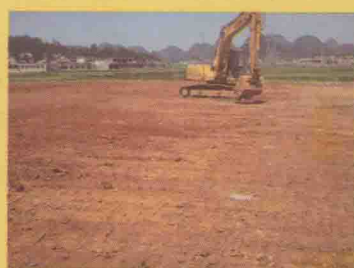


耕作层土壤剥离利用的理论与实践

Theory and Practice of Soil Stripping
and Use on Plow Layer

谭永忠 贾文涛 吴次芳◎著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

耕作层土壤剥离利用的 理论与实践

谭永忠 贾文涛 吴次芳 著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

耕作层土壤剥离利用的理论与实践 / 谭永忠, 贾文涛,
吴次芳著. —杭州: 浙江大学出版社, 2015. 11

ISBN 978-7-308-15332-4

I. ①耕… II. ①谭… ②贾… ③吴… III. ①耕作土
壤—研究 IV. ①S155.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 269319 号

耕作层土壤剥离利用的理论与实践

谭永忠 贾文涛 吴次芳 著

责任编辑 杜玲玲
责任校对 杨利军 秦 瑕
封面设计 黄晓意
出版发行 浙江大学出版社
(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)
(网址: <http://www.zjupress.com>)
排 版 杭州中大图文设计有限公司
印 刷 杭州杭新印务有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 11.5
字 数 292 千
版 次 2015 年 11 月第 1 版 2015 年 11 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-308-15332-4
定 价 35.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行中心联系方式: 0571-88925591; <http://zjdxcs.tmall.com>

前 言

耕作层土壤是自然界风化并凝结人类劳动,经过几百年甚至几千年形成的,是耕地的精华和重要的人类历史遗产。万物土中生,有土就有粮,农民用“一碗土,一碗粮”形容耕作层土壤的价值。耕作层土壤是农业生产的物质基础,是粮食综合生产能力的根本保障,失去了耕作层,将永久地失去耕地的粮食生产能力。耕作层土壤来之不易,形成时间漫长,自然形成 1 厘米厚土壤大约需要 200 年,形成 1 厘米厚耕作层土壤大约需要 200—400 年,形成 20 厘米厚的耕作层土壤则需要更长的时间。

中国的各类建设活动占用了大量优质耕地。2006—2014 年中国因建设占用的耕地面积超过 200 万公顷,假设 70% 的耕作层土壤能够剥离和利用,可剥离表土的面积就达到 140 万公顷。但是,长期以来,这些优质耕地的表土没有得到有效利用,绝大多数地方建设占用耕地之后,耕作层土壤常被当作一般土料使用,作为渣土处理,甚至废弃,由此造成了对肥力较高的土壤资源的巨大浪费。同时,耕作层土壤中还蕴含大量生物种子,被誉为生物多样性的种子库,开展耕作层土壤剥离利用,也有利于保护生物多样性,为有效修复各类建设损毁或破坏的土地,恢复生态环境留下更多空间。

开展耕作层土壤剥离利用工作,是提高耕地生产能力,保护优质土壤资源,提高补充耕地质量的重要途径,是实行最严格的耕地保护制度,落实耕地占补平衡制度的基本手段。耕作层土壤剥离利用也是一项技术性相当强的工作,因此英国、美国、日本、加拿大、澳大利亚等发达国家都非常重视表土剥离工作,并结合本国国情制定了一系列与表土剥离利用有关的政策法规、技术规范等。

近年来,我国吉林、贵州、浙江、广西等省区开展了耕作层土壤剥离利用实践,各地区在实践中结合本地区土地资源禀赋状况和社会经济发展实际,对耕作层土壤剥离利用技术进行了探索,并从不同角度总结了工作经验,如吉林省从保护黑土地资源和保障国家粮食安全,贵州省和宁波市从保护稀缺耕地资源和促进经济社会可持续发展,湖北省从解决库区移民安置口粮田和建设生态工程,广西从提高耕地质量和缓解耕地占补

平衡压力等角度,总结了开展耕作层土壤剥离利用工作的基本情况、实践经验和管理政策。这些地方经验十分宝贵,为了在各地实践经验的基础上,归纳总结形成技术规范,更好地从技术层面指导全国的耕作层土壤剥离利用工作,2013年国土资源部启动了《耕作层土壤剥离利用技术规范》研究编制工作。

我国开展耕作层土壤剥离利用的时间不长,积累的技术经验有限。为顺利推进《耕作层土壤剥离利用技术规范》编制工作,国土资源部土地整治中心决定在编制技术规范之前,先行开展耕作层土壤剥离利用相关基础理论研究。此项任务委托浙江大学土地管理系承担。浙江大学土地管理系成立了由吴次芳、叶艳妹、谭永忠等人员组成的研究小组。在研究期间,收集并整理了相关文献资料,在借鉴、吸收国内外有关耕作层土壤剥离利用研究成果的基础上,初步研究了耕作层土壤剥离利用的一些基本问题。本书即是在该研究的基础上,经修改、补充和完善而成。

全书分为七章。第一章阐述了耕作层土壤的价值,耕作层土壤及其剥离利用的含义,耕作层土壤剥离利用的理论基础、基本条件以及生态环境效应。第二章介绍了国外表土剥离利用的基本概况,以及美国、日本、英国、澳大利亚、加拿大等主要发达国家的表土剥离利用实践。第三章阐述了发达国家表土剥离利用的模式和特征,以及对中国开展耕作层土壤剥离利用的启示。第四章研究了中国开展耕作层土壤剥离利用的国情基础、重要意义、基本原则以及主要类型。第五章介绍了吉林省、贵州省、浙江省宁波市等典型地区,开展耕作层土壤剥离利用的基本情况、实践模式、主要经验以及实施成效。第六章阐述了中国耕作层土壤剥离利用成本的内涵界定及其构成,分析了耕作层土壤剥离利用成本的调查结果,介绍了典型耕作层土壤剥离利用项目的成本测算。第七章阐述了耕作层土壤剥离利用效益的非市场价值的内涵及其评估的基本理论和方法,并以耕作层土壤剥离利用典型区浙江省余姚市为例,采用选择试验模型,研究了耕作层土壤剥离利用效益的非市场价值。

本书的研究和写作得到了国土资源部土地整治中心、浙江大学土地管理系、贵州省土地整治中心、浙江省土地整治中心、吉林省土地整治中心、广西壮族自治区土地整治中心、贵州省普定县土地整治中心、贵州省湄潭县土地整治中心、浙江省余姚市国土资源局等单位的支持和帮助。国土资源部土地整治中心梁军等对研究框架和研究重点提出了许多有建设性的建议,高世昌、陈正、周同、范彦波为研究提供了重要数据资料,并多次参与讨论和修改。广西壮族自治区土地整治中心蓝春华、贵州省土地整治中心朱红苏、吉林省土地整治中心李泽兴、浙江省土地整治中心罗进荣和徐祖煌等领导和专家,为研究提供实践经验等方面的资料。国土资源部信息中心刘新卫等收集整理的相关资料,是本书重要的参考资料来源。研究生韩春丽帮助收集和整理文献资料,直接参与研究,并在此基础上完成了她的硕士学位论文。作者对这些单位和人员的支持与帮助,致以衷心的感谢!

浙江大学叶艳妹教授和国土资源部土地整治中心李红举研究员,多次参与讨论和修改研究框架和主要章节内容,在探讨过程中无私地贡献了他们的智慧,作者在此致以特别的谢忱!

浙江大学出版社杜玲玲老师为本书的出版付出了辛勤劳动,特此感谢!

随着我国生态文明建设的加快推进,藏粮于地、藏粮于技战略的实施,以及耕作层土壤剥离利用工作在全国的普遍开展,耕作层土壤剥离利用的理论与实践将会得到进一步的深化研究。本书仅为抛砖引玉,恳请各位同行和读者批评指正。

作 者

2015 年 11 月于浙大紫金港



目 录

第一章 耕作层土壤剥离利用的基本理论	1
一 耕作层土壤及其剥离利用的内涵	2
二 耕作层土壤剥离利用的理论基础	4
三 耕作层土壤剥离利用的基本条件	7
四 表土剥离利用的生态环境效应	7
第二章 主要发达国家的表土剥离利用实践	10
一 发达国家表土剥离利用概况	10
二 美国煤矿区的农用地表土剥离利用	13
三 日本的表土剥离及其利用	17
四 英国的农用地表土剥离利用	21
五 澳大利亚的表土剥离利用	30
六 加拿大的表土剥离利用	33
第三章 发达国家表土剥离利用的模式与特征及其启示	38
一 发达国家表土剥离的基本情况	38
二 发达国家表土剥离的模式	39
三 发达国家表土剥离的特征	41
四 代表性国家表土剥离对我国的启示	43
第四章 中国耕作层土壤剥离利用的国情背景与现实意义	47
一 中国开展耕作层土壤剥离利用的国情基础	47
二 中国耕作层土壤剥离利用的重要意义	50
三 中国耕作层土壤剥离利用的基本原则	52
四 中国耕作层土壤剥离利用的类型	52

第五章 中国耕作层土壤剥离利用的地方实践	54
一 吉林省	54
二 贵州省	57
三 浙江省宁波市	68
第六章 中国耕作层土壤剥离利用的成本测算	71
一 耕作层土壤剥离利用成本的内涵界定与成本构成	71
二 耕作层土壤剥离利用成本调查	74
三 我国部分地方耕作层土壤剥离利用项目的成本测算	77
第七章 中国耕作层土壤剥离利用效益的非市场价值评估	83
一 耕作层土壤剥离利用非市场价值评估的相关研究进展	84
二 耕作层土壤剥离利用效益非市场价值评估的理论	91
三 耕作层土壤剥离利用效益非市场价值评估的方法——选择试验模型法	93
四 耕作层土壤剥离利用效益非市场价值评估实证研究:以浙江省余姚市为例.....	96
五 研究结论与政策建议.....	109
附 录	112
附录 1 美国《基本农田采矿作业的特殊永久计划实施标准》(节选)	112
附录 2 英国土壤剥离利用中的土壤优化处理技术指南	115
参考文献	165
索 引	174

第一章 耕作层土壤剥离利用的基本理论

土壤是由岩石风化而成的矿物质、动植物,微生物残体腐解产生的有机质、土壤生物以及水分、空气、腐殖质等组成。土壤共分为三层,第一层主要由顶土和腐殖质组成,第二层主要由底土组成,第三层则是岩石碎片和基岩。土壤的第一层,即由顶土和腐殖质组成的表土层,包括土壤矿物质、有机质和微生物等,为作物提供必需的生长条件,是土壤肥力的物质基础。

表土层泛指所有土壤剖面的上层。除盐化土壤及侵蚀土壤的表土层外,其他土壤表土层的生物积累作用一般较强,含有较多的腐殖质,肥力较高。耕作土壤的表土层又可分为上表土层与下表土层。上表土层又称耕作层,为熟化程度较高的土层,肥力、耕性和生产性能最好;下表土层包括犁底层和心土层的最上部分,又称半熟化层。半熟化层对作物生长和肥力仍有一定影响。自然土壤的表土层,为植物根系密集而有机质丰富的土层,一般厚20~30cm。

表土是自然界风化并凝结人类劳动,经过几百年甚至几千年形成的,是耕地的精华和重要的人类历史遗产。表土的质量是衡量耕地质量的重要指标。优质表土能够缩短外运土方和原地土壤等培肥熟化时间,能够增厚土层,改善作物的立地条件。表土中含有丰富的碳和氮等矿物元素、有机质以及微生物,是植被生长发育的营养库,更重要的是表土在物理结构(团粒结构)、物种保护以及土壤微生物方面有着无可比拟的地方。

地表土壤的自然形成往往历时很久,少则几百年多则上千年。虽然已有试验证明,在人类有意识的干预下,表土的形成过程可以缩短至几十年以内甚至更短,但这目前仍然只是停留在实验室阶段,尚无法大面积推广使用。为了克服日益严重的表土流失所造成的不利影响,以及进一步发挥表土所固有的生态功能,当前世界各国普遍关注如何科学保护和合理利用这一特殊资源,其中常常采用的一种方法就是进行表土剥离和再利用。

近年来,随着经济社会的快速发展,我国人口多、土地资源匮乏、环境容量有限的矛盾日益显现,土地资源的稀缺性日益突出,实现建设占用与补充耕地在数量和质量上的平衡难度越来越大。各地方政府大都面临两大困境:一是贯彻最严格的耕地保护制度;二是城市建设必须占用耕地。尽管现阶段,各地方政府采取多种措施,基本上实现了建设占用耕地数量上的“占一补一”,但质量上的“占一补一”仍成效甚微,因而切实提高补充耕地质量已经成为国土资源管理部门最关注的问题之一。

耕作层土壤质量是衡量耕地质量的重要指标,耕作层土壤是自然界风化并凝结人类劳动,经过几百年甚至几千年形成的,是耕地的精华和重要的人类历史遗产。目前,我国耕作

层土壤的供需不匹配,一方面,建设占用耕地产生了大量的耕作层土壤资源,2011 年度全国土地利用现状变更调查数据显示,2011 年度,全国耕地减少 532.7 万亩,其中建设占用耕地 485.0 万亩,假设 80% 的耕地的耕作层土壤能够剥离和利用,2011 年能提供耕作层土壤的面积为 388.0 万亩;另一方面,耕作层土壤资源没有得到有效利用,大多数建设单位将耕作层土壤作为渣土处理,简单掩埋或填方,大量耕作层土壤流失和浪费,耕地占补平衡存在“占优补劣”的现象。

我国耕地后备资源稀缺,新造耕地主要来源于土地开发、土地整理、土地复垦。研究数据显示,现阶段全国新增耕地面积中,通过土地开发增加耕地的比例高于土地整理和土地复垦的比例之和。然而,随着城市建设的大幅推进,在中原地区、东南沿海地区以及大城市郊区、平原、河谷以及交通便利的区域,可以开发的土地不会太多。这直接产生两个现实问题:一是,从长远来看,后备资源少的贵州、西藏、天津、上海等地难以实现占补平衡。二是,大部分情况下,补充耕地的质量即使经过多年熟化过程,也难以和被占用耕地的质量相比。

优质耕作层土壤能够缩短外运土方和原地土壤等培肥熟化时间,因此能节约土壤培肥费用,缩短培肥时间所带来的作物增产收益以及部分外购土方成本,同时能供给充足的耕作层土壤进行有效利用,有利于提高耕地保护意识,引导土地整理复垦作为新增耕地的主要途径,提升新增耕地质量。随着耕地保护的重要性日益凸显,剥离因为各种原因而被占用耕地的耕作层土壤并合理利用,已成为保护和提高耕地质量的一种重要手段。

一 耕作层土壤及其剥离利用的内涵

(一)耕作层土壤的含义

耕作层土壤是经耕种熟化的表土层。一般厚 15~20cm,养分含量比较丰富,作物根系最为密集,粒状、团粒状或碎块状结构。耕作层常受农事活动干扰和外界自然因素的影响,其水分物理性质和速效养分含量的季节性变化较大。要使作物高产,必须注重保护与培肥耕作层。

表土(Topsoil 或 Surface Soil)是指地表最上层部位的土壤。表土的厚薄因土壤类型而异。在农业土壤中,表土由耕作层和犁底层组成,耕作层薄的仅 15cm,厚的可达 30cm,一般为 20cm 左右,犁底层约 6~8cm(环境科学大辞典编委会,2008)。农业中耕作土壤的表土层,又可分为上表土层与下表土层。上表土层又称耕作层,为熟化程度较高的土层,肥力、耕性和生产性能最好;下表土层包括犁底层和心土层的最上部分(又称半熟化层)。土壤的表土层,为植物根系密集而有机质丰富的土层,是地球有机物储存的主要场所,拥有大量的有机物质和微生物,以及植物生长所需的营养物质。

显然,“耕作层土壤”与“表土”内涵不同。在中国,目前官方文件一般称之为“耕作层土壤”,发达国家一般称之为“表土”。在本书中,除特别说明外,介绍和研究与中国密切相关的内容时,一般采用“耕作层土壤”这一称谓;其他情形采用“表土”这一称谓。

(二)耕作层土壤的价值

已有研究表明,形成 1cm 厚的表土需要 100~400 年时间。在农田中,形成 2.5cm 厚的表土一般需要 200~1 000 年;在林地或牧场,形成同等厚度的表土所需时间会更长(孙礼,2010)。一般情况下,仅 30cm 厚的表土就能提供植物生长所需要的营养物质、有机质和腐殖质。土壤的几大特性,如水土保持、营养供应、缓冲能力及植物根系的深度都受表土深度的影响(Ghose,2001)。自然表土覆被能够提高土壤发育初期的质量,而且可以促进土壤形成过程、植物生长以及农业利用(Borůvka et al.,2012)。表土回填能增加主要有机质含量、改善营养状态和土壤的物理性质,尤其是土壤结构(Valla et al.,2000),还能够提高新生土壤的生物多样性(DePuit,1984;Martinez-Ruiz,2005;Schladweiler, et al.,2005),并通过引入有益的土壤微生物促进植物的生长以及本土植被群落的发育(Robert, et al.,1982;Brenner, et al.,1984;Alday, et al.,2011)。农民用“一碗土、一碗粮”形容耕作层土壤的价值。

1. 耕作层土壤是土壤多样性的重要载体和保护对象

20 世纪 80 年代末到 90 年代初,随着生物多样性成为生物学界的流行词,土壤科学家开始讨论他们应该如何讨论和测量土壤多样性。从那时开始,侵蚀、农耕和发展带来的土壤流失问题开始被很好地理解,但哪些土壤是稀有的尚不清楚。1992 年,McBratney 在论文中讨论了填补这些空白的努力,并首次使用了“土壤多样性”这个词语。

2003 年,加州大学伯克利分校的 Ronald Amundson 及其同事发表了两篇里程碑式的文章,记录了美国的土壤多样性。在分析了 1.3 万种土系的分布信息的官方数据后,该研究小组识别出 4500 多种“稀有”土壤,这些土壤的覆盖面积不到 1000 公顷,通常是独一无二的地质和生态历史的产物。他们还发现了 508 种“濒临灭绝”的土壤,另外 31 种土壤已经“灭绝”。在 6 个过度农耕的中西部州,每个州有超过一半的已知土壤面临风险。美国威斯康星大学土壤学家 James Bockheim 在威斯康星州的研究表明,许多珍稀土壤面临因农耕或修路带来的更高的流失风险。因此,耕作层土壤是土壤多样性的重要载体和保护对象。

2. 耕作层土壤是珍贵的人类历史遗产

形成 1cm 厚的表土需要 100~400 年时间,平均需要 200 年时间。石灰岩地区表土的时间长度可能会超出人们的想象。据对贵州不同时期地层成土形成时间的计算,要形成 1m 厚的残积土壤层,需要 21 万~120 万年;在广西壮族自治区贵港市观测结果也表明,形成 1m 厚的土层,需 25 万~85 万年时间才能完成。

据考古研究,早在公元前 5000 年,我国先人就已经在黄河流域和长江中下游一带开始治土治田、培育土壤肥力。在商代,人们创造了“区田”耕种法,“区田”即田畦面低于地面,有利于保水、保肥和加快土壤熟化。在春秋战国时期,已广泛用淡水灌洗咸田和普遍使用铁具对土壤进行深耕。周代设有“草人”这一官职,其职能之一就是改良土壤,使表土变得更加肥沃。在几千年的文明进程中,我们的祖先采取高低畦整地、区田种植、代田法、修建梯田、兴建陂塘、筑淤地坝、引洪灌淤、沟洫制度、休闲制、保墒防旱、绿肥轮作、耕一耙一耖整地、造林种草等多种措施,保持水土、培肥地力,形成了能使人类生生不息的土壤物质和能量。

可见,耕作层土壤是人类珍贵的历史遗产,凝聚了从祖先到当代人的辛劳和智慧,是人类进化的“历史集体记忆”和情感宝库,也是一面寻找和映照历史文化的“镜子”。人类应该像保护古文物那样保护好遗存土壤,也要像保护大熊猫那样珍惜每一颗表土。几乎可以说,

对表土的认知和价值取向,就像对古文物等历史遗存的认知和价值取向一样,是人类文明的象征和存在境界。

3. 耕作层土壤是地球生态系统的关键界面

表土是生物圈、大气圈、岩石圈、水圈、土壤圈等多个圈层交互作用的结果,是地球生态系统的关键界面。土壤是主要的陆地生态系统碳库,全球 0~100cm 深度的土壤有机与无机碳库储量约为 10^{15} 克,约是大气碳库的 3~4 倍,是植被系统中的 5 倍。土壤碳库储量较小幅度的变动,都可通过向大气排放温室气体直接导致大气二氧化碳浓度升高,从而以温室效应影响全球气候变化。 CH_4 是水田最主要的温室气体,对温室效应的贡献达 19.0%~22.9%;水田的另一主要温室气体是 N_2O ,其温室效应是 CO_2 的 296 倍,温室效应贡献率为 5%,而且它对臭氧层有间接破坏作用。

土壤是一个生物原生地和基因存储库。土壤中存在庞大的微生物群落,是土壤中绝大多数转化过程的驱动力。据估计细菌在耕作层中约有 $336\text{kg}/\text{hm}^2$,真菌有 $540\text{kg}/\text{hm}^2$ 。继细菌和真菌之后的土壤原生动动物,目前已命名的有 290 余种,生物量巨大。据统计,在 1g 肥沃土壤中,原生动物可多达 100 万个。它在土壤生态系统的物质循环和能量转换以及提高微生物、植物和动物的活力方面起着至关重要的作用,可以分泌植物生长调节剂和促进作物生长,可用于生物防治植物病原菌,也可以作为监测土壤变化的生物指标。不同类型表土的营养含量,直接影响农作物的光合作用。表土中 N 素差异对作物叶片叶绿素、光合速率和暗反应的主要酶活性以及光呼吸强度等均有明显影响;如土壤缺 P 可降低棉花叶的扩展,还可导致菜豆光合能力、蒸腾速率和气孔导度等显著降低;土壤中 K 是多种酶类的活化剂,可提高叶片叶绿素含量,保持叶绿体片层结构,提高光合电子传递链活性,促进植株对光能的吸收利用以及光合磷酸化作用和光合作用中 CO_2 的固定过程。

土壤是无数生命循环的起点和终点,也是生命循环的基础之一。表土是一种生命景观,破坏表土是对地球生态系统的践踏,最终将影响生物生境和人类的可持续发展。保护表土,就是保护人类自己的生命。

(三)耕作层土壤剥离利用的含义

耕作层土壤剥离利用(Plow Layer Soil Stripping and Use),发达国家一般称为表土剥离(Topsoil Stripping),是指采取工程手段将建设占地或露天开采用地(包括临时性或永久性用地)所涉及的适合耕种的表层土壤进行剥离,并用于原地或异地土地复垦、土壤改良、造地及其他用途的剥离、存放、搬运、耕层构造与检测等一系列相关技术的总称(颜世芳,等,2010)。

二 耕作层土壤剥离利用的理论基础

(一)尊重自然的宇宙法则理论

从宇宙的运行规律来看,宇宙能的三大自然法则分别为运动法则、平衡法则、吸引法则。本质上说,耕作层土壤剥离利用即是对宇宙自然法则的尊重。首先是运动法则。世间万物

都处在永恒的发展变化过程中,运动和静止是运动法则的表现形式。建设占用耕地是对原有耕作层土壤相对静止状态的打破,耕作层土壤的剥离利用是对运动变化的反应,其最终目的是达到新的相对静止。其次是平衡法则。宇宙的平衡自动实现,自然实现,并非人力可以实现。一切平衡并非人自己去平衡,一切平衡都是超越个人能力之外而自动得到的运行结果或者平衡。耕作层土壤的无故流失,是对自然平衡的打破,自然会自动惩罚作用者,以保证万物之平衡;耕作层土壤剥离利用,谋求他人(生物)之平衡,人自动实现平衡。最后是吸引法则。吸引法则的核心是:同频共振,同质相吸。同样频率的东西会共振,同样性质的东西会因为互相吸引,而走到一起。共振会产生同质性,同质性会产生吸引力,吸引力会把这两个共振体牵扯到一起。在茫茫的宇宙中,万物之间是普遍联系的,这种联系用两个字来概括就是“吸引”。吸引法则给我们的启示是,为避免建设占用破坏耕作层而导致与其同质的物质的消亡,需要进行耕作层土壤的剥离利用,与此同时,剥离土壤待利用区对待剥离区的土壤因同质而产生吸引力,符合宇宙自然法则之吸引法则。

总之,耕作层土壤剥离利用是应宇宙自然法则而必须采取的一项措施,其过程也必须符合宇宙自然法则的要求。

(二)土地生态系统重建理论

“生态重建”是在人们对土地复垦的认识更深入、更全面的背景下提出的概念,有时又称之为“生态恢复”。环境和生态学界提出该概念是近 10 年来提出的事情。所谓生态重建,有专家将其表述为:“生态重建是按照景观生态学原理,在宏观上设计出合理的景观格局,在微观上创造出合适的生态条件,把社会经济的持续发展建立在良好生态环境的基础上,实现人与自然的共生,它涵盖了复垦以外的社会、经济和环境的需要。”(龙花楼,1997)而美国生态重建学会 1994 年将生态重建定义为:“将人类所破坏的生态系统恢复成具有生物多样性和动态平衡的本地生态系统。其实质是将人为破坏的区域环境恢复或重建成一个与当地自然界相和谐的生态系统。”

耕作层土壤含有大量的微生物群落和种子库,是地球生态系统的关键界面。土壤是无数生命循环的起点和终点,也是生命循环的基础之一。耕作层土壤剥离利用表面上看来,是剥离土壤待利用区利用剥离土壤的一种现象或过程,但本质上是剥离土壤待利用区耕作层生态系统重建,是对待剥离区土壤生态系统的保存和延续,同时也是通过原有生态系统的搬迁,并恢复或重建现有生态系统的过程。

(三)土地生态健康理论

土地作为自然界一个有机整体,有其一定的自身恢复能力,只要能保证土地维持自身正常的新陈代谢,使土地与人之间、生命与生命之间、生命体与无机环境之间的共生、互生、再生过程得到持续发展,就可保证土地永续利用目标的实现,这种状态就是土地生态健康(吴次芳等,2003)。土地生态健康是一个很复杂的概念,不仅包括自然生态系统生理方面的因素,还包括复杂的人类价值及伦理的、艺术的、哲学的和经济学的观点(陈美球,等,2004)。Callow 认为当一个生态系统具有保持其稳定状态的潜力、受干扰后有修复能力以及能以最少的外界支持来维持自身管理时,这个系统就是健康的(Callow P,1995)。Rapport 等认为生态系统健康是指一个生态系统的稳定性和可持续性(Rapport,1989)。肖风劲等人把生态

系统健康归纳为七个特征:(1)不受对生态系统有严重危害的生态系统胁迫综合征的影响;(2)具有恢复力,能够从自然的或人为的正常干扰中恢复过来;(3)在没有或几乎没有投入的情况下,具有自我维持能力;(4)不影响相邻系统,也就是说,健康的生态系统不会对别的系统造成压力;(5)不受风险因素的影响;(6)在经济上可行;(7)维持人类和其他有机群落的健康,生态系统不仅是生态学的健康,而且还包括经济学的健康和人类健康(肖风劲、欧阳华,2002)。

人类是生态系统的一部分,因而保证土地生态系统健康的一个关键任务就是确保人类活动对土地生态系统健康是有利的。土地生态健康是人地共荣的表现,是自然生态与人道原理的结合,也是土地永续利用的基本前提,维持土地生态健康是土地保护的目标。土地生态健康是耕作层土壤剥离利用的理论基础之一,将指导耕作层土壤剥离利用的理论构建、技术规定和流程制定,同时,土地生态健康也是耕作层土壤剥离利用的重要目标,耕作层土壤剥离利用将促进土地的永续利用,并能通过规范人类对耕作层土壤的利用,进而促进土地生态健康状况的提高。

(四)土地循环利用理论

20世纪90年代,可持续发展战略成为世界潮流,与此同时,以资源循环利用、避免废物产生的循环经济也得以发展。循环经济按照自然生态系统物质循环和能量流动规律重构经济系统,使经济系统和谐地纳入到自然生态系统的物质循环的过程中,建立起一种新形态的经济。循环经济在本质上就是一种生态经济,要求运用生态学规律来指导人类社会的经济活动。它要求把经济活动组成一个“资源—产品—再生资源”的反馈式流程;其特征是低开采,高利用,低排放。

在土地利用中吸收循环经济的基本理念,对于转变土地利用方式、促进经济发展、集约节约利用土地、促进生态健康和恢复重建、实现土地资源的永续利用,具有非常积极的指导意义。耕作层土壤剥离利用将被占用耕地的表土层进行剥离,在原地或异地重新利用,这一过程即是通过对被剥离区土壤的利用或再利用,进而实现土地的循环利用,因此,耕作层土壤剥离利用应将土地循环利用理论作为其理论基础之一,并将其贯穿于耕作层土壤剥离利用的全过程。

(五)土地生产力恢复理论

土地生产力是土地在一定条件下可能达到的生产水平,既反映土地质量的好坏,又表明土地的生产能力(农业大词典编辑委员会,1998)。土地生产力包括由光、热、水、气、营养元素的数量及其组合的土地自然过程的作用和由于人们对土地的限制条件的改造和克服,渗入劳动、技术等要素并构成积累的土地社会过程作用,是土地自然生产力和社会生产力(或经济生产力)的有机综合,是土地在一定空间和条件下维持生产出满足人类需要的农产品的内在能力。作为土地本质的属性,土地生产力是区域开发和生态环境建设的重要基础条件。土地质量对土地生产力有十分重要的影响,它是土地利用的基础。建设占用等原因对耕作层土壤的破坏,将降低土地生产力水平。耕作层土壤剥离利用的主要目的是恢复原地或者提高复垦地的土地自然生产潜力,为土地劳动生产力的投入提供良好的基础,最终促进土地综合生产力的提高,为人类带来更大的收益。因此,土地生产力恢复理论亦为耕作层

土壤剥离利用的主要理论基础之一。

三 耕作层土壤剥离利用的基本条件

耕作层土壤剥离利用的条件是指在什么情况下应该进行耕作层土壤剥离利用,剥离利用的程度如何等,结合发达国家的实践和国内典型区的探索,可以发现,耕作层土壤剥离利用的条件主要有土壤条件和实施条件。

(一)耕作层土壤剥离利用的土壤条件

耕作层土壤剥离利用的土壤条件是指待剥离的土壤满足什么条件时就应进行剥离利用,主要有耕作层土壤的质量和土方面积两方面的要求。日本十分注重开发建设地区的表土剥离和再利用。在城市建设和工业建设中,挖取土方或堆积土方的深度(高度)超过 1m、面积超过 1000m² 时,对该挖取或堆积了土方的部分(道路路面部分、其他明显需要种植植被的部分、植物生长必须部分除外)必须采取表土复原、迁土、土壤改良等措施。重庆市移土培肥工程中规定了待剥离土壤的质量条件,即淹没耕地应满足耕作层较厚、肥力较高、分布集中成片以及有交通运输条件等要求(王锐,等,2011)。

中国地域辽阔,土壤的状况在各个地区千差万别,笼统地以耕作层土壤的自然条件作为剥离利用的依据不仅不具有可行性,还可能导致不良的后果。因此,应当根据土壤信息库,明确各土壤类型的剥离深度和土方面积的要求,满足耕作层土壤剥离利用要求。

(二)耕作层土壤剥离利用的实施条件

耕作层土壤剥离利用的实施条件是指开展哪些建设活动时应当进行耕作层土壤剥离利用。在英国,需要进行表土剥离的活动有:市政建设、采矿、修路、垃圾填埋。法律规定,在 1 级、2 级和 3a 级的农业土地上从事这些活动,必须进行表土剥离。美国《露天采矿与土地复垦法》规定,如果矿区土地为基本农田,则矿山所有人在开采前,必须对农用土地的表层土进行剥离、存储和回填等。吉林省国土资源厅研究制定了《关于开展建设占用耕地耕作层土壤剥离工作的通知》(吉国土资发〔2012〕123 号),在全省土地整治重点区域,选取了 18 个县(市、区)为试点,明确要求建设占用基本农田等 8 种类型占用耕地的,必须开展表土剥离工作。

由此得出,耕作层土壤剥离利用应该与建设占用耕地活动紧密结合,并结合相关法律法规中的规定,对耕作层土壤剥离利用的条件加以详细规定。

四 表土剥离利用的生态环境效应

表土剥离利用的影响是其效益的最直观体现。已有研究表明,自然表土剥离后回填能够增加土壤中的有机质含量,改善营养状况、土壤物理性质,尤其是土壤结构(Valla et al., 2000)。另外,表土回填能够增加新建表土的生物多样性(DePuit, 1984; Schladweiler et al.,

2005),有利于本土灌木林早期阶段的植物演替(Alday et al.,2011)。

学者们通过模拟侵蚀地区表土剥离后土壤物质和作物产量的变化,发现在剥离区,表土回填比施肥更能增加作物产量(Larney et al.,2000;Massee,1990)。在因开发建设或侵蚀导致表土被剥离的地区,表土置换是一种提高土壤质量,促进作物生长的有效手段(Massee,1990; Grote and Al-Kaisi,2007)。

(一)表土剥离对土壤物理性质的影响

Oyedele 和 Aina 通过将表土人为剥离至不同深度(0cm,5cm,10cm,15cm,20cm),发现土壤的 pH 值在未剥离地区最高并随着剥离深度的增加逐渐下降(Oyedele and Aina,2006)。土壤容积密度和圆锥指数(Cone Index,描述土壤对植物根系渗透和幼苗发芽的阻力)随剥离深度的增加而逐渐增加。虽然表土剥离导致的土壤物理状况的下降比有机物的去除更能限制植物的生长,降低作物产量(Channell R Q,1979),但土壤物理状况的改善难以进行,其成本较高且会产生不同的效益。

(二)表土剥离对土壤化学性质的影响

自然表土中的有机质比被开采区更成熟、腐殖质更高。表土回填能够增加新生土壤早期的质量,促进土壤形成过程,提高可利用 P 的含量,降低可利用 Ca、Mg、K 的含量。在新西兰高原黄土地地区,剥离 31cm 厚的表土层就去除了土壤中大量的活性有机质,有机质也减少到较低水平(Hart et al.,1999 ;Wairiu and Lal,2003)。在荷兰等国家,表土剥离导致 C 存储量减少 88%~94%,在剥离区 N 和 P 存储量也迅速减少,因而土壤的缓冲能力也剧烈下降(Geissen et al.,2013)。土体强度随着表土剥离深度的增加而增加(Salako et al.,2007)。表土剥离会引起强烈的侵蚀和地表径流并导致土壤物质尤其是 K、C、N 的减少(Korzeniak,2005)。

(三)表土剥离对土壤生物特性的影响

在表土剥离后的土壤中,蚯蚓的重新聚集没有出现,微生物活动也没有明显下降,因而,表土剥离对土壤的生物特性没有影响(Geissen et al.,2013)。表土回填能够增加新建表土的生物多样性(DePuit,1984;Martínez-Ruiz and Fernández-Santos,2005)。

(四)表土剥离对作物产量的影响

许多学者研究了表土剥离对作物产量的影响及表土回填、施肥和禽类粪便对作物产量恢复的作用(Dormaar et al.,1986;Malhi et al.,1994)。Oyedele 和 Aina 通过将表土人为剥离至不同深度(0,5cm,10cm,15cm,20cm),发现在试验的两年期内,虽然作物高度与表土剥离的深度呈线性关系,但作物产量与表土剥离的深度却呈指数关系。具体来说,与其他深度相比,最上层 5cm 厚的表土层对玉米的产量是最关键的(Oyedele and Aina,2006)。另外,表土剥离对作物产量的影响因土壤类型、作物类型、农业生态区域及降雨量而异。中国黑土地地区,表土剥离后作物生长后期的地上干物质明显减少,根的干重也有所降低。这导致收获期的株高和光合作用率变低(Sui et al.,2009)。

(五)表土剥离对土壤种子库的影响

表土中含有丰富的种子资源,即表土种子库。种子库用来管理现有植被的组成和结构以及恢复或重建本土植被。土壤种子库对于植被重建和土地修复中的物种丰富度和植被密度至关重要。研究发现,表土中包含的种子和营养物质在没有其他措施的辅助下,即使退化最严重的土地也能实现植被重建(Bradshaw and Chadwick,1980)。通过将含有种子库的表土回填可以促进本土植物群落的发育和修复(Buisson et al.,2008;Resco de Dios et al.,2005),这是因为表土剥离减少了外来植物物种的种子库(Peeters and Janssens 1998;Wilson 2002)和邻作植物的覆被(Buisson et al.,2006),降低了支持外来物种生长的 N 吸收量(Aerts et al.,1995)。但考虑到表土剥离对特定地区本土种子库和微生物群落的负面影响,其对于植被重建的效益应慎重权衡(Buisson et al.,2006)。