

环太湖景观生态安全综合评价研究——以苏州市吴中区为例

仇恒佳^{1,2}, 卞新民¹, 姚剑亭¹, 冯金飞¹ (1. 苏州农业职业技术学院, 江苏苏州215008; 2. 南京农业大学, 江苏南京210095)

摘要 从景观结构、景观功能和景观受胁迫性3个方面建立了环太湖地区景观生态安全评价体系, 共选择25个参评指标, 并以环太湖地区的吴中区为例, 评价其1984和2002年陆地景观生态安全程度。结果表明, 景观生态安全评价综合指数从1984年的63.29%下降到2002年60.44%, 但由于景观的社会经济效益大幅度提高对景观安全程度贡献较大, 景观生态安全水平基本处于良好状态。2002与1984年相比, 景观结构稳定性安全度下降16.95%, 景观受胁迫性安全程度降低19.20%, 成为景观生态系统不安全隐患, 应采取科学合理的措施加以改善, 以提高环太湖景观生态系统的安全水平。

关键词 景观生态系统; 生态安全; 评价; 环太湖吴中区

中图分类号 X171.1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)03-01185-04

Synthetic Evaluation of the Landscape Ecological Security around Taihu Lake

QIU Hengjia et al (Suzhou Polytechnical Institute of Agriculture, Suzhou, Jiangsu 215008)

Abstract In this paper, an evaluation indicator system of landscape ecological security around Taihu Lake was put forward, including 25 evaluation indicators of landscape structure, landscape function and landscape threatening. Wuzhong district of Suzhou city being taken as an example, with this indicator system, the comprehensive evaluation of landscape ecological security in 1984 and 2002 was conducted. The result showed that the synthetic evaluation indicators of terrestrial landscape ecological security were decreased from 63.29% in 1984 to 60.44% in 2002. However, the landscape ecological security in Wuzhong was in a good state because of the society-economy benefit of landscape increasing greatly. From 1984 to 2002, the safety levels of landscape structure and landscape threatening were decreased rapidly by 16.95% and 19.20%, respectively. So there was a lot of unsafe hidden trouble about landscape structure, landscape threatening and landscape ecological quality. It was believed that the scientific and reasonable measures should be further strengthened, so as to increase the safety level of landscape ecosystem around Taihu Lake.

Key words Landscape ecosystem; Ecological security; Evaluation; Wuzhong district around Taihu Lake

在评价景观生态安全中, 不仅要研究景观结构、景观功能, 而且要考虑人类活动对景观的影响, 突出人与景观的相互关系, 从整体上反映景观的社会、经济、资源和生态环境状况^[1-8]。笔者以环太湖地区的苏州市吴中区为例, 从景观结构稳定性、景观功能效应性和景观胁迫度3个方面, 构建环太湖景观生态安全综合评价指标体系, 并进行分析评价, 以期为区域景观优化设计, 保持生态服务的可持续性, 促进环境、经济与社会协调发展提供借鉴。

1 研究区概况

吴中区地处长江下游, 位于苏州市南部, 北依苏州古城, 西衔太湖, 界于30°56'~31°27' N, 119°55'~120°54' E, 是典型的东部水网地区, 有22条骨干河道纵横交错, 京杭大运河纵越全境。境东部以平原为主, 西部有低山丘陵。该区地处中亚热带北缘, 属季风气候过渡类型。受海洋和太湖水体的调节作用, 常年四季分明, 气候宜人, 雨量充沛, 日照充足。2002年平均温度17.3℃, 年总降水量为1376.7 mm, 年日照时数1809.2 h, 年日照百分率为41%。

吴中区不仅是太湖国家风景区的重要部分, 而且是苏南工农业较为发达地区之一。全区总面积826 km² (不含太湖水面), 辖13个镇、1个省级经济开发区、1个国家级旅游度假区和1个国家级现代农业示范园区。2002年总人口54.09万人, 其中农业人口36.29万人。国内生产总值148.27亿元, 三次产业的构成比例6.6:55.6:37.8。笔者选择经济发达, 且在环太湖具有典型代表性的吴中区陆地部分作为景观生态安全评价的研究对象。

2 评价指标体系的构建

2.1 指标选取 根据层次分析法, 将指标体系分为4个层

次, 依次为目标层(A)、项目层(B)、因素层(C)和指标层(D)。根据指标选择的科学性、系统性、相对独立性、针对性、可操作性和可比性等原则, 从景观结构稳定性、景观功能效应性和景观受胁迫性3个方面, 选择了25个指标作为评价因子, 建立了环太湖景观生态安全评价的指标体系框架(图1)。

2.1.1 景观结构稳定性指标。景观指数具有描述景观格局, 进而建立景观结构与过程或现象的联系, 更好地解释与理解景观功能的重要作用^[9]。景观指数分为描述景观总体特征的指数和描述景观要素的指数。目前, 比较常用的衡量景观结构的景观指数主要有景观多样性、破碎度、分离度和分维数等。一般来说, 景观多样性越大, 景观中各类型斑块在空间上分布越均匀, 越有利于景观结构的稳定性; 破碎度越大, 表明景观受人类干扰程度越大, 景观处于不稳定状态; 分离度越大, 表明景观类型的斑块分布越分散, 不同景观类型间的演变越频繁, 说明景观结构不稳定; 分维数越大, 表示景观斑块几何形状越复杂, 表明受人类干扰程度小, 景观结构稳定性强^[10]。笔者从景观总体结构特征和自然及半自然景观类型结构特征两方面选取景观指数, 评价环太湖景观结构稳定性。数据来源于1984和2002年两期TM图像, 在RS和GIS支持下, 将景观分为耕地、林地、水域、城镇用地和农村居民点及交通工矿用地5大类, 从而获取相应的景观指数。

2.1.2 景观功能效应性指标。景观的功能主要表现在景观的生产能力、保护与维持生态环境平衡及作为一种重要的旅游观光资源3个方面^[5], 具体表现在社会经济效应、生态质量、美感效果方面。

社会经济效应反映景观生态系统的生物生产能力、经济水平和区域产业结构状况。合理安全的景观利用要求在人与自然和谐共生的过程中, 逐步提高生产力, 实现经济结构的合理性, 提高经济水平, 适应人类不断增长的物质需求。社会经济效应可通过对景观物质生产力、经济发展水平和产

基金项目 江苏省生态环境安全研究项目(2004019)。

作者简介 仇恒佳(1964-), 男, 安徽寿县人, 博士, 讲师, 从事景观生态与城乡生态规划的教学与研究。

收稿日期 2007-09-27

业结构的测度来评价。考虑到环太湖地区生物生产以农作物生产和水产养殖生产为主的特点,选取粮食单产和水产养殖单产来测度景观的生物生产力。经济水平以人均 GDP 测度。非农化指数是第二、三产业总产值占国内生产总值百分比,一定程度上反映区域产业结构状况,因此,选用非农化指数来测度区域产业结构状况。

生态质量主要反映景观维持生态平衡的状况及景观生态破坏程度。据研究,景观的稳定性与土地退化、自然灾害发生频率、水土流失等呈较大的负相关性^[11];林地能提高农田、草牧场等景观基质的稳定性^[12]。因此,笔者选择反映自然生态环境质量的具体指标是自然灾害发生频率、水土流失率和森林覆盖率。

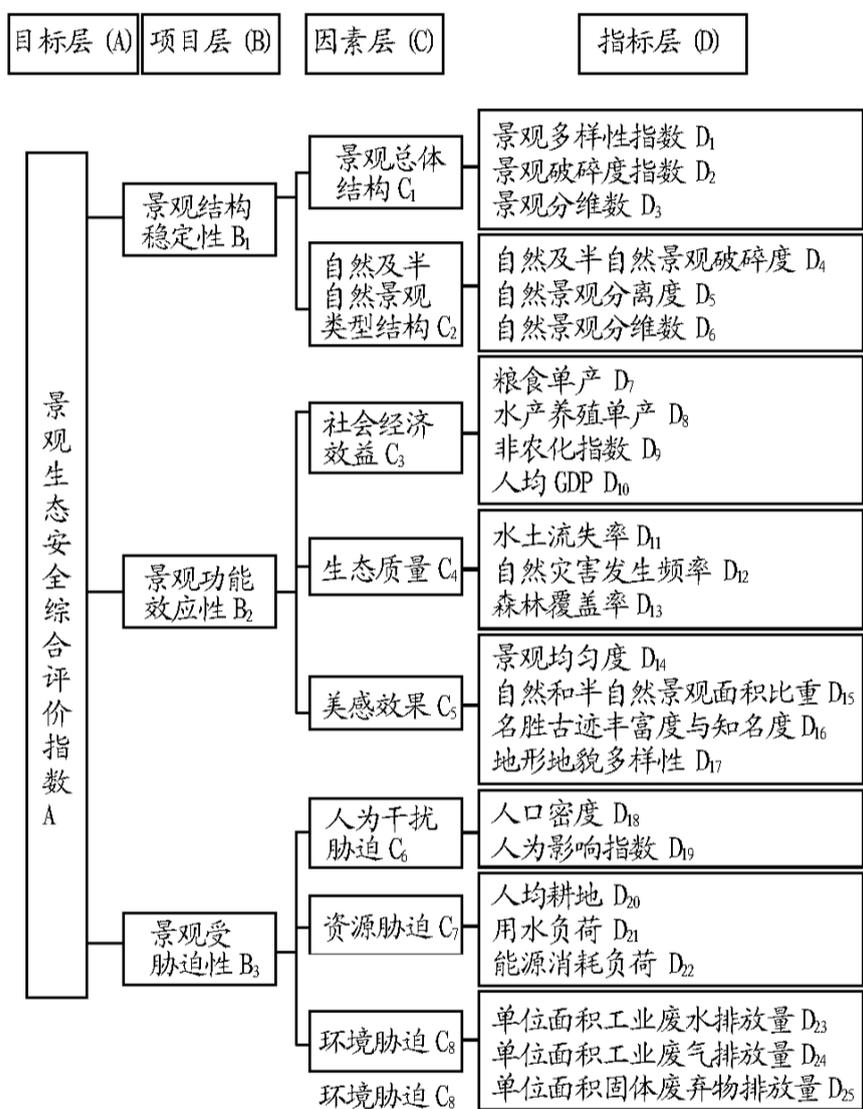


图1 环太湖景观生态安全评价指标体系

Fig. 1 Evaluation index system of landscape ecological security for around Taihu lake

美感效果反映景观对人们心理和生理作用所产生的美学效应。一般来说,景观美学效应高,人类对景观保护力度越大,区域生态安全程度就越高;反之,对景观破坏严重,区域生态安全程度降低。由于人的个性化特征以及对景观的偏好不同,不同的人对同一景观又具有不同的认知感受和价值判断,进而影响对景观质量的评价结果^[13]。只有综合考虑景观客体的有序性、自然性、吸引力和认知程度、视觉多样性等因素,才能评价出绝大多数人群的美景评价结果。对于景观有序性可用景观均匀度^[10]表示,它描述景观中不同景观类型分布的均匀程度,体现出景观的连续性和有序化。景观的自然性反映出人们偏爱含有植被覆盖和水域等景观类型的特征^[14],可用自然和半自然景观面积占景观总面积比重来表示。景观吸引力和认知程度可用名胜古迹丰富度及知名度表示。视角多样性可以用地形地貌多样化表示。

2.1.3 景观受胁迫性指标。景观受胁迫性是指景观受人类

活动的胁迫程度,一般情况下,景观受胁迫越大,景观稳定性与安全性越低。笔者从人为活动胁迫、资源胁迫和环境胁迫方面选取具体评价指标。人类胁迫选用: 人为影响指数^[15],表征人类对景观总体干扰压力; 人口密度,区域内单位面积的人口数量,表征人口压力。资源胁迫选用: 人均耕地,表示耕地资源压力; 用水负荷,区域单位面积用水量,表征水资源胁迫; 能源消耗负荷,区域单位面积能源消耗量,表征能源胁迫。环境胁迫选用: 单位面积工业废水排放量; 单位面积工业废气排放量; 单位面积固体废弃物排放量。

2.2 评价指标的标志值确定及标准化处理

2.2.1 标志值的确定。按照上述构建的指标体系框架,根据以下原则确定各个单项的标志值: 凡已有国家标准或国际标准,尽量采用规定标志值。对于定性的正向指标,以100分为标志值;如名胜古迹丰富度与知名度、地形地貌多样性。对于重要的正向景观指数,以其理论最大值为标志值;如多样性指数,分维数,均匀度指数。对于目前统计数据不十分完整,但在指标体系中又十分重要的指标,暂时选择该指标某一实际数据代替;如逆向指标(即单项指标取值越小越好)破碎度、分离度等,以实际值中的最小值为标志值;正向指标以实际值中的最大值为标志值。

2.2.2 指标量化和标准值确定。对于名胜古迹丰富度与知名度、地形地貌多样性这样的定性指标,按专家评分进行量化。首先将每项指标分为优(A)、良(B)、中(C)、低(D)、差(E)5个等级,每个等级系数分为1.0、0.8、0.6、0.4、0.2。然后,由评估专家组(5人以上)的各位专家按照评价指标所考核的内容进行打分,最后根据公式: 定性指标的评分值=每位评议专家选定等级系数/评价专家人数×%,计算定性评价指标的得分值。

待上述各项指标量化和标志值确定以后,对于正向指标以实际值除以标志值得到评价的标准值;对于逆向指标,采用标志值除以实际值得出标准值,单位均为%(表1)。

2.3 景观生态安全评价指标权重的划分 按层次分析法(AHP法),请有关专家对各层指标的相对重要性进行两两比较、判断,得到各评价指标的相对重要性判断矩阵,采用几何平均法计算项目层、因素层和指标层各指标的权重值(表1),并通过一致性检验。

2.4 综合评价模型 采用多目标线性加权函数即常用的综合评分法,对研究区景观生态安全状况进行综合评分,逐层逐项对各指标进行加权,其函数表达式如下,即得到景观生态安全综合评价指数值(表2)。

$$LES = \sum_{k=1}^L \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n E_i \cdot D_j \cdot C_i \cdot B_k$$

公式中的 LES 为景观生态安全综合评价指数; E_i 为某单位指标的标准值; D_j 为某单位指标的权重; C_i 为因素层的权重; B_k 为项目层的权重; L 、 m 、 n 为对应的项目层、因素层、指标层中指标的个数。

3 景观生态安全评价分析

根据国内外各种综合评价指数的分组方法,对目标层确定了一般的判别标准, $A < 20\%$ 为景观生态安全程度很差, $20\% \leq A < 40\%$ 为较差, $40\% \leq A < 60\%$ 为一般, $60\% \leq A < 80\%$ 为较好, $80\% \leq A < 100\%$ 为很好。

表1 环太湖景观生态安全评价指标及其安全值

Table 1 Evaluation index of landscape ecological security for around Taihu lake and its security value

指标 Index	安全趋向性 Security tendency	实际值 Actual value		标志值 Symbol value	标准值 Standard value		权重 Weight	安全值 Security value	
		1984	2002		1984	2002		1984	2002
		B ₁							
C ₁						0.500 0			
D ₁	正向	1.204 1	1.490 7	1.609 4	74.816 7	92.624 6	0.266 4	19.931 2	24.675 2
D ₂	逆向	4.393 3	3.871 9	3.871 9	88.131 9	100.000 0	0.405 1	35.702 2	40.510 0
D ₃	正向	1.435 9	1.450 5	2.000 0	71.795 0	72.525 0	0.328 5	23.584 7	23.824 5
C ₂							0.500 0		
D ₄	逆向	0.009 3	0.017 6	0.009 3	100.000 0	52.840 9	0.600 0	60.000 0	31.704 5
D ₅	逆向	0.067 3	0.131 5	0.067 3	100.000 0	51.178 7	0.200 0	20.000 0	10.235 7
D ₆	正向	1.422 7	1.329 3	2.000 0	71.135 0	66.465 0	0.200 0	14.227 0	13.293 0
B ₂							0.307 7		
C ₃							0.266 4		
D ₇	正向	5 050.600 0	7 050.000 0	7 500.000 0	67.341 3	94.000 0	0.206 7	13.919 4	19.429 8
D ₈	正向	2 677.300 0	3 816.090 0	3 816.090 0	70.158 2	100.000 0	0.141 9	9.955 4	14.190 0
D ₉	正向	62.500 0	93.400 0	87.000 0	71.839 1	100.000 0	0.116 2	8.347 7	11.620 0
D ₁₀	正向	839.000 0	27 411.000 0	24 780.000 0	3.385 8	100.000 0	0.535 2	1.812 1	53.520 0
C ₄							0.405 1		
D ₁₁	逆向	11.100 0	12.300 0	10.000 0	90.090 1	81.300 8	0.257 2	23.171 2	20.910 6
D ₁₂	逆向	1.100 0	1.120 0	0.070 0	6.363 6	6.250 0	0.381 2	2.425 8	2.382 5
D ₁₃	正向	21.400 0	17.200 0	40.000 0	53.500 0	43.000 0	0.361 6	19.345 6	15.548 8
C ₅							0.328 5		
D ₁₄	正向	51.900 0	64.300 0	69.000 0	75.217 4	93.188 4	0.189 8	14.276 3	17.687 2
D ₁₅	正向	90.690 0	77.800 0	60.000 0	100.000 0	100.000 0	0.278 3	27.830 0	27.830 0
D ₁₆	正向	80.000 0	100.000 0	100.000 0	80.000 0	100.000 0	0.316 3	25.304 0	31.630 0
D ₁₇	正向	53.000 0	53.000 0	100.000 0	53.000 0	53.000 0	0.215 6	11.426 8	11.426 8
B ₃							0.384 6		
C ₆							0.600 0		
D ₁₈	逆向	620.000 0	655.000 0	128.780 0	20.771 0	19.661 1	0.750 0	15.578 3	14.745 8
D ₁₉	逆向	0.401 2	0.426 2	0.401 2	100.000 0	94.134 2	0.250 0	25.000 0	23.533 6
C ₇							0.200 0		
D ₂₀	正向	0.061 9	0.038 2	0.053 0	100.000 0	72.075 5	0.600 0	60.000 0	43.245 3
D ₂₁	逆向	35.280 0	49.910 0	35.280 0	100.000 0	70.687 2	0.200 0	20.000 0	14.137 4
D ₂₂	逆向	558.000 0	1 507.000 0	558.000 0	100.000 0	37.027 2	0.200 0	20.000 0	7.405 4
C ₈							0.200 0		
D ₂₃	逆向	120 198.000 0	77 058.000 0	3 000.000 0	2.495 9	3.893 2	0.600 0	1.497 5	2.335 9
D ₂₄	逆向	4.600 0 ×10 ⁶	2.200 0 ×10 ⁷	2.000 0 ×10 ⁷	100.000 0	90.909 1	0.200 0	20.000 0	18.181 8
D ₂₅	逆向	231.000 0	798.000 0	500.000 0	100.000 0	62.656 6	0.200 0	20.000 0	12.531 3

表2 吴中区景观生态安全评价结果

%

Table 2 Evaluation result of landscape ecological security in Wuzhong district

年份 Year	景观结构稳定性 (B ₁) Stability of landscape structure			景观功能效应性 (B ₂) Functional effects of landscape				景观受胁迫性 (B ₃) Stress resistance of landscape				综合评价 指数 (A) Comprehensive evaluation index
	景观总体 Total landscape	自然及半自 然景观类型 Natural and semi-natural landscape type	综合 指数 Composite index	社会 经济 Socio- economy	生态 质量 Ecological quality	美感 效果 Aesthetic effect	综合指数 Composite index	人为干扰 Human interference	自然胁迫 Natural stress	环境胁迫 Environmental stress	综合指数 Composite index	
1984	79.22	94.23	86.72	34.03	44.94	78.84	53.17	40.58	100.00	41.50	52.65	63.29
2002	89.01	55.23	72.12	98.76	38.84	88.57	74.14	38.28	64.79	33.05	42.54	60.44

80% 为良好, A 80% 为优异。从表2 可知,1984 和2002 年,景观生态安全综合评价指数分别为63.29%、60.44%,景观生态安全水平虽然有所下降,仍处于良好状态。进一步分析发现,吴中区的景观功能效应性对保持良好的景观生态安全水平贡献较大,从1984 年的53.17% 提高到2002 年的71.14%;而景观结构稳定性下降,且景观受胁迫性对景观生态安全具

有较大负面影响。这与吴中区实际情况基本吻合,也说明了该评价工作基本是适宜、可行的。其分析如下:

(1) 虽然景观水平结构有所改善,但由于自然及半自然景观类型结构稳定性下降较快,致使自然及半自然景观生态功能受到破坏,迫使景观总体结构稳定性降低。

(2) 大力发展生产力,经济增长很快,人均 GDP 水平较

高,产业结构趋于合理,景观物质生产水平逐步提高,社会经济发展对景观功能效应水平提高起到重要作用。研究区总体景观的均匀程度增加,名胜古迹的丰富度和知名度提高,景观总体的美感度略有上升。但景观生态质量一直处于较低的水平,且有下降趋势,水土流失率逐渐增大,森林覆盖率与40%的国际标准差距较大,特别是自然灾害发生频率较高,是景观生态功能正向效应发挥的最重要限制因素。

(3) 随着人口增加,人类对景观干扰越来越大,耕地数量快速下降,且低于联合国规定的人均警戒值,人地矛盾突出;水资源负荷和能源消耗负荷不断增加,资源胁迫对生态安全影响不容乐观;从环境胁迫性来看,工业废气排放量和固体废物排放量增加较大,废水排放量虽然有所下降,但一直未达到可持续发展标准,对景观生态安全限制作用明显。

4 结论与讨论

景观是区域生态环境管理的基础单元,从景观层次进行生态恢复已被证明是可行的,然而,基于景观结构与功能的生态安全评价在我国还处于探索研究阶段。笔者从景观结构稳定性、景观功能效应性及景观受胁迫性3个方面初步构建了区域景观生态安全评价指标体系,不仅反映了景观胁迫与景观生态系统相互能动的关系,且将区域生态、经济和社会评价指标与景观结构、功能和变化等指标结合起来,反映了生态安全的涵义,且评价结果与研究区的实际情况相符,说明环太湖景观生态安全评价指标体系具一定可行性。

通过对环太湖地区的吴中区景观生态安全程度的动态分析,认为该地区景观生态安全状况一直保持良好程度。尤其是景观功能效应性的提高为景观生态安全处于良好状态提供了保障。但是,随着社会经济的发展,人为干扰增大,自然及半自然景观结构稳定性下降,景观受胁迫度增加,已经

(上接第1139页)

趋势是随深度增加,土壤碱解氮含量降低,氮的垂直移动距离基本达20~30 cm;水平移动状况下,不同深度的土壤碱解氮含量随着水平距离的变化很小,氮的水平移动距离可达到30 cm以上。

(2) 施用普通尿素时,在整个生育期内垂直移动状况下,土壤碱解氮含量的变化趋势基本一致,氮素垂直移动距离可达30 cm以上;水平移动状况下,不同深度的土壤碱解氮含量随着水平距离的变化很小,氮的水平移动距离可达到30 cm以上。

(3) 从总体水平来看,无论是垂直移动状况,还是水平移动状况下,施用控释肥地块均比施用普通尿素地块中土壤碱解氮含量要高。

引起景观生态安全程度的下降,成为景观生态不安全的隐患。为此,今后应进一步加强景观的保护与管理,减轻景观生态系统在资源、环境和人文方面的受胁迫度;开展景观生态规划,加速生态退化区生态恢复重建工作,改善景观结构,特别是提高自然与半自然景观结构的稳定性,提高景观生态环境质量,逐步消除景观生态安全隐患,确保景观生态安全处于良好状态。

参考文献

- [1] 肖笃宁,陈文波,郭福良.论生态安全的基本概念和研究内容[J].应用生态学报,2002,13(3):354-358.
- [2] 彭建,王仰麟,刘松,等.景观生态学与土地可持续利用研究[J].北京大学学报:自然科学版,2004,40(1):154-160.
- [3] 曾辉,刘国军.基于景观结构的区域生态风险分析[J].中国环境科学,1999,19(5):454-457.
- [4] 龙开元,谢炳庚,谢光辉.景观生态破坏评价指标体系的建立方法和应用[J].山地学报,2001,19(1):64-68.
- [5] 谢花林,刘黎明,赵英伟.乡村景观评价指标体系与评价方法研究[J].农业现代化研究,2003,24(2):95-98.
- [6] 角媛梅,肖笃宁.绿洲景观空间邻接特征与生态安全分析[J].应用生态学报,2004,15(1):31-35.
- [7] 邬建国.景观生态学:格局、过程、尺度与等级[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [8] FORAMNRT T.Land Msaics:the Ecology of landscape and Regions [M]. Cambridge: Cambridge University Press,1986.
- [9] 陈文波,肖笃宁,李秀珍.景观指数分类、应用及构建研究[J].应用生态学报,2002,13(1):121-125.
- [10] 管东生,钟晓燕,郑淑颖.广州地区森林景观多样性分析[J].生态学杂志,2001,20(4):9-12.
- [11] 阎传海.山东省南部地区景观生态的分类与评价[J].农村生态环境,1998,14(2):15-19.
- [12] 周新华,孙中伟.试论林网在景观中布局的宏观度量与评价[J].生态学报,1994,14(1):24-31.
- [13] 刘滨谊,王云才.论中国乡村景观评价的理论基础与指标体系[J].中国园林,2002(5):76-79.
- [14] 谢花林,刘黎明.乡村景观评价研究进展及其指标体系初探[J].生态学杂志,2003,23(6):97-101.
- [15] 陈浮,葛小平,陈刚,等.城市边缘区景观变化与人为影响的空间分异研究[J].地理科学,2001,12(3):210-216.

参考文献

- [1] 张浩,王正银.缓释控释肥料研究进展[J].黑龙江农业科学,2002(5):18-20.
- [2] 郑圣先,聂军,熊金英,等.控释肥料提高氮利用率的作用及对水稻效应的研究[J].植物营养与肥料学报,2001,7(1):11-16.
- [3] 冯兆忠,王效科,冯宗炜,等.河套灌区秋浇对不同类型农田土壤氮素淋失的影响[J].生态学报,2003,10(23):2027-2032.
- [4] AL 佩奇,R H 米勒.土壤分析法[M]// 闵九康,郝心仁,严慧峻,译.北京:中国农业科技出版社,1991:475-479.
- [5] 陈顺辉,李文卿,谢昌发,等.烟田土壤养分移动规律研究——氮、磷、钾的移动规律[J].农学与植保,2003,6(9):13-16.
- [6] 张民,史衍玺,杨守祥,等.控释和缓释肥的研究现状与进展[J].化肥工业,2001,28(5):27-30.
- [7] 翟军海,高亚军,周建斌.控释缓释肥料研究概述[J].干旱地区农业研究,2002,20(1):45-48.
- [8] 张文成,肖国军,陈秀娟,等.缓释尿素在玉米上的施用效果研究[J].土壤肥料,2007(2):73-77.
- [9] 李絮花,杨守祥,史衍玺,等.控释肥料的大蒜肥效研究[J].土壤通报,2003,34(2):120-124.