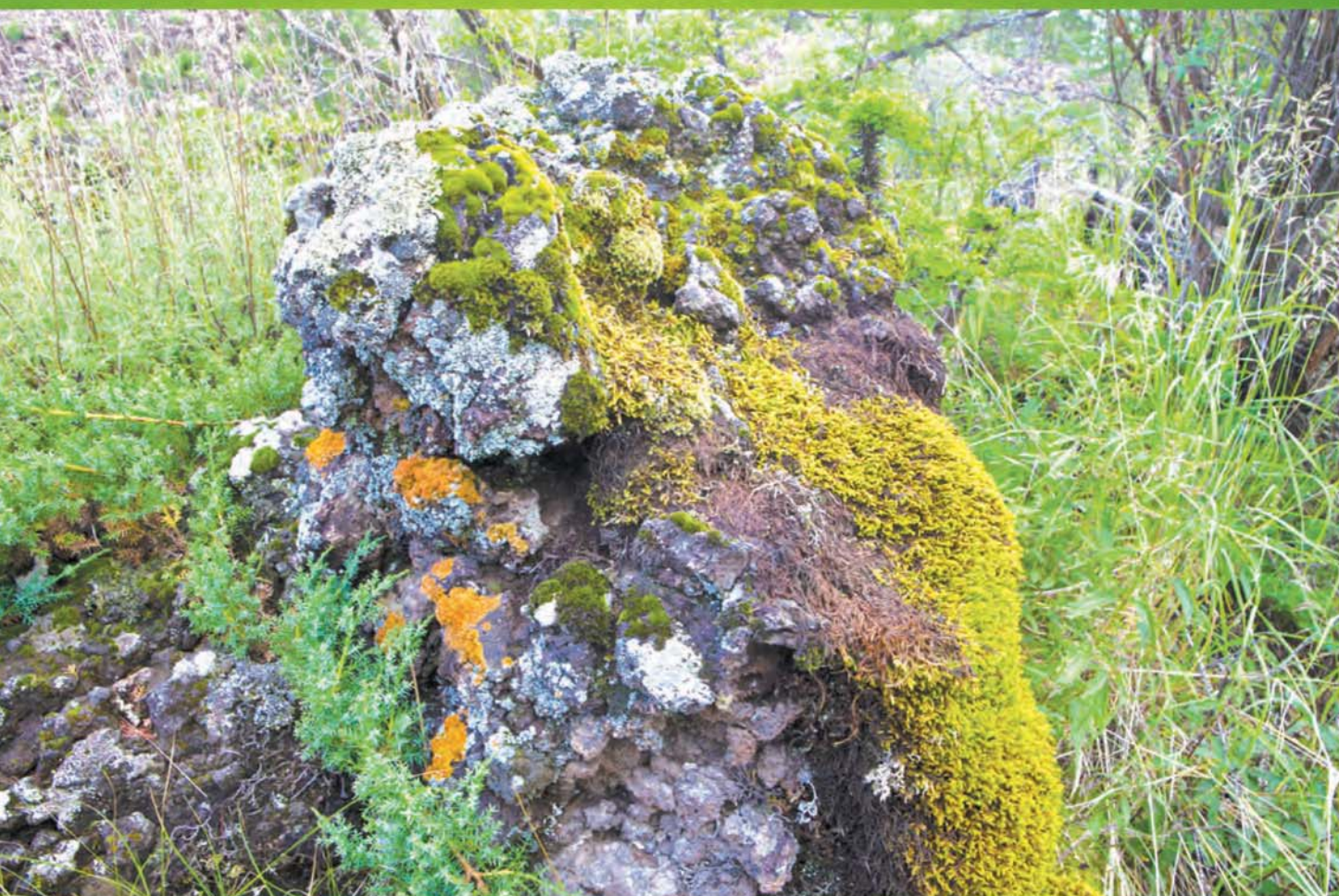


ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

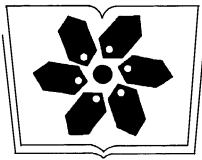
Acta Ecologica Sinica



第32卷 第6期 Vol.32 No.6 **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 6 期

2012 年 3 月 (半月刊)

目 次

高原草被退化程度的遥感定量监测——以甘肃省玛曲县为例·····	周坚华,魏怀东,陈芳,等 (1663)
基于着生藻类的太子河流域水生态系统健康评价·····	殷旭旺,渠晓东,李庆南,等 (1677)
哀牢山常绿阔叶林水源涵养功能及其在应对西南干旱中的作用·····	杞金华,章永江,张一平,等 (1692)
青岛沿岸水体原生生物群落与水质状况的关系·····	杨金鹏,姜勇,胡晓钟 (1703)
增温对青藏高原高寒草甸生态系统固碳通量影响的模拟研究·····	亓伟伟,牛海山,汪诗平,等 (1713)
三峡水库消落带植物叶片光合与营养性状特征·····	揭胜麟,樊大勇,谢宗强,等 (1723)
三峡库区澎溪河鱼类时空分布特征的水声学·····	任玉芹,陈大庆,刘绍平,等 (1734)
强壮前沟藻化感物质分析·····	冀晓青,韩笑天,杨佰娟,等 (1745)
饥饿对中间球海胆 MYP 基因转录表达的影响·····	秦艳杰,孙博林,李霞,等 (1755)
贺兰山牦牛冬春季的生境选择·····	赵宪南,苏云,刘振生,等 (1762)
利用元胞自动机研究一类捕食食饵模型中的斑块扩散现象·····	杨立,李维德 (1773)
转 <i>Cry1Ab</i> 和 <i>Cry1Ac</i> 融合基因型抗虫水稻对田间二化螟和大螟种群发生动态的影响·····	李志毅,隋贺,徐艳博,等 (1783)
光谱和光强度对西花蓟马雌虫趋光行为的影响·····	范凡,任红敏,吕利华,等 (1790)
荧光素对舞毒蛾核型多角体病毒不同地理品系的增效与光保护作用·····	王树娟,段立清,李海平,等 (1796)
不同利用强度下绿洲农田土壤微量元素有效含量特征·····	李海峰,曾凡江,桂东伟,等 (1803)
稻田温室气体排放与土壤微生物菌群的多元回归分析·····	秦晓波,李玉娥,石生伟,等 (1811)
黄土高原典型区域土壤腐殖酸组剖面分布特征·····	党亚爱,李世清,王国栋 (1820)
紫色土菜地生态系统土壤 N_2O 排放及其主要影响因素·····	于亚军,王小国,朱波 (1830)
中国亚热带典型天然次生林土壤微生物碳源代谢功能影响因素·····	王芸,欧阳志云,郑华,等 (1839)
基于 K-均值算法模型的区域土壤数值化分类及预测制图·····	刘鹏飞,宋轩,刘晓冰,等 (1846)
淹水条件下秸秆还田的面源污染物释放特征·····	杨志敏,陈玉成,张赞,等 (1854)
推迟拔节水对小麦氮素积累与分配和硝态氮运移的影响·····	王红光,于振文,张永丽,等 (1861)
江苏省冬小麦渍害的风险区划·····	吴洪颜,高苹,徐为根,等 (1871)
草原植物根系起始吸水层深度测定方法及其在不同群落状态下的表现·····	郭宇然,王炜,梁存柱,等 (1880)
亚热带 6 种树种细根序级结构和形态特征·····	熊德成,黄锦学,杨智杰,等 (1888)
高寒草原植物群落种间关系的数量分析·····	房飞,胡玉昆,张伟,等 (1898)
菊花近缘种属植物幼苗耐阴特性分析及其评价指标的确定·····	孙艳,高海顺,管志勇,等 (1908)
南方菟丝子寄生对喜旱莲子草生长及群落多样性的影响·····	王如魁,管铭,李永慧,等 (1917)
基于 cDNA 克隆的亚热带阔叶林和针叶林生态系统担子菌漆酶基因多样性及其群落结构研究·····	陈香碧,苏以荣,何寻阳,等 (1924)
细柄阿丁枫和米槠细根寿命影响因素·····	黄锦学,凌华,杨智杰,等 (1932)
基于 TM 遥感影像的森林资源线性规划与优化配置研究·····	董斌,陈立平,王萍,等 (1943)
基于 CFD 的城市绿地空间格局热环境效应分析·····	刘艳红,郭晋平,魏清顺 (1951)
专论与综述	
生态补偿效率研究综述·····	赵雪雁 (1960)
研究简报	
黄河三角洲石油生产对东营湿地底栖动物群落结构和水质生物评价的影响·····	陈凯,肖能文,王备新,等 (1970)
期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 316 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 34 * 2012-03	



封面图说: 植物生命演进石——这不是一块普通的火山岩,而是一块集中展示植物“原生演替”过程最有价值的石头。火山熔岩冷却后的玄武岩是无生命无土壤的真正“裸石”,风力使地衣的孢子传入,在一定温湿度环境下,开始出现了壳状地衣,壳状地衣尸体混合了自然风化的岩石碎屑提供的条件使叶状、枝状地衣能够侵入,接着苔藓侵入,是它们启动了土壤的形成,保持了土壤的湿度,并使营养物质反复循环。于是蕨类定居,草丛长了起来,小灌木出现,直到树木生长,最终形成森林。

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

DOI: 10.5846/stxb201101280146

李海峰, 曾凡江, 桂东伟, 雷加强, 张利刚, 郭永平, 热甫开提·沙比提. 不同利用强度下绿洲农田土壤微量元素有效含量特征. 生态学报, 2012, 32(6): 1803-1810.

Li H F, Zeng F J, Gui D W, Lei J Q, Zhang L G, Guo Y P, Shabiti · Refukaiti. The availability of trace elements in an oasis soil under different utilization intensity in an arid area in China. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(6): 1803-1810.

不同利用强度下绿洲农田土壤微量元素有效含量特征

李海峰^{1,2,3}, 曾凡江^{1,3,*}, 桂东伟^{1,3}, 雷加强^{1,3}, 张利刚^{1,2,3},
郭永平^{1,3}, 热甫开提·沙比提^{1,3}

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;

3. 新疆策勒荒漠草地生态系统国家野外科学观测研究站, 策勒 848300)

摘要:以地处极端干旱背景下的塔里木盆地南缘策勒绿洲为研究区,以绿洲化为视角,根据当地农民耕作习惯于 2005 年选择 4 块试验农田,分别代表当地典型的农田利用强度。基于单项指数 (E_i) 和综合指数 (E_c) 相结合的评价方法,分析了绿洲农田在不同利用强度下的土壤 Fe、Cu、Mn、Zn 等微量元素有效性,探讨了土壤微量元素与人为耕作管理措施之间的关系。结果表明:人为耕作管理强度会对土壤微量元素有效含量产生重要影响,绿洲不同位置农田因施肥强度和管理方式的差别,其土壤微量元素有效含量特征存在显著差异。绿洲内部农田土壤有效 Fe、Cu、Mn、Zn 含量显著高于绿洲边缘各样地,新垦农田土壤有效 Fe、Cu、Zn 含量均低于对照样地;绿洲内部农田土壤微量元素有效性最高,新垦农田最低;农田土壤微量元素有效性与土壤有机质存在显著的正相关关系。

关键词:干旱区; 农田; 土壤微量元素; 绿洲

The availability of trace elements in an oasis soil under different utilization intensity in an arid area in China

LI Haifeng^{1,2,3}, ZENG Fanjiang^{1,3,*}, GUI Dongwei^{1,3}, LEI Jiaqiang^{1,3}, ZHANG Ligang^{1,2,3}, GUO Yongping^{1,3}, SHABITI · Refukaiti^{1,3}

1 Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China

2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 Cele National Station of Observation & Research for Desert-Grassland Ecosystem in Xinjiang, Cele 848300, China

Abstract: Trace elements are important components of soil and their characterization is necessary for determining soil quality. Farming practices can change soil properties, thereby altering the effectiveness of the soil trace elements present. Soil trace element research in extremely arid regions, aiming at the determining effects of different land uses, has received little attention until now. The Cele Oasis (80°03'24"—82°10'34"E, 35°17'55"—39°30'00"N) located on the southern margin of the Tarim Basin, Xinjiang, China, was selected as a study area. Agriculture is the main land use here; however, management intensities differ across the oasis and as the oasis area has grown. In 2005, four experimental fields were selected, representing typical land use types according to local tillage practices. These were newly cultivated, fertilized land (NEF), a field receiving a normal manure application rate (NMF), a field receiving a high manure application rate (HMF) and a field in the Oasis interior (OIF). A single index (E_i) and integral index (E_c) were calculated to evaluate

基金项目:国家重点基础研究发展计划项目(2009CB421302); 国家自然科学基金项目(41001171)

收稿日期:2011-01-28; **修订日期:**2011-08-22

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zengfj@ms.xjb.ac.cn

the effects of these land use types on soil trace element availability over 20cm depths. The relationship between soil organic matter and available trace elements was determined by correlation analysis. Our results showed that: (1) There were statistically significant differences in the amounts of available Fe, Cu, Mn, Zn present in the different land uses at a depth of 0—20 cm. Cultivation management can improve the accumulation of soil organic matter and soil particle size distribution, which in turn can increase the availability of soil trace elements to pasture and crops. The application of manure and fertilizer being the main source of available trace elements in these soils was the probable reason for the differences. (2) The farmland (OIF) situated in the oasis interior showed the highest level of trace element availability of all the fields. The main reason for this result would likely be that long-term irrigation has played an important role in altering the availability of soil trace elements, while more than one hundred years' of careful cultivation management had led to the soil becoming more fertile. (3) A comparison of the unfertilized treatments (i. e. NEF, situated in the edge of the oasis and CTP) showed that the lowest concentrations of available Fe, Cu, Zn, were found in the NEF treatment, which was probably due to the removal of these micronutrients from the soil through crop uptake and harvest. (4) Fertilization of the NMF and the HMF fields (which are also situated in the desert-oasis ecotone) resulted in a positive effect on soil trace element concentrations; the available indices of Fe, Cu, Mn and Zn in the HMF were higher than in the NMF, because of the higher input of manure (see earlier). (5) The results of a correlation analysis indicated that soil organic matter was highly positively correlated with the availability of the soil trace elements, the soil organic matter exerting a significant and direct effect on the availability of Zn, Mn, Fe and Cu in the process of oasis growth. These results indicate that refining agricultural management practices in the process of oasis growth could be beneficial.

Key Words: arid area; farmland; soil trace elements; oasis

土壤微量元素是土壤的重要组成成分,是表征土壤质量的重要因子^[1]。许多研究表明,土壤中微量元素的含量、形态分布和有效性不仅与成土母质和成土过程等有关,还受耕作制度、施用肥料和种植作物等人为因素的影响^[2-4],人为活动会改变土壤性质从而改变土壤微量元素的有效性。由于这些因素在不同的地区、不同的时段有不同的影响,土壤微量元素有效态含量的特征具有显著的区域特性^[5]。目前,土壤微量元素有效态含量特征的研究较多是基于不同土壤类型或不同的土地利用类型,并集中在湿润地区^[6-8]、半湿润半干旱地区^[9-10]。尽管也有一些学者对干旱区土壤微量元素特征进行过研究^[11-12],但在极端干旱区气候背景下,尤其是新疆绿洲,基于绿洲化视角,对绿洲增长过程中同一种土地利用类型不同利用强度下的农田土壤微量元素特征研究还相对缺乏。

近年来由于人口压力的增加,伴随大量的农田开垦,新疆的绿洲与沙漠出现同时扩大的趋势,而位于其间的交错带则在逐渐减少^[13-14],位于新疆塔里木盆地南缘的策勒绿洲在过去 50 多年中也出现同样的现象:绿洲面积逐渐增加,沙漠-绿洲交错带的面积逐渐缩小^[15]。在干旱、极端干旱区域,绿洲增长过程主要体现在农田这一主体生产单元不断向沙漠-绿洲交错带扩张,由于水限制性因素的存在及管理措施的差异性,对绿洲不同位置农田的开发利用产生影响,在绿洲化过程中始终会存在不同的利用强度^[16]。

农田利用强度取决于许多因素,首先是水限制因素,水量多少直接影响着农田利用的深度与广度;其次是位置,如绿洲内部、绿洲边缘(沙漠-绿洲交错带)等不同位置农田会因水源的可及性而呈现不同的利用强度;此外利用年限及管理措施也会对利用强度产生影响^[17]。了解不同利用强度下绿洲农田土壤微量元素有效态含量特征,对于揭示绿洲增长过程中人为管理因素与土壤微量元素之间的关系及农田土壤养分管理具有理论及现实意义。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

策勒绿洲位于塔克拉玛干沙漠南缘中段、昆仑山北麓,地处 80°03'24"—82°10'34"E, 35°17'55"—

39°30'00"N,海拔为 1280—6780 m。年平均降水量仅 35.1 mm,而蒸发量达 2595.3 mm,是典型的大陆性干旱气候,年平均温度 11.9 ℃。常年多风并以西北风为主风向,绿洲由内部向外围土壤以棕漠土和风沙土为主,成土母质多为第四系洪积-冲积物^[18],土壤质地较轻,沙性重,黏粒少,通透性好,保肥保水力差^[19]。绿洲的东西两个方向被自然植被所包围,南部与流动沙丘和戈壁相连,属于独特的荒漠-绿洲型生态系统。试验区地理坐标为 80°43'45.9"E,35°01'20.7"N。

1.2 试验设计

依托新疆策勒荒漠草地生态系统国家野外科学观测研究站,选取 4 块农田试验样地,分别对应当地农民的主要耕作习惯,并代表了当地 4 种典型的农田利用强度,每块样地面积约为 0.15 hm²。其中位于绿洲边缘(沙漠-绿洲交错带)的 HMF(高投入农田)和 NMF 样地(常规投入农田)于 1995 年开垦,HMF 样地代表了对其进行较大的物质能量输入利用强度,在开垦后长期进行高施肥量投入,主要是由经济条件较好的农民进行耕作管理;NMF 样地则按照当地农户耕作习惯,长期进行正常肥量投入,代表了农田开垦后一般的物质能量投入强度,也是大多数当地居民开垦农田后选择的模式;NEF 样地(新垦短期农田)是于 2004 年根据试验需要新开垦的农田,与 HMF 和 NMF 样地相邻,开垦后仅予以灌水处理而不进行任何肥料施入,代表了一种临时的利用模式。以上 3 块农田灌溉水源以地下水为主。位于绿洲内部的农户农田(OIF)耕作年限超过 100 a,灌溉水源以河流为主,农户肥料施入量与 NMF 无显著差异,代表了长期传统的利用强度。由于沙漠-绿洲交错带开垦前植被以疏叶骆驼刺(*Alhagi sparsifolia* Shap.)为主,盖度约为 38.9%,因此为能综合对比农田不同利用强度下土壤微量元素特征的差异性,在新垦农田(NEF)附近建立一块骆驼刺对照样地(CTP),代表未进行耕作的自然条件下的初始状态。各样地具体情况详见表 1。

表 1 试验样地概况

Table 1 Introduction of every experimental plot

试验样地 Experimental plot	年肥料施入量(kg/hm ²) Annual fertilizer amount			利用年限/a (至 2005 年) Utilization years	位置 Position	主要灌溉 水源 Mainly source of irrigation water	代表水平 Level
	农家肥 Farmyard manure	有机肥总 氮含量 Inorganic fertilizer TN	有机肥总磷 含量 Inorganic fertilizer TP				
对照样地 CTP	—	—	—	—	37°1'20"N;80°43'41"E	—	自然状态
新垦农田 NEF	—	—	—	1	37°1'20"N;80°43'45"E	地下水	绿洲增长
常规投入农田 NMF	21500	208	57	10	37°1'19"N;80°43'40"E	地下水	绿洲增长
高投入农田 HMF	30000	362	126	10	37°1'16"N;80°43'45"E	地下水	绿洲增长
绿洲内部农田 OIF	12776	171	120	>100	37°0'54"N;80°44'29"E	策勒河水	长期稳定

CTP: Control plot; NEF: New farmland; NEF: Farmland with normal manure input; HMF: Farmland with high manure input; OIF: Oasis' interior farmland

1.3 试验分析方法

于 2005 年 10 月中下旬(作物收割后)进行表层(0—20 cm)土壤的取样,农户农田为 3 重复取样,其余样地均为 6 重复取样。各样地以风沙土为主,物理属性的差异很小,因此土壤测定项目包括土壤有机质、有效铁(Fe)、有效铜(Cu)、有效锰(Mn)、有效锌(Zn)等指标,样品的化学分析测试根据文献^[20-21]进行。采用重铬酸钾法测定有机质(SOM),二乙三胺乙酸(DTPA)浸提-ICP 法测定有效铁、有效锰、有效锌,DTPA 浸提-原子吸收法测定有效铜。

1.4 土壤微量元素有效性评价

采用单项指数(E_i)和综合指数(E_c)相结合的方法^[22],先计算各元素有效性指数,再采用均根方法计算综合有效性指数,公式如下:

$$E_i = \frac{C_i}{S_i}, E_c = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i^2} \quad (1)$$

式中, C_i 为实际测定的第 i 种土壤微量元素有效态含量; S_i 为第 i 种土壤微量元素有效态含量的临界值。

根据以往在全疆各地所作的肥料试验结果,新疆农科院土壤肥料研究所提出了新疆农田土壤养分含量评价指标(表2),这一指标对指导当前作物优质高产科学施肥具有重要意义^[23],因而,本研究取该评价指标中的最低分级作为微量元素有效态含量的临界值。

表2 新疆农田微量元素的分级指标

Table 2 Classified index of trace element in Xinjiang farmland soil

指标 Index	有效锌 Zn/(mg/kg)	有效锰 Mn/(mg/kg)	有效铜 Cu/(mg/kg)	有效铁 Fe/(mg/kg)
低	<1	<7	<1	<5
中	1—2	7—10	1—3	5—10
高	>2	>10	>3	>10

1.5 统计分析

利用单因素方差分析(one-way ANOVA)对不同利用强度样地土壤微量元素有效含量进行差异显著性检验;并利用最小显著极差法(LSR)进行多重比较;土壤有机质含量与土壤微量元素有效含量的相关性利用 Pearson 相关系数和 Two-tailed 双尾检验完成;ANOVA、LSR 及 Pearson 相关分析均在 SPSS16.0 软件中进行,基础数据汇总、整理及作图由 EXCEL 完成。

2 结果与分析

2.1 不同利用强度下土壤微量元素有效态含量

不同利用强度样地 0—20 cm 土层土壤微量元素有效态含量平均值及新疆农田土壤微量元素有效含量临界值统计于表3。

表3 土壤微量元素有效态含量平均值与临界值(平均值±SD)

Table 3 Average values and critical values of soil available trace elements

	有效铁 Fe/(mg/kg)	有效铜 Cu/(mg/kg)	有效锰 Mn/(mg/kg)	有效锌 Zn/(mg/kg)
绿洲内部农田 OIF	5.91±0.72a	0.38±0.05a	22.11±3.06a	0.61±0.05a
高投入农田 HMF	3.94±0.60b	0.24±0.03b	17.58±1.13b	0.38±0.07b
常规投入农田 NMF	2.61±0.71c	0.23±0.04b	15.77±2.46bc	0.22±0.06c
新垦农田 NEF	1.88±0.06c	0.19±0.02b	13.96±0.56c	0.11±0.02d
对照样地 CTP	1.89±0.20c	0.19±0.01b	13.42±1.16c	0.15±0.02d
S_i	5.00	1.00	7.00	1.00

不同小写字母表示在 0.01 水平存在显著差异,相同字母表示各样地间无显著性差异; S_i : 土壤微量元素 i 有效态含量的临界值

由表3可以看出,研究区各样地土壤 Fe、Cu、Mn、Zn 有效态含量存在极显著差异($P<0.01$)。绿洲内部农田(OIF)土壤 Fe、Cu、Mn、Zn 有效态含量最高,CTP 的土壤 Fe、Cu、Mn 有效态含量和新垦农田(NEF)土壤 Zn 有效态含量最低。不同样地土壤有效 Fe、Cu、Mn、Zn 含量排序相同为 OIF > HMF > NMF > NEF > CTP(表3)。

绿洲内部农田耕作年限远远大于绿洲边缘农田,在长期施肥的影响下,其土壤有效 Fe、Cu、Mn、Zn 含量显著高于绿洲边缘各样地;绿洲边缘 HMF 样地因长期进行高投入量的施肥耕作,其土壤有效 Fe、Zn 含量显著高于 NMF 样地,同 NEF 及 CTP 样地有效 Fe、Mn、Zn 含量存在显著性差别;NMF 和 NEF 样地之间因施肥与否的差异,而导致有效 Zn 含量存在显著差别;此外,NEF 样地和 CTP 样地虽然没有明显的统计意义上显著性差别,但 NEF 样地土壤有效 Fe、Cu、Zn 含量均低于 CTP 样地。

2.2 不同利用强度下土壤微量元素有效性

根据土壤微量元素有效性评价计算公式(1),得到4种元素的有效性指数(E_i)及各样地土壤微量元素有

效性综合指数(E_c),结果见表4。

表4 土壤微量元素有效性指数
Table 4 Available indices for soil trace elements

	E_i				E_c
	有效铁 Fe	有效铜 Cu	有效锰 Mn	有效锌 Zn	
绿洲内部农田 OIF	1.18	0.38	3.16	0.41	1.71
高投入农田 HMF	0.79	0.24	2.51	0.25	1.33
常规投入农田 NMF	0.52	0.23	2.25	0.15	1.16
新垦农田 NEF	0.38	0.19	1.99	0.07	1.02
对照样地 CTP	0.38	0.19	1.92	0.10	0.98

由表3及表4可以看出,各样地土壤Mn有效态含量均高于临界值,有效性指数相对其他元素较高(1.92—3.16);Fe有效态含量及有效性也较低,仅OIF样地高于临界值;各样地土壤Cu、Zn有效态含量均低于临界值,有效性指数均<1。以上结果表明,绿洲内部农田缺乏Cu、Zn;高投入农田缺乏Fe、Cu、Zn,常规投入农田及新垦农田缺乏Fe、Cu、Zn。土壤微量元素有效性综合指数以绿洲内部农田(OIF)为最高(1.71),CTP样地最低(0.98),不同样地的综合指数排序为:OIF>HMF>NMF>NEF>CTP。

2.3 土壤微量元素有效性与土壤有机质的关系

由表5可知,0—20 cm土层,有效Fe、Cu、Mn、Zn含量和土壤有机质呈显著正相关关系($P<0.01$)。

将各样地土壤微量元素有效性综合指数(E_c)同有机质(SOM)做相关分析,结果表明二者存在显著正相关,相关系数为0.949(sig=0.014,双尾检验),图1显示了各样地 E_c 同SOM相关性。这表明在绿洲向沙漠-绿洲交错带扩张过程中,通过合理的耕作和管理,不仅增加了土壤有机质含量,同时也促进土壤微量元素有效性的提高。

表5 土壤微量元素有效含量和有机质的相关性

Table 5 Correlation between available contents of soil trace elements and organic matter values

微量元素 Soil trace elements	有机质 Soil organic matter	
	Pearson 相关系数 Pearson correlation coefficient	双尾检验 Two-tailed test
有效铁 Fe	0.936 **	0.000
有效铜 Cu	0.818 **	0.000
有效锰 Mn	0.906 **	0.000
有效锌 Zn	0.925 **	0.000

** 表示在0.01水平存在显著相关性(双尾检验)

3 讨论

朱静等对江苏如皋农田土壤有效态微量元素的时空变化进行研究,指出随时间变化,土壤Cu、Fe、Mn、Zn有效态含量总体上呈增长趋势,其内在原因主要是土壤性质的改变,而影响有效态含量变化的外在原因是土地利用和管理措施的变化改变了土壤性质^[24]。单娜娜等对塔克拉玛干沙漠腹地人工绿地条件下微量元素变化规律研究结果表明,相同植被类型条件下,人工植被生长年限越长,土壤微量元素含量越高^[25]。本研究中也体现出相似规律,各样地土壤有效Fe、Cu、Mn、Zn含量均随利用强度的增长而增加。大量施用农家肥和化肥

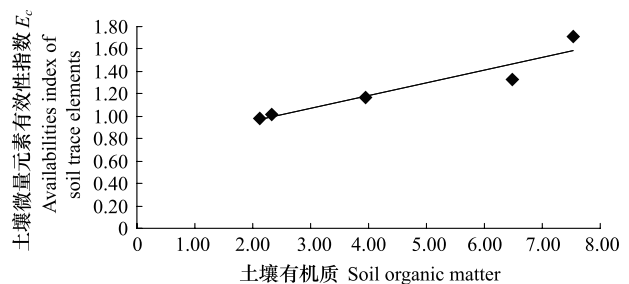


图1 土壤微量元素有效性与有机质相关性

Fig. 1 Correlation between availabilities of soil trace elements and organic matter

是农田土壤中微量元素有效态含量增加的主要来源,此外农用地膜残留也会使表层中土壤微量元素含量存在增加的趋势。

不同强度施肥量的投入促进了土壤有机质的累积是造成绿洲边缘农田微量元素有效态含量差异的主要原因,常规施肥条件下,OIF 和 NMF 样地土壤中 Fe、Cu、Mn、Zn 的有效态含量普遍表现增长,HMF 因长期施肥量高于 NMF 样地,Fe、Cu、Mn、Zn 有效态含量均较 NMF 样地高。NEF 样地除灌溉外无额外的肥料施入,其 Fe、Cu、Zn 有效态含量较 CTP 下降。而绿洲内部农田尽管其施肥量相对绿洲边缘 HMF 样地要少,但在策勒河长期灌溉下所形成的灌淤作用无疑对土壤微量元素的改变有重要作用,同时长期的耕作导致土壤熟化也是客观现实,其土壤微量元素有效态含量显著高于绿洲边缘样地。

由于研究区气候干旱,化学淋溶作用甚弱,加上风沙土中粘粒含量很低,砂粒含量很高,有机质含量低,微量元素含量也较低。相关研究表明,积极的管理利用方式会对土壤粒径分布产生积极的影响^[15],在粒径大小相同的条件下,粘粉粒含量高的土壤中微量元素有效部分含量较高^[26]。本研究各样地,OIF 与 NEF 样地土壤粘粒、粉粒等细粒成分组成分别处于最高、最低水平^[17],因而,其相应的各土壤微量元素含量也分别处于最高和最低水平。绿洲边缘 NEF 代表的短期利用模式,尽管有一定灌溉管理,但对土壤粒径分布属性及养分属性方面,均不会产生积极的影响^[16]。此外,在沙漠-绿洲交错带开垦农田可能降低土壤中的营养元素,破坏原土壤质量^[16],且作物收获时植株体内微量元素随收获物一起被移出农田,从而导致 NEF 样地土壤微量元素有效态含量低于 CTP 样地。

长期以来,新疆棉花生产中多偏重于氮、磷肥的使用,较少施用或不施用微量元素肥料,特别是土壤中含量低的微量元素通过施肥补充少,易出现缺乏而产生不同程度的营养障碍^[27],从而导致作物的产量和品质降低。根据新疆农田微量元素分级指标对本研究区的评价结果可知,除 Mn 以外,绿洲边缘各样地均缺乏 Fe、Cu、Zn。据测算,2005 年 HMF 样地、NMF 样地和 NEF 样地的籽棉产量分别为 7206、5796 kg/hm² 和 2324 kg/hm²,而采取相同的管理方式连续耕种 2a 之后,2007 年 HMF 样地、NMF 样地和 NEF 样地的籽棉产量分别下降了 44.45%、43.55% 和 29.07%。这表明 Fe、Cu、Zn 等元素的不足,已导致本区域作物产量的下降。因此,在今后应针对不同元素采取不同的管理措施,目前绿洲各样地土壤有效 Mn 含量基本处在丰富等级,对作物生长而言,暂时不会出现缺 Mn 的威胁,而土壤有效 Fe、Cu、Zn 含量则存在不同程度的亏缺,需注重对 Fe、Cu、Zn 等微量元素肥料的施用以补充土壤中这些元素供应的不足。

References:

- [1] Wang X J, Deng B S, Zhang Z P. Spatial structures of trace element contents in sewage irrigated soil at the Eastern Suburb of Beijing. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 1997, 17(4): 412-416.
- [2] Xiong Y, Li Q K. *Soils of China*. Beijing: Science Press, 1987.
- [3] Xu S P, Tao S, Cao J, Li B G, Shen W R, Zhang W J. Vertical distribution of trace element contents in soil in Tianjin Area. *China Environmental Science*, 1999, 19(3): 226-229.
- [4] Zheng D M, Jiang Y J, Zhu Z Y, Lv S Q, Wu W M. The present situation farmland soil efficacious appearance microelement content in Xinjiang. *Journal of Tarim University of Agricultural Reclamation*, 2003, 15(2): 8-10.
- [5] Wen Y L, Li H, Li X W, Yang X, Wang H Z, Zhu G. Research on caparison of the content of trace element in soil and forage in Northwest Sichuan Grassland. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(7): 2837-2846.
- [6] Yu J B, Wang J D, Liu J S, Qi X N, Wang Y. Effect of soil pH value variation on effective content of trace elements in typical black soil. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2002, 16(2): 93-95.
- [7] Wang D X, Fu D Y. Appraisement on available trace element in soil of western Jilin Province. *Soils*, 2002, 34(2): 86-89, 93-93.
- [8] Zhao X Q, Yang S H. Research on the microelements in the soil of the main vegetation types in the subtropical mountainous zone of southwest Yunnan. *Research of Soil and Water Conservation*, 2008, 15(5): 140-144.
- [9] Liu Q Y, Tong Y P, Li J Y, Sun J H. Factors influencing the availability of nutrients in the soil of Duolun County in mixed area of agriculture and pasturing. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(6): 1034-1037.
- [10] Zhi Y B, Yang C, Yao Y P, Gao T Y, Huang H. Characteristics analysis of micro-element contents in western Erdos soil and in Tetraena

- mongolica plant. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(3): 396-400.
- [11] Ma Y, Shi Q D, Yang J J, Lv G H. Spatial variability of characters of soil trace elements in a watershed of arid area. Arid Land Geography, 2006, 29(5): 682-687.
- [12] Dong G T, Zhang A J, Luo G P, Xu W Q, Dai L. Study on contents of available trace elements in oasis soil of Sangong river watershed. Soils, 2009, 41(5): 726-732.
- [13] Hu R J, Fan Z L, Wang Y J, Yang Q, Huang Y Y. Assessment about the impact of climate change on environment in Xinjiang since recent 50 years. Arid Land Geography, 2001, 24(2): 97-103.
- [14] Fan Z L, Xu M, Ma Y J, Wang R H. Evolution laws of the ecological environment and their driving forces in the arid areas of Northwest China during the historical periods. Arid Land Geography, 2005, 28(6): 723-728.
- [15] Gui D W, Lei J Q, Mu G J, Zeng F J. Effects of different management intensities on soil quality of farmland during oasis development in southern Tarim Basin, Xinjiang, China. International Journal of Sustainable Development and World Ecology, 2009, 16(4): 295-391.
- [16] Gui D W, Mu G J, Lei J Q, Zeng F J, Wang H. Assessment of farmland soil quality under different utilization intensity in arid area. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, 20(4): 894-900.
- [17] Gui D W, Lei J Q, Zeng F J, Mu G J, Yang F X. Effects of different management intensities on soil nutrients of farmland during oasisization. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(7): 1780-1788.
- [18] Zeng F J, Lei J Q, Zhang X M. Cele Oasis: Environmental Characteristics of Desert Transitional Area and Dominant Plants Adaptation. Beijing: Science Press, 2010.
- [19] Deng X, Li X M, Zeng F J, Zhang X M. Comparison of Leaf Gas Exchange Characteristics between Two Geno-types of Cotton in Four Growth Stages at Cele High Yield Cotton Field. Cotton Science, 2001, 13(6): 361-366.
- [20] Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing. Analytical Methods of Soil Physics and Chemistry. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 1978: 62-182, 469-507.
- [21] Lu R K. Soil and Agro-Chemical Analytical Methods. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 1999: 205-226.
- [22] Qi L H, Zhang X D, Peng Z H, Fan S H, Zhou J X. Soil microelements under different vegetation restoration patterns in yellow soil slope region of mid-subtropics. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(4): 735-740.
- [23] Li Y F, Tan X X, He S L. The comparative analysis of the farmland soil nutrients present situation between the typical oases near the south Taklamakan Desert. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2003, 26(2): 25-28.
- [24] Zhu J, Huang B, Sun W X, Ding F, Zou Z, Su J P. Temporal-spatial variability and its influencing factors of available trace metals in soils. Journal of Nanjing University: Natural Sciences, 2007, 43(1): 1-12.
- [25] Shan N N, Wen Q K, Pan B R, Lai B, Gu F X. Study on soil microelement changed regime of artificial vegetation in center of Taklamakan Desert. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2001, 24(2): 9-16.
- [26] Huang Y T. Elements in Natural Grassland in Inner Mongolia. Hohhot: Inner Mongolia University Press, 1996.
- [27] Han C L, Liu J, Xiao C H, Zhang W F, Liu M, Huang J J. The study on temporal and spatial variation of soil microelement contents in monocultural cotton field in Xinjiang. Acta Pedologica Sinica, 2010, 47(6): 1194-1201.

参考文献:

- [1] 王学军, 邓宝山, 张泽浦. 北京东郊污灌区表层土壤微量元素的小尺度空间结构特征. 环境科学学报, 1997, 17(4): 412-416.
- [2] 熊毅, 李庆逵. 中国土壤. 北京: 科学出版社, 1987.
- [3] 徐尚平, 陶澍, 曹军, 李本纲, 沈伟然, 张文具. 天津地区土壤中微量元素含量的纵向分异. 中国环境科学, 1999, 19(3): 226-229.
- [4] 郑德明, 姜益娟, 朱朝阳, 吕双庆, 伍维模. 新疆农田土壤有效态微量元素含量现状. 塔里木农垦大学学报, 2003, 15(2): 8-10.
- [5] 文勇立, 李辉, 李学伟, 杨雪, 王洪志, 朱刚. 川西北草原土壤及冷暖季牧草微量元素含量比较. 生态学报, 2007, 27(7): 2837-2846.
- [6] 于君宝, 王金达, 刘景双, 齐晓宁, 王洋. 典型黑土 pH 值变化对微量元素有效态含量的影响研究. 水土保持学报, 2002, 16(2): 93-95.
- [7] 王德宣, 富德义. 吉林省西部地区土壤微量元素有效性评价. 土壤, 2002, 34(2): 86-89, 93-93.
- [8] 赵筱青, 杨树华. 滇西南亚热带山地主要植被类型下土壤微量元素状况研究. 水土保持研究, 2008, 15(5): 140-144.
- [9] 刘全友, 童依平, 李继云, 孙建华. 多伦县土壤营养元素有效态含量的影响因素研究. 生态学报, 2000, 20(6): 1034-1037.
- [10] 智颖颀, 杨持, 姚一萍, 高天云, 黄浩. 西鄂尔多斯地区土壤与四合木微量元素含量特征分析. 应用生态学报, 2004, 15(3): 396-400.
- [11] 马媛, 师庆东, 杨建军, 吕光辉. 干旱区典型流域土壤微量元素的空间变异特征研究. 干旱区地理, 2006, 29(5): 682-687.
- [12] 董国涛, 张爱娟, 罗格平, 许文强, 戴丽. 三工河流域绿洲土壤微量元素有效含量特征分析. 土壤, 2009, 41(5): 726-732.
- [13] 胡汝骥, 樊自立, 王亚俊, 杨青, 黄玉英. 近 50a 新疆气候变化对环境影响评估. 干旱区地理, 2001, 24(2): 97-103.
- [14] 樊自立, 徐曼, 马英杰, 王让会. 历史时期西北干旱区生态环境演变规律和驱动力. 干旱区地理, 2005, 28(6): 723-728.

- [16] 桂东伟, 穆桂金, 雷加强, 曾凡江, 王辉. 干旱区农田不同利用强度下土壤质量评价. 应用生态学报, 2009, 20(4): 894-900.
- [17] 桂东伟, 雷加强, 曾凡江, 穆桂金, 杨发相. 绿洲化进程中不同利用强度农田对土壤质量的影响. 生态学报, 2010, 30(7): 1780-1788.
- [18] 曾凡江, 雷加强, 张希明. 策勒绿洲: 荒漠过渡带环境特征与优势植物适应性. 北京: 科学出版社, 2010.
- [19] 邓雄, 李小明, 曾凡江, 张希明. 策勒高产棉实验区两种棉花叶片不同生育期气体交换特征的比较. 棉花学报, 2001, 13(6): 361-366.
- [20] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978: 62-182, 46 9-507.
- [21] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 205-226.
- [22] 漆良华, 张旭东, 彭镇华, 范少辉, 周金星. 不同植被恢复模式下中亚热带黄壤坡地土壤微量元素效应. 应用生态学报, 2008, 19(4): 735-740.
- [23] 李玉芳, 谭新霞, 何生丽. 塔克拉玛干沙漠南缘典型绿洲之间农田土壤养分现状比较分析. 新疆农业大学学报, 2003, 26(2): 25-28.
- [24] 朱静, 黄标, 孙维侠, 丁峰, 邹忠, 苏建平. 农田土壤有效态微量元素的时空变化及其影响因素研究. 南京大学学报: 自然科学版, 2007, 43(1): 1-12.
- [25] 单娜娜, 文启凯, 潘伯荣, 赖波, 顾峰雪. 塔克拉玛干沙漠腹地人工绿地条件下微量元素变化规律研究. 新疆农业大学学报, 2001, 24(2): 9-16.
- [26] 黄友庭. 内蒙古天然草地的矿物质元素. 呼和浩特: 内蒙古大学出版社, 1996.
- [27] 韩春丽, 刘娟, 肖春华, 张旺锋, 刘梅, 黄建军. 新疆绿洲连作棉田土壤微量元素含量的时空变化研究. 土壤学报, 2010, 47(6): 1194-1201.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 6 March, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Quantitatively monitoring undergoing degradation of plateau grassland by remote sensing data; a case study in Maqu County, Gansu Province, China	ZHOU Jianhua, WEI Huaidong, CHEN Fang, et al (1663)
Using periphyton assemblages to assess stream conditions of Taizi River Basin, China	YIN Xuwang, QU Xiaodong, LI Qingnan, et al (1677)
Water-holding capacity of an evergreen broadleaf forest in Ailao Mountain and its functions in mitigating the effects of Southwest China drought	QI Jinhua, ZHANG Yongjiang, ZHANG Yiping, et al (1692)
The relationship between protistan community and water quality along the coast of Qingdao	YANG Jinpeng, JIANG Yong, HU Xiaozhong (1703)
Simulation of effects of warming on carbon budget in alpine meadow ecosystem on the Tibetan Plateau	QI Weiwei, NIU Haishan, WANG Shiping, et al (1713)
Features of leaf photosynthesis and leaf nutrient traits in reservoir riparian region of Three Gorges Reservoir, China	JIE Shenglin, FAN Dayong, XIE Zongqiang, et al (1723)
Spatio-temporal distribution of fish in the Pengxi River arm of the Three Gorges reservoir	REN Yuqin, CHEN Daqing, LIU Shaoping, et al (1734)
Analysis on allelochemicals in the cell-free Filtrates of <i>Amphidinium carterae</i>	JI Xiaoqing, HAN Xiaotian, YANG Baijuan, et al (1745)
Effect of starvation on expression patterns of the MYP gene in <i>Strongylocentrotus intermedius</i>	QIN Yanjie, SUN Bolin, LI Xia, et al (1755)
Habitat selection of feral yak in winter and spring in the Helan Mountains, China	ZHAO Chongnan, SU Yun, LIU Zhensheng, et al (1762)
Using cellular automata to study patchy spread in a predator-prey system	YANG Li, LI Weide (1773)
Effects of insect-resistant transgenic <i>Bt</i> rice with a fused <i>Cry1Ab+Cry1Ac</i> gene on population dynamics of the stem borers, <i>Chilo suppressalis</i> and <i>Sesamia inferens</i> , occurring in paddyfield	LI Zhiyi, SUI He, XU Yanbo, et al (1783)
Effect of spectral sensitivity and intensity response on the phototaxis of <i>Frankliniella Occidentalis</i> (Pergande)	FAN Fan, REN Hongmin, LU Lihua, et al (1790)
The synergistic action and UV protection of optical brightener on three different geographic isolates of Asian Gypsy Moth Nucleopolyhedrovirus (LdMNPV)	WANG Shujuan, DUAN Liqing, LI Haiping, et al (1796)
The availability of trace elements in an oasis soil under different utilization intensity in an arid area in China	LI Haifeng, ZENG Fanjiang, GUI Dongwei, et al (1803)
Multivariate regression analysis of greenhouse gas emissions associated with activities and populations of soil microbes in a double-rice paddy soil	QIN Xiaobo, LI Yu'e, SHI Shengwei, et al (1811)
Distribution characteristics of humus fraction in soil profile for the typical regions in the Loess Plateau	DANG Ya'ai, LI Shiqing, WANG Guodong (1820)
N ₂ O emissions from vegetable farmland with purple soil and the main factors influencing these emissions	YU Yajun, WANG Xiaoguo, ZHU Bo (1830)
Relationships between carbon source utilization of soil microbial communities and environmental factors in natural secondary forest in subtropical area, China	WANG Yun, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua, et al (1839)
Numerical soil classification using fuzzy K-means algorithm and predictive soil mapping at regional scale	LIU Pengfei, SONG Xuan, LIU Xiaobing, et al (1846)
Releasing characteristics of nonpoint source pollutants from straws under submerging condition	YANG Zhimin, CHEN Yucheng, ZHANG Yun, et al (1854)
Effects of delayed irrigation at jointing stage on nitrogen accumulation and its allocation, and NO ₃ -N migration in wheat	WANG Hongguang, YU Zhenwen, ZHANG Yongli, et al (1861)
Risk division on winter wheat suffering from spring wet damages in Jiangsu Province	WU Hongyan, GAO Ping, XU Weigen, et al (1871)
Determination of the initial depth of water uptake by roots of steppe plants in restored and overgrazed communities, Inner Mongolia, China	GUO Yuran, WANG Wei, LIANG Cunzhu, et al (1880)
Fine root architecture and morphology among different branch orders of six subtropical tree species	XIONG Decheng, HUANG Jinxue, YANG Zhijie, et al (1888)
Numerical analysis of inter-specific relationships in Alpine steppe community in Bayanbulak	FANG Fei, HU Yukun, ZHANG Wei, et al (1898)
Analysis of shade-tolerance and determination of evaluation indicators of shade-tolerance in seedlings of <i>Chrysanthemum grandiflorum</i> and its closely related genera	SUN Yan, GAO Haishun, GUAN Zhiyong, et al (1908)
Effect of the parasitic <i>Cuscuta australis</i> on the community diversity and the growth of <i>Alternanthera philoxeroides</i>	WANG Rukui, GUAN Ming, LI Yonghui, et al (1917)
Diversity and community structure of basidiomycete laccase gene from subtropical broad-leaved and coniferous forest ecosystems based on cDNA cloning	CHEN Xiangbi, SU Yirong, HE Xunyang, et al (1924)
Fine root longevity and controlling factors in subtropical <i>Alingia grilipes</i> and <i>Castanopsis carlesii</i> forests	HUANG Jinxue, LING Hua, YANG Zhijie, et al (1932)
Linear programming and optimal distribution of the forest resources based on TM remote sensing images	DONG Bin, CHEN Liping, WANG Ping, et al (1943)
Urban green space landscape patterns and thermal environment investigations based on computational fluid dynamics	LIU Yanhong, GUO Jinping, WEI Qingshun (1951)
Review and Monograph	
Review of the ecological compensation efficiency	ZHAO Xueyan (1960)
Scientific Note	
The effects of petroleum exploitation on water quality bio-assessment and benthic macro-invertebrate communities in the Yellow River Delta wetland, Dongying	CHEN Kai, XIAO Nengwen, WANG Beixin, et al (1970)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,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,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 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 6 期 (2012 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 6 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:100071	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@csbg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@csbg.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