

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 31 卷 第 15 期 Vol.31 No.15 **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 15 期

2011 年 8 月 (半月刊)

目 次

地面节肢动物营养类群对土地覆被变化和管理扰动的响应·····	李锋瑞,刘继亮,化伟,等 (4169)
两种书虱微卫星富集文库的构建及比较·····	魏丹丹,袁明龙,王保军,等 (4182)
菲律宾蛤仔 EST-SSRs 标记开发及不同地理群体遗传多样性·····	闫喜武,虞志飞,秦艳杰,等 (4190)
菲律宾蛤仔大连群体不同世代的遗传多样性·····	虞志飞,闫喜武,杨霏,等 (4199)
玻璃温室与田间栽培小麦幼穗分化的比较·····	姜丽娜,赵艳岭,邵云,等 (4207)
施用有机肥环境下盐胁迫小麦幼苗长势和内源激素的变化·····	刘海英,崔长海,赵倩,等 (4215)
黄土高原半干旱区气候变化对春小麦生长发育的影响——以甘肃定西为例·····	姚玉璧,王润元,杨金虎,等 (4225)
不同耕作模式下稻田水中氮磷动态特征及减排潜力·····	冯国禄,杨仁斌 (4235)
大田环境下转 Bt 基因玉米对土壤酶活性的影响·····	颜世磊,赵蕾,孙红炜,等 (4244)
短期淹水培养对水稻土中地杆菌和厌氧粘细菌丰度的影响·····	朱超,Stefan Ratering,曲东,等 (4251)
气候变化背景下广东晚稻播期的适应性调整·····	王华,陈新光,胡飞,等 (4261)
长期封育对不同类型草地碳贮量及其固持速率的影响·····	何念鹏,韩兴国,于贵瑞 (4270)
黄土丘陵区两种主要退耕还林树种生态系统碳储量和固碳潜力·····	刘迎春,王秋凤,于贵瑞,等 (4277)
植物叶表面的润湿性及其生态学意义·····	石辉,王会霞,李秧秧 (4287)
长白山北坡主要森林群落凋落物现存量月动态·····	郑金萍,郭忠玲,徐程扬,等 (4299)
古尔班通古特沙漠及周缘 52 种植物种子的萌发特性与生态意义·····	刘会良,宋明方,段士民,等 (4308)
吉首蒲儿根的繁殖生态学特性及其濒危成因·····	邓涛,陈功锡,张代贵,等 (4318)
栖息地永久性破坏的比例对物种多度稳定值影响的迭代算法·····	时培建,戈峰,杨清培 (4327)
喷施多效唑提高麻疯树幼苗耐盐性的生理机制·····	毛轶清,郑青松,陈健妙,等 (4334)
阿尔山落叶松主要蛀干害虫的种群空间生态位·····	袁菲,骆有庆,石娟,等 (4342)
2009 年云南省白背飞虱早期迁入种群的虫源地范围与降落机制·····	沈慧梅,吕建平,周金玉,等 (4350)
中华稻蝗长沙种群的生活史及其卵滞育的进化意义·····	朱道弘,张超,谭荣鹤 (4365)
“518”油桃主要害虫与其捕食性天敌的关系·····	施晓丽,毕守东,耿继光,等 (4372)
青藏东缘若尔盖高寒草甸中小型土壤动物群落特征及季节变化·····	张洪芝,吴鹏飞,杨大星,等 (4385)
青海可鲁克湖水鸟季节动态及渔鸥活动区分析·····	张国钢,刘冬平,侯韵秋,等 (4398)
排放与森林碳汇作用下云南省碳净排放量估计·····	刘慧雅,王铮,马晓哲 (4405)
北京城市生态占水研究·····	柏樱岚,王如松,姚亮 (4415)
专论与综述	
植物水分传输过程中的调控机制研究进展·····	杨启良,张富仓,刘小刚,等 (4427)
环境介质中的抗生素及其微生物生态效应·····	俞慎,王敏,洪有为 (4437)
自然生态系统中的厌氧氨氧化·····	沈李东,郑平,胡宝兰 (4447)
研究简报	
山东半岛南部海湾底栖动物群落生态特征及其与水环境的关系·····	张莹,吕振波,徐宗法,等 (4455)
新疆乌伦古湖浮游甲壳动物的季节演替及与环境因子的关系·····	杨丽丽,周小玉,刘其根,等 (4468)
不同施肥与灌水量对槟榔土壤氮挥发的影响·····	卢丽兰,甘炳春,许明会,等 (4477)
学术信息与动态	
水土资源保持的科学政策:全球视野及其应用——第 66 届美国水土保持学会国际学术年会述评·····	卫伟 (4485)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 320 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 34 * 2011-08



封面图说: 塞罕坝地处内蒙古高原南缘向华北平原的过渡带,地势分为坝上、坝下两部分。解放初期,这里是“飞鸟无栖树,黄沙遮天日”的荒原沙丘,自 1962 年建立了机械化林场之后,塞罕坝人建起了 110 多万亩人工林,造就了中国最大的人工林林场。这是让人叹为观止的落叶松人工林海。

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

冯国禄, 杨仁斌. 不同耕作模式下稻田水中氮磷动态特征及减排潜力. 生态学报, 2011, 31 (15) : 4235-4243.

Feng G L, Yang Renbin. Dynamic changes in nitrogen and phosphorus concentrations and emission-reduction potentials in paddy field water under different tillage models. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31 (15) : 4235-4243.

不同耕作模式下稻田水中氮磷动态特征及减排潜力

冯国禄, 杨仁斌*

(吉首大学生态旅游重点实验室, 张家界 427000)

摘要:通过微区模拟稻田试验, 研究了夏季施肥免耕、浅耕和深耕 3 种耕作模式下不同滞水时间稻田排水中氮磷的动态特征及总氮、总磷流失潜能。结果表明: (1) 3 个耕作处理 5 d 后的稻田滞排水中 TN、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、TP 和 DP 均处于较低的浓度水平, 免耕的田面水中 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 浓度较低。 (2) 不同耕作模式滞水 5 d 后 TN 的绝对流失量均处于较低水平。深耕处理的稻田水中 TN 的流失潜能相对较小。不同耕作模式处理后氮素的相对流失形态与潜能以 TN 为主。 (3) 浅耕处理田面水中 TP 绝对流失量和相对流失潜能最少。不同耕作模式滞水 5 d 后排水可显著减少田面水中 TP 流失。不同耕作模式处理田面水中磷素流失形态随时间呈 TP 与 DP 交替变化。因此, 从减少田面水中氮磷的绝对流失量出发, 夏季浅耕不失为最佳清洁耕作模式; 同时滞水 5 d 后排水能有效减少田面水中氮磷的流失量, 减少稻田排水对面源污染的影响。

关键词:耕作模式; 滞水; 氮; 磷; 稻田

Dynamic changes in nitrogen and phosphorus concentrations and emission-reduction potentials in paddy field water under different tillage models

FENG Guolu, YANG Renbin*

Key Laboratory of Eco-tourism, Jishou University, Hunan, Zhangjiajie 427000, China

Abstract: Traditional agricultural production in frequently cropped soils can lead to soil structural damage, a decrease in soil quality, increased erosion, and aggravation of nitrogen (N), phosphorus (P) and pesticide losses into rivers and lakes. Aiming at reducing these problems, many countries have introduced the practice of no-till. In southern China, rice farming activities involves deep plowing in spring, but in summer, cultivation involves no-till or shallow plowing. No-till means that the land is not used as intensively and direct sowing or planting crops is the preferred method of production. China from the end of 1970s began to use the no-till approach in paddy field research; in southern China in the 1980s the natural no-till method became popular to improve the environment as a whole and, as well as promoting the sustainable development of paddy field ecosystems. Summer precipitation and paddy field surface water with high N and P concentrations can be the source of the loss of a large quantity of nutrients from runoff from the rice fields, which has the potential to be a source of pollution and can affect the water quality of the local river and lakes.

In summer a different farming mode involving changing the paddy field surface water is used, which can reduce N and P losses. The dynamic changes in N and P concentrations and their loss potentials and reduction effectiveness in paddy field surface water, under different stagnating times in three tillage models such as no cultivation, shallow plowing and deep plowing were investigated. This was done using a paddy simulation microzone experiment. Results showed that: (1) Deep plowing was favorable for the fixation of fertilizer, by the soil but total N and $\text{NH}_4^+\text{-N}$ in the water showed a gradual decrease with time. The microbial environment in the soil of non-cultivated and shallow plowing scenarios was favorable for

基金项目:国家高技术研究发展计划 (863 计划) (2005AA601010-03); 湖南省教育厅科学研究项目 (10C1097); 国家科技部重大水专项 (2008ZX07211-001); 吉首大学开放基金课题 (10stlyb05)

收稿日期: 2010-11-29; 修订日期: 2011-05-30

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yrb4806@yahoo.com.cn

nitrification, to which NO_3^- -N was released rapidly into the water as it was poorly adsorbed by the soil. The total P (TP) and dissolved P (DP) concentrations in the water of the non-cultivated and deep plowing systems were relatively high within 1—5 d, and the TP and DP concentration (when the discharge of the water from the three tillage regimes was delayed) was relatively low after 5 days. (2) The absolute TN losses from the water of the different tillage models were low after the water was left for 5 days. Non-cultivation, shallow plowing and deep plowing reduced the TN losses by 59.6%—65.7%, 70.2%—88.2% and 65.2%—77.3%, respectively. Total-N potential losses into the water of the deep plowing regime were relatively minor but were the main form of N lost in the water of all three farming scenarios. (3) The absolute losses of TP in the water of the non-cultivated regime were the highest while they were lowest in the water of the shallow plowing system. After holding the water for 5 days, the TP lost (as calculated by the three tillage models) was reduced in the range of 54.7%—67.8%, 63.0%—85.1% and 52.5%—88.0%, respectively. The relative potential losses of TP in water of the shallow plowing regime were lower than others. Likewise, the relative form of N and P lost was different in three tillage models and showed variations over time. Thus, when discharged after 5 days' delay, the amount of N and P in the water lost from the paddies can be decreased effectively, which will significantly reduce the effect of paddy water discharge as an agricultural non-point source of pollution.

Key Words: tillage systems; nitrogen, phosphorus; emission-reduction potentials; paddy field

农业面源污染(非点源污染)是指人们在从事农业耕作活动时,由于使用化肥、农药以及农田水土流失而引起受纳水体(如河流、湖泊、水库、海湾等)的污染^[1]。由于农业面源污染来源于非特定的、分散的地区,与土壤的侵蚀程度、化肥、农药的使用量、农业耕作方式、地质地貌、区域降水过程等密切相关,与点源污染相比,面源污染危害规模大,且难以监测和控制。我国地表水污染物中,面源污染占很大比重,湖泊 50% 以上的氮及 30% 以上的磷来自于农业面源污染。如太湖流域当季使用的氮肥有 20%—25% 将随降雨径流和渗漏排入地表水^[2], 50%—60% 的磷肥被土壤颗粒所固定,其余的随降雨径流排入沟渠和大小河流。农业面源占入湖总氮量的 77%, 磷占 33.4%^[3]。

传统的农业生产中频繁的翻耕造成土壤结构的破坏,土壤质量下降,造成水土流失;加重了氮、磷和农药等农业污染物对塘库江河等水体的污染,生态环境恶化^[4]。针对这些问题,许多国家开展了土壤免耕探索。在我国水稻栽培中,春季耕作为必耕,而夏季一般采用免耕或浅耕的耕作模式。免耕是指生产上不翻耕土地直接播种或者栽植作物的方法。中国从 20 世纪 70 年代末开始水田免耕技术的研究,80 年代在南方稻区大面积推广过熟光熟的自然免耕法,对减少水土流失、提高土壤肥力、改善稻田生态环境、促进农业持续发展起了重要作用^[5-6]。但对于夏季稻田不同耕作模式对稻田排水中氮、磷的存在特征和流失的影响机理及差异性尚不明确。控制排水研究始于 20 世纪 90 年代中后期,集中在欧美一些国家,主要研究旱作物种植区的暗管控制排水^[7-9],节水保肥,较少涉及稻田。对于稻田而言,由于水稻主要生育期与雨季同步,由灌溉和降雨引起的排水,包括地下排水和地表排水较早作物更为频繁。夏季降水较多,面源污染的氮、磷营养盐输移量最高,高径流量携带大量来自稻田等外源营养物质进入江湖水体,故营养盐氮、磷负荷量较大;冬季则最低^[10]。控制排水减少稻田氮、磷损失的途径主要有两条:一是减少稻田排水量^[7, 11],二是降低排水中氮磷浓度^[12-13]。降低稻田排水中氮磷浓度的主要途径是作物吸收以及硝化、反硝化作用^[7]和泥沙沉淀^[14-17]。在控制排水条件下,地下水位抬高,土壤湿度增加,土壤的厌氧条件加强,更利于微生物的反硝化作用^[18]。

为明确夏季不同耕作模式(免耕、浅耕和深耕)和控制滞水时间对稻田水中氮磷的影响和减排效能,在模拟稻田中进行了免耕、浅耕和深耕耕作模式并结合控制滞水时间的试验。通过对 3 种耕作模式下不同滞水时间的试验稻田排水中氮磷的动态特征及总氮、总磷流失潜能进行分析,为选择稻田夏季耕作模式及确定滞水时间以减轻稻田氮磷排放提供科学依据。优化的耕作模式及合理的滞水时间不但在减少水土流失和减少稻田面源污染物方面具有重要意义,同时也为节约施肥及作物增产提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 选点

试验地设在湖南农业大学“耘园”教学科研试验基地。湖南农业大学位于长沙市芙蓉区东端,东经 $111^{\circ}52'$,北纬 $27^{\circ}91'$,年平均气温 $16.8\text{—}17.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,年平均总降水量 1422.4 mm 。供试土壤为湖南农业大学“耘园”教学科研试验基地的红壤稻田土,基本理化性状:有机质 11.8 g/kg ,全氮(N) 1.12 g/kg ,全磷(P) 1.38 g/kg ,全钾 27.6 g/kg ,水解氮(N) 96.6 mg/kg ,速效磷(P) 70.8 mg/kg ,速效钾(K) 142.6 mg/kg ,pH 值 5.5 。灌溉用水取自试验基地附近井水经蓄水池放置 1 周后的地下水。该试验基地一直从事农耕,耕作制度较稳定,不论从农事管理还是自然地理特征来讲,在长沙地区都具有一定的代表性。

1.2 模拟稻田设计

模拟稻田($13\text{ m} \times 18\text{ m} \times 0.7\text{ m}$)为水泥砖混结构,池中间设有灌水渠,两边设有排水沟,排水沟可收集模拟农田排水。模拟实验池靠近排水沟一侧用 PVC 板($0.6\text{ m} \times 0.25\text{ m}$)代替水泥砖混结构,板上设置不同高度排水孔,试验时通过排水孔取水样。实验稻田为“陆两优 996”杂交水稻收割后灌水两天后的模拟稻田。基肥为复合缓释肥,成份是氯化铵、磷酸铵和氯化钾,其 N、P、K 含量比例分别为 21% 、 8% 、 11% 。

1.3 实验设计

2009 年 8 月 6—13 日在早稻收割后的模拟稻田中进行了不同耕作模式的滞排试验。试验前稻田为晒田后的干裂状态,先对稻田进行灌水处理,待土壤湿润后,再对模拟稻田进行免耕、浅耕和深耕 3 个耕作处理(分别表示为 t-m、t-q 和 t-sh)。本试验中免耕(t-m)是指在不搅动土壤和田水的情况下进行相关农事并伴随表面撒施基肥的活动;浅耕(t-q)是指模拟旋耕或用耙子耙田边耙边撒施基肥的活动;深耕(t-sh)是指深度犁田后再耙田,在耙田的同时撒施基肥的活动。以上 3 个处理所施基肥为复合肥,施肥量为 750 kg/hm^2 ,折合每个模拟稻田小区 1.35 kg 。各实验处理设 3 次重复。

1.4 水样采集和分析

实验后的第 1/24、1、2、3、5、7 天分别从模拟稻田中采水样和土样带回实验室立即测定各项指标的含量。水样各指标测定方法^[19]总氮(TN)采用硫酸钾氧化-紫外分光光度法;铵氮($\text{NH}_4^+\text{-N}$)采用纳氏试剂光度法(GB7479-87);硝氮($\text{NO}_3^+\text{-N}$)采用酚二磺酸光度法测定(GB7480-87);总磷(TP)和可溶性磷(DP)采用钼锑抗分光光度法(GB11893-89)。土样指标测定方法为硝态氮($\text{NO}_3^+\text{-N}$)和有效磷(AP)指标的具体检测方法均参见《土壤农化分析》^[20]。

2 结果与分析

2.1 不同耕作模式下稻田田面水中氮素的动态特征

由图 1 可见,不同耕作模式田面水中 TN 的浓度变化表现出不同的变化趋势。虽然 t-q 和 t-m 处理后都呈升-峰值-降的态势,但 t-q 较之 t-m 较早地出现峰值。t-sh 的田面水中 TN 浓度在初期较高,之后随时间推移呈缓慢下降的趋势。田面水中 TN 的浓度在施肥耕作处理后 1h 时, t-sh 最高为 81.39 mg/L , t-q 次之为 37.06 mg/L , t-m 最低为 5.00 mg/L ,表现为 $\text{t-sh} > \text{t-q} > \text{t-m}$,这可能与耕作模式的扰动强度有关。

很显然,深耕对土壤扰动强度较大,土壤中氮素向田面水中释放的 TN 也较大;免耕对土壤扰动最小,所以在处理后的初期,其田面水中 TN 的浓度最低。复合肥施入稻田后,在微生物的作用下发生复杂的生物转化。可能是由于浅耕的土壤表层微生物的活动,较之免耕的田面水中微生物活动强烈,所以浅耕的田面

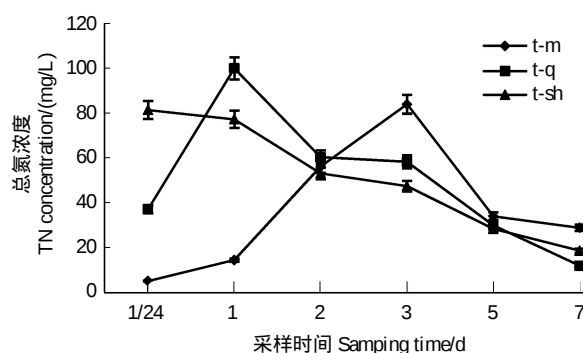


图 1 不同耕作模式下稻田田面水中总氮的浓度动态变化
Fig.1 Dynamics curves of TN concentration in the paddy field surface water after the different summer tillage system

水中 TN 的浓度早于免耕出现峰值。就深耕而言,由于所施复合肥与土壤充分混合,在土壤中生物转化后的养分大部分被土壤胶粒固定,即所谓的固定作用相对较强,致使田面水中 TN 浓度呈逐渐下降的趋势。

图 2 可知:耕作处理后 t-m 的田面水中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度呈低-升-峰值-降的趋势,而 t-q 和 t-sh 则表现平稳,处于较低的浓度水平。分析表明,浅耕和深耕的土壤对复合肥在土壤中转化后的养分如 NH_4^+ 有较强的固定作用;免耕的土壤对田面水中 NH_4^+ 固定作用相对较弱。从浅耕田面水中 TN 的浓度峰值(图 1)出现时间相对较早可见,夏季气温较高,有利于土壤浅层的微生物生物转化活动,复合肥在田面水中的转化过程在第 2 天左右已基本完成。

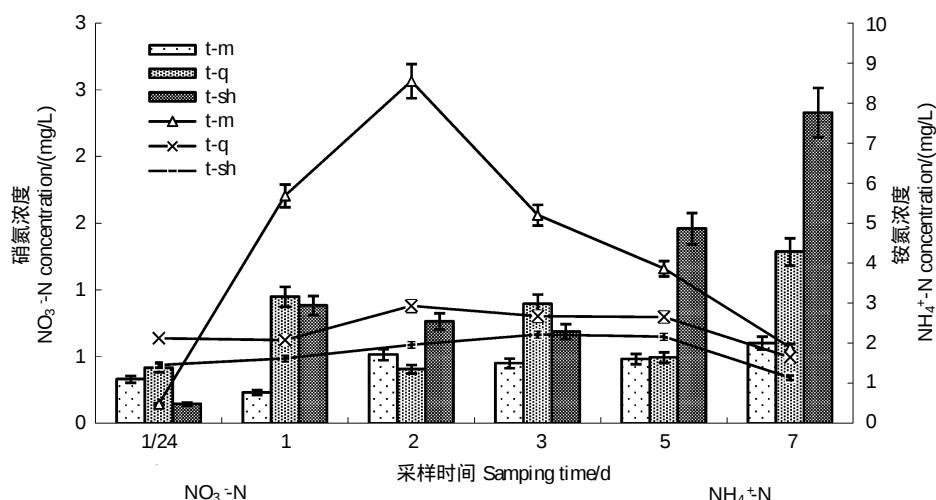


图 2 不同耕作模式下稻田田面水中硝氮和铵氮浓度的动态变化

Fig. 2 Dynamics curves of $\text{NO}_3^-\text{-N}$ and $\text{NH}_4^+\text{-N}$ concentration in the paddy field surface water after the different tillage systems

与 TN 和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 相比,田面水中 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 在总体上处于较低的浓度水平。田面水中硝态氮主要来自于田面水中硝化作用生成的和土壤中原有 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量。从土壤中硝态氮的含量变化图 3 可知,免耕的田面水中 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 浓度总体上要低于浅耕和深耕,是因为淹水后随土壤溶液进入田面水的原始 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量相对较少所致。浅耕和深耕的田面水中 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 浓度呈升-峰值-降-升的趋势,于 5—7 d 后出现反弹上升的现象,这可能与田面水中由于硝化作用生物转化的 NO_3^+ ,以及土壤中原有的较高含量的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$,经土壤的耕作扰动后进入田面水有关。

2.2 不同耕作模式下稻田田面水中磷素的动态特征

不同耕作模式下稻田田面水中 TP 和 DP 的动态变化如图 4 所示:浅耕和深耕的田面水中 TP 和 DP 的浓度变化近似,在耕作处理后 1/24 d 最低,为 0.29—1.17 mg/L 和 0.13—0.27 mg/L,第 2 天最高,为 4.16—5.92 mg/L 和 2.48—3.02 mg/L,呈低-升-峰值-降的趋势。免耕的变化趋势与浅耕和深耕不同,但其田面水中 TP 和 DP 的浓度变化相似,在处理 1/24 d 最高,为 2.68 mg/L 和 2.52 mg/L,之后呈逐渐下降的趋势。3 个耕作处理的田面水中 TP 和 DP 在耕作处理 5 d 后均处于较低的浓度水平。

免耕和深耕处理的田面水中 TP 和 DP 浓度在第 1—5 天内浓度较高,并且均表现为 $t\text{-m} > t\text{-sh}$ 。就免耕而言,田面水中磷素主要来自田面水中复合肥溶解释放

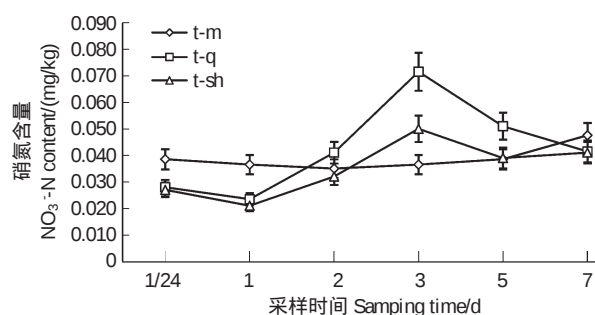


图 3 夏季施肥耕作后土壤硝氮含量动态变化

Fig. 3 Dynamics curves of $\text{NO}_3^-\text{-N}$ content in the paddy field soil after the summer fertilization cultivation

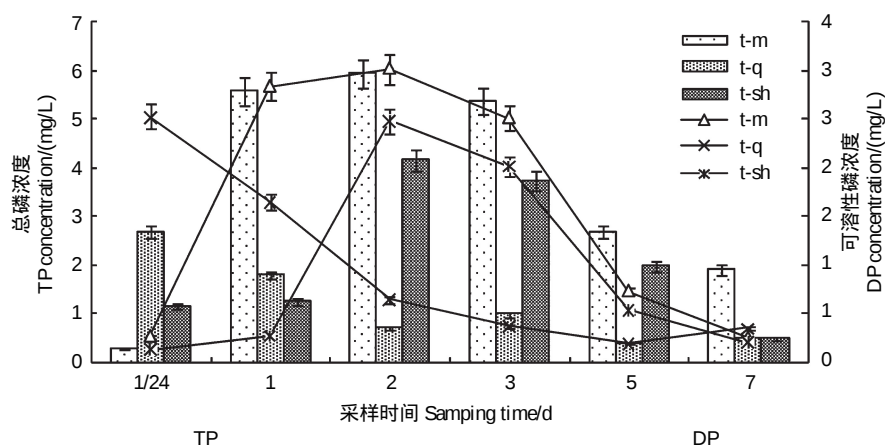


图4 不同耕作模式下稻田田面水中总磷和可溶性磷浓度动态变化

Fig. 4 Dynamics curves of TP and DP in the paddy field surface water after the different systems

的磷素,较之浅耕和深耕较易释放于田面水中,之后部分磷素又随田面水中的悬浮物沉降等是导致免耕田面水中 TP 和 DP 高于深耕的原因。就深耕而言,可能与耕作扰动使土壤的部分磷素如 AP 向田面水释放(图 5),以及施入土壤中的复合肥,其溶解于土壤溶液的 PO_4^{3-} 的一部分向田面水释放等密切相关。就浅耕而言,由于浅层扰动致使土壤中磷素释放至田面水中的磷素浓度在初期相对较高;后期由于田面水中磷素随悬浮物下沉等,这可能是浅耕的田面水中 TP 和 DP 的浓度呈逐渐下降的原因所在。

2.3 不同耕作模式下田面水中总氮的减排降污效能分析

根据瞬时氮流失量 $\Delta Q_i = A \times C_i \times X_i$, 式中 A 为模拟稻田面积, C_i 为各采样时间(d)的氮浓度, X_i 为控水高度(设常规控水高度为 3 cm),假定在各采样时间点模拟稻田田面水中短小时内迅速全部排干,此时模拟稻田田面水中总氮的绝对流失量见表 1。

表 1 显示:免耕处理,较之浅耕和深耕,在耕作后 2 d 内田面水中 TN 的绝对流失量要少,但在第 2 天后却表现出 $\Delta(m \rightarrow 0) > \Delta(q \rightarrow 0) > \Delta(sh \rightarrow 0)$, 且第 3 天的绝对流失量最大,为 25.19 kg/hm^2 , 具有较大的绝对流失潜能。就浅耕而言,在处理 1/24 d 时,其田面水中 TN 的绝对流失量表现为 $\Delta(sh \rightarrow 0) > \Delta(q \rightarrow 0) > \Delta(m \rightarrow 0)$ 。

表 1 不同耕作模式田面水中 TN 的绝对流失量动态/(kg/hm^2)

Table 1 Dynamics of the absolute losses of TN in the paddy water after the different tillage systems

排水强度* Drainage strength	排水时间 Sampling time/d					
	1/24	1	2	3	5	7
$\Delta(m \rightarrow 0)$	1.50 ± 0.082^{Aa}	4.31 ± 0.317^{Aa}	16.84 ± 1.065^{Aa}	25.19 ± 0.841^{Aa}	10.91 ± 0.152^{Aa}	8.64 ± 0.211^{Aa}
$\Delta(q \rightarrow 0)$	11.12 ± 0.237^{Ab}	30.00 ± 0.618^{Ab}	18.08 ± 0.870^{Aa}	17.46 ± 0.738^{Ab}	8.95 ± 0.074^{Ab}	3.54 ± 0.215^{Ab}
$\Delta(sh \rightarrow 0)$	24.42 ± 0.245^{Ab}	23.18 ± 0.823^{Ab}	15.91 ± 1.068^{Aa}	14.21 ± 0.483^{Ab}	8.49 ± 0.058^{Ab}	5.55 ± 0.318^{Ab}

* $\Delta(m \rightarrow 0)$ 表示免耕处理后在不同时间排干田面水时 TN 的绝对流失量; $\Delta(q \rightarrow 0)$ 表示浅耕处理后在不同时间排干田面水时 TN 的绝对流失量; $\Delta(sh \rightarrow 0)$ 表示深耕处理后在不同时间排干田面水时 TN 的绝对流失量

同列标有不同大写字母者表示组间差异极显著($P < 0.01$); 标有不同小写字母者表示组间差异显著($P < 0.05$); 标有相同小写字母者表示组间差异不显著($P > 0.05$)

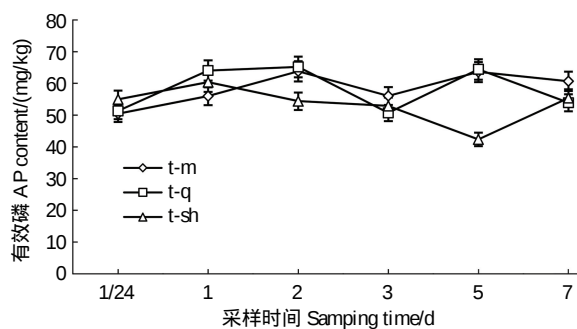


图5 夏季施肥耕作后土壤有效磷含量动态变化

Fig. 5 Dynamics curves of AP content in the paddy field soil after the summer fertilization cultivation

$\Delta(m \rightarrow 0)$, 第 1 天时绝对流失量最大, 为 30.00 kg/hm^2 , 之后田面水中 TN 的绝对流失量表现为 $\Delta(q \rightarrow 0) > \Delta(sh \rightarrow 0)$ 。就深耕而言, 其田面水中 TN 的绝对流失量在耕作后 $1/24 \text{ d}$ 最大, 为 24.42 kg/hm^2 , 之后呈逐渐减少的趋势, 于第 5 天后田面水中 TN 的绝对流失量处于较小的流失水平。

免耕后在第 3 天后排水, 与在第 3 天时排水相比, 可减少田面水中 TN 流失 $59.55\%—65.68\%$ 。对浅耕而言, 在第 1 天后排水, 与在第 1 天时排水相比, 可减少田面水中 TN 流失 $39.74\%—88.20\%$; 若在第 5—7 天排水, 可减少田面水中排放 TN $70.15\%—88.20\%$ 。对深耕而言, 在 $1/24 \text{ d}$ 后排水, 其减排效果较好, 在 5—7 d 排水, 与其在 $1/24 \text{ d}$ 时排水相比, 可减少排放田面水中 TN $65.23\%—77.26\%$ (表 2)。由此可见, 夏季耕作后, 不同的耕作模式应根据实际情况, 选择合适的排水时间, 以实现田面水的最佳减排效能。

表 2 不同耕作模式下相对排水时间的田面水中 TN 减排效能/%

耕作模式 Cultivation mode	相对排水时间 Relative drainage time/d					
	1/24	1	2	3	5	7
t-m(3 d 后排水 3 d later drainage)				0.00	59.55	65.68
t-q(1 d 后排水 1 d later drainage)		0.00	39.74	41.80	70.15	88.20
t-sh(1 h 后排水 1 h later drainage)	0.00	5.07	34.83	41.80	65.23	77.26

与深耕相比, 免耕和浅耕后在第 2—5 天排水, 其田面水中 TN 的相对流失潜能较大, 其流失潜能分别为 $5.51\%—16.69\%$ 和 $5.18\%—18.60\%$ (表 3)。这表明, 深耕后模拟稻田田面水中 TN 的流失潜能相对较小。

表 3 与深耕相比较的浅耕和免耕的田面水中 TN 流失潜能/%

指数 Index	排水时间 drainage time/d					
	1/24	1	2	3	5	7
* m/sh	-1527.84	-437.28	5.51	43.59	16.69	35.78
* q/sh	-119.61	22.73	11.98	18.60	5.18	-56.77

* $m/sh = ([t-m] - [t-sh]) / [t-m] \times 100$; 计算的值为负值, 则表示免耕与深耕相比较的相对流失潜能较小, 为正值则表示免耕与深耕相比较的相对流失潜能较大。* $q/sh = ([t-q] - [t-sh]) / [t-q] \times 100$; 计算的值为负值, 则表示浅耕与深耕相比较的相对流失潜能较小, 为正值则表示浅耕与深耕相比较的相对流失潜能较大

不同耕作模式下田面水中 $[NH_4^+-N]/[TN]$ 比值, 以 t-m 的为最大, t-q 次之, t-sh 为最小。由于 $[NH_4^+-N]/[TN]$ 值小于 0.5 (图 6), 因此, 田面水中表现为以 TN 为主的相对流失形态与潜能。

2.4 田面水中总磷减排降污效能分析

在耕作处理 1 d 前, 田面水中 TP 的绝对流失量表现为 $\Delta t-q > \Delta t-sh > \Delta t-m$; 在处理 1 d 后则表现为 $\Delta t-m > \Delta t-sh > \Delta t-q$ 。显然, 免耕处理田面水中 TP 的绝对流失量最大, 范围在 $0.57—1.78 \text{ kg/hm}^2$; 深耕处理田面水中 TP 的绝对流失量次之, 范围在 $0.15—0.21 \text{ kg/hm}^2$; 浅耕处理田面水中 TP 绝对流失量最少, 范围在 $0.59—1.25 \text{ kg/hm}^2$ (表 4)。因此, 从减少田面水中 TP 的绝对流失量出发, 夏季浅耕不失为最佳清洁耕作模式。

免耕处理在第 5 天后排水, 与其第 2 天排水时相比, 可以减少田面水中 TP 流失 $54.70\%—67.78\%$ 。对浅耕处理而言, 在 1 d 后排水, 与其在 1 h 排水时相比, 田面水中 TP 的减排效果明显, 若在第 2—7 天排水, 可减少田面水中排放 TP $62.99\%—85.09\%$ (表 5)。对深耕处理, 在处理 2 d 前排水, 田面水中 TP 的流失

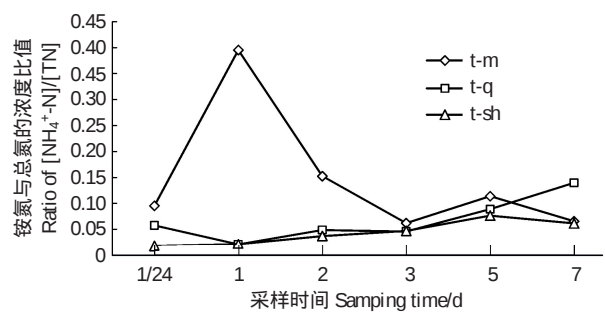


图 6 夏季施肥耕作后田面水铵氮浓度与总氮浓度比值动态变化
Fig. 6 Dynamics curves of ratio for $[NH_4^+-N]/[TN]$ in the paddy field surface water after the different tillage systems

表 4 耕作处理后田面水中 TP 的绝对流失量动态/(kg/hm²)

Table 4 Dynamics of TP concentration in the paddy water after the different tillage systems

排水强度 * Drainage strength	排水时间 drainage time/d					
	1/24	1	2	3	5	7
△(m→0)	0.09±0.002 ^{Aa}	1.67±0.057 ^{Aa}	1.78±0.031 ^{Aa}	1.61±0.022 ^{Aa}	0.80±0.019 ^{Aa}	0.57±0.010 ^{Aa}
△(q→0)	0.80±0.025 ^{Bb}	0.54±0.054 ^{Bb}	0.21±0.032 ^{Bb}	0.30±0.017 ^{Bb}	0.12±0.018 ^{Bb}	0.15±0.018 ^{Bb}
△(sh→0)	0.35±0.014 ^{Cc}	0.38±0.009 ^{Bc}	1.25±0.024 ^{Cc}	1.12±0.010 ^{Cc}	0.59±0.032 ^{Cc}	0.15±0.014 ^{Bb}

* △(m→0)表示免耕处理后排干田面水时 TP 的绝对流失量;△(q→0)表示浅耕处理后排干田面水时 TP 的绝对流失量;△(sh→0)表示深耕处理后排干田面水时 TP 的绝对流失量

同列标有不同大写字母者表示组间差异极显著($P<0.01$);标有不同小写字母者表示组间差异显著($P<0.05$);标有相同小写字母者表示组间差异不显著($P>0.05$)

表 5 相对排放时间田面水中 TP 的减排效能/%

Table 5 Emission performance of TP in the paddy water at the relative to the drainage time

耕作模式 Cultivation mode	排水时间 Drainage time/d					
	1/24	1	2	3	5	7
t-m(2 d 后排水 2 d later drainage)			0.00	9.38	54.70	67.78
t-q(1 h 后排水 1 h later drainage)	0.00	32.91	73.91	62.99	85.09	81.36
t-sh(2 d 后排水 2 d later drainage)			0.00	10.15	52.45	87.99

量较大,在 2 d 后排水,其减排效果较好,若在 5—7d 排水,与其在第 2 天排水时相比,可减少排放田面水中 TP 52.45%—87.99%(表 5)。

不同耕作模式处理后田面水中磷素的相对流失形态表现出一定的差异性(图 7)。免耕处理,在实验后的 2 d 内,由于 $[DP]/[TP]$ 大于 0.5,此时磷素流失形态以 DP 为主,在第 3 天后, $[DP]/[TP]$ 小于 0.5,此时田面水中磷素流失形态转化为以 TP 为主。对浅耕处理,除第 3 天的 $[DP]/[TP]$ 小于 0.5 外,其他采样时间田面水中 $[DP]/[TP]$ 大于 0.5,因此浅耕处理田面水中磷素流失形态在总体上表现为以 DP 为主的流失形态。就深耕处理而言,由于田面水中的 $[DP]/[TP]$,在 1/24—2 d 时段为 0.11—0.22,在 2—3 d 时段为 0.60—0.54,在 5—7 d 时段为 0.27—0.40,所以,深耕处理的田面水中磷素流失形态在前期和后期以 TP 为主,在中期则以 DP 为主,流失形态呈现 TP 与 DP 交替变化的现象。

与浅耕相比,免耕和深耕处理第 2 天后排水,田面水中 TP 的相对流失潜能较大,其流失潜能分别为 73.80%—88.18%和 73.45%—83.18%(表 6)。这也表明,浅耕处理模拟稻田田面水中 TP 的相对流失潜能较小。

4 结论

不同耕作模式模拟滞水中氮磷的动态特征分析及总氮、总磷流失潜能与减排效能研究表明:

(1)深耕有利于土壤固肥作用的发挥,田面水中 TN 和 NH_4^+-N 浓度呈逐渐下降的趋势。浅耕和深耕土壤中微生物环境利于硝化反应,不易被土壤吸附 $NO_3^- -N$ 得以迅速向田面水中释放。免耕和深耕处理的田面水中 TP 和 DP 浓度在第 1—5 天内浓度较高,3 个耕作处理的滞排水中 TP 和 DP 在耕作处理 5 d 后均处于较低的浓度水平。

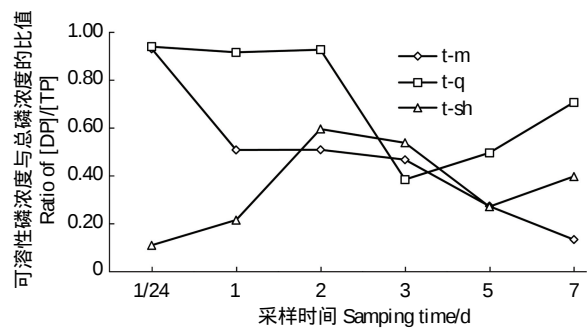


图 7 耕作处理后稻田田面水中可溶性磷浓度与总磷浓度比值动态变化

Fig.7 Dynamics ratio of $[DP]/[TP]$ in the paddy field surface water after after the different systems

表 6 与浅耕相比较的免耕和深耕田面水中 TP 的流失潜能/%

Table 6 Loss potential compared with shallow tillage of TP in the paddy water after deep plowing and shallow plowing

指数 Index	排水时间 Drainage time/d					
	1/24	1	2	3	5	7
* m/q	-829.27	67.69	88.18	81.50	85.09	73.80
* sh/q	-129.91	-44.00	83.18	73.45	79.79	0.00

* m/q = $([t-m] - [t-q]) / [t-m] \times 100$; 计算的值为负值, 则表示免耕与浅耕相比较的相对流失潜能较小, 为正值则表示免耕与浅耕相比较的相对流失潜能较大; * sh/q = $([t-sh] - [t-q]) / [t-sh] \times 100$; 计算的值为负值, 则表示深耕与浅耕相比较的相对流失潜能较小, 为正值则表示深耕与浅耕相比较的相对流失潜能较大

(2) 不同耕作模式滞水 5 d 后 TN 的绝对流失量均处于较低的流失水平。免耕、浅耕、深耕在滞水 5 d 后可分别减少田面水中 TN 流失 59.55%—65.68%、70.15%—88.20% 和 65.23%—77.26%。深耕处理的模拟稻田田面水中 TN 的流失潜能相对较小。不同耕作模式处理相对流失形态与潜能以 TN 为主。

(3) 免耕处理田面水中 TP 的绝对流失量最大, 浅耕处理田面水中 TP 绝对流失量最少。免耕、浅耕、深耕在滞水 5 d 后再排水可分别减少田面水中 TP 流失 54.70%—67.78%、62.99%—85.09% 和 52.45%—87.99%。浅耕处理模拟稻田田面水中 TP 的相对流失潜能较小。不同耕作模式处理田面水中磷素的相对流失形态表现出一定的差异性, 田面水中磷素流失形态随时间变化呈现出 TP 与 DP 交替变化的现象。

因此, 从减少田面水中氮磷的绝对流失量出发, 夏季浅耕不失为最佳清洁耕作模式; 同时在滞水 5 d 后再排水能有效减少田面水中氮磷的流失量, 减少稻田排水对面源污染的影响。

References:

- [1] Zhu T Q. Prevention and Control of Water Pollution Caused by Agricultural Non-Point Sources in China. *Rural Eco Environment*, 2000, 16(3): 55-57.
- [2] Xu Q. A Review on the status of non-point source pollution of chemical fertilizers and pesticides in China. *Rural Eco-Environment*, 1996, 12(2): 39-43.
- [3] Fan C X. Study on Taihu non-point pollution load and countermeasures. *Journal of Hehai University (Natural Sciences)*, 1996, 24, Marine lacustrine album: 64-69.
- [4] Liu X H. *Farming Learn*. Beijing: China's Agriculture Press, 1994: 210-247.
- [5] Xie D T, Wei C F, Yang J H. Paddy field ecosystem under natural zero-tillage. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1994, 5(4): 415-421.
- [6] Huang J F, Yu H M, Lu J X, Zhang S X, Yao X C. Paddy no-tillage live method on soil fertility character and the influence of rice growth. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 1997, 11(5): 226-228.
- [7] Nakasone H, Abbes M A, Kuroda H. Nitrogen transport and transformation in packed soil columns from paddy fields. *Paddy and Water Environment*, 2004, 2(3): 115-124.
- [8] Wesström I, Messing I, Linnér H, Lindström J. Controlled drainage-effects on drain outflow and water quality. *Agricultural Water Management*, 2001, 47(2): 85-100.
- [9] Tan C S, Drury C F, Sultani M, van Wesenbeeck I J, Ng H Y F, Gaynor J D, Welacky T W. Effect of controlled drainage and tillage on soil structure and tile drainage nitrate loss at the field scale. *Water Science and Technology*, 1998, 38(4/5): 103-110.
- [10] Zhang Z J, Wang Z D, Yao J X, Zhu Y M, Li J J. Effects of hydrological practices on nutrients export from paddy field: a review. *Ecology and Environment*, 2007, 16(6): 1789-1794.
- [11] Zhang Y F, Zhang W B, Shen R K, Liu P B. Experimental study of leaching losses of nitrogen in effluent from drained paddy rice field. *Journal of Irrigation and Drainage*, 1999, 18(3): 12-16.
- [12] Ng H Y F, Tan C S, Drury C F, Gaynor J D. Controlled drainage and sub irrigation influences tile nitrate loss and corn yields in a sandy loam soil in Southwestern Ontario. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2002, 90(1): 81-88.
- [13] Yin G X, Zhang Z Y, Guo X P, Shao G C. Experimental study on effect of controlled drainage from ground surface on concentration and discharge of nitrogen. *Journal of Hohai University: Natural Sciences*, 2006, 34(1): 21-24.
- [14] Yu X X, Yang G S, Liang T. Effects of land use in Xitaoxi catchment on nitrogen losses from runoff. *Agro-Environment Protection*, 2002, 21(5): 424-427.

- [15] Yan W J, Yin C Q, Sun P, Han X Y, Xia S X. Phosphorus and nitrogen transfers and runoff losses from rice field wetlands of Chaohu Lake. Chinese Journal of Applied Ecology, 1999, 10(3): 312-316.
- [16] Feng S Y, Zheng Y Q. Transformations and losses of the agricultural nitrogen and its effects on water quality. Agro-Environment Protection, 1996, 15(6): 277-279.
- [17] Zhang M K, Fang L P. Effects of riparian rice buffers width on concentrations of nitrogen and phosphorus in drainage. Journal of Soil and Water Conservation, 2005, 19(4): 9-12.
- [18] Zhu Z L, Wen Q X. Chinese Soil Nitrogen. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1992.
- [19] State Environmental Protection Administration Water and Wastewater Monitoring Method Board. Water and Wastewater Monitoring Method. 4th ed. Beijing: China Environmental Science Press, 2002.
- [20] Nanjing Agricultural University. Soil Agro-Chemistry Analysis. 2nd ed. Beijing: Agriculture Press, 1992: 27-36.

参考文献:

- [1] 朱铁群. 我国水环境农业非点源污染防治研究简述. 农村生态环境, 2000, 16(3): 55-57.
- [2] 徐谦. 我国化肥和农药非点源污染状况综述. 农村生态环境, 1996, 12(2): 39-43.
- [3] 范成新. 太湖非点源污染负荷与对策研究. 河海大学学报, 1996, 24(1): 64-69.
- [4] 刘巽浩. 耕作学. 北京: 中国农业出版社, 1994: 210-247.
- [5] 谢德体, 魏朝富, 杨剑虹. 自然免耕下的稻田生态系统. 应用生态学报, 1994, 5(4): 415-421.
- [6] 黄锦法, 俞慧明, 陆建贤, 张顺泉, 姚叙才. 稻田免耕直播对土壤肥力性状与水稻生长的影响. 浙江农业科学, 1997, 11(5): 226-228.
- [10] 张志剑, 王兆德, 姚菊祥, 朱荫涓, 李津津. 水文因素影响稻田氮磷流失的研究进展. 生态环境, 2007, 16(6): 1789-1794.
- [11] 张瑜芳, 张蔚樺, 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.
- [13] 殷国玺, 张展羽, 郭相平, 邵光成. 地表控制排水对氮质量浓度和排放量影响的试验研究. 河海大学学报: 自然科学版, 2006, 34(1): 21-24.
- [14] 于兴修, 杨桂山, 梁涛. 西苕溪流域土地利用对氮素径流流失过程的影响. 农业环境保护, 2002, 21(5): 424-427.
- [15] 晏维金, 尹澄清, 孙濮, 韩小勇, 夏首先. 磷氮在水田湿地中的迁移转化及径流流失过程. 应用生态学报, 1999, 10(3): 312-316.
- [16] 冯绍元, 郑耀泉. 农田氮素的转化与损失及其对水环境的影响. 农业环境保护, 1996, 15(6): 277-279.
- [17] 章明奎, 方利平. 河岸水稻缓冲带宽度对排水中氮磷流失的影响. 水土保持学报, 2005, 19(4): 9-12.
- [18] 朱兆良, 文启孝. 中国土壤氮素. 南京: 江苏科学技术出版社, 1992.
- [19] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法(第四版). 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [20] 南京农业大学. 土壤农化分析(第二版). 北京: 农业出版社, 1992: 27-36.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.31 ,No.15 August ,2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Trophic group responses of ground arthropods to land-cover change and management disturbance	LI Fengrui, LIU Jiliang, HUA Wei, et al (4169)
Construction and comparative analysis of enriched microsatellite library from <i>Liposcelis bostrychophila</i> and <i>L. entomophila</i> genome	WEI Dandan, YUAN Minglong, WANG Baojun, et al (4182)
Development of EST-SSRs markers and analysis of genetic diversities among different geographical populations of Manila clam <i>Ruditapes philippinarum</i>	YAN Xiwu, YU Zhifei, QIN Yanjie, et al (4190)
Genetic diversity of different generations of the Dalian population of Manila clam <i>Ruditapes philippinarum</i> through selective breeding	YU Zhifei, YAN Xiwu, YANG Fei, et al (4199)
Comparative study of spike differentiation in wheat in the glasshouse and field	JIANG Lina, ZHAO Yanling, SHAO Yun, et al (4207)
Effects of organic fertilizer on growth and endogenous hormone contents of wheat seedlings under salt stress	LIU Haiying, CUI Changhai, ZHAO Qian, et al (4215)
Impacts of climatic change on spring wheat growth in a semi-arid region of the Loess Plateau: a case study in Dingxi, Gansu Province	YAO Yubi, WANG Runyuan, YANG Jinhu, et al (4225)
Dynamic changes in nitrogen and phosphorus concentrations and emission-reduction potentials in paddy field water under different tillage models	FENG Guolu, YANG Renbin (4235)
Effects of planting and straw returning of transgenic Bt maize on soil enzyme activities under field condition	YAN Shilei, ZHAO Lei, SUN Hongwei, et al (4244)
Effects of short-term flooding on <i>Geobacteraceae</i> spp. and <i>Anaeromyxobacter</i> spp. abundance in paddy soil	ZHU Chao, Stefan Ratering, QU Dong, et al (4251)
Adaptive adjustments of the sowing date of late season rice under climate change in Guangdong Province	WANG Hua, CHEN Xinguang, HU Fei, et al (4261)
Carbon and nitrogen sequestration rate in long-term fenced grasslands in Inner Mongolia, China	HE Nianpeng, HAN Xingguo, YU Guirui (4270)
Ecosystems carbon storage and carbon sequestration potential of two main tree species for the Grain for Green Project on China's hilly Loess Plateau	LIU Yingchun, WANG Qiufeng, YU Guirui, et al (4277)
Wettability on plant leaf surfaces and its ecological significance	SHI Hui, WANG Huixia, LI Yangyang (4287)
Seasonal dynamics of litter accumulation in major forest communities on the northern slope of Changbai Mountain, Northeast China	ZHENG Jinping, GUO Zhongling, XU Chengyang, et al (4299)
A comparative study of seed germination traits of 52 species from Gurbantunggut Desert and its peripheral zone	LIU Huiliang, SONG Mingfang, DUAN Shimin, et al (4308)
The reproductive ecological characteristics of <i>Sinosenecio jishouensis</i> (Compositae) and its endangerment mechanisms	DENG Tao, CHEN Gongxi, ZHANG Daigui, et al (4318)
Iterative algorithm for analyzing the influence of the proportion of permanently destroyed sites on the equilibrium abundances of species	SHI Peijian, GE Feng, YANG Qingpei (4327)
Physiological mechanism of foliage spraying paclobutrazol on increasing salt tolerance of <i>Jatropha curcas</i> seedlings	MAO Yiqing, ZHENG Qingsong, CHEN Jianmiao, et al (4334)
Spatial ecological niche of main insect borers in larch of Aershan	YUAN Fei, LUO Youqing, SHI Juan, et al (4342)
Source areas and landing mechanism of early immigration of white-backed planthoppers <i>Sogatella furcifera</i> (Horváth) in Yunnan, 2009	SHEN Huimei, LÜ Jianping, ZHOU Jinyu, et al (4350)
Life history and the evolutionary significance of egg diapause in Changsha population of the rice grasshopper, <i>Oxya chinensis</i> (Orthoptera: Catantopidae)	ZHU Daohong, ZHANG Chao, TAN Ronghe (4365)
Relationships between main insect pests and their predatory natural enemies in "518" nectarine orchard	SHI Xiaoli, BI Shoudong, GENG Jiguang, et al (4372)
Dynamics of soil meso- and microfauna communities in Zoigê alpine meadows on the eastern edge of Qinghai-Tibet Plateau, China	ZHANG Hongzhi, WU Pengfei, YANG Daxing, et al (4385)
Seasonal changes in waterbirds population and movements of Great Black-headed Gull <i>Larus ichthyaetus</i> at Keluke Lake of Qinghai, China	ZHANG Guogang, LIU Dongping, HOU Yunqiu, et al (4398)
Predictions of net carbon emissions based on the emissions and forest carbon sinks in Yunnan Province	LIU Huiya, WANG Zheng, MA Xiaozhe (4405)
Ecological water depletion by human use in Beijing City	BAI Yinglan, WANG Rusong, YAO Liang (4415)
Review and Monograph	
Research progress on regulation mechanism for the process of water transport in plants	YANG Qiliang, ZHANG Fucang, LIU Xiaogang, et al (4427)
Antibiotics in environmental matrices and their effects on microbial ecosystems	YU Shen, WANG Min, HONG Youwei (4437)
Anaerobic ammonium oxidation in natural ecosystems	SHEN Lidong, ZHENG Ping, HU Baolan (4447)
Scientific Note	
Ecological characteristics of macrobenthic communities and their relation to water environmental factors in four bays of southern Shandong Peninsula	ZHANG Ying, LÜ Zhenbo, XU Zongfa, et al (4455)
Seasonal succession of crustacean zooplankton in relation to the major environmental factors in Lake Ulungur, Xinjiang	YANG Lili, ZHOU Xiaoyu, LIU Qigen, et al (4468)
Effect of different fertilization and irrigation practices on soil ammonia volatilization of Arecanut (<i>Areca catechu</i> L.)	LU Lilan, GAN Bingchun, XU Minghui, et al (4477)

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 15 期 (2011 年 8 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 15 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@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元