生态保护和修复工程加快实施,上游水源涵养能力稳定提升,中游抓好水土保持增强蓄水保土能力,下游河口湿地面积逐年回升,生物多样性明显增加。至今,黄河水沙治理取得显著成效,防洪减灾体系基本建成,保障了伏秋大汛岁岁安澜,确保了人民生命财产安全,有力支撑了经济社会可持续发展。

9.3 土壤沙化与生态重建

土壤沙化是当今人类面临的十大生态环境问题之一。随着沙化引起的诸如土地退化、生态环境恶化等一系列问题的出现。我国土壤沙化的危害十分严重,并且还有蔓延发展的趋势,因地制宜制定出治理方针政策,不懈地进行防治。

9.3.1 土壤沙化类型及其成因

9.3.1.1 我国土壤沙化概况及类型

(1)我国土壤沙化概况 土壤沙化泛指良好的土壤或可利用的土地变成含沙很多的土壤或土地甚至变成沙漠的过程。土壤沙化主要过程是风蚀和风力堆积过程。在沙漠周边地区,由于植被破坏或草地过渡放牧或开垦为农田,土壤因失水而变得干燥,土粒分散,被风吹蚀,细颗粒含量降低。而在风力过后或减弱的地段,风沙颗粒逐渐堆积于土壤表层而使土壤沙化。因此,土壤沙化包括草地土壤的风蚀过程及在较远地段的风沙堆积过程。

我国是世界上受沙化危害最严重的国家之一。①面积大、分布广。据第五次中国荒漠化和沙化状况公报数据显示,截至 2014 年,全国沙化土地面积达 172.12 万 km²,占国土面积的 17.93%,涉及全国 30 个省(自治区、直辖市)的 920 个县(区、旗)。全国流动沙丘面积 39.89 万 km²,固定及半固定沙地 45.77 万 km²,戈壁及风蚀劣地 72.50 万 km²,其他 13.96 万 km²。八大沙漠、四大沙地是我国主要沙源地,南方沿江、河、海也有零星沙地分布。我国西北、华北、东北,形成一条西起塔里木盆地,东至松嫩平原西部,长约 4 500 km、宽约 600 km 的风沙带,

危害北方大部分地区。②扩展速度快,发展态势严峻。据动态观测,20 世纪 70 年代,我国土壤沙化扩展速度每年 1 560 km²,80 年代为 2 100 km²,90 年代达 2 460 km²,21 世纪初达到 3 436 km²,相当于每年损失一个中等县的土地面积。表 9-4 列举了我国土壤的风沙化及其比例。

表 9-4 我国土壤风沙化分级及其比例

类型	吹蚀深度	风沙覆盖 /cm	0.01 mm 损失 /%	生物生产力 下降/%	分布面积 /10 ⁴ km ²	占全部 /%
轻度风蚀沙化 (潜在沙漠化)	A 层剥蚀 <1/2	<10	5~10	10~25	15.8	47.31
中度风蚀沙化 (发展中沙漠化)	A 层剥蚀 >1/2	10~50	10~25	25~50	8.1	24.25
重度风蚀沙化 (强烈沙漠化)	A 层殆失	50~100	25~50	50~75	6.1	18.26
严重风蚀沙化 (严重沙漠化)	B 层殆失	>100	>50	>75	3.4	10.18

引自:黄昌勇和徐建明(2010)。

(2)土壤沙化类型 根据我国土壤沙化区域差异和发生发展特点,大致可分为 3 种类型:

①干旱荒漠地区的土壤沙化 分布在内蒙古的狼山—宁夏的贺兰山—甘肃的乌鞘岭以西的广大干旱荒漠地区,沙化发展快,面积大,占沙漠化土地总面积的 30.7%。甘肃省河西走廊的沙丘每年向绿洲推进 8 m。该地区由于气候极端干旱,突然沙化后很难恢复。

②半干旱地区土壤沙化 该区有 447 万 hm² 农田、700 万 hm² 草场,年降水量在 250~500 mm。主要分布在内蒙古东部和中西部、河北北部、晋西北、陕北及宁夏东南部。主要发生在干草原与荒漠草原地带,是我国沙漠化比较集中分布的区域,约占沙漠化土地总面积的 65.4%。应当指出,该地区引起的沙化在消除人为干扰后,有逆转可能。

③半湿润地区土壤沙化 主要分布在黑龙江、嫩江下游,其次是松花江下游、吉林白城地区的东部,东辽河中游以北地区。呈狭带状断续分布在河流沿岸。沙化面积小,约占沙漠化土地总面积的 3.9%。发展程度较轻,并与土壤盐渍化交错分布,属林—牧—农交错的地区。在不继续破坏其生态平衡的前提下,有自我逆转可能的特点,在合理利用土地资源和采取适当措施的情况下,能加速其逆转过程。

9.3.1.2 土壤沙化产生的原因

土壤沙化主要是由于人为过渡经济活动,破坏干旱、半干旱及部分半湿润地区的生态平衡所引起的一种退化过程。自然因素为辅,人为因素为主。

(1)干旱气候引起的风沙 第四纪以来,随着青藏高原的隆起,西北地区干旱气候日益加剧,雨水稀少,风大沙多,使土地沙化逐渐发展。

(2)人为活动引起的风沙 人类活动使水资源短缺,加剧干旱和风蚀;农垦和过度放牧,植被覆盖降低。据统计,人为因素引起的土壤沙化占总沙化面积的 94.5%,其中农垦不当占 25.4%,过渡放牧占 28.3%,森林破坏占 31.8%,水资源利用不合理占 8.3%,开发建设占 0.7%。

9.3.2 土壤沙化的危害及防治

9.3.2.1 土壤沙化的危害

(1)降低土壤肥力,缩小耕地面积 土壤沙化过程中被风吹走了土壤中细小土粒和营养物质,恶化了土壤物理化学性质和水分状况,沙化使大面积土壤失去农、牧生产能力,使有限的土壤资源面临更为严峻的挑战。我国从1979年到1989年10年间,草场退化每年约130万 hm^2 ,人均草地面积由0.4 hm^2 下降到0.34 hm^2 。

(2)毁坏农作物生长 在遭受风蚀的土壤上,常使种子和幼苗吹走吹露,造成缺苗断垅,降低产量;风沙流割打植株以后,往往造成作物枯叶、落花、生长发育不良,引起晚熟、减产、甚至绝收。

(3)沙埋耕地和草场 在风蚀地的下风方向,风沙聚集在耕地中的垅沟和幼苗周围,形成覆沙和小丘,致使耕地被沙埋压、作物死亡或减产;风沙还埋压草场,造成草场退化,牧草植物的种类减少,生物生产量下降。

(4)危害工矿、交通和居民点 表现形式有:风沙天气降低能见度,吹蚀和埋压路基,埋压厂房、居民点。

(5)危害河流、水库 黄河中游沿岸的风沙经常吹入河道。据计算,仅无定河、秃尾河和窟野河三条支流,年风沙入河总量有7570万t;风沙还淤填水库,影响库容和水库安全。

(6)使大气环境恶化 土壤大面积沙化,使风挟带大量沙尘在近地面大气中运移,极易形成沙尘暴,甚至黑风暴。20世纪70年代以来,我国新疆发生过多次黑风暴。

总之,风蚀产生的尘土,严重污染大气,容易引起鼻炎、喉炎、眼症及肺尘病等;牲畜采食有细土污染的枯草后,由于消化不良和胃胀,引起死亡和落胎。土壤沙化的发展,造成土壤贫瘠,环境恶劣,威胁人类的生存。我国西北一些古国的所在地,如塔里木河流域楼兰古国均因沙化,现在已从地图上消失。

9.3.2.2 土壤沙化的防治

土壤沙化的防治重在防。从地质背景上看,土壤沙化是不可逆的过程。防治重点应放在农牧交错带和农林草交错带,在技术措施上要因地制宜。主要防治途径如下。

(1)营造防沙林带 我国已实施建设“三北”地区防护林体系工程,应进一步建成为“绿色长城”。目前因植树造林已使数百万公顷农田得到保护,轻度沙化得到控制。我国在营造防沙林带方面做了大量工作,典型的代表是塞罕坝林场的建设。塞罕坝林场处于浑善达克沙地的南缘及冀北山地森林的北缘,是保护京津唐地区及华北大平原的生态屏障。20世纪60年代塞罕坝林场开始建设,经过50多年的艰苦奋斗,建成了面积达7万 hm^2 以上的人工林,既保护了生态,美化了环境,又创造了绿色财富。

(2)实施生态工程 我国的河西走廊地区,在北部沿线营造了1220多km的防风固沙林13.2万 hm^2 ,封育天然沙生植被26.5万 hm^2 ,在走廊内部营造了约5万 hm^2 农田林网,一些地方如今已成为林茂粮丰的富庶之地。同时也有腾格里沙漠南缘甘肃省古浪县最大的风沙口八步沙“六老汉”三代治沙人的典型事例。为保护家园,20世纪80年代初,当地6位村民以联产承包形式组建集体林场,承包治理5000 hm^2 流沙。近40年来以“六老汉”为代表的八步沙林场三代职工,完成治沙造林1.5万 hm^2 ,管护封沙育林草2.5万多 hm^2 ,以愚公移山精神生

动书写了从“沙逼人退”到“人进沙退”的绿色篇章,为生态环境治理做出了重要贡献。

(3)建立生态复合经营模式 内蒙古东部、吉林白城地区、辽西等半干旱、半湿润地区,有一定的降雨量资源,土地沙化发展较轻,应建立林农草复合经营模式。地处晋蒙交界、毛乌素沙漠边缘的山西省右玉县,在20世纪50年代,右玉县“十山九秃头”,林木绿化率不到0.3%,但右玉县人民群众坚持不懈治沙造林改善生态,林木绿化率达到56%,做到了坚持绿化彩化财化一体提升、治山治水治气一体推进、山水林田湖草一体治理等,将“不毛之地”变成“塞上绿洲”,铸就了“右玉精神”的丰碑。

(4)合理开发水资源 在新疆、甘肃的黑河流域应当高度重视水资源的合理开发利用问题。因此,应合理规划,调控河流上、中、下游流量,避免使下游干涸、控制下游地区的进一步沙化。

(5)控制农垦 土壤沙化正在发展的农区,应合理规划,控制农垦。草原地区应控制载畜量,原则上不宜农垦,旱粮生产应因地制宜控制在沙化威胁小的地区,实行牧草与农作物轮作,培育土壤肥力。

(6)完善法制 在土壤沙化地区,工矿、道路以及其他开发工程建设必须进行环境质量评价。对人为盲目的种粮、樵采、挖掘中药等活动要依法从严控制。

9.4 土壤潜育化与治理

9.4.1 潜育化土壤的成因及障碍因素

9.4.1.1 土壤潜育化的成因

土壤潜育化是指土壤处于地下水与饱和、过饱和水长期浸润状态下,在1 m内的土体中某些层段 $E_h < 200$ mV,并出现因Fe、Mn还原而生成的灰色斑纹层,或腐泥层,或青泥层的土壤形成过程。次生潜育化是指因耕作或灌溉等人为原因,土壤(主要是水稻土)从非潜育型转变为高位潜育型的过程,常表现在50 cm土体内出现青泥层。

潜育化土壤的特点是地下水位高,经常受水浸渍,土体被水饱和,处于缺氧还原状态,呈Ap1(耕作层)-Ap2(犁底层)-Br(水耕氧化还原层)-BG(斑纹潜育层)-G(潜育层)或Ap1(耕作层)-Ap2(犁底层)-BG(斑纹潜育层)-G(潜育层)的剖面构型(龚子同,1999)。其中,潜育层就是指在潜水长期浸渍下土壤发生潜育化作用,高价铁锰化合物还原成低价铁锰化合物,颜色呈蓝绿色或青灰色的土层。

我国南方有潜育化和次生潜育化稻田400多万 hm^2 ,约有一半是冷浸田,广泛分布于江、湖、平原,如鄱阳湖、珠江三角洲平原、太湖流域,以及江南丘陵地区的山间盆地、古海湾地区。

9.4.1.2 潜育化土壤的障碍因素

潜育化土壤由于特定的水热条件而导致土壤的水、肥、气、热不协调,土壤肥力低,是一种障碍性低产土壤。其主要障碍因素如下。

(1)土性冷 潜育化或次生潜育化稻田的土温、水温在早稻生产的3—5月间,比非潜育化稻田分别低3~8℃和2~3℃,是稻田僵苗不发、迟熟低产的原因。

(2)还原性有害物质多 由于渍水和地下水位高,排水不良,通气性差, $E_h < 100$ mV,土壤中含有较多的有机酸、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 和 H_2S 等还原性物质,对水稻植株及其根系有毒害作用,