

太湖源地区雷竹林氮磷径流输出与拦截控制

戎静¹, 庄舜尧², 杨浩¹

(1. 南京师范大学地理科学学院, 江苏南京 210046;

2. 中国科学院南京土壤研究所土壤与农业可持续发展国家重点实验室, 江苏南京 210008)

摘要: 农业面源污染是导致水体富营养化的重要原因之一, 雷竹生产是临安市的支柱产业之一, 而雷竹覆盖技术下的高施肥量容易导致水体污染负荷过高, 因此, 控制雷竹林氮磷流失极为重要。通过田间原位设置 4 种不同的生态拦截方法, 观测春夏季雷竹林土壤氮磷径流输出, 探讨了不同拦截方式对径流中不同形态氮磷的拦截效果。结果表明, 4 种不同拦截小区中, 颗粒物运载的氮是径流损失的主要氮形态, 施肥量和雨强是影响氮磷流失量的主要因素。以原生雷竹林作为拦截带的小区氮磷径流损失量最高, 分别达到 1 006. 2 和 387. 6 g/hm²; 通过比较, 黑麦草对氮磷径流损失通量拦截效果要优于其它拦截带, 其氮磷损失通量分别为 777. 1 和 228. 9 g/hm²; 黑麦草+ 竹炭拦截小区的氮磷流失量分别为 827. 7 和 242. 1 g/hm²; 竹林+ 竹炭拦截的径流损失量分别为 1 098. 6 和 366. 5 g/hm², 竹炭对竹林的氮磷拦截效果不佳。雷竹林地氮磷径流损失风险不大, 其中氮的流失量要远高于磷。4 种不同拦截小区中, 生态拦截草带对控制雷竹林地土壤氮磷的径流迁移效果最佳。

关键词: 雷竹林; 径流流失; 养分拦截

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)04-0168-04

中图分类号: S714.7, X506

Nitrogen and Phosphorus Runoff Losses and Their Control in *Phyllostachys Praeox* Stands in Source Region of Taihu Lake

RONG Jing¹, ZHUANG Shun-yao², YANG Hao¹

(1. School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing, Jiangsu 210046, China; 2. State Key Lab of Soil and Sustainable Agriculture, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing, Jiangsu 210008, China)

Abstract: Agricultural non-point source loss is one of the major factors resulting in surface water eutrophication. The production of *Phyllostachys praecox* shoot is a pillar industry of Lin'an City. However, the high rate of mulching and fertilizer application is undoubtedly to bring nitrogen and phosphorus into water body. Therefore, the control of nitrogen and phosphorus runoff export is an important task in *Phyllostachys praecox* production. 4 different buffer strips were setup in situ to monitor N and P runoff losses and investigate their control effects on N and P runoff from *Phyllostachys praecox* stands. The results showed that particulate N and P were the predominant forms in runoff, accounting for more than 50% of the total losses. Fertilization and rainfall intensity were the main factors influencing the runoff export. The highest runoff export of N and P in *Phyllostachys praecox* was 1 006. 2 and 387. 6 g/hm² among the 4 treatments. In comparison with other treatments, the ryegrass strip reduced the runoff export greatly, that is 777. 1 and 228. 9 g/hm² of N and P. The runoff export of N and P was 632. 80 and 230. 74 kg/hm² in the treatment of "*Phyllostachys praecox* forest + Bamboo Charcoal"; while in the treatment of "ryegrass+ Bamboo Charcoal", the runoff export of N and P loss was 1 098. 6 and 366. 5 g/hm². Compared with phosphorus, the nitrogen runoff loss was much more serious. The present results indicated that grass buffer strip could effectively control the N and P losses with runoff from *Phyllostachys praecox* stands.

Keywords: *Phyllostachys praecox* stands; runoff; buffer strip control

收稿日期: 2010-11-05

修回日期: 2010-12-03

资助项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项“典型小流域污染物削减技术集成与示范”(2008ZX07101-006-06)

作者简介: 戎静(1987—), 女(汉族), 江苏省海安县人, 硕士研究生, 主要从事土壤化学研究。E-mail: harongjing@163.com。

通信作者: 庄舜尧(1970—), 男(汉族), 浙江省舟山市人, 博士, 副研究员, 主要从事土壤化学研究。E-mail: syzhuang@issas.ac.cn。

非点源污染是导致水体富营养化的重要原因^[1-2]。目前,农业面源污染及其控制措施研究已得到国内外学者的广泛重视^[3-4],相关学者^[5-12]对太湖地区不同土地利用方式下的氮磷养分流失做了一定的研究。但目前雷竹林地养分拦截方面的研究工作还仍显薄弱。因此,本研究在野外竹林地设立径流小区,观测不同季节竹林地土壤中氮磷径流输出,并探讨分析雷竹林地的氮磷养分流失以及不同拦截带对养分流失的控制效果,从而为雷竹林地的养分流失控制提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验布设在浙江省临安市的雷竹林示范园区内,该区属亚热带季风气候,丘陵地区,年平均气温 15.9℃,最高气温 41.3℃,最低气温 -13.3℃,年降水量 1 550 mm,无霜期 236 d。试验小区位于雷竹林坡地上,坡向朝西,小区规格为 6 m×4 m,在较低坡度处 1 m×4 m 的地带设置拦截带,小区四周用加裹塑料薄膜的木板隔开,以防止径流渗漏。试验分别设置对照竹林拦截带,竹林+竹炭拦截带,黑麦草拦截带,黑麦草+竹炭拦截带共 4 种拦截处理。拦截带中有竹林的小区原位设置,各重复小区中竹子株数保持一致,拦截带中没有竹林的小区,砍清竹子,将草种均匀分布在 1 m×4 m 拦截带内,竹炭拦截的小区中共施竹炭 0.9 kg/m²,并将竹炭和土壤均匀混合。每种拦截带设置 3 个重复,共计 12 个小区。

1.2 田间管理

2009 年 11 月在各小区内施用无机复合肥, N:P:K=16:16:16,按照全年 2.25 t/hm² 施肥,春夏季每个小区施无机复合肥 2.7 kg,整个试验期间内,拦截带内均不施肥。

1.3 径流样品采集

采用径流集水法收集地表径流。在每个小区较低坡度处设置水槽,水槽与 50 L 径流桶相连。每次有径流结束后,量取径流桶中径流体积,人工充分搅匀后,取浑水样于 500 ml 瓶中,带回实验室分析。野外观测自 2010 年 1—7 月,共观测产流 17 次。

1.4 样品分析

在实验室取部分水样过滤后用来测定硝态氮、铵态氮、正磷酸盐、可溶态全氮、可溶态全磷。未过滤部分用来测定全氮和全磷。硝态氮采用在 220 nm 和 275 nm 双波长下紫外比色法测定;铵态氮采用靛酚蓝比色法^[14]测定,可溶态全氮和全氮采用碱性过硫酸钾氧化紫外分光光度法测定;正磷酸盐采用钼锑抗

比色法测定;可溶态全磷和全磷均用 5% 过硫酸钾消解后采用钼锑抗比色法测定。过硫酸钾采用 Fluka 公司生产的过硫酸钾^[15]。颗粒态氮(磷)=总氮(磷)-可溶态氮(磷);无机氮=铵态氮+硝态氮。

2 结果与讨论

2.1 雷竹林地氮磷输出通量

由表 1 可知,2010 年 1—7 月,4 种拦截方式中,黑麦草带对雷竹林坡地养分流失具有明显拦截作用,其小区氮径流流失通量为 777.1 g/hm²,采用“黑麦草+竹炭”作为拦截带的氮径流流失通量为 827.7 g/hm²,采用竹林+竹炭作为拦截带的氮径流流失通量为 1 098.6 g/hm²,4 种拦截中这种处理的流失量最大,竹炭对林地养分拦截效果甚微,甚至有加剧作用。以原生雷竹林作为拦截带的氮径流流失通量为 1 006.2 g/hm²。席运官等^[16]研究太湖流域内坡地茶园养分径流流失规律发现,茶园氮流失量为 11.69 kg/hm²,与茶园相比,雷竹林坡地产生的农业面源污染风险较低。

表 1 雷竹林地土壤中氮磷径流流失通量

拦截带类型	全氮/ (g·hm ⁻²)	可溶态氮/ (g·hm ⁻²)	颗粒态氮	
			流失量/ (g·hm ⁻²)	占全氮 比例/%
黑麦草	777.1	325.8	451.3	58.07
黑麦草+竹炭	827.7	347.8	479.9	57.98
竹林	1 006.2	398.6	607.6	60.38
竹林+竹炭	1 098.6	513.2	585.4	53.29

拦截带类型	全磷/ (g·hm ⁻²)	可溶态磷/ (g·hm ⁻²)	颗粒态磷	
			流失量/ (g·hm ⁻²)	占全磷 比例/%
黑麦草	228.9	84.2	144.7	63.22
黑麦草+竹炭	242.1	85.7	161.3	66.62
竹林	387.6	106.2	281.4	72.59
竹林+竹炭	366.5	162.9	203.5	55.54

对磷的拦截中,黑麦草作为拦截带的磷径流流失通量最少 228.9 g/hm²,其次是以“黑麦草+竹炭”作为拦截带的磷径流流失通量为 242.1 g/hm²,以原生竹林作为拦截带的磷径流流失通量为 387.6 kg/hm²,可见,黑麦草对氮磷径流流失均有明显的拦截效果。在施肥量一致的情况下,磷流失量明显要少于氮拦截,表明磷和氮在土壤中迁移的化学行为不同,磷在土壤中的迁移和活动速率可能要小于氮^[12],雷竹林地中氮径流流失较磷径流流失严重,这与刘洋等^[17]在红壤坡地中所得结论一致。

颗粒态全氮以及全磷流失量占流失全量的 50% 以上,说明地表径流迁移的主要载体是径流中的颗粒物,颗粒物运载的氮是径流流失的主要形式,这与已

有的研究结果一致^[17-18]。此外,这也可能与所选试验地竹林地下覆盖物较少,地表裸露,颗粒态氮磷容易流失有关。

表 2 中可知,可溶态氮由有机氮、铵态氮、硝态氮组成,各小区的氮素输出中,以铵态氮输出要多于硝态氮量,而前人研究中硝态氮输出要高于铵态氮^[19],这可能与雷竹林土壤酸化严重有关^[20],在土壤 pH

值 < 5.5 时,硝化细菌和亚硝化细菌活跃度低,土壤中硝态氮含量减少^[21],抑制了土壤的硝化作用。正磷酸盐流失量均占可溶态磷径流流失的 50% 以上(表 2),表明正磷酸盐是可溶态磷中流失的主要组成部分。结合表 1—2 可见,各种拦截带对可溶态氮磷的拦截效果表现为:黑麦草 > 黑麦草+竹炭 > 竹林 > 竹林+竹炭。

表 2 雷竹林地土壤中不同形态的可溶氮磷径流流失

拦截带类型	硝态氮		铵态氮		无机氮/ (g·hm ⁻²)	可溶态氮/ (g·hm ⁻²)	可溶态磷/ (g·hm ⁻²)	正磷酸盐	
	流失量/ (g·hm ⁻²)	占可溶 氮/%	流失量/ (g·hm ⁻²)	占可溶 氮/%				流失量/ (g·hm ⁻²)	占可溶 磷/%
黑麦草	29.53	9.06	108.4	33.26	137.9	325.8	84.2	52.2	61.96
黑麦草+竹炭	37.57	10.80	139.4	40.07	176.9	347.8	85.7	55.3	64.50
竹林	43.68	10.96	192.4	48.25	236.0	398.6	106.2	77.9	73.32
竹林+竹炭	38.76	7.55	261.2	50.89	299.9	513.2	162.9	110.0	67.48

2.2 雷竹林地可溶态氮磷径流流失特征

以原生竹林为拦截带的雷竹林小区可溶态氮径流流失量次降雨约 5.28~47.71 g/hm²,可溶态磷流失量约 0.537~20.83 g/hm²。不同学者对农田氮磷径流流失做了大量研究,焦平金等^[19]发现淮北平原农田氮最高可溶态径流流失量为 1.5 kg/hm²,可溶态磷径流量为 0.125 kg/hm²;刘洋等^[17]对红壤坡地养分流失研究发现,次降雨条件下,不做拦截措施的可溶态氮含量最高可达 0.029 93 g/m²,无论与平原还是坡地相比较,太湖源雷竹林坡地次降雨径流量均较小,坡地养分通过径流的流失量并不大。虽然颗粒态氮磷占了径流量的主要部分,可溶态氮磷可随径流进入水体,引起水体富营养化^[23]。通过对雷竹林态氮径流流失量随时间的变化分析可知,雷竹林地的可溶态氮磷流失量与施肥以及降雨强度有关,春季雨强不如夏季大,氮磷总体呈现递减的趋势,在 4 月份中旬达到最小,4 月 28 号施肥后,铵态氮与正磷酸盐含量均开始增加,6 月份径流量与雨强成正比,雨强较大时,铵态氮与正磷酸盐含量较高,硝态氮含量到后期显著减少,这可能是由于雨强较大,铵态氮尚未转化成硝态氮就进入了径流中。

已有研究证实,生态草带可有效拦截氮磷养分流失^[8-12]。陈英旭等^[21]研究表明在堆肥过程中加入竹炭可有效减少氮的流失以及 Cu 和 Zn 的流失,从本试验 4 种不同拦截小区的整体拦截的径流量变化来看,竹林、竹林+竹炭拦截的小区,每一次的氮磷流失量均要高于黑麦草、黑麦草+竹炭处理的小区,雨强较大时,竹林、竹林+竹炭拦截的处理小区,可溶态氮磷含量异常高。这说明,生态草带拦截带对氮磷流失有很好的拦截作用,原生态竹林几乎不能拦截氮磷,

竹炭在野外大田试验中的氮磷吸附模式尚待研究。

2.3 不同拦截带对氮磷的拦截效率

已有研究表明^[2,12,23],生态拦截带可对农田非点源污染有拦截效果,以原生雷竹林做拦截的小区为对照,计算不同拦截小区的拦截效率,黑麦草对全氮磷的拦截效果分别可达 22.77% 和 40.93%。李国栋等^[12]利用生态拦截草带拦截蔬菜地径流氮可达 42%~91%,拦截磷可达 30%~92%;杨林章等^[23]利用生态沟渠系统来拦截农田中的养分流失,其对总氮、总磷的去处效果能达到 48.36% 与 40.53%。相比较来看,生态草带对竹林地的拦截效率不如对蔬菜地和水稻田的拦截效率高。黑麦草、黑麦草+竹炭对全氮的拦截效率分别为 22.77% 和 17.74%,对全磷的拦截效率分别为 40.93% 和 37.54%,相比而言,生态拦截草带对各种形态氮的拦截效率均低于对磷的拦截。

本研究的 4 种拦截类型中,生态草带拦截效果相对最好。由表 3 中可以看到,不同拦截带中,黑麦草对各种形态氮磷的拦截效率最高,分别为 22.77% 和 40.93%,其次是黑麦草+竹炭,拦截效率分别为 17.74% 和 37.54%,竹林+竹炭拦截小区拦截效率最差,分别为-9.18% 和 5.45%,可见竹炭的拦截效果并不如预期的好。各种拦截带对颗粒态的拦截效率要高于对可溶态的拦截,其中,黑麦草对颗粒态氮磷的拦截效率分别为 25.73% 和 48.56%,高于对可溶态氮磷的拦截效率(18.27% 和 20.71%);黑麦草+竹炭对颗粒态氮磷的拦截效率分别为 21.01% 和 42.68%,高于对可溶态氮磷的拦截效率(12.75% 和 19.32%);竹林+竹炭对颗粒态氮磷的拦截效率分别为 3.65% 和 27.67%,高于对可溶态氮磷的拦截效率(-28.74% 和 -53.42%)。

表3 不同拦截带对雷竹林氮磷的拦截效率

%

拦截带类型	全氮	硝态氮	铵态氮	可溶态氮	颗粒态氮	全磷	可溶态磷	颗粒态磷	正磷酸盐
黑麦草	22.77	32.39	43.68	18.27	25.73	40.93	20.71	48.56	33.02
黑麦草+竹炭	17.74	14.00	27.57	12.75	21.01	37.54	19.32	42.68	29.05
竹林+竹炭	-9.18	11.26	-35.73	-28.74	3.65	5.45	-53.42	27.67	-41.15
竹林(对照)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3 结论

太湖源坡地雷竹林地氮磷径流流失风险较小,其中颗粒态氮磷流失量占50%以上,颗粒物运载的氮磷是径流流失的主要形式,施肥与雨强是影响氮磷流失量的主要因素,而且磷流失量比氮流失量小,相对磷来讲,控制氮的水体迁移流失更为重要。4种不同拦截处理的雷竹林小区中,生态草拦截带对控制雷竹林地土壤中氮磷的径流迁移效果最佳,原生竹林与竹炭拦截效果不理想。

[参 考 文 献]

- [1] 刘兆德, 虞孝感, 王志宪. 太湖流域水环境污染现状与治理的新建议[J]. 自然资源学报, 2003, 16(4): 467-474.
- [2] 杨林章, 王德建, 夏立忠. 太湖地区农业面源污染特征及控制途径[J]. 中国水利, 2004, 20(1): 19-20.
- [3] Brian M D, Daniel P, Marc L H. Agricultural non-point source water pollution policy: The case of California's Central Coast[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2008, 128(3): 151-161.
- [4] Zhao T Q, Xu H S, He X X, et al. Agricultural non-point nitrogen pollution control function of different vegetation types in riparian wetlands: A case study in the Yellow River wetland in China[J]. Journal of environmental sciences, 2009, 21(7): 933-939.
- [5] Zuo Q, Lu C A, Zhang W L. Preliminary study of phosphorus runoff and drainage from a paddy field in the Taihu Basin[J]. Chemosphere, 2003, 50(6): 689-694.
- [6] 贾洪文. 降雨与土壤养分流失关系分析[J]. 水土保持应用技术, 2001(1): 21-24.
- [7] 吴家森, 姜培坤, 谢秉楼, 等. 不同施肥处理对雷竹林土壤氮、磷渗漏流失的影响[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2009, 33(3): 60-64.
- [8] Dillaha T A, Reneau R B, Mostaghimi S, et al. Vegetative filter strips for agricultural non-point source pollution control[J]. Trans. ASAE, 1989, 32(2): 513-519.
- [9] Eghball B, Giley J E, Kramer L A, et al. Narrow grass hedge effects on phosphorus and nitrogen in runoff following manure and fertilizer application [J]. Soil Water Conservation, 2000, 55(2): 172-176.
- [10] Lee D T, Dillaha T A, Sherrard J H. Modeling phosphorus transport in grass buffer strips[J]. Environ. Eng., 1989, 115(2): 409-427.
- [11] 张刚, 王德建, 陈效民. 太湖地区稻田缓冲带在减少养分流失中的作用[J]. 土壤学报, 2007, 44(5): 873-877.
- [12] 李国栋, 胡正义, 杨林章, 等. 太湖典型菜地土壤氮磷向水体径流输出与生态草带拦截控制[J]. 生态学杂志, 2006, 25(8): 905-910.
- [13] 徐秋芳, 姜培坤, 陆贻痛. 不同施肥对雷竹林土壤微生物功能多样性影响初报[J]. 浙江林学院学报, 2008, 25(5): 548-552.
- [14] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000: 129-130.
- [15] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. 4版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 261-290.
- [16] 席运官, 陈瑞冰, 李国平, 等. 太湖流域坡地茶园径流流失规律[J]. 生态与农村环境学报, 2010, 26(4): 381-385.
- [17] 刘洋, 张展羽, 张国华, 等. 天然降雨条件下不太水土保持措施红壤坡地养分流失特征[J]. 中国水土保持, 2007(12): 14-16.
- [18] 晏维金, 章申, 唐以剑. 模拟降雨条件下沉积物对磷的富集机理[J]. 环境科学学报, 2000, 20(3): 332-337.
- [19] 焦平金, 许迪, 王少丽, 等. 天然降雨条件下农田地表产流及氮磷流失规律研究[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(3): 534-540.
- [20] 孙晓, 庄舜尧, 刘国群, 等. 集约经营下雷竹种植对土壤基本性质的影响[J]. 土壤, 2009, 41(5): 784-789.
- [21] 尹永强, 何明雄, 邓明军. 土壤酸化对土壤养分和烟叶品质的影响及改良措施探讨[J]. 广西烟草, 2007(2): 32-35.
- [22] Chen Y X, Huang X D, Han Z Y, et al. Effects of bamboo charcoal and bamboo vinegar on nitrogen conservation and heavy metals immobility during pig manure composting [J]. Chemosphere, 2010(78): 1177-1181.
- [23] 杨林章, 周小平, 王建国, 等. 用于农田非点源污染控制的生态拦截型沟渠系统及其效果[J]. 生态学杂志, 2005, 24(11): 1371-1374.