

资源枯竭型城市土地综合承载力评价研究

倪超^{1,2}, 雷国平¹

(1. 东北农业大学 资源与环境学院, 哈尔滨 150030; 2. 哈尔滨学院 地理系, 哈尔滨 150086)

摘要:针对资源枯竭型城市特点构建土地综合承载力评价指标体系,采用主成分及聚类分析法对 17 个资源枯竭型城市进行定量分析评价。结果表明:(1)研究对象的综合承载力水平普遍较低,可划分为弱、低、中、较高 4 个承载力区。(2)从综合区划角度看,研究对象的区域差异也较显著,华北、长江中下游区明显高于东北、西北、晋陕内蒙古区。

关键词:土地综合承载力; 资源枯竭型城市; 主成分分析; 聚类分析

中图分类号:F321.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)02-0164-05

Research on Land Comprehensive Carrying Capacity of Resource-Exhausted Cities

NI Chao^{1,2}, LEI Guo-ping¹

(1. College of Resources and Environmental Sciences, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China;

2. Department of Geography, Harbin University, Harbin 150086, China)

Abstract: According to the characteristics of resource-exhausted cities, comprehensive carrying capacity evaluation indicator system is set up, 17 resource-exhausted cities are analyzed and evaluated by adopting principal component analysis and cluster analysis. The results show that: (1) The level of the comprehensive capacity of 17 cities is generally low, these cities can be divided into four capacity areas, such as weak, low, middle and higher; (2) From the perspective of comprehensive zoning, spatial differences of 17 cities are more significant. North China, middle and lower reaches of Yangtze River are higher than Northeast China, Northwest China and the areas of Shanxi, Shaanxi and Inner Mongolia.

Key words: land comprehensive carrying capacity; resource-exhausted city; principal component analysis; cluster analysis

土地是人类社会赖以生存和发展的基础^[1]。伴随着城市化进程的不断加快,人口的快速增长、资源的日益紧缺、环境的急剧恶化都极大地削弱了土地的承载能力,阻碍了土地资源的可持续利用和区域经济的协调发展。为缓解人地关系日益紧张的尖锐矛盾,寻求一条既能保障经济发展对土地的需求又能使土地得到协调利用的有效途径^[2],土地综合承载力的研究逐渐成为人们关注的焦点。国内学者曾对此做过一些探索研究,对指导研究区域可持续发展具有重要参考价值。但研究对象多以同省市内部比较为主,跨省间城市比较少。且研究方法多采用均方差决策法,其它研究方法较少^[3-6]。

由于资源产业与资源型城市发展规律的作用,加之“高生产、高消耗、高污染”的传统发展模式以破坏资源环境为代价来换取短暂的经济增长,迫使资源型

城市必然经历“建设—繁荣—衰退—转型—振兴或消亡”的发展过程^[7],面对资源枯竭型城市转型这个世界性难题,尽管我国的一些资源型城市转型已初见成果,但面临的挑战依旧严峻。上述背景下,深入开展资源枯竭型城市土地综合承载力研究,不仅为有关部门制定合理人口政策、资源环境保护措施、社会经济发展规划提供科学决策依据,而且有助于了解资源枯竭型城市土地利用状况,诊断土地利用中存在的问题,对实现城市土地资源合理、集约、高效、持续利用具有重要的现实意义。

1 土地综合承载力的概念及内涵

土地综合承载力是指在某一时间和空间范围内,一定的自然能源、科学技术和资金投入在保证与其社会文化准则相符合的物质生活水平条件下,土地资源

所能持续承载人类各种活动的的能力。土地综合承载力是以土地资源为研究对象,涉及资源、环境、人口、社会、经济等各方面的一项综合动态平衡研究。它既会因经济技术的发展而增强,也可因生态环境的破坏而降低。因此,具有明显的动态时变性。土地综合承载力包括两方面的含义:(1)就承载对象而言,土地综合承载力研究的是整个人类社会的资源、环境和经济活动的规模和强度,而不仅仅是“人口”、“资源”、“环境”等某一个体;(2)就承载体而言,与传统的土地承载力相比,土地综合承载力研究的重点不仅仅局限于“耕地”,而扩展到土地利用类型中的各类用地^[8]。既侧重研究以耕地和后备耕地资源为中心的土地资源承载能力,也对非耕地资源进行全方位的系统研究。

2 土地综合承载力评价指标体系构建

2.1 评价指标体系构建原则

土地综合承载力评价指标体系是衡量土地综合承载力各影响因素指标的可量度参数集合,是反映社会全面进步,体现以人为本,促进人口、经济、资源、环境、社会协调发展的综合性评价体系,对于缓解日趋紧张的人地关系、挖掘土地资源内在潜力、促进区域经济稳步快速发展提供科学依据。构建切实可行的土地综合承载力评价指标体系应遵循如下原则:

2.1.1 科学性原则 所选指标应能真实、客观地反映土地综合承载力的具体情况,引用的数据应准确、翔实,指标的处理应有数学理论依据,从而使各指标在评价体系中具有科学的定位。

2.1.2 全面性原则 土地综合承载力评价是对土地系统进行的一项综合性评价,指标的筛选应全面、系统地反映土地综合承载力的各个方面及其相互关系。凡能描述系统各层次状态的指标应尽可能全面地列出,做到全方位地考虑问题,避免重要指标的遗漏。

2.1.3 可行性原则 土地综合承载力评价的关键在于评价方法的切实可行,指标的可量化,数据的易获取。因此,所选指标要尽量利用现有统计资料及相关规定标准。

2.2 评价指标体系构建

针对资源枯竭型城市生态环境恶化、土地退化、水资源需求告急等困境,选取园林绿地面积、工业二氧化硫及烟尘排放量、人均土地资源占有量、人均水资源、水土协调度等资源和环境类指标;针对资源枯竭型城市产业结构高度单一、经济体系封闭、经济总量不足、地方财力薄弱等问题,选取第三产业占 GDP 比重、实际利用外资额、人均地区生产总值、固定资产投资等经济类指标;根据资源枯竭型城市存在大量职工收入低于全国城市居民人均水平、失业人口增多的现状,主要选取职工平均工资、城镇登记失业人员数等社会及人口类指标,并结合土地综合承载力系统具有自然、社会、经济和技术等各组成要素协同发展、相互影响的复合特点,基于上述评价指标体系的构建原则,参照有关学者专家研究成果^[3-6],同时考虑资料获取的可操作性,从人口、资源、环境、社会、经济五个方面选取 35 个指标,建立资源枯竭型城市土地综合承载力评价指标体系,见表 1。

表 1 资源枯竭型城市土地综合承载力评价指标体系

目标	分类指标	单项指标
土地综合承载力	人口子系统	总人口(万人)、人口自然增长率(‰)、人口密度(人/km ²)、非农业人口(万人)、全部从业人员(万人)、城镇登记失业人员数(人)、普通高等学校毕业生数(人)
	经济子系统	人均地区生产总值(元)、实际利用外资额(万美元)、第三产业占 GDP 比重(%)、固定资产投资(万元)、工业总产值(万元)、农业总产值(万元)、社会消费品零售总额(万元)
	资源子系统	人均水资源(t/人)、人均绿地面积(m ²)、当年造林面积(10 ³ hm ²)、有效灌溉面积(10 ³ hm ²)、人均土地资源占有量(人/km ²)、水土协调度(%)、园林绿地面积(hm ²)
	环境子系统	工业二氧化硫排放量(t)、工业固体废物综合利用率(%)、生活垃圾无害化处理率(%)、工业烟尘排放量(t)、工业废水排放达标率(%)、建成区绿化覆盖率(%)、三废综合利用产品产值(万元)
	社会子系统	人均用电量[(kW·h)/人]、用水普及率(%)、用气普及率(%)、每百人国际互联网用户数(户)、每百人移动电话用户数(户)、人均城市道路面积(m ²)、职工平均工资(元)

3 资源枯竭型城市土地综合承载力评价

3.1 研究范围

为促进资源型城市可持续发展和区域经济协调发展,国务院于 2008 年和 2009 年分两批确定了 44 个资源枯竭型城市^[9]。鉴于资料获取可行性和统计指标一

致性考虑,本次只选取 17 个地级市作为研究对象,分别是抚顺市、阜新市、盘锦市、辽源市、白山市、伊春市、七台河市、淮北市、铜陵市、景德镇市、萍乡市、枣庄市、焦作市、黄石市、铜川市、白银市、石嘴山市。

3.2 数据来源

原始数据来源于 2009 年《中国城市统计年鉴》、

《黑龙江统计年鉴》、《吉林统计年鉴》、《安徽统计年鉴》、《江西统计年鉴》、《山东统计年鉴》、《河南统计年鉴》、《湖北统计年鉴》、《陕西统计年鉴》、《甘肃统计年鉴》、《宁夏统计年鉴》及各省国民经济与社会发展统计公报、政府工作报告及有关部门统计数据等。

3.3 评价方法

在多指标综合评价中,权重是衡量各指标对评价目标作用大小的参数,因此,它的确定具有举足轻重的作用。目前,确定权重的各种方法根据原始数据的来源不同,可以分为主观赋权法和客观赋权法两大类。主观赋权法多采取综合咨询评分的定性方法确定权重^[10],如层次分析法、德尔菲法、综合指数法等,这种方法容易受评价者个人经验和偏好等人为因素的影响,夸大或降低某些指标的作用,评价结果随意性较大。客观赋权法则是根据各指标间的相关关系或变异程度确定权重。它可以减轻计算工作量,克服主观因素的不利影响^[10],如主成分分析法、离方差决策法、均方差决策法等。

本研究选取主成分分析法。主成分分析法是采用降维的思想,用少数几个综合指标来替代原来多个指标的一种统计分析方法。这种方法在解决实际问题中,既可以保留原始变量的主要信息,消除评价指标之间的相关影响;又可以减少指标选择的工作量,避免片面追求个别指标而忽略全局的倾向。

表 2 资源枯竭型城市人口、经济、资源、环境、社会子系统及综合评价值

地区	人口子系统	资源子系统	环境子系统	经济子系统	社会子系统	综合评价值
抚顺市	-0.6573	-0.2530	0.6715	0.3830	-0.2246	-0.0161
阜新市	-1.0616	-0.2322	-0.5715	-0.2643	-0.6407	-0.5541
盘锦市	-0.3311	-0.2563	0.1158	-0.7106	0.1490	-0.2066
辽源市	-0.8646	-0.5874	-1.2687	-0.2932	-0.3457	-0.6719
白山市	-0.9238	-0.1484	-0.9630	-0.3774	-0.6968	-0.6219
伊春市	-1.1385	1.5625	-0.3656	-0.4191	-0.4545	-0.1630
七台河市	-0.7759	0.0006	-0.2984	-0.6196	-0.5765	-0.4540
淮北市	0.6652	-0.5095	0.6683	-0.5830	-0.3201	-0.0158
铜陵市	-0.2518	0.5449	0.6271	-0.1648	0.0759	0.1663
景德镇市	0.3511	0.1802	0.4003	-0.4240	0.0298	0.1075
萍乡市	0.0625	-0.6819	0.4506	-0.4934	-0.6055	-0.2535
枣庄市	0.3562	-0.6467	0.4774	0.2263	-0.1232	0.0580
焦作市	0.7846	-0.4071	0.3731	-0.1377	0.3778	0.1981
黄石市	0.0605	-0.3974	-0.2351	0.3753	0.4396	0.0486
铜川市	-0.9408	-0.6232	-0.8190	-0.6703	-0.6178	-0.7342
白银市	-0.4017	0.0520	-1.6174	-0.7015	-0.2864	-0.5910
石嘴山市	-0.6147	0.9538	-0.4566	-0.9983	0.9481	-0.0335

3.4 评价结果分析

3.4.1 评价过程 以人口子系统为例,首先对所选数据进行收集与整理;其次采用 SPSS 17.0 统计分析软

根据主成分分析法的基本原理,其主要步骤如下^[11-13]:

①对原始数据进行标准化处理

$$Y_{ij} = \frac{x_{ij} - \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p x_{ij}}{\sqrt{\frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}} \quad (i=1, 2, \dots, p; j=1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

式中: Y_{ij} ——标准化数据; x_{ij} ——原始数据。

②计算主成分贡献率

$$P_j = \lambda_j / \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

式中: P_j ——主成分贡献率; λ_i ——特征值

③计算第 i 个样本的主成分得分

$$\begin{bmatrix} Z_{i1} \\ Z_{i2} \\ \vdots \\ Z_{im} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \cdots & \alpha_{1n} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \cdots & \alpha_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \alpha_{m1} & \alpha_{m2} & \cdots & \alpha_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{i1} \\ Y_{i2} \\ \vdots \\ Y_{in} \end{bmatrix} \quad (i=1, 2, \dots, p) \quad (3)$$

式中: Z_{im} ——第 i 个样本在主成分上的得分; α_{mn} ——特征向量; Y_{in} ——标准化数据。

④计算第 i 个样本的综合得分值

$$W_i = P_1 Z_{i1} + P_2 Z_{i2} + \cdots + P_m Z_{im} \quad (i=1, 2, \dots, p) \quad (4)$$

式中: W_i ——综合得分值; P_m ——主成分贡献率; Z_{im} ——第 i 个样本在主成分上的得分。

件对原始数据进行标准化处理,以消除各个变量量纲之间的差异;然后对标准化后数据进行主成分分析,得主成分的特征值及贡献率;最后根据标准化特征向量

系数矩阵和原始变量标准化矩阵相乘得各主成分得分,再将各主成分得分与各主成分贡献率之积相加,即为该子系统评价值得分。同理得经济、资源、环境、社会子系统评价值及土地综合承载力评价值(表2)。

3.4.2 结果分析 据表2可知,社会、资源、环境、经济、人口子系统与土地综合承载力曲线走势均比较相近,表明这5个子系统对土地综合承载力在一定程度上均有不同影响。首先,社会子系统与土地综合承载力曲线走势基本吻合,表明该系统对综合承载力影响最为显著。因为社会子系统是资源、环境、经济、人口子系统的综合反映,直接决定土地综合承载力的走势情况。其次,环境和资源子系统走势与土地综合承载力曲线也比较相近,说明环境的优劣、资源的多寡也在很大程度上影响土地综合承载力的高低。最后,经济、人口子系统对土地综合承载力的影响也同样不容忽视,因为经济的快速发展和人口素质的提高有利于提升土地的综合承载能力。

(1)人口子系统。评价值为正的城市全部地处我国华北和长江中下游区,分别是焦作、淮北、枣庄、景德镇、萍乡、黄石6个城市;而评价值为负值的城市主要在西北和东北区,共11个城市。产生这一现象的主要原因是:从自然条件上看,前6个城市位于华北平原和长江中下游平原,地势低平、雨热同季,资源禀赋丰裕。从区位角度上看,前6个城市地处环渤海经济圈及国家弓形产业发展结合部,兼有沿江和沿海的双重地缘优势。加之社会和谐稳定、医疗水平提高等因素的共同影响,令前6个城市人口自然增长率明显高于后11个城市。同时,经济的集聚效应令人口的机械增长也比较明显,从而使前者总人口比重相应大于后者。另外,完善的教育体系使人口素质相对较高也是提升人口子系统评价值的重要因素。

(2)资源子系统。与人口子系统相同,资源子系统评价值为正的城市也有6个,分别是伊春、石嘴山、铜陵、景德镇、白银和七台河。主成分中对评价值起关键性作用的主要是园林绿地及水土协调度指标。首先,伊春、七台河位于我国东北林区,铜陵、景德镇则位于我国东南林区,两大林区森林资源丰富。尽管石嘴山市无明显森林分布,但农田防护林和防风固沙林工程成效显著,这在很大程度上提升了城市资源子系统的排名序位。其次,由于6个城市毗邻黄河、长江、松花江,水资源配合度较好,在一定程度上也相应提高了子系统的评价价值。而其余11个城市由于所处位置,林业资源匮乏,水资源配合度较差,使评价值排序靠后。

(3)环境子系统。在5个子系统中,环境子系统

评价值要明显优于其它子系统,共有8个城市的评价价值为正,它们分别是抚顺、淮北、铜陵、枣庄、萍乡、景德镇、焦作、盘锦。这些城市的共同特点是:工业废水排放达标率、工业固体废物综合利用率、生活垃圾无害化处理率等环境指标均明显高于其它城市,这与这些城市采取多种渠道加大生态环境治理,通过综合利用工业固体废弃物,对生活垃圾进行无害化处理,提高工业废水排放达标率以最大限度地减少污染,有效改善城市生态环境有直接关系。以淮北市为例,2008年实施污染减排、环境优美乡镇建设等专项行动,清理关闭“十五小”、“新五小”企业11家^[14],三废达标率明显高于其它城市,这是使淮北市环境子系统评价值排序靠前的主要原因。

(4)经济子系统。在17个城市中,只有抚顺、黄石、枣庄3个城市评价值为正,其余城市此评价值均为负。环渤海经济圈的辐射作用为抚顺、枣庄的经济发展提供了有力机遇。作为全国十大重工业城市之一的抚顺是中国北方最大的石油化工城市,2008年实际利用外资比上年增长95.4%,固定资产投资和社会消费品零售额也有较大幅度增长,全面推进区域经济的跨越式发展。而作为长江经济带的重要支点、武汉城市圈的副中心城市和鄂东区域经济龙头的黄石工业基础雄厚^[15],黄石经济技术开发区的大力发展使具有推动性的主导产业和创新行业及关联产业相对集聚,加强了周围地区的经济活动,从而带动整个黄石经济的稳步发展。但也应该看出,17个城市经济子系统评价值普遍偏低,而资源枯竭、环境破坏等一系列社会问题是阻碍城市经济发展的主要制约因素。

(5)社会子系统。石嘴山、黄石、焦作、盘锦、铜陵、景德镇市分别排在社会子系统的前6位。总的来看,这些城市比较完善的基础设施和发展迅速的电信事业为社会子系统的增长奠定了良好基础。如6个城市的用气普及率和用水普及率平均值分别比17个城市的同类指标平均值高10.76%和4.2%,从其余指标也可看出明显优势。以石嘴山市为例,公用电信网络四通八达,电话、互联网普及率较高,市境内供电、供水充裕,特别是随着市委提出大力实施民心“三大工程”以及国电宁夏石嘴山发电有限责任公司、大武口第二水厂、石嘴山煤气工程、道路工程等一批重点项目的建设,基础设施建设得到进一步加强^[16]。因此,石嘴山市在17个城市中社会子系统评价值最高。

3.5 土地综合承载力类型划分

根据土地综合承载力评价值,采用聚类分析法对各城市进行分类,排序结果见表3。

表 3 资源枯竭型城市土地综合承载力聚类表

分类	承载力分区	地区
第 1 类	弱承载力区	阜新市、辽源市、白山市、七台河市、铜川市、白银市
第 2 类	低承载力区	伊春市、盘锦市、萍乡市
第 3 类	中承载力区	石嘴山市、抚顺市、淮北市
第 4 类	较高承载力区	黄石市、枣庄市、景德镇市、铜陵市、焦作市

(1)弱承载力区。包括阜新市、辽源市、白山市、七台河市、铜川市、白银市 6 个城市,综合评价在一 0.454 0~ -0.734 2 之间,承载力水平较弱。此类城市的共同特点是 5 个子系统的利用状况均不好,在各子系统排序中均靠后,仅七台河市和白银市资源子系统评价值为正,其余各城市各子系统评价值均为负,致使综合评价及排序均较低。

(2)低承载力区。包括伊春市、盘锦市、萍乡市 3 个城市,综合评价在一 0.163 0~ -0.253 5 之间,承载力水平低。此类城市各子系统评价值低,排序稍高于第一类城市,但多数仍处于偏下水平。以盘锦市为例,人口、资源、环境子系统值均处于伊春市和萍乡市之间,社会子系统值远高于伊春、萍乡两市,但经济子系统值排在两市之后,致使综合评价及排序均位于两市之间。

(3)中承载力区。包括石嘴山市、抚顺市、淮北市 3 个城市,综合评价最低为 -0.033 5,最高为 -0.015 8,但整体仍均低于 0,承载力状况在 4 类城市中处于中等水平,各子系统协调性一般。根据协同论理论,一个子系统的最佳状态是建立在另一个子系统损失的基础之上,每个子系统不可能同时达到最佳状态,只有各子系统相互适应、彼此协调、良性循环,才能实现整体效益最大化,促进系统最优化发展^[17]。以抚顺市为例,环境与经济子系统评价值均列各城市之首,但人口子系统评价值排在第 11 位,导致土地综合评价不高。

(4)较高承载力区。此区共有 5 个城市,分别是黄石市、枣庄市、景德镇市、铜陵市、焦作市,综合评价均大于 0,承载力水平在 4 类城市中较好。仅资源子系统评价值排序靠后,其余子系统排序均较靠前。主要原因是地理位置优越,枣庄、焦作地处华北区,铜陵、景德镇、黄石位于长江中下游区,受经济带辐射作用,经济子系统评价值较高。加之这些城市生态环境良好,人口与社会子系统协调性较好,因此,土地综合承载力评价值较高。但水资源时空分配不均、水土组合不平衡也是资源子系统排序靠后的障碍因素。

4 结论

(1)由评价值结果可以看出:各子系统功能较弱,

均处于较低的承载水平;且相互之间的协调程度不高,未形成整体的最优状态。因此,导致 17 个资源枯竭型城市的土地综合承载力水平普遍较低。

(2)根据聚类分析结果可划分为 4 个区域,分别是:弱承载力区、低承载力区、中承载力区、较高承载力区。针对不同的土地综合承载力区,今后可因地制宜地采取合理、持续、集约等不同的土地利用策略以提高各自的承载力水平。

(3)从综合区划角度来看,17 个城市的土地综合承载力空间差异比较显著,评价值按由高到低的顺序依次是华北区(枣庄、焦作)、长江中下游区(铜陵、景德镇、黄石、淮北、萍乡)、东北区(抚顺、伊春、盘锦、七台河、阜新、白山、辽源)、西北区(石嘴山、白银)及晋陕内蒙古区(铜川),而前两个区域的综合承载力水平因地缘优势、资源禀赋等因素影响明显高于后 3 个区域。

(4)鉴于相关数据资料难于获取,在构建土地综合承载力评价指标体系时,没有考虑自然灾害、水土流失等因素对土地综合承载力的影响,今后,对评价指标还需更深入地筛选以逐步改进此体系。此外,缺乏对资源枯竭型城市土地综合承载力的动态时效性研究,也是今后有待于进一步完善的地方。

参考文献:

- [1] 唐华俊,陈佑启,邱建军,等.中国土地利用/土地覆盖变化研究[M].北京:中国农业科技出版,2004.
- [2] 王倩.中原城市群土地综合承载力研究[D].河南开封:河南大学,2009.
- [3] 王书华,毛汉英,赵明华.略论土地综合承载力评价指标体系的设计思路:我国沿海地区案例分析[J].人文地理,2001,16(4):57-61.
- [4] 王翠华,冉瑞平,魏晋.区域土地综合承载力空间差异评价研究:以四川省为例[J].国土与自然资源研究,2010(2):30-31.
- [5] 瞿理铜,肖丽.湖南省城市辖区土地综合承载力评价[J].国土资源科技管理,2008,25(5):33-37.
- [6] 熊伟.湖南省土地综合承载力评价及对策研究[J].湖南有色金属,2008,24(4):41-45.
- [7] 李大庆.资源枯竭型城市出路在何方[EB/OL].http://www.stdaily.com/oldweb/gb/stdaily/2004-02/06/content_208763.htm,2004-02-06.

(下转第 173 页)

生长,根区土壤微生物的总量不断增加,群落趋于复杂,微生物的结构趋于稳定,有利于林下参的健康生长。

(2)从对林下参根区土壤的细菌、放线菌及真菌变化情况的分析发现,20年及25年林下参根区土壤的微生物的群落结构特征变化是放线菌占微生物总量的比率为2.965%和3.63%,明显高于对照的2.13%;真菌占微生物总量的比率分别是25.41%和24.58%,低于对照的26.16%。由于在人参生长过程中多数病害的发生是由于真菌的感染导致的^[10],真菌的增加是老参地土壤性状变劣的主要原因^[11-12],而放线菌是人参生长的有益菌对改善人参土壤微环境和提高人参的产量、质量和抗病性均具有一定的改善作用。可见林下参土壤微生物的结构变化是朝着有益于人参健康生长的方向发展。

(3) Bardgett^[13]等认为土壤中磷脂脂肪酸的组成可以表示土壤微生物群落的生物量和结构。不同菌群的磷脂脂肪酸图谱不同,可以作为微生物群落中不同群体的标记物,微生物的生物量可以通过脂肪酸的含量来估算。人参土壤微生物的研究目前还没有利用土壤中磷脂脂肪酸的组成进行描述研究,本文利用PFLA法研究了林下参根区土壤微生物多样性,克服了以往在人参土壤微生物的研究上采用的传统培养法的诸多不足,提供了较为准确的土壤微生物结构状况。是对林下参研究系统的完善,也是对野山参研究的补充,更能为农田栽参科学改土提供指导,具有较大的生产意义。

参考文献:

[1] 刘琪景,王贺新.野生人参自然分布的典型原始阔叶红松林群落及其特征研究[J].植物研究,1994,14(3):292-

298.

[2] 于海业,张蕾,周丽娜,等.林下人参叶片光合日变化的初步研究[J].吉林农业大学学报,2007,29(3):237-240.

[3] 吴德成,牟兆军,柏松林,等.林下与效应带种植人参环境因子的动态变化[J].植物研究,1995,15(1)118-123.

[4] 钟伟丽,李平亚.林下参总皂苷含量的分析[J].特产研究,2007(2):67-69.

[5] 郑毅男.林下参人参皂苷分析[J].吉林农业大学学报,2008,30(4):486-491.

[6] 孙海,张亚玉,宋晓霞,等.林下参根区土壤养分状况研究[J].安徽农业科学,2010,38(1):289-297.

[7] White D C, Stair J O, Ringelberg D B. Quantitative comparisons of in situ microbial biodiversity by signature biomarker analysis[J]. Journal of Industry Microbiology, 1996, 17: 185-196.

[8] Zelles L, Bai Q Y, Beck T. Signature fatty acids in phospholipids and lipopolysaccharides as indicators of microbial biomass and community structure in agricultural soils[J]. Soil Biology & Biochemistry, 1992, 24(4): 317-323.

[9] Salomonová S, Lamacová J, Rulík M, et al. Determination of phospholipid fatty acids in sediments[J]. Acta Universitatis Palackianae Olomucensis Facultas Rerum Naturalium; Chemica, 2003, 42: 39-49.

[10] 白容霖,刘学敏,刘伟成.吉林省人参根腐病原真菌种类的研究[J].植物病理学报,1999,29(3):285-285.

[11] 李世昌,刘梅娟,卢凤勇,等.栽参对土壤微生物生态及土壤酶活性的影响[J].生态学报,1983,3(1):29-34.

[12] 张镇媛,陈珊,夏红梅,等.不同土壤栽参后对土壤分解微生物生态和有机质的分解作用[J].东北师大学报:自然科学版,1993,29(2):95-99.

[13] Bardgett R D, Lovell R D, Hobbs P J, et al. Seasonal changes in soil microbial communities along a fertility gradient of temperate grasslands[J]. Soil Biology and Biochemistry, 1999, 31: 1021-1030.

(上接第168页)

[8] 王书华,曹静.土地综合承载力评判指标体系的构建及应用[J].河北师范大学学报:自然科学版,2001,25(1):129-133.

[9] 常德都市网.中国资源枯竭城市名单公布(第一批+第二批)[EB/OL]. <http://www.clone-p.com/html/Article/knews/66143289092.html>, 2010-08-06.

[10] 曾珍香,顾培亮.可持续发展的系统分析与评价[M].北京:科学出版社,2000:123.

[11] 何晓群.现代统计分析方法与应用[M].北京:人民大学出版社,1998:293-301.

[12] 徐建华.现代地理学中的数学方法[M].北京:高等教

育出版社,2002:84-93.

[13] 王明涛.多指标综合评价中权重确定的离差、均方差决策方法[J].中国软科学,1999,8(8):40.

[14] 中国统计信息网.淮北市2009年国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. <http://www.tjcn.org/tigb/201005/11510.html>, 2010-05-01.

[15] 百度百科.黄石[EB/OL]. <http://baike.baidu.com/view/7374.htm>, 2010-08-31.

[16] 百度百科.石嘴山[EB/OL]. <http://baike.baidu.com/view/15404.htm>, 2010-8-13.

[17] 吴彤.自组织方法论研究[M].北京:清华大学出版社,2001:46-52.