

河北省邢台市土地生态安全评价及可持续发展对策研究

李玉平¹, 朱琛², 张义文²

(1. 邢台学院 地理系, 河北 邢台 054001; 2. 河北师范大学 资源与环境科学学院, 河北 石家庄 050016)

摘要: 在对土地生态安全概念研究的基础上,以河北省邢台市为例,运用层次分析原理和土地生态安全模型,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,对该区 2000,2004 和 2010 年的土地生态综合安全值进行了计算。研究结果显示,邢台市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”,在 2010 年属于“敏感级”,均处于“不安全”状态。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市土地资源“不安全”状况的主要原因。最后提出确保土地生态安全的对策建议。

关键词: 土地; 生态安全; 评价指标; 对策; 邢台市

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)06-0116-05

中图分类号: F301.2

Assessment on Land Ecological Security and Sustainable Development Countermeasures in Xingtai City of Hebei Province

LI Yu-ping¹, ZHU Chen², ZHANG Yi-wen²

(1. Department of Geography, Xingtai Institute, Xingtai, Hebei 054001, China;

2. Institute of Resource and Environmental Science of Hebei Normal University, Shijiazhuang, Hebei 050016, China)

Abstract: Based on clarifying of land ecological security and taking Xingtai City, Hebei Province as the case, using the principle of systematic analysis and the security matrix of land ecology, a system of 22 indexes suitable for this region was used to calculate the status of three years(2000, 2004 and 2010 respectively). The results show that the comprehensive security status of land ecology is labeled "sensitive grade" for 2000, "alarming grade" for 2004 and "sensitive grade" for 2010. It indicates that the land security status in Xingtai City in 2000, 2004 and 2010 is in the "unsafe" state. The main causes for the "unsafe" state are the population booming, land contamination, overgrazing, deforestation, overgrazing and extensive farming. Finally, this paper brings forward countermeasures to guarantee the safety of land ecology.

Keywords: land; ecological security; evaluation index; countermeasures; Xingtai City of Hebei Province

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的关注焦点。然而,我国由于加速工业化与城市化,土地利用强度的不断增加,人地矛盾日益突出,导致区域内的生态环境逐渐恶化,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,因而区域土地生态安全的研究势在必行^[1]。生态安全一般指一个国家或地区的生态环境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资源和生态环境的制约与威胁的状态。生态安全包含 4 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

收稿日期:2012-12-27

修回日期:2013-01-24

资助项目:河北省自然科学基金项目“生态足迹动态仿真及驱动因素与良性调控机制研究:以邢台市为例”(D2012108001);2013 年河北省高等学校科学研究计划项目“邢台市能源消费碳排放足迹的动态变化及能源利用结构优化对策研究”(ZD20132007)

作者简介:李玉平(1967—),女(汉族),河北省临西县人,硕士,教授,主要研究方向为土地规划、土地评价及区域可持续发展。E-mail:liyuping@163.com。

生态安全的一个显性特征,当一个生态系统所提供服务的质量和数量出现异常时,表明该系统的生态处于“不安全”状态^[2]。

土地生态安全,是指陆地表层岩土部分(岩石和土层)内由各种有机物和无机物构成的生态系统的结构不受破坏,同时,该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^[3]。土地生态环境是一切资源与环境的载体,然而随着经济的快速发展,严重的土地生态环境问题已逐步上升发展成为国土生态安全问题,并已成为国家安全的一个重要方面^[2,4]。事实上,由于人口增长和经济的发展,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,有些已经达到了不可逆转的地步,而区域内土地资源的生态破坏反过来又影响到区域乃至一个国家人类的健康生活和社会的可持续发展^[5]。因此,以邢台市为例,对区域土地生态安全问题及整治保护进行研究,以期维持土地资源与人类的协调发展,实现自然、经济和社会的可持续发展的目标。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

邢台市位于河北省南部,地处东经 $113^{\circ}45'$ — $115^{\circ}50'$ 和北纬 $36^{\circ}45'$ — $37^{\circ}48'$ 之间。西与山西省相邻,东隔卫运河与山东省相望,北和东北与石家庄市、衡水市接壤,南与邯郸市毗邻。该市属暖温带半湿润大陆性季风气候区。地势西高东低,最低处海拔 24 m,最高处海拔 1 822 m,相对高差近 1 800 m。地貌复杂多样,有中低山地,丘陵岗坡,山麓平原,东部低平原及洼地。西部为太行山地,向东逐渐过渡到丘陵区,丘陵区以东为洪积冲积平原区,地势低平。山地、丘陵和平原的面积比例大体为 2:1:7,平原面积所占比重最大。该市下辖 21 个县(市、区),192 个乡镇(镇、街道办事处),5 158 个村和 208 个居委会^[6]。邢台市土地总面积 12 434.4 km²,占河北省土地总面积的 6.61%。土壤类型复杂多样,共有 12 个土类,25 个亚土类,80 个土属,173 个土种,其中潮土类面积占土壤面积的 2/3。由于自然因子错综交织,因而形成多样的土地生态类型,有森林、草地、盐湖植被、裸地、水域等^[7]。

1.2 研究方法

1.2.1 土地生态安全综合评价指标体系的构建 在查阅有关资料^[1,5,8-10]的基础上,从邢台市土地生态环境特点出发,本着土地生态安全评价的指标体系能够

反映土地资源开发和利用对于满足人民生活水平提高及国民经济发展需要的保障程度,并尽可能量化;土地生态安全评价的指标体系能够用于土地资源安全维护和建设,有指导实践的价值,具有可操作性;土地生态安全评价的指标体系具有普遍性,数据^[11-12]比较容易调查和获取等的原则,在构建指标体系时从影响土地生态安全的自然因素、社会因素和经济因素三个方面分析,综合归纳确定邢台市的土地生态安全评价指标 22 项(表 1)。

表 1 邢台市土地生态安全评价指标体系

目标层	要素层	指标层
土地生态安全 A	自然因素 B ₁	耕地面积比重 C ₁ /%
		草地面积比重 C ₂ /%
		林地面积比重 C ₃ /%
		盐渍耕地面积比重 C ₄ /%
		旱地面积比重 C ₅ /%
		水土流失面积比重 C ₆ /%
		水土协调度 C ₇ /%
		人均耕地面积 C ₈ /(hm ² /人)
		森林覆盖率 C ₉ /%
		社会因素 B ₂
	就业率 C ₁₁ /%	
	人口自然增长率 C ₁₂ /‰	
	人口密度 C ₁₃ /(人·km ⁻²)	
	耕地压力指数 C ₁₄	
	经济因素 B ₃	
		人均 GDP C ₁₆ /(元/人)
		第三产业产值比重 C ₁₇ /%
		机耕程度 C ₁₈ /%
		农业机械化水平 C ₁₉ /(kW·hm ⁻²)
		化肥施用量 C ₂₀ /(kg·hm ⁻²)
	农药施用量 C ₂₁ /(kg·hm ⁻²)	
	农电集约度 C ₂₂ /(kW·h·hm ⁻²)	

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。(1) 正安全趋向性指标。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)、人均耕地面积、森林覆盖率这些指标的值越大,表明土地生态安全的状况越好;城市化水平、就业率、经济密度(单位土地面积内的国内生产总值)、人均 GDP、第三产业产值比重、机耕程度(机耕面积占耕地总面积比重)、农业机械化水平(单位耕地农业机械总动力)、农电集约度(单位耕地用电量)这些指标的值越大,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)、盐渍耕地面积比重、旱地面积比重、人口自然

增长率、人口密度、耕地压力指数^[13]、水土流失面积比重、化肥施用量、农药施用量的值越大,对土地的压力越大,土地生态安全状况越差。

1.2.2 土地生态安全评价指标权重及安全指数的确定 土地生态环境系统是由自然,社会,经济等组成的多因素系统。层次分析法^[14](analytical hierarchy process, AHP)是美国运筹学家萨蒂于 20 世纪 70 年代提出的一种定性判断与定量分析相结合的多目标决策分析方法,在多要素综合评价方面具有独特优势。这种分析方法的特点是将分析人员的经验判断给予量化,对目标(因素)结构复杂且缺乏必要数据的情况更为实用,是目前系统工程处理定性定量相结合问题的比较简单易行且又行之有效的一种系统分析方法^[15-16]。根据层次分析法的原理,先请专家分别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,采用方根法,计算出各指标的权重,并对权重可靠性进行检验,计算结果具有令人满意的一致性(由于篇幅所限,具体过程略)。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邢台市的实际情况,并参考相关文献^[1,3,5,8-9,17],部分指标的基准值采用了全国平均值(表 2),并采用以下方法计算土地生态各指标的安全指数。

(1) 安全趋向性为正向(即越大越安全)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) 安全趋向性为逆向(即越小越安全)指标。

当 $X_i \leq Y_i$, 则 $P_i = 1$; 当 $X_i > Y_i$, 则

$$P_i = Y_i / X_i \times 100\%$$

式中: X_i ——第 i 个评价指标的实际值; Y_i ——第 i 个评价指标的基准值; P_i ——第 i 个评价指标的安全指数, $0 \leq P_i \leq 1$ 。

2 结果与讨论

2.1 邢台市土地生态安全值的计算

邢台市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 ——土地生态指标安全值; P_i ——土地生态安全指数; W_i ——指标权重。虽然单项指标安全值可以从不同的侧面反映邢台市土地生态安全的现状,但是要更全面地反映该市土地生态安全现状,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 ——评价区域土地生态总和和安全值; n ——指标项数; P_i ——各指标安全指数; W_i ——各指标权重。计算结果详见表 2—3。

表 2 邢台市土地生态指标值

指标	安全趋向性	原始值 X_i			基准值 Y_i	基准值来源
		2000 年	2004 年	2010 年		
C_1	—	54.440	52.260	56.188	13.550	全国平均值
C_2	+	8.600	5.300	0.350	34.350	全国平均值
C_3	+	20.030	22.150	25.330	22.000	全国平均值
C_4	—	5.130	5.160	5.205	5.000	世界平均值
C_5	—	27.220	28.130	29.495	40.000	世界平均值
C_6	—	28.810	28.930	29.110	16.800	世界平均值
C_7	+	76.150	76.760	76.010	70.000	全国平均值
C_8	+	0.102	0.096	0.095	0.053	国际公认值
C_9	+	17.100	19.100	25.750	40.000	全国平均值
C_{10}	+	20.010	26.680	40.930	60.000	国际公认值
C_{11}	+	52.110	52.260	50.298	50.000	全国平均值
C_{12}	—	5.440	7.690	8.900	1.330	世界平均值
C_{13}	—	536.000	542.000	589.000	128.780	国际公认值
C_{14}	—	0.735	0.829	0.690	1.000	国际公认值
C_{15}	+	298.690	512.560	974.881	98.280	全国平均值
C_{16}	+	5 654.000	9 458.000	17 189.000	7543.000	全国平均值
C_{17}	+	26.640	25.220	28.736	33.600	全国平均值
C_{18}	+	79.310	84.270	87.065	47.700	全国平均值
C_{19}	+	9.520	11.840	13.298	20.000	全国平均值
C_{20}	—	437.270	475.690	493.383	255.000	国际公认值
C_{21}	—	12.160	13.520	15.737	0.130	国际公认值
C_{22}	+	2 580.600	3 087.890	4 048.225	1800.000	全国平均值

表 3 邢台市土地生态安全评价指数状况

指标	安全指数 P_i			权重 W_i	安全值 S_i		
	2000 年	2004 年	2010 年		2000 年	2004 年	2010 年
C_1	0.248 9	0.259 3	0.241 2	0.025	0.006 2	0.006 5	0.006 0
C_2	0.250 4	0.154 3	0.010 2	0.106	0.026 5	0.016 4	0.001 1
C_3	0.910 5	1.000 0	1.000 0	0.036	0.032 8	0.036 0	0.036 0
C_4	0.974 7	0.969 0	0.960 6	0.054	0.052 6	0.052 3	0.051 9
C_5	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.055	0.055 0	0.055 0	0.055 0
C_6	0.583 1	0.580 7	0.577 1	0.054	0.031 5	0.031 4	0.031 2
C_7	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.013	0.013 0	0.013 0	0.013 0
C_8	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.022	0.022 0	0.022 0	0.022 0
C_9	0.427 5	0.477 5	0.643 8	0.013	0.005 6	0.006 2	0.008 4
C_{10}	0.333 5	0.444 7	0.682 2	0.063	0.021 0	0.028 0	0.043 0
C_{11}	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.036	0.036 0	0.036 0	0.036 0
C_{12}	0.244 0	0.173 0	0.149 4	0.086	0.021 0	0.014 9	0.012 9
C_{13}	0.240 3	0.237 6	0.218 6	0.086	0.020 7	0.020 4	0.018 8
C_{14}	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.096	0.096 0	0.096 0	0.096 0
C_{15}	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.022	0.022 0	0.022 0	0.022 0
C_{16}	0.749 6	1.000 0	1.000 0	0.022	0.016 5	0.022 0	0.022 0
C_{17}	0.792 9	0.750 6	0.855 2	0.076	0.060 3	0.057 0	0.065 0
C_{18}	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.016	0.016 0	0.016 0	0.016 0
C_{19}	0.476 0	0.592 0	0.664 9	0.011	0.005 2	0.006 5	0.007 3
C_{20}	0.583 2	0.536 1	0.516 8	0.046	0.026 8	0.024 7	0.023 8
C_{21}	0.010 7	0.00 96	0.008 3	0.046	0.000 5	0.000 4	0.000 4
C_{22}	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.016	0.016 0	0.016 0	0.016 0

注:部分数据经过相关分析处理。

根据计算所得的综合安全值,参考相关文献^[1,5,8-10,15,17]和前期研究成果,设置了邢台市土地生态安全标准综合评判表(表 4),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 4 邢台市土地生态安全标准综合评判

安全值区间(S_i)	等级	表征状态	系统特征
$0.9 < S_i$	V	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。
$0.7 < S_i \leq 0.9$	IV	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。
$0.6 < S_i \leq 0.7$	III	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。
$0.4 < S_i \leq 0.6$	II	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。
$S_i \leq 0.4$	I	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,生态环境问题严重并经常演变成生态灾害。

2.2 结果讨论

经计算,邢台市土地生态综合安全状况在 2000 年的属于“敏感级”,在 2004 年属于“风险级”,在 2010 年属于“敏感级”,均处于“不安全”状态。这一结果与

前期一些定性分析结果基本吻合,证明该评价工作是适宜、可行的,用安全值来衡量其安全程度,具有较好的科学性。土地生态安全评价是一项系统工程,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,涉及到诸多方面的因素,迄今还没有一个明确的、统一的标准,因此,在指标选取、权重确定上仍需要进一步改进。

3 结论

3.1 土地生态安全评价

邢台市 2000,2004 和 2010 年的土地生态综合安全值分别为 0.603 2,0.598 7 和 0.603 6,按照相关参考文献^[1,3,5,8-9],2000 年土地生态安全属于“敏感级”,2004 年土地生态安全下降为“风险级”,2010 年土地生态安全又升为“敏感级”。邢台市土地生态状况经历了由“敏感级—风险级—敏感级”的 V 字形变化,与先破坏后治理的状况相一致,经济发展和生态环境保护的博弈是生态安全变化的主要因素。2000 年研究区的土地生态综合安全值为 0.603 2,土地生态安全属于“敏感级”,生态安全状况不甚乐观,人类对生态系统的干扰和破坏已经初步显现;2004 年土地生态综合安全值降至最低点,仅为 0.598 7,土地生态安全下降为“风险级”,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,人口与粮食矛盾尖锐,人们对土地资源采取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;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,从而造成土地生态安全水平下降;2004 年后土地生态综合安全值开始反弹,研究区生态安全状况日趋改善,2010 年土地生态综合安全值为 0.603 6,又回升为“敏感级”,超过了 2000 年的水平;主要是由于生态建设和科技投入的力度加大,取得了一定的生态效益,同时注重了各种环境污染和废弃物的处理;但是仍存在一定的不确定因素,生态服务功能仍有退化,生态系统的抵抗能力较低,受到一定程度的干扰后未来仍有可能出现恶化。总体上,邢台市的土地生态安全整体状况经历了由“敏感级—风险级—敏感级”的 V 形变化,经济建设和环境保护的矛盾始终贯穿于整个发展过程^[18]。

3.2 确保土地生态安全的对策

3.2.1 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。控制人口增长是关系到土地生态安全的关键。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。土地退化主要还是人为造成的。人多了,人均占地少了,在愈

来愈少的土地上,如果不用高科技开发,就只有掠夺式经营。另一方面,土地的保护和深层开发,更需要科学技术,全球人口密度大的国家如日本、荷兰、新加坡等国对土地及其生态环境保护的力度很大,所以说人口多未必导致土地的必然退化。

3.2.2 加强土地生态化的整理工作 土地整理是实现土地生态化的一个非常重要的方向^[19]。土地整理的目的是促使土地用途从单一向复合方向发展,提高土地的利用率,产生较大的社会、生态和经济效益。土地整理之所以使农田土地生态化,是因为依据土地利用规划,对田、水、路、林进行综合整治,调整土地关系,改善土地利用结构和生产条件,不仅增加可利用土地的面积,提高土地的利用率和产出率,同时使土地利用结构向适宜性的方向发展,提高土地质量。

3.2.3 综合治理“三废”,减轻对土地的污染 表 2 显示农药化肥的使用量 2010 年比 2000 明显增加。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^[20]。对目前全市分散的民营企业,实行统一规划,逐步集中,统一处理“三废”,防止污染的扩大。城市污水,要经过处理,重复利用,即使排放,必须达到国家级排放标准,使废水资源化。

3.2.4 加强宣传、教育,提高全民生态环境意识 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。

[参 考 文 献]

- [1] 高桂芹,韩美. 区域土地资源生态安全评价[J]. 水土保持研究,2005,12(5):271-273.
- [2] 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[J]. 环境保护,2005(2):57-59.
- [3] 刘胜华. 我国土地生态安全问题及其立法[J]. 国土资源科技管理,2004,21(2):53-56.
- [4] 刘雪,刁承泰,黄娟,等. 区域土地资源安全评价初探[J]. 水土保持通报,2006,26(5):57-61.

(下转第 124 页)

122.8%和 80.8%。而在秸秆腐解的 60 d 内土壤富里酸含量几乎没有变化,但是在秸秆分解后期 90 d 之后富里酸含量大幅度增加。

(4) 土壤的 HA/FA 呈现出先增长后降低的趋势,在 90 d 时达到平均最高值 0.283。经过 120 d 的腐解,尿素添加量为 0, 1.8, 3.6, 5.4, 7.2 g 的土壤 HA/FA 比分别增加了 36.5%, 208.2%, 93.1%, 49.7%和 99.2%,说明尿素的添加在一定程度上促进了土壤的腐殖化程度。

[参 考 文 献]

- [1] 王立刚,邱建军,马永良,等.应用 DNDC 模型分析施肥与翻耕方式对土壤有机碳含量的长期影响[J].中国农业大学学报,2004,9(6):15-19.
- [2] 吴婕,朱钟麟,郑家国,等.秸秆覆盖还田对土壤理化性质及作物产量的影响[J].西南农业学报,2006,19(2):291-591.
- [3] 陈兰,唐晓红,魏朝富.土壤腐殖质结构的光谱学研究进展[J].中国农学通报,2007,23(8):233-239.
- [4] 钱成,彭岳林,贾钧彦,等.青藏高原退化土壤的生物学肥力及其变化特征[J].应用生态学报,2006,17(7):1185-1190.
- [5] 于淑芳,杨力,张玉兰,等.长期施肥对土壤腐殖质组成的影响[J].土壤通报,2002,33(3):165-167.
- [6] 张晋京,窦森,李翠兰,等.土壤腐殖质分组研究[J].土壤通报,2004,35(6):106-109.
- [7] 肖彦春,窦森.土壤腐殖质各组分红外光谱研究[J].分析化学,2007,35(11):159-160.
- [8] 刘建新,王鑫,杨建霞.覆草对果园土壤腐殖质组成和生物学特性的影响[J].水土保持学报,2005,19(4):93-95.
- [9] 闫娥,孙文凤.土壤腐殖质的分析化学研究现状[J].青海大学学报:自然科学版,2000,18(5):17-18.
- [10] 王英.不同状态有机物料对土壤腐殖质及作物产量的影响[J].土壤通报,2002,33(2):156-157.
- [11] Mac C P. The principles of humic substances[J]. Soil Science, 2001, 166(11):738-751.
- [12] 吴龙华,高子勤.腐殖质对白浆土中 Fe, Mn, Al 形态转化及磷生物有效性的影响[J].土壤学报,2001,38(1):81-88.
- [13] 窦森,于水强,张晋京.不同 CO₂ 浓度对玉米秸秆分解期间土壤腐殖质形成的影响[J].土壤学报,2007,44(3):458-466.
- [14] 文启孝.土壤有机质研究法[M].北京:农业出版社,1984.
- [15] Kumada K, Sato O, Ohsumi Y, et al. Humus composition of maintain soil in central Japan with special reference to the distribution of P type humic acid [J]. Soil Science and Plant Nutrition, 1967,13(2):1512-1581.
- [16] 张晋京,窦森,江源,等.玉米秸秆分解期间土壤中有机碳数量的动态变化研究[J].吉林农业大学学报,2000,22(3):672-721.
- [5] 刘勇,刘友兆,徐萍.区域土地资源生态安全评价[J].资源科学,2004,26(3):69-75.
- [6] 河北年鉴编委会.河北年鉴[M].河北石家庄:河北年鉴出版社,2004.
- [7] 李玉平,张义文.邢台市土地生态环境保护与整治[J].邢台学院学报,2005,20(4):98-103.
- [8] 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[J].干旱区资源与环境,2006,20(1):119-124.
- [9] 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[J].湖南地质,2002,21(2):119-121.
- [10] 黄辉玲.土地资源安全评价的指标体系及其利用[J].农机化研究,2006(1):55-56.
- [11] 河北省人民政府.河北经济年鉴[M].北京:中国统计出版社,2001.
- [12] 中华人民共和国国家统计局.中国统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2011.
- [13] 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[J].地理学报,2002,57(2):127-134.
- [14] 徐建华.现代地理学中的数学方法[M].北京:高等教育出版社,2002:224-250.
- [15] 许联芳,王克林,李晓青,等.农业可持续发展的生态安全评价初探[J].水土保持通报,2006,26(5):102-107.
- [16] 韩延玲,高志刚.新疆区域投资环境的组合评价研究[J].干旱区资源与环境,2007,21(1):103-108.
- [17] 田克明,王国强.我国农用地生态安全评价及其方法探讨[J].地域研究与开发,2005,24(4):79-82.
- [18] 吕建树,吴泉源,张祖陆等.基于 RS 和 GIS 的济宁市土地利用变化及生态安全研究[J].地理科学,2012,32(8):928-935.
- [19] 陈晓霞.论我国土地的生态化管理[J].汽车工业研究,2004(6):42-43.
- [20] 李静,李子君,吕建树.聊城市土地生态安全评价[J].水土保持通报,2011,31(2):198-202.

(上接第 120 页)