

文章编号: 1007-6301 (2003) 05-0479-11

基于 PSR 框架的土地质量指标体系 研究进展与展望

郭旭东¹, 邱 扬², 连 纲^{1,3}, 刘 康¹

(1. 中国土地勘测规划院土地利用重点实验室, 北京 100029;

2. 北京师范大学资源与环境科学系, 北京 100081;

3. 中国科学院生态环境研究中心系统生态重点实验室, 北京 100085)

摘 要: 基于“压力- 状态- 响应 (Press-State-Response, PSR)”模式的土地质量指标体系是国际土地科学研究的热点问题。我国经济的快速增长和土地退化的严峻形势要求建立能够衡量土地质量变化的指标体系。介绍了基于 PSR 框架的土地质量指标体系的来源、基本概念、评价框架和研究计划。介绍了国际土地质量指标研究计划中提出的养分平衡、产量差额、农业土地利用强度与利用多样性、土地覆被、土壤质量、土地退化、农业生物多样性、水质、林地质量、牧草地质量、土地污染等 11 项土地质量指标。在总结、分析国内外土地质量指标体系研究的最新进展和研究不足基础上, 提出未来我国有关部门在土地质量方面的研究趋势与建议。

关 键 词: PSR 框架; 土地质量指标体系; 进展; 展望

中图分类号: F301.23

1 引言

进入 20 世纪 90 年代以来, 由于人口增加和经济发展对水、土壤和生物资源的压力越来越大, 土地质量问题日益引起世界各国政府、国际组织和科学家的普遍关注。建立衡量土地质量变化的指标体系, 并研究将其应用到土地质量的监测、评价和制订土地可持续发展的政策中, 已成为当前土地科学研究领域一个新的热点 (冷疏影 & 李秀彬, 1999)。

我们国家正处在经济发展的快速增长期, 这个时期要求进行大规模的基础设施建设和生态环境建设, 进行大规模的基础设施建设必然给土地资源造成极大的压力, 在这样一种压力下, 会不会引起土地资源和生态环境的变化, 在多大程度上发生改变, 人类是否可以预见这种变化并加以控制? 这些问题是政府、科学家以及公众普遍关心的问题。因此, 从理论上讲, 需要有一整套的指标体系用于监测、描述和评价这种压力及其造成的响应。经济的发展和人口、资源的压力也使我国土地退化的形势变得更加严峻, 不合理的土地利用

收稿日期: 2003-05; 修订日期: 2003-07

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40201004)

作者简介: 郭旭东 (1972-), 辽宁铁岭人, 副研究员。主要研究方向为景观生态学、土地质量与土地利用变化, 在国内外学术期刊发表文章 20 余篇。

是造成我国水土流失、土地沙漠化、盐碱化、土壤肥力下降等土地退化现象的重要原因之一。针对具体的土地利用问题,采取合理的恢复措施并通过指标的形式加以监测和反映,也是摆在政府和科研人员面前迫切需要解决的课题。基于“压力-状态-响应(PSR)”模式的土地质量评价指标体系正是为了达到上述目的,而建立用于描述土地资源所受到的压力指标,描述资源与生态环境现状的状态指标和描述人类对土地采取措施的响应指标。

2 土地质量与土地质量指标

2.1 土地质量的基本概念

土地质量是指以生产、保护及环境管理为目的的土地的条件与能力,它包括与人类需求有关的土壤、水及生物等特性(Pieri et al., 1995)。简单的讲,土地质量是指土地维持或发挥其功能的能力。土地的功能有很多,联合国粮农组织和环境规划署 1999 年提出了土地的十大功能,目前大多土地质量研究涉及到的功能主要包括土地的生产和环境保护与管理功能。生产能力主要指的是粮食、牧草地产量及木材生长量。环境保护与管理功能包括促进营养循环、污染物过滤、水的净化、温室气体的源-汇功能,以及动植物基因和生物多样性保护等等。

在 FAO 的土地评价方法体系中,把土地质量定义为“以一种特定方式影响特定土地利用方式持续性的一个综合土地特性”(FAO, 1976, 1993a),提出了“土地质量属性”概念,按不同土地利用类型划分的土地质量属性包括与作物生长相关(耕地利用系统)的质量属性、与驯养动物生产相关(草地生态系统)的质量属性、与林地生产性相关(林地生态系统)的质量属性和与利用或投入相关的质量属性 4 个方面;按土地单元垂直方向划分的土地质量属性包括气候质量属性、土地覆盖质量属性、地表与地貌质量属性和土壤质量属性 4 个方面。并且认为土地质量属性“不是某个绝对值,而是基于特定土地功能和特定土地用途的某种限制因素”,因此又可称为“土地质量限制”。可见,FAO 的土地质量概念主要针对土地利用系统的土地本身的状态属性范围。

2.2 土地质量指标框架

按照压力-状态-响应框架,土地质量指标(LQ Is)可分成如下三组(Pieri et al., 1995; 冷疏影 & 李秀彬, 1999; 唐华俊, 2000): (1) 压力指标(Pressure indicators)就是人类活动对土地资源施加的压力。压力指标一般指的是对土地质量有直接影响,不采取措施就会对土地质量带来危害的指标。(2) 状态指标(State indicators)指的是土地资源的现状及其时间变化。(3) 响应指标(Response indicators)就是各级层次的管理者、决策者和政策制订者对土地压力、土地质量状态及其变化所做出的响应。如图 1 所示,土地质量的压力-状态-响应框架表示了三组指标之间的关系(A driaanse, 1993)。

3 土地质量指标计划中的指标体系

土地质量指标(L and Quality Indicators, LQ Is)项目开始于 1995 年(Dumanski, 2000),1995 年在泰国的青莱、肯尼亚的内罗毕、美国的华盛顿分别召开了 3 个有关土地质量指标的区域工作组会议,1996 年在罗马和华盛顿召开了 2 次会议(Dumanski and Pieri,

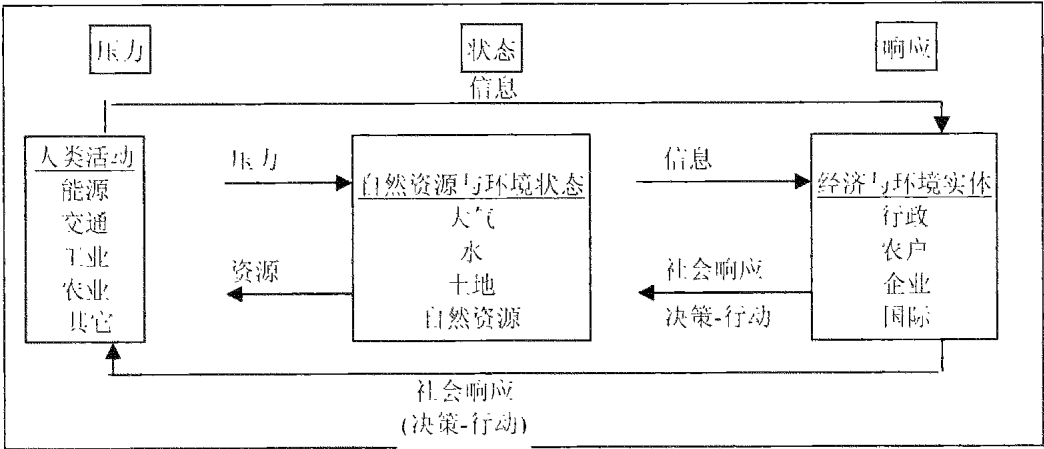


图 1 土地质量的压力- 状态- 响应框架

Fig. 1 Press-State-Response framework of land quality
(引自 Pieri et al., 1995)

2000)。特别是 1996 年 10 月 21- 22 日，由世界银行发起，在华盛顿召开的土地质量评价会议对以往工作进行了总结，明确了以“压力- 状态- 响应”(P-S-R)为基础的土地质量评价框架并形成了正式的土地质量指标研究计划 (Dumanski J. & Pieri. C. 2000)。

研究计划提出的指标有 11 个，其中计划近期要开发的有 4 个，分别是：养分平衡指标、产量差额指标、土地利用强度与多样性指标、土地覆盖指标；计划远期开发的指标有 3 个：土壤质量指标、土地退化指标、农业生物多样性指标；此外还有 4 个指标，即水质量指标、林地质量指标、牧草地质量指标、土地污染指标，由于目前许多部门的专门机构正在进行这方面的研究，计划与这些专门机构订立合作联盟，共同完成这 4 个方面指标的开发，成果共享。

3.1 养分平衡 (Nutrient balance)

该指标描述的是与土地利用系统相关的养分存量与流量情况。它是根据过去几年在东非与欧洲的研究基础上提出的 (Smaling et al., 1996)。养分平衡指标反映的主要问题是：

因产品收获、侵蚀、渗漏而造成的养分超采、不平衡和产量下降问题；因过量施用化肥或家肥而导致的养分超载与环境退化问题，这在发达国家以及某些发展中国家（如中国）较普遍。

关于养分平衡指标（包括农场级、区域级和国家级）的计算方法已在 Smaling 等人的工作基础上开发完成，主要涉及的统计数据有作物产量、化肥销售量等，以及各种硝化、渗漏、侵蚀的生物物理模型。

3.2 产量差额 (Yield gap)

该指标要反映的三个关键问题是：土地质量变化对产量变化及生产风险的真实影响程度；如何可靠地估计发展中国家的产量差额，以及消除这一差距的管理对策是什么；要保证可持续生产系统，在产量及其波动方面是否存在实际的生物学与经济学阈值。

产量差额指标一方面表示土地生产潜力没有充分实现，在需求相同的情况下，这意味着要占用更多的土地资源用于生产，从而可能损害区域土地利用总的可持续性；另一方面

也反映了生物生产系统受压的程度。如果生产系统满负荷运行甚至超过其生物学阈值,则它崩溃的可能性也就很大。在以生产为主的土地利用环境下,这种关于阈值的认识,对政策、计划及管理规划具有重要的战略意义。产量差额指标的算法现已初步开发完成 (Bindra-ban et al., 1999)。

3.3 农业土地利用强度与利用多样性 (Agricultural land use intensity and land use diversity)

这两个指标是用来评价当前农场级土地利用管理的一般性影响的。土地利用强度指标旨在反映农业集约化对土地质量的影响。土地利用多样性 (也称农业多样性, agro-diversity) 是指一定景观区域上生产系统的多样化程度。这两方面指标要反映的主要问题是: 当前的土地利用管理是导致越来越多的土地退化, 还是改良了土地质量; 当前的农业管理措施是否有助于改善全球的环境管理。

关于土地利用管理措施方面的指标一般没有现存的, 因而需要开发各种替代指标。已有的出现于各种文献的替代指标有: 根据每个生长季作物种植强度、轮作范围与频率计算的土地利用强度指标; 耕种强度; 已耕地与可耕地比率; 培土作物与耗土作物的面积与频率; 单一种植与混合种植的面积比率等。

3.4 土地覆被 (Land cover)

该指标可用作反映主要土地过程如侵蚀、沙漠化、林地萎缩等的替代指标。把它与土地利用强度及农业多样性指标一起使用, 可以加深对农业与环境可持续性的理解。

该指标要反映的关键问题是: 当前的地表覆被是否足够, 能否在关键的侵蚀期防止土地退化; 土地覆被的类型、范围与持续时间随时间如何变化; 是什么压力引发土地覆被的变化。

3.5 土壤质量 (Soil quality)

土壤质量指标要反映的关键问题是: 当前的土地利用管理是维持、提高还是降低了土壤有机质发挥土壤功能的能力; 当前的土地利用管理是否保持了土壤的生物多样性, 进而提高了土壤的环境恢复力, 以利于全球生命支持功能的维持。

土壤有机质是反映土壤健康最好的替代指标, 因为它反映了曾经生活并死于土壤中的植物与微生物的残余。由于土地改良措施影响的多面性, 土壤质量指标应该与土地利用强度、农业多样性、土地覆被等指标紧密联系起来使用。

3.6 土地退化 (Land degradation)

土地退化指标要反映的关键问题是: 当前的土地利用管理措施是否导致了农业生产潜力的损失; 当前的土地利用管理措施是否导致了系统环境破坏, 进而削弱了环境恢复力 (弹性)。

土地退化的监测工作是一项成本昂贵的任务, 加拿大正在试验一种相对低成本的方法, 即在农业普查的基础上附以对策问卷调查 (Dumanski et al., 1994), 这样就可以得到每个普查期的农场级的土地利用管理改良信息。目前急需的是, 要开发出一套可应用于局部地域 (项目级) 或全国级的有效的监测程序, 并能把监测结果应用于政府决策中。

3.7 农业生物多样性 (Agro-biodiversity)

这类指标要反映的主要问题有: 如何更好地把生物多样性与农业生产集约化有机地结合起来, 提高动植物基因库的管理水平; 如何保护多样性, 改善土壤 (微) 生物的健

康生存条件, 实现它们的生物固氮和抗生素来源的功能; 如何处理好自然物种的共存, 尤其是农业地区野生生物与家禽的共存关系。尽管普遍缺乏评价农业生物多样性的数据, 但通过土地利用的动态变化可以得到各种替代指标 (Smith, 1996)。

3.8 水质 (Water quality)

水质指标主要关注的是与土地利用相关的水资源供给与质量问题, 如河口与内陆水、灌溉水的质量等。

3.9 林地质量 (Forest land quality)

林地质量指标主要关注与环境管理及森林生产相关的土地质量问题, 尤其是与森林管理相关的土地质量变化。该指标将主要采纳各国际林业指标研究进展的成果。

3.10 牧草地质量 (Rangeland quality)

牧草地质量指标主要关注与土地利用强度与多样性相关的牧草地质量, 以及畜牧在混合生产系统中的作用等问题。该指标将主要采纳反沙漠化国际公约的牧草监测与各种遥感项目的成果。

3.11 土地污染 (Land contamination/pollution)

这类指标主要反映因人类活动造成的土地污染的类型、程度与影响, 特别是重金属污染、有机污染和辐射污染等问题。

4 PSR 框架的土地质量指标研究进展

“压力- 状态- 响应”框架最早是经济合作组织 (OECD) 为了评价世界环境状况提出的评价模式 (Adriaanse, 1993), 其基本思路是人类活动给环境和自然资源施加压力, 结果改变了环境质量与自然资源质量; 社会通过环境、经济、土地等政策、决策或管理措施对这些变化发生响应, 减缓由于人类活动对环境的压力, 维持环境健康。经济合作组织根据“压力- 状态- 响应”框架, 提出了国家层次的针对世界重要环境问题的指标体系, 这些环境问题包括气候变化、臭氧层破坏、富营养化、酸化、有毒污染、废物、生物多样性与景观、城市环境质量、水资源、森林资源、渔业资源、土壤退化 (沙漠化与侵蚀) 和其他不能归结为特定问题的一般性指标等 13 个方面。针对每个问题都提出了具体的压力、状态和响应指标。

在世界银行、FAO、UNDP、UNEP 等一些国际组织的倡议与积极推动下, 土地质量指标研究已经在世界某些地区开展起来, 并且与以往的土地科学的研究成果很好的结合, 取得了一些可以借鉴的成果 (冷疏影 & 李秀彬, 1999)。世界银行 LQ Is 项目以“P- S- R”模型为基础, 充分利用已有的数据以及典型生态区的长期观测数据, 采用统一的分析、集成与应用方法, 为热带、亚热带及温带农业生态区的人工生态系统 (农业与林业) 建立土地质量指标体系 (Dumanski et al., 1998)。FAO 的 LQ Is 项目也是以“P- S- R”框架为基础, 在综合、全面地实现土地利用决策与管理的框架中, 着重考虑能代表所监测土地单元重要的自然及社会经济特性的普通指标, 尤其是动态变化指标 (Benites & Tschirley, 1996)。加拿大农业部于 80 年代中期开始“土壤健康”研究项目, 经过 10 余年的实验研究, 弄清了加拿大土壤的健康状况, 提出土壤健康指标应包括土壤物理、化学和生物指标三方面, 深化了对土壤健康机理的了解, 某些土壤整治措施取得了很好效果 (Acton & Gre-

gorich, 1996)。澳大利亚科工组织(CSIRO)于1994年开展了“流域健康诊断指标”研究项目,指出土壤质量诊断指标可分成描述性和分析性两大类,根据指标筛选的10项原则,提出了13个最基本的表征土壤质量的理论诊断指标(Walker & Reuter, 1996)。

目前,针对全球主要农业生态区的主要土地问题建立了相应的土地质量指标,包括拉丁美洲坡地区和酸性稀树草原区以及非洲亚撒哈拉的亚湿润区、半干旱区与干旱区(Dumanski et al, 1998)。但这些指标都是针对某一区域的,虽然包含了与土地有关的许多问题,如土地利用、农业生产、人口、资源与社会响应,但是没有严格遵循“P- S- R”框架。在实际评价过程中,需要从这些指标中进行提炼,发展基于“P- S- R”框架的土地质量指标(邱扬 & 傅伯杰, 2001)。

基于P- S- R框架,针对7个具体的土地退化问题的土地质量指标体系也得到了较大发展。包括土壤侵蚀、土壤肥力降低、森林开垦与森林退化、牧区土地退化、地下水位下降、盐碱化与水浸(Dumanski et al, 1998; 冷疏影 & 李秀彬, 1999)。

众多学者从不同角度对不同景观类型的土地压力、状态和响应指标进行了大量的研究。就土地压力和响应指标而言,研究了土地利用变化(Karlen et. al., 1999)、农业耕作措施(Karlen et. al., 1999)和水土保持措施(Islam & Weil, 2000)对土壤特性(Hartemink, 1998)、作物生产(Bouma & Droogers, 1998)以及面源污染(Breeuwsma et. al., 1986)的影响。例如, Bouma & Droogers (1998)研究了荷兰土地的作物产量(实际产量/潜在产量)、环境效应(地表水的氮污染)和施肥措施之间的联动效应。

就土地状态指标而言,一般认为土壤质量是土地质量指标体系中最重要状态指标之一,应该包括土壤物理、化学和生物质量三个方面(Hartemink, 1998; Karlen et. al., 1999; Lal, 1999),强调土壤恢复性和抵抗性在维持土壤质量的重要作用(Seybold et. al., 1999)。Karlen等(1999)研究了美国衣阿华、明尼苏达、北达科他和华盛顿4个州的农地退耕为草地对土壤的物理、化学和生物质量指标的影响。

不同指标对土地压力和响应的敏感性存在显著差异,在土地质量指标体系中的相对重要性也不尽相同,必须关注重要的和主要的指标。Islam和Weil(2000)研究了美国中大西洋地区13个土壤指标对水土保持措施的敏感性发现,土壤微生物总C、微生物活性C、微生物C的基准呼吸率和团稳性这4个土壤指标的敏感性最强。美国内布拉斯加州和多米尼加共和国的研究都表明,农民观点与实验检测结果的吻合度很高,因而强调农民观点在土地质量指标体系中的重要作用(Ryder, 1994; Leibig & Doran, 1999)。就景观或区域尺度而言,Kuiper(1998)提出景观类型多样性(Diversity)、空间连贯性(Coherence)和时间连续性(Continuity)是荷兰河流区多重尺度上的景观质量评价和景观规划的3大标准,最终目的在于同时取得生态和美学利益。

我国这方面的研究起步较晚,和国外相比,我国尚没有形成系统综合的土地质量指标体系研究,也缺乏长期定点监测的数据用于土地质量评价。主要研究涉及到土壤的肥力和退化等土壤质量方面以及土地的持续利用、农业持续发展、生态环境等土地质量方面。就土壤质量而言,孙波等(1995)提出了我国东南丘陵区土壤肥力评价的3层指标体系,主要包括土壤养分状况以及物理和化学环境条件两项。杨艳生(1998)提出了土壤退化评价的3层指标体系,最上层包括环境、形态、肥力和污染因子;章家恩和徐琪(1999)也认为三峡库区姊归县土壤退化评价指标体系应有3个层次,但是把土壤退化划分为土壤物理、

土壤养分、土壤化学和土壤生物退化 4 种形式。孙波和赵其国 (1999) 指出红壤质量评价应该从土壤化学、物理学和生物学三个方面来进行; 郭旭东和王静 (2002) 在系统总结土壤质量的概念、指标框架、评价方法基础上, 提出了今后土壤质量的研究趋势; 胡春胜 (1999) 提出以经验性、形态学、物理学和化学指标综合评价太行山前平原农田的土壤质量; 郭旭东等 (2001) 通过河北省遵化县的案例研究, 应用土壤质量指数, 探讨了低山丘陵区不同土地利用方式对土壤质量的影响。

就土地质量而言, 傅伯杰等 (1997) 提出了以生态、经济和社会 3 大类为框架的土地可持续利用评价指标体系 (倪绍祥 & 刘彦随, 1999)。冷疏影和李秀彬 (1999) 介绍了国际有关土地质量指标体系研究的源起、概念框架、最新进展及在研项目。邱扬和傅伯杰 (2001) 从景观生态学的角度探讨了土地持续利用评价的概念、原则、理论基础、指标选择和研究方法和过程。王克强等 (1998) 提出我国可持续发展农业土地利用评价指标体系应包括农业土地永续利用指标和农业土地总量动态平衡指标, 其中前者又包括农业土地系统质量指标、农业土地与自然环境关系指标、农业土地与社会经济环境关系指标 3 大类。周海林 (1999) 讨论了基于“P-S-R”框架的农业可持续发展评价指标体系, 认为压力指标包括环境、经济和社会以及农业输入和输出, 状态指标包括生态系统、自然资源以及健康和福利, 反应指标包括消费者响应、政府政策变化、农户行为改变、农业食物链响应。高志强等 (1999) 认为中国土地资源生态环境质量的评价指标体系为 3 级, 其中第 1 级包括水热、地形地貌、土壤植被和土地利用/土地覆被 4 组指标, 并制作了中国土地资源生态环境综合评价图。

5 发展趋势与研究建议

5.1 主要问题

纵然土地质量指标研究已经取得了一些成果, 但是土地质量指标研究仍将面临着诸如生物自然信息与社会经济信息的数据集成问题、指标不同尺度或层次的转换与衔接问题、数据获取的途径与获取方法的标准化等问题挑战。目前国内外土地质量的研究主要还停留在土地质量的理论探讨、土地质量指标的建立上 (Kirkby et al., 2000; Bindraban et al., 2000), 土地质量指标在监测、评价和政策制订方面的应用还远远没有开展起来; 土地质量评价的最终目的是进行合理的土地管理, 而目前在指标和管理措施以及政策框架之间还缺乏有效的联系 (Wander and Drinkwater, 2000)。

从目前提出的指标来看, 土地质量指标主要还是国家级与次国家级层次的指标, 因此它对宏观层次的土地可持续利用评价的意义最大。但对于更具体、详细的目的, 例如国家级的政策建议, 或省级、区级甚至农场级的管理或规划建议, 则它不能提供所需的基于过程的有效信息, 因此土地质量的评价, 多是指标罗列下的“静态”评价, 没有深入分析引起土地质量变化的过程和机制, 土地质量指标与土地规划存在脱节的现象。

土地质量评价指标体系不是单纯指土地某一方面或某一种属性的指标, 而是综合考虑自然、社会和经济等因素而建立起来的能够反映土地资源和相关生态环境变化的指标体系。从目前的指标来看, 大部分指标局限于土地资源内部, 而缺乏社会经济制度、政策乃至法律等方面的反映。只有从自然、社会和经济等方面综合建立起的指标体系, 才能实现指标

体系监督区域农业、林业、草原等资源利用情况、评价国家环境政策的区域影响、衡量项目所采取措施的效果、对可能产生的副作用进行早期预警等功能。

5.2 研究趋势与建议

基于 PSR 框架的土地质量指标体系从其诞生的那天起,就是和人为生态系统的管理紧密结合在一起的。其核心思想就是要通过“压力-状态-响应”这样一个反映土地质量变化因果关系的框架,将指标纳入土地管理、决策以及政策制订的实践中 (A driaanse, 1993; Hammond et al., 1995; SCOPE, 1995)。因此,无论过去、现在还是将来,土地质量指标体系研究的核心内容和重要趋势必然是强调指标的应用,即如何将指标应用到土地质量的监测、评价、规划和土地政策制订中,并探讨指标与具体问题的相关关系。目前,国际土地管理已经开始从数量管护向质量管护和生态管护方向发展,在我国,如何有效开展土地质量研究,建立适合我国国情的土地质量管护的技术方法体系,对于保证国土资源安全,实现土地可持续、健康发展具有重要的理论与实践意义。下面就我国,特别是国土资源部门进行土地质量指标研究提几点建议,供参考。

(1) 土地质量指标的理论与方法研究

和国外相比,我国目前土地质量指标研究大多针对某些具体问题,总体上还是零散的、局部的、不成规模的,也没有形成相关的研究计划。因此,有必要在国内外已有土地质量指标体系基础上,结合基础地理数据信息和社会经济因素,系统研究、总结、建立不同地区、不同类型、多层次的土地质量指标体系。具体包括: 主要土地利用类型的土地质量指标体系研究。按照“压力-状态-响应”模式建立耕地、林地、草地、园地等主要土地资源的土地质量评价指标体系; 不同生态区(主要土地问题)的土地质量指标体系研究。根据生态区的自然和社会特点,针对区域主要的土地利用问题,建立区域土地质量指标体系,明确限制区域土地质量保持或提高的因素,提出区域土地可持续利用的政策建议; 针对具体土地退化问题的土地质量指标体系研究。建立针对具体的土地沙化、水土流失、土地盐碱化、土壤肥力下降等土地退化问题的土地质量指标体系,为退化土地的恢复重建提供的措施和科学建议; 不同层次土地质量指标体系研究。研究国家层次、区域层次、地方层次以至小流域水平等层次土地质量的要求与不同层次指标的相互关系,建立不同层次的、各有侧重的土地质量指标体系; 土地质量评价的方法研究。分析综合评价法和单因素多角度等评价方法的特点,总结确定评判土地质量好坏的原则和相对标准,建立合适的有较强操作性的土地质量评价方法。

(2) 土地质量调查监测的技术方法体系

运用综合性的、区域性的系统思路来认识和了解土地质量,发展基于多种数据源的土地质量调查监测的技术方法体系,制订相关指标的技术标准,构建起我国土地质量监测系统。全面、及时、准确地掌握我国不同区域、各种土地利用类型的数量和质量的现状、分布和变化信息,为国土资源部和国家有关部门提供土地资源和相关生态环境的基础信息,保障国家制定政策和决策的科学性。具体包括: 土地质量调查与监测指标体系的研究与构建。通过对不同数据源特点和土地质量属性的分析研究,构建以“3S”技术体系和地面调

查相结合的土地质量综合监测指标体系, 并建立其相应的定量表达形式; 基于“3S”技术的多种数据源的土地质量信息识别和变化信息提取。在常规遥感数据基础上, 运用高分辨率和高光谱数据进行土地质量的信息识别, 探索不同数据源的集成技术与信息提取方法;

基于遥感等“3S”技术的土地质量综合监测调查技术方法体系构建。通过对土地质量调查监测指标体系的建立、土地质量信息识别与变化信息提取的研究, 构建出一套基于遥感等“3S”技术, 结合地面调查的土地质量监测调查的技术方法体系, 形成一个具有示范性的、能够实现土地质量综合监测的、提供公共性、基础性信息的技术流程; 土地质量调查监测的示范研究。利用 TM、ETM、SPOT、QUICKBIRD、IKONOS 以及高光谱等遥感数据, 结合地面采样与实地考察, 验证并完善基于遥感等“3S”技术的土地质量综合监测与调查的技术流程与方法, 建立示范研究区土地质量信息数据库, 进行示范区土地质量评价的实例研究。

(3) 土地质量评价中的生态过程与效应研究

单纯指标罗列下的“静态”评价对土地质量的评价还是不够的。虽然从“压力-状态-响应”模式的框架下, 可以得到若干土地质量变化的驱动信息和由此产生的响应措施。但是若要应用到具体的土地规划中, 特别是进行土地利用的空间布局, 还必须深入了解土地质量变化的机理。土地规划是国土资源部门工作的重要内容和主要职责。过程与效应的研究是土地质量指标应用到土地空间规划实践中的基础, 也是进行空间明晰的土地规划的必由之路。土地利用变化对区域生态环境有重要影响(郭旭东等, 1999), 土地利用及其空间位置的组合, 会引起许多重要生态过程的变化, 从而引起环境效应和土地质量的改变。因此, 需要研究土地利用变化对土地质量的影响和不同用地政策下土地质量的变化趋势, 通过模型模拟, 了解不同土地利用下土地质量的情况, 建立预测预警系统, 为合理的土地规划和退化土地的恢复重建提供科学依据。具体包括 土地利用变化对土地质量的影响, 通过实证分析, 研究土地利用在不同时空背景下土地质量属性的变化情况; 土地质量的过程-机理研究。分析土地质量变化的自然与社会驱动因子, 掌握驱动因子、土地利用与土地质量的相互关系和作用机理, 建立目标约束下的土地质量预测模型; 土地安全格局与设计研究。发展能够反映生态过程和景观功能的土地利用格局指数, 建立格局指数与土地质量相互关系的量化表达式, 进行土地安全格局的预案分析。

参考文献

- [1] Acton, D.F., Gregorich, L.J., 1996. Executive Summary of the Health of Our Soil toward Sustainable Agriculture in Canada. Research Branch: Centre for land and Biological Resources Research, Agriculture and AgriFood Canada, Ottawa, Canada, 1996.
- [2] Adriaanse A. 1993. Environmental policy performance indicators. A study on the development of indicators for environmental policy in the Netherlands. Uitgeverij, The Hague.
- [3] Benites, J.R., Tschirley, J.B., 1996. Report of the Workshop on Land Quality Indicators for Sustainable Resource Management. FAO, Rome, Italy, 1996.
- [4] Bindraban P.S., Stoorvogel D.M., Jansen D.M., Vlam ing J., Groot J.J.R. Land quality indicators for sustainable land management: proposed method for yield gap and soil nutrient balance. Agriculture Ecosystems & Environment, 2000, 81: 103~ 112.
- [5] Bouma, J., Droogers, P. A procedure to derive land quality indicators for sustainable agricultural production. Geoderma, 1998, 85: 103~ 110.
- [6] Breeuw sma, A., Wosten, J.H.M., Vleeshouwer, J.J., van Skobbe, A.M., Bouma, J.. Derivation of land qualities to assess environmental problems from soil survey. Soil Sci. Soc. Am., J., 1986, 50: 186~ 190.

- [7] Dumanski J., Pieri, C. Land quality indicators: research plan. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2000, 81: 93~ 102.
- [8] Dumanski Julian, Gameda Samuel, Pieri Christian. Indicators of land quality and sustainable land management: An annotated bibliography. Environmentally and Socially Sustainable development series: Rural development. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. Washington, D.C., U.S.A, 1998.
- [9] Dumanski, J. Land quality indicators. *Agriculture Ecosystems & Environment*, preface. 2000.
- [10] Dumanski, J., Gregorich, L.J., Kirkwood, V., Cann, M.A., Culley, J.L.B., Coote, D.R.. The status of land management practices on agricultural land in Canada. Tech. Bull. 1994-E, Centre for Land and Biological Resources Research, Agriculture and Agri-food Canada, Ottawa, 1994.
- [11] FAO. A framework for land evaluation. FAO soil bulletin 32. FAO, Rome, 1976.
- [12] FAO. Guidelines for land-use planning. FAO Development Series 1. FAO, Rome, 1993.
- [13] Hammond, A., Adriaanse, A., Rodenburg, E., Bryant, D and Woodward, R. Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development. World Resources Institute, Washington, D.C. 1995.
- [14] Hartemink, A.E., Soil chemical and physical properties as indicators of sustainable land management under sugar cane in Papua New Guinea. *Geoderma*, 1998, 85: 283~ 306.
- [15] Islam, K.R., Weil, R.R. Soil quality indicator properties in mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2000, 55(1): 69~ 78.
- [16] Karlen, D.L., Rosek, M.J., Gardner, J.C., Allan, D.L., Amis, M.J., Bezdek, D.F., Flock, M., Huggins, D.R., Miller, B.S., Staben, M.L. conservation Reserve Program effects on soil quality indicators. *J. Soil and Water Cons.*, 1999, 54(1): 439~ 444.
- [17] Kirkby M.J., Bissonais Y.Le, Coulthard T.J., Daroussin J., McMahon M.D. The development of land quality indicators for soil degradation by water erosion. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2000, 81: 125~ 135.
- [18] Kuiper, J., Landscape quality based upon diversity, coherence and continuity, Landscape planning at different planning-levels in the River area of The Netherlands. *Landscape and Urban Planning*, 1998, 43: 91~ 104.
- [19] Lal, R., Soil quality and soil erosion. CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington, D.C. 1999.
- [20] Leibig, M.A., Doran, J.W. Evaluation of point-scale assessments of soil quality. *Journal of Soil and Water conservation*, 1999, 54(2): 510~ 518.
- [21] Pieri C, Dumanski J, Hamblin A, and Young A. Land Quality Indicators. World Bank Discussion Paper 315. World Bank, Washington, D.C. 1995.
- [22] Ryder, R.. Land evaluation for steepland agriculture in the Dominican Republic. *The Geographical Journal*, 1994, 160(1): 74~ 86.
- [23] SCOPE. Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on the environment in the context of sustainable development. Bureau de Plan, Brussels, 1995.
- [24] Seybold, C.A., Hemick, J.E., Brejd, J.J.. Soil resilience: A fundamental component of soil quality. *Soil Science*, 1999, 164(4): 224~ 234.
- [25] Smaling, E.M.A., Fresco, L.O., de Jager, A. Classifying, monitoring and improving soil nutrient stocks and flows in African agriculture. *Ambio* 8, 1996, 492~ 496.
- [26] Smith, N.J.H. Effects of land-use systems on the use and conservation of biodiversity. In: Srivastava, J.P., Smith, N.J.H., Forno, D.A. (Eds.), *Biodiversity and Agricultural Intensification: Partners for Development and Conservation*. Environmentally Sustainable Development Studies and Monographs, Series no. 11, World Bank, Washington, DC, 1996.
- [27] Walker, J., Reuter, D.J. Indicators of catchment health: a technical perspective, CSIRO, Melbourne, 1996.
- [28] Wander M.M., Drinkwater L.E. Fostering soil stewardship through soil quality assessment. *Applied Soil Ecology*, 2000, 15: 61~ 73.
- [29] 傅伯杰, 陈利顶, 马诚. 土地可持续利用评价的指标体系与方法. *自然资源学报*, 1997, 12(2): 112~ 118.
- [30] 高志强, 刘纪远, 庄大方. 中国土地资源生态环境质量状况分析. *自然资源学报*, 1999, 14(1): 93~ 96.
- [31] 郭旭东, 陈利顶, 傅伯杰. 土地利用/土地覆被变化对区域生态环境的影响. *环境科学进展*, 1999, 7(6): 66~ 75.
- [32] 郭旭东, 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 李俊然. 丘陵低山区土地利用方式对土壤质量的影响-以河北省遵化县为例. *地理学报*, 2001, 56(4): 447~ 455.
- [33] 郭旭东, 王静. 土壤质量的概念、评价与研究趋势. *长江流域资源与环境(学报)*, 2002, 11: 66~ 72.
- [34] 胡春胜. 土壤质量诊断与评价理化指征及其应用. *生态农业研究*, 1999, 7(3): 16~ 18.
- [35] 冷疏影, 李秀彬. 土地质量指标体系国际研究的新进展. *地理学报*, 1999, 54(2): 177~ 185.
- [36] 倪绍祥, 刘彦随. 区域土地资源优化配置及其可持续利用. *农村生态环境*, 1999, 15(2): 8~ 12.
- [37] 邱扬, 傅伯杰. 土地持续利用评价的景观生态学基础. *资源科学*, 2000, 22(6): 1~ 8.

- [38] 邱扬, 傅伯杰. 景观生态学与土地持续利用. 见景观生态学原理及应用(傅伯杰等编著). 北京: 科学出版社. 2001, 269~ 309.
- [39] 孙波, 张桃林, 赵其国. 我国东南丘陵山区土壤肥力的综合评价. 土壤学报, 1995, 32(4): 362~ 369.
- [40] 孙波, 赵其国. 红壤退化中的土壤质量评价指标及评价方法. 地理科学进展, 1999, 18(2): 118~ 128.
- [41] 唐华俊, 陈佑启, Eric Van Ranst. 中国土地资源可持续利用的理论与实践. 中国农业科技出版社, 北京, 2000.
- [42] 王克强, 韩桐魁, 刘红梅. 我国可持续发展农业土地利用评价指标体系研究. 农业土地永续利用评价指标体系. 生态农业研究, 1998, 6(2): 25~ 29.
- [43] 杨艳生. 土壤退化指标体系研究. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(4): 44~ 71.
- [44] 章家恩, 徐琪. 三峡库区秭归县土壤退化综合评价. 生态农业研究, 1999, 7(1): 32~ 35.
- [45] 周海林. 农业可持续发展状态评价指标(体系)框架及其分析. 农村生态环境, 1999, 15(3): 6~ 10, 16.

The Progress and Prospect of Land Quality Indicators Based on “Press-State-Response” Framework

GUO Xudong¹, QIU Yang², LIANG Gang^{1,3}, LIU Kang¹

(1. Key Laboratory of Land Use, China Land Surveying & Planning Institute, Beijing 100029;

2. Department of Resources and Environment Science, Beijing Normal University, Beijing 100081;

3. Key laboratory of System Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, CAS, 100085)

Abstract: Land and quality indicators based on “press-state-response (PSR)” framework is one of the present hot-spots in land science. Fast economic growth and land degradation in China urge government and scientists to build up the indicators to monitor and evaluate land quality changes. This paper introduced the origin, concept, research plan and evaluation framework for land quality based on PSR framework, and it also summarized the new progresses in the field of international land quality indicators research. In land quality indicators project, 11 land quality indicators were proposed, which are nutrient balance, yield gap, agricultural land use intensity and land use diversity, land cover, soil quality, land degradation, agro-biodiversity, water quality, forest land quality, rangeland quality, and land contamination/pollution. Some research trends and suggestions in China in future were also proposed. As the national agency of land management, the Ministry of Land and Resources can make contributions to land science by the application of land quality project.

Key words: PSR framework; land quality indicators; progress; prospect