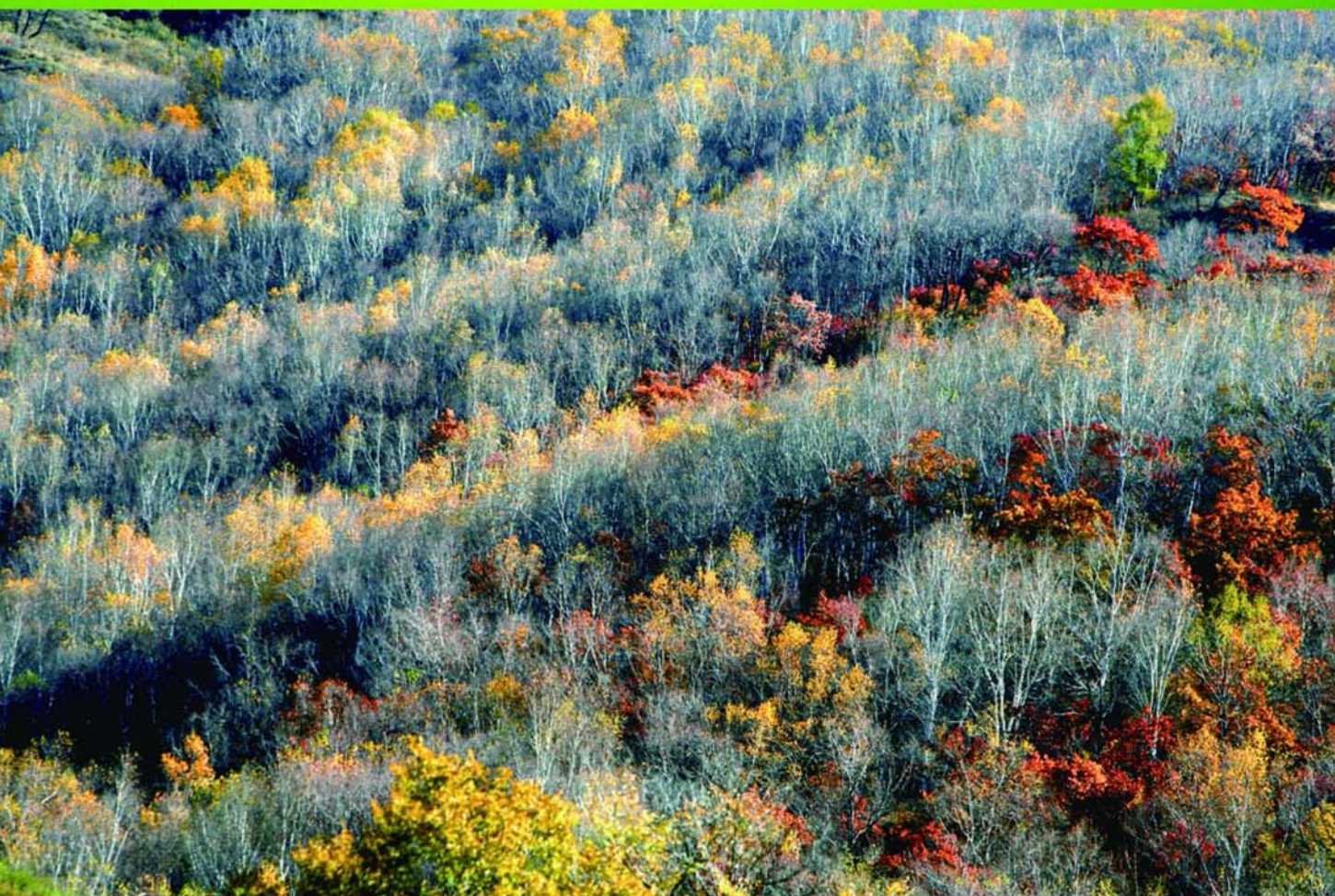


ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第16期 Vol.31 No.16 **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 16 期

2011 年 8 月 (半月刊)

目 次

人工和天然湿地芦苇根际土壤细菌群落结构多样性的比较·····	汪仲琼,王为东,祝贵兵,等 (4489)
不同土壤水分下山杏光合作用光响应过程及其模拟·····	郎 莹,张光灿,张征坤,等 (4499)
不同颜色遮阳网遮光对丘陵茶园夏秋茶和春茶产量及主要生化成分的影响·····	秦志敏,付晓青,肖润林,等 (4509)
镉胁迫对烟草叶激素水平、光合特性、荧光特性的影响·····	吴 坤,吴中红,邵付菊,等 (4517)
条浒苔和缘管浒苔对镉胁迫的生理响应比较·····	蒋和平,郑青松,朱 明,等 (4525)
盐胁迫对拟南芥和盐芥莲座叶芥子油苷含量的影响·····	庞秋颖,陈思学,于 涛,等 (4534)
长期双季稻绿肥轮作对水稻产量及稻田土壤有机质的影响·····	高菊生,曹卫东,李冬初,等 (4542)
基于水量平衡下灌区农田系统中氮素迁移及平衡的分析·····	杜 军,杨培岭,李云开,等 (4549)
苏北海滨湿地互花米草种子特征及实生苗生长·····	徐伟伟,王国祥,刘金娥,等 (4560)
基于 AnnAGNPS 模型的三峡库区秭归县非点源污染输出评价·····	田耀武,黄志霖,肖文发 (4568)
镉污染对不同生境拟水狼蛛氧化酶和金属硫蛋白应激的影响·····	张征田,庞振凌,夏 敏,等 (4579)
印度洋南赤道流区水体叶绿素 a 的分布及粒级结构·····	周亚东,王春生,王小谷,等 (4586)
长江口滩涂围垦后水鸟群落结构的变化——以南汇东滩为例·····	张 斌,袁 晓,裴恩乐,等 (4599)
应用鱼类完整性指数 (FAII) 评价长江口沿岸碎波带健康状况·····	毛成贵,钟俊生,蒋日进,等 (4609)
基于渔业调查的南极半岛北部水域南极磷虾种群年龄结构分析·····	朱国平,吴 强,冯春雷,等 (4620)
水稻模型 ORYZA2000 在湖南双季稻区的验证与适应性评价·····	莫志鸿,冯利平,邹海平,等 (4628)
旱地农田不同耕作系统的能量/碳平衡·····	王小彬,王 燕,代 快,等 (4638)
宁夏黄灌区稻田冬春休闲期硝态氮淋失量·····	王永生,杨世琦 (4653)
太湖沉积物有机碳与氮的来源·····	倪兆奎,李跃进,王圣瑞,等 (4661)
日偏食对乌鲁木齐空气可培养细菌群落的影响·····	马 晶,孙 建,张 涛,等 (4671)
灰飞虱与褐飞虱种内和种间密度效应比较·····	吕 进,曹婷婷,王丽萍,等 (4680)
圈养马来熊行为节律和时间分配的季节变化·····	兰存子,刘振生,王爱善,等 (4689)
塔里木荒漠河岸林干扰状况与林隙特征·····	韩 路,王海珍,陈加利,等 (4699)
珍稀植物伯乐树一年生更新幼苗的死亡原因和保育策略·····	乔 琦,秦新生,邢福武,等 (4709)
垃圾堆肥复合菌剂对干旱胁迫下草坪植物生理生态特性的影响·····	多立安,王晶晶,赵树兰 (4717)
CLM3.0-DGVM 中植物叶面积指数与气候因子的时空关系·····	邵 璞,曾晓东 (4725)
基于生态效率的辽宁省循环经济分析·····	韩瑞玲,佟连军,宋亚楠 (4732)
专论与综述	
土壤食物网中的真菌/细菌比率及测定方法·····	曹志平,李德鹏,韩雪梅 (4741)
生态社区评价指标体系研究进展·····	周传斌,戴 欣,王如松,等 (4749)
问题讨论	
不同胁迫条件下化感与非化感水稻 PAL 多基因家族的差异表达·····	方长甸,王清水,余 彦,等 (4760)
研究简报	
钦州湾大型底栖动物生态学研究·····	王 迪,陈丕茂,马 媛 (4768)
人工恢复黄河三角洲湿地土壤碳氮含量变化特征·····	董凯凯,王 惠,杨丽原,等 (4778)
基于地统计学丰林自然保护区森林生物量估测及空间格局分析·····	刘晓梅,布仁仓,邓华卫,等 (4783)
晋西黄土区辽东栎、山杨树干液流比较研究·····	隋旭红,张建军,文万荣 (4791)
小兴安岭典型苔草和灌木沼泽 N ₂ O 排放及影响因子·····	石兰英,牟长城,田新民,等 (4799)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 316 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2011-08	



封面图说: 在长白山麓低海拔地区的晚秋季节,成片的白桦林用无数根白色的树干、树枝烘托着林冠上跳动的金黄色叶片,共生的柞木树冠用更浓重的颜色显示了它的存在,整个山梁层林尽染,秋意浓浓。

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

王永生, 杨世琦. 宁夏黄灌区稻田冬春休闲期硝态氮淋失量. 生态学报, 2011, 31(16): 4653-4660.

Wang Y S, Yang S Q. The nitrate-nitrogen leaching amount in paddy winter-spring fallow period. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(16): 4653-4660.

宁夏黄灌区稻田冬春休闲期硝态氮淋失量

王永生, 杨世琦*

(中国科学院农业环境与可持续发展研究所, 农业部农业环境与气候变化重点开放实验室, 北京 100081)

摘要:对宁夏黄灌区稻田设置不同有机肥处理: 常规施肥(CK); 常规施肥条件下分别施用 4500 kg/hm²(T₁) 与 9000 kg/hm²猪粪(T₂), 采用树脂芯法测定了稻田冬春休闲期 30 cm、60 cm、90 cm 处的硝态氮流失量。结果表明, 常规施肥条件下, 90 cm 处硝态氮淋失量最大, 分别为 T₁、T₂ 的 1.10 与 1.13 倍; 在常规施肥基础上增施猪粪, 硝态氮最大淋失量出现在 60 cm 土层, T₁、T₂ 的流失量分别为 4.47 kg/hm² 与 4.21 kg/hm², 分别为该层 CK 淋失量的 1.50 与 1.42 倍。灌区稻田常规施肥基础上增施有机肥, 能够减少硝态氮向深层淋失; 但 60 cm 土层处硝态氮淋失量增加, 为硝态氮的深层淋失提供了基础, 但在灌区水旱轮作模式下, 夏季旱作灌水量明显减少, 加之作物吸收, 硝态氮淋失也将明显降低。

关键词:硝态氮; 淋失量; 树脂芯; 有机肥

The nitrate-nitrogen leaching amount in paddy winter-spring fallow period

WANG Yongsheng, YANG Shiqi*

(Key Laboratory of Agro-Environment and Climate Change, Ministry of Agricultural, Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: Fertilizer nitrogen mainly remains in the form of nitrate nitrogen. If not taken up by crops, it will be leached downward to subsoil by rainfall and irrigation water, negatively impacting soil and water system. Ningxia Irrigation District is the representative irrigation farming region in the upper stream area of the Yellow River. The paddy-upland rotation is still the typical agricultural model in this irrigation district. the crude farming methods are used in the paddy planting, such as uncontrolled irrigation and excessive fertilization, therefore there is a high accumulation of the residual nitrate nitrogen in soil after the harvest. During the long fallow period in the irrigation district; the residual nitrate nitrogen tends toward leaching due to freeze-thaw and wind erosion under the condition of winter irrigation in order to keep the soil moistures. The resin core technique has been applied to study the nitrogen mineralization in recent years. This method can absorb the leaching nitrate nitrogen directly and do not need to estimate the leakage; moreover causes slight disturbance to the soil, and therefore has been considered as an ideal method to study the nitrate nitrogen leaching losses in field. A filed experiment was conducted in paddy of Ningxia Yellow River irrigation district with three treatments including normal fertilization (CK), 4500 kg/hm² (T₁) and 9000 kg/hm² (T₂) pig manure, respectively, on the basis of the normal fertilization. The undisturbed soil columns were obtained by driving the different length stainless steel tube into the soil vertically after the harvest. The stainless steel tubes are 42, 52, 102 centimeter long and the length of the wedge surface is 10 centimeter. The three different length stainless steel tubes are one unit; three units were set up for each experimental plot. The cut-and-dried aluminum plastic plate, resin bag, aluminum plastic plate, antiskid axis were sequentially enclosed in after removing the 2 centimeter soil at the bottom. The stainless steel tubes were cultivated on the original place. The soil samples, collected around the stainless steel tubes, were classified into 3 groups according to depth (0—30, 30—60 and

基金项目:国家水体污染与治理科技重大专项(2008ZX07212-004-01); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金

收稿日期:2010-08-12; **修订日期:**2011-01-18

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

60—90 cm)。The soil nitrate-nitrogen, ammonium nitrogen, organic matter and active organic matter content were measured at the start and end of the assay. The nitrate nitrogen leaching losses of soil at the depth of 30, 60, 90 cm were measured by the method of resin core in the fallow period. For the normal fertilization, the largest nitrate nitrogen leaching loss was found at the depth of 90 centimeter, which is 1.10 and 1.13 fold higher than T_1 and T_2 , respectively. However, the largest nitrate-nitrogen leaching losses in T_1 and T_2 appeared at the depth of 60 centimeter, which are 4.47 kg/hm² and 4.21 kg/hm² respectively, and 1.50 and 1.42 fold increases compared to CK, respectively. Application of organic manure can reduce the nitrate nitrogen to leach downward to subsoil on the basis of the normal fertilization. The increase nitrate nitrogen leaching losses at the depth of 60 cm seems to facilitate the further leaching, however, in the mode of the paddy-upland rotation, because the irrigation amount is normally reduced during the upland period and also the nitrate nitrogen is absorbed by crops, the leaching losses will thus be significantly decreased.

Key Words: nitrate- nitrogen; leaching amount; resin-core; organic fertilizer

目前农田土壤硝酸盐的淋失被认为是造成地下水硝酸盐污染的主要原因。国内外对农田土壤 N 素移动的研究,田间自然条件下主要采用:1) 深层取样法;2) 暗管排水法^[1];3) 真空抽取法^[2];4) 渗漏计法^[3];5) 小型侧坑^[4]。室内主要通过装填土柱,应用基础数据构建相应模型,对农田 N 素淋失进行模拟。田间方法虽然可以得到土壤溶液中各种 N 素的浓度,但不能够准确得到渗漏量数据,对于准确评价 N 素渗漏损失具有一定的局限性;室内研究设定条件难以模拟自然状态下土壤实际情况,模型的适用范围具有很大的局限性,难以真实反应农田 N 素的淋失情况。

离子吸附树脂法在土壤 N 素上的研究日渐增多,应用较多的是树脂袋、树脂芯以及树脂膜法^[5-9]。树脂袋与树脂芯方法主要应用于森林和草原 N 素的净矿化速率、N 素有效性研究,而且研究深度也仅限于 0—20 cm 土层;树脂膜法虽然在土壤硝态氮的吸附上有所应用,但由于其交换量小,埋置时间短暂,研究也多集中在实验室内盆栽与模拟。树脂法测定硝态氮的水平与直接采集土壤或测定土壤渗漏水的结果基本一致^[10-12]。

目前这些研究大多集中于作物生长期 N 素淋失方面,对农田休闲期 N 素的移动流失关注不足。一些相关研究^[13]也发现,作物收获后滞留在田间的硝态氮,在整个冬季经微生物分解的大约为 73 kg/hm²,次年春季全部流失出根际。宁夏灌区稻田 9 月底收获基本结束,10 月底到 11 月初开始冬灌,11 月上旬封冻,来年 3 月初种植春小麦,或者 4 月底开始泡田,种植水稻。稻麦轮作休闲期在 150 d 左右,特殊年份稻稻模式,休闲期达到 210 d 左右,休闲期时间长,加之保墒而进行冬灌,经过冻融风蚀,N 素得到释放,所以此段时期也是硝态氮淋失可忽略的阶段期。针对以上问题,本研究将树脂芯法加以改进,并将此方法引入农田土壤尺度,测量深度也增加到 90 cm 土层,对稻田冬春休闲期不同土壤层次淋失的硝态氮进行直接吸附,避免了因估算渗漏量而带来的误差。

1 研究方法

1.1 研究地概况

黄河上游宁夏灌区是我国灌溉农业的精华区,但当前生产者仍然采用“大引大排”和过量施肥等粗放的农作方式,造成的面源污染对黄河水质构成了极大威胁。2007 年黄河宁夏段水质为Ⅲ—Ⅳ级,其中造成超标的污染物主要为 N^[14]。试验小区位于宁夏灵武农场,土壤类型为灌淤土。年均气温 8.9℃,无霜期 152 d,年蒸发量 1762.9 mm,多年平均降雨量 192.9 mm。年内水量分配不均,春季占 18.2%,夏季占 58%,秋季占 21%,冬季仅占 2.1%。种植方式以水稻-小麦轮作为主,农田退水主要以明排、侧渗为主,退水直接进入西大沟,汇入黄河。

1.2 试验方法

改进的树脂芯法采用 76 mm(直径)×0.82 mm(管壁厚度)的不锈钢管(高度可以根据测定层次设定);方便将管子打入地下的钢盖以及用于提取的把手;利用 60 目尼龙网制作的 8 cm×8 cm 树脂袋(内装有 15 g 氯

型,强碱性阴离子树脂);两片直径为 74 mm 的铝塑板(铝塑板上打有 13 个直径为 3 mm 的小孔),装置见图 1。管子下部的楔面,方便将管子打入土体,钢盖可以保证管子在打入土壤过程中不被冲力打卷,树脂袋上下的两片铝塑板可以防止上下层土壤对树脂袋的污染,同时铝塑板上的小孔可以保证土壤溶液的通过;管子中间打孔,方便管子两侧土壤溶液进入管内,尽量减少管内外差异;底部防滑轴,可以防止管子提取过程中树脂袋脱落到土体内。

1.3 实验方案及样品采集

田间小区面积为 200 m²,CK 为宁夏灌区常规施肥,T₁、T₂ 分别为在稻田春季翻耕平整前,增施 4500、9000 kg/hm²猪粪,设 3 个重复。猪粪的营养含量为有机质 25.17%,全氮为 0.29%,硝态氮含量为 8.88 mg/kg,铵态氮含量为 732.13 mg/kg。每个小区四周开沟,压 120 cm 塑料膜,土壤回填并用水泥起田埂,水泥埂高田面 40 cm。水稻收获后 3 个处理的土壤基本理化性质见表 1。

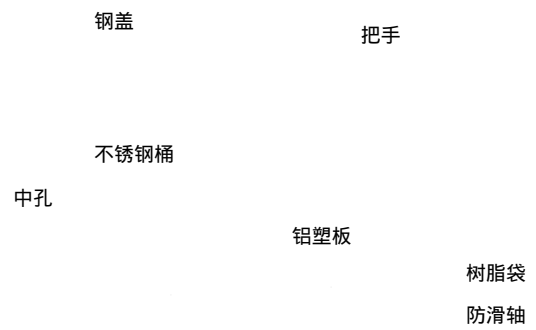


图 1 改进的树脂芯装置图
Fig. 1 The improved device figure of the resin-core

表 1 供试土壤基本理化性状
Table 1 Physical and chemical properties of experimental soil

处理 Treatments	土层/cm Soil layer	容重/(g/cm ³) Bulk density	有机质/(g/kg) Organic matter	全氮/(g/kg) Total N	速效氮/(mg/kg) Available N
CK	0—30	1.57	14.47	0.87	96.33
T ₁	0—30	1.53	15.25	0.89	101.28
T ₂	0—30	1.51	15.67	0.92	106.37

吸附实验自 2009 年 10 月 16 日开始,在小区内垂直打入长度为 42、52、102 cm(楔面长 10 cm)的不锈钢管,管子上部与地面齐平,3 个管子为一排,相互间隔 2 m,每小区沿对角线设置 3 个重复。利用把手将不锈钢管从地下提出,用螺丝刀剔除管子底部 2 cm(楔面以上)厚的土壤后,依次放入事先准备好的铝塑板-树脂袋-铝塑板-防滑轴,然后回填楔面土壤,小心地将不锈钢管插入原处进行培养。在树脂管周围 1 m 内选取 3 点打取 0—30、30—60、60—90 cm 土壤分层混匀后,装入自封袋。实验于 2010 年 4 月 14 日结束,取回上一次树脂管中放置的树脂袋,取回的树脂袋与土样保存在-4℃冰箱中。

1.4 样品分析与计算方法

土壤水分用烘干法测定;树脂吸附硝态氮与土壤硝态氮、铵态氮用 1 mol/L KCL 溶液浸提,浸提液用流动分析仪测定。不同土壤层次硝态氮淋失量利用下面公式计算:

$$\text{硝态氮淋失量 (kg/hm}^2\text{)} = \text{树脂吸附硝态氮含量 (kg)} / \text{树脂管面积 (m}^2\text{)} \times 10000 (\text{m}^2)$$

实验前对树脂吸附硝态氮的能力与吸附量分别进行了测定,经测定树脂对硝态氮的吸附能力为 93%,吸附量为每克干树脂吸附 0.8 mg 硝态氮。采用 Microsoft Excel 2003 进行数据处理,采用 SAS(8.0)进行方差分析和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 稻田冬春休闲期硝态氮淋失量

在宁夏黄灌区稻田冬前浅耕灌水,因融冻交替,能使土块松散,同时可以稳定地温,利于保温保墒。为了蓄足底墒,在封冻与停水前灌水,灌水量约为 2500—3000 m³/hm²。

由图 2 可以看出,秋季作物收获后,冬前大水漫灌,各处理硝态氮流失量差异显著。CK 的最大淋失量在

90 cm 土层处,与 30 cm、60 cm 处淋失量差异明显;而增施有机肥的处理 T₁、T₂,最大淋失量在 60 cm 处,分别为 4.47 kg/hm²与 4.21 kg/hm²,显著高于 30 cm 与 90 cm 处的淋失量。3 个处理的最小淋失量都集中于表层(30 cm),其中 CK 在 30 cm 和 60 cm 的淋失量差异不明显。T₂除在 30 cm 处的淋失量稍大于 T₁外,其余各层均略小于 T₁。

每个处理的各层淋失量占本年度施肥总量的百分比见表 2。由表 2 可以看出,经过一季作物的生长,在灌区稻田冬季休闲期灌水保墒,各处理 90 cm 土层的硝态氮淋失不严重,3 个处理的流失比例分别为

0.3281%、0.2982%与 0.2912%。在宁夏灌区特殊的稻旱轮作体系下,夏季旱作,由于灌水量的减少,冬春休闲期淋失的硝态氮下移缓慢,加上作物根系的吸收,对地下水质的威胁较小。通过方差分析(表 3),在 $P<0.01$ 极显著水平下,进行多重比较发现 CK 与 T₁、T₂存在极显著性差异,而增施有机肥的 T₁、T₂之间没有显著性差异。

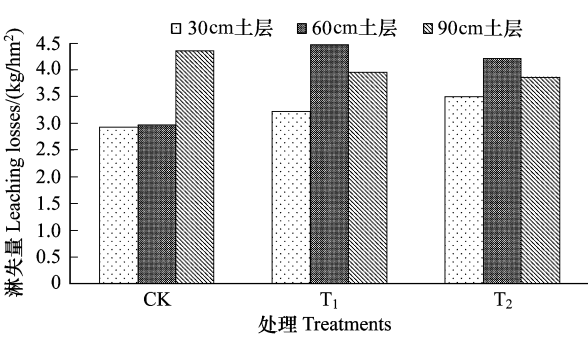


图 2 冬春休闲期硝态氮淋失量

Fig. 2 The nitrate-nitrogen leaching in winter-spring fallow period

表 2 各层淋失量占年度施肥总量的百分比

Table 2 The percentage which the leaching amount account for the annual for the total fertilizing amount			
处理 Treatment	30cm 比例/% The leaching rate of 30cm	60cm 比例/% The leaching rate of 60cm	90cm 比例/% The leaching rate of 90cm
CK	0.2211	0.2237	0.3281
T ₁	0.2432	0.3361	0.2982
T ₂	0.2627	0.3172	0.2912

表 3 90cm 土层处硝态氮淋失量显著性分析

Table 3 Significance analysis of the nitrate-nitrogen leaching amount at the depths of 90cm					
处理 Treatment	均值 Average	与 T ₂ 比较 Contrast with T ₂	与 T ₁ 比较 Contrast with T ₁	F	Pr>F
CK	4.36	0.3978 **	0.4909 **	42.29	0.0003
T ₁	3.96	0.0931			
T ₂	3.87				

* * : $P<0.01$

2.2 淋失量与土壤有机质含量关系

土壤活性有机质(Active Soil Organic Matter, ASOM),是土壤有机质的活性部分,是指土壤中有效性较高、易被土壤微生物分解矿化、对植物养分供应有最直接作用的那部分有机质^[15]。它是在科学家设想能否将有机质如 N、P、K 等养分区分为速效、缓效和全量的过程中被提出的。以下 3 种方法获得的有机质都可以代表 ASOM:1)利用氯仿熏蒸所得的能被微生物分解利用的生物量有机质;2)利用物理方法所得到的轻组有机质;3)利用氧化剂对土壤氧化所得的易氧化有机质^[16]。目前,最常采用的测试方法为,用 0.333 mol/L KMnO₄溶液氧化土壤,并在常温下振荡 1 h^[17],文中即用此法。ASOM 的研究为土壤有机质的研究带来了新的视角,ASOM 在指示土壤质量与土壤肥力变化时,更加灵敏,与土壤中 N 的关系密切,能够更准确的反映各种有机物的矿化速率^[16]。

水稻收获后土壤有机质、活性有机质含量与稻田冬季硝态氮淋失量的关系如图 3 所示。总体来说,各处理间,有机质含量和活性有机质含量差异显著,30 cm 土层硝态氮淋失量与有机质、活性有机质含量呈显著正

相关,相关系数为 0.8623 与 0.8469。由此可以看出,在表层土壤中,随着土壤有机质与活性有机质含量的增加,硝态氮的淋失量呈增加趋势。这说明,增施有机肥的处理,在收获后 30 cm 土层中氮素含量高于 CK,在稻田后期烤田以及收获后的裸露期,土壤中原被固持的 N 素转化为硝态氮,在冬灌的作用下,随水向下层淋失。

2.3 淋失量与土壤硝态氮含量关系

在初次放置树脂管的同时,取周围相应层次土壤,对其硝态氮含量进行测定。CK 在 90 cm 处的硝态氮含量较大,呈现上低下高趋势;而增施有机肥的两个处理,60 cm 处硝态氮含量最大,呈现中间高、两头低的现象。不同层次硝态氮的淋失量都是随着各土层中硝态氮含量的增加而增大(图 4), R^2 达到了 0.9023,具有密切的相关关系,这也表明硝态氮的淋失量受土层中硝态氮含量的影响。

试验中增施的有机肥,对处理中土壤全 N 的贡献率分别为 3.73 kg/hm^2 与 7.46 kg/hm^2 ,其中硝态氮与铵态氮的分别为 0.31% 与 25.25%,无机氮的贡献率较小,但由于有机肥 C/N(50.3)较大,土壤一些暂时盈余的无机 N 被固定,在作物生长需要时,通过矿化作用而释放,从而延缓了盈余 N 素的淋洗,大多被淋洗至 60 cm 土层,而常规施肥条件下,硝态氮则被淋洗到更深的层次。

从图 5 中也可以看出,30 cm 土壤处铵态氮含量都发生了降低,但降低程度不一。对照处理降低程度较大,而增施有机肥的处理变化较小。这也说明有机肥固持的一些多余的 N 素,经过冬春季的冻融,得到了释放,补充了土壤中矿化的铵态氮,同时土壤中释放的铵态氮也不断矿化为硝态氮,增加了土壤中硝态氮的浓度。

Hansen 等^[18]也得出同样的结果。黄沈发等^[19]发现施用有机肥的示范田在 50 cm 处的流失负荷为 24.93 kg/hm^2 ,为不用有机肥处理的 65.88%。王立河等^[20]等发现增施有机肥的土壤,在种植黄瓜的末期,20—60 cm 土层中硝态氮含量降低,而 0—20 cm 中含量继续上升。王艳萍等^[21]研究发现,在同样的有机肥用量下,分两年均匀施用时,硝态氮淋失到桃园根系范围之外的量较少,在一个生长期大量使用有机肥,会造成硝态氮浓度峰的向下推移,淋失风险增大。Maeda 等^[22]也发现,在施用有机肥的前 4a,土壤渗滤液中的硝态氮浓度低于同养分水平下的化学肥料处理,在第 7 年时,与施用化学肥料的处理相当。郭颖等^[23]也发现,在施用 168 kg/hm^2 纯氮的情况下,增施有机肥低于 20 t/hm^2 ,土壤未出现硝态氮显著积累现象。

3 讨论

水稻收获后裸露期,冬季封冻前灌水保墒,一部分被氧化的硝态氮随水下移,经过冻融交替,土壤中硝态

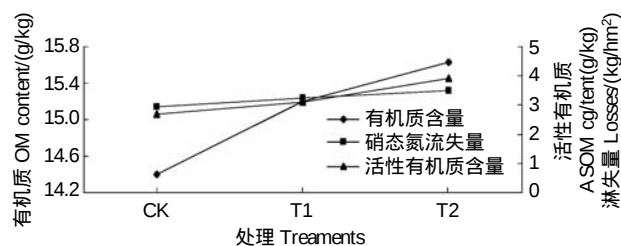


图 3 硝态氮淋失量与土壤有机质和活性有机质含量的关系

Fig. 3 The relation between the nitrate-nitrogen leaching and soil organic matter and active organic matter

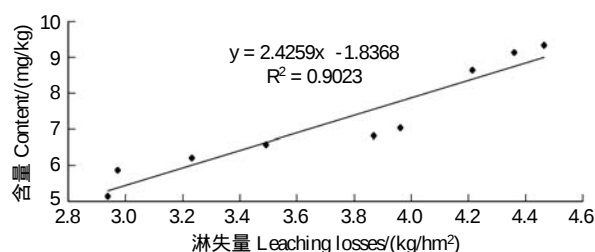


图 4 硝态氮淋失量与硝态氮含量的关系

Fig. 4 The relation between the nitrate-nitrogen leaching and soil nitrate-nitrogen content

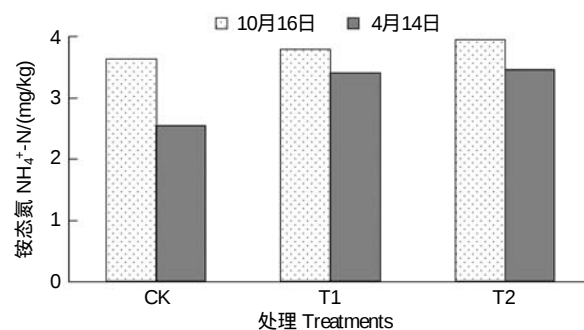


图 5 30cm 土壤铵态氮含量的变化

Fig. 5 The variation of the ammonium nitrogen content in the depth of 30cm soil

氮含量增加,为硝态氮的深层淋失提供了基础,因此,冬春休闲期硝态氮的淋失应当引起重视。在宁夏常规施肥条件下,稻田冬季休闲期灌水保墒,在 30、60、90 cm 土层处的淋失比例分别为 0.2211%、0.2237%、0.3281%,增施猪粪的 T_1 、 T_2 ,硝态氮向下层移动缓慢,淋失主要集中在 60 cm 处,淋失比例分别为 0.3361% 与 0.3172%。在灌区特有的稻旱轮作条件下,不但灌水量有明显减少,而且夏茬作物(小麦或者春玉米)在 90 cm 处的根系带对硝态氮可以有一个吸收再利用的过程,因此,就整个轮作过程来看,冬春休闲时期的硝态氮淋失不会对地下水水质造成威胁。但在特殊的年份,由于春季温度较低,加上降雪等恶劣天气,春麦或者玉米地播种受到影响,也会出现稻稻的种植模式(如 2010 年),在此种植模式下,硝态氮存在继续淋失的可能,需要试验进一步论证。

施用有机肥能提升土壤有机质水平,增加土壤粘粒及团聚体的含量,提高阳离子的代换量,增加对硝态氮的固持作用,进而阻碍了硝态氮向下部的移动^[24-25]。另外,施用未腐熟的有机物料会显著增大土壤的反硝化作用^[26],施用 C/N 较大的有机肥会引起微生物大量活动,导致大量矿质态氮被固持。在本研究中,施用有机肥的处理硝态氮集中于 60 cm 土层,而 CK 处理中,硝态氮则移动到 90 cm 甚至更深层次,所以在宁夏灌区常规施肥的条件下,增施猪粪可以有效减缓稻田硝态氮淋失的速度,本实验施用的有机肥 C/N(50.3)较大,土壤微生物更多的利用无机氮,使开始施入的大量无机氮避免被淋洗。但施用有机肥后,在生长季节多余的 N 素会向土壤深层淋失,而且在秋冬作物收获后,由于微生物的不断分解作用,土壤中可溶性 N 素仍维持在一定水平,造成了 N 素在作物非生长季节淋失的可能性^[27]。虽然有机质在一定程度上能固持土壤中暂时盈余的 N 素,在作物需要的时候通过矿化作用进行释放,起到一个 N 素缓存库的作用,能减缓 N 素因快速矿化而随水淋失,但有机质不能从根本上解决 N 素流失的问题。室内培养实验^[28]研究发现,土壤硝态氮供出量与土壤有机质表现出很好的相关性,无机氮供出量的峰值出现时间随有机质含量的增加而提前。在培养的前 20 d 里,土壤有机质含量的增加延缓了施入土壤的化肥氮素向有机态的转化。有机农业的土壤有机质含量明显高于集约化土壤,有较好的保肥性,可有效的减少 N 素淋失,但仍存在淋失的可能性^[29]。

利用改进的树脂芯法直接吸附得到农田不同土层的硝态氮淋失量,省去了修渗漏池等估算渗漏量的工作,是一种简单而准确的方法。利用该法测定了宁夏黄灌区稻田生育季内的硝态氮淋失量(换算为纯 N),90 cm 处为 17.65 kg/hm²左右,张学军等^[30]研究发现,宁夏灌区稻田氮的淋失负荷为 15.20 kg/hm²,结果基本一致,而张爱平^[31]研究发现,在宁夏常规灌溉和施肥条件下,农田垂直退水中硝态氮的淋失量为 61.80 kg/hm²,而且淋失以硝态氮为主。由于树脂管两侧开孔数目有限,阻碍了土壤间的乱流作用,所得硝态氮淋失量不包括土壤侧渗的影响,其他方法的测量结果多为估算,误差较大。所以,本方法可以用来直接测定大田硝态氮的实际淋失量。但该方法也存在一些不足之处:1) 由于树脂管材料的局限性,加之实验处于探索阶段,不同层次原状土壤的打取,存在一定的困难,测定层次也局限于 1 m 左右;2) 由于树脂管强度的限制,管子两侧开孔数目有限,阻碍了土壤间的乱流作用,难以估测土壤侧渗对硝态氮损失的影响;3) 树脂管内外土壤水分与温度是否具有较小的差异,需要验证。在今后的研究中应在树脂管材料以及方法的适用性方面进一步开展工作。

References:

- [1] Zhang Y F, Zhang W Z, Shen R K, Liu K B. Experimental study of leaching losses of nitrogen in effluent form drained paddy rice field. *Irrigation and Drainage*, 1999, 18(3): 12-16.
- [2] Huang M W, Liu M, Lu M, Hou L J, Ou D N, Lin X. Study on the nitrogen leaching in the paddy-wheat rotation agro ecosystem. *Acta Science Circumstance*, 2007, 27(4): 629-636.
- [3] Jin J. The Study of Simulation and Optimization Model of Split Application of Nitrogen Effect on Rice Growth Dynamic in the Paddy Field. Zhejiang: Zhejiang University, 2005: 5.
- [4] Xuan Y F, Zhao Q, Lu Y T, Cao L K. Distribution and fate of nitrogen species in simulated water bamboo fields. *Environmental Pollution and Control*, 2008, 30(12): 7-10, 16.
- [5] Zhang Q C, Wang G H. Research on effect of temperature on nutrient release of paddy soil by using ion-exchange resin capsules. *Chinese Journal of*

- Rice Science, 2003, 17(4): 365-368.
- [6] Li Q R, Wang Z Y, Li Z B, Wang H M. Assessment of changes of fertilizer nutrient in soil by ion exchange resin membrane method. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007, 23(2): 71-76.
- [7] Liu X R, Dong Y S, Qi Y C, Domroes M. Soil net nitrogen mineralization in the typical temperate grassland. Environmental Science, 2007, 28(3): 633-639.
- [8] Mo J M, Brown S, Peng S L, Kong G H. Nitrogen availability in disturbed, rehabilitated and mature forests of tropical China. Forest Ecology and Management, 2003, 175(1/3): 573-583.
- [9] Chen F S, Zeng D H, Fan Z P, Chen G S, Singh A N. Comparative nitrogen mineralization and its availability in certain woody plantations in Keerqin sand lands, china. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(2): 341-348.
- [10] Fang Y T. The short-term responses of soil available nitrogen of Dingshanhu forests to simulate N desposition in subtropical china. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(11): 2353-2359.
- [11] Fang Y T, Mo J M, Jiang Y Q, Li D J. Acidity and inorganic nitrogen concentrations in soilsolution in short-term response to N addition in subtropical forests. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2005, 13(2): 123-129.
- [12] Schoenau J J, Huang W Z, Qian P. Ionexchange resin strips as plant root simulators // Proceedings of the 1993 Soil and Crop Workshop. Saskatoon: University of Saskatchewan, 1993: 199,392-400.
- [13] Scheller E, Vogtmann H. Nitrogen leaching in Ecological Agriculture. Oxon UK: CABI Publishing, 1999.
- [14] Zhang A P, Yang S Q, Zhang Q Z, Yang S J, Yang Z L. Influence factor and countermeasures of irrigation return flow pollution in Ningxia Yellow River water irrigation district. Chinese Journal of Eco-Agricultural, 2008, 16(4): 1037-1042.
- [15] Janzen H H, Campbell C A, Brandt S A, Lafond G P, Townley-Smith L. Light-fraction organic matter in soils form long-term crop rotations. Soil Science Society of American Journal, 1992, 56(6): 1799-1806.
- [16] Wang Y S, Yang S Q. A Review of the Indexes of active soil organic matter and the relationship with soil nutrients. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(14): 198-203.
- [17] Yu R, Xu M G, Wang B R. Study on methods for determining labile orange matter of soils. Soils and Fertilizers, 2005, (2): 49-52.
- [18] Hansen E M, Thomsen I K, Hansen M N. Optimizing farmyard manure utilization by varying the application time and tillage strategy. Soil Use and Management, 2004, 20(2): 173-177.
- [19] Huang S F, Shen G X, Tang H, Lu Y T. Nitrogen losses in paddy fields in Shanghai suburbs. Environmental Pollution and Control, 2005, 27(9): 651-654.
- [20] Wang L H, Zhao X R, Wang X Z, Tan J F, Wang L Q, Sun X Z. Effect of co-application of organic and nitrogen fertilizer on nitrate content of cucumber and soil in greenhouse. Chinese Journal of Soil Science, 2007, 38(3): 472-476.
- [21] Wang Y P, Gao J X, Liu S H, Du X G. Effect of organic manure on the profile distribution of soil nitrate-N in a peach orchard. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(7): 1501-1505.
- [22] Maeda M, Zhao B Z, Ozaki Y, Yoneyama T. Nitrate leaching in an Andisol treated with different types of fertilizers. Environmental Pollution, 2003, 121(3): 477-487.
- [23] Guo Y, Wang J, Wu R, Zhao M Q, Chen X. Effect of organic manure on vertical distribution of NO_3^- -N in protected cultivation soil depth profile. Chinese Journal of Soil Science, 2009, 40(4): 815-819.
- [24] Liu F C, Nie J H, Liu C S, Fu L G, Xiao Q S. Effect of fertilizer application on vertical distribution of NO_3^- -N in soil depth profile. Chinese Journal of Soil Science, 2005, 36(1): 50-53.
- [25] Jensen E S. Nitrogen immobilization and mineralization during initial decomposition of ^{15}N -labelled pea and barely residues. Biology Fertilizer Soils, 1996, 24: 39-44.
- [26] Shen S M. Soil Fertility of China. Beijing: China Agricultural Press, 1998: 450-474.
- [27] Christopher Stopes, Lawrence Woodward. Nitrogen leaching in organic farming. IFOM. Ecology and Farming, 1997, (1): 22-25.
- [28] Li W, Guan L Z, Yan L, Chen D C. Effect of the content of organic matter on the translation of nitrogen in fertilizer. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2005, 21(7): 255-257.
- [29] Li Z F. Nitrogen loss in soil of organic agricultural and its control procedure. Agro-environmental Protection, 2002, 21(1): 90-92.
- [30] Zhang X J, Chen X Q, Liu H B, Zhao Y, Luo J H. Preliminary study on nitrogen and phosphorus loss in Yellow River irrigated paddy field in Ningxia. Ecology and Environmental Sciences, 2010, 19(5): 1202-1209.
- [31] Zhang A P. Study on the Characteristics of Nitrogen and Phosphorus Pollution in the Return Flow of Rice Paddy in NingXia Irrigation Region. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2009.

参考文献:

- [1] 张瑜芳, 张蔚榛, 沈荣开, 刘培斌. 淹灌稻田的暗管排水中氮素流失的试验研究. 灌溉排水, 1999, 18(3): 12-16.
- [2] 黄明蔚, 刘敏, 陆敏, 侯立军, 欧冬妮, 林啸. 稻麦轮作农田系统中氮素渗漏流失的研究. 环境科学学报, 2007, 27(4): 629-636.
- [3] 金洁. 分次施氮对稻田水层及渗漏水氮素影响动态变化研究. 浙江华家池: 浙江大学硕士学位论文, 2005: 5.
- [4] 宣岩芳, 赵茜, 陆贻通, 曹林奎. 茭白田坑面水和渗漏水中氮素变化动态研究. 环境污染与防治, 2008, 30(12): 7-10, 16.
- [5] 张奇春, 王光火. 应用离子交换树脂球研究温度对水稻土养分释放动态的影响. 中国水稻科学, 2003, 17(4): 365-368.
- [6] 李清荣, 王正银, 李泽碧, 王慧敏. 离子交换树脂膜测定肥料养分在土壤中的变化. 农业工程学报, 2007, 23(2): 71-76.
- [7] 刘杏认, 董云社, 齐玉春, Domroes M. 温带典型草地土壤净氮矿化作用研究. 环境科学, 2007, 28(3): 633-639.
- [9] 陈伏生, 曾德慧, 范志平, 陈广生, Singh A N. 沙地不同树种人工林土壤氮素矿化过程及其有效性. 生态学报, 2006, 26(2): 341-348.
- [10] 方运霆. 南亚热带森林土壤有效氮含量及其对模拟氮沉降增加的初期响应. 生态学报, 2004, 24(11): 2353-2359.
- [11] 方运霆, 莫江明, 江远清, 李德军. 鼎湖山森林土壤渗透水酸度和无机氮含量对模拟氮沉降增加的早期响应. 热带亚热带植物学报, 2005, 13(2): 123-129.
- [14] 张爱平, 杨世琦, 张庆忠, 杨淑静, 杨正礼. 宁夏灌区农田退水污染形成原因及防治对策. 中国生态农业学报, 2008, 16(4): 1037-1042.
- [16] 王永生, 杨世琦. 活性有机质有关指标及其与土壤养分关系研究进展. 中国农学通报, 2010, 26(4): 198-203.
- [17] 于荣, 徐明岗, 王伯仁. 土壤活性有机质测定方法的比较. 土壤肥料, 2005, (2): 49-52.
- [19] 黄沈发, 沈根祥, 唐浩, 陆贻通. 上海郊区稻田氮素流失研究. 环境污染与防治, 2005, 27(9): 651-654.
- [20] 王立河, 赵喜茹, 王喜枝, 谭金芳, 王立秋, 孙新政. 有机肥与氮肥配施对日光温室黄瓜和土壤硝酸盐含量的影响. 土壤通报, 2007, 38(3): 472-476.
- [21] 王艳萍, 高吉喜, 刘尚华, 杜相革. 有机肥对桃园土壤硝态氮分布的影响. 应用生态学报, 2008, 19(7): 1501-1505.
- [23] 郭颖, 王俊, 吴蕊, 赵牧秋, 陈欣. 有机肥对设施菜地土壤硝态氮垂直运移的影响. 土壤通报, 2009, 40(4): 815-819.
- [24] 刘方春, 聂俊华, 刘春生, 付连刚, 肖秋生. 不同施肥措施对土壤硝态氮垂直分布的特征影响. 土壤通报, 2005, 36(1): 50-53.
- [26] 沈善敏. 中国土壤肥力. 北京: 中国农业出版社, 1998: 450-474.
- [28] 李伟, 关连珠, 颜丽, 陈顶成. 土壤有机质含量对化肥氮素转化的影响. 中国农学通报, 2005, 21(7): 255-257.
- [29] 李志芳. 有机农业土壤氮素流失与防止措施. 农业环境保护, 2002, 21(1): 90-92.
- [30] 张学军, 陈晓群, 刘宏斌, 赵营, 罗建航. 宁夏引黄灌区稻田氮磷流失特征初探. 生态环境学报, 2010, 19(5): 1202-1209.
- [31] 张爱平. 宁夏黄灌区稻田退水氮磷污染特征研究. 北京: 中国农业科学院, 2009.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.31 ,No. 16 August ,2011 (Semimonthly)

CONTENTS

A comparative study on the diversity of rhizospheric bacteria community structure in constructed wetland and natural wetland with reed domination	WANG Zhongqiong, WANG Weidong, ZHU Guibing, et al (4489)
Light response of photosynthesis and its simulation in leaves of <i>Prunus sibirica</i> L. under different soil water conditions	LANG Ying, ZHANG Guangcan, ZHANG Zhengkun, et al (4499)
Effects of colour shading on the yield and main biochemical components of summer-autumn tea and spring tea in a hilly tea field	QIN Zhimin, FU Xiaoqing, XIAO Runlin, et al (4509)
Effects of cadmium on the contents of phytohormones, photosynthetic performance and fluorescent characteristics in tobacco leaves	WU Kun, WU Zhonghong, TAI Fujun, et al (4517)
Comparative physiological responses of cadmium stress on <i>Enteromorpha clathrata</i> and <i>Enteromorpha linza</i>	JIANG Heping, ZHENG Qingsong, ZHU Ming, et al (4525)
Effects of salt stress on glucosinolate contents in <i>Arabidopsis thaliana</i> and <i>Thellungiella halophila</i> rosette leaves	PANG Qiuying, CHEN Sixue, YU Tao, et al (4534)
Effects of long-term double-rice and green manure rotation on rice yield and soil organic matter in paddy field	GAO Jusheng, CAO Weidong, LI Dongchu, et al (4542)
Nitrogen balance in the farmland system based on water balance in Hetao irrigation district, Inner Mongolia	DU Jun, YANG Peiling, LI Yunkai, et al (4549)
Seed characteristics and seedling growth of <i>Spartina alterniflora</i> on coastal wetland of North Jiangsu	XU Weiwei, WANG Guoxiang, LIU Jin'e, et al (4560)
Assessment of non-point source pollution export from Zigui county in the Three Gorges Reservoir area using the AnnAGNPS model	TIAN Yaowu, HUANG Zhilin, XIAO Wenfa (4568)
Effects of Cadmium pollution on oxidative stress and metallothionein content in <i>Pirata subpiraticus</i> (Araneae: Lycosidae) in different habitats	ZHANG Zhengtian, PANG Zhenling, XIA Min, et al (4579)
The distribution of size-fractionated chlorophyll a in the Indian Ocean South Equatorial Current	ZHOU Yadong, WANG Chunsheng, WANG Xiaogu, et al (4586)
Change of waterbird community structure after the intertidal mudflat reclamation in the Yangtze River Mouth: a case study of NanHui Dongtan area	ZHANG Bin, YUAN Xiao, PEI Enle, et al (4599)
Application of fish assemblage integrity index (FAII) in the environment quality assessment of surf zone of Yangtze River estuary	MAO Chengze, ZHONG Junsheng, JIANG Rijin, et al (4609)
Population age structure of Antarctic krill <i>Euphausia superba</i> off the northern Antarctic Peninsula based on fishery survey	ZHU Guoping, WU Qiang, FENG Chunlei, et al (4620)
Validation and adaptability evaluation of rice growth model ORYZA2000 in double cropping rice area of Hunan Province	MO Zhihong, FENG Liping, ZOU Haiping, et al (4628)
Coupled energy and carbon balance analysis under dryland tillage systems	WANG Xiaobin, WANG Yan, DAI Kuai, et al (4638)
The nitrate-nitrogen leaching amount in paddy winter-spring fallow period	WANG Yongsheng, YANG Shiqi (4653)
The sources of organic carbon and nitrogen in sediment of Taihu Lake	NI Zhaoxui, LI Yuejin, WANG Shengrui, et al (4661)
Effect of partial solar eclipse on airborne culturable bacterial community in Urumqi	MA Jing, SUN Jian, ZHANG Tao, et al (4671)
Comparative study on density related intra- and inter-specific effects in <i>Laodelphax striatellus</i> (Fallen) and <i>Nilaparvata lugens</i> (Stål)	LÜ Jin, CAO Tingting, WANG Liping, et al (4680)
Behavior rhythm and seasonal variation of time budget of sun bear (<i>Helarctos malayanus</i>) in captivity	LAN Cunzi, LIU Zhensheng, WANG Aishan, et al (4689)
Disturbance regimes and gaps characteristics of the desert riparian forest at the middle reaches of Tarim River	HAN Lu, WANG Haizhen, CHEN Jiali, et al (4699)
Death causes and conservation strategies of the annual regenerated seedlings of rare plant, <i>Bretschneidera sinensis</i>	QIAO Qi, QIN Xinsong, XING Fuwu, et al (4709)
Effects of municipal compost extracted complex microbial communities on physio-ecological characteristics of turfgrass under drought stress	DUO Lian, WANG Jingjing, ZHAO Shulan (4717)
Spatiotemporal relationship of leaf area index simulated by CLM3.0-DGVM and climatic factors	SHAO Pu, ZENG Xiaodong (4725)
Analysis of circular economy of Liaoning Province based on eco-efficiency	HAN Ruiling, TONG Lianjun, SONG Yanan (4732)
Review and Monograph	
The fungal to bacterial ratio in soil food webs, and its measurement	CAO Zhiping, LI Depeng, HAN Xuemei (4741)
Indicators for evaluating sustainable communities: a review	ZHOU Chuanbin, DAI Xin, WANG Rusong, et al (4749)
Discussion	
Differential expression of <i>PAL</i> multigene family in allelopathic rice and its counterpart exposed to stressful conditions	FANG Changxun, WANG Qingshui, YU Yan, et al (4760)
Scientific Note	
Ecology study on the benthic animals of QinZhou Bay	WANG Di, CHEN Pimao, MA Yuan (4768)
Change characteristics of soil carbon and nitrogen contents in the Yellow River Delta soil after artificial restoration	DONG Kaikai, WANG Hui, YANG Liyuan, et al (4778)
Estimation and spatial pattern analysis of forest biomass in Fenglin Nature Reserve based on Geostatistics	LIU Xiaomei, BU Rencang, DENG Huawei, et al (4783)
Study on sap flow in forest of <i>Quercus liaotungensis</i> and <i>Populus davidiana</i> by using the TDP method	SUI Xuhong, ZHANG Jianjun, WEN Wanrong (4791)
N ₂ O Emission and its driving factors from typical marsh and shrub swamp in Xiaoxing'an Mountains, Northeast China	SHI Lanying, MU Changcheng, TIAN Xinmin, et al (4799)

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 16 期 (2011 年 8 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 16 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