

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 22 期 Vol.33 No.22 **2013**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 22 期 2013 年 11 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 利用分布有/无数据预测物种空间分布的研究方法综述 刘 芳,李 晟,李迪强 (7047)
- 景观服务研究进展 刘文平,宇振荣 (7058)
- 土壤呼吸组分分离技术研究进展 陈敏鹏,夏 旭,李银坤,等 (7067)

个体与基础生态

- 平茬高度对四合木生长及生理特性的影响 王 震,张利文,虞 毅,等 (7078)
- 不同水分梯度下珍稀植物四数木的光合特性及对变化光强的响应 邓 云,陈 辉,杨小飞,等 (7088)
- 水稻主茎节位分蘖及生产力补偿能力 隗 溟,李冬霞 (7098)
- 基于辐热积法模拟烤烟叶面积与烟叶干物质产量 张明达,李 蒙,胡雪琼,等 (7108)
- 耕作方式和秸秆还田对华北地区农田土壤水稳性团聚体分布及稳定性的影响
..... 田慎重,王 瑜,李 娜,等 (7116)
- 不同光照强度下兴安落叶松对舞毒蛾幼虫生长发育及防御酶的影响 鲁艺芳,严俊鑫,李霜雯,等 (7125)
- 南方小花蝽在不同空间及笼罩条件下对西花蓟马的控制作用 莫利锋,邝军锐,田 甜 (7132)
- 浮游植物对溶解态 AI 的清除作用实验研究 王召伟,任景玲,闫 丽,等 (7140)
- 卧龙巴郎山川滇高山栎群落植物叶特性海拔梯度特征 刘兴良,何 飞,樊 华,等 (7148)
- 春夏季闽江口和兴化湾虾类数量特征 徐兆礼,孙 岳 (7157)
- 嗜食性端足类强壮藻钩虾对贫筲湖三种大型海藻的摄食选择性 郑新庆,黄凌风,李元超,等 (7166)

种群、群落和生态系统

- 4 种农业措施对三化螟种群动态的控制作用 张振飞,黄炳超,肖汉祥,等 (7173)
- 黄土高原沟壑区森林带不同植物群落土壤氮素含量及其转化 邢肖毅,黄懿梅,安韶山,等 (7181)
- 基于诊断学的生态系统健康评价 蔡 霞,徐颂军,陈善浩,等 (7190)
- 稻田生态系统中植硅体的产生与积累——以嘉兴稻田为例 李自民,宋照亮,姜培坤 (7197)
- 自由搜索算法的投影寻踪模型在湿地芦苇调查中的应用 李新虎,赵成义 (7204)
- 贺兰山不同海拔典型植被带土壤微生物多样性 刘秉儒,张秀珍,胡天华,等 (7211)
- 内蒙古典型草原灌丛化对生物量和生物多样性的影响 彭海英,李小雁,童绍玉 (7221)
- 黄土丘陵沟壑区 80 种植物繁殖体形态特征及其物种分布 王东丽,张小彦,焦菊英,等 (7230)
- 基于 MAXENT 模型的贺兰山岩羊生境适宜性评价 刘振生,高 惠,滕丽微,等 (7243)
- 太湖湖岸带浮游植物初级生产力特征及影响因素 蔡琳琳,朱广伟,李向阳 (7250)

景观、区域和全球生态

艾比湖地区土壤呼吸对季节性冻土厚度变化的响应…………… 秦 璐,吕光辉,何学敏,等 (7259)

田间条件下黑垆土基础呼吸的季节和年际变化特征…………… 张彦军,郭胜利,刘庆芳,等 (7270)

资源与产业生态

光核桃遗传资源的经济价值评估与保护 …………… 张丽荣,孟 锐,路国彬 (7277)

棉花节水灌溉气象等级指标…………… 肖晶晶,霍治国,姚益平,等 (7288)

研究简报

云南红豆杉人工林萌枝特性…………… 苏 磊,苏建荣,刘万德,等 (7300)

赣中亚热带森林转换对土壤氮素矿化及有效性的影响…………… 宋庆妮,杨清培,余定坤,等 (7309)

学术信息与动态

2013 年 European Geosciences Union 国际会议述评 …………… 钟莉娜,赵文武 (7319)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 276 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 30 * 2013-11



封面图说: 山坡岩羊图——岩羊属国家二级保护动物,因喜攀登岩峰而得名,又名石羊。贺兰山岩羊主要分布于海拔 1500—2300m 的山势陡峭地带,羊群多以 2—10 只小群为主。生境适宜区主要为贺兰山东坡(宁夏贺兰山国家级自然保护区)的西南部,而贺兰山西坡(内蒙古贺兰山国家级自然保护区)也有少量分布。贺兰山建立国家级自然保护区以来,随着保护区环境的不断改善,这里岩羊的数量也开始急剧增长,每平方公里的分布数量现居世界之首,岩羊的活动范围也相应扩大到低山 900 米处的河谷。贺兰山岩羊生境选择的主要影响因子为海拔、坡度及植被。

彩图及图说提供:陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201207241049

蔡霞, 徐颂军, 陈善浩, 李志勇. 基于诊断学的生态系统健康评价. 生态学报, 2013, 33(22): 7190-7196.

Cai X, Xu S J, Chen S H, Li Z Y. Ecosystem health assessment based on diagnosis. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(22): 7190-7196.

基于诊断学的生态系统健康评价

蔡霞^{1,2}, 徐颂军^{2,*}, 陈善浩², 李志勇^{1,2}

(1. 广东海洋大学经管学院, 湛江 524088; 2. 华南师范大学地理科学学院, 广州 510631)

摘要: 现有的生态系统健康评价多数是运用以活力-组织-恢复力指标为基础的时间断点个案研究, 导致现有跨越时间和空间的研究成果难以进行对比与整合, 与学科发展的系统化和全球化趋势不相符。“活力-组织-恢复力”评价指标加和会导致重要信息损失, 引入诊断学“问诊-体格检查-实验室检查-辅助检查”的方法整合指标体系。初步探讨利用系统的物质或能量折算为熵流并设置相关辅助指标以计量系统健康水平, 总结分析判别步骤, 基本能判别各种生态系统属于活力型不健康、结构型不健康、发育型健康和成熟型健康 4 种状态。借鉴相关水生生态系统能流的研究成果初步检验该方法的可行性, 研究表明通过熵流及辅助指标的计算, 所引用 2 个水生生态系统熵流值和系统太阳能利用率、消费和有序化潜力等特征, 与生态系统健康现实情况较为相符。同时, 利用诊断学方法也可以对生态系统研究中一些难以量化的描述性概念, 比如入侵和适度干扰, 进行的定量分析。

关键词: 生态系统健康; 诊断学; 活力-组织-恢复力; 熵流

Ecosystem health assessment based on diagnosis

CAI Xia^{1,2}, XU Songjun^{2,*}, CHEN Shan hao², LI Zhiyong^{1,2}

1 College of Economics and Management, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China

2 Geography College, South China Normal University, Guangzhou 510631, China

Abstract: Current ecosystem health assessments are mostly based on testing and analyzing the “vitality-organization-resilience” indexes of some breakpoint cases, which makes it hard to compare or integrate different research results across time and space. These results have narrow range of applications and do not conform to the disciplinary development trends of globalization and systematization. As the summation of the “vitality-organization-resilience” index system may ignore some important information, this article introduces a four-step diagnostic method of “interrogation-physical examination-laboratory tests-auxiliary examinations” to integrate an index system for the assessment of ecosystems. The method tests the ecosystem health using the entropy flow as measuring standard converted from substances or energy. It also analyzes related auxiliary indexes in different steps. Using energy and weight to calculate energy flow of an ecosystem, the diagnostic method can be divided into four main steps. First, unhealthy or important ecosystems are “inquired” based on investigators’ academic sensitivity. Then the “physique” of ecosystems are characterized by the entropy value, followed by “laboratory” analyses of biological information (β_i) and quality features (C_i). At last, “auxiliary examination” indexes are measured which provide series information related to vitality-structure of the ecosystems. The study showed that, by calculating the entropy flow and auxiliary indexes, various ecological systems can be distinguished into four dynamic states: unhealthy vitality type, unhealthy structure type, developing healthy type and mature healthy type. The data from three cited aquatic ecosystems, the South Lake, the Cedar Bog Lake and the Silver Spring, were used to analyze the strength of entropy flow, solar energy

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41271060)

收稿日期: 2012-07-25; 修订日期: 2013-06-21

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xusj@snu.edu.cn

utilization rates, consumption and potential features of organization. The diagnostic results showed that the Silver Spring scored the highest and the Cedar Bog lake scored the lowest in "physique". Considering the environmental conditions and ecological efficiency, the Cedar Bog lake had the lowest consumption and the highest ordering potential in the three ecosystems. Both in the subtropical area, the South Lake's ordering potential equals only to that of the Silver Spring, a spring water river, which indicated that the lake has structural problems, and the Silver Spring was adapted to the river hydraulic state of high consumption and low potential. The results conformed with reality well. Some ecosystem concepts, like invasion and moderate interference, are difficult to describe quantitatively. The diagnostic method can also serve as a preliminary quantitative analysis in the subtle academic field. Measuring by ecological entropy flow, the phenomena of disturbance, plant diseases, insect pests and the invasion have similar essence although they have different performances. The diagnostics provided a preliminary quantitative analysis for ecosystem health in combination with its background and the changing factors.

Key Words: ecosystem health; diagnostics; vitality-organization-resilience; entropy flow

伴随着全球经济迅速发展出现了一系列生态问题,生态系统健康成为现代生态学研究的热点问题^[1]。朱建刚等学者提出在生态学中应以“健康”指代生态系统管理的终极目标^[2],现有的生态系统健康研究对指标的设置^[3]、评价^[4]、预测^[5]等方面取得了较多成果,并对生态管理实践产生重要的推动作用。生态系统处于远离平衡的非线性区^[6],变量多且联动性强,所以量化的方法不能完全取代定性研究。同时,现有生态系统健康评价研究在解释一些敏感问题时可能陷入两个困境:或者无法避免以人类为中心的生态功利论,如病虫害、入侵是否一定为系统不健康因素;或者难以实现量化,如,中度干扰有益于生态系统健康的“中度”该如何界定。要解开这些难题必须从更深广的生态背景中去理解和分析。

1 生态系统健康整体性研究

虽然目前仍然有不少人认为生态系统整体研究代价昂贵,重复性差,难以执行,不如小尺度研究那样容易获得令人满意的统计学结论,但是,生态系统整体研究并未就此中止^[7]。如美国俄亥俄州立大学的 W. Mitsch 教授 1994 年至今进行的人工湿地整体研究,国内也有陆丽珍等^[8]从土地利用格局角度分析区域生态系统健康的尝试。

1.1 整体研究的必要性

全球生态系统是一个整体,短期来看局部性的生态不健康,其中超出生态承载力甚至生态安全的部分不会立即产生倾覆之变,但从长远来衡量,随着环境负面影响的加剧和累积,全球生态系统破坏甚至崩溃的威胁是巨大的。健康的生态系统是一种物质、能量和熵流的高效聚合体,处于整个生态系统发展的目标中心。如果不能准确定义时-空观中的生态系统健康,分散的研究难以汇总实现整体性成果,在实践中也有可能出现舍本逐末的失误。

1.2 基于诊断学建立时-空整体性评价

Rapport^[9]曾强调生态健康与人类医学的相似性,并运用了以下术语:自然号脉、检测自然疾病、临床生态学等。医学诊断具有对状态评价的时间关联性和空间扩展性,其步骤依次为:首先医生检查并确定症状;检测症状的主要指标;做出初步诊断,进行进一步检测;根据以上检测报告综合判断;开处方提出治疗方案^[10]。针对众多生态系统健康研究中指标设置的个性化、综合指标对单项指标信息的损失等问题,诊断可以为生态系统健康评价结果把握方向,尝试克服生态系统健康研究中的时-空阻隔现象。

2 以熵流诊断生态系统的过程

评判一个生态系统是否健康,以物质或能量为标准是有效的,但还不够全面。Erwin Shrodinger 提出生物是以负熵为食物的,还指出新陈代谢的实质就是使有机体成功地消除当它活着时所产生的全部的熵^[6]。一个远离平衡态的开放系统通过与外界交流物质和能量平衡熵增,所以普利高津说“非平衡是有序之源”^[11],

熵流揭示出生态系统结构和功能的内在本质。本研究借鉴医学基本理论诊断学的概念,以熵流为主要指标,把对人体系统行之有效的“问诊-体格检查-实验室检查-辅助检查”^[12]的工作方法引入生态系统健康研究中,通过“问诊、体格检查”两个步骤,基本确定所研究的生态系统的体格素质;进一步的“实验室检查”则用以诊断生态系统健康问题的症结,各种“辅助检查”进一步探讨生态系统健康整体性、系统性及结果的跨时-空应用。由于本文研究重点是能否建立统一的评价标准而非对策,所以对“处方治疗”暂不讨论。

2.1 初步检查:问诊

近年来活力-结构-恢复力(O-V-R)^[13-14]评价指标体系得到了广泛认可和运用。问诊的客观表象是活力、结构、恢复力中的一项或多项出现下降。会进入研究者视野的对象或存在健康问题,或者是重要性、珍稀性等显著,即学者们依据学术敏感内化进行的第一个步骤“问诊”。

2.2 具体诊断:体格检查与实验室检查

Jørgensen 近期关注熵流对生态系统平衡^[15]、生态服务^[16]等方面的量化反映。利用相关成果进行诊断包括两个步骤:首先通过“体格检查”获取所研究生态系统的具体参数;尔后进行“实验室检查”,选取公式、确定常数,并以生态系统物质或能量折算熵流。

2.2.1 生态系统的熵流计算

生产者、消费者和分解者、无机环境通过非线性相互作用产生协同作用和相干效应,形成生态系统耗散结构,并且使系统由无序变为有序,由低有序进化为高有序^[17]。根据研究需要,选取初级生产力、总输出物质/能量或者能质等来折算熵流。生态能质被认为是具有广泛应用前景的生态完整性指标^[18],本文选择以能质进行核算。

生态系统存在的前提是生产,生产者捕获营养元素和能量的能力,是整个生态系统的基础。采用 Jørgensen^[19]的熵流表达式:

$$Ex = T \sum \beta_i \times C_i \quad (1)$$

式中, T 为绝对温标; C_i 表示成分在生态系统中的浓度; β_i 是大致表示生物量中所包含信息量的因素(权重)。以熵流值作为生态系统健康状况的得分。

2.2.2 具体分析

健康的生态系统是各方面均衡发展的,为防止数据中存在的极端不均衡状况,还需进一步诊断分析各个分量的特征与意义。

(1)如果系统获得熵流,系统将利用熵流远离热力学平衡。如果有多条途径可供选择,那么能够拥有最多熵流(如拥有最有序的结构)的路径将被选择^[7]。 Ex 增大生态系统更健康:

$$Ex_{生产者} \geq Ex_{消费者} + Ex_{分解者} \quad (2)$$

不满足(2)式的生态系统,至少说明在该阶段同化作用小于异化作用,系统能量吸收不足,物质结构有趋于瓦解的潜在威胁。

(2) C_i 代表某生态组分中的物质,成熟生态系统中物质循环是封闭的,因此长时期有

$$C_{i_{生产者}} = C_{i_{消费者}} + C_{i_{分解者}} \quad (3)$$

此等式成立则系统物质流层面是健康的;不成立,则评价自动进入下一分析步骤。

(3)权重值的生态学意义

非平衡状态的生态系统中, C_i 和 Ex 都处于较大的变动中,此时 β 不仅仅是一个算子,而是具有生态意义的特征值。一般情况下,在生态系统的发生、发展、演变中,系统将选择对系统的熵流贡献最大的那种组织程度^[20]。发展中的生态系统熵流不稳定,但 β_i 之和增大,则其健康要满足 i 时期比上一阶段有:

$$\Delta\beta_i \geq 0 \quad (4)$$

满足(4)意味着物种增加,有序性提高;降低则说明系统受胁迫后结构出现退化。

2.3 辅助检查

根据具体研究需要设置辅助指标对不同地域、不同类型的生态系统本质特征的探讨,可提高生态系统健康评价结果的实用性,更深入地反映生态系统整体性方面存在的问题。

2.4 生态系统健康诊断流程

图 2 表示体格检查和实验室检查的具体诊断过程,方框表诊断过程,箭头表判别,椭圆表生态系统健康状况。

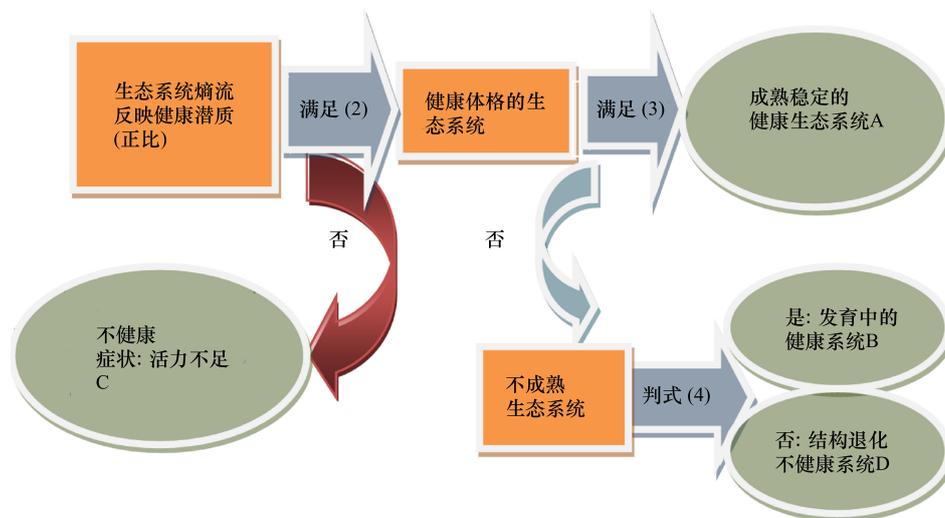


图 1 生态系统健康诊断流程

Fig.1 Diagnosis process of ecosystem health

3 算法略举

3.1 相关研究成果选择

本文令生态系统各组分蕴含的能量为 C_i ,权重取 Marques 等^[22]研究结果的平均值,引用房岩等^[21]的研究成果折算熵流(表 1)。

表 1 南湖、Cedar Bog 湖和银泉的能流比较($\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$)

Table 1 Energy flow comparement in Nanhu Lake, Cedar Bog Lake and Silver Spring

项目 Project	南湖	Cedar Bog 湖 Cedar Bog Lake	银泉 Silver Spring	权重 Weight ^[22]
太阳辐射 Solar radiation S	4969635.4	4973604.5	7112800.0	—
生产者 Producer				
总生产量 Total production GP_1	30244	4657	87069	3.4
呼吸 Respiratory R_1	14290	979	50112	
净生产量 Net production NP_1	15954	3678	36957	
被分解或未利用 Decomposition or unused DU_1	13563	3056	22876	
植食动物				
Herbivorous animal				
总生产量 Total production GP_2	2391	622	14081	216
呼吸 Respiratory R_2	1467	184	7908	
净生产量 Net production NP_2	924	438	6173	
被分解或未利用 Decomposition or unused DU_2	479	305	4488	
肉食动物				
Carnivorous animal				
总生产量 Total production GP_3	445	133	1685	344
呼吸 Respiratory R_3	270	75	1376	
净生产量 Net production NP_3	175	58	309	
被分解或未利用 Decomposition or unused DU_3	175	58	309	
呼吸的总消耗量 Total consumption of respiration $\sum R$	16027	1238	59396	—
被分解或未利用的总量 Total amount of decomposition or unused $\sum DU$	14217	3419	27673	1

引自^[21],有删略

3.2 演算

取各河湖所在地区 7 月平均气温值:南湖 20℃, Cedar Bog 湖 14℃, 银泉 27℃^[23], 计算分析各生态系统夏季的健康情况($K \cdot kJ \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$)。

把总生产量数据带入式(1)进行计算:

①南湖 $Ex_1 = 226303120.8$

②Cedar Bog 湖 $Ex_2 = 56234148.6$

③银泉 $Ex_3 = 1175151180$

以净生产量数据计算的 Ex' 是生态系统满足自身需求外对整体生态环境贡献的负熵:

①南湖 $Ex'_1 = 92010086.8$

②Cedar Bog 湖 $Ex'_2 = 36467712.4$

③银泉 $Ex'_3 = 469595340$

3.3 分析

首先,选取数据的 3 个河湖,夏季净生产量皆为正,有 $\sum DU > 0$; 因此满足不等式(2),未出现活力不足,即没有出现生产衰退或消费过度。

其次,三处湿地的未利用物质与能量有结余,属于不成熟生态系统。演替研究中湿地皆属于成熟与不成熟生态系统之间,湿地生态系统发育特征是否应该修订标准,值得商榷。

最后,相关研究中未具体列出物种发展变化特征,无法讨论 $\Delta\beta_i$ 。 $\Delta\beta_i$ 对富营养化是有很强的反映能力的,且富营养化水体不满足等式(3),水体缺氧、水质恶化。

3.4 辅助指标的设置

因 $Ex_3 > Ex_1 > Ex_2$, $Ex'_3 > Ex'_1 > Ex'_2$ 仅从 Ex 分析处于亚热带的银泉要优于寒温带的南湖,季风气候的南湖又比纬度略高、大陆性气候的 Cedar Bog 湖健康,仍造成空间比较结果缺乏意义。因此,须结合环境提供的可能性、生态系统的效率等相对指标构建辅助指标体系。

3.4.1 指标设置

本研究中主要设置如下几个相对指标,计算结果如表 2。

令 $Es = Ex/S$, 反映系统捕获外界能量并在系统中流转使用的能力;

$Ec = \sum R / \sum DU$, 反映系统自身消费与积累的关系;

$Ep = Ex' / Ex$, 负熵对耗散结构意义重大,反映出系统有序化的潜力。

表 2 相对指标反映出的南湖、Cedar Bog 湖、银泉系统特征

Table 2 System characteristics reflecting by relative index in Nanhu Lake, Cedar Bog Lake and Silver Spring

	南湖	Cedar Bog 湖	银泉
特征 Features	富营养化潜水湖, 温带	沼泽水湖, 温带	清泉水河, 亚热带
太阳能利用 Solar energy utilization E_s	45.54, 高	11.31, 低	35, 中
消费 Consumption Ec	1.13, 中	0.36, 低	2.15, 高
有序化潜力 Ordering potential Ep	0.41, 中	0.65, 高	0.40, 低

3.4.2 辅助指标的意义

分析辅助指标,总量无法反映的一些问题浮现出来:

南湖 Es 最高,但它可能是判别式(4)条件下的 D 状态,处于退化的不健康状态; Cedar Bog 湖太阳能利用情况次于银泉,符合一般认为的亚热带环境条件更为优越。如无其他症状,银泉属高产高耗、低积累的“纤细型”健康生态系统,而 Cedar Bog 湖为低产低耗、高积累的“粗壮型”健康生态系统。

虽然银泉 $\sum GP$ 和 Ec 占绝对优势,但河流水力状况决定了其复杂性和有序化潜力 Ep 不如湿地和湖泊;同时富营养化的南湖比 Cedar Bog 湖 Ep 值低,显示发展潜力降低,属高产中耗的“滞胀型”症状。

4 对开篇疑问的解释

一般认为,适度干扰有益于生态系统健康。既然称其“干扰”,从微观角度看必然对部分物种产生负面影响,但整体结果是系统进化。由此,按图 1 诊断的 A—D 系统健康等级,不同健康状况下的生态系统,其“适度干扰”也情况各异,见表 3。病虫害或入侵都是生态系统中某组分的迅速增加。这种增加如未影响到整个生态系统的存在和发展,可被视为生物组分形成的轻度干扰;干扰程度很大则有可能成为生态系统健康的破坏因素。因此,利用熵流进行评判时这两种现象可并入对生态系统干扰的讨论。

表 3 不同健康状态生态系统对适度干扰的要求

Table 3 demands for middle infrence in eco-systems for different condition

Health level	A	B	C	D
症状 Symptom	健康成熟系统	健康发育系统	活力降低系统	结构退化系统
适度干扰 Moderate disturbance	干扰不破坏系统的稳定结构	干扰过程促进系统物质的保持	干扰有利于系统生产力的提高	干扰促进系统组织程度的提高
诊断特征 Diagnostic featurer	各指标同步提高	$ \Delta C_i $ 降低	$C_{i\text{生产者}}$ 提高	$\Sigma \beta_i$ 增加
示例 Example	保护区中对人类活动的严格限制	抛荒地的生态恢复	城市绿化建设	农业生态系统中益虫益鸟再引入

A, B, C, D 见图 1

5 结论与展望

本文主要从理论角度探讨了人体系统诊断学方法在生态系统健康评价的可能性,并以相关研究成果加以论证。重点是把生态系统健康研究放置于其时-空格局之中分析判别,在每个具体时间点上计算出的熵流大小可比,与自身的历史情况、与周边生态系统进行比较亦无难度,甚至在进行数学运算后也是有意义的。诊断学方法能克服一般生态系统健康研究结果时间上不可推演、空间上无法比较的缺点,具有一定现实意义。这种思路能从解释学角度对生态健康问题进行定性分析,避免定量化数学方法完美性背后的陷阱,在区域和全球生态问题的分析上提供了一种可比性视角。运用熵流来诊断时-空格局下的生态系统健康在水生生态系统以外的适用性有待深入,其步骤和参数设置也需要完善。

致谢:感谢华南师范大学李海航教授对本研究的帮助。

References:

- [1] Costanza R, Mageau M. What is a healthy ecosystem? *Aquatic Ecology*, 1999, 33(1): 105-115.
- [2] Zhu J G, Yu X X, Gan J, Zhang Z M. Major issues in ecosystem health research. *Chinese Journal of Ecology*, 2010, 29(1): 98-105.
- [3] Sun L. Coastal Ecosystem Health Assessment and Prediction Research of Jiaozhou Bay [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2008: 56-72.
- [4] Yang Z F, Sui X. Assessment of the ecological carrying capacity based on the ecosystem health. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2005, 25(5): 586-594.
- [5] Chang B, Xiong L Y, Hou X T, Ding Y. The research of ecological footprint and ecological carrying capacity prediction model based on space. *Geographical Research*, 2007, 26(5): 940-948.
- [6] Shi X P. New Exploration of dissipative structure and ecosystem. *Chinese Journal of Systems Science*, 2008, 16(4): 76-80.
- [7] Lu J J, He W S, Tong C F, Wang W. *Wetland Ecology*. Beijing: Higher Education Press, 2006: 171-185.
- [8] Lu L Z, Zhan Y Z, Ye Y M, Chen J Y, Mou Y M. Regional ecosystem health assessment based on land use pattern: a case of study of Zhoushan Island. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(1): 245-252.
- [9] Rapport D J. What constitutes ecosystem health?. *Perspectives in Biology and Medicine*, 1989, 33: 120-132.
- [10] Li J L. *Modern Urban Ecological and Environment*. Beijing: Higher Education Press, 2006: 60.
- [11] Wang M. The ecological significance of the theory of dissipative structure. *Social Sciences Journal of Colleges of Shanxi*, 2001, 13(9): 23-24.
- [12] Chen W B, Pan X L, Kang X X, Wan X L. *Diagnostics* 7th ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2010: 1.
- [13] Costanza R, Norton B G, Haskell B D. *Ecosystem Health: New Goals for Environmental Management*. Washington: Island Press, 1992: 1-304.
- [14] Jørgensen S E, Costanza R, Xu F L. *Handbook of Ecological Indicators for Assessment of Ecosystem Health*. New York: CRC Press, 2005: 1-66.
- [15] Ulanowicz R E, Jørgensen S E, Fath B D. Exergy, information and aggradation: An ecosystems reconciliation. *Ecological Modelling*, 2006, 198

(3/4): 520-524.

- [16] Jørgensen S E. Ecosystem services, sustainability and thermodynamic indicators. *Ecological Complexity*, 2010, 7(3): 311-313.
- [17] Wan D M. *Environment and Biological Evolution*. Beijing: Chemical Industry Press, 2006: 268.
- [18] Salas F, Marcos C, Pérez-Ruzafa A, Marques J C. Application of the exergy index as ecological indicator of organically enrichment areas in the Mar Menor lagoon (south-eastern Spain). *Energy*, 2005, 30(13): 2505-2522.
- [19] Jørgensen S E, Nielsen S N, Mejer H. Emergy, environ, exergy and ecological modelling. *Ecological Modelling*, 1995, 77(2/3): 99-109.
- [20] Huang J J, Wang X C. Dissipative structure and research of oasis ecological agriculture development pattern in Xinjiang province. *Rural Economy and Science-Technology*, 2009, 20(1): 41-42.
- [21] Fang Y, Han D F, Liu Q, Sun G. Energy flow characteristics of the Nanhu Lake aquatic ecosystem in Changchun. *Journal of Changchun Normal University: Natural Science Edition*, 2011, 30(4): 66-69.
- [22] Maques J C, Pardo M Á, Nielsen S N, Jørgensen S E. Analysis of the properties of exergy and biodiversity along an estuarine gradient of eutrophication. *Ecological Modelling*, 1997, 102(1): 155-167.
- [23] Peixoto J P, Oort A H. *Physics of Climate*//Wu G X, translation. Beijing: Meteorological Press, 1995: 110.

参考文献:

- [2] 朱建刚, 余新晓, 甘敬, 张振明. 生态系统健康研究的一些基本问题探讨. *生态学杂志*, 2010, 29(1): 98-105.
- [3] 孙磊. 胶州湾海岸带生态系统健康评价与预测研究 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2008: 56-72.
- [4] 杨志峰, 隋欣. 基于生态系统健康的生态承载力评价. *环境科学学报*, 2005, 25(5): 586-594.
- [5] 常斌, 熊利亚, 侯西勇, 丁艺. 基于空间的生态足迹与生态承载力预测模型——以甘肃省河西走廊地区为例. *地理研究*, 2007, 26(5): 940-948.
- [6] 史晓平. 耗散结构与生态系统新探. *系统科学学报*, 2008, 16(4): 76-80.
- [7] 陆健健, 何文珊, 童春富, 王伟. *湿地生态学*. 北京: 高等教育出版社, 2006: 171-185.
- [8] 陆丽珍, 詹远增, 叶艳妹, 陈建裕, 牟永铭. 基于土地利用空间格局的区域生态系统健康评价——以舟山岛为例. *生态学报*, 2010, 30(1): 245-252.
- [10] 李建龙. *现代城市生态与环境学*. 北京: 高等教育出版社, 2006: 60.
- [11] 王谋. 耗散结构理论的生态意义. *山西高等学校社会科学学报*, 2001, 13(9): 23-24.
- [12] 陈文彬, 潘祥林, 康熙雄, 万学红. *诊断学* (第七版). 北京: 人民卫生出版社, 2010: 1.
- [17] 万冬梅. *环境与生物进化*. 北京: 化学工业出版社, 2006: 268.
- [20] 黄静静, 汪希成. 耗散结构与新疆绿洲生态农业发展模式研究. *农村经济与科技*, 2009, 20(1): 41-42.
- [21] 房岩, 韩德复, 刘倩, 孙刚. 长春南湖水生生态系统的能流特征. *长春师范学院学报: 自然科学版*, 2011, 30(4): 66-69.
- [23] 佩肖托, 奥尔特. *气候物理学*//吴国雄, 译. 北京: 气象出版社, 1995: 110.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.22 Nov., 2013 (Semimonthly)
CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- The review of methods for mapping species spatial distribution using presence/absence data
..... LIU Fang, LI Sheng, LI Diqiang (7047)
- A research review of landscape service LIU Wenping, YU Zhenrong (7058)
- Progress on techniques for partitioning soil respiration components and their application in cropland ecosystem
..... CHEN Minpeng, XIA Xu, LI Yinkun, MEI Xurong (7067)

Autecology & Fundamentals

- Effect of different stubble height treatments on the annual growth index and physiological characteristics of *Tetraena mongolica*
in two growing seasons WANG Zhen, ZHANG Liwen, YU Yi, et al (7078)
- Photosynthetic characteristics of an endangered species *Tetrameles nudiflora* under different light and water conditions
..... DENG Yun, CHEN Hui, YANG Xiaofei, et al (7088)
- The compensation capacity of tillering and production of main stem nodes in rice WEI Ming, LI Dongxia (7098)
- Simulation of leaf area and dry matter production of tobacco leaves based on product of thermal effectiveness and photosynthetically
active radiation ZHANG Mingda, LI Meng, HU Xueqiong, et al (7108)
- Effects of different tillage and straw systems on soil water-stable aggregate distribution and stability in the North China Plain
..... TIAN Shenzhong, WANG Yu, LI Na, et al (7116)
- Effects of the *Larix gmelinii* grown under different light intensities on the development and defensive enzyme activities of *Lymntria*
dispar larvae LU Yifang, YAN Junxin, LI Shuangwen, et al (7125)
- Biological control efficiency of *Orius similis* Zheng (Hemiptera: Anthocoridae) on *Frankliniella occidentalis* (Pergande) under
different spatial and caged conditions MO Lifeng, ZHI Junrui, TIAN Tian (7132)
- Preliminary study on scavenging mechanism of dissolved aluminum by phytoplankton
..... WANG Zhaowei, REN Jingling, YAN Li, et al (7140)
- Leaf-form characteristics of plants in *Quercus aquifolioides* community along an elevational gradient on the Balang Mountain in
Wolong Nature Reserve, Sichuan, China LIU Xingliang, HE Fei, FAN Hua, et al (7148)
- Comparison of shrimp density between the Minjiang estuary and Xinhua bay during spring and summer
..... XU Zhaoli, SUN Yue (7157)
- The feeding selectivity of an herbivorous amphipod *Ampithoe valida* on three dominant macroalgal species of Yundang Lagoon
..... ZHENG Xinqing, HUANG Lingfeng, LI Yuanchao, et al (7166)

Population, Community and Ecosystem

- Effects of four different agricultural prevention and control measures on rice yellow stem borer *Tryporyza incertulas* (Walker)
(Lepidoptera: Pyralidae) ZHANG Zhenfei, HUANG Bingchao, XIAO Hanxiang, et al (7173)
- Soil nitrogen concentrations and transformations under different vegetation types in forested zones of the Loess Gully Region
..... XING Xiaoyi, HUANG Yimei, AN Shaoshan, et al (7181)
- Ecosystem health assessment based on diagnosis CAI Xia, XU Songjun, CHEN Shanhao, et al (7190)
- The production and accumulation of phytoliths in rice ecosystems; a case study to Jiaying Paddy Field
..... LI Zimin, SONG Zhaoliang, JIANG Peikun (7197)
- Application of a free search-based projection pursuit model in investigating reed in wetlands LI Xihu, ZHAO Chengyi (7204)

- Soil microbial diversity under typical vegetation zones along an elevation gradient in Helan Mountains
..... LIU Bingru, ZHANG Xiuzhen, HU Tianhua, et al (7211)
- Effects of shrub encroachment on biomass and biodiversity in the typical steppe of Inner Mongolia
..... PENG Haiying, LI Xiaoyan, TONG Shaoyu (7221)
- Research on diaspore morphology and species distribution of 80 plants in the hill-gully Loess Plateau
..... WANG Dongli, ZHANG Xiaoyan, JIAO Juying, et al (7230)
- Habitat suitability assessment of blue sheep in Helan Mountain based on MAXENT modeling
..... LIU Zhensheng, GAO Hui, TENG Liwei, et al (7243)
- Characteristic of phytoplankton primary productivity and influencing factors in littoral zone of Lake Taihu
..... CAI Linlin, ZHU Guangwei, LI Xiangyang (7250)
- Landscape, Regional and Global Ecology**
- Responses of soil respiration to changes in depth of seasonal frozen soil in Ebinur Lake area, arid area of Northwest China
..... QIN Lu, LV Guanghui, HE Xuemin, et al (7259)
- Seasonal and annual variation characteristic in basal soil respiration of black loam under the condition of farmland field
..... ZHANG Yanjun, GUO Shengli, LIU Qingfang, et al (7270)
- Resource and Industrial Ecology**
- Economic evaluation and protection of *Amygdalus mira* genetic resource ZHANG Lirong, MENG Rui, LU Guobin (7277)
- Meteorological grading indexes of water-saving irrigation for cotton XIAO Jingjing, HUO Zhiguo, YAO Yiping, et al (7288)
- Research Notes**
- Sprouts characteristic structure of *Taxus yunnanensis* plantation SU Lei, SU Jianrong, LIU Wandu, et al (7300)
- The effects of forest conversion on soil N mineralization and its availability in central jiangxi subtropical region
..... SONG Qingni, YANG Qingpei, YU Dingkun, et al (7309)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 杨志峰 编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 33 卷 第 22 期 (2013 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 33 No. 22 (November, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许可证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元