

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

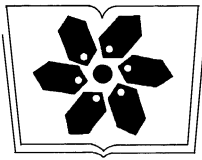
Acta Ecologica Sinica



第31卷 第17期 Vol.31 No.17 **2011**

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 31 卷 第 17 期

2011 年 9 月 (半月刊)

目 次

海洋生态资本理论框架下海洋生物资源的存量评估·····	任大川,陈 尚,夏 涛,等 (4805)
内生真菌对羽茅生长及光合特性的影响·····	贾 彤,任安芝,王 帅,等 (4811)
基于遥感图像处理技术胡杨叶气孔密度的估算及其生态意义·····	蒋圣淇,赵传燕,赵 阳,等 (4818)
水文变异下的黄河流域生态流量·····	张 强,李剑锋,陈晓宏,等 (4826)
黄河三角洲重度退化滨海湿地盐地碱蓬的生态修复效果·····	管 博,于君宝,陆兆华,等 (4835)
浙江省某 PCBs 废物储存点对其邻近滩涂生态系统的毒性风险·····	何闪英,陈昆柏 (4841)
鄱阳湖苔草湿地甲烷释放特征·····	胡启武,朱丽丽,幸瑞新,等 (4851)
三峡库区银鱼生长特点及资源分析·····	邵晓阳,黎道峰,谭 路,等 (4858)
低温应激对吉富罗非鱼血清生化指标及肝脏 HSP70 基因表达的影响 ···	刘 波,王美姝,谢 骏,等 (4866)
Cd ²⁺ 对角突臂尾轮虫和曲腿龟甲轮虫的急性毒性和生命表统计学参数的影响 ·····	许丹丹,席貽龙,马 杰,等 (4874)
圈养梅花鹿 BDNF 基因多态性与日常行为性状的关联分析 ·····	吕慎金,杨 燕,魏万红 (4881)
华北平原玉米田生态系统光合作用特征及影响因素 ·····	同小娟,李 俊,刘 渡 (4889)
长期施肥对麦田大型土壤动物群落结构的影响 ·····	谷艳芳,张 莉,丁圣彦,等 (4900)
蚯蚓对湿地植物光合特性及净化污水能力的影响·····	徐德福,李映雪,王让会,等 (4907)
三种农药对红裸须摇蚊毒力和羧酸酯酶活性的影响 ·····	方国飞 (4914)
六星黑点豹蠹蛾成虫生殖行为特征与性趋向·····	刘金龙,宗世祥,张金桐,等 (4919)
除草剂胁迫对空心莲子草叶甲种群的影响及应对策略·····	刘雨芳,彭梅芳,王成超,等 (4928)
荒漠植物准噶尔无叶豆结实、结籽格局及其生态适应意义 ·····	施 翔,王建成,张道远,等 (4935)
限水灌溉冬小麦冠层氮分布与转运特征及其对供氮的响应·····	蒿宝珍,姜丽娜,方保停,等 (4941)
准噶尔盆地梭梭、白梭梭植物构型特征 ·····	王丽娟,孙栋元,赵成义,等 (4952)
基于地表温度-植被指数关系的地表温度降尺度方法研究 ·····	聂建亮,武建军,杨 曦,等 (4961)
岩溶区不同植被类型下的土壤氮同位素分异特征 ·····	汪智军,梁 轩,贺秋芳,等 (4970)
施氮量对麻疯树幼苗生长及叶片光合特性的影响 ·····	尹 丽,胡庭兴,刘永安,等 (4977)
黄土丘陵区羔沟流域典型植物叶片 C、N、P 化学计量特征季节变化 ·····	王凯博,上官周平 (4985)
克隆整合提高淹水胁迫下狗牙根根部的活性氧清除能力·····	李兆佳,喻 杰,樊大勇,等 (4992)
低覆盖度固沙林的乔木分布格局与防风效果·····	杨文斌,董慧龙,卢 琦,等 (5000)
东灵山林区不同森林植被水源涵养功能评价·····	莫 菲,李叙勇,贺淑霞,等 (5009)
11 种温带树种粗木质残体分解初期结构性成分和呼吸速率的变化 ·····	张利敏,王传宽,唐 艳 (5017)
连栽第 1 和第 2 代杉木人工林养分循环的比较·····	田大伦,沈 燕,康文星,等 (5025)
最优化设计连续的自然保护区·····	王宜成 (5033)
基于自然地理特征的长江口水域分区·····	刘录三,郑丙辉,孟 伟,等 (5042)
煤电一体化开发对锡林郭勒盟环境经济的影响·····	吴 迪,代方舟,严 岩,等 (5055)
专论与综述	
生态条件的多样性变化对蜜蜂生存的影响·····	侯春生,张学锋 (5061)
研究简报	
胶州湾潮间带大型底栖动物次级生产力的时空变化·····	张崇良,徐宾铎,任一平,等 (5071)
湿地公园研究体系构建·····	王立龙,陆 林 (5081)
基于生态足迹的半干旱草原区生态承载力与可持续发展研究——以内蒙古锡林郭勒盟为例·····	杨 艳,牛建明,张 庆,等 (5096)
学术信息与动态	
恢复与重建自然与文化的和谐——2011 生态恢复学会国际会议简介 ···	彭少麟,陈蕾伊,侯玉平,等 (5105)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 302 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 37 * 2011-09	



封面图说: 相当数量的降雪与低温严寒是冰川发育的主要因素,地球上的冰川除南北两极外,只有在高海拔的寒冷山地才能存在。喜马拉雅山造山运动使中国成为了世界上中低纬度冰川最为发育的国家,喜马拉雅山地区雪峰连绵、冰川四溢,共有现代冰川 17000 多条,是世界冰川发育的中心之一。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

汪智军, 梁轩, 贺秋芳, 袁道先. 岩溶区不同植被类型下的土壤氮同位素分异特征. 生态学报, 2011, 31(17): 4970-4976.

Wang Z J, Liang X, He Q F, Yuan D X. Differential characteristics of soil $\delta^{15}\text{N}$ under varying vegetation in karst areas. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(17): 4970-4976.

岩溶区不同植被类型下的土壤氮同位素分异特征

汪智军^{1,*}, 梁 轩¹, 贺秋芳¹, 袁道先^{1,2}

(1. 西南大学地理科学学院/三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400715;

2. 中国地质科学院岩溶地质研究所/国土资源部岩溶动力学重点实验室, 桂林 541004)

摘要:利用氮同位素自然丰度($\delta^{15}\text{N}$)法研究了重庆青木关岩溶区不同植被类型下的土壤氮同位素分异特征及其影响因素。研究结果表明区内土壤 $\delta^{15}\text{N}$ 受不同的植被、地质和土地利用等影响而具有明显的横向和垂向分异特征,具体表现为:0—20 cm 层土壤 $\delta^{15}\text{N}$ 与植物体 $\delta^{15}\text{N}$ 具有显著相关性,该层土壤 $\delta^{15}\text{N}$ 大小为草地土(4.79‰)> 退耕还林土(4.77‰)> 稻田土(4.28‰)> 旱地土(4.25‰)> 灌丛土(3.82‰)> 针叶林土(3.81‰)> 砂岩区针叶林土(3.40‰);20—40 cm 层土壤 $\delta^{15}\text{N}$ 大小为砂岩区针叶林土(5.21‰)> 退耕还林土(5.10‰)> 草地土(5.01‰)> 稻田土(4.88‰)> 灌丛土(4.70‰)> 旱地土(4.55‰)> 针叶林土(4.26‰);40 cm 以下土壤 $\delta^{15}\text{N}$ 差异较小,灌丛最高,旱地最低。总体上,砂岩区林地土壤除表层贫化 ^{15}N 外,其余各层均富集 ^{15}N ,且分异较小。而岩溶区土壤 $\delta^{15}\text{N}$ 具有明显的垂直变异特征,特别是灌丛林,表现为 40 cm 以上的土壤贫化 ^{15}N ,且变化较大,其中 0—10 cm 土壤 $\delta^{15}\text{N}$ 受植物凋落物影响而较低,10—20 cm 土壤 $\delta^{15}\text{N}$ 受微生物作用影响稍显偏高,20—30 cm 土壤 $\delta^{15}\text{N}$ 随微生物活动减弱而有所降低;40 cm 以下土壤矿化程度较大而富集 ^{15}N ,且变化较小。除受植被类型影响外,岩溶区土壤 $\delta^{15}\text{N}$ 还受其酸碱、富钙、高粘粒含量的物理化学特性以及农业施肥活动等因素共同影响。

关键词:岩溶区;土壤氮同位素;分异特征;青木关

Differential characteristics of soil $\delta^{15}\text{N}$ under varying vegetation in karst areas

WANG Zhijun^{1,*}, LIANG Xuan¹, HE Qiufang¹, YUAN Daoxian^{1,2}

1 Key Laboratory of the Three Gorges Reservoir Region's Eco-Environment (MOE), School of Geographical Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China

2 The Karst Dynamics Laboratory (MLR), Institute of Karst Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Guilin 541004, China

Abstract: Natural abundance $\delta^{15}\text{N}$ can fingerprint the process of nitrogen biogeochemical cycling. By collecting soil samples under different vegetation types in Qingmuguan karst area, Chongqing, China, the spatial and vertical disparities of soil $\delta^{15}\text{N}$ and its influencing factors were analyzed. The results showed that foliar $\delta^{15}\text{N}$ values ranged from -3.85‰ to 2.25‰, while litter had higher $\delta^{15}\text{N}$ values, ranging from -2.49‰ to 3.31‰. The soil $\delta^{15}\text{N}$ values were much higher than those of plant leaves and litter, and showed significant spatial and vertical disparities due to varying vegetation, geological and land-use conditions. Within 0—20 cm layer, soils were generally ^{15}N -depleted and showed positive relationship with those of covering plant leaves, indicating that the covering vegetation was the main source of soil organic nitrogen. The mean $\delta^{15}\text{N}$ values of surface soil showed significant spatial disparities and a systematic control on land-use characteristics, and tended to decrease in the following order: grassland (4.79‰), afforestation farmland (4.77‰), paddy field (4.28‰), day land (4.25‰), shrub land (3.82‰), coniferous forest land in limestone areas (3.81‰), and coniferous forest land in sandstone areas (3.40‰). However, in the layer of 20—40 cm, soil $\delta^{15}\text{N}$ values were 5.21‰,

基金项目:科技部国际合作项目(2008GR1256);国家自然科学基金项目(41072192);重庆市科委项目(CSTC,2010BC7004);西南大学研究生科研创新基金项目(kb2009004, ky2010002)

收稿日期:2010-07-21; 修订日期:2011-01-05

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wangwan_118@163.com

5.10‰, 5.01‰, 4.88‰, 4.70‰, 4.55‰, and 4.26‰ in coniferous forest land (in sandstone areas), afforestation farmland, grassland, paddy field, shrub land, day land, and coniferous forest land (in limestone areas), respectively. Below 40 cm depth, soil $\delta^{15}\text{N}$ values in different profiles showed slight spatial disparities, in which soils in shrub land had higher $\delta^{15}\text{N}$ values and lower $\delta^{15}\text{N}$ values were observed in the soils of dry land due to the application of chemical fertilizers. In general, variation coefficient of soil $\delta^{15}\text{N}$ ranked in the order as: shrub land (31.36%) > coniferous forest land in sandstone area (28.25%) > dry land (19.28%) > coniferous forest land in limestone area (12.97%) > paddy field (9.88%) > afforestation farmland (8.20%) > grassland (6.82%). Forest soils in sandstone area were ^{15}N -depleted within 0—20 cm layer, while ^{15}N -enriched below 20 cm depth. In limestone area, soil $\delta^{15}\text{N}$ values were lower and showed significant vertical disparities between 0 and 40 cm, in which $\delta^{15}\text{N}$ values were much lower within 0—10 cm layer due to the input of ^{15}N -depleted litter, then increased obviously in the layer of 10—20 cm because of the intensive microbial activity, and decreased somewhat within 20—30 cm layer. Below 40 cm depth, soil $\delta^{15}\text{N}$ values increased significantly due to intensive mineralization and decomposition of residual soil organic matter. Apart from the ^{15}N -depleted plant litterfall, soil $\delta^{15}\text{N}$ was also affected synthetically by soil texture, structure, pH, organic matter content, C/N, agricultural fertilizing activities, and so on. Karst soils, controlled by the chemical weathering of soluble rock, are often alkaline, calcium-enriched, clayey and thin, which makes the spatial and vertical disparities of soil $\delta^{15}\text{N}$ more complicated than those in sandstone areas. In upper part of profiles, soils are loose, which are liable to migration of surface ^{15}N -depleted organic nitrogen and result in decreasing of soil $\delta^{15}\text{N}$, while soils in lower part of profiles are relatively compact and ^{15}N -enriched due to the greater mineralization degree of residual organic nitrogen.

Key Words: karst areas; soil $\delta^{15}\text{N}$; differential characteristics; Qingmuguan

氮素是生态系统中一种重要的生命元素,广泛地参与到生物地球化学循环过程中。生物地球化学过程中的同位素分馏效应(轻同位素优先于重同位素参加反应)使得稳定氮同位素成为氮素迁移转化过程的一种标记,在一定程度上能反映生态系统中氮素循环的特征^[1-2]。例如,矿化和硝化作用产生显著的同位素分馏效应,使得反应产物相对于反应底物贫化 ^{15}N ^[3]。国内外许多研究还表明,受气候^[4]、海拔^[5]、植被^[6]和大气氮沉降^[7]等影响,生态系统中各种有机和无机氮形态的同位素比值($\delta^{15}\text{N}$)具有很大差异。因此,可以根据 $\delta^{15}\text{N}$ 的分异特征来探讨自然因子和人类活动对氮素循环的影响。

国内外利用氮同位素示踪氮循环的研究主要集中在非岩溶区的森林生态系统和农田生态系统,而对受岩溶环境制约的岩溶生态系统的研究较少,仅局限于岩溶地下水氮污染方面^[8]。岩溶生态系统受可溶岩化学风化控制,形成了土层较薄、富钙、碱性、粘粒含量高的土壤环境^[9]。加之岩溶区存在独特的“二元”结构^[10],土壤养分流失存在地表流失和地下漏失两种情况^[11]。因此,与非岩溶区相比,岩溶生态系统氮素分布及其迁移转化具有独特的特征。本研究以青木关岩溶流域为例,研究岩溶生态系统中土壤系统氮同位素分异特征,对比岩溶区与非岩溶区土壤氮同位素组成差异,并探讨植被、地质和人类活动等因素对土壤氮同位素的影响。

1 材料与方法

1.1 研究区

青木关岩溶流域位于重庆市北碚区、沙坪坝区和璧山县的交界处,属于川东平行岭谷华蓥山山系缙云山区,地理坐标为 $106^{\circ}16'48''$ — $106^{\circ}20'10''\text{E}$, $29^{\circ}40'40''$ — $29^{\circ}47'10''\text{N}$,为“一山二岭一槽”式的典型岩溶槽谷,面积约为 11.36 km^2 。区内主要分布有碳酸盐岩,气候属于亚热带湿润季风型,冬暖夏热,雨量丰沛,风速小,湿度大,多云雾,无霜期长,多年平均气温为 $18\text{ }^{\circ}\text{C}$,多年平均降水量为 1000 mm 。植被主要有亚热带常绿针叶林(如马尾松、杉木和竹子等)和阔叶林(大量为灌木丛,具有旱生、喜钙等特点),土壤类型主要为石灰土,洼地中还分布有水稻土。区内人类活动以农业生产活动为主,耕地面积约占流域面积的30%。

1.2 采样点

根据研究区地质图和土地利用类型图,在灰岩区和砂岩区分别选取了6种和1种植被类型(表1),于2007年12月、2008年3月、6月和2009年11月采集了不同的土壤剖面样品,其中前3次为20 cm间隔采样,最后1次为10 cm间隔。此外,还采集了优势植物叶片和枯枝落叶。

表1 采样点具体情况

Table 1 The conditions of the sampling sites

植被类型 Vegetation type	成土母质 Soil parent material	优势植物 Dominant plant	土层厚度/m Soil depth	土壤质地 Soil texture	人为影响 Human activities
水田 Paddy field	灰岩	水稻	1—2	上部壤土,下部粘土	化肥
旱地 Dry land	灰岩	玉米	0.5—1.5	上部壤土,下部粘土	化肥及粪肥
草地 Grassland	灰岩	草本植物	0.5—1	粘土	—
灌丛林地 Shrub land	灰岩	灌木丛	0.5—1	上部壤土,下部粘土	—
退耕还地 Afforestation farmland	灰岩	人工经济林(如杜仲等)	0.5—1	上部壤土,下部粘土	退耕还林4—5a
针叶林(灰) Coniferous forest land	灰岩	马尾松、杉木和竹子等	0.8—1.5	上部壤土,下部粘土	—
针叶林(砂) Coniferous forest land	砂岩	马尾松、杉木和竹子等	>1	砂壤土	—

1.3 测试方法

采集的土样带回实验室进行风干,除去植物根系和石砾,按四分法研磨,过1 mm、0.25 mm和0.074 mm筛,分别用于土壤pH值、有机质、全氮和 $\delta^{15}\text{N}$ 测定,其中pH值为电位法,有机质为高温外热重铬酸钾氧化·容量法,全氮为开氏法^[12]。植物样品用去离子水清洗干净,置于70℃鼓风干燥箱中干燥24 h,用玛瑙研钵研磨至60目以下,测定 $\delta^{15}\text{N}$ 。 $\delta^{15}\text{N}$ 在西南大学地球化学与同位素实验室采用EA-Conflo-IRMS联机系统进行测试,质谱仪类型为Delta-V-Plus IRMS,采用高纯度的钢瓶 N_2 为参考气标准,并用国际标准IAEA-N1和IAEA-N2校准,检测精度小于0.3‰。

2 结果

2.1 不同植被氮同位素分异特征

植物体是土壤有机质的主要来源,受温度、降水、海拔、植物种类、土壤性质和人类活动等影响,不同植被类型下的植物体氮同位素具有显著差异^[5]。青木关岩溶流域内不同植被类型下的优势植物叶片 $\delta^{15}\text{N}$ 具有较大差异(表2),变化范围为-3.85‰—2.25‰,其中草类植物最高,针叶植物最低。不同植被类型下的枯枝落叶的 $\delta^{15}\text{N}$ 变化范围为-2.49‰—3.31‰,比叶片高约1‰,显示植物叶片落到地表变成枯枝落叶的过程中富集 ^{15}N 。

表2 不同植被叶片、凋落物和土壤的 $\delta^{15}\text{N}/\text{‰}$

Table 2 $\delta^{15}\text{N}$ values of plant leaves, litterfall and soils under different vegetation

植被类型 Vegetation type	叶片 Leaves	凋落物 Litter	平行剖面1 Profile 1		平行剖面2 Profile 2		平行剖面3 Profile3		平行剖面4 Profile4		
			A	B	A	B	A	B	A	B	C
水田 Paddy field	0.58	—	4.03	—	4.18	—	4.53	—	4.37	4.88	5.45
旱地 Dry land	1.31	—	4.14	4.82	4.27	4.92	4.29	4.85	4.29	3.61	4.89
草地 Grassland	2.25	3.31	4.81	5.08	4.72	4.97	4.69	4.90	4.93	5.09	5.57
灌丛林地 Shrub land	-2.88	-1.36	3.89	4.59	3.78	4.45	3.87	4.72	3.72	5.04	6.69
退耕还地 Afforestation farmland	1.63	2.76	4.65	4.97	4.63	5.04	4.79	5.13	4.99	5.27	5.53
针叶林(灰) Coniferous forest land	-3.33	-2.14	3.54	4.00	3.41	4.06	4.05	4.36	4.22	4.62	5.07
针叶林(砂) Coniferous forest land	-3.85	-2.49	3.23	5.08	3.41	5.17	3.33	5.06	3.62	5.54	5.59

A: 0—20 cm; B: 20—40 cm; C: 40—80 cm; —未检测

2.2 不同土壤剖面氮同位素分异特征

研究区内不同植被类型下的土壤 $\delta^{15}\text{N}$ 也具有很大差异(表 2),变化范围为 2.02‰—6.9‰。但是,同一植被类型下的平行土壤剖面 $\delta^{15}\text{N}$ 变化较小。总体上,各土壤剖面 $\delta^{15}\text{N}$ 均表现为表层土壤(0—20 cm)低于 20—40 cm 层土壤(表 2),其中砂岩区针叶林地 0—20 cm 层土壤 $\delta^{15}\text{N}$ 较 20—40 cm 层偏高约 2‰,而灰岩区约为 0.5‰(表 3)。不同植被类型下的 0—20 cm 土壤 $\delta^{15}\text{N}$ 均值大小为草地土(4.79‰) > 退耕还林土(4.77‰) > 稻田土(4.28‰) > 旱地土(4.25‰) > 灌丛土(3.82‰) > 针叶林土(3.81‰) > 砂岩区针叶林土(3.40‰)。而 20—40 cm 层为砂岩区针叶林土(5.21‰) > 退耕还林土(5.10‰) > 草地土(5.01‰) > 稻田土(4.88‰) > 灌丛土(4.70‰) > 旱地土(4.55‰) > 针叶林土(4.26‰)。40 cm 以下各层土壤 $\delta^{15}\text{N}$ 差异较小(表 2),灌丛最高,旱地最低。

图 1 显示了灰岩区各植被类型下的平行剖面 4 的土壤 $\delta^{15}\text{N}$ 垂直变化情况。从图中可以看出,土壤剖面 $\delta^{15}\text{N}$ 在不同深度表现出很大差异,具体表现为各土壤剖面 $\delta^{15}\text{N}$ 均在 30 cm 以上较低,且变化幅度较大,30 cm 以下较高且趋于稳定。除草地外,0—10 cm 土壤 $\delta^{15}\text{N}$ 都比其他各层偏低。旱地、灌丛林、针叶林和退耕还林土壤 $\delta^{15}\text{N}$ 在 10—20 cm 稍显偏高,20—30 cm 有所降低,自 30 cm 处又开始升高且变化趋于稳定。稻田土壤 $\delta^{15}\text{N}$ 随深度增加而逐渐升高,草地土壤 $\delta^{15}\text{N}$ 也自 20 cm 处也随深度增加而升高。土壤剖面 $\delta^{15}\text{N}$ 变异系数大小为灌丛土(31.36%) > 砂岩区针叶林土(28.25%) > 旱地土(19.28%) > 针叶林土(12.97%) > 稻田土(9.88%) > 退耕还林土(8.20%) > 草地土(6.82%)。

表 3 各层土壤 $\delta^{15}\text{N}$ 差值/‰

Table 3 Difference value of soil $\delta^{15}\text{N}$ values among different layers

植被类型 Vegetation type	$\delta^{15}\text{N}_{0-20\text{ cm}}$ $\delta^{15}\text{N}_{20-40\text{ cm}}$	$\delta^{15}\text{N}_{40-80\text{ cm}}$ $\delta^{15}\text{N}_{20-40\text{ cm}}$
水田 Paddy field	0.60	0.57
旱地 Dry land	0.30	0.34
草地 Grassland	0.22	0.56
灌丛林地 Shrub land	0.89	1.99
退耕还地 Afforestation farmland	0.34	0.43
针叶林(灰) Coniferous forest land	0.50	0.81
针叶林(砂) Coniferous forest land	1.82	0.38

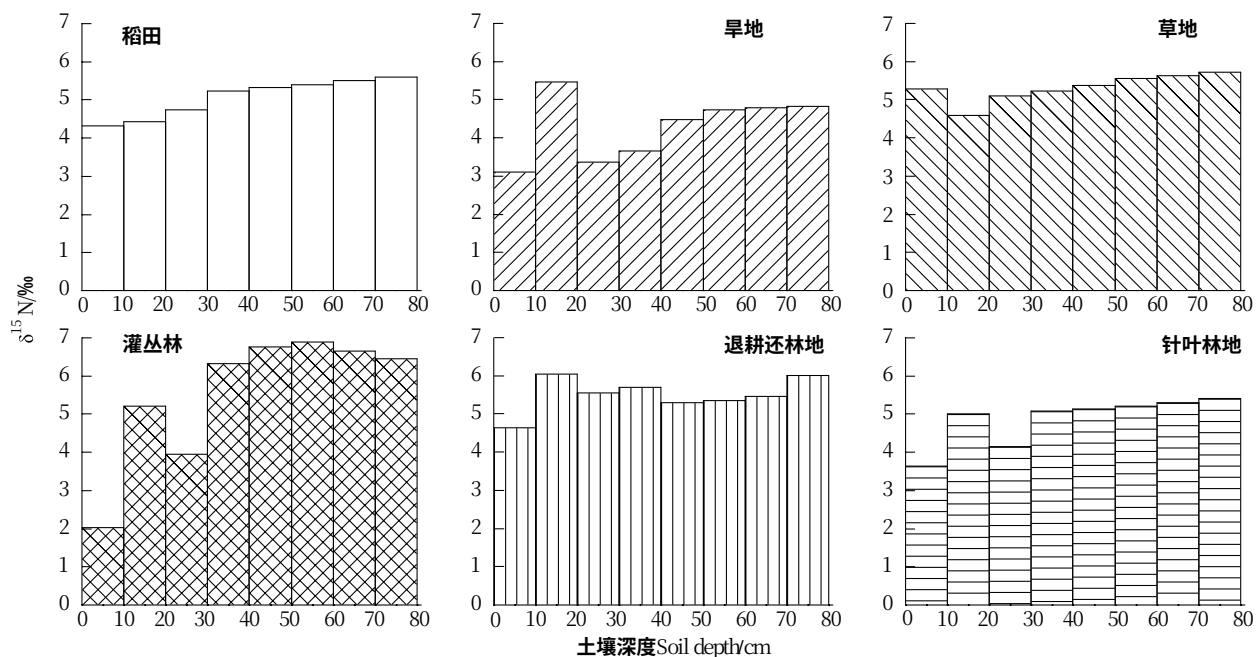


图 1 灰岩区不同土壤剖面 $\delta^{15}\text{N}$ 垂直变化

Fig. 1 Disparities of soil $\delta^{15}\text{N}$ values in different profiles in limestone area

3 讨论

新鲜植物体落到地面受微生物作用腐烂分解,微生物一般优先吸收同化 ^{14}N 氮化合物,故植物残体氮同位素比叶片偏高^[1]。植物残体和微生物体是土壤系统有机氮的主要输入者,因而其对土壤氮同位素有重要影响。图2为土壤 $\delta^{15}\text{N}$ 与上覆植被叶片 $\delta^{15}\text{N}$ 相关性图,从图中可以看出上覆植被叶片的 $\delta^{15}\text{N}$ 与表层土壤(0—20 cm)成正相关,相关系数达0.9,而与20—40 cm层土壤相关性较差。由此可见,植被类型是影响表层土壤氮同位素组成的重要因素。

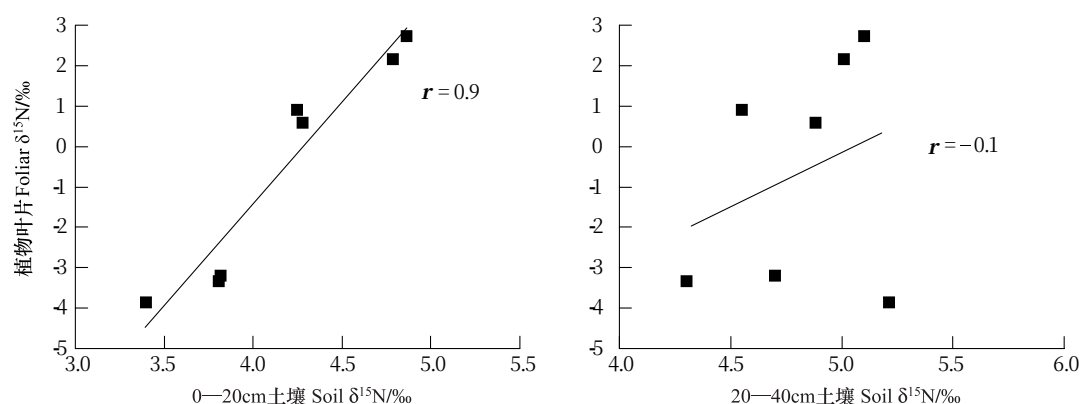


图2 土壤 $\delta^{15}\text{N}$ 与上覆植被叶片 $\delta^{15}\text{N}$ 的相关性

Fig. 2 The correlation of $\delta^{15}\text{N}$ values between soils and covering plant leaves

土壤有机氮同位素还受到矿化作用影响,而影响土壤有机氮矿化的因素主要有环境因子(温度和水分),土壤质地、pH值、碳氮比和矿质氮含量,以及凋落物和土壤动物、微生物等^[13]。受较低 $\delta^{15}\text{N}$ 的植物残体的影响,0—10 cm层土壤有机氮相对于其它土壤层表现为贫化 ^{15}N 。10—20 cm层土壤受枯枝落叶层影响减弱但其微生物活动较为强烈,故其 ^{15}N 会发生富集。20—30 cm随微生物活动减弱,土壤 $\delta^{15}\text{N}$ 有所降低。随着土层深度的增加,土壤有机质含量迅速降低,其矿化分解程度逐渐升高,有机氮库的 ^{15}N 不断富集,这种变化特征与许多文献研究是相同的^[14-15]。

一般地,土壤氮同位素分馏与土壤pH值成正相关,而与土壤有机质含量和碳氮比(C/N)成反相关^[16]。砂岩区土壤质地为砂质壤土,其砂质土壤团粒稳定性差,不利于有机氮的保护,导致20 cm以下土层有机质含量显著降低且得不到补充(图3),有机氮矿化程度相对较高,其氮同位素分馏较大,表现为 ^{15}N 富集效应。草地和针叶林地具有较低pH值(图3),故其剖面土壤层氮同位素分馏较小。稻田和旱地与灌丛林和退耕还林土壤都具有较高的pH值、有机质含量和C/N(图3和图4),但是由于农业施肥活动减缓了土壤中原有含氮有机物的分解,使得稻田和旱地土壤的 $\delta^{15}\text{N}$ 相对较低。由此可知,耕作土壤 $\delta^{15}\text{N}$ 比天然土壤和退耕还林地土壤偏低,这与Broadbent等^[6]的研究是一致的。

灌丛土壤为典型的石灰土,在我国西南岩溶区分布较为广泛,其土壤系统上部质地较轻,孔隙度高,有利于表层有机氮向下迁移,但其下部土壤质地变重,孔隙度变低,土壤有机氮矿化程度较高,使得其 $\delta^{15}\text{N}$ 偏高。我国西南岩溶区长期受热带和亚热带气候影响,强烈的化学淋溶作用使得风化物中较高的粘粒($< 0.001\text{ mm}$)发生垂直下移,形成上松(上层质地轻,孔隙度高,可达50%,水分容易下渗)下粘(质地粘重,孔隙度低,渗透性小)的一个物理性状不同的界面^[17]。因此,岩溶土壤上部环境相对开放,有利于表层贫化 ^{15}N 的有机氮向下迁移补充有机氮,降低其 $\delta^{15}\text{N}$,而土壤层下部相对封闭,土壤有机氮矿化程度较大,其 $\delta^{15}\text{N}$ 较高。

4 结论

土壤氮同位素受到气候、地质、植被以及人类活动等因素影响而具有横向和垂向分异特征。表层土壤氮同位素与植物体氮同位素具有显著相关性,可见植物体是土壤氮素的主要来源,上覆植被类型直接制约着表层土壤的氮同位素组成,使得不同植被类型下的土壤氮同位素具有很大差异。地质条件也是影响氮同位素分

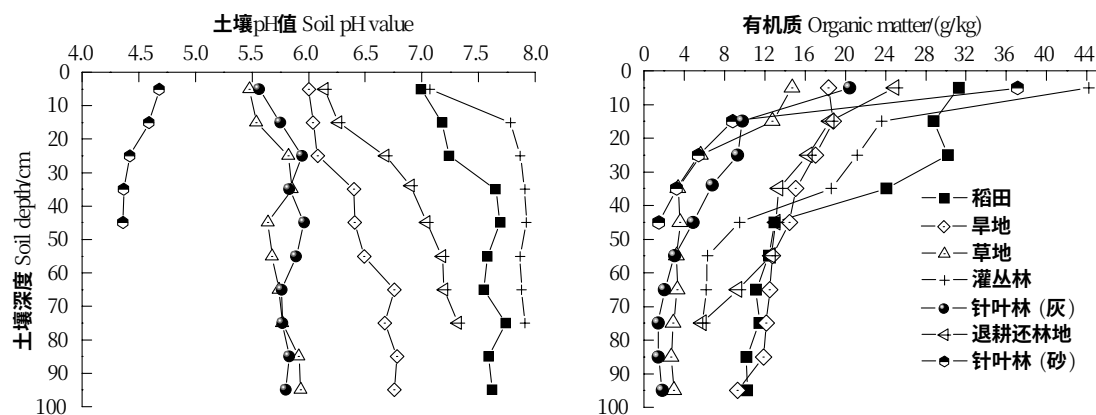


图3 不同土壤剖面 pH 值和有机质含量变化

Fig. 3 Variation of soil pH values and organic matter contents in different profiles

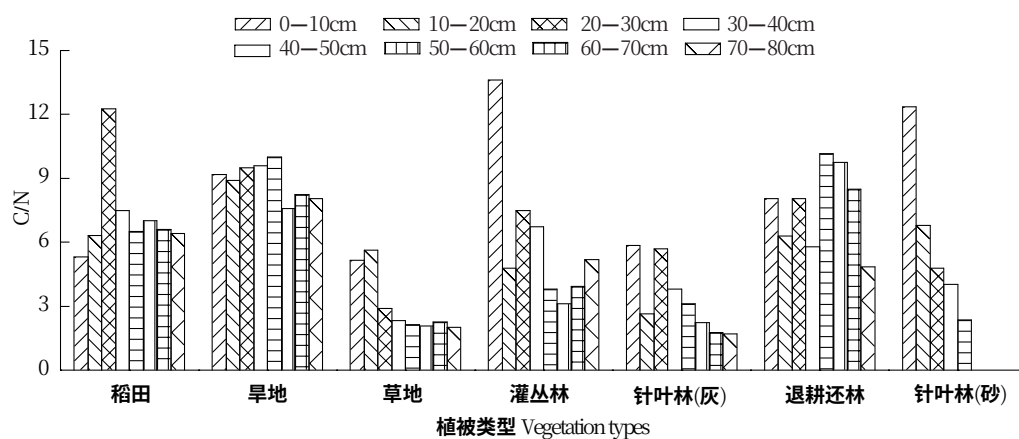


图4 不同土壤剖面 C/N 变化

Fig. 4 Variation of soil C/N in different profiles

布的重要因素,砂岩区土壤氮同位素除表层贫化 ^{15}N 外,其余各层均富集 ^{15}N ,但垂直分异较小。岩溶区土壤氮同位素具有明显的垂直变异特征,特别是灌丛林,总体表现为40 cm以上的土壤主要受植物残体影响而贫化 ^{15}N ,且变化较大,而40 cm以下土壤受较强的矿化作用影响而富集 ^{15}N 。除受植被类型影响外,土壤氮同位素还广泛受到土壤质地、结构、pH值、有机质含量、碳氮比和农业施肥活动等因素共同影响。岩溶区土壤具有土层较薄、偏碱、富钙、高粘粒含量的物理化学特征,使得土壤氮同位素横向和垂向分异较非岩溶区土壤更为复杂。

致谢:感谢中国地质科学院岩溶地质所张强和西南大学地理科学院杨勋林、孙玉川、张治伟、曹敏、林涛、杨雷和毛海红给予的帮助。

References:

- [1] Nadelhoffer K J, Fry B. Nitrogen isotope studies in forest ecosystems // Lajtha K, Michener R H, eds. Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science. Boston: Blackwell Scientific Publications, 1994: 22-44.
- [2] Robinson D. $\delta^{15}\text{N}$ as an integrator of the nitrogen cycle. Trends in Ecology and Evolution, 2001, 16(3): 153-162.
- [3] Högberg P. Tansley review no. 95 ^{15}N natural abundance in soil-plant systems. New Phytologist, 1997, 137(2): 179-203.
- [4] Liu W G, Wang Z. Nitrogen isotopic composition of plant-soil in the Loess Plateau and its responding to environmental change. Chinese Science Bulletin, 2009, 54(2): 272-279.

- [5] Liu X Z, Wang G A, Li J Z, Wang Q. Nitrogen isotope composition characteristics of modern plants and their variations along an altitudinal gradient in Dongling Mountain in Beijing. *Science China Earth Sciences*, 2010, 53(1): 128-140.
- [6] Broadbent F E, Rauschkolb R S, Lewis K A, Chang G Y. Spatial variability of nitrogen-15 and total nitrogen in some virgin and cultivated soils. *Soil Science Society of America Journal*, 1980, 44(3): 524-527.
- [7] Fang Y T, Yoh M, Koba K, Zhu W X, Takebayashi Y, Xiao Y H, Lei C Y, Mo J M, Zhang W, Lu X K. Nitrogen deposition and forest nitrogen cycling along an urban-rural transect in southern China. *Global Change Biology*, 2011, 17(2): 872-885.
- [8] Wang Z J, Yang P H, Kuang Y L, He Q F, Yuan W H, Yuan D X. Temporal and spatial variations of the nitrate-nitrogen sources in an underground river using ^{15}N isotope technique. *Environmental Science*, 2009, 30(12): 3548-3554.
- [9] Cao J H, Yuan D X, Pan G X. Some soil features in karst ecosystem. *Advance in Earth Sciences*, 2003, 18(1): 37-44.
- [10] Yuan D X. *Karst of China*. Beijing: Geological Publishing House, 1994: 1-2.
- [11] He Y B, Zang X B, Wen A B. Discussion on karst soil erosion mechanism in karst mountain area in southwest China. *Ecology and Environment*, 2009, 18(6): 2393-2398.
- [12] Lu R K. *Soil Agricultural Chemistry Analysis Methods*. Beijing: China Agriculture Press, 2000: 13-13, 107-107, 147-147.
- [13] Li C G, Han X G, Huang J H, Tang J W. A review of affecting factors of soil nitrogen mineralization in forest ecosystems. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(7): 1187-1195.
- [14] Nadelhoffer K J, Fry B. Controls on natural nitrogen-15 and carbon-13 abundances in forest soil organic matter. *Soil Science Society of America Journal*, 1988, 52(6): 1633-1640.
- [15] Högborg P, Högbom L, Schinkel H, Högborg M, Johannisson C, Wallmark H. ^{15}N abundance of surface soils, roots and mycorrhizas in profiles of European forest soils. *Oecologia*, 1996, 108(2): 207-214.
- [16] Boeckx P, Paulino L, Oyarzún C, van Cleemput O, Godoy R. Soil $\delta^{15}\text{N}$ patterns in old-growth forests of southern Chile as integrator for N-cycling. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 2005, 41(3): 249-259.
- [17] Li Y B, Wang S J, Li R L. Some soil features of karst ecosystem. *Ecology and Environment*, 2004, 13(3): 434-438.

参考文献:

- [8] 汪智军, 杨平恒, 旷颖伦, 贺秋芳, 袁文昊, 袁道先. 基于 ^{15}N 同位素示踪技术的地下河硝态氮来源时空变化特征分析. *环境科学*, 2009, 30(12): 3548-3554.
- [9] 曹建华, 袁道先, 潘根兴. 岩溶生态系统中的土壤. *地球科学进展*, 2003, 18(1): 37-44.
- [10] 袁道先. *中国岩溶学*. 北京: 地质出版社, 1994: 1-2.
- [11] 何永彬, 张信宝, 文安邦. 西南喀斯特山地的土壤侵蚀研究探讨. *生态环境学报*, 2009, 18(6): 2393-2398.
- [12] 鲁如坤. *土壤农业化学分析方法*. 北京: 中国农业科技出版, 2000: 13-13, 107-107, 147-147.
- [13] 李才贵, 韩兴国, 黄建辉, 唐建维. 森林生态系统土壤氮矿化影响因素研究进展. *生态学报*, 2001, 21(7): 1187-1195.
- [17] 李阳兵, 王世杰, 李瑞玲. 岩溶生态系统的土壤. *生态环境*, 2004, 13(3): 434-438.

CONTENTS

Marine ecological capital: valuation of standing stock of marine living resources	REN Dachuan, CHEN Shang, XIA Tao, et al (4805)
Effect of Endophytic fungi on growth and photosynthetic characteristics of <i>Achnatherum sibiricum</i>	JIA Tong, REN Anzhi, WANG Shuai, et al (4811)
Based on image processing technology estimating leaves stomatal density of <i>Populus euphratica</i> and analysis of its ecological significance	JIAN Shengqi, ZHAO Chuanyan, ZHAO Yang, et al (4818)
Evaluation of the ecological instream flow in the Yellow River basin with hydrological alterations	ZHANG Qiang, LI Jianfeng, CHEN Xiaohong, et al (4826)
The ecological effects of <i>Suaeda salsa</i> on repairing heavily degraded coastal saline-alkaline wetlands in the Yellow River Delta	GUAN Bo, YU Junbao, LU Zhaohua, et al (4835)
Toxicity risks to the closed tidal flat ecosystem of a PCBs waste savepoint at the coast of Zhejiang	HE Shanying, CHEN Kunbai (4841)
Methane emission from a <i>Carex</i> -dominated wetland in Poyang Lake	HU Qiwei, ZHU Lili, XING Ruixin, et al (4851)
The study on Ice-fish Resources in the Three Gorges Reservoir	SHAO Xiaoyang, LI Daofeng, TAN Lu, et al (4858)
Effects of acute cold stress on serum biochemical and immune parameters and liver HSP70 gene expression in GIFT strain of Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	LIU Bo, WANG Meiyao, XIE Jun, et al (4866)
Acute toxicity and effect of Cd ²⁺ on life table demography of <i>Brachionus angularis</i> and <i>Keratella valga</i>	XU Dandan, XI Yilong, MA Jie, et al (4874)
The association of BDNF gene polymorphisms with normal behavior traits in house-hold sika deer (<i>Cervus nippon</i>)	LÜ Shenjin, YANG Yan, WEI Wanhong (4881)
Characteristics and controlling factors of photosynthesis in a maize ecosystem on the North China Plain	TONG Xiaojuan, LI Jun, LIU Du (4889)
The soil macrofaunal community structure under a long-term fertilization in wheat field	GU Yanfang, ZHANG Li, DING Shengyan, et al (4900)
Effect of earthworms on the photosynthetic characteristics of wetland plants and their capacity to purify wastewater	XU Defu, LI Yingxue, WANG Ranghui, et al (4907)
Toxicity of three pesticides and their effects on carboxylesterase activity of <i>Propiloscerus akamusi</i>	FANG Guofei (4914)
Reproductive behavior character and sexual tendency of the adult <i>Zeuzera leuconotum</i> Butler (Lepidoptera: Cossidae)	LIU Jinlong, ZONG Shixiang, ZHANG Jintong, et al (4919)
Effects of herbicides stress on the population of alligator weed flea beetles, <i>Agasicles hygrophila</i> (Col.: Chrysomelidae) and corresponding strategies	LIU Yufang, PENG Meifang, WANG Chengchao, et al (4928)
Patterns of fruit and seed production and ecological significance in desert species <i>Eremosparton songoricum</i> (FABACEAE)	SHI Xiang, WANG Jiancheng, ZHANG Daoyuan, et al (4935)
Effect of different nitrogen supply on the temporal and spatial distribution and remobilization of canopy nitrogen in winter wheat under limited irrigation condition	HAO Baozhen, JIANG Lina, FANG Baoting, et al (4941)
Plant architecture characteristics of <i>Haloxylon ammodendron</i> and <i>Haloxylon persicum</i> in Zhungar Basin	WANG Lijuan, SUN Dongyuan, ZHAO Chengyi, et al (4952)
Downscaling land surface temperature based on relationship between surface temperature and vegetation index	NIE Jianliang, WU Jianjun, YANG Xi, et al (4961)
Differential characteristics of soil δ ¹⁵ N under varying vegetation in karst areas	WANG Zhijun, LIANG Xuan, HE Qiufang, et al (4970)
Effect of nitrogen application rate on growth and leaf photosynthetic characteristics of <i>Jatropha curcas</i> L. seedlings	YIN Li, HU Tingxing, LIU Yongan, et al (4977)
Seasonal variations in leaf C, N, and P stoichiometry of typical plants in the Yangou watershed in the loess hilly gully region	WANG Kaibo, SHANGGUAN Zhouping (4985)
Clonal integration enhances the ability to scavenge reactive oxygen species in root of <i>Cynodon dactylon</i> subjected to submergence	LI Zhaojia, YU Jie, FAN Dayong, et al (4992)
Pattern of flow-covered sand-fixing woodland and its windbreak effect	YANG Wenbin, DONG Huilong, LU Qi, et al (5000)
Evaluation of soil and water conservation capacity of different forest types in Dongling Mountain	MO Fei, LI Xuyong, HE Shuxia, et al (5009)
Changes in structural components and respiration rates of coarse woody debris at the initial decomposition stage for 11 temperate tree species	ZHANG Limin, WANG Chuankuan, TANG Yan (5009)
Characteristics of nutrient cycling in first and second rotations of Chinese fir plantations	TIAN Dalun, SHEN Yan, KANG Wenxing, et al (5025)
The optimal design of a connected nature reserve network	WANG Yicheng (5033)
Sub-areas compartmentalization of Changjiang Estuary based on the natural geographical characteristics	LIU Lusan, ZHENG Binghui, MENG Wei, et al (5042)
The environmental and economic influence of coal-electricity integration exploitation in the Xilingol League	WU Di, DAI Fangzhou, YAN Yan, et al (5055)
Review and Monograph	
The influence of diversity changes of ecological conditions on the survival of honey bees	HOU Chunsheng, ZHANG Xuefeng (5061)
Scientific Note	
The spatio-temporal change in the secondary production of macrozoobenthos in the intertidal zone of Jiaozhou Bay	ZHANG Chongliang, XU Binduo, REN Yiping, et al (5071)
The studying system construction of wetland parks	WANG Lilong, LU Lin (5081)
Ecological footprint analysis of a semi-arid grassland region facilitates assessment of its ecological carrying capacity: a case study of Xilinguole League	YANG Yan, NIU Jianming, ZHANG Qing, et al (5096)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 31 卷 第 17 期 (2011 年 9 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 17 2011

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@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.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