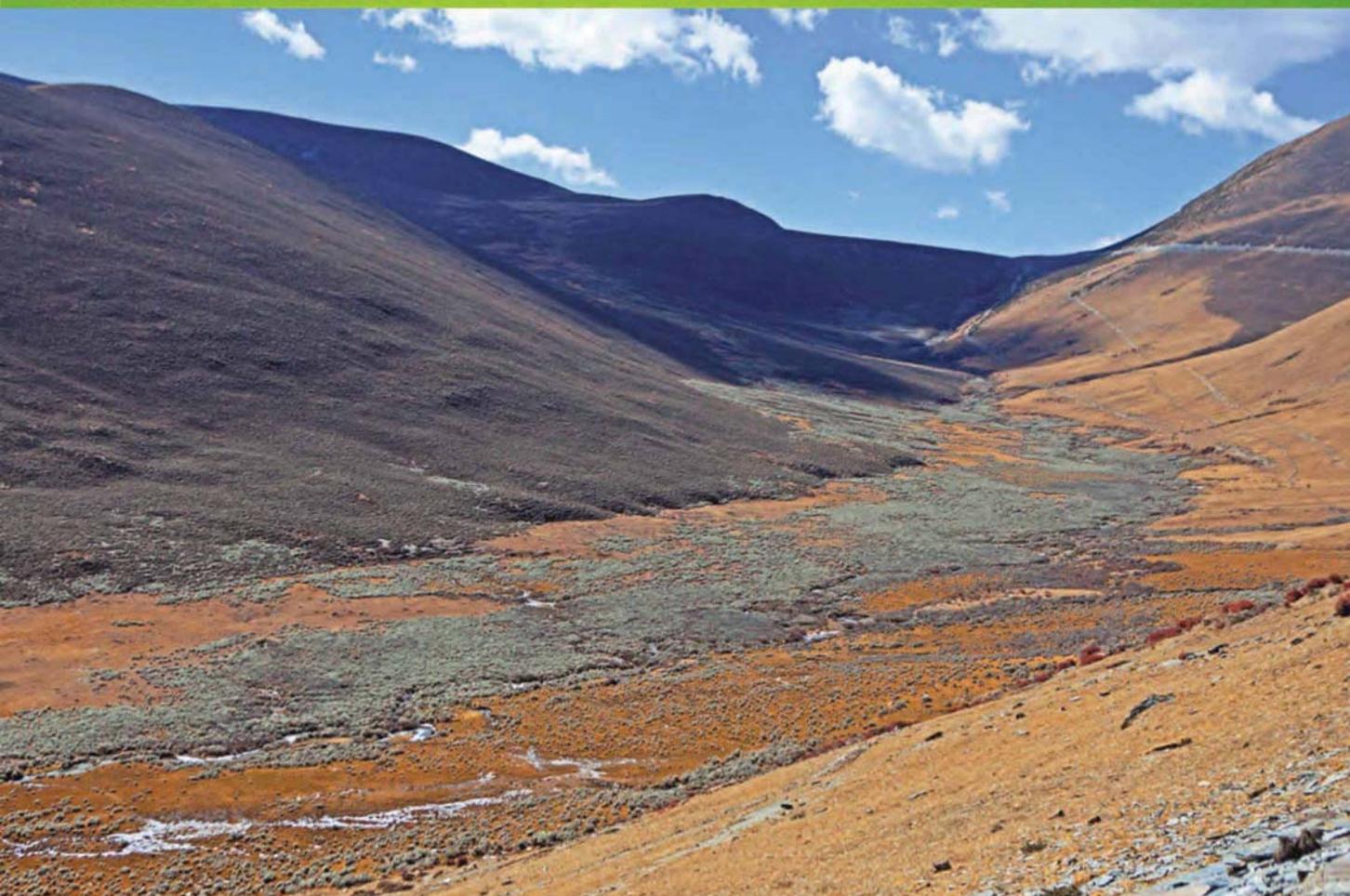


ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

中国生态学会 2013 年学术年会专辑



第 33 卷 第 18 期 Vol.33 No.18 **2013**

中国生态学会
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 33 卷 第 18 期 2013 年 9 月 (半月刊)

目 次

中国生态学会 2013 年学术年会专辑 卷首语

美国农业生态学发展综述	黄国勤, Patrick E. McCullough (5449)
水足迹研究进展	马 晶, 彭 建 (5458)
江西省主要作物(稻、棉、油)生态经济系统综合分析评价	孙卫民, 欧一智, 黄国勤 (5467)
植物干旱胁迫下水分代谢、碳饥饿与死亡机理	董 蕾, 李吉跃 (5477)
生态化学计量学特征及其应用研究进展	曾冬萍, 蒋利玲, 曾从盛, 等 (5484)
三峡库区紫色土植被恢复过程的土壤团粒组成及分形特征	王轶浩, 耿养会, 黄仲华 (5493)
城市不同地表覆盖类型对土壤呼吸的影响	付芝红, 呼延佼奇, 李 锋, 等 (5500)
华南地区 3 种具有不同入侵性的近缘植物对低温胁迫的敏感性	王宇涛, 李春妹, 李韶山 (5509)
沙丘稀有种准噶尔无叶豆花部综合特征与传粉适应性	施 翔, 刘会良, 张道远, 等 (5516)
水浮莲对水稻竞争效应、产量与土壤养分的影响	申时才, 徐高峰, 张付斗, 等 (5523)
珍稀药用植物白及光合与蒸腾生理生态及抗旱特性	吴明开, 刘 海, 沈志君, 等 (5531)
不同温度及二氧化碳浓度下培养的龙须菜光合生理特性对阳光紫外辐射的响应	杨雨玲, 李 伟, 陈伟洲, 等 (5538)
土壤氧气可获得性对双季稻田温室气体排放通量的影响	秦晓波, 李玉娥, 万运帆, 等 (5546)
免耕稻田氮肥运筹对土壤 NH ₃ 挥发及氮肥利用率的影响	马玉华, 刘 兵, 张枝盛, 等 (5556)
香梨两种树形净光合速率特征及影响因素	孙桂丽, 徐 敏, 李 疆, 等 (5565)
沙埋对沙米幼苗生长、存活及光合蒸腾特性的影响	赵哈林, 曲 浩, 周瑞莲, 等 (5574)
半干旱区旱地春小麦全膜覆土穴播对土壤水热效应及产量的影响	王红丽, 宋尚有, 张绪成, 等 (5580)
基于 Le Bissonnais 法的石漠化区桑树地埂土壤团聚体稳定性研究	汪三树, 黄先智, 史东梅, 等 (5589)
不同施肥对雷竹林径流及渗漏水中氮形态流失的影响	陈裴裴, 吴家森, 郑小龙, 等 (5599)
黄土丘陵区不同植被土壤氮素转化微生物生理群特征及差异	邢肖毅, 黄懿梅, 安韶山, 等 (5608)
黄土丘陵区植被类型对土壤微生物量碳氮磷的影响	赵 彤, 闫 浩, 蒋跃利, 等 (5615)
林地覆盖对雷竹林土壤微生物特征及其与土壤养分制约性关系的影响	郭子武, 俞文仙, 陈双林, 等 (5623)
降雨对草地土壤呼吸季节变异性的影响	王 旭, 闫玉春, 闫瑞瑞, 等 (5631)
基于土芯法的亚热带常绿阔叶林细根空间变异与取样数量估计	黄超超, 黄锦学, 熊德成, 等 (5636)
4 种高大树木的叶片性状及 WUE 随树高的变化	何春霞, 李吉跃, 孟 平, 等 (5644)
干旱荒漠区银白杨树干液流动态	张 俊, 李晓飞, 李建贵, 等 (5655)
模拟增温和不同凋落物基质质量对凋落物分解速率的影响	刘瑞鹏, 毛子军, 李兴欢, 等 (5661)
金沙江干热河谷植物叶片元素含量在地表凋落物周转中的作用	闫帮国, 纪中华, 何光熊, 等 (5668)
温带 12 个树种新老树枝非结构性碳水化合物浓度比较	张海燕, 王传宽, 王兴昌 (5675)
断根结合生长素和钾肥施用对烤烟生长及糖碱比、有机钾指数的影响	吴彦辉, 薛立新, 许自成, 等 (5686)
光周期和高脂食物对雌性高山姬鼠能量代谢和产热的影响	高文荣, 朱万龙, 孟丽华, 等 (5696)
绿原酸对凡纳滨对虾抗氧化系统及抗低盐度胁迫的影响	王 芸, 李 正, 李 健, 等 (5704)

基于盐分梯度的荒漠植物多样性与群落、种间联接响应	张雪妮, 吕光辉, 杨晓东, 等 (5714)
广西马山岩溶植被年龄序列的群落特征	温远光, 雷丽群, 朱宏光, 等 (5723)
戴云山黄山松群落与环境的关联	刘金福, 朱德煌, 兰思仁, 等 (5731)
四川盆地亚热带常绿阔叶林不同物候期凋落物分解与土壤动物群落结构的关系	王文君, 杨万勤, 谭波, 等 (5737)
中亚热带常绿阔叶林不同演替阶段土壤活性有机碳含量及季节动态	范跃新, 杨玉盛, 杨智杰, 等 (5751)
塔克拉玛干沙漠腹地人工植被及土壤 C N P 的化学计量特征	李从娟, 雷加强, 徐新文, 等 (5760)
鄱阳湖小天鹅越冬种群数量与行为学特征	戴年华, 邵明勤, 蒋丽红, 等 (5768)
营养盐加富和鱼类添加对浮游植物群落演替和多样性的影响	陈纯, 李思嘉, 肖利娟, 等 (5777)
西藏达则错盐湖沉积背景与有机沉积结构	刘沙沙, 贾沁贤, 刘喜方, 等 (5785)
西藏草地多项供给及调节服务相互作用的时空演变规律	潘影, 徐增让, 余成群, 等 (5794)
太湖水体溶解性氨基酸的空间分布特征	姚昕, 朱广伟, 高光, 等 (5802)
基于遥感和 GIS 的巢湖流域生态功能分区研究	王传辉, 吴立, 王心源, 等 (5808)
近 20 年来东北三省春玉米物候期变化趋势及其对温度的时空响应	李正国, 杨鹏, 唐华俊, 等 (5818)
鄱阳湖湿地景观恢复的物种选择及其对环境因子的响应	谢冬明, 金国花, 周杨明, 等 (5828)
珠三角河网浮游植物生物量的时空特征	王超, 李新辉, 赖子尼, 等 (5835)
南京市景观时空动态变化及其驱动力	贾宝全, 王成, 邱尔发 (5848)
川西亚高山-高山土壤表层有机碳及活性组分沿海拔梯度的变化	秦纪洪 王琴 孙辉 (5858)
城市森林碳汇及其抵消能源碳排放效果——以广州为例	周健, 肖荣波, 庄长伟, 等 (5865)
基于机器学习模型的沙漠腹地地下水含盐量变化过程及模拟研究	范敬龙, 刘海龙, 雷加强, 等 (5874)
干旱区典型绿洲城市发展与水资源潜力协调度分析	夏富强, 唐宏, 杨德刚, 等 (5883)
海岸带区域综合承载力评估指标体系的构建与应用——以南通市为例	魏超, 叶属峰, 过仲阳, 等 (5893)
中街山列岛海洋保护区鱼类物种多样性	梁君, 徐汉祥, 王伟定 (5905)
丰水期长江感潮河口段网采浮游植物的分布与长期变化	江志兵, 刘晶晶, 李宏亮, 等 (5917)
基于生态网络的城市代谢结构模拟研究——以大连市为例	刘耕源, 杨志峰, 陈彬, 等 (5926)
保护区及周边居民对野猪容忍性的影响因素——以黑龙江凤凰山国家级自然保护区为例	徐飞, 蔡体久, 琚存勇, 等 (5935)
三江源牧户参与草地生态保护的意愿	李惠梅, 张安录, 王珊, 等 (5943)
沈阳市降雨径流初期冲刷效应	李春林, 刘森, 胡远满, 等 (5952)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 514 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 59 * 2013-09



封面图说: 川西高山地带土壤及植被——青藏高原东缘川西的高山地带坡面上为草地, 沟谷地带由于低平且水分较充足, 生长有很多灌丛。川西地区大约在海拔 4000m 左右为林线, 以下则分布有亚高山森林。亚高山森林是以冷、云杉属为建群种或优势种的暗针叶林为主体的森林植被。作为高海拔低温生态系统, 高山-亚高山地带土壤碳被认为是我国重要的土壤碳库。有研究表明, 易氧化有机碳含量与海拔高度呈显著正相关, 显示高海拔有利于土壤碳的固存。因而, 这里的表层土壤总有机碳含量随着海拔的升高而增加。

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

DOI: 10.5846/stxb201305060951

陈裴裴, 吴家森, 郑小龙, 姜培坤, 吴建军. 不同施肥对雷竹林径流及渗漏水中氮形态流失的影响. 生态学报, 2013, 33(18): 5599-5607.

Chen P P, Wu J S, Zheng X L, Jiang P K, Wu J J. Effects of fertilization on nitrogen loss with different forms via runoff and seepage under *Phyllostachy praecox* stands. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(18): 5599-5607.

不同施肥对雷竹林径流及渗漏水中氮形态流失的影响

陈裴裴¹, 吴家森¹, 郑小龙¹, 姜培坤^{1,*}, 吴建军²

(1. 浙江农林大学 环境与资源学院, 临安 311300; 2. 浙江大学 环境与资源学院, 杭州 310058)

摘要: 雷竹经营过程中化肥的大量施用, 是产区水体污染的主要原因之一, 养分管理技术可有效控制面源污染。为了探明减量施肥和有机肥施用对雷竹不同氮形态流失的影响, 2012 年在浙江省临安市雷竹产区设置了 4 种施肥处理: 对照 (CK); 常规施肥 (CF); 减量无机 (DI); 减量有机无机 (DOI), 试验于 5 月 18 日、9 月 7 日、11 月 9 日分别施用肥料总量的 40%、30% 和 30%, 施肥后均进行浅翻, 深度 5 cm 左右。通过建立径流场和土壤渗漏水收集装置, 同时在试验田附近布置量雨筒, 观察 2012 年不同氮形态浓度及流失负荷随降雨量的动态变化。研究表明: 不同施肥处理径流水硝态氮、水溶性有机氮 (WSON) 以及颗粒态氮的浓度分别在 3.82—6.82 mg/L、0.89—1.85 mg/L 和 0.89—1.83 mg/L, 其占总氮的百分比分别为 60.9%—68.2%、16.0%—18.1% 和 15.1%—21.6%。不同施肥处理渗漏水中硝态氮、铵态氮及 WSON 的浓度分别在 26.2—92.5 mg/L、0.50—6.42 mg/L 和 6.57—12.6 mg/L, 其占总氮的百分比分别为 75.8%—82.9%、1.50%—6.36% 和 11.2%—20.6%。不同施肥处理径流水的氮总流失负荷, 减量无机和减量有机无机相对于常规施肥来说减少了 46.9% 和 23.1%; 不同施肥处理的渗流水的氮总流失负荷, 减量无机和减量有机无机相对于常规施肥来说减少了 19.1% 和 52.1%, 可见减量施肥和减量有机无机减少氮流失的效果显著。

关键词: 径流; 渗漏; 铵态氮; 硝态氮; 雷竹

Effects of fertilization on nitrogen loss with different forms via runoff and seepage under *Phyllostachy praecox* stands

CHEN Peipei¹, WU Jiasen¹, ZHENG Xiaolong¹, JIANG Peikun^{1,*}, WU Jianjun²

1 School of Environmental and Resources Science, Zhejiang Agriculture Forest University, Lin'an, Zhejiang 311300, China

2 College of Environmental and Resource Sciences, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310058, China

Abstract: Heavy winter mulching to increase soil temperature and winter fertilization are widely used techniques for intensive management of *Phyllostachys praecox* forests to increase bamboo shoot production and economic return for landowners in subtropical China. The application of excessive mineral fertilizer has resulted in serious water pollution. The object of this study was to ascertain effects of reducing inorganic fertilizer rate or applying organic fertilizer on reducing the loss loads of different forms of nitrogen under *Phyllostachy praecox* stands by conducting a field experiment in main production area of Lin'an city, Zhejiang province. Four treatments were respective 1) control with zero fertilizer (CK), 2) conventional fertilizer (CF) at the rate of $N+P_2O_5+K_2O = 850+337.5+337.5$ kg/hm² provided with 2250 kg/hm² of compound fertilizer and 1110 kg/hm² of urea, 3) decreasing inorganic fertilizer (DI) at the rate of $N+P_2O_5+K_2O = 510+337.5+337.5$ kg/hm² provided with 2250 kg/hm² of compound fertilizer and 376 kg/hm² of urea, and 4) decreasing organic and inorganic fertilizer (DOI) at the rate of $N+P_2O_5+K_2O = 510+259.8+165.4$ kg/hm² provided with 554 kg/hm² of urea and 46400 kg/hm² of pig manure. Fertilizer were separately applied in May 18th, September 7th and November 9th with respective 40%, 30% and 30% of total amount of fertilizer, and then plowed into soil at the depth of 5 cm. Water samples from runoff and leaching water were collected by special devices, totally 16 runoff water samples and 10 seepage water samples were collected around the year 2012. It was shown that the concentrations of different forms of nitrogen actually

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划课题 (2012BAD15B04-2)

收稿日期: 2013-05-06; 修订日期: 2013-07-03

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jiangpeikun@zafu.edu.cn

affected by rainfall, especially for particulate nitrogen (PN) in the runoff water. The concentrations of nitrate nitrogen (NO_3^- -N), water-soluble organic nitrogen (WSON) and PN in the runoff water were at the range of 3.82—6.82 mg/L, 0.89—1.85 mg/L, and 0.89—1.83 mg/L, respectively, which accounting for 60.9%—68.2%, 16.0%—18.1%, and 15.1%—21.6% of total N loss, respectively. The concentrations of NO_3^- -N, ammonium nitrogen (NH_4^+ -N), and WSON in the seepage water were 26.2—92.5 mg/L, 0.50—6.42 mg/L and 6.57—12.6 mg/L, respectively, which accounting for 75.8%—82.9%, 1.50%—6.36% and 11.2%—20.6% of total N loss, respectively. Nitrate N was among the largest loss both in runoff water and seepage water. The loss loads of total N in the runoff water respectively decreased by 46.9% and 23.1% for DI and DOI treatments compared with CF, and the corresponding data for seepage water were 19.1% and 52.1%. In conclusion, decreasing inorganic fertilizer or decreasing organic and inorganic fertilizer play a remarkable role on reducing the loss loads of different forms of N under *Phyllostachy praecox* stands suggesting that reducing inorganic fertilizer rate and applying organic fertilizer was the useful practice to decrease the N loss.

Key Words: runoff; leaching; ammonium nitrogen; nitrate nitrogen; *Phyllostachy praecox*

雷竹 (*Phyllostachys praecox* F. preveynalis) 是一种在我国亚热带地区被广泛引种栽培的优良笋用竹。20 世纪 80 年代以来, 以冬季地表增温覆盖和重施化肥为核心的雷竹早产高效栽培技术在雷竹林生产中得到了广泛应用^[1]。据调查, 雷竹主产区浙江省临安市雷竹林每年化肥施用量达 5 万余 t, 覆盖雷竹林施用化肥 6000—7200 $\text{kg} \cdot \text{a}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$, 最高可达 15000 $\text{kg} \cdot \text{a}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$ ^[2]。虽然早产高效栽培技术可以在短期内提高竹农的经济效益, 但是会导致集约经营雷竹林土壤有机质和养分含量大量积累, 从而造成竹林的提前退化、竹笋硝酸盐含量严重超标, 并使氮磷等化学元素大量流失^[3], 雷竹产区周边水体遭受污染^[4]。

Tomo Milosevic^[5] 研究表明, 施加氮肥可以加快果树的成长, 激发出果树较好的特性, 施用有机肥的效果最佳。有机肥相对于无机肥来说, 可以促进土壤微生物活动, 同时有机无机肥配施可协调养分供应, 提高作物氮素积累量和氮肥利用率^[6]。Jinbo Zhang 等^[7] 通过实验得出, 添加高 C/N 的有机肥可以增加土壤有机碳含量甚至较高 C/N 可以提高硝态氮的固定能力减少氮渗漏和径流流失的风险。俞映惊等^[8] 研究发现, 麦季有机无机减量处理, 既能够保证作物产量与氮素吸收又可以有效降低氮素流失。宁建凤等^[9] 也发现, 配施有机肥可降低不同形态氮流失量, 并且随着有机肥含量的增加而显著降低。同时谢秉楼等^[10] 研究发现, 随着施肥量的增加雷竹林土壤 WSON 有增加的趋势, 多量施用有机肥对土壤养分有改善作用, 但是过多的土壤 WSON 也会造成有机氮流失而污染环境。目前没有学者有对雷竹林减量施肥以及减量有机无机配施进行研究。

因此, 本文设计常规施肥, 减量无机, 减量有机无机以及不施肥四种处理, 通过全年动态观察其对径流及渗漏小区不同形态氮素流失的影响, 探讨减量施肥和有机肥的施用减少雷竹林地不同形态氮素流失的作用, 为畜禽粪便的资源化利用和确定雷竹合理的施肥量提供基础, 同时可为控制雷竹生产引起的面源污染提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

研究区设在浙江省临安市浙江农林大学实验林场, 该区域是我国雷竹分布的中心区, 属中纬度北亚热带季风气候。全年降雨量平均 1628 mm, 多年平均气温为 15.8 $^{\circ}\text{C}$, 7 月为最热月, 平均为 28.1 $^{\circ}\text{C}$, 1 月为最冷月, 平均为 3.4 $^{\circ}\text{C}$, 极端高温和极端低温分别为 41.9 $^{\circ}\text{C}$ 和 -13.3 $^{\circ}\text{C}$, 平均日照时数 1939 h, 无霜期 234 d。土壤为红壤, 0—30 cm 土层有效磷、速效钾、碱解氮含量分别为 414, 120, 271 mg/kg, 有机碳和全氮含量分别为 30.3, 2.39 g/kg, pH 值 4.10。

1.2 研究方法

试验于 2012 年 4 月开始实施, 雷竹园建园 15 a, 并已进行过 6 a 的冬季覆盖, 试验地有大量覆盖物和凋落物未清除。4 个径流小区平行设置在土壤条件和雷竹经营管理基本一致的同一坡面上, 小区长 20 m, 宽 6 m, 面积 120 m^2 , 坡度 12.5 $^{\circ}$, 坡向西南坡, 在每个径流区的上坡边与两长边用水泥预制板砌成挡水墙 (高出地表 10—15 cm), 下坡边筑集水沟, 集水沟的内径尺寸: 深 20 cm, 顶宽 30 cm, 底宽 20 cm。集水沟连接蓄水沉沙池, 蓄水沉沙池长、宽、高分别为 100 cm \times 100 cm \times 100 cm, 用于收集地表径流水和泥沙。

同时在径流小区附近的平地布置平坡渗漏小区, 4 个处理, 3 次重复, 随机区组设计, 每个小区面积 100 m^2 , 小区之间用水泥预制板隔离。在每个处理小区内的中心位置埋设土壤渗漏水收集装置, 收集器的集水槽埋设在离地表 30 cm 处。同时在试验地周边布置量雨筒, 测定降雨量。不同施肥处理详见表 1, 减量无机和减量有机无机相当于对常规施肥进行减氮 40% 的处理。本试验于 5 月 18 日、9 月 7 日、11 月 9 日分别施用肥料总量的 40%, 30% 和 30%, 施肥后均进行浅翻, 深度 5 cm 左右。

表 1 不同施肥处理养分用量

Table 1 The nutrient rates of different treatments

处理 Treatment	施肥量 Fertilizer amount/(kg/hm ²) N+P ₂ O ₅ +K ₂ O	施用量 Fertilizer amount/(kg/hm ²)		
		复合肥 Compound fertilizer	尿素 Urea	猪粪 Pig manure
不施肥 CK	0+0+0	0	0	0
常规施肥 CF	850+337.5+337.5	2250	1110	0
减量无机 DI	510+337.5+337.5	2250	376	0
减量有机无机 DOI	510+259.8+165.4	0	554	46400

复合肥(N=15%;P₂O₅=15%;K₂O=15%);尿素(N=46%);猪粪(N=0.55%;P₂O₅=0.56%;K₂O=0.35%)

同年5—11月,降雨径流及渗漏小区产生径流或渗漏水后进行水样采集,共采集16次径流和10次渗漏水样。采集径流池中水、泥沙混合样和渗漏水,测量体积后,带回实验室测定水化指标。径流水分成两份:一份是未经过抽滤的,用于测定总氮(TN);另外一份是用0.45 μm滤膜抽滤,用于测定可溶性氮(DN)、NO₃⁻-N以及NH₄⁺-N;而渗漏水经过定量滤纸初步过滤后,直接用于TN、NO₃⁻-N以及NH₄⁺-N的测定。碱性过硫酸钾消解-紫外分光光度法测定TN和DN;NO₃⁻-N、NH₄⁺-N在ICS-1500离子色谱分析仪上测定。径流水中颗粒态氮等于TN减去DN,由于径流水中NH₄⁺-N浓度过低近乎于0,水溶性有机氮(WSON)等于DN减去NO₃⁻-N。渗漏水中的WSON等于TN减去NO₃⁻-N和NH₄⁺-N计算得到。

2 结果与分析

2.1 不同施肥雷竹林径流及渗漏水氮浓度动态变化

2.1.1 不同施肥雷竹林径流水氮浓度动态变化

不同施肥雷竹林径流水氮浓度动态变化如图1所示。从图1中可以看出,雷竹林径流水中硝态氮浓度随降雨量变化较为明显,特别是在5月18日第1次施肥后至9月7日第2次施肥前,随着降雨量变化而变化,6月28日降雨量达到最大值130

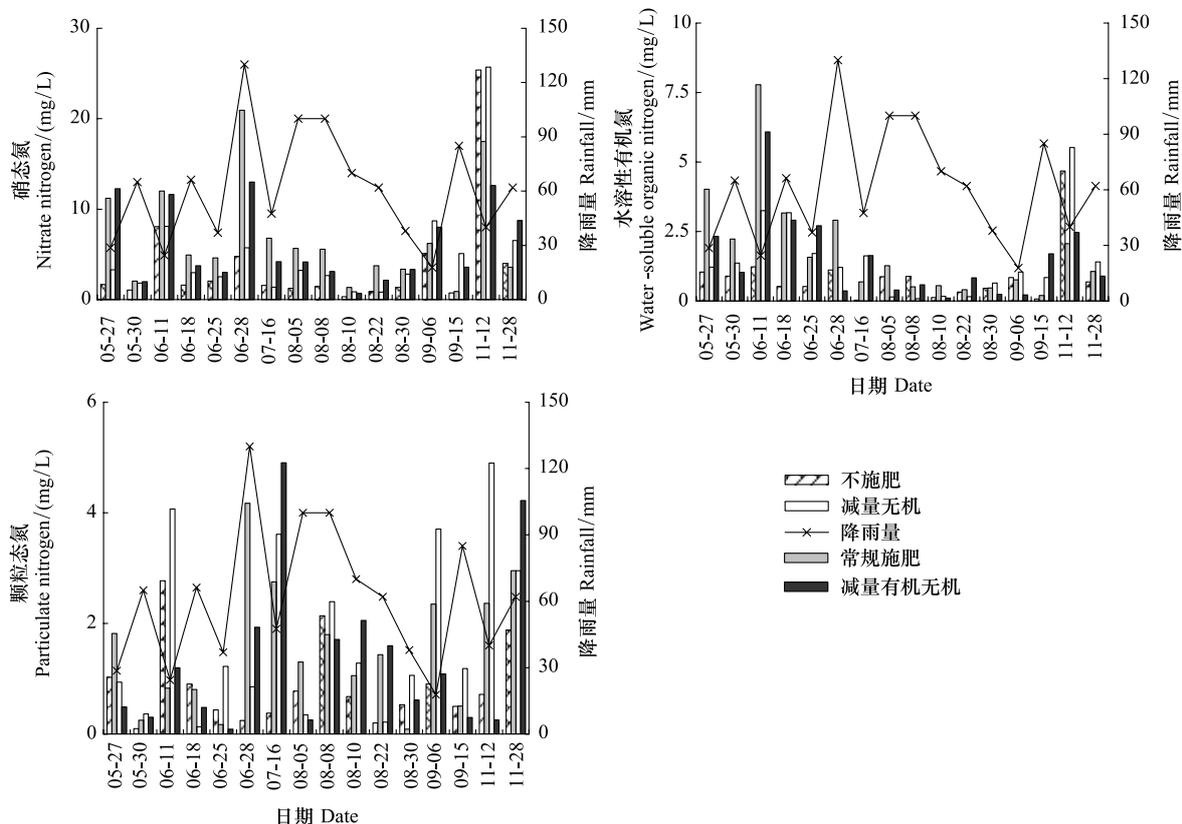


图 1 不同施肥雷竹林径流水氮浓度动态变化

Fig.1 Dynamic changes of nitrogen concentrations in the runoff water from the soil with different fertilization under *Phyllostachy praecox* stand

mm, 硝态氮浓度也达到了最大值, 之后几次水样浓度随着时间递增浓度整体逐渐降低, 8月5日和8月8日降雨量(100 mm)较高, 其浓度相对较高, 而降雨量下降后, 浓度也随之下降。在9月7日第2次施肥后, 9月15日的样品浓度没有升高反而下降了, 11月9日第3次施肥后, 11月12日水样浓度达到了整一年所有样品浓度顶峰(图1)。

雷竹林径流水中 WSON 浓度的动态变化如图1所示, WSON 浓度在第一次施肥后没有达到最大值, 6月11日样品浓度达到了16次径流水样浓度的顶峰, 相对于硝态氮6月28日的峰值提前了17d, 并且随着时间的递增浓度逐渐降低。WSON 浓度在9月15日与硝态氮一样没有升高, 但是在第3次施肥过后, 11月12日样品浓度有所升高(图1)。

雷竹林径流水中颗粒态氮浓度的动态变化如图1所示, 颗粒态氮的浓度随着降雨量变化而变化, 由于3次施肥过后的降雨量都不是很大, 因此颗粒态氮的浓度没有明显上升, 但是在6月28日和7月16日, 当降雨量升高时, 颗粒态氮的浓度也随之升高, 之后随着降雨量的降低而下降(图1)。

2.1.2 不同施肥雷竹林渗漏水氮浓度动态变化

不同施肥雷竹林渗漏水氮浓度动态变化如图2所示。从图2中可以看出, 雷竹林渗漏水中硝态氮浓度随降雨量变化, 6月18日降雨量升高后其浓度迅速上升, 6月25日浓度达到最大值, 之后随着时间递增浓度逐渐下降, 即使在6月28日降雨量升到130 mm也没有上升。9月和11月对雷竹林进行了两次施肥, 因此在8月10日浓度降到最低值后, 9月15日和11月12日的水样中硝态氮浓度有所上升(图2)。

雷竹林渗漏水中铵态氮浓度动态变化如图2所示, 铵态氮浓度整体偏低, 随降雨量变化不大, 只有在每次施肥过后铵态氮浓度才有所上升, 6月11日、9月15日和11月12日浓度较高。第1次施肥后直至第2次施肥之前, 6月11日达到最高浓度后, 随着时间递增, 铵态氮浓度逐渐下降(图2)。

雷竹林渗漏水中 WSON 浓度动态变化如图2所示, WSON 浓度在3次施肥之后有所上升, 之后随着时间的递增, WSON 浓度整体逐渐下降, 从6月18日到7月16日以及7月16到8月30日两个区间内, 当降雨量分别在6月28日和8月5日达到最大值时, WSON 浓度反而下降。9月7日第2次施肥过后, 9月15日 WSON 浓度达到最大值(图2)。

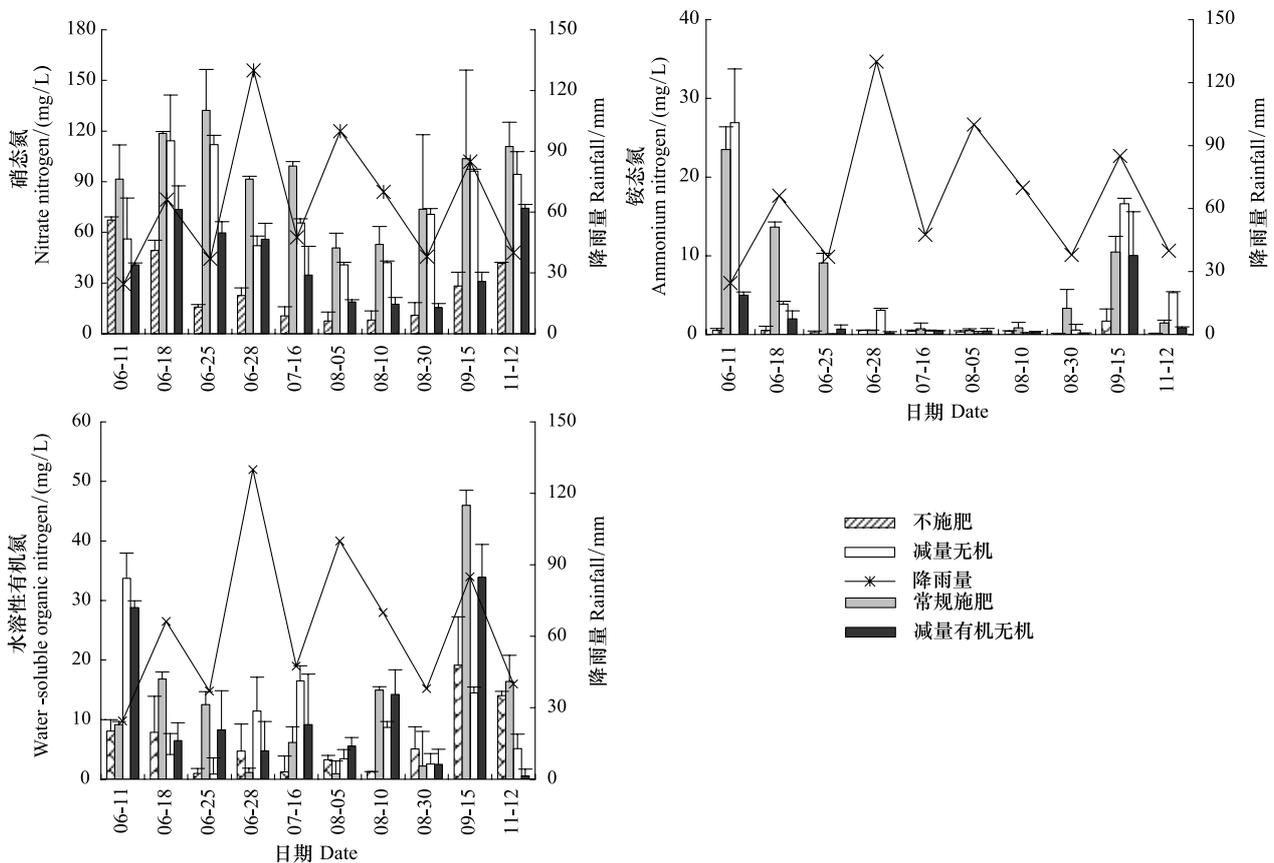


图2 不同施肥雷竹林渗漏水氮浓度动态变化

Fig.2 Dynamic changes of nitrogen concentrations in the leakage water from the soil with different fertilization under *Phyllostachy praecox* stand

2.2 不同施肥雷竹林径流及渗漏水不同形态氮所占比例

2.2.1 不同施肥雷竹林径流水不同形态氮所占比例

不同施肥雷竹林径流水不同形态氮所占比例如图 3 所示。4 种不同施肥方式径流水硝态氮、WSON 以及颗粒态氮的平均浓度分别在 3.82—6.82 mg/L, 0.89—1.85 mg/L 以及 0.89—1.83 mg/L 范围内波动。不同施肥处理径流水硝态氮、WSON 以及颗粒态氮所占总氮的百分比为 60.9%—68.2%、16.0%—18.1% 和 15.1%—21.6%。硝态氮、WSON 以及颗粒态氮浓度大小顺序均为 CF>DOI>DI>CK。硝态氮所占的百分比大小顺序为 CK(68.2%)>DOI(67.7%)>CF(66.8%)>DI(60.9%), WSON 所占的百分比大小顺序为 CF(18.1%)>DI(17.4%)>DOI(17.2%)>CK(16.0%), 颗粒态氮所占的百分比大小顺序为 DI(21.7%)>CK(15.8%)>DOI(15.1%)>CF(15.1%) (图 3)。

2.2.2 不同施肥雷竹林渗漏水不同形态氮所占比例

不同施肥雷竹林渗漏水不同形态氮所占比例如图 4 所示。4 种不同施肥方式渗漏水中硝态氮、铵态氮以及 WSON 的平均浓度分别在 26.2—92.5 mg/L, 0.50—6.42 mg/L 和 6.57—12.6 mg/L 范围内波动。不同施肥处理渗漏水硝态氮、铵态氮以及 WSON 所占总氮的百分比在 75.8%—82.9%、1.50%—6.36% 和 11.2%—20.6% 范围内波动。硝态氮、铵态氮浓度大小顺序均为 CF>DI>DOI>CK, WSON 浓度大小顺序为 CF(12.6 mg/L)>DOI(11.4 mg/L)>DI(10.1 mg/L)>CK(6.57 mg/L)。硝态氮所占的百分比大小顺序为 CF(82.9%)>DI(82.5%)>CK(78.7%)>DOI(75.8%), 铵态氮所占的百分比大小顺序为 DI(6.36%)>CF(5.75%)>DOI(3.64%)>CK(1.50%), WSON 所占的百分比大小顺序为 DOI(20.6%)>CK(19.8%)>CF(11.3%)>DI(11.2%) (图 4)。

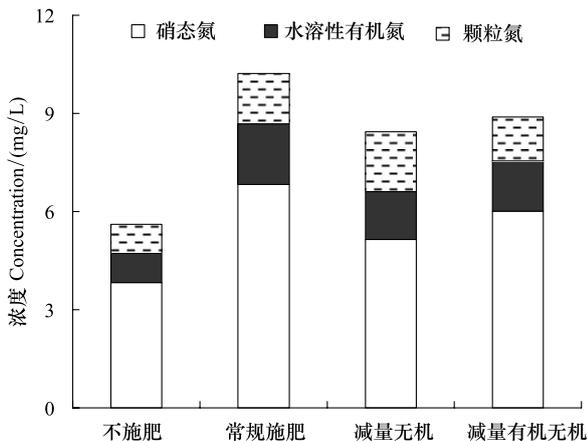


图 3 不同施肥雷竹林径流水不同形态氮所占比例

Fig.3 The proportion of different nitrogen form in the runoff water from the soil with different fertilization under *Phyllostachy praecox* stand

不施肥 Control with zero fertilizer; 常规施肥 Conventional fertilizer decreasing inorganic fertilizer; 减量无机 Decreasing organic; 减量有机无机 Inorganic fertilizer

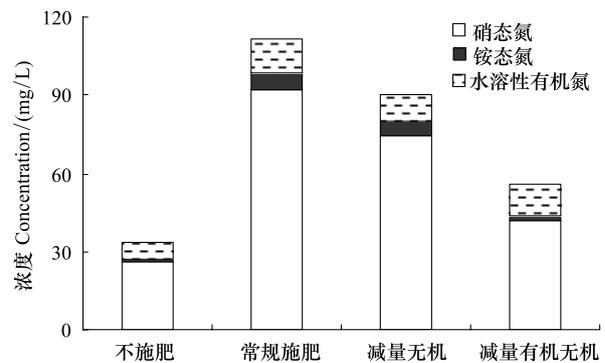


图 4 不同施肥雷竹林渗漏水不同形态氮所占比例

Fig.4 The proportion of different nitrogen form in the leakage water from the soil with different fertilization under *Phyllostachy praecox* stand

2.3 不同施肥雷竹林径流及渗漏水氮流失量

不同施肥雷竹林径流及渗漏水氮流失量如图 5 所示。不同处理雷竹林径流及渗漏水累计氮流失负荷整体呈阶梯状上升, 径流及渗漏水总氮流失负荷分别在 1.40 kg/hm²—4.50 kg/hm² 和 96.1—304.9 kg/hm² 范围内波动。径流水总氮流失负荷的大小顺序为 CF(4.50 kg/hm²)>DOI(3.46 kg/hm²)>DI(2.39 kg/hm²)>CK(1.40 kg/hm²), 渗漏水总氮流失负荷的大小顺序为 CF(304.9 kg/hm²)>DI(246.6 kg/hm²)>DOI(146.0 kg/hm²)>CK(96.1 kg/hm²)。不同施肥处理径流总流失负荷, 减量无机和减量有机无机相对于常规施肥来说减少了 46.9% 和 23.1%; 不同施肥处理渗漏水总流失负荷, 减量无机和减量有机无机相对于常规施肥来说减少了 19.1% 和 52.1% (图 5)。

3 讨论

农田土壤养分损失一般有 3 种途径: 一是土壤养分淋失, 养分随土壤渗漏水迁移进入水体; 二是土壤养分流失, 养分随地表径流和土粒(或土块)移动, 迁出农田而进入河流水网; 三是通过气态挥发或粉尘进入大气^[11]。红壤是我国南方主要的土壤资源, 但是由于不合理的土地利用方式, 氮磷等养分大量流失, 造成土壤肥力下降甚至水体恶化^[12-13]。有研究结果表明, 因为红壤质地比较粘重, 透水性差, 所以降雨来不及全部渗入土壤就会产生地表径流, 数据显示红壤总径流流失量最大是褐土的

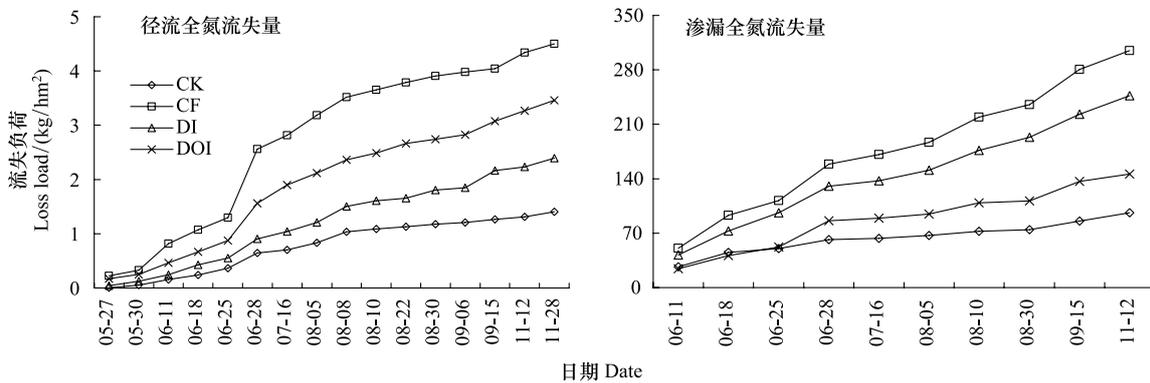


图5 不同施肥雷竹林径流及渗漏水氮流失量

Fig.5 Dynamic changes of total nitrogen loss load in the runoff water and leakage water from the soil with different fertilization under *Phyllostachy praecox* stand

1.44 倍^[14]。

3.1 不同施肥对径流 N 浓度的影响

降水径流是非点源污染发生的主要动力^[15],降雨量越大,作物覆盖率越低,则氮养分流失量越大^[16]。图 1 中可以看出,当降雨量增大时,相应的硝态氮和颗粒态氮流失浓度也相应地增大。因为雨滴击打土壤坡面,使其表层土壤中的细颗粒变得松散,随着降雨时间延长,这些土壤细颗粒不断地随径流冲刷下来,最终导致颗粒态氮占 TN 的比例变大^[17];经过几次雨水冲刷后,土壤中松散型土粒有较多流失,随后几次降雨带走的土粒相对要少些,最终导致了随着时间的推移,总氮浓度逐渐变小^[18]。

径流流失的铵态氮浓度较硝态氮浓度小,因为土壤颗粒和土壤胶体对铵离子有很强的吸附作用,同时铵态氮不稳定容易通过挥发的形式气态损失或通过硝化作用转化为硝态氮^[19]。再加上由于雷竹林属于旱地,氮素更加容易被氧化,因而本次径流水样铵态氮几乎为零。

大多数研究表明,硝态氮是氮素径流流失的主要形式^[20-21],并且硝态氮占 TN 的比例变化幅度很大。韩建刚^[22]的研究结果显示,硝态氮是紫色土小流域氮素流失的主要形式,其占到径流无机氮流失的 50%—97%。李英俊^[23]也表示,硝态氮是农田地表径流中可溶态氮素流失的主要形态,约占全氮的 4%—28%。宋娅丽^[24]表明,在坡耕地农田生态系统中,可溶态氮是天然降雨径流流失氮素的主要形态,其中硝态氮约占总氮的 26.5%—75.2%。不同施肥处理硝态氮的平均浓度为 3.82—6.82 mg/L,其占到 TN 的百分比在 60.9%—68.2% 范围内波动(图 3)。

本次试验中径流区域的不同形态氮素流失浓度总是 CF>DOI>DI>CK,有可能是常规施肥容易导致氮素的流失,减量无机和减量有机无机施肥可以减少氮素的流失。减量无机施肥(DI)硝态氮所占的比例(60.9%)明显低于其他施肥方式,而其颗粒态氮所占的百分比(21.7%)明显高于其他的施肥方式,说明减量无机处理中径流携带的泥沙本身含有或吸附的有机无机养分相对于其他处理较容易流失,而硝态氮所占百分比相对较低可能是本身硝态氮以及铵态氮浓度较低并且铵态氮转变成硝态氮的量较少。

3.2 不同施肥对渗漏 N 浓度的影响

南方湿润气候条件下硝态氮容易淋洗到 40 cm 土层以下^[25],雨水会进入土体然后下渗,硝态氮不易被土壤胶体吸附,而是会和水体一起向下迁移,但土壤颗粒对铵态氮的吸附强烈,土壤中含水量越高,其对铵态氮的吸附能力也相应增强,铵态氮同时也会被作物根系吸收利用,或经氨挥发和硝化作用生成硝态氮^[26],从而随着降雨强度加大铵态氮浓度会相应减少,而硝态氮随水分移动明显^[27],导致最后渗漏水中硝态氮浓度远高于铵态氮浓度。本次试验结果中显示不同处理渗漏水中硝态氮的浓度是 26.2—92.5 mg/L,而铵态氮的浓度则是 0.50—6.42 mg/L(图 4)。一般铵态氮转化成硝态氮需 2—3d 左右^[28],因此 6 月 11 日铵态氮浓度达到最大值后,6 月 25 日硝态氮的浓度才升到顶峰,但是 6 月 25 日降雨量并不是很大,可能是因为当降雨量较小时硝态氮浓缩导致渗漏水硝态氮浓度升高,这时硝态氮的渗漏流失量也不是很大^[25]。

本次试验结果中显示,硝态氮是渗漏水流失的主要形式,其所占总氮的百分比为 75.8%—82.9%(图 4),与大多数学者的研究不尽相同。谭德水^[29]等研究结果显示,淋溶以硝态氮损失为主,硝态氮占 63.5%—72.9%。张瑞杰^[30]的数据结果显示,硝态氮占总氮的 77.1%—89.3%。有学者研究表示,小麦-玉米期间土壤淋溶的氮素以硝态氮为主,溶解性有机氮次之,铵态氮最低,占淋失总氮的比例平均分别为 72.1%、26.2%和 1.7%^[31]。

本次试验结果中,硝态氮、铵态氮浓度大小顺序均为 CF>DI>DOI>CK,WSO_N 浓度大小顺序为 CF>DOI>DI>CK(图 4),总体的趋势是常规施肥氮素的流失浓度较高,而减量施肥可以降低氮素的流失浓度。减量有机无机(DOI)硝态氮所占的比例

(75.8%)明显低于其他施肥方式,而其 WSON 所占的百分比(20.6%)明显高于其他的施肥方式,有可能是因为添加了有机肥而增加了土壤中 WSON 的含量,降雨后 WSON 的流失浓度也会增大。

3.3 不同施肥对径流及渗漏 N 流失负荷的影响

Azeez 等^[32]指出,有机无机肥配合施用有利于改善土壤理化性质,加速有机肥的矿化,从而促进作物对氮素的吸收。高伟^[33]的研究结果表明,在大幅减少肥料施用量的情况下,并不会减少芹菜茎和叶中氮素的累积量;而施肥量较大的处理,芹菜茎中氮的累积量反而有所降低。

本文研究结果显示,不同施肥处理径流水的流失负荷,减量无机和减量有机无机相对于常规施肥来说减少了 46.9% 和 23.1% (图 5)。同样宁建凤^[9]等的研究结果显示,配施高量有机肥处理总氮、硝态氮和铵态氮流失量相比单施无机肥处理分别降低了 53.4%, 58.2% 和 56.0%。

农田养分的渗漏淋失实质上是指营养物质以土壤水为载体在土壤中的向下迁移过程。特别是在夏季气温高,作物生长快,氮肥施用量大,容易造成降雨与施肥期的耦合,引发大量的农田氮素渗漏流失^[34]。本次试验主要的观测阶段都集中在夏季,试验结果显示,渗漏水流失负荷为 96.1—304.9 kg/hm²,不同施肥处理的渗漏水流失负荷,减量无机和减量有机无机相对于常规施肥来说减少了 19.1% 和 52.1% (图 5),可见通过减量施肥和有机肥的添加来减少流失量的效果显著,这可能是因为有机肥中含有雷竹生长所需要的充足的养分,有助于作物营养,增加其对氮的吸收,因而减少氮的流失^[35]。

4 结论

(1)雷竹林径流水中硝态氮和颗粒态氮随降雨量变化而变化,当 6 月 28 日降雨量达到最大值时,其浓度都相应升高, WSON 浓度的变化趋势整体和硝态氮一致,其浓度峰值相对硝态氮提前。

(2)雷竹林渗漏水中硝态氮其主要的流失形式,占到总氮的 75.8%—82.9%,铵态氮平均浓度为 0.50—6.42 mg/L,占到总氮的 1.50%—6.36%。

(3)雷竹林径流及渗漏水的总氮流失负荷分别在 1.4—4.5 kg/hm² 和 96.1—304.9 kg/hm² 范围内波动。不同施肥处理的径流及渗漏水流失负荷中,减量无机和减量有机无机相对于常规施肥来说分别减少了 46.9%, 23.1% 和 19.1% 和 52.1%。

References:

- [1] Fang W, He J C, Lu X K, Chen J H. Cultivation techniques of early shooting and high yielding for lei bamboo sprout. Journal of Zhejiang Forestry College, 1994, 11(2): 121-128.
- [2] Zhang Y Z, He J C, Zheng H J. Effect of fertilizer types and fertilization depth on mulching cultivated *Phyllostachys violascens*. Journal of Zhejiang Forestry Science and Technology, 2011, 31(3): 40-43.
- [3] Jiang P K, Xu Q F, Zhou G M, Meng C F. Soil Quality Under *Phyllostachys Praecox* Stands and Its Evolution Trend. Beijing: China Agriculture Press, 2009.
- [4] Wu J S, Jiang P K, Sheng W X, Xie B L. Effect of bamboo (*Phyllostachys praecox* F. prevernalis) intensive cultivation on water quality in water systems. Scientia Silvae Sinicae, 2009, 45(8): 76-81.
- [5] Milošević T, Milošević N, Glišić I. Tree growth, yield, fruit quality attributes and leaf nutrient content of 'Roxana' apricot as influenced by natural zeolite, organic and inorganic fertilisers. Scientia Horticulturae, 2013, 156: 131-139.
- [6] Zhang Y F, Jiang Z G, Du Y Y, Zhao Y W. Effects of different fertilization schemes on vegetable yield and nitrogen loss from vegetable fields. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2011, 31(5): 54-58.
- [7] Zhang J B, Zhu T B, Meng T Z, Zhang Y C, Yang J J, Yang W Y, Müller C, Cai Z C. Agricultural land use affects nitrate production and conservation in humid subtropical soils in China. Soil Biology & Biochemistry, 2013, 62: 107-114.
- [8] Yu Y L, Xu L H, Yang L Z. Nitrogen use efficiency and loss from runoff and leaching in wheat season with rice-wheat rotation system under different nitrogen management methods in Taihu lake region, China. Journal of Agro-Environment Science, 2011, 30(12): 2475-2482.
- [9] Ning J F, Xu P Z, Tang S H, Zou X Z, Luo W J, Chen Y, Sun L L, Wei L, Wu J L. Effects of combined application of organic and inorganic fertilizer on soil nitrogen runoff in vegetable field. Journal of Soil and Water Conservation, 2011, 25(3): 17-21.
- [10] Xie B L, Wu J S, Xu Q F, Jiang P K. Effect of different fertilization and mulching on water soluble organic N of the soil under *Phyllostachys praecox* stands. Acta Pedologica Sinica, 2009, 46(6): 1168-1171.
- [11] Zhang M K, Wang Y, Huang C. Characteristics of nitrogen and phosphorus runoff losses from croplands with different planting patterns in a riverine plain area of Zhejiang Province, East China. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(12): 3211-3220.
- [12] Wang Y, Xu C X, Wang H J, Xie Z J. Effect of fertilizer levels and tillage methods on nutrient loss of red soil slopes. Journal of Agro-Environment Science, 2011, 30(3): 500-507.
- [13] Huang H X, Xie X L, Wang K R, Yin F R. Surface runoff and nutrient loss from red-soil slope-lands under different land use types. Ecology and Environment, 2008, 17(4): 1645-1648.
- [14] Gao Y, Song F P, Ma F L, Zou P. Comparison of loss amount of nitrogen, phosphorus and potassium in three types of soil under simulated rainfall.

- Journal of Soil and Water Conservation, 2011, 25(2): 15-18.
- [15] Chen Z L, Chen J, Liu P, Peng X C, Xu Z C, Wu Z F. An experiment on influence of storm on nitrogen loss and phosphorus loss under different land use in river basin. Journal of Soil and Water Conservation, 2008, 22(5): 30-33.
- [16] Duan X L, Zhang F L, Zhang J M, Fan X P, Liu D B, Xiong G Y. Regular Pattern of nitrogen and phosphorus runoff losses from cotton field in Jiangnan plain. Journal of Soil and Water Conservation, 2012, 26(2): 49-53.
- [17] Qian J, Zhang L P, Wang X Y, Fu X T, Zhang F F, Wang W Y, Liu Q. Effects of different slope length and vegetation coverage on nitrogen loss in sloping land under artificial simulated. Journal of Soil and Water Conservation Rainfall, 2012, 26(5): 6-10.
- [18] Cheng W J, Shi J, Xia Y S, Zhang N M. Farmland runoff of nitrogen and phosphorus in Dianchi watershed. Journal of Soil and Water Conservation, 2008, 22(5): 52-55.
- [19] Liu J, Du L Y. Loss of nitrogen and phosphorus of upland field with brown soil in Shenyang region. Soil and Water Conservation in China, 2012, (6): 43-45.
- [20] Ma Y H, Xie X Y, Ma Z W, Wang G L, Sun X W, Hu S B, Shi R G, Huang W X, Zhu H Y, Zhu X D, Wang T C. Nitrogen and phosphorus runoff from garden plots in Anhui province. Journal of Soil and Water Conservation, 2012, 26(3): 12-17.
- [21] Zeng Z B, Li M J, Yao J W, Yu D N, Luo Y J, Ai S Y. Impacts of custom fertilization on N and P losses by runoff in vegetable fields. Journal of Soil and Water Conservation, 2012, 26(5): 34-43.
- [22] Han J G, Li Z B. Process characteristics of nitrogen loss by runoff in different land use watersheds in purple soil hilly region. Journal of Hydraulic Engineering, 2011, 42(2): 160-165.
- [23] Li Y J, Wang K Q, Song W F, Guo S H, Li T X, Li Y J. Nitrogen loss in the farmland surface runoff under the natural rainfall conditions. Research of Soil and Water Conservation, 2010, 17(4): 19-23.
- [24] Song Y L, Wang K Q. Nitrogen balance characteristics of agro-ecosystem in sloping filed in the middle Yunnan. Journal of Soil and Water Conservation, 2010, 24(1): 150-154.
- [25] Yi S L, Shi X J, Wen M X, Li X P, Huo Q J. Nitrogen transference and leaching loss in growth period of wheat in purple soil. Journal of Soil and Water Conservation, 2004, 18(4): 46-49.
- [26] Li Y, Yang L Z, Yin G D. Experimental study on nitrogen leaching in a direct-seeding rice paddy of Taihu Lake Basin. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2010, 16(1): 99-104.
- [27] Xu L G, Zhang Q, Xu J, Jiang H K, Huang L J. Migration and leaching losses of nutrients in relation to rainfall intensity. Acta Pedologica Sinica, 2008, 45(3): 437-443.
- [28] Rodríguez S B, Alonso-Gaite A, Álvarez-Benedi J. Characterization of nitrogen transformations, sorption and volatilization processes in urea fertilized soils. Vadose Zone Journal, 2005, 4(2): 329-336.
- [29] Tan D S, Jiang L H, Zhang Q, Meng L, Zheng F L, Gao X H, Xu J, Liu Z H. *In situ* study on influences of different fertilization patterns on inorganic nitrogen losses through leaching and runoff: a case of field in Nansi Lake Basin. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(12): 3488-3496.
- [30] Zhang R J, Lin G L, Hu Z Y, Pang Y W, Yin X F, Wu Y H. Dicyandiamide application reduces nitrogen loss from the vegetable field on the northern bankside of Dianchi lake. Journal of Soil and Water Conservation, 2008, 22(5): 34-37.
- [31] Gao Z X, Yang X Y, Zhou J B, Wang X, Wang H. Forms and amounts of nitrogen in leachates affected by different fertilizations after one wheat-maize rotation. Journal of Agro-Environment Science, 2010, 29(8): 1624-1632.
- [32] Azeez J O, Van Averbeke W, Okorogbona A O M. Differential responses in yield of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) and night-shade (*Solanum retroflexum* Dun.) to the application of three animal manures. Bioresource Technology, 2010, 101(7): 2499-2505.
- [33] Gao W, Zhu J H, Li M Y, Huang S W, Tang J W. Effects of combined application of organic manure and chemical fertilizers on yield and quality of celery and soil nitrate leaching under greenhouse condition. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2011, 17(3): 657-664.
- [34] Song K, Xu A G, Zhang W L, Pan J J, Yao Z, Ji H J, Luo C Y. Study on nitrogen leaching in farmlands with different crops in riverine plain area of Taihu Lake. Journal of Nanjing Agricultural University, 2009, 32(3): 88-92.
- [35] Wen Y, Zhang H L, Zhang J W, Cao L K. Studies on the nitrogen loss from rice field with different fertilizer treatments. Bulletin of Science and Technology, 2011, 27(4): 549-553.

参考文献:

- [1] 方伟, 何钧潮, 卢学可, 陈健华. 雷竹早产高效栽培技术. 浙江林学院学报, 1994, 11(2): 121-128.
- [2] 张有珍, 何钧潮, 郑惠君. 肥料种类及施肥深度对覆盖雷竹林的影响. 浙江林业科技, 2011, 31(3): 40-43.
- [3] 姜培坤, 徐秋芳, 周国模, 孟锡福. 雷竹林土壤质量及其演变趋势. 北京: 中国农业出版社, 2009.
- [4] 吴家森, 姜培坤, 盛卫星, 谢秉楼. 雷竹集约栽培对周边河流水质的影响. 林业科学, 2009, 45(8): 76-81.
- [6] 张颖飞, 蒋治国, 堵燕钰, 赵言文. 不同施肥模式对蔬菜产量及菜地氮流失的影响. 水土保持通报, 2011, 31(5): 54-58.
- [8] 俞映惊, 薛利红, 杨林章. 太湖地区稻麦轮作系统不同氮肥管理模式对麦季氮素利用与流失的影响研究. 农业环境科学学报, 2011, 30(12): 2475-2482.

- [9] 宁建凤, 徐培智, 杨少海, 邹献中, 罗文贱, 陈勇, 孙丽丽, 魏岚, 巫金龙. 有机无机肥配施对菜地土壤氮素径流流失的影响. 水土保持学报, 2011, 25(3): 17-21.
- [10] 谢秉楼, 吴家森, 徐秋芳, 姜培坤. 覆盖与施肥处理对雷竹林土壤水溶性有机氮的影响. 土壤学报, 2009, 46(6): 1168-1171.
- [11] 章明奎, 王阳, 黄超. 水网平原地区不同种植类型农田氮磷流失特征. 应用生态学报, 2011, 22(12): 3211-3220.
- [12] 王云, 徐昌旭, 汪怀建, 谢志坚. 施肥与耕作对红壤坡地养分流失的影响. 农业环境科学学报, 2011, 30(3): 500-507.
- [13] 黄河仙, 谢小立, 王凯荣, 殷芙蓉. 不同覆被下红壤坡地地表径流及其养分流失特征. 生态环境, 2008, 17(4): 1645-1648.
- [14] 高杨, 宋付朋, 马富亮, 邹朋. 模拟降雨条件下 3 种类型土壤氮磷钾养分流失量的比较. 水土保持学报, 2011, 25(2): 15-18.
- [15] 陈志良, 程炯, 刘平, 彭晓春, 许振成, 吴志峰. 暴雨径流对流域不同土地利用土壤氮磷流失的影响. 水土保持学报, 2008, 22(5): 30-33.
- [16] 段小丽, 张富林, 张继铭, 范先鹏, 刘冬碧, 熊桂云. 江汉平原棉田地表径流氮磷养分流失规律. 水土保持学报, 2012, 26(2): 49-53.
- [17] 钱婧, 张丽萍, 王小云, 付兴涛, 张芳芳, 王文艳, 刘俏. 人工降雨条件下不同坡长和覆盖度对氮素流失的影响. 水土保持学报, 2012, 26(5): 6-10.
- [18] 程文娟, 史静, 夏运生, 张乃明. 滇池流域农田土壤氮磷流失分析研究. 水土保持学报, 2008, 22(5): 52-55.
- [19] 刘健, 杜立宇. 沈阳地区棕壤旱田氮磷流失特征研究. 中国水土保持, 2012, (6): 43-45.
- [20] 马友华, 谢昕云, 马中文, 王桂苓, 孙兴旺, 胡善宝, 石润圭, 黄文星, 朱海燕, 朱贤东, 王泰成. 安徽省园地氮磷径流流失. 水土保持学报, 2012, 26(3): 12-17.
- [21] 曾招兵, 李盟军, 姚建武, 余丹妮, 罗英健, 艾绍英. 习惯施肥对菜地氮磷径流流失的影响. 水土保持学报, 2012, 26(5): 34-43.
- [22] 韩建刚, 李占斌. 紫色土丘陵区不同土地利用类型小流域氮素流失规律初探. 水利学报, 2011, 42(2): 160-165.
- [23] 李英俊, 王克勤, 宋维峰, 郭圣浩, 李太兴, 李云蛟. 自然降雨条件下农田地地表径流氮素流失特征研究. 水土保持研究, 2010, 17(4): 19-23.
- [24] 宋娅丽, 王克勤. 滇中坡耕地农田生态系统中氮素平衡特征. 水土保持学报, 2010, 24(1): 150-154.
- [25] 易时来, 石孝均, 温明霞, 李学平, 霍沁建. 小麦生长季氮素在紫色土中的迁移和淋失. 水土保持学报, 2004, 18(4): 46-49.
- [26] 李勇, 杨林章, 殷广德. 太湖地区直播稻田氮素渗漏损失试验研究. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(1): 99-104.
- [27] 徐力刚, 张奇, 徐进, 蒋鸿昆, 黄丽江. 不同降雨强度对营养盐垂向迁移过程和淋失量的影响. 土壤学报, 2008, 45(3): 437-443.
- [29] 谭德水, 江丽华, 张骞, 孟丽, 郑福丽, 高新昊, 徐钰, 刘兆辉. 不同施肥模式调控沿湖农田无机氮流失的原位研究——以南四湖过水区粮田为例. 生态学报, 2011, 31(12): 3488-3496.
- [30] 张瑞杰, 林国林, 胡正义, 逢玉万, 殷小锋, 吴永红. 氮肥减施及双氰胺施用对滇池北岸蔬菜地土壤氮素流失影响. 水土保持学报, 2008, 22(5): 34-37.
- [31] 高忠霞, 杨学云, 周建斌, 王祥, 王宏. 小麦-玉米轮作期间不同施肥处理氮素的淋溶形态及数量. 农业环境科学学报, 2010, 29(8): 1624-1632.
- [33] 高伟, 朱静华, 李明悦, 黄绍文, 唐继伟. 有机无机肥料配合施用对设施条件下芹菜产量、品质及硝酸盐淋溶的影响. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(3): 657-664.
- [34] 宋科, 徐爱国, 张维理, 潘剑君, 姚政, 冀宏杰, 罗春燕. 太湖水网地区不同种植类型农田氮素渗漏流失研究. 南京农业大学学报, 2009, 32(3): 88-92.
- [35] 闻轶, 张翰林, 谢剑炜, 曹林奎. 不同施肥处理对稻田系统氮素流失的影响. 科技通报, 2011, 27(4): 549-553.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33 ,No.18 Sep. ,2013 (Semimonthly)
CONTENTS

Development of agroecology in USA HUANG Guoqin, McCullough Patrick E. (5449)

Research progress on water footprint MA Jing, PENG Jian (5458)

Analysis and evaluation of the eco-economic systems of the main crops (rice, cotton and rapeseed) in Jiangxi Province, China
..... SUN Weimin, OU Yizhi, HUANG Guoqin (5467)

Relationship among drought, hydraulic metabolic, carbon starvation and vegetation mortality DONG Lei, LI Jiyue (5477)

Reviews on the ecological stoichiometry characteristics and its applications
..... ZENG Dongping, JIANG Liling, ZENG Congsheng, et al (5484)

Composition and fractal features of purple soil aggregates during the vegetation restoration processes in the Three Gorges Reser-
voir Region WANG Yihao, GENG Yanghui, HUANG Zhonghua (5493)

Impacts of different surface covers on soil respiration in urban areas FU Zhihong, HUYAN Jiaoqi, LI Feng, et al (5500)

Chilling sensitivities of three closely related plants with different invasiveness in South China
..... WANG Yutao, LI Chunmei, LI Shaoshan (5509)

The flower syndrome and pollination adaptation of desert rare species *Eremosparton songoricum* (litv.) Vass.(Fabaceae)
..... SHI Xiang, LIU Huiliang, ZHANG Daoyuan, et al (5516)

Competitive effect of *Pistia stratiotes* to rice and its impacts on rice yield and soil nutrients SHEN Shicai, XU Gaofeng, ZHANG Fudou, et al (5523)

Photosynthetic physiological ecology characteristics of rare medicinal plants *Bletilla striata*
..... WU Mingkai, LIU Hai, SHEN Zhijun, et al (5531)

Photosynthetic responses to Solar UV radiation of *Gracilaria lemaneiformis* cultured under different temperatures and CO₂
concentrations YANG Yuling, LI Wei, CHEN Weizhou, et al (5538)

The effect of soil oxygen availability on greenhouse gases emission in a double rice field
..... QIN Xiaobo, LI Yu'e, WAN Yunfan, et al (5546)

Effects of nitrogen management on NH₃ volatilization and nitrogen use efficiency under no-tillage paddy fields
..... MA Yuhua, LIU Bing, ZHANG Zhisheng, et al (5556)

Study on characteristics of net photosynthetic rate of two kinds of tree shape and Impact Factors in Korla fragrant pear
..... SUN Guili, XU Min, LI Jiang, et al (5565)

Effects of sand burial on growth, survival, photosynthetic and transpiration properties of *Agriophyllum squarrosum* seedlings
..... ZHAO Halin, QU Hao, ZHOU Ruilian, et al (5574)

Effects of using plastic film as mulch combined with bunch planting on soil temperature, moisture and yield of spring wheat in a
semi-arid area in drylands of Gansu, China WANG Hongli, SONG Shangyou, ZHANG Xucheng, et al (5580)

Study on soil aggregates stability of mulberry ridge in Rocky Desertification based on Le Bissonnais method
..... WANG Sanshu, HUANG Xianzhi, SHI Dongmei, et al (5589)

Effects of fertilization on nitrogen loss with different forms via runoff and seepage under *Phyllostachy praecox* stands
..... CHEN Peipei, WU Jiasen, ZHENG Xiaolong, et al (5599)

Characteristics of physiological groups of soil nitrogen-transforming microbes in different vegetation types in the Loess Gully
region, China XING Xiaoyi, HUANG Yimei, AN Shaoshan, et al (5608)

Effects of vegetation types on soil microbial biomass C, N, P on the Loess Hilly Area
..... ZHAO Tong, YAN Hao, JIANG Yueli, et al (5615)

Influence of mulching management on soil microbe and its relationship with soil nutrient in *Phyllostachys praecox* stand
..... GUO Ziwu, YU Wenxian, CHEN Shuanglin, et al (5623)

Effect of rainfall on the seasonal variation of soil respiration in Hulunber Meadow Steppe
..... WANG Xu, YAN Yuchun, YAN Ruirui, et al (5631)

Spatial heterogeneity of fine roots in a subtropical evergreen broad-leaved forest and their sampling strategy based on soil coring
method HUANG Chaochao, HUANG Jinxue, XIONG Decheng, et al (5636)

Changes of leaf traits and WUE with crown height of four tall tree species HE Chunxia, LI Jiyue, MENG Ping, et al (5644)

Sap flow dynamics of *Populus alba* L.×*P.talassica* plantation in arid desert area ZHANG Jun, LI Xiaofei, LI Jianguai, et al (5655)

Effects of simulated temperature increase and vary little quality on litter decomposition
..... LIU Ruipeng, MAO Zijun, LI Xinghuan, et al (5661)

The effects of leaf stoichiometric characters on litter turnover in an arid-hot valley of Jinsha River, China
..... YAN Bangguo, JI Zhonghua, HE Guangxiong, et al (5668)

Comparison of concentrations of non-structural carbohydrates between new twigs and old branches for 12 temperate species
..... ZHANG Haiyan, WANG Chuankuan, WANG Xingchang (5675)

Combined effects of root cutting, auxin application, and potassium fertilizer on growth, sugar:nicotine ratio, and organic potassi-
um index of flue-cured tobacco WU Yanhui, XUE Lixin, XU Zicheng, et al (5686)

Effects of photoperiod and high fat diet on energy intake and thermogenesis in female *Apodemus chevrieri*
..... GAO Wenrong, ZHU Wanlong, MENG Lihua, et al (5696)

Effects of dietary chlorogenic acid supplementation on antioxidant system and anti-low salinity of *Litopenaeus vannamei*
..... WANG Yun, LI Zheng, LI Jian, et al (5704)

- Responses of desert plant diversity, community and interspecific association to soil salinity gradient ZHANG Xueni, LÜ Guanghui, YANG Xiaodong, et al (5714)
- Community characteristics in a chronosequence of karst vegetation in Mashan county, Guangxi WEN Yuanguang, LEI Liquan, ZHU Hongguang, et al (5723)
- Association between environment and community of *Pinus taiwanensis* in Daiyun Mountain LIU Jinfu, ZHU Dehuang, LAN Siren, et al (5731)
- The dynamics of soil fauna community during litter decomposition at different phenological stages in the subtropical evergreen broad-leaved forests in Sichuan basin WANG Wenjun, YANG Wanqin, TAN Bo, et al (5737)
- Seasonal dynamics and content of soil labile organic carbon of mid-subtropical evergreen broadleaved forest during natural succession FAN Yuexin, YANG Yusheng, YANG Zhijie, et al (5751)
- The stoichiometric characteristics of C, N, P for artificial plants and soil in the hinterland of Taklimakan Desert LI Congjuan, LEI Jiaqiang, XU Xinwen, et al (5760)
- A preliminary investigation on the population and behavior of the Tundra Swan (*Cygnus columbianus*) in Poyang Lake DAI Nianhua, SHAO Mingqin, JIANG Lihong, et al (5768)
- Effects of nutrient enrichment and fish stocking on succession and diversity of phytoplankton community CHEN Chun, LI Sijia, XIAO Lijuan, HAN Boping (5777)
- The depositional environment and organic sediment component of Dagze Co, a saline lake in Tibet, China LIU Shasha, JIA Qinxian, LIU Xifang, et al (5785)
- Spatiotemporal variation of interacting relationships among multiple provisioning and regulating services of Tibet grassland ecosystem PAN Ying, XU Zengrang, YU Chengqun, et al (5794)
- Spatial distribution of dissolved amino acids in Lake Taihu, China YAO Xin, ZHU Guangwei, GAO Guang, et al (5802)
- RS- and GIS-based study on ecological function regionalization in the Chaohu Lake Basin, Anhui Province, China WANG Chuanhui, WU Li, WANG Xinyuan, et al (5808)
- Trends of spring maize phenophases and spatio-temporal responses to temperature in three provinces of Northeast China during the past 20 years LI Zhengguo, YANG Peng, TANG Huajun, et al (5818)
- Species selection for landscape rehabilitation and their response to environmental factors in Poyang Lake wetlands XIE Dongming, JIN Guohua, ZHOU Yangming, et al (5828)
- Temporal and spatial pattern of the phytoplankton biomass in the Pearl River Delta WANG Chao, LI Xinhui, LAI Zini, et al (5835)
- Spatio-temporal dynamics of land use/land cover and its driving forces in Nanjing from 1995 to 2008 JIA Baoquan, WANG Cheng, QIU Erfa (5848)
- Changes of organic carbon and its labile fractions in topsoil with altitude in subalpine-alpine area of southwestern China QIN Jihong, WANG Qin, SUN Hui (5858)
- The carbon sink of urban forests and efficacy on offsetting energy carbon emissions from city in Guangzhou ZHOU Jian, XIAO Rongbo, ZHUANG Changwei, et al (5865)
- Groundwater salt content change and its simulation based on machine learning model in hinterlands of Taklimakan Desert FAN Jinglong, LIU Hailong, LEI Jiaqiang, et al (5874)
- Analysis of coordination degree between urban development and water resources potentials in arid oasis city XIA Fuqiang, TANG Hong, YANG Degang, et al (5883)
- Constructing an assessment indices system to analyze integrated regional carrying capacity in the coastal zones: a case in Nantong WEI Chao, YE Shufeng, GUO Zhongyang, et al (5893)
- Fish species diversity in Zhongjieshan Islands Marine Protected Area (MPA) LIANG Jun, XU Hanxiang, WANG Weiding (5905)
- Distribution and long-term changes of net-phytoplankton in the tidal freshwater estuary of Changjiang during wet season JIANG Zhibing, LIU Jingjing, LI Hongliang, et al (5917)
- Study of urban metabolic structure based on ecological network: a case study of Dalian LIU Gengyuan, YANG Zhifeng, CHEN Bin, et al (5926)
- Factors influencing of residents' tolerance towards wild boar in and near nature reserve: Taking the Heilongjiang Fenghuangshan Nature Reserve as the example XU Fei, CAI Tiju, JU Cunyong, et al (5935)
- Herdsmen's willingness to participate in ecological protection in Sanjiangyuan Region, China LI Huimei, ZHANG Anlu, WANG Shan, et al (5943)
- Analysis of first flush in rainfall runoff in Shenyang urban city LI Chunlin, LIU Miao, HU Yuanman, et al (5952)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的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;新书评价和学术、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

本期责任副主编 陈利顶 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 33 卷 第 18 期 (2013 年 9 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 18 (September, 2013)

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

主 编 王如松

主 管 中国科学技术协会

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

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂

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

订 购 全国各地邮局

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

广告经营 京海工商广字第 8013 号
许 可 证

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

Editor-in-chief WANG Rusong

Supervised by China Association for Science and Technology

Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

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

Domestic All Local Post Offices in China

Foreign China International Book Trading
Corporation
Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China



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 90.00 元