

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 24 期 Vol.32 No.24 **2012**

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 32 卷 第 24 期

2012 年 12 月 (半月刊)

目 次

从文献计量角度分析中国生物多样性研究现状.....	刘爱原,郭玉清,李世颖,等 (7635)
CO ₂ 浓度升高和模拟氮沉降对青川箭竹叶营养质量的影响.....	周先容,汪建华,张 红,等 (7644)
陕西中部黄土高原地区空气花粉组成及其与气候因子的关系——以洛川县下黑木沟村为例.....	吕素青,李月从,许清海,等 (7654)
长三角地区 1995—2007 年生态资产时空变化.....	徐昔保,陈 爽,杨桂山 (7667)
基于智能体模型的青岛市林地生态格局评价与优化.....	傅 强,毛 锋,王天青,等 (7676)
青藏高原高寒草地生态系统服务功能的互作机制.....	刘兴元,龙瑞军,尚占环 (7688)
北京城市绿地的蒸腾降温功能及其经济价值评估.....	张 彪,高吉喜,谢高地,等 (7698)
武汉市造纸行业资源代谢分析.....	施晓清,李笑诺,赵吝加,等 (7706)
丽江市家庭能耗碳排放特征及影响因素.....	王丹寅,唐明方,任 引,等 (7716)
基于分布式水文模型和福利成本法的生态补偿空间选择研究.....	宋晓谕,刘玉卿,邓晓红,等 (7722)
设施塑料大棚风洞试验及风压分布规律.....	杨再强,张 波,薛晓萍,等 (7730)
湖南珍稀濒危植物——珙桐种群数量动态.....	刘海洋,金晓玲,沈守云,等 (7738)
云南岩陀及其近缘种质资源群体表型多样性.....	李萍萍,孟衡玲,陈军文,等 (7747)
沙埋和种子大小对柠条锦鸡儿种子萌发、出苗和幼苗生长的影响.....	杨慧玲,梁振雷,朱选伟,等 (7757)
栗山天牛天敌花绒寄甲在栎林中的种群保持机制.....	杨忠岐,唐艳龙,姜 静,等 (7764)
基于相邻木排列关系的混交度研究.....	娄明华,汤孟平,仇建习,等 (7774)
三种回归分析方法在 Hyperion 影像 LAI 反演中的比较.....	孙 华,鞠洪波,张怀清,等 (7781)
红松和蒙古栎种子萌发及幼苗生长对升温与降水综合作用的响应.....	赵 娟,宋 媛,孙 涛,等 (7791)
新疆杨边材贮存水分对单株液流通量的影响.....	党宏忠,李 卫,张友焱,等 (7801)
火干扰对小兴安岭毛赤杨沼泽温室气体排放动态影响及其影响因素.....	顾 韩,牟长城,张博文 (7808)
不同潮汐和盐度下红树植物幼苗秋茄的化学计量特征.....	刘滨尔,廖宝文,方展强 (7818)
腾格里沙漠东南缘沙质草地灌丛化对地表径流及氮流失的影响.....	李小军,高永平 (7828)
西双版纳人工雨林群落结构及其林下降雨侵蚀力特征.....	邓 云,唐炎林,曹 敏,等 (7836)
西南高山地区净生态系统生产力时空动态.....	庞 瑞,顾峰雪,张远东,等 (7844)
南北样带温带区栎属树种种子化学组成与气候因子的关系.....	李东胜,史作民,刘世荣,等 (7857)
模拟酸雨对龙眼叶片 PS II 反应中心和自由基代谢的影响.....	李永裕,潘腾飞,余 东,等 (7866)
沈阳市城郊表层土壤有机污染评价.....	崔 健,都基众,马宏伟,等 (7874)
降雨对旱作春玉米农田土壤呼吸动态的影响.....	高 翔,郝卫平,顾峰雪,等 (7883)
冬季作物种植对双季稻根系酶活性及形态指标的影响.....	于天一,逢焕成,任天志,等 (7894)
施氮量对小麦/玉米带田土壤水分及硝态氮的影响.....	杨蕊菊,柴守玺,马忠明 (7905)
微山湖鸟类多样性特征及其影响因素.....	吕昭智,潘卫林,张 鑫,等 (7913)
新疆北部棉区作物景观多样性对棉铃虫种群的影响.....	吕昭智,潘卫林,张 鑫,等 (7925)
杭州西湖北里湖沉积物氮磷内源静态释放的季节变化及通量估算.....	刘静静,董春颖,宋英琦,等 (7932)
基于实码遗传算法的湖泊水质模型参数优化.....	郭 静,陈求稳,张晓晴,等 (7940)
气候环境因子和捕捞压力对南海北部带鱼渔获量变动的影响.....	王跃中,孙典荣,陈作志,等 (7948)
象山港南沙岛不同养殖类型沉积物酸可挥发性硫化物的时空分布.....	颜婷茹,焦海峰,毛玉泽,等 (7958)
专论与综述	
提高植物抗寒性的机理研究进展.....	徐呈祥 (7966)
植被对多年冻土的影响研究进展.....	常晓丽,金会军,王永平,等 (7981)
凋落物分解主场效应及其土壤生物驱动.....	查同刚,张志强,孙 阁,等 (7991)
街尘与城市降雨径流污染的关系综述.....	赵洪涛,李叙勇,尹澄清 (8001)



封面图说: 永兴岛海滩植被——永兴岛是中国西沙群岛的主岛,也是西沙群岛及南海诸岛中最大的岛屿。国务院 2012 年 6 月批准设立的地级三沙市,管辖西沙群岛、中沙群岛、南沙群岛的岛礁及其海域,三沙市人民政府就驻西沙永兴岛。永兴岛岛上自然植被密布,野生植物有 148 种,占西沙野生植物总数的 89%,主要树种有草海桐(羊角树)、麻枫桐、野枇杷、海棠树和椰树等。其中草海桐也称为羊角树,是多年生常绿亚灌木植物,它们总是喜欢倚在珊瑚礁岸或是与其他滨海植物聚生于海岸沙滩,为典型的滨海植物。

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

DOI: 10.5846/stxb201207161007

崔健,都基众,马宏伟,杨泽,李霄,王晓光. 沈阳市城郊表层土壤有机污染评价. 生态学报, 2012, 32(24): 7874-7882.

Cui J, Du J Z, Ma H W, Yang Z, Li X, Wang X G. Assessment of organic pollution for surface soil in Shenyang suburbs. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(24): 7874-7882.

沈阳市城郊表层土壤有机污染评价

崔 健*, 都基众, 马宏伟, 杨 泽, 李 霄, 王晓光

(沈阳地质矿产研究所, 沈阳 110034)

摘要:城市土壤是保护城市环境的一个重要生态屏障。随着有机污染物的“致癌、致畸、致突变”特性被人们所认知,土壤有机污染也逐渐受到人们的重视。在我国目前缺乏相关环境质量标准的背景下,尝试采用因子分析评价法,对沈阳城郊表层土壤有机污染物进行识别,并对土壤有机污染程度进行定量评价与分级。结果表明,苯并(a)芘、滴滴涕、六氯苯和六六六对土壤污染负荷的贡献率最高,是主要的有机污染因子;利用因子分析评价法,34个城郊表层土壤采样点的有机污染评价综合评分在0—224.62之间,以较轻度污染和中度污染为主,评价结果及分级与实际情况基本相符。在此基础上,分析了各类有机污染物的污染来源,对防治城市土壤污染,进而保障居民的食品安全和饮水安全具有重要意义。

关键词:表层土壤;有机污染物;污染评价;因子分析;沈阳

Assessment of organic pollution for surface soil in Shenyang suburbs

CUI Jian*, DU Jizhong, MA Hongwei, YANG Ze, LI Xiao, WANG Xiaoguang

Shenyang Institute of Geology Mineral Resources, Shenyang 110034, China

Abstract: Urban soils act functionally as an ecological screen in protecting urban environment. As the characteristics of organic pollutants, such as carcinogenic, teratogenic and mutagenic, are perceived by people, a growing attention is paid to soil organic pollution. In the context of lack of relevant environmental quality standard at present in China, we identified the surface soil organic pollutants in Shenyang suburbs, evaluated and classified the soil organic pollution quantitatively by factor analysis assessment method. The result shows that benzopyrene, hexachlorobenzene, DDT and BHC have the largest contribution to soil pollution load, and are therefore the main organic pollution factors. Then the factor analysis assessment method is applied, and the organic pollution assessment overall scores of the 34 suburb surface soil sample stations are in the range of 0—224.62, mainly slight and moderate pollution. Results of the evaluation and classification basically consistent with the actual situation. On this basis, we analyzed the main sources of organic pollutants in surface soils, which is of significance in preventing and controlling the organic pollution of the soils, thus ensuring food and water safety.

Key Words: surface soil; organic pollutant; pollution assessment; factor analysis; Shenyang

城郊土壤是城市环境的重要组成部分^[1],在人居环境质量、城市生态功能等方面有着重要的作用。随着工业污染的加剧和农用化学物质种类、数量的增加,大量有毒有害物质,尤其是有机污染物进入土壤,对土壤造成严重污染。由于有机污染物具有“致癌、致畸、致突变”的三致毒害性、环境持久性和生物累积性^[2],可以长期影响植物生态和水环境,进而威胁城市人群的食品安全^[3-5]和饮水安全,因此,土壤有机污染逐渐受到人

基金项目:中国地质调查局地质调查项目(1212010913004)

收稿日期:2012-07-16; 修订日期:2012-09-21

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: spidercj@126.com

们的重视。

目前,土壤有机污染研究多集中在有机农药、多环芳烃或多氯联苯等单类别有机污染物的分布特征和来源等方面^[6-10]。由于我国对于多数有机污染物还没有制定出相应的土壤质量标准^[11-12],如我国土壤环境质量标准中仅列有六六六、滴滴涕 2 项有机污染物,而挥发性、半挥发性有机污染物并未列入,因此土壤污染评价多针对重金属^[13-19]、滴滴涕和六六六^[20-21],缺少土壤有机污染综合评价研究,难以为土壤环境污染控制和治理提供全面依据。

笔者借助因子分析方法,在目前缺乏土壤环境质量标准的情况下,对研究区表层土壤环境进行评价,以期对土壤有机污染物的定量化评价研究进行有益的尝试。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

沈阳市位于下辽河平原东部山前地带北段的浑河冲洪积扇上,地势总体上由东北向西南逐渐降低,坡降 0.75%,地面高程平均海拔为 45—50 m。区内第四系分布广泛,除东部丘陵区外,均为第四系松散堆积物所覆盖。自东向西随地形阶梯式降落,堆积厚度逐渐加大,颗粒变细,即由圆砾、砂砾、卵石夹薄层砂,逐渐过渡成细砂、中砂、粗砂夹粘性土透镜体、粘土和亚粘土^[22]。沈阳地区气候属温带半湿润季风型,年平均降水量 587.5 mm,平均蒸发量 826.8 mm。区内浑河由东北向西南横穿全区,为辽宁省第二大河,流长 415.40 km。区内地下水埋深近浑河地区 2.0—7.0 m,市区多为 12.0—22.0 m,其他地区 16.0—26.0 m。研究区土壤主要以棕壤土、草甸土和水稻土为主,浑河两岸为河淤土,土地肥沃,是辽宁省重要产粮基地之一,农作物主要有水稻、玉米、大豆、高粱等。

1.2 采样区布设与样品的采集

2009 年 7 月(采样区位于绕城高速以内)和 2010 年 6 月(采样区位于绕城高速以外)根据同时期地下水样品有机测试分析结果,在部分地下水采样点附近的工业园区、水田、旱田等地共设置 34 个表层土壤有机样品采样点(图 1),采样深度为 10—20 cm。所有样品采用英国 ELE 公司的标准螺旋钻钻进取样,称重并迅速装入内衬有聚四氟乙烯膜螺旋盖的 40 mL 棕色 VOA 小瓶,加入保护剂浓盐酸和无污染的纯净水,封好瓶盖后放入冷藏箱低温保存,及时送到国土资源部东北矿产资源监督检测中心分析检测。

1.3 样品测试

测试指标主要包括挥发性和半挥发性 7 大类 34 种有机污染物(表 1)。卤代烃、单环芳烃、氯代苯使用气相色谱-质谱联用法(GC-MS)测定,苯并芘使用高效液相色谱法(HPLC)测定,有机氯和有机磷农药使用气相色谱法(GC)测定。

表 1 土壤样品有机测试指标
Table 1 Organic indicators of soil samples

指标类型 Types of indicators	指标名称 Name of indicators	指标数 Number of indicators
卤代烃	三氯甲烷、四氯化碳、1,1,1-三氯乙烷、三氯乙烯、四氯乙烯、二氯甲烷、1,2-二氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷、1,2-二氯丙烷、溴二氯甲烷、一氯二溴甲烷、溴仿、氯乙烯、1,1-二氯乙烯、1,2-二氯乙烯	15
氯代苯类	氯苯、邻二氯苯、间二氯苯、对二氯苯、1,2,4-三氯苯	5
单环芳烃	苯、甲苯、乙苯、二甲苯、苯乙烯	5
有机氯农药	六六六、滴滴涕、六氯苯、狄氏剂、异狄氏剂	5
有机磷农药	敌敌畏、甲拌磷、乐果	3
多环芳烃	苯并(a)芘	1

1.4 数据统计与处理

利用 Excel2003 和 SPSS17.0 软件对土壤有机污染物测试结果和理化指标数据进行统计分析,包括描述

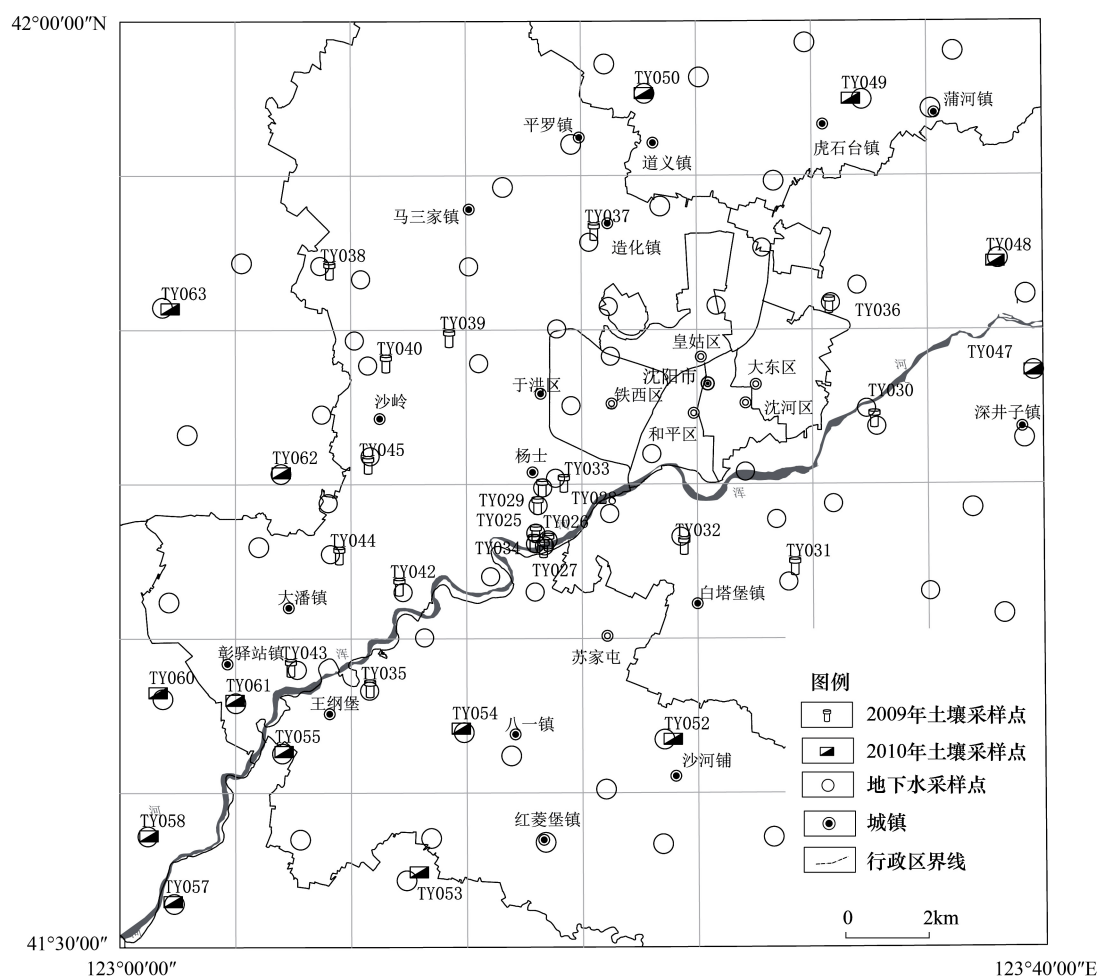


图1 研究区位置与土壤样点分布示意图

Fig.1 Location and soil sampling sites in the studied area

性基础数据分析和因子分析。

2 表层土壤有机污染特征

由表2可以看出,34种有机污染物共检出14种,其中苯并(a)芘和滴滴涕检出点最多,均为25个,检出率73.5%;其次是有机氯农药六六六和六氯苯,检出点分别为19个和16个,检出率分别为55.8%和47.0%;卤代烃和氯代苯类有机污染物检出率较低,低于10.0%;有机磷农药类有机物均未检出。

沈阳市城郊表层土壤中有机污染物浓度普遍较低,由于《土壤环境质量标准(GB15618—1995)》中仅有六六六和滴滴涕两种有机污染物的标准限值,因此各采样点六六六和滴滴涕浓度均未超过《土壤环境质量标准》中规定的0.50mg/kg的Ⅱ类土壤质量标准(Ⅱ类主要适用于一般农田、蔬菜地、茶园、果园、牧场等土壤)。TY34(细河底泥)和TY36(垃圾堆放场)表层土壤中苯并(a)芘浓度很高,分别为4172和1423 ng/g,是其他检测点的几十、甚至几百倍。苯并(a)芘、六氯苯、滴滴涕和六六六的变异系数均>100%,表明这几种有机污染物浓度局部富集程度高,含量起伏变化大。

单点有机污染物检出超过3种的共有7个检测点,分别是TY34、TY36、TY28、TY29、TY42、TY43和TY45。TY34为沈阳市重要排污河细河底泥样,TY36地处市区北部某村屯生活垃圾堆放场,这两处样品有机污染物均检出8种;TY28、TY29位于沈阳张士原污灌区,有机污染物均检出6种,据调查,种植的蔬菜成活率极低;TY42、TY43和TY45分布在沈阳铁西工业走廊内,检出有机污染物3—6种,种类多样复杂;除TY25和TY39(农户自家小院)未检出有机污染物外,其他检测点(城郊农田和大棚)普遍检出有机氯农药和苯并(a)芘两大类污染物。

表 2 土壤有机污染样品测试结果统计表
Table 2 Organic pollution test results of soil samples

测试指标 Test indicators	检出样品数 The number of detected samples	极小值 Minimum /(ng/g)	极大值 Maximum /(ng/g)	均值 Mean /(ng/g)	标准差 Std. Deviation /(ng/g)	变异系数 Coefficient of variation/%	检出率 Detection rate /%
二氯甲烷	2	0.86	1.50	1.18	0.45	38	5.8
1,1-二氯乙烯	1	1.38	1.38	1.38	—	—	2.9
1,2-二氯乙烯	2	1.18	1.76	1.47	0.42	28	5.8
氯苯	2	2.18	8.16	5.17	4.23	82	5.8
间二氯苯	2	0.93	2.98	1.96	1.45	74	5.8
对二氯苯	2	1.96	8.85	5.41	4.87	90	5.8
1,2,4-三氯苯	2	0.82	3.17	2.00	1.66	83	5.8
苯	7	1.18	2.56	1.86	0.52	28	20.5
甲苯	2	0.81	0.86	0.84	0.04	4	5.8
二甲苯	1	1.54	1.54	1.54	—	—	2.9
六六六	19	0.72	39.44	8.41	11.47	136	55.8
六氯苯	16	0.77	57.70	12.35	15.23	123	47.0
滴滴涕	25	0.50	48.59	6.27	9.47	151	73.5
苯并(a)芘	25	2.82	4172.67	254.62	863.32	339	73.5

样品数 34 组

3 表层土壤有机污染评价

因子分析就是依据选取的原始变量因素之间的相关性进行降维处理,从而对原始的变量因素进行提取和简化,遴选出少数几个彼此独立的综合变量或公因子,使得新变量或公因子既包含原始因素的主要信息,又能更集中、更典型地显示出研究对象的特征^[23]。借助因子分析的这些特点提取表层土壤环境主要的有机污染因子,并利用公因子得分进行表层土壤有机污染定量评价及分级。

基于因子分析的土壤有机污染评价基本步骤包括:(1)数据标准化;(2)确认待分析的原指标变量是否适合作因子分析;(3)构造因子变量;(4)利用旋转方法使因子变量更具有可解释性(5)计算因子得分并进行污染评价分级。

3.1 KMO 检验和 Bartlett 球形检验

利用 SPSS 软件,对 34 个样品的 14 项有机污染指标数据标准化处理后,进行了因子分析计算。如表 3,一般 KMO 统计量大于 0.9 时分析效果最佳,0.7 以上可以接受,0.5 以下不宜作因子分析,本例 KMO 取值 0.774 进一步印证了作因子分析的可行性。Bartlett 球形检验统计量的 Sig 值小于 0.01,说明各指标之间存在显著的相关性。

表 3 KMO 和 Bartlett 的检验
Table 3 The test of KMO and Bartlett

取样足够度的 Kaiser-Meyer-Olkin 度量 Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling sufficient degree	0.774
Bartlett 的球形度检验	近似卡方
Bartlett sphericity test	df
	Sig.
	6695.568
	528
	0.000

3.2 公因子提取

以各指标相关系数矩阵为基础,提取公因子的初始特征值、方差贡献率和累积贡献率,构造公因子。如表 4,给出了每个公因子的初始特征值及累积贡献率。前 5 个公因子的特征值都大于 1,且累积贡献率在 75% 以上,故而提取这 5 个公因子就能比较好地代表表层土壤有机污染指标。应用旋转方法求取载荷矩阵,使旋转后每个公因子上的载荷分配地更加清晰,因此也更容易解释各公因子的意义(表 5)。

表 4 特征值和公因子贡献率及累积贡献率

Table 4 Eigenvalue contribution rates and accumulated contribution rates of the common factors			
公因子 Common factor	特征值 Eigenvalue	贡献率 Contribution rate/%	累积贡献率 Cumulative contribution rate/%
1	5.238	36.2	36.2
2	1.887	12.2	48.4
3	1.566	11.1	59.5
4	1.196	9.5	69.0
5	1.116	9.4	78.4

表 5 旋转因子矩阵^a

Table 5 Rotating factors matri					
污染指标 Pollution indicators	公因子 1 Common factor 1	公因子 2 Common factor 2	公因子 3 Common factor 3	公因子 4 Common factor 4	公因子 5 Common factor 5
二氯甲烷	-0.019	-0.215	0.224	0.023	0.798
1,1-二氯乙烯	-0.028	-0.252	0.012	-0.126	-0.380
1,2-二氯乙烯	-0.047	0.037	0.086	-0.102	-0.137
氯苯	0.099	0.083	-0.018	0.025	-0.006
间二氯苯	0.099	0.105	-0.020	0.018	-0.004
对二氯苯	0.099	0.061	-0.017	0.033	-0.008
1,2,4-三氯苯	0.099	0.079	-0.018	0.027	-0.006
苯	0.453	0.258	-0.065	0.856	-0.111
甲苯	-0.029	-0.062	0.083	0.001	0.449
二甲苯	-0.095	0.007	-0.115	0.306	0.138
六六六	-0.044	0.859	0.014	0.078	-0.016
六氯苯	0.190	0.869	-0.020	0.011	-0.003
滴滴涕	0.098	-0.036	0.853	0.461	-0.538
苯并(a)芘	0.944	-0.083	-0.024	0.095	-0.041

提取方法:主成分分析法;旋转法:具有 Kaiser 标准化的正交旋转法;a:旋转在 13 次迭代后收敛

从表 4 和表 5 可以看出,公因子 1 的贡献率最大(36.2%),特征向量中苯并(a)芘的相关系数绝对值最大,为 0.944,反映了沈阳城郊表层土壤苯并(a)芘(多环芳烃类)的有机污染信息和特征;公因子 2 和公因子 3 累积贡献率达到 23.3%,特征向量中六氯苯、六六六和滴滴涕的相关系数绝对值分别为 0.869、0.859 和 0.853,主要反映了六六六、六氯苯和滴滴涕(有机氯农药类)的污染特征;公因子 4 和公因子 5 贡献率相对较小,不足 10.0%,分别反映了表层土壤苯(单环芳烃类)和二氯甲烷(卤代烃类)的有机污染特征。可见,沈阳城郊表层土壤主要有机污染因子是苯并(a)芘和有机氯农药类。

3.3 因子得分的计算

由因子得分的系数矩阵(表 6),可以得出最终的因子得分公式:
公因子 1=0.021×二氯甲烷浓度值+0.008×1,1-二氯乙烯浓度值+...+0.194×苯并(a)芘浓度值
公因子 2=-0.097×二氯甲烷浓度值-0.157×1,1-二氯乙烯浓度值+...-0.109×苯并(a)芘浓度值
公因子 3=0.037×二氯甲烷浓度值+0.050×1,1-二氯乙烯浓度值+...+0.001×苯并(a)芘浓度值
公因子 4=0.091×二氯甲烷浓度值-0.095×1,1-二氯乙烯浓度值+...+0.024×苯并(a)芘浓度值
公因子 5=0.597×二氯甲烷浓度值-0.321×1,1-二氯乙烯浓度值+...-0.012×苯并(a)芘浓度值

3.4 表层土壤有机污染评价及分级

将 5 个公因子的得分进行加权求和,计算沈阳城郊各采样点表层土壤有机污染评价综合得分,并给予土壤有机污染程度的定量化描述,得分越大,表明污染程度越严重,由此,根据综合得分的数量级差异对样点的污染程度进行分级(表 7)。其中权数选取各公因子相应的贡献率(表 4)。

表 6 因子得分系数

Table 6 Score coefficients of factors

污染指标 Pollution indicators	公因子 1 Common factor 1	公因子 2 Common factor 2	公因子 3 Common factor 3	公因子 4 Common factor 4	公因子 5 Common factor 5
二氯甲烷	0.021	-0.097	0.037	0.091	0.597
1,1-二氯乙烯	0.008	-0.157	0.050	-0.095	-0.321
1,2-二氯乙烯	0.002	0.050	0.059	-0.063	-0.232
氯苯	0.020	-0.001	0.002	-0.048	0.019
间二氯苯	0.020	0.013	0.001	-0.056	0.021
对二氯苯	0.020	-0.016	0.003	-0.040	0.016
1,2,4-三氯苯	0.020	-0.004	0.002	-0.047	0.018
苯	0.040	0.068	0.003	0.462	-0.025
甲苯	0.014	0.000	0.493	0.059	0.241
二甲苯	-0.068	-0.066	-0.073	0.650	0.170
六六六	-0.057	0.525	0.034	-0.018	0.023
六氯苯	-0.005	0.526	0.010	-0.087	0.038
滴滴涕	-0.011	-0.087	0.259	0.341	-0.437
苯并(a)芘	0.194	-0.109	0.001	0.024	-0.012

由表 7, 可以得出 34 个采样点的表层土壤有机污染评价综合评分在 0—244.62 之间, 按照综合评分值数量级的差异划分了 6 个有机污染程度级别, 即未污染、较轻度污染、轻度污染、中度污染、较重度污染和重度污染。重度有机污染仅是 TY34 点(细河底泥), 污染较严重的是 TY36(垃圾堆放场)和 TY29(原张士污灌区), 未受到有机污染的是 TY25 和 TY39(均为农家小院), 其他采样点表层土壤为轻污染或中度污染, 污染程度并不严重。结合各采样点具体位置, 可以看出城郊各类型表层土壤有机污染程度由重到轻依次为细河底泥>垃圾堆放场>原污灌区>工业用地>大棚>水田>旱田>农户自家小院。评价结果及分级与实际情况基本相符, 这充分说明了, 在目前缺乏土壤有机污染物质量标准的情况下, 借助因子分析方法, 进行研究区表层土壤有机污染物的定量化评价研究是切实可行的。

表 7 各采样点表层土壤有机污染评价结果

Table 7 Evaluation results of organic pollutants in surfer oil at all sampling points

采样点 Sampling point	公因子 1 得分 Score of common factor 1	公因子 2 得分 Score of common factor 2	公因子 3 得分 Score of common factor 3	公因子 4 得分 Score of common factor 4	公因子 5 得分 Score of common factor 5	综合评分 Integrate score	污染排名 Pollution ranking	污染程度分级 Pollution classification
TY25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1	未
TY39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1	未
TY27	-0.01	-0.06	0.18	0.24	-0.31	0.01	3	轻度
TY43	-0.05	0.46	0.03	-0.02	0.02	0.04	4	轻度
TY53	0.02	-0.08	0.03	0.08	0.52	0.06	5	轻度
TY44	-0.07	0.67	0.04	-0.02	0.03	0.06	5	轻度
TY33	-0.13	0.52	1.04	1.27	-1.63	0.10	7	较轻
TY31	0.08	0.13	0.01	0.90	-0.05	0.13	8	较轻
TY30	0.58	-0.49	0.45	0.67	-0.80	0.19	9	较轻
TY58	0.64	-1.16	1.84	2.34	-3.39	0.20	10	较轻
TY48	0.79	-0.44	0.00	0.10	-0.05	0.24	11	较轻
TY35	-0.11	0.70	2.47	3.67	-4.02	0.29	12	较轻
TY38	0.34	1.61	0.18	-0.04	-0.12	0.33	13	较轻
TY63	1.32	-0.68	0.08	0.09	-0.35	0.38	14	较轻
TY26	0.83	0.63	0.64	0.76	-0.94	0.43	15	较轻

续表

采样点 Sampling point	公因子 1 得分 Score of common factor 1	公因子 2 得分 Score of common factor 2	公因子 3 得分 Score of common factor 3	公因子 4 得分 Score of common factor 4	公因子 5 得分 Score of common factor 5	综合评分 Integrate score	污染排名 Pollution ranking	污染程度分级 Pollution classification
TY60	0.99	-0.58	0.47	0.25	0.78	0.44	16	较轻
TY54	1.17	0.85	0.46	0.56	-0.58	0.58	17	较轻
TY37	0.21	3.63	1.11	1.00	-1.27	0.62	18	较轻
TY55	4.17	-1.58	0.42	0.94	-0.80	1.38	19	中度
TY49	4.70	-2.86	0.64	1.39	-1.33	1.43	20	中度
TY62	2.89	5.25	2.93	2.35	-3.47	1.91	21	中度
TY57	4.78	0.77	1.00	1.32	-1.44	1.93	22	中度
TY32	1.85	14.65	1.03	-1.21	-0.02	2.46	23	中度
TY52	3.97	11.90	1.11	-0.28	-0.24	2.97	24	中度
TY47	3.39	25.80	3.23	0.76	-1.66	4.66	25	中度
TY50	13.97	-10.59	12.72	18.64	-22.02	4.88	26	中度
TY28	10.36	6.39	4.67	6.33	-6.54	5.04	27	中度
TY42	2.33	35.73	1.88	-2.64	0.89	5.25	28	中度
TY61	22.82	-13.25	1.31	4.40	-3.42	6.90	29	中度
TY45	9.42	29.75	2.30	-1.47	0.39	7.20	30	中度
TY40	23.09	-8.22	1.24	3.36	-2.78	7.57	31	中度
TY29	32.74	-11.36	1.86	7.31	-3.73	11.04	32	较重
TY36	276.00	-155.77	3.36	36.70	-20.34	83.05	33	较重
TY34	809.88	-447.53	6.94	102.29	-53.45	244.62	34	重度

4 表层土壤有机污染源

沈阳市城郊表层土壤中苯并(a)芘是最重要的污染因子,其检出率最高,达到73.5%。研究表明,苯并(a)芘是一种强致癌、致畸形、致突变的有机物^[24-25]。土壤中的苯并(a)芘主要来源于化石、生物燃料的燃烧^[26-28]、废物的处理(垃圾焚化等)^[29-30]和汽车尾气的排放^[31-34],其污染途径主要通过大气的干湿沉降进入土壤。苯并(a)芘一旦进入土壤后,存在分配、吸附、降解等过程。吸附与解吸作用不仅影响土壤中有机污染物的微生物可利用性,而且还影响有机污染物向大气、地下水环境中迁移情况。据研究报道,苯并(a)芘是一种非极性疏水碳氢化合物,易吸附在土壤有机质组分中,有机碳含量越高,苯并(a)芘越不易解吸,广泛稳定地存在于环境中,对环境和人体健康危害很大。

研究区有机农药的污染主要发生在农田耕作区,农药进入土壤后,与土壤中的矿物质和有机质相结合,通过范德华力、静电力、氢键和共价键等作用被保存在土壤中,从而减缓了被微生物降解的速度,使其残留期延长。本次测试的狄氏剂、异狄氏剂和有机磷农药乐果、甲拌磷、敌敌畏均未检出,因为这些有机污染物半衰期很短,有机磷酸酯易被酶水解,在短期内消失。虽然我国早在1983年就禁止使用六六六、六氯苯和滴滴涕等有机氯农药^[7],但目前农业区仍普遍检出,其原因一方面是有有机氯农药中苯环上的Cl⁻对微生物有抗性,难分解,半衰期很长;另一方面是有有机氯的挥发性较低,稳定性较高,残留期较长。这些农药在20多年后尚能检出,势必会产生较强的累积作用,通过食物链危害人类健康。

卤代烃、苯系物及氯代苯类这些挥发性有机污染物主要在城郊工业分布区内的表层土壤中有检出,主要来源于采样点附近的工业污染源。但其无论是检出种类还是浓度值,与苯并(a)芘和有机氯农药类相比都非常少,可见这几类有机污染物的污染源和污染途径对土壤的影响还是十分有限的。

5 结论

表层土壤区域有机污染特征与城市土地利用功能一致性较高。卤代烃、苯系物及氯代苯类这些挥发性有机污染物主要在城郊工业分布区内的表层土壤中有检出;六六六、滴滴涕和六氯苯这些农药类仅在城郊的农田、大棚内检出;大气的干湿沉降对沈阳市城郊表层土壤苯并(a)芘的普遍污染有重要贡献。

利用因子分析方法有效地筛选出表层土壤有机污染物的主要因子。分析结果基本上反映了不同土地利用类型下土壤有机污染情况及对污染负荷的贡献率,可以看出苯并(a)芘、滴滴涕、六氯苯和六六六的外源输入对城郊表层土壤环境质量的影响高于其它有机污染质残留,是城郊土壤有机污染的主要影响因子。

利用因子分析评价法得到的表层土壤环境有机污染程度排序更多的是反映不同类型土壤在有机污染物含量上的差异性,在对土壤进行污染评价时不能完全取代以土壤环境质量标准为依据的评价方法。尽管如此,因子分析方法在进行土壤有机污染评价和重点有机污染物定量识别方面仍具有一定的优越性,可以简化土壤重点有机污染物的定量化识别过程,并且能够客观地确定权数,避免了主观随意性,其污染评价结果合理、可信,是较为有效的土壤环境污染定量评价工具。

References:

- [1] Li J X, Ge X L. Urban soil environmental geochemistry — A case study of Suzhou City, Jiangsu, China. *Geological Bulletin of China*, 2005, 24(8):710-714.
- [2] Cui J, Du J Z, Yang Z, Ma H W, Li X. Characteristics of soil organic pollution in Shenyang suburbs of Liaoning Province, Northeast China. *Chinese Journal of Ecology*, 2011, 30(11):2472-2477.
- [3] Zhang G L, Zhao Y G, Yang J L, Zhao W J, Gong Z T. Urban soil environmental issues and research progresses. *Acta Pedologica Sinica*, 2007, 44(5):925-933.
- [4] CIDA (Canada International Development Agency). *An Urbanized World, Statement on Sustainable Cities*. Ministry of Public Works and Government Services, Canada, 1998.
- [5] De Kimpe C R, Morel J L. Urban soil management: A growing concern. *Soil Science*, 2000, 165: 31-40.
- [6] Hao M L, Zhang G H, Han M Q, Wang L G, Tian Z F, Tao S. Spatial variation of soil benzo[a]pyrene content in top soil in Hebei Province. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2006, 22(4):48-51.
- [7] Liu C, Chen J W, Yang Z F. Geochemical characteristics of DDT and HCH in agricultural soil in the suburb of Beijing. *Earth Science Frontiers*, 2008, 15(5):83-90.
- [8] Yu L L, Li J, Liu G Q, Liu X, Qi S H, Zhang G. Polycyclic aromatic hydrocarbons in surface soils of the Pearl River Delta, south China. *Ecology and Environment*, 2007, 16(6):1683-1687.
- [9] Li X Q, Pan X F, Sun D Z, Shang S B, Li H Y, Fu X M, Lin J Y. Analysis on Spatial Distribution of Groundwater Pollutant and Sources of Pollutant in Zhangshi Irrigated Area of Liaoning Province. *Journal of Jilin University(Earth Science Edition)*, 2007, 37(4):767-772.
- [10] Song X Y, Sun L N, Yang X B, Qu Y J, Sun T H. Contamination status of polycyclic aromatic hydrocarbon in Top soils of Liao River Basin. *Journal of Agro-Environment Science*, 2008, 27(1):0216-0220.
- [11] Zhao Q N, Yang K. Study on the healthy severity assessment of soil organic pollution during urban land replacement. *Research of Environmental Sciences*, 2008, 21(1):124-127.
- [12] Liu J, Cui Z J, Liu L, Tan F X. Integration Pollution Index (IPI) Method for Evaluation of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) Pollution in Soil. *Environmental Science*, 2008, 29(10):2989-2995.
- [13] Guo Q H, Yang Z H, Li H L, Ma W J, Ren J F. Environmental quality and anthropogenic pollution assessment of heavy metals in topsoil of Hebei plain. *Geology in China*, 2011, 38(1):218-225.
- [14] Luan W L, Wen X Y, Cui X T, Chen Y Y, Song Z F, Liu H W, Du J, Li Z N. Environmental geochemistry of heavy metals in surface soils within sewage irrigated areas of Shijiazhuang City. *Geology in China*, 2009, 36(2):465-473.
- [15] Wang W, Zhang J H, Zhao X J. The Study of the Pollution Situation and Distribution Characteristics of Cadmium in Farmland Soil Irrigated by Wastewater. *Chinese Journal of Ecology*, 2007, 23(5):71-74.
- [16] Yang Y L, Wu X L, Lu G H, Liu X D, Zhu X H, Wang X C, Tang Q F. Distribution characteristics and ecological risk assessment of manganese in multi-media environment in river watershed areas of Shenyang. *Chinese Journal of Ecology*, 2010, 29(8):1605-1611.
- [17] Zhang Y G, Jiang Y, Li Q. Characteristics of copper, zinc and lead contamination in farmland soils irrigated with waste water in western Shenyang suburb. *Journal of Liaoning Technical University(Natural Science)*, 2009, 28(1):134-137.
- [18] Yang J S, Sun L N, Yang X B, Ma L. Evaluation of the heavy metal pollution in farm land of Xihe River outlet in Shenyang. *Journal of Agro-Environment Science*, 2007, 26(5):1933-1936.
- [19] Xu S H, Guo S H, Hu X M, Li F M, Wang Y H, Ye H F, Zhong A P, Shi C H. Revaluation of soil heavy metals pollution in Zhangshi irrigation area of Shenyang and analysis of Cd forms in soil. *Chinese Journal Applied Ecology*, 2007, 18(9):2144-2148.
- [20] Si R, Zhang H, Hu W Y, Wang T Y, Li Y L. Oepr contamination of soils around guanting reservoir based on cardinal-spline-interpolation method. *Acta Pedologica Sinica*, 2011, 48(1):83-90.
- [21] Chen Z F, Li Q F, Zhao Y. Application of the fuzzy matter-element model based on coefficients of entropy to evaluation of agricultural land soil health. *Chian Land Science*, 2008, 22(11):31-36.
- [22] Cui J, Li X, Du J Z, Yang Z, Ma H W. The GIS-based assessment of antipollution capacity of shallow groundwater in the alluvial fan of Hunhe

- River. *Geology and Resources*, 2011, 20(2):137-140.
- [23] Cui J, Du J Z, Ma H W, Yang Z, Li X. Distinguishing significant factors for shallow groundwater quality in the Hunhe River alluvial fan based on factor analysis. *China rural water and hydropower*, 2011, 345(7):45-48.
- [24] Shi F B, Cai C X, Lan C L. Distribution and ecological risks of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil in China. *Journal of Anhui Agri. Sci*, 2008, 36(34):15183-15185.
- [25] Menzie CA, Potocki B B, Santodonato J. Ambient concentrations and exposure to carcinogenic PAHs in the environment. *Environmental Science and Technology*, 1992, 26: 1278-1284.
- [26] Nelson T E. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the terrestrial environment: a review. *Journal of Environmental Quality*, 1983, 12(4):427-441.
- [27] Imperato M, Adamo P, Naimo D. Spatial distribution of heavy metals in urban soils of Naples city (Italy). *Environmental Pollution*, 2003, 124(2): 247-256.
- [28] Tang L L, Tang X Y, Zhu Y G. Contamination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in urban soils in Beijing, China. *Environment International*, 2005, 31: 822-828.
- [29] Willeke W, Lilienfein J, Lima S D C. Contamination of highly weathered urban soils in Uberlandia, Brazil. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 1999, 162(5): 539-548.
- [30] Ding K Q, Luo Y M. Biological repair of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil. *Soils*, 2001, 4:169-178.
- [31] Jones K C, Stratford J A, Waterhouse K S. Organic contaminants in Welsh soils poly nuclear aromatic hydrocarbons. *Environment Science Technology*, 1989, 23(5):540-550.
- [32] Tao S, Cui Y H, Xu F L. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in agricultural soil and vegetables from Tianjin. *Science of the Total Environment*, 2004, 320(1,5):11-24.
- [33] Zhang H B, Luo Y M, Huang M H, Zhang G L, Zhao Q G. HONG KONG SOIL RESEARCHES III. PAHs CONTENTS IN SOILS AND THEIR ORIGINS. *Acta Pedologica Sinica*, 2005, 42(6):936-941.
- [34] Zhang H B, Luo Y M, Wong M H. Distributions and concentrations of PAHs in Hong Kong soils. *Environmental Pollution*, 2006, 141(1): 107-114.

参考文献:

- [1] 李家熙,葛晓立.城市土壤环境地球化学研究. *地质通报*, 2005, 24(8):710-714.
- [2] 崔健,都基众,杨泽,马宏伟,李霄.沈阳市城郊土壤有机污染特征. *生态学杂志*, 2011, 30(11):2472-2477.
- [3] 张甘霖,赵玉国,杨金玲,赵文君,龚子同.城市土壤环境问题及其研究进展. *土壤学报*, 2007, 44(5):925-933.
- [6] 郝明亮,张光辉,韩美清,王路光,田在锋,陶澍等.河北省土壤苯并(a)芘含量的空间变异特征. *生态与农村环境学报*, 2006, 22(4): 48-51.
- [7] 刘晨,陈家玮,杨忠芳.北京郊区农田土壤中滴滴涕和六六六地球化学特征研究. *地学前缘*, 2008, 15(5):83-90.
- [8] 余莉莉,李军,刘国卿,刘向,祁士华,张干.珠江三角洲表层土壤中的多环芳烃. *生态环境*, 2007, 16(6):1683-1687.
- [9] 李绪谦,潘晓峰,孙大志,商书波,李红艳,付向明,林景玉.辽宁张士灌区细河流域地下水污染物空间分布特征及污染源判别分析. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2007, 37(4):767-772.
- [10] 宋雪英,孙丽娜,杨晓波,曲亚军,孙铁珩.辽河流域表层土壤多环芳烃污染现状初步研究. *农业环境科学学报*, 2008, 27(1): 0216-0220.
- [11] 赵沁娜,杨凯.城市土地置换过程中土壤有机污染物健康影响度评价. *环境科学研究*, 2008, 21(1):124-127.
- [12] 刘静,崔兆杰,刘雷,谭风训等.土壤中多氯联苯的综合污染指数评价方法研究. *环境科学*, 2008, 29(10):2989-2995.
- [13] 郭海全,杨志宏,李宏亮,马文静,任久峰.河北平原表层土壤重金属环境质量及污染评价. *中国地质*, 2011, 38(1):218-225.
- [14] 栾文楼,温小亚,崔荆涛,陈媛媛,宋泽峰,刘洪微,杜俊,李振宁.石家庄灌区表层土壤中重金属环境地球化学研究. *中国地质*, 2009, 36(2):465-473.
- [15] 王芸,张建辉,赵晓军.污灌农田镉污染状况及分布特征研究. *生态学杂志*, 2007, 23(5):71-74.
- [16] 杨永亮,吴学丽,路国慧,刘晓端,朱晓华,王晓春,汤奇峰.沈阳河流和沿岸地区环境多介质中锰的分布及生态风险评价. *生态学杂志*, 2010, 29(8):1605-1611.
- [17] 张玉革,姜勇,李琪.沈阳西郊农灌区铜锌铅污染特征分析. *辽宁工程技术大学学报(自然科学版)*, 2009, 28(1):134-137.
- [18] 杨继松,孙丽娜,杨晓波,马力.沈阳市细河沿岸农田土壤重金属污染评价. *农业环境科学学报*, 2007, 26(5):1933-1936.
- [19] 徐晟辉,郭书海,胡筱敏,李凤梅,王玥弘,叶汉峰,钟爱平,史长华.沈阳张士灌区重金属污染再评价及镉的形态分析. *应用生态学报*, 2007, 18(9):2144-2148.
- [20] 史锐,张红,胡文友,王铁宇,李永龙.基于三次样条插值法的土壤有机氯污染研究. *土壤学报*, 2011, 48(1):83-90.
- [21] 陈志凡,李勤奋,赵焱.基于熵权的模糊物元模型在农用地土壤健康评价中的应用. *中国土地科学*, 2008, 22(11):31-36.
- [22] 崔健,李霄,都基众,杨泽,马宏伟.基于GIS的浑河冲洪积扇地浅层地下水防污性能评价. *地质与资源*, 2011, 20(2):137-140.
- [23] 崔健,都基众,马宏伟,杨泽,李霄.基于因子分析的浑河冲洪积扇地浅层地下水水质影响因素辨析. *中国农村水利水电*, 2011, 345(7):45-48.
- [24] 史方兵,蔡成翔,兰翠玲.我国土壤中多环芳烃的分布及其生态风险. *安徽农业科学*, 2008, 36(34):15183-15185.
- [30] 丁克强,骆永明.多环芳烃污染土壤的生物修复. *土壤*, 2001, 4:169-178.
- [33] 章海波,骆永明,黄铭洪,张甘霖,赵其国.香港土壤研究III:土壤中多环芳烃的含量及其来源初探. *土壤学报*, 2005, 42(6):936-941.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 24 December, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

A bibliometric study of biodiversity research in China	LIU Aiyuan, GUO Yuqing, LI Shiying, et al (7635)
Effects of elevated CO ₂ and nitrogen deposition on leaf nutrient quality of <i>Fargesia rufa</i> Yi	 ZHOU Xianrong, WANG Jianhua, ZHANG Hong, et al (7644)
Airborne pollen assemblages and their relationships with climate factors in the central Shaanxi Province of the Loess Plateau: a case in Xiaheimugou, Luochuan County	LÜ Suqing, LI Yuecong, XU Qinghai, et al (7654)
Spatial and temporal change in ecological assets in the Yangtze River Delta of China 1995—2007	 XU Xibao, CHEN Shuang, YANG Guishan (7667)
Evaluation and optimization of woodland ecological patterns for Qingdao based on the agent-based model	 FU Qiang, MAO Feng, WANG Tianqing, et al (7676)
Interactive mechanism of service function of alpine rangeland ecosystems in Qinghai-Tibetan Plateau	 LIU Xingyuan, LONG Ruijun, SHANG Zhanhuan (7688)
Preliminary evaluation of air temperature reduction of urban green spaces in Beijing	 ZHANG Biao, GAO Jixi, XIE Gaodi, et al (7698)
Resources metabolism analysis for the pulp and paper industry in Wuhan, China	 SHI Xiaoqing, LI Xiaonuo, ZHAO Linjia, et al (7706)
The characteristics and influential factors of direct carbon emissions from residential energy consumption: a case study of Lijiang City, China	WANG Danyin, TANG Mingfang, REN Yin, et al (7716)
Spatial targeting of payments for ecosystem services Based on SWAT Model and cost-benefit analysis	 SONG Xiaoyu, LIU Yuqing, DENG Xiaohong, et al (7722)
The wind tunnel test of plastic greenhouse and its surface wind pressure patterns	 YANG Zaiqiang, ZHANG Bo, XUE Xiaoping, et al (7730)
Population quantitative characteristics and dynamics of rare and endangered plant <i>Davidia involucrata</i> in Hunan Province	 LIU Haiyang, JIN Xiaoling, SHEN Shouyun, et al (7738)
Phenotypic diversity in populations of germplasm resources of <i>Rodgersia sambucifolia</i> and related species	 LI Pingping, MENG Hengling, CHEN Junwen, et al (7747)
Effects of sand burial and seed size on seed germination, seedling emergence and growth of <i>Caragana korshinskii</i> Kom. (Fabaceae) ...	 YANG Huiling, LIANG Zhenlei, ZHU Xuanwei, et al (7757)
Population-keeping mechanism of the parasitoid <i>Dastarcus helophoroides</i> (Coleoptera: Bothrideridae) of <i>Massicus raddei</i> (Coleoptera: Cerambycidae) in oak forest	YANG Zhongqi, TANG Yanlong, JIANG Jing, et al (7764)
Study of mingling based on neighborhood spatial permutation	LOU Minghua, TANG Mengping, QIU Jianxi, et al (7774)
Comparison of three regression analysis methods for application to LAI inversion using Hyperion data	 SUN Hua, JU Hongbo, ZHANG Huaiqing, et al (7781)
Response of seed germination and seedling growth of <i>Pinus koraiensis</i> and <i>Quercus mongolica</i> to comprehensive action of warming and precipitation	ZHAO Juan, SONG Yuan, SUN Tao, et al (7791)
Impacts of water stored in sapwood <i>Populus bolleana</i> on its sap flux	DANG Hongzhong, LI Wei, ZHANG Youyan, et al (7801)
Dynamics of greenhouse gases emission and its impact factors by fire disturbance from <i>Alnus sibirica</i> forested wetland in Xiaoxing'an Mountains, Northeast China	GU Han, MU Changcheng, ZHANG Bowen (7808)
Different tide status and salinity alter stoichiometry characteristics of mangrove <i>Kandelia candel</i> seedlings	 LIU Biner, LIAO Baowen, FANG Zhanqiang (7818)
Effects of shrub encroachment in desert grassland on runoff and the induced nitrogen loss in southeast fringe of Tengger Desert	 LI Xiaojun, GAO Yongping (7828)
Community structure and throughfall erosivity characters of artificial rainforest in Xishuangbanna	 DENG Yun, [TANG Yanlin], CAO Min, et al (7836)
Temporal-spatial variations of net ecosystem productivity in alpine area of southwestern China	 PANG Rui, GU Fengxue, ZHANG Yuandong, et al (7844)

Relationships between chemical compositions of <i>Quercus</i> species seeds and climatic factors in temperate zone of NSTEC	LI Dongsheng, SHI Zuomin, LIU Shirong, et al (7857)
Effects of simulated acid rain stress on the PS II reaction center and free radical metabolism in leaves of longan	LI Yongyu, PAN Tengfei, YU Dong, et al (7866)
Assessment of organic pollution for surface soil in Shenyang suburbs	CUI Jian, DU Jizhong, MA Hongwei, et al (7874)
The impact of rainfall on soil respiration in a rain-fed maize cropland	GAO Xiang, HAO Weiping, GU Fengxue, et al (7883)
Effects of winter crops on enzyme activity and morphological characteristics of root in subsequent rice crops	YU Tianyi, PANG Huancheng, REN Tianzhi, et al (7894)
Dynamic changes of soil moisture and nitrate nitrogen in wheat and maize intercropping field under different nitrogen supply	YANG Ruiju, CHAI Shouxi, MA Zhongming (7905)
Characteristics of the bird diversity and the impact factors in Weishan Lake	YANG Yuewei, LI Jiuen (7913)
The effect of cropping landscapes on the population dynamics of the cotton bollworm <i>Helicoverpa armigera</i> (Lepidoptera, Noctuidae) in the northern Xinjiang	LU Zhaozhi, PAN Weilin, ZHANG Xin, et al (7925)
The seasonal variations of nitrogen and phosphorus release and its fluxes from the sediments of the Beili Lake in the Hangzhou West Lake	LIU Jingjing, DONG Chunying, SONG Yingqi, et al (7932)
Optimization of lake model salmo based on real-coded genetic algorithm	GUO Jing, CHEN Qiuwen, ZHANG Xiaoqing, et al (7940)
The influence of climatic environmental factors and fishing pressure on changes of hairtail catches in the northern South China Sea	WANG Yuezhong, SUN Dianrong, CHEN Zuozhi, et al (7948)
Seasonal and spatial distribution of acid volatile sulfide in sediment under different mariculture types in Nansha Bay, China	YAN Tingru, JIAO Haifeng, MAO Yuze, et al (7958)
Review and Monograph	
Research progress on the mechanism of improving plant cold hardiness	XU Chengxiang (7966)
Influences of vegetation on permafrost: a review	CHANG Xiaoli, JIN Huijun, WANG Yongping, et al (7981)
Home-field advantage of litter decomposition and its soil biological driving mechanism: a review	ZHA Tonggang, ZHANG Zhiqiang, SUN Ge, et al (7991)
Research progress on the relationship of pollutants between road-deposited sediments and its washoff	ZHAO Hongtao, LI Xuyong, YIN Chengqing (8001)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究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;新书评介和学术、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,300 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

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 32 卷 第 24 期 (2012 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 24 (December, 2012)

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	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
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 70.00 元