

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第33卷 第2期

Vol.33 No.2

2012

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目次

基于人体健康风险的水污染事件污染物安全阈值研究 郑丙辉, 罗锦洪, 付青, 秦延文, 胡林林 (337)

基于人体健康风险的水污染事件遗传性致癌物安全浓度研究 罗锦洪, 郑丙辉, 付青, 黄民生 (342)

湿地水环境健康评价方法及案例分析 李玉凤, 刘红玉, 郝敬锋, 郑因, 曹晓 (346)

北运河下游典型河网区水体中氮磷分布与富营养化评价 单保庆, 菅宇翔, 唐文忠, 张洪 (352)

漳卫南运河流域水质时空变化特征及其污染源识别 徐华山, 徐宗学, 唐芳芳, 于伟东, 程燕平 (359)

黄河三角洲浅层地下水化学特征及形成作用 安乐生, 赵全升, 叶思源, 刘贯群, 丁喜桂 (370)

沉积物扰动持续时间对悬浮物中磷形态数量分布的影响 李大鹏, 黄勇, 李勇, 潘杨 (379)

沉水植物生长期对沉积物和上覆水之间磷迁移的影响 王立志, 王国祥, 俞振飞, 周贝贝, 陈秋敏, 李振国 (385)

长寿湖表层沉积物氮磷和有机质污染特征及评价 卢少勇, 许梦爽, 金相灿, 黄国忠, 胡文 (393)

洪泽湖沉积物中营养盐和重金属的垂向分布特征研究 张文斌, 余辉 (399)

降雨对农家堆肥氮磷流失的影响及其面源污染风险分析 彭莉, 王莉玮, 杨志敏, 陈玉成, 乔俊婧, 赵中金 (407)

浅水湖泊水动力过程对藻型湖区水体生物光学特性的影响 刘笑菡, 冯龙庆, 张运林, 赵林林, 朱梦圆, 时志强, 殷燕, 丁艳青 (412)

基于半分析模型的太湖春季水体漫衰减系数 K_d (490) 估算及其遥感反演 刘忠华, 李云梅, 李瑞云, 吕恒, 檀静, 郭宇龙 (421)

基于 QAA 算法的巢湖悬浮物浓度反演研究 张红, 黄家柱, 李云梅, 徐伟凡, 刘忠华, 徐昕 (429)

好氧/厌氧潜流湿地结构工艺优化 李锋民, 单时, 李媛媛, 李扬, 王震宇 (436)

邻苯二甲酸二丁酯对短裸甲藻活性氧自由基的影响 别聪聪, 李锋民, 李媛媛, 王震宇 (442)

Rac-及 S-异丙甲草胺对 2 种微藻毒性特征影响研究 蔡卫丹, 刘惠君, 方治国 (448)

羟基自由基致死船舶压载水海洋有害生物研究 白敏冬, 张拿慧, 张芝涛, 陈操, 孟祥盈 (454)

天然菱铁矿改性及强化除砷研究 赵凯, 郭华明, 李媛, 任燕 (459)

零价铁降解 4-氯硝基苯动力学研究 廖娣劫, 杨琦, 李俊琦 (469)

水体中氧氟沙星的光化学降解研究 邵萌, 杨桂朋, 张洪海 (476)

阿替洛尔在硝酸根溶液中的光降解研究 季跃飞, 曾超, 孟翠, 杨曦, 高士祥 (481)

吡啶在紫外光辐射下的生物降解 方苗苗, 阎宁, 张永明 (488)

蜜环菌漆酶对蒽醌类染料的脱色条件优化 朱显峰, 秦仁炳, 余晨晨, 范书军 (495)

ϵ -聚赖氨酸生产废菌体对六价铬吸附影响的研究 曹玉娟, 张杨, 夏军, 徐虹, 冯小海 (499)

丝状菌污泥致密过程的强化条件研究 李志华, 孙玮, 姬晓琴, 王晓昌 (505)

亚硝化颗粒污泥对温度变化的响应特性研究 罗远玲, 杨朝晖, 徐峥勇, 周玲君, 黄毓, 肖勇, 曾光明, 汪理科 (511)

我国典型工程机械燃油消耗量及排放清单研究 李东玲, 吴焯, 周昱, 杜让, 傅立新 (518)

北京市 PM_{10} 自动监测网络优化研究 齐玲, 赵越, 谢绍东 (525)

道路绿化带对街道峡谷内污染物扩散的影响研究 徐伟嘉, 幸鸿, 余志 (532)

Fe^{II} (EDTA) 络合协同 RDB 去除 NO 废气效能及过程分析 陈浚, 杨宣, 於建明, 蒋轶锋, 陈建孟 (539)

UV-B 辐射对亚热带森林凋落叶氮、磷元素释放的影响 宋新章, 张慧玲, 江洪, 余树全 (545)

干热河谷林地燥红土固碳特征及“新固定”碳表观稳定性 唐国勇, 李昆, 孙永玉, 张春华 (551)

九龙江河口表层水体及沉积物中甲烷的分布和环境控制因素研究 郭莹莹, 陈坚, 尹希杰, 孙治雷, 邵长伟 (558)

秋季黄河口滨岸潮滩湿地系统 CH_4 通量特征及影响因素研究 姜欢欢, 孙志高, 王玲玲, 牟晓杰, 孙万龙, 宋红丽, 孙文广 (565)

我国典型非木浆造纸二噁英排放研究 王志芳, 丁琼, 王开祥, 吴昌敏, 曲云欢, 赵晓冬 (574)

典型电器工业区河涌沉积物中的多溴联苯醚空间和垂直分布 邱孟德, 邓代永, 余乐洹, 孙国萍, 麦碧娴, 许玫英 (580)

电子废物拆解区农业土壤中多氯联苯的污染特征 王学彤, 李元成, 张媛, 缪绎, 孙阳昭, 吴明红, 盛国英, 傅家谟 (587)

北京科教园区绿地土壤中多环芳烃的残留特征与潜在风险 彭驰, 王美娥, 欧阳志云, 焦文涛, 陈卫平 (592)

上海城市样带土壤重金属空间变异特征及污染评价 柳云龙, 章立佳, 韩晓非, 庄腾飞, 施振香, 卢小遮 (599)

海河流域北部地区河流沉积物重金属的生态风险评价 尚林源, 孙然好, 王赵明, 汲玉河, 陈利顶 (606)

三峡库区消落带不同水位高程土壤重金属含量及污染评价 王业春, 雷波, 杨三明, 张晟 (612)

超声波促进好氧/缺氧污泥消化过程中细菌群落结构分析 叶运弟, 孙水裕, 郑莉, 刘宝健, 蔡明山, 许燕滨, 占星星 (618)

大庆聚驱后油藏内源微生物群落结构解析与分布特征研究 赵玲侠, 高配科, 曹美娜, 高梦黎, 李国强, 朱旭东, 马挺 (625)

不同碳源刺激对老化污染土壤中 PAHs 降解研究 尹春芹, 蒋新, 王芳, 王聪颖 (633)

应用电致化学发光分子探针技术对微小原甲藻的检测 朱霞, 甄毓, 米铁柱, 于志刚, 池振明, 路兴岚 (640)

软骨藻酸直接竞争 ELISA 方法的建立及优化 王茜, 程金平, 高利利, 董宇, 席磊 (647)

固相萃取-高效液相色谱法同时测定水体中的 10 种磺胺类抗生素 洪蕾洁, 石璐, 张亚雷, 周雪飞, 朱洪光, 林双双 (652)

五氟酚对 HeLa 细胞毒性及 DNA 损伤的研究 金帮明, 王辅明, 熊力, 张晓峰, 刘堰 (658)

建筑陶瓷碳计量与优化模型研究 彭军霞, 赵宇波, 焦丽华, 曾路, 郑为民 (665)

《环境科学》征订启事 (447) 《环境科学》征稿简则 (475) 信息 (524, 586, 605, 624)

降雨对农家堆肥氮磷流失的影响及其面源污染风险分析

彭莉¹, 王莉玮², 杨志敏³, 陈玉成³, 乔俊婧³, 赵中金²

(1. 重庆市环境卫生监测站, 重庆 401121; 2. 重庆市农业环境监测站, 重庆 401120; 3. 西南大学资源环境学院, 重庆 400716)

摘要: 采用原位研究方法, 经过历时 120 d 的农家堆肥试验, 对比分析了秸秆、棚膜、土层、裸露等 4 种覆盖堆肥方式中, 降雨对总氮、氨氮、硝态氮、总磷和可溶性磷径流流失的影响及其面源污染风险。结果表明, 各种覆盖方式的堆肥随着堆肥的腐熟和径流的增加, 氮素、磷素的径流流失浓度逐渐降低, 其中总氮、氨氮、硝态氮浓度随时间的变化符合一级动力学方程, 而总磷、可溶性磷符合直线方程。从各处理趋势来看, 各种氮磷养分径流流失浓度与流失强度表现为无覆盖 > 秸秆覆盖 > 土层覆盖 > 棚膜覆盖。棚膜覆盖堆肥对面源污染的风险较小, 可以作为改善农村环境卫生、控制氮磷流失的堆肥方法。

关键词: 农家堆肥; 氮; 磷; 降雨; 风险

中图分类号: X705 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2012)02-0407-05

Effects of Rainfall on Nitrogen and Phosphorus Loss from Courtyard Compost and Its Risk of Nonpoint Source Pollution

PENG Li¹, WANG Li-wei², YANG Zhi-min³, CHEN Yu-cheng³, QIAO Jun-jin³, ZHAO Zhong-jin²

(1. Chongqing Station of Environmental Sanitation Monitoring, Chongqing 401121, China; 2. Chongqing Station of Agricultural Environment Monitoring, Chongqing 401120, China; 3. College of Resources & Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China)

Abstract: The *in situ* 120 days experiment was conducted to investigate effects of rainfall on nitrogen and phosphorus loss from courtyard composting with four kinds of coverage, involving no coverage, rice straw, thin film and soil, and their risks of nonpoint source pollution were discussed. The results showed that, with decomposing of the manure and increasing of runoff, the concentration of total nitrogen (TN), ammoniac nitrogen ($\text{NH}_4^+ \text{-N}$), nitrate nitrogen ($\text{NO}_3^- \text{-N}$), total phosphorus (TP) and dissolved phosphorus (DP) from courtyard composting decreased. Especially, the concentration variation of TN, $\text{NH}_4^+ \text{-N}$, $\text{NO}_3^- \text{-N}$ with time fit for I kinetic equation, while TP and DP fit for linear equation. The concentration order of nitrogen and phosphorus in runoff observed as follows: no coverage > coverage by rice straw > coverage by soil > coverage by thin film. As a result, the coverage by thin film could be used as a recommended mode to decrease the loss of nitrogen and phosphorus in runoff resulting from its low risks for nonpoint source pollution.

Key words: courtyard compost; nitrogen; phosphorus; rainfall; risk

畜禽粪便和作物秸秆已成为我国农村面源污染的主要来源^[1,2]。以畜禽粪便、农作物秸秆等为主要原料混合堆积、腐熟而成的农家堆肥,既可以处理畜禽粪便和秸秆,提升土壤肥力,又可改善农村环境卫生^[3,4],因而被农村广泛采用。尽管农家堆肥具有随时、随地、随料等优点,但若处置不当,也会造成堆肥养分的流失,形成水环境的二次污染^[5,6]。目前关于堆肥过程中的养分流失大多集中在大气损失方面^[7-9],而渗出水流失的贡献比例也较高^[10]。至于水溶性氮磷化合物随有机肥渗出水流失的研究也多集中在堆肥施入土壤后^[11-15],而很少关注到堆肥过程中的溶出养分损失^[16-18]。

因此本研究拟采用原位方法,以不覆盖为对照,对比分析降雨条件下秸秆、棚膜和土层等 3 种覆盖物对农家堆肥氮磷径流损失的影响及其面源污染风

险,以期为进一步保全农家堆肥养分、控制二次面源污染提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

堆肥原料为猪粪与水稻秸秆,分别取自重庆市合川区某猪场和农户,其性质见表 1。

表 1 堆肥原料主要养分含量¹⁾/g·kg⁻¹

原料	有机碳	全氮	全磷	全钾
猪粪	356.67	10.81	410.16	25.66
秸秆	378.14	2.90	19.63	5.89

1) 养分含量为风干基

收稿日期: 2011-02-14; 修订日期: 2011-07-08

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD17B09-8)

作者简介: 彭莉(1980~),女,工程师,主要研究方向为固体废弃物管理, E-mail: pengli2003@126.com

1.2 试验方法

试验在西南大学教学试验农场渗漏池中进行. 以含水量 <80% 的猪粪和含水量 <30% 的稻秆为材料, 按 $m(\text{猪粪}):m(\text{稻秆})=4:1$ 进行混配堆肥, 其中秸秆粉碎至 5 cm 以下. 堆体为圆锥型, 底座 1 m × 1 m, 堆高 1 m, 原料为 120 kg 猪粪和 30 kg 秸秆.

处理设常规(无覆盖, CK)、5 cm 厚度的稻秆(秸秆覆盖, coverage by rice straw, CR)、附有小孔的塑料薄膜(棚膜覆盖, coverage by film, CF)、5 cm 厚度的土壤(土层覆盖, coverage by soil, CS). 试验重复 3 次. 每个试验小区由堆肥区和缓冲区两部分构成, 堆肥区下垫面不作硬化处理(图 1). 分别在第 15、30、60、90 d 进行翻堆(缓冲区). 翻堆前移去覆盖物, 待堆料重新成垛后, 再将覆盖物盖上. 堆肥起始日为 2009 年 4 月 8 日, 总时长 120 d.

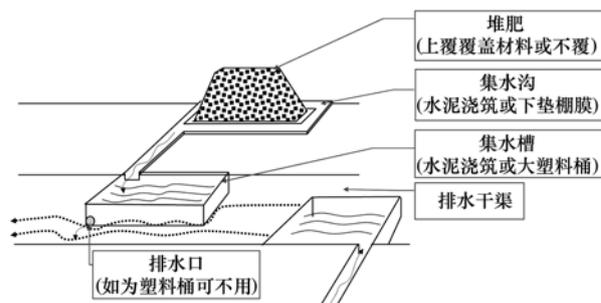


图 1 农家堆肥试验场布局

Fig. 1 Pattern of courtyard composting field

试验期间, 产流较强的降雨累计 9 次, 各次降雨量见表 2. 从堆肥区产生的径流水进入集水槽, 从缓冲区产生的径流水直接进入排水干渠外排. 每次降雨结束时, 计量集水槽中径流量, 同时充分搅匀, 量取 2 000 mL 左右, 过滤 0.45 μm , 作为测试水样.

表 2 堆肥期间产生径流的降雨量

Table 2 Rainfall raising runoff during the composting period

项目	堆肥时间/d									合计
	15	26	35	53	61	76	89	95	105	
降雨量/mm	16.5	13.5	15.5	11.5	19.5	38.0	14.0	15.5	22.0	—
径流量/L	5.18	4.24	4.87	3.61	6.13	11.94	4.40	4.87	6.91	52.15

1.3 化学分析

分析堆肥的径流水样品中有关指标, 其中总氮(TN)和氨氮(AN)浓度用半微量凯氏定氮法, 硝态氮(NN)用酚二磺酸比色法, 总磷(TP)和可溶性磷(DP)用钼锑抗比色法.

2 结果与分析

2.1 降雨对堆肥氮素流失的影响

随着堆肥时间的延长, 不同处理地表径流 TN、AN、NN 的浓度均表现为逐渐减少. 方差分析表明, TN 在前期(53 d), 不同覆盖处理之间各次差异显著 ($P < 0.05$), 而后期差异越来越小 ($P > 0.05$), 见图 2; AN 在前期(53 d), CK、CR、CS 之间差异不显著

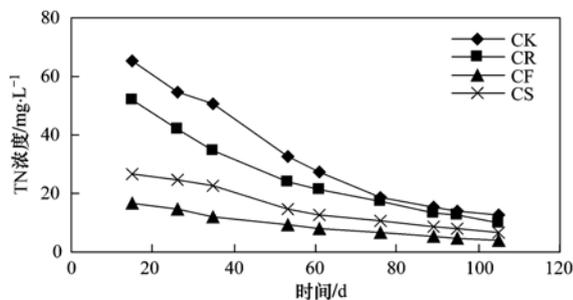


图 2 降雨对堆肥全氮流失的影响
Fig. 2 Effect of rainfall on loss of TN

($P > 0.05$), 但它们与 CF 之间则差异非常显著 ($P < 0.05$), 见图 3; AN 各时期差异都较明显 ($P < 0.05$), 尤其是 CS 处理远高于其它三者 ($P < 0.01$), 见图 4. 从各处理趋势来看, TN、AN、NN 流失浓度均表现为 $CK > CR > CS > CF$.

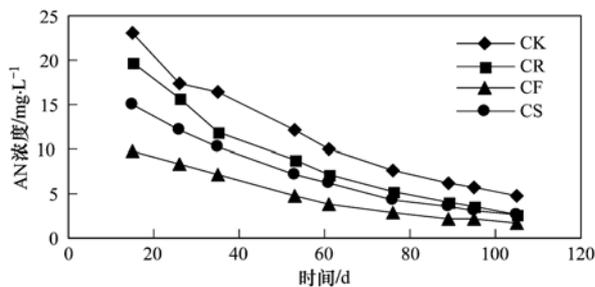


图 3 降雨对堆肥氨氮流失的影响
Fig. 3 Effect of rainfall on loss of AN

进一步统计分析发现, TN、AN、NN 流失浓度 (y) 随时间 (t) 的变化均符合一级动力学方程 $y = ae^{bt}$, 各处理的拟合参数见表 3. 方程中, 参数 a 表示初始浓度, b 表示对数斜率, 即下降速率. 从表 3 中可以看出 TN、AN 的初始浓度均为 $CK > CR > CS > CF$, 而 NN 则为 $CS > CR > CK > CF$.

2.2 降雨对堆肥磷素流失的影响

随着堆肥时间的延长, 不同处理地表径流 TP、

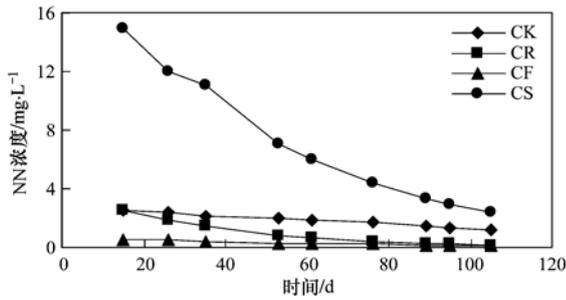


图4 降雨对堆肥硝氮流失的影响
Fig. 4 Effect of rainfall on loss of NN

表3 氮素流失的动态拟合方程

Table 3 Fit equations of nitrogen loss from composting affected by rainfall

处理	TN			AN			NN		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>R</i> ²	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>R</i> ²	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>R</i> ²
无覆盖	89.770 9	-0.019 2	0.988 2	29.348 3	-0.017 4	0.992 0	2.861 5	-0.007 5	0.992 3
秸秆覆盖	67.358 2	-0.018 4	0.994 9	27.048 9	-0.021 7	0.997 3	3.984 6	-0.029 7	0.999 7
棚膜覆盖	21.762 7	-0.016 2	0.998 5	13.662 2	-0.020 1	0.994 7	0.746 5	-0.015 2	0.996 7
土层覆盖	35.642 6	-0.015 7	0.982 3	20.117 2	-0.019 7	0.999 4	20.562 6	-0.020 0	0.994 5

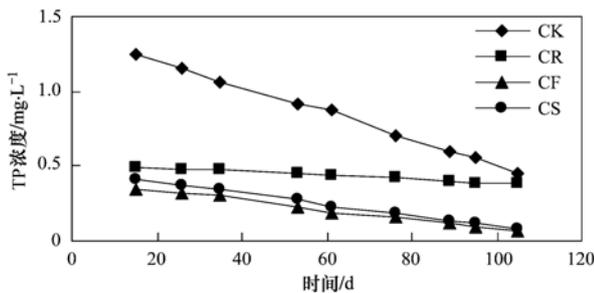


图5 降雨对堆肥全磷流失的影响
Fig. 5 Effect of rainfall on loss of TP

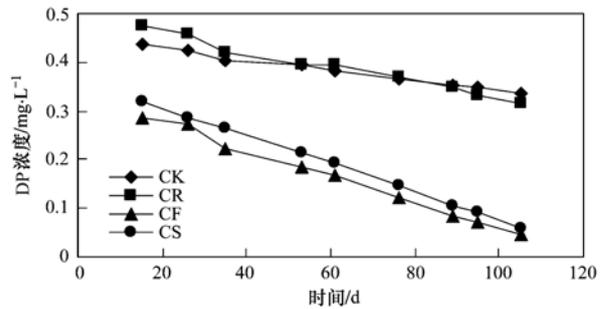


图6 降雨对堆肥可溶磷流失的影响
Fig. 6 Effect of rainfall on loss of DP

进一步统计分析发现,TP、DP 流失浓度(*y*)随时间(*t*)的变化均符合线性方程 $y = a + bt$,各处理的拟合参数见表4. 方程中,参数*a*表示截距,即初始

浓度,*b*表示斜率,即下降速率.从表4中可以看出TP的初始浓度均为 $CK > CR > CS > CF$,而DP则为 $CR > CK > CS > CF$.

表4 磷素流失的动态拟合方程

Table 4 Fit equations of phosphorus loss from composting affected by rainfall

处理	TP			DP		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>R</i> ²	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>R</i> ²
无覆盖	1.384 2	-0.008 8	0.998 5	0.447 7	-0.001 1	0.985 9
秸秆覆盖	0.517 9	-0.001 3	0.995 6	0.493 4	-0.001 7	0.982 0
棚膜覆盖	0.397 6	-0.003 2	0.990 9	0.330 4	-0.002 7	0.993 0
土层覆盖	0.472 9	-0.003 8	0.998 4	0.363 5	-0.002 9	0.997 8

3 讨论

堆肥径流组成可分成两部分:一是因堆料腐解过程的排水,属于内因,二是因降雨产生的排水,属于外因,本研究中并没有甄别,需要在后续试验予以区分.

Faucette 等^[16]在模拟降雨条件下,对比分析3种畜禽堆肥、废弃粮食堆肥、秸秆堆肥、建筑废物堆肥、农家院堆肥、3种木屑覆盖物以及裸露土壤对地表径流、土壤侵蚀和养分流失的影响,发现除腐熟堆肥外,其它处理在地表径流过程中均减少土壤固相的流失,而堆肥处理的养分流失较裸露土壤和覆

盖处理多,和本研究结果较为类似.饶雄飞等^[15]采用土柱模拟淋洗试验,发现堆肥中的氮在淋溶最初淋失量最大,而后迅速减少.淋出液 TN、AN、NN、TP 最高浓度分别达到 300、1.79、11.2、8.5 mg/L. AN 淋失量较少,磷向下迁移较为缓慢.各处理都在前 3 次淋溶中随淋溶次数的增加而有一定程度减小,随后趋于稳定.除了 AN 淋出浓度低于 NN 外(因为 AN 容易为土壤吸附),其它结果趋势与本试验基本一致.杜春先^[14]也采用土柱模拟淋溶装置,淋洗由鸡粪、骨粉等配合 EM 发酵而成的固体生物有机肥,发现淋洗液中硝态氮量明显高于复合肥处理,且随施肥量的增加影响愈严重,最大淋溶量在时间上表现出滞后.鲍艳宇等^[8]探讨了畜禽粪便在堆肥过程中各种含氮化合物的动态变化,发现猪粪、鸡粪堆肥的 TN 含量均呈先下降而后平稳变化趋势,奶牛粪堆肥则呈先增加而后平稳变化趋势,AN 含量先下降而后保持平稳,NN 含量则持续增加. TN、AN 结果与本试验一致但 NN 却呈现相反的结论,估计 NN 的淋溶机制较为复杂,除了与堆肥腐熟度有关外,可能也与堆肥对 NN 的吸持力有关,这有待于进一步研究.

为了比较降雨对各堆肥处理养分流失的影响,引入堆料流失强度概念,即单位质量堆料随降雨所流失的养分质量.首先根据流失浓度与相应的观测径流量,计算每次降雨的养分流失质量,然后根据堆料总质量计算每次堆料流失强度,最后将各次降雨引起的堆料流失强度求和,即得到氮磷的总流失强度(表 5).从表 5 可以发现, TN、AN、TP 的流失强度趋势为 CK > CR > CS > CF,而 NN 为 CS > CK > CR > CF, DP 为 CK ≈ CR > CS > CF,与浓度变化趋势基本相似.因此从防止氮磷流失的角度出发,采用棚膜覆盖是一种值得推荐的堆肥方法.

表 5 堆肥过程中氮磷的总流失强度/mg·kg⁻¹

Table 5 Loss strength of nitrogen and phosphorus from composting affected by rainfall/mg·kg⁻¹

项目	TN	AN	NN	TP	DP
无覆盖(CK)	10.322	3.715	0.627	0.281	0.131
秸秆覆盖(CR)	8.204	2.795	0.289	0.150	0.133
棚膜覆盖(CF)	2.934	1.511	0.106	0.065	0.053
土层覆盖(CS)	4.912	2.279	2.288	0.078	0.061

为了进一步确定适宜棚膜覆盖流失的控制时间,引入流失比率与累计流失比率,流失比率是指每次流失量占堆肥期间流失总量的比例.以累计径流量(Q)为横坐标,各种养分累计流失比率(R)为纵

坐标,发现棚膜覆盖处理符合 Logistic 曲线:

$$R = \frac{a}{1 + be^Q}$$

由此计算出棚膜覆盖处理中, TN、AN、NN、TP、DP 累计流失比率为 30% 时的累计径流量分别为 20.32、17.32、20.98、19.98 和 19.53 L,相当于累计径流比为 38.97%、33.20%、40.23%、38.31% 和 37.45%,其变化范围为 33.20% ~ 40.23%,平均为 37.63%.意味着在棚膜覆盖堆肥时,重点关注累计径流比为 33.20% ~ 40.23% 时的各种养分流失.

由于农家堆肥径流水直接排入地表,应执行污水综合排放标准(GB 8978-1996)中一级标准,即氨氮 < 15 mg/L, TP < 0.5 mg/L.对氨氮而言,CK 处理前 3 次、CR 处理前 3 次、CS 处理前 1 次超过 15 mg/L,有造成面源污染风险,而 CF 处理各次浓度均低于 15 mg/L,相对较为安全.对 TP 而言,除了 CK 处理大部分降雨批次超过 0.5 mg/L, CR 处理处于临界 0.5 mg/L 外,有可能造成面源污染风险外, CF、CS 处理各次浓度均低于 0.5 mg/L,显示较为安全.综上所述,棚膜覆盖堆肥对面源污染的风险较小,其次为土层覆盖,而秸秆覆盖和裸露堆肥均存在面源污染的风险.

4 结论

(1) 无覆盖、秸秆覆盖、棚膜覆盖和土层覆盖堆肥随着堆肥的腐熟,氮素、磷素的径流流失浓度逐渐降低,其中总氮、氨氮、硝态氮浓度随时间的变化符合一级动力学 $y = ae^{bt}$,而总磷、可溶性磷符合直线方程 $y = a + bt$.

(2) 从各处理趋势来看,总氮、氨氮、硝态氮、总磷、可溶性磷径流流失浓度与流失强度表现为无覆盖 > 秸秆覆盖 > 土层覆盖 > 棚膜覆盖.

(3) 棚膜覆盖堆肥对面源污染的风险较小,可以作为控制氮磷流失的堆肥方法,此时重点关注累计径流比为 33.20% ~ 40.23% 时的各种养分流失.

参考文献:

- [1] 陈玉成,杨志敏,陈庆华,等.基于“压力-响应”态势的重庆市农业面源污染的源解析[J].中国农业科学,2008,41(8):2362-2369.
- [2] 杨志敏,陈玉成,魏世强,等.重庆市农业面源污染影响因素的系统分析[J].农业环境科学学报,2009,28(5):999-1004.
- [3] 王俊起,徐桂华,孙凤英,等.农户小型高温堆肥的实验研

- 究 [J]. 环境与健康杂志, 1999, **16**(1): 22-23.
- [4] Barrera, Artola A, Vázquez F R, *et al.* The use of composting for the treatment of animal by-products; experiments at lab scale [J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2009, **161**(1): 380-386.
- [5] 徐致祥. 食管癌病因新假说——农家肥料引起食管癌、胃癌、肝癌 [J]. *潜科学杂志*, 1986, **7**: 36-42.
- [6] 徐致祥, 谭家驹, 陈风兰, 等. 农家肥料污染水源诱发鸡咽食管癌胃癌和肝癌 [J]. *中华肿瘤杂志*, 2003, **25**(4): 344-347.
- [7] 杨延梅, 刘鸿亮, 杨志峰, 等. 控制堆肥过程中氮素损失的途径和方法综述 [J]. *北京师范大学学报 (自然科学版)*, 2005, **41**(2): 213-216.
- [8] 鲍艳宇, 周启星, 颜丽, 等. 不同畜禽粪便堆肥过程中有机氮形态的动态变化 [J]. *环境科学学报*, 2008, **28**(5): 930-936.
- [9] 黄向东, 韩志英, 石德智, 等. 畜禽粪便堆肥过程中氮素的损失与控制 [J]. *应用生态学报*, 2010, **21**(1): 247-254.
- [10] Martins O, Dewes T. Loss of nitrogenous compounds during composting of animal wastes [J]. *Bioresource Technology*, 1992, **42**(2): 103-111.
- [11] Borken W, Xu Y J, Beese F. Ammonium, nitrate and dissolved organic nitrogen in seepage water as affected by compost amendment to European beech, Norway spruce, and Scots pine forests [J]. *Plant and Soil*, 2004, **258**(1): 121-134.
- [12] Easton Z M, Petrovic A M. Fertilizer source effect on ground and surface water quality in drainage from turfgrass [J]. *Journal of Environmental Quality*, 2004, **33**(2): 645-655.
- [13] 王薇. 模拟降雨对堆肥和土壤覆盖物中养分流失量的影响 [J]. *水土保持科技情报*, 2005, (1): 18-19.
- [14] 杜春先. 生物有机肥的挥发淋溶特征及其对土壤和冬小麦产量的影响 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2007.
- [15] 饶雄飞, 金怡平, 胡红青, 等. 动物粪便堆肥的养分淋溶特征模拟研究 [J]. *环境化学*, 2007, **26**(6): 774-778.
- [16] Faucette L B, Risse L M, Nearing M A, *et al.* Runoff, erosion, and nutrient losses from compost and mulch blankets under simulated rainfall [J]. *Journal of Soil Water Conservation*, 2004, **59**(4): 154-160.
- [17] 乔俊婧. 农家堆肥系统中氮磷的环境行为研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2009.
- [18] 王正奎, 王莉玮, 乔俊婧, 等. 几种农家堆肥模式中的氮素与有机质变化比较 [J]. *西南师范大学学报 (自然科学版)*, 2011, **36**(2): 142-146.

CONTENTS

Safety Value of Contaminant in Water Pollution Accident Based on Human Health Risk	ZHENG Bing-hui, LUO Jin-hong, FU Qing, <i>et al.</i>	(337)
Safety Concentration of Genotoxic Carcinogens in Water Pollution Accident Based on Human Health Risk	LUO Jin-hong, ZHENG Bing-hui, FU Qing, <i>et al.</i>	(342)
A Quantitative Method and Case Analysis for Assessing Water Health	LI Yu-feng, LIU Hong-yu, HAO Jing-feng, <i>et al.</i>	(346)
Temporal and Spatial Variation of Nitrogen and Phosphorus and Eutrophication Assessment in Downstream River Network Areas of North Canal River Watershed	SHAN Bao-qing, JIAN Yu-xiang, TANG Wen-zhong, <i>et al.</i>	(352)
Spatiotemporal Variation Analysis and Identification of Water Pollution Sources in the Zhangweinan River Basin	XU Hua-shan, XU Zong-xue, TANG Fang-fang, <i>et al.</i>	(359)
Hydrochemical Characteristics and Formation Mechanism of Shallow Groundwater in the Yellow River Delta	AN Le-sheng, ZHAO Quan-sheng, YE Si-yuan, <i>et al.</i>	(370)
Impacts of Sediment Disturbance Time on the Distribution of Phosphorus Forms in Suspended Solids	LI Da-peng, HUANG Yong, LI Yong, <i>et al.</i>	(379)
Influence of Submerged Macrophytes on Phosphorus Transference Between Sediment and Overlying Water in the Growth Period	WANG Li-zhi, WANG Guo-xiang, YU Zhen-fei, <i>et al.</i>	(385)
Pollution Characteristics and Evaluation of Nitrogen, Phosphorus and Organic Matter in Surface Sediments of Lake Changshouhu in Chongqing, China	LU Shao-yong, XU Meng-shuang, JIN Xiang-can, <i>et al.</i>	(393)
Vertical Distribution Characteristics of Nutrients and Heavy Metals in Sediments of Lake Hongze	ZHANG Wen-bin, YU Hui	(399)
Effects of Rainfall on Nitrogen and Phosphorus Loss from Courtyard Compost and Its Risk of Nonpoint Source Pollution	PENG Li, WANG Li-wei, YANG Zhi-min, <i>et al.</i>	(407)
Effects of Hydrodynamic Process on Bio-optical Properties in Algal-Dominated Lake Region of Shallow Lake	LIU Xiao-han, FENG Long-qing, ZHANG Yun-lin, <i>et al.</i>	(412)
Estimation and Remote Sensing Inversion of Diffuse Attenuation Coefficient $K_d(490)$ in Lake Taihu in Spring Based on Semi-analytical Model	LIU Zhong-hua, LI Yun-mei, LI Rui-yun, <i>et al.</i>	(421)
Monitoring the Total Suspended Matter of Lake Chaohu Based on Quasi-Analytical Algorithm	ZHANG Hong, HUANG Jia-zhu, LI Yun-mei, <i>et al.</i>	(429)
Optimization of Aerobic/Anaerobic Subsurface Flow Constructed Wetlands	LI Feng-min, SHAN Shi, LI Yuan-yuan, <i>et al.</i>	(436)
Effects of Allelochemical Dibutyl Phthalate on <i>Gymnodinium breve</i> Reactive Oxygen Species	BIE Cong-cong, LI Feng-min, LI Yuan-yuan, <i>et al.</i>	(442)
Toxicity Effects of <i>Rac</i> - and <i>S</i> -Metolachlor on Two Algae	CAI Wei-dan, LIU Hui-jun, FANG Zhi-guo	(448)
Studies for Killing the Oceanic Harmful Organisms in Ship's Ballast Water Using Hydroxyl Radicals	BAI Min-dong, ZHANG Na-hui, ZHANG Zhi-tao, <i>et al.</i>	(454)
Modification of Natural Siderite and Enhanced Adsorption of Arsenic	ZHAO Kai, GUO Hua-ming, LI Yuan, <i>et al.</i>	(459)
Kinetic Study of 4-Chloronitrobenzene Degradation by Zero-Valent Iron	LIAO Di-jie, YANG Qi, LEE Chun-chi	(469)
Photochemical Degradation of Ofloxacin in Aqueous Solution	SHAO Meng, YANG Gui-peng, ZHANG Hong-hai	(476)
Photodegradation of Atenolol in Aqueous Nitrate Solution	JI Yue-fei, ZENG Chao, MENG Cui, <i>et al.</i>	(481)
Biodegradation of Pyridine Under UV Irradiation	FANG Miao-miao, YAN Ning, ZHANG Yong-ming	(488)
Optimization on Decoloration Conditions of Anthraquinone Dyes by Laccase from <i>Amillariella mellea</i>	ZHU Xian-feng, QIN Ren-bing, YU Chen-chen, <i>et al.</i>	(495)
Biosorption of Chromium (VI) by Waste Biomass of ϵ -Poly-L-lysine Fermentation	CAO Yu-juan, ZHANG Yang, XIA Jun, <i>et al.</i>	(499)
Investigation on Enhanced Conditions for the Densification of Filamentous Sludge	LI Zhi-hua, SUN Wei, JI Xiao-qin, <i>et al.</i>	(505)
Effect of Temperature on the Response Characteristics of Shortcut Nitrification Granular Sludge	LUO Yuan-ling, YANG Zhao-hui, XU Zheng-yong, <i>et al.</i>	(511)
Fuel Consumption and Emission Inventory of Typical Construction Equipments in China	LI Dong-ling, WU Ye, ZHOU Yu, <i>et al.</i>	(518)
Optimization of PM ₁₀ Monitoring Network in Beijing	QI Ling, ZHAO Yue, XIE Shao-dong	(525)
Effect of Greenbelt on Pollutant Dispersion in Street Canyon	XU Wei-jia, XING Hong, YU Zhi	(532)
Investigation of Effect and Process of Nitric Oxide Removal in Rotating Drum Biofilter Coupled with Absorption by Fe ^{II} (EDTA)	CHEN Jun, YANG Xuan, YU Jian-ming, <i>et al.</i>	(539)
Effect of UV-B Radiation on Release of Nitrogen and Phosphorus from Leaf Litter in Subtropical Region in China	SONG Xin-zhang, ZHANG Hui-ling, JIANG Hong, <i>et al.</i>	(545)
Characteristics of Carbon Sequestration and Apparent Stability of New Sequestered Carbon in Forested Torrid Red Soil at Dry-Hot Valley	TANG Guo-yong, LI Kun, SUN Yong-yu, <i>et al.</i>	(551)
Spatial Distribution of Methane in Surface Water and Sediment of Jiulongjiang Estuary and the Effect Environment factors of It	GUO Ying-ying, CHEN Jian, YIN Xi-jie, <i>et al.</i>	(558)
Methane Fluxes and Controlling Factors in the Intertidal Zone of the Yellow River Estuary in Autumn	JIANG Huan-huan, SUN Zhi-gao, WANG Ling-ling, <i>et al.</i>	(565)
Study on Dioxin Emission for Typical Non-Wood Pulp Making in China	WANG Zhi-fang, DING Qiong, WANG Kai-xiang, <i>et al.</i>	(574)
Horizontal and Vertical Distribution of Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in River Sediment from a Typical Electrical Equipment Industrial Area	QIU Meng-de, DENG Dai-yong, YU Le-huan, <i>et al.</i>	(580)
Characteristics of Polychlorinated Biphenyls in Soils from an Electronic Waste Recycling Area	WANG Xue-tong, LI Yuan-cheng, ZHANG Yuan, <i>et al.</i>	(587)
Characterization and Potential Risks of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Green Space Soils of Educational Areas in Beijing	PENG Chi, WANG Mei-e, OUYANG Zhi-yun, <i>et al.</i>	(592)
Spatial Variability and Evaluation of Soil Heavy Metal Contamination in the Urban-transect of Shanghai	LIU Yun-long, ZHANG Li-jia, HAN Xiao-fei, <i>et al.</i>	(599)
Assessment of Heavy Metal Pollution in Surface Sediments of Rivers in Northern Area of Haihe River Basin, China	SHANG Lin-yuan, SUN Ran-hao, WANG Zhao-ming, <i>et al.</i>	(606)
Concentrations and Pollution Assessment of Soil Heavy Metals at Different Water-level Altitudes in the Draw-down Areas of the Three Gorges Reservoir	WANG Ye-chun, LEI Bo, YANG San-ming, <i>et al.</i>	(612)
Analysis of Community Structure on Sludge Aerobic/anoxic Digestion After Ultrasonic Pretreatment	YE Yun-di, SUN Shui-yu, ZHENG Li, <i>et al.</i>	(618)
Research on Population Structure and Distribution Characteristic of Indigenous Microorganism in Post-polymer-Flooding Oil Reservoir	ZHAO Ling-xia, GAO Pei-ke, CAO Mei-na, <i>et al.</i>	(625)
Study on Degradation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) with Different Additional Carbon Sources in Aged Contaminated Soil	YIN Chun-qin, JIANG Xin, WANG Fang, <i>et al.</i>	(633)
Detection of <i>Proocentrum minimum</i> (Pavillard) Schiller with the Electrochemiluminescence-Molecular Probe	ZHU Xia, ZHEN Yu, MI Tie-zhu, <i>et al.</i>	(640)
Development of Direct Competitive Enzyme-Linked Immunosorbent Assay for the Determination of Domoic Acid	WANG Qian, CHENG Jin-ping, GAO Li-li, <i>et al.</i>	(647)
Simultaneous Determination of 10 Sulfonamide Antibiotics in Water by Solid-phase Extraction and High Performance Liquid Chromatography	HONG Lei-jie, SHI Lu, ZHANG YA-lei, <i>et al.</i>	(652)
Effects of Pentachlorophenol on DNA Damage and Cytotoxicity of HeLa Cells	JIN Bang-ming, WANG Fu-ming, XIONG Li, <i>et al.</i>	(658)
Modeling of Carbon Dioxide Measurement and Optimization on Building Ceramic Industry	PENG Jun-xia, ZHAO Yu-bo, JIAO Li-hua, <i>et al.</i>	(665)

《环境科学》第6届编辑委员会

主 编: 欧阳自远

副主编: 赵景柱 郝吉明 田 刚

编 委: (按姓氏笔画排序)

万国江 王华聪 王凯军 王绪绪 田 刚 田 静 史培军
朱永官 刘志培 汤鸿霄 陈吉宁 孟 伟 周宗灿 林金明
欧阳自远 赵景柱 姜 林 郝郑平 郝吉明 聂永丰 黄 霞
黄 耀 鲍 强 潘 纲 潘 涛 魏复盛

环 境 科 学

(HUANJING KEXUE)

(月刊 1976年8月创刊)

2012年2月15日 33卷 第2期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 33 No. 2 Feb. 15, 2012

主 管	中国科学院	Superintended	by	Chinese Academy of Sciences
主 办	中国科学院生态环境研究中心	Sponsored	by	Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences
协 办	(以参加先后为序) 北京市环境保护科学研究院 清华大学环境学院	Co-Sponsored	by	Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection School of Environment, Tsinghua University
主 编	欧阳自远	Editor-in -Chief		OUYANG Zi-yuan
编 辑	《环境科学》编辑委员会 北京市 2871 信箱(海淀区双清路 18号, 邮政编码:100085) 电话:010-62941102, 010-62849343 传真:010-62849343 E-mail: hjkx@reeces. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn	Edited	by	The Editorial Board of Environmental Science (HUANJING KEXUE) P. O. Box 2871, Beijing 100085, China Tel:010-62941102, 010-62849343; Fax:010-62849343 E-mail: hjkx@reeces. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn
出 版	科 学 出 版 社 北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717	Published	by	Science Press 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷 装 订	北京北林印刷厂	Printed	by	Beijing Bei Lin Printing House
发 行	科 学 出 版 社 电话:010-64017032 E-mail: journal@mail. sciencep. com	Distributed	by	Science Press Tel:010-64017032 E-mail: journal@mail. sciencep. com
订 购 处	全国各地邮电局	Domestic		All Local Post Offices in China
国外总发行	中国国际图书贸易总公司 (北京399信箱)	Foreign		China International Book Trading Corporation (Guoji Shudian), P. O. Box 399, Beijing 100044, China

中国标准刊号: ISSN 0250-3301
CN 11-1895/X

国内邮发代号: 2-821

国内定价: 70.00元

国外发行代号: M 205

国内外公开发行