

土地退化及其评价方法研究概述

孙 华 , 张桃林 , 王兴祥

(中国科学院南京土壤研究所, 江苏 南京 210008)

摘 要: 定义了土地退化的概念, 总结了土地退化的主要类型、形成机理及其评价研究的历史和方法, 最后概述了土地退化的监测和退化土地恢复重建领域的研究进展。

关键词: 土地退化; 类型; 机理; 评价; 方法; 恢复; 进展

中图分类号: S158. 1, X825 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 – 0267(2001)04 – 0283 – 03

Land Degradation and Its Evaluating Methodology

SUN Hua, ZHANG Tao-lin, WANG Xing-xiang

(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing 210008 China)

Abstract: This paper reviews definition of land degradation, summarizes major patterns of land degradation, shaping mechanism as well as history and studying methods on its evaluation. In addition, the development on monitoring land degradation and restoration for the degraded land is also described in this paper.

Keywords: land degradation; pattern; mechanism; evaluation; method; restoration; development

土地资源是人类基本的生产资料和生存的重要环境条件。管好用好土地资源, 不仅要掌握土地资源数量, 同时要了解其质量状况。离开土地质量, 土地面积是不具有实用价值的。水土流失、土地沙化、土地盐渍化、过多使用化肥农药以及不合理地开垦等, 都造成了土地资源的质量下降。因此, 加强土地退化评价研究, 合理开发利用土地资源, 提高土地生产力, 使土地资源为人类持续创造更多的财富, 是关系到社会经济发展, 乃至人类生存的大事, 有关土壤退化与质量演变的研究也成为当前我国学者和国际土壤学、农学及环境科学界共同关注的热点课题之一^[1–3]。

1 土地退化概念

一般认为, 土地质量是对特定的土地利用种类, 在行为上区别于其他土地的综的土地属性^[10]。目前, 关于土地退化的定义很多。根据《现代地理词典》的解释, 土地退化是由自然力或人类利用中的不当措施, 或二者共同作用导致土地质量变劣的过程和结果。Chartres(1987)认为, 土地退化是所有成因因子或其组合的产物, 它们降低了土地的物理、化学或生物状态, 并限制土地的生产力。Blaike and Brookfield(1987)认为, 土

地退化是土地经受内在质量的损失或其容量的衰减, 因此最好的表示不应是单要素的, 而是多种力共同作用的产物, 其中人和自然力都有各自的位置或作用, 可以表示为: 土地净退化 = |自然退化过程 + 人为干扰| – |自然再生产过程 + 恢复管理|。由于土地退化影响因子较多, 因此必须制定统一的标准, 规范其评价方法^[12]。

土壤是土地资源的主要组成部分, 土壤不仅提供了农副产品的生产场所, 同时也在很大程度上决定了环境的质量。土壤退化是指在各种人为和自然因素影响下所发生的导致土壤的农业生产能力或土地利用和环境调控潜力, 即土壤质量及其可持续下降甚至完全丧失其物理的、化学的和生物学特征的过程, 是土地退化的核心部分。由于农用地退化一般包括植被退化、土壤退化及其环境条件的恶化, 因而从实质上讲, “农用地退化”的基本内涵是通过土壤退化来反映的。因此可通过选取一定的代表区域, 采用历史地理等研究方法, 从历史文献、自然历史指示物、居民访谈、有关社会经济、自然和土壤调查资料中提取信息, 复原区域近 50 年来历史景观及其演变过程, 进行区域土地利用与土壤退化关系机制的研究^[13]。

2 土地退化的类型、分布及其退化机理

2.1 在土地退化和土壤退化类型划分方面, 目前存在着许多不同的方法和体系。联合国粮农组织将土地退化分为土壤侵蚀、盐碱累积、有机废料、传染性生物、工业无机废料、农药、放射

收稿日期: 2000 – 09 – 01

基金项目: 国家重点基础研究发展项目(G1999011801)

作者简介: 孙 华(1967—), 男, 现在中国科学院南京土壤研究所攻读博士学位, 主要从事土地资源可持续利用方面的研究。

性废料、重金属、肥料和洗涤剂而引起的 10 大类土地退化,此外,Allen(1980)又补充了旱涝障碍、土壤养分亏缺和耕地的非农业利用。龚子同则将我国土地退化划分为土壤侵蚀、土壤沙化、土壤盐渍化、土壤污染以及不包括上列各项的土壤性质恶化、耕地的非农业占用 6 大类,然后再细分为 18 个亚类^[4,11]。

按 Sombroek(1991)的资料,地球表面非退化、退化、荒地和自稳定土地所占百分比分别是 47、15、11 和 27,表明已有 15% 的土地(约 20 亿 hm^2 , 其中约有 10% 的可耕地)在过去的一万年中被人诱发的土壤退化所掠夺,加上其他无生产力的土地,共计 45 亿 hm^2 。在农用地中有约 25% (1 230 百万 hm^2) 的土地因不恰当地管理及牧地的过度放牧等而遭受人为退化。我国是世界上沙漠化危害最为严重的国家之一,目前沙漠化土地的总面积已达 $1.607 \times 10^6 \text{km}^2$, 约占国土陆地总面积的 16.7%, 研究显示,在 20 世纪 50—70 年代我国沙漠化土地平均每年扩大 1 560 km^2 , 进入 80 年代,平均每年增加 2 100 km^2 , 而目前沙漠化土地则以每年 2 460 km^2 的速度发展,说明我国沙漠化的发展速度正在进一步加快;另外由于沙漠化所造成的我国干旱、半干旱区的草地和耕地退化现象也十分严重,其退化面积分别占该区草地和耕地面积的 59.5% 和 46.9%, 这进一步增加了我国沙漠化土地恢复重建的难度^[5,6]。我国水土流失状况相当严重,总面积已达 $3.67 \times 10^6 \text{km}^2$, 占我国陆地总面积的 38.2%, 而且每年还在以 10 000 km^2 的速度递增,其中仅华南的裸地稀疏林地侵蚀就占该地区土地总面积的 23.54%, 不合理地利用,特别是对坡地的随意开垦,进一步加重了水土流失的程度^[6,7]。此外,其它形式的土壤退化也相当严重,例如我国约有 1/5 的耕地已受到不同程度的化学污染,非农业占地也十分严重,并有逐年增大的趋势。

2.2 在土地退化的机理方面,一般认为,土壤是五大自然成土因素(成土母质、气候、生物、地形、时间)以及人类活动长期相互作用的产物,影响土壤退化的因素包括生物的、物理的、社会经济的、技术的和文化的等。但不合理的人为活动,如毁林、过度放牧、地下水过度开采、过量施用商品化肥和有机厩肥等所引起的土壤退化问题无论在范围还是程度上均比自然因子引起的退化要严重得多。以土壤侵蚀为例,人为活动诱导的土壤加速侵蚀是导致土壤质量下降的最根本的动因之一。由于土壤侵蚀过程的发生发展,表土中有机质减少,土壤性状特别是土壤结构会出现很多变化,最明显形式是土壤团聚体状况变差和土壤板结,从而加剧土壤的风蚀、水蚀作用,形成恶性循环。土壤结构退化会降低出苗率,阻碍空气和水进入土壤和在土壤内流动,进而又加剧土壤侵蚀,最终导致作物的减产。除土壤侵蚀外,当土壤质地细、湿、有机质含量低时,也易发生结构退化。同时,强度耕作、条行种植、轮作不够,也可促使土壤结构退化^[1]。

3 农用地退化评价研究的发展过程与方法

土地退化研究开始于 20 世纪 70 年代,继联合国粮农组织于 1971 年发表《Land Degradation》之后,Boels, D. et al 《Soil Degradation》(1992),R. Lal and B. A. Steward《Soil Degradation》

(1990)等一系列专著相继出版标志着土地退化研究的活跃和日益成熟。与此同时,全球土地退化的系统评价和监测工作也在逐步展开,特别是在 80 年代,随着 GIS 技术的应用,该项工作得到了更快的发展。在 FAO 等组织的帮助下,国际土壤参考与信息中心(ISRIC)已逐步完成“全球土壤退化评价(GLASOD)”,并开始“世界土壤和地形数据库计划(SOTER)”,但由于研究地域的差异性和指标的复杂性,土地退化评价方法和指标体系方面目前尚未取得共识。目前基本一致的看法是,土壤退化是导致土壤质量下降的一个最直接、最主要的途径,这些物理的、化学的和生物学的土壤退化过程会减少土壤现有的和潜在的生产物质的能力,导致和加剧土壤质量的下降。在土地退化造成的经济损失方面,我国尚未有综合的统计报道,但国外一些学者在 8 个发展中国家的调查研究表明,土地退化造成的损失在国民生产总值中所占比例约为 1%—17%,其中热带地区最为严重,一般均在 10% 左右^[14,15],说明土地退化对国民经济的健康发展的负面影响是很大的。

20 世纪 90 年代后期,国内外在土地退化的评价的理论和方法上取得了较大的进展,并集中反映在 1997 年出版的“世界荒漠化地图集”和对其它地区土地退化的评价之中。目前的评价理论有 3 种,分别是全球人为作用下的土壤退化(GLASOD)、南亚及东南亚人为作用下土壤退化(ASSOD)和俄罗斯科学院提出的评价方法(RUSSIA)。GLASOD 通过一整套指标体系直接反映气候与人文共同作用下土地退化的现实状态,其结果为土地的绝对退化;ASSOD 则将土地退化的现状与人为影响的强弱两方面结合起来,间接反映退化的相对大小,评价结果代表了土地的相对退化;RUSSIA 与前两种主要用于土壤退化代表土地退化的单因素评价不同,它用多样性的概念将土壤、植被和地形综合起来进行多因素评价,属于真正综合的土地退化评价。以上 3 种评价理论都是利用遥感的技术手段,但以目视解译为主,同时依靠常规技术支持的经验性指标体系来完成的。近年来随着 ERMAPPER 等遥感图象处理软件与 ARC/INFO 等 GIS 应用程序的集成使用,基于 3S 的土地退化评价也应运而生,如 Valle H F Del, (1998)通过建立一个与草原生态系统候相适应的主影像系列,结合野外调查与精度较高的影像(MSS),进而确定荒漠化的状态类型;Tripathy 利用 MSS 和 IRS 数据,通过 GIS 融合地面信息,选取反射率、归一化植被指数、土壤侵蚀速率和土壤水分含量等 4 个指标,完成对土地退化的评价^[16]。另外在土壤侵蚀退化的研究中,濮励杰等(1999)综合运用 ^{137}Cs 、土壤磁测等新技术手段,结合土壤结构水稳性、CEC 等土壤理化指标,对坡地土壤侵蚀退化进行了定量研究,并取得了初步的研究成果。在土壤污染方面,中国科学院南京土壤所将宏观调研与田间动态监测和实验室模拟实验相结合,将 3S 等高新技术与传统方法相结合,通过建立综合污染指数(CPI)值的计算方法,对不同地区的重金属污染状况进行了综合评估,并绘制了污染概图;在重金属对土壤肥力的影响方面的研究结果表明,重金属可加速土壤中钾的淋溶损失,最终导致土壤 K 素肥力的衰退,同时还导致土壤中脲酶和磷酸酶活性降低;应用农药在土壤中的吸附指数(KD)和半衰

期 ($T_{1/2}$) 及基质迁移模式, 阐明了农药污染的机理, 从而为污染土壤的恢复重建提供了理论依据^[9]。

4 土地退化的动态监测及其退化土地的恢复重建

4.1 土地退化的动态监测 土地退化的某些过程, 当其发展到一定程度时, 可在土壤剖面的不同部位或全剖面中表现出来。一般来说, 风蚀及水蚀、有机质丧失、化学品含量过高等退化过程或现象主要集中在剖面表层, 而土壤板结、盐渍化过程则可影响至心土层。同时, 侵蚀和不合理耕作也可使心土层暴露。为了适时监测农用土地退化, 不少国家和地区已经或正在致力于本地区监测方法和监测系统的建设。如加拿大自 1989 年起, 开始建立了一批基准点 (Benchmark sites), 每天测量数项气象因素。同时依据土壤特性的敏感性 (它们变化的快慢程度) 安排观测频次, 一些土壤特性每年测量一次, 而另一些特性每 5 至 10 年测量一次, 所有基准点的基础数据组在 1995 年就已完成, 并已得出了一些有关农作措施对土壤健康影响的重要结论^[20, 11], 例如: 提高肥料、农药、除草剂、灌溉水的利用率, 能显著减少硝态氮、农药、除草剂淋失的潜在危险。

为使土地退化评价结果能够进行不同地区或同一地区不同时间段的对比, 需要将获得这些土壤属性数据的监测技术标准化和规范化^[21], 包括从采样布局、采样、样品预处理和实验室分析等各个环节, 还需要完备的监测质量监控和保证措施。

4.2 退化土地的恢复重建途径研究 要使退化土地质量得以恢复和提高, 必须实行可持续的土地管理政策, FAO 于 1993 年颁布了《持续土地管理评价纲要》, 在纲要中提出, 持续土地管理应同时考虑: (1) 保持和提高生产力; (2) 降低生产风险; (3) 保护自然资源的潜力和防止土壤与水质的退化; (4) 经济上可行; (5) 社会可以接受。在北美的一些研究结果表明, 土壤质量在那些针对当地土壤退化问题而采取了相应的保护性措施的地区, 将维持稳定或提高; 而在那些没有采取保护性耕作方法而又强烈种植的地区和边缘土地上将会不断下降; 当生荒地开垦成农地时, 常常在开始的头十年, 其土壤质量会迅速下降, 而之后, 当投入大于产出时, 土壤质量则会慢慢得到改善; 合理地增加有机物质、采取保护性耕作和作物轮作及种植豆科植物、作物残茬管理、连续种植 (减少夏季休闲)、侵蚀控制 (例如覆盖种植、深播、等高种植、修筑梯田、水道种草) 和修筑地下排水系统等措施, 可使土壤质量得以维持甚至提高^[18, 11]。

目前, 侵蚀退化缓坡耕地恢复重建的常用方法是复合农林业 (Agroforestry), 具体可采用 (1) 巷式间作, 即在具有较宽间隔, 平行的树篱间种植农作物, 这种树篱既可提供薪材、饲料和绿肥, 又可控制水土流失; (2) 改进型轮作制, 即树木与农作物轮流种植, 合理安排农作物的耕作, 在休闲期种植人工林 (如固氮树), 以便改善土壤的肥力状况, 加快退化土地的恢复^[19]。此外, 针对退化林地的改良措施还有结合采伐更新, 以针阔混交林代替原来单一结构的针叶林, 这是一直沿用至今的“接近自然植被的林业”经营方式^[8]。

中国科学院南京土壤研究所在对红壤生态农业模式研究过程中, 针对低丘岗地提出了“顶林、腰果、谷农、塘鱼”的立体

生态模式, 改变了以往以种植业为主的传统河谷农业资源开发模式, 充分利用红壤丘陵区优越的生物气候资源, 在红壤的退化防治方面, 提出了切实可行的区域治理调控对策, 并已取得了很好的效果。

参考文献:

[1] 张桃林, 潘剑君, 赵其国. 土壤质量研究进展与方向[J]. 土壤, 1999, **31**(1): 1 - 7.

[2] 包浩生, 彭朴拙, 等. 自然资源学导论[M]. 南京: 江苏教育出版社, 1993. 100 - 124.

[3] 王万茂, 潘文珠. 土地资源管理学[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1989. 138 - 189.

[4] 章家恩. 三峡库区生态系统退化及其恢复与重建研究[D]. 南京: 中国科学院南京土壤所博士学位论文, 1997. 1 - 14.

[5] 董玉祥. 中国北方沙漠化灾害危险度分区评价[J]. 地理学报, 1997, **52**(2): 146 - 153.

[6] 刘国华, 傅伯杰, 等. 中国生态退化的主要类型、特征及分布[J]. 生态学报, 2000, **20**(1): 13 - 19.

[7] 史学正, 史德明. 综合利用我国红壤资源防治水土流失[J]. 水土保持学报, 1992, **6**(1): 33 - 39.

[8] 邵青还. 第二次林业革命——“接近自然的林业”在中欧兴起[J]. 世界林业研究, 1991, **4**(4): 8 - 15.

[9] 赵其国, 张桃林, 鲁如坤, 等. 我国东部红壤地区土壤退化的时空变化、机理及调控对策的研究[R]. 南京: 中国科学院南京土壤所, 2000, 53 - 61.

[10] FAO. A Framework for land evaluation. Soils bulletin 32. Rome, 1976.

[11] FAO. Land degradation. Soils bulletin 13. Rome, 1971, 1 - 10.

[12] Hairi Eswaran, Rattan Lal, and Paul Reich. Land Degradation and Desertification: An Overview. The Second International Conference On Land Degradation. 1999, 1 - 20.

[13] Sanchez P A. Tropical soil fertility reaserch : Towards the Second paradigm. Proc. 15th Intl. Congr. Soil Science, Acapulco, Mexico. 1994, (1): 65 - 88.

[14] Barbier E B and J T Bishop. Economic values and incentives affecting soil and water conservation in developing countries[J]. *J Soil and Water Cons*, 1995, 50: 133 - 137.

[15] Lal R. Effects of soil erosion on crop productivity[J]. *CRCC Critical Reviews in Plant Science*, 1987b, 5: 303 - 367.

[16] Tripathy G K, et al. Momnitoring of desertification process in Karnataka state of India using muti - temporal remote sensing and ancillary information using GIS[J]. *INT J Remote Sensing*, 1996, **17**(12): 2 243 - 2 257.

[17] Valle H F Del, et al. Status of Desertification in the patagonian Region: Assessmentand Mapping from Satellite Imaginery[J]. *Arid Soil research and Rehabilitation*, 1998, (12): 95 - 122.

[18] FAO. FESLM: An International Framework for Evaluating Sustainable land Management. World Soil Resources Report 73. 1993.

[19] Nair p K R. Classification of Agroforestry systems[J]. *Agroforestry system*, 1985, 3: 97 - 128.

[20] Acton D F, Gregorich L J. The Health of Our Soils: toward sustainable agriculture in Canada. Centre for Land and Biological Resources Research, Research Branch, Agriculture and Agri - Food Canada, 1995.

[21] Doran J W and Jones A J. (eds.): Methods for Assessing Soil Quality. SSSA special publication. 1996, No. 47.