

河北省土地生态安全评价*

李玉平^{1,2)} 蔡运龙¹⁾

¹⁾ 北京大学资源环境与地理学系, 土地科学中心, 北京, 100871;

²⁾ 邢台学院地理系, 邢台, 054001, 通讯作者, E-mail: li-yuping@163.com)

摘要 以河北省为例,在界定土地生态安全概念的基础上,探讨了土地生态安全评价的方法。依据区域土地生态安全评价一般性指标体系,建立了适合该区的由22项指标组成的土地生态安全评价指标体系。运用层次分析原理和土地生态安全模型对该区2000年和2004年的土地生态综合安全值进行了计算,研究结果显示,河北省土地生态综合安全状况在2000年属于“敏感级”,在2004年属于“风险级”,均处于“不安全”状态,且有不断恶化的趋势。人口增长过快、土地污染、滥垦、滥伐、过度放牧以及粗放经营的生产方式是导致该省土地生态安全状况不断下降的主要原因。

关键词 土地生态; 安全评价; 指标体系; 层次分析法; 河北省

中图分类号 P 94

Security Evaluation of Land Ecology in Hebei Province

LI Yuping^{1), 2)} CAI Yunlong¹⁾

¹⁾ Department of Resources, Environment and Geography, Center for Land Study, Peking University, Beijing, 100871;

²⁾ Department of Geography, Xingtai Institute, Xingtai, 054001, Corresponding Author, E-mail: li-yuping@163.com)

Abstract Based on clarifying of land ecological security and taking Hebei Province as the case, this article discusses the methods of security evaluations of land ecology. In accordance with the commonly accepted index of security evaluation on regional land ecology, a system of 22 indexes suitable for this region is established. By adopting the principle of systematic analysis and the security matrix of land ecology, calculation for the two year (2000 and 2004 respectively) status is carried out. The results show that the comprehensive security status of land ecology is labeled “sensitive grade” for 2000 while “alarming grade” for 2004. It indicates that the land security status in Hebei Province in both 2000 and 2004 is in the “unsafe” state with the tendency of deteriorating. The main causes for the deterioration of land ecological security are the population booming, unreasonable reclamation, soil erosion, overgrazing, extensive farming and so on.

Key words land ecology; evaluation of security; index; analytical hierarchy process; Hebei Province

0 引言

土地是十分宝贵的自然资源,是人类赖以生存和发展的物质基础,土地资源的有限性已成为人类可持续发展中的关键问题之一。由于加速工业化与

城市化,人地矛盾日益突出,我国土地利用的强度不断增加,对土地的利用程度已经达到甚至超过区域土地的生态承载能力,导致区域内的生态环境逐渐恶化,土地生态安全成为一大严峻的挑战,其研究势在必行^[1,2]。

* 国家自然科学基金(40571002)资助项目

收稿日期: 2006-10-10; 修回日期: 2006-11-01

生态安全一般指一个国家或地区的生态环境和自然资源状况能持续满足社会经济发展需要, 社会经济发展不受或少受来自于自然资源和生态环境的制约与威胁的状态。生态安全包含以下几方面的含义: (1) 生态安全指一种资源环境状态, 这种状态一方面要求生态环境自身处于良性循环之中, 环境不出现恶化, 另一方面, 资源、环境状态要能满足社会经济发展需要; (2) 生态安全指一种关系, 即资源环境与社会经济之间的关系, 这种关系必须保持相互协调, 社会经济的发展不能受资源环境的制约和限制; (3) 生态安全反映资源环境对社会经济发展的重要性; (4) 生态安全强调持续性和长期性。

总之, 生态安全包含生态系统自身的安全(自身结构未受破坏)和生态系统对于人类的安全(生态系统的功能不受损害, 其提供的服务能满足人类的生存和发展需要)。生态系统所提供服务的数量和数量是生态安全的一个显性特征, 当一个生态系统所提供服务的数量和数量出现异常时, 表明该系统的生态处于“不安全”状态^[3]。

土地生态安全, 是指陆地表层由各种有机物和无机物构成的土地生态系统的结构不受破坏, 同时, 土地生态系统为人类提供服务的质量和数量能够持续满足人类生存和发展的需要^[4]。土地生态系统是一切资源与环境的载体, 然而随着经济的快速发展, 恶化的土地生态已逐步危及国土生态安全, 并已成为国家安全的一个重要方面^[5]。由于人口增长和经济的发展, 某些区域内生物、生态环境和生态系统遭到了空前的冲击与破坏, 某些破坏已经达到甚至超过了土地资源的生态承受力, 譬如人们对土地资源不合理利用, 造成水土流失、盐渍化和草场退化; 农田大量施用农药、化肥等化学物质造成土地污染, 有些破坏是不可逆转的; 而土地生态的破坏反过来又影响到人类的健康生活和社会的可持续发展^[6]。

生态安全是土地可持续利用的核心和基础, 土地生态安全研究成为当前土地资源可持续利用研究的前沿课题。本文以河北省为例, 对区域土地生态安全进行了评价, 以期对土地资源的可持续利用提供理论基础和实践经验。

1 研究区、研究方法及数据来源

1.1 河北省概况

河北省位于欧亚大陆东岸, 地跨 $36^{\circ}03'N$ — $42^{\circ}40'N$, $113^{\circ}27'E$ — $119^{\circ}50'E$ 之间, 总面积为 18.88

万 km^2 ^[7]。改革开放以来, 农业现代化水平和产业化水平明显提高, 农地集约化程度加强, 粮食产量不断增长。与此同时, 人口迅速增加, 工业化、城镇化水平快速提高, 农地非农业化过程持续进行, 全省耕地面积显著减少, 人多地少的矛盾日益尖锐, 土地生态质量不断下降。

1.2 研究方法

土地生态安全评价的关键是建立指标体系和确定各指标的权重, 对此, 本文主要运用层次分析法(AHP法)和相关分析法^[8]。层次分析法(Analytical Hierarchy Process, 简称 AHP 方法)是美国运筹学家 A. L. Saaty 于 20 世纪 70 年代初提出的一种灵活、简便、多准则定性定量相结合的决策分析方法。它是一种将决策者对复杂系统的决策思维过程模型化、数量化的过程。它首先把复杂的系统分解成若干子系统, 并按它们之间的从属关系分组, 形成有序的递阶层次结构, 对同一层次各元素进行两两比较, 并用矩阵运算确定出该元素对上层支配元素的相对重要性, 进而确定出每个子系统对总目标的权重系数。

1.3 数据来源

研究数据主要来自河北年鉴(2001—2005年)^[9], 河北经济年鉴(2001—2005年)^[10], 河北农村统计年鉴(2005年)^[11], 中国统计年鉴(2001—2005年)^[12]。

2 土地生态安全综合评价

2.1 评价指标体系的构建

确定土地生态安全评价指标是一项探索性很强、很复杂的工作, 迄今还没有一个明确的、统一的标准。本研究在评价指标的选择时不仅考虑生态环境状态, 而且要反映出对生态安全有潜在影响的重要因素以及人类活动的影响, 另外也要考虑生态安全指标数据的可得性与方法的可操作性, 同时考虑到区域土地生态安全各评价因子的复杂关系和研究区域的土地生态安全状况水平以及国内相关的研究成果^[2, 6, 13, 14], 从河北省土地生态特点出发, 按照土地生态安全的自然因素、经济因素和社会因素三方面, 综合归纳确定了河北省土地生态安全评价指标 22 项(见图 1)。

评价指标作为影响土地生态安全的因素, 可分为正安全趋向性指标和负安全趋向性指标。

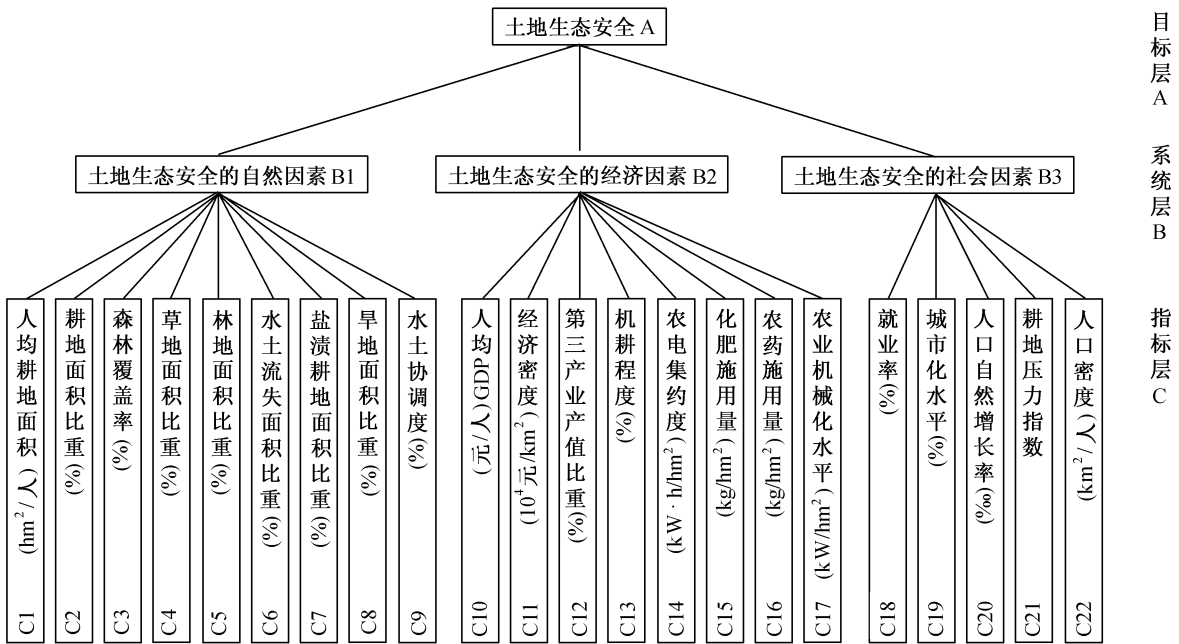


图 1 河北省土地生态安全评价指标体系

Fig. 1 Security evaluation index of land ecology in hebei province

(1) 正安全趋向性指标: 人均耕地面积、森林覆盖率、草地面积比重、林地面积比重、水土协调度(有效灌溉面积占耕地面积的比重)的值越大,表明土地生态安全的状况越好;人均 GDP、经济密度(单位土地面积内的国内生产总值),第三产业产值比重、机耕程度(机耕面积占耕地总面积比重)、农电集约度(单位耕地用电量)、农业机械化水平(单位耕地农业机械总动力)、就业率、城市化水平的值越大,表明维护和改善土地生态安全的能力越强。

(2) 负安全趋向性指标: 耕地面积比重(耕地面积与土地面积的比值)、水土流失面积比重、盐渍耕地面积比重、旱地面积比重、化肥施用量、农药施用量、人口自然增长率、人口密度的值越大,对土地的压力越大,土地生态安全状况越差。耕地压力指数为满足粮食需求的最小人均耕地面积与实际人均耕地面积之比^[15],可以衡量一个地区耕地资源的稀缺和冲突程度,其数值越大,土地所受压力越大,土地生态安全状况越差。

2.2 土地生态安全评价指标权重、基准值及安全指数的确定

鉴于评价指标较多,直接确定每个指标对区域土地生态安全影响的大小(即每个指标的权重)比较困难。本研究采用层次分析法(AHP法),请多名省、市及高校有关专家对各层指标的相对重要性进

行两两比较、判断,在汇总了专家评价结果的基础上,按层次分析法原理,采用方根法,计算出各指标的权重,并针对河北省的实际情况做了部分调整,计算结果具有令人满意的一致性。鉴于篇幅有限,具体计算方法不再赘述,可参见文献[8]。

基准值的来源主要为目前国际公认值和世界平均值。同时,考虑到我国土地生态环境的特点和河北省实际情况,并参考相关文献[2, 13, 14, 16—18],部分指标的基准值采用了全国平均值(表1),并采用以下方法计算土地生态各指标的安全指数。

设 $X_{(i)}$ 为第 i 个评价指标的实际值, $Y_{(i)}$ 为第 i 个评价指标的基准值, $P_{(i)}$ 为第 i 个评价指标的安全指数, $0 \leq P_{(i)} \leq 1$, 则:

(1) 正安全趋向性指标: 当 $X_{(i)} \geq Y_{(i)}$, 则 $P_{(i)} = 1$; 当 $X_{(i)} < Y_{(i)}$, 则 $P_{(i)} = X_{(i)} / Y_{(i)} \times 100\%$ 。

(2) 负安全趋向性指标: 当 $X_{(i)} \leq Y_{(i)}$, 则 $P_{(i)} = 1$; 当 $X_{(i)} > Y_{(i)}$, 则 $P_{(i)} = Y_{(i)} / X_{(i)} \times 100\%$ 。

2.3 土地生态安全值的计算

河北省土地生态单指标安全值数学模型为:

$$S_{(i)} = P_{(i)} \cdot W_{(i)},$$

式中: $S_{(i)}$ 为土地生态指标安全值, $P_{(i)}$ 为土地生态安全指数, $W_{(i)}$ 为指标权重。虽然单项指标安全值可以从不同的方面反映河北省土地生态安全的现状,但是要更全面地反映该省土地生态安全现状,还

需对指标进行综合计算, 土地生态安全指标综合值数学模型为:

$$T = \sum_{i=1}^n (P_{(i)} \cdot W_{(i)}),$$

式中: T 为土地生态综合安全值; n 为指标项数; $P_{(i)}$ 为各指标安全指数; $W_{(i)}$ 为各指标权重。计算结果见表 1。

根据计算所得的综合安全值, 参考相关文献 [6, 15] 设置了河北省土地生态安全标准综合评判表(表 2), 该表将综合安全值取值范围(0~ 1) 采用非等间距法分为 5 个安全档次, 综合安全值越大, 土地生态安全状况就越好, 反之, 则越差, 并依次将对应的 5 个等级的系统特征进行描述。

表 1 河北省土地生态安全评价指标及安全值

Table 1 Security evaluation index and their values of land ecology in Hebei Province

项目	安全趋向性	原始值($X_{(i)}$)		基准值($Y_{(i)}$)	基准值来源	安全指数($P_{(i)}$)		权重($W_{(i)}$)	安全值($S_{(i)}$)	
		2000 年	2004 年			2000 年	2004 年		2000 年	2004 年
C1	+	0.097	0.088	0.053	国际公认值	1	1	0.0330	0.0330	0.0330
C2	-	34.45	31.97	13.55	全国平均值	0.393	0.424	0.0350	0.0138	0.0148
C3	+	19.5	19.5	40	全国平均值	0.488	0.488	0.0130	0.0063	0.0063
C4	+	29.95	23.59	34.35	全国平均值	0.872	0.687	0.1030	0.0898	0.0708
C5	+	23.08	24.98	22	全国平均值	1	1	0.0360	0.0360	0.0360
C6	-	37.18	37.68	16.8	世界平均值	0.452	0.446	0.0530	0.0240	0.0236
C7	-	5.42	5.43	5	世界平均值	0.923	0.921	0.0530	0.0489	0.0488
C8	-	33.72	31.46	40	世界平均值	1	1	0.0530	0.0530	0.0530
C9	+	69.32	74.32	70	全国平均值	0.99	1	0.0130	0.0129	0.0130
C10	+	7.62505	12.97829	7.543	全国平均值	1	1	0.0260	0.0260	0.0260
C11	+	271.12	470.8	98.28	全国平均值	1	1	0.0330	0.0330	0.0330
C12	+	33.5	31.27	33.6	全国平均值	0.997	0.931	0.0060	0.0060	0.0056
C13	+	78.45	78.46	47.7	全国平均值	1	1	0.0150	0.0150	0.0150
C14	+	2.79077	4.44256	1.800	全国平均值	1	1	0.0150	0.0150	0.0150
C15	-	418.52	483.09	255	国际公认值	0.609	0.528	0.0860	0.0524	0.0454
C16	-	11.26	12.61	0.13	国际公认值	0.012	0.01	0.0860	0.0010	0.0009
C17	+	10.83	13.56	20	全国平均值	0.542	0.678	0.0150	0.0081	0.0102
C18	+	51.45	51.64	50	全国平均值	1	1	0.0360	0.0360	0.0360
C19	+	19.6	26.57	60	国际公认值	0.327	0.443	0.0650	0.0213	0.0288
C20	-	5.09	5.79	1.33	世界平均值	0.261	0.23	0.1050	0.0274	0.0242
C21	-	1.046	1.098	1	国际公认值	0.956	0.911	0.0150	0.0143	0.0137
C22	-	355.57	362.76	128.78	国际公认值	0.362	0.355	0.1050	0.0380	0.0373

表 2 河北省土地生态安全标准综合评判

Table 2 Integral evaluation of land ecology security in Hebei Province

安全值区间($S_{(i)}$)	等级	表征状态	系统特征
≤ 0.4	iv	恶劣级	土地生态系统服务功能几近崩溃, 生态过程很难逆转, 生态环境受到严重破坏, 生态系统结构残缺不全, 功能丧失, 生态恢复与重建很困难, 生态环境问题很大并经常演变成生态灾害。
$0.4 < \sim \leq 0.6$	㊸	风险级	土地生态系统服务功能严重退化, 土地生态环境受到较大破坏, 结构恶化较大, 功能不全, 受外界干扰后恢复困难, 盐碱化程度高, 治理困难, 一般为低产田, 生态问题较大, 生态灾害较多。
$0.6 < \sim \leq 0.7$	㊹	敏感级	土地生态系统服务功能已有退化, 土地生态环境受到一定破坏, 生态系统结构有变化, 但尚可维持基本功能, 受干扰后易恶化, 生态问题显著, 生态灾害时有发生。
$0.7 < \sim \leq 0.9$	㊺	良好级	土地生态系统服务功能较为完善, 土地生态环境较少受到破坏, 生态系统结构尚完整, 功能尚好, 受干扰后一般可恢复, 生态问题不显著, 生态灾害不大。
$0.9 <$	㊻	安全级	土地生态系统服务功能基本完善, 土地生态环境基本未受到干扰破坏, 土地生态系统结构完整, 功能性强, 土壤肥沃, 无农业污染, 植被覆盖率高, 无沙化、碱化现象, 生态问题不显著。

2.4 土地生态安全评价结果分析

经计算,河北省 2000 年和 2004 年的土地生态综合安全值分别为 0.611 2 和 0.590 3,按照相关参考文献[2, 6, 13, 14, 16—18]及河北省土地生态安全标准综合评判可以看出,2000 年土地生态安全评价等级为“敏感级”,2004 年的土地生态安全评价等级下降为“风险级”。

分析表 1 的数据,可以看出造成河北省土地生态安全整体下降的原因是:人口增长过快,人均占有耕地逐年下降,造成耕地压力指数增大,耕地压力指数由 2000 年的 1.046 增加到 2004 年的 1.098,在粗放生产方式未得到改造的情况下,人口与粮食矛盾尖锐,于是开荒、开山种地、牧场超载、乱采滥伐等不合理的人类活动导致植被破坏,造成土地污染、水土流失和土地盐渍化加重^[19]。农用化肥施用量、农药施用量 2000 年分别为 418.52 kg/hm² 和 11.26 kg/hm²,2004 年分别为 483.09 kg/hm² 和 12.61 kg/hm²,远远超过国际公认值并有逐年增加的趋势。农田大量施用农药、化肥等化学物质,其残留有毒物质超过土壤的净化容量而使土地污染。对土地资源的掠夺式开发和不合理利用,滥垦、滥伐和过度放牧等经济活动日益剧烈,农、林、牧用地失调,水土流失、盐渍化和草场退化发展迅速。河北省大部分属于半湿润季风气候区,北部一小部分属于半干旱区。多年平均降水量为 552 mm,时空分布不均匀,65%~75% 的降水集中于 6、7、8 三个月份,受地形影响又形成区域间降水分配不平衡,且是全国降水变率最大省份之一^[20]。全省盐渍化土地集中分布在坝西高原区、冀西北山间盆地、低平原区和滨海平原区。强度和极强度土地侵蚀区主要分布在张家口市和承德市,特殊的气候条件和特殊的生态地质环境,加之不合理的人类活动加剧了水土流失和土地盐渍化,对土地生态环境产生极大压力。

3 结论与讨论

3.1 关于土地生态安全评价方法

(1) 本文利用单项生态安全模型和综合生态模型,对河北省土地生态安全进行了计算,并对土地生态安全值的计算结果进行了分析总结,研究结果比较符合该省的土地利用的实际情况,说明该评价是比较科学的,具有一定的参考价值。

(2) 本文对土地生态安全评价的理论和方法做了初步探索,并以河北省为例进行了专门研究,但土

地生态安全评价涉及的因素繁多,评价体系和方法都需在实践中不断完善。而更有意义、也更有挑战性的工作则是探究各因素的影响机理,以提出更能对症下药的对策。

3.2 关于河北省土地生态安全对策

河北省在 2000—2004 年间,土地生态安全状况不断恶化,由“敏感级”状态下降至“风险级”状态。针对上文分析所揭示的影响因素,笔者认为可以从以下方面加强土地生态建设,以确保河北省土地生态安全:

(1) 控制人口数量,提高人口素质。人口密度增加、人均耕地减少、耕地压力指数增大,造成人口与粮食矛盾日益尖锐,对环境产生极大的压力,造成土地生态环境恶性循环。必须严格执行计划生育政策,降低人口出生率,使人口增长与经济增长相适应。同时也应指出,人口密度大的国家如日本、荷兰、新加坡等,他们的土地生态保护做得都很好,可见人口多并不必然导致土地退化,关键还在于人口素质、科学管理和技术的提高^[21]。

(2) 综合治理“三废”,减轻对土地的污染。加强化肥、农药生产企业的技术改造和设备更新,防止生产过程中的土地环境污染。积极研究、开发减轻危害或无危害氮肥稳定剂、化肥增效添加剂、无毒农药等新技术产品,大规模生产长效碳胺、粒状复合肥、涂层尿素等优质高效肥料和高效、低毒、低残留的生物农药。通过采用科学配方、确定肥料与农药种类、选择施肥与喷药最佳期等手段,提高化肥、农药的利用效率,减少化肥、农药残留量。增施农家肥,并与无机肥合理搭配。搞好农作物病、虫、鼠害的生物防治和天敌防治^[22]。

(3) 加大土地生态保护资金投入,建立生态补偿机制。通过财政转移加强土地生态保护投入,建立土地资源有偿使用和土地生态价值纳入经济核算的制度,逐步建立土地生态补偿、土地资源开发补偿的土地生态补偿机制^[6]。

(4) 加强宣传、教育,提高全民生态环境意识,建立土地生态保护的法律法规体系。环境教育可以采取几种方式^[23]:一是利用多媒体扩大社会的环境宣传教育;二是尽快使环境教育进入幼儿园到大学的所有教育过程中;三是加强社区的环境教育,从社区环境教育到学校环境教育都要抓好,让环境教育深入人心,使人人都自觉维护好人类赖以生存的环境。健全土地生态保护的法律法规体系,促进国家制定土地

生态保护法,以弥补现有土地管理法中土地生态保护的不足^[6]。

参 考 文 献

- [1] 高向军,鞠正山. 中国土地整理与生态环境保护. 资源·产业, 2005, 7(2): 1-3.
- [2] 高桂芹,韩美. 区域土地资源生态安全评价. 水土保持研究, 2005, 12(5): 271-273.
- [3] 曲福田,赵海霞,朱德明. 江苏省土地生态安全问题及对策研究. 环境保护, 2005, 2: 57-59.
- [4] 刘胜华. 我国土地生态安全问题及其立法. 国土资源科技管理, 2004, 21(2): 53-56.
- [5] 任志远,张艳芳,李晶,等. 土地利用变化与生态安全评价. 北京:科学出版社, 2003, 8: 155-158.
- [6] 刘勇,刘友兆,徐萍. 区域土地资源生态安全评价. 资源科学, 2004, 26(3): 69-75.
- [7] 河北省土地管理局. 河北土地资源. 北京:科学出版社, 2000.
- [8] 徐建华. 现代地理学中的数学方法. 北京:高等教育出版社, 2002: 224-250.
- [9] 河北年鉴编委会. 河北年鉴. 石家庄:河北年鉴社出版社, 2001—2005.
- [10] 河北省人民政府. 河北经济年鉴. 北京:中国统计出版社, 2001—2005.
- [11] 河北省人民政府办公厅. 河北农村统计年鉴. 北京:中国统计出版社, 2005.
- [12] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴. 北京:中国统计出版社, 2001—2005.
- [13] 张建新,邢旭东,刘小娥. 湖南土地资源可持续利用的生态安全评价. 湖南地质, 2002, 21(2): 119-121.
- [14] 汤洁,朱云峰,李昭阳,等. 东北农牧交错带土地生态环境安全指标体系的建立与综合评价. 干旱区资源与环境, 2006, 20(1): 119-124.
- [15] 蔡运龙,傅泽强,戴尔阜. 区域最小人均耕地面积与耕地资源调控. 地理学报, 2002, 57(2): 127-134.
- [16] 赵凤琴,汤洁,王晨野,等. 生态脆弱地区土地生态环境安全初探. 水土保持通报, 2005, 25, (1): 99-103.
- [17] 田克明,王国强. 我国农用地生态安全评价及其方法探讨. 地域研究与开发, 2005, 24(4): 79-82.
- [18] 曹新向,郭志永,雒海潮. 区域土地资源持续利用的生态安全研究. 水土保持学报, 2004, 18(2): 192-195.
- [19] 钱金平,张秀兰. 河北省土地退化及其防治. 水土保持研究, 2002, 9(3): 76-83.
- [20] 许月明,梁山. 河北省耕地资源条件分析及可持续利用对策建议. 农业经济问题, 2002(10): 40-44.
- [21] 徐盛荣. 抗衡土地退化的对策. 中外房地产导报, 2000, (12): 14.
- [22] 李龙城. 山西土地生态环境持续整治与保护总体战略研究. 山西科技, 2000, (2): 6-9.
- [23] 卢爱华. 我国水土流失与土地资源保护. 南方国土资源, 2003, (8): 52-54.