

西双版纳勐仑地区小流域土地利用方式对 氮素流失影响作用研究*

杨丽静^{1,2}, 马友鑫¹, 李红梅¹, 刘文俊¹

(1. 中国科学院 西双版纳热带植物园, 云南 昆明 650223; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

摘要: 利用 2007 年卫星遥感影像和 1: 50 000 DEM 数据, 选取西双版纳勐仑地区 6 个典型小流域作为研究对象并对流域结构进行分析, 通过研究流域内径流总氮 (TN)、溶解性总氮 (TDN)、铵态氮和硝态氮浓度变化, 初步探讨了流域植被结构和地形因素对氮素流失的影响作用, 结果表明: ① 热带雨林覆盖率高于 60% 的流域氮素流失季节变化不明显, 低覆盖率流域氮素浓度具有明显的季节变化, 在雨季中期达到峰值; ② 雨林覆盖率高的流域其氮素浓度值偏小; ③ 从全年来看, 总氮的主要流失形态是可溶性总氮, 溶解性总氮的主要流失形态是硝态氮, 铵态氮只在雨季初期含量较多. 由此得知, 农林业施肥能够引起氮素尤其是无机氮的大量流失, 勐仑地区热带雨林在减少氮素流失方面有非常积极的意义.

关键词: 小流域; 氮流失; 土地利用方式; 西双版纳

中图分类号: X 52 **文献标识码:** A **文章编号:** 0258- 7971(2009)S1- 0369- 05

流域营养盐输出作为一种面源污染是导致流域水环境污染和湖泊富营养化的直接原因之一, 因此近几年受到研究学者的普遍关注^[1-3]. 氮素污染物大部分来自农业非点源污染, 我国氮肥的有效利用率 < 35%, 化肥利用率过低是造成非点源污染的重要原因^[4, 5]. 水土流失是氮素流失的载体, 结构合理的小流域在减缓和控制水土流失方面有非常重要的作用^[6]. 因此, 探讨某一特定地区小流域土地利用结构对氮素流失的影响作用已成为众多研究学者的热点话题^[7-10].

滇南热带山区西双版纳地处热带北缘, 地形复杂, 山地面积占总面积的 95%, 发育并保存了我国最大面积的热带雨林. 本研究选取该地区不同结构小流域作为代表流域, 对流域水体总氮、溶解性总氮、铵态氮和硝态氮含量进行取样检测, 通过对小

流域的氮素流失浓度及植被覆盖结构和地形因素的研究分析, 探讨该地区小流域氮素流失的季节变化规律以及流域结构对氮素流失的影响作用.

1 研究区域概况

勐仑地区位于西双版纳傣族自治州的中东部 (101°9' ~ 101°25'E, 21°48' ~ 22°00'N), 该地区年平均气温为 21.4℃, 年均降雨量为 1 557 mm, 其中雨季 (5~ 11月) 为 1 355 mm, 占全年的 87%, 干季 (11~ 4月) 为 202 mm, 仅占全年降雨量的 13%, 相对湿度为 87%, 属于澜沧江流域, 土壤类型为砖红壤. 在过去的几十年间, 由于人口压力、传统耕作方式 (“刀耕火种”的传统轮歇农业) 以及经济发展的驱使, 该地区热带雨林砍伐极为严重, 其土地利用 / 土地覆盖变化显著^[11].

* 收稿日期: 2009- 03- 07

基金项目: 国家自然科学基金项目资助 (30770385).

作者简介: 杨丽静 (1982-), 女, 山东人, 硕士生, 主要从事景观生态学方面的研究.

通讯作者: 马友鑫 (1960-), 男, 主要从事景观生态学方面的研究, E-mail: mayx@xtbg.ac.cn

2 研究方法

2.1 数据源和数据处理 利用西双版纳地区 Landsat TM 遥感影像(2007年)获取研究地区的土地利用特征,将小流域内的土地利用类型归并为 5 类:热带雨林、橡胶林、水田、旱地和灌木林。利用 ArcGIS 软件和该区 1:50 000 的 DEM 获取小流域边界及地形因素特征。运用 Fragstats 景观指数计算软件获取小流域总面积以及流域内各景观类型的面积比,并通过实地考察和 GPS 定位,同时记录下每一个采样点的坐标(UTM 投影)、海拔及周围附近(视线范围内)的土地利用、覆被状况。

2.2 样点设置及采样 根据各流域土地利用图及实地考察,选取 6 个小流域作为研究对象(表 1),所选择的 6 个小流域的特点是:

(1)各流域热带雨林覆盖率有较大差别, M 5 雨林覆盖率最大,将近 90%, M 1, M 2 和 M 6 也都在 60% 以上, M 3 和 M 4 覆盖率很小,尤其是 M 4 雨林覆盖率不到 5%;

(2)流域内都有一定的橡胶林分布;

(3)各流域地形因子相类似,平均坡度值都在 20° 左右,平均海拔在 750m 附近,平均坡向在 170° 左右,正南或偏东南;

(4)各流域之间相距较近,所有流域均分布在 80 km² 的范围之内,因此各流域降雨情况基本类似。选择这样的 6 个流域作为研究对象,可以较好的对比分析该地区热带雨林和橡胶林覆盖率对氮素流失的影响规律。

在流域出口处设置取样点,取样时间:2008 年 5 月(雨季初期)采样 2 次、雨季中期的 7 月 2 次和

8 月 1 次、雨季后期(10 月)2 次、以及 2009 年 1 月(干季)1 次。由于所选小流域内降水后泥沙等混浊物沉淀速度很快,故在取样时避开降雨洪峰影响,待流域水质稳定时进行取样。每次取水样约 600 mL,取样后即刻放入有降温措施的保温箱内,在一直保持低温状态的情况下于 48 h 内送交中科院西双版纳热带植物园生物地球化学实验室进行分析。径流总氮(Total Nitrogen TN)采用过硫酸钾氧化-紫外分光光度法测定,溶解性总氮(Total Dissolved Nitrogen TDN)先用 0.45 μm 滤膜过滤,再用过硫酸钾氧化-紫外分光光度法测定,过滤水中的硝态氮(NO₃-N)用酚二磺酸分光光度法测定,铵态氮(NH₄-N)用酚盐分光光度法测定。

3 结果与分析

3.1 小流域氮浓度季节变化特征 图 1 和图 2 显示出小流域总氮和溶解性总氮浓度的时间变化曲线。由此可以看出, M 2, M 3 和 M 4 小流域总氮和溶解性总氮浓度具有明显的季节变化,在雨季中期达到最大,其中尤以 M 3 和 M 4 表现强烈,而其它小流域的总氮和溶解性总氮浓度季节变化不明显。表 1 显示,流域 M 3 和 M 4 内农林作物覆盖率均达到 50% 以上,尤以橡胶林最为明显,流域 M 1, M 2, M 5 和 M 6 内植被覆盖以热带雨林为主,覆盖率均达到 60% 以上,因此可以看出,氮流失季节特征与流域内橡胶林和热带雨林的覆盖率有很大关系,橡胶林覆盖率高的流域,氮浓度季节变化明显,雨季中期有峰值出现,热带雨林覆盖率高的流域,氮浓度季节变化不明显。

表 1 6 个小流域基本特征

Tab 1 Characters of the six watersheds

流域 编号	流域 面积 /km ²	平均 坡度 /(^o)	平均 海拔 /m	平均 坡向 /(^o)	主要地类面积比 /%				
					热带雨林	橡胶林	水田	旱地	灌木林
M 1	8.38	19.23	727.26	178.91	77.07	21.65	1.28		
M 2	6.46	20.26	741.35	186.72	64.49	34.82	0.65		
M 3	5.15	20.88	769.77	172.79	22.45	46.26	7.13	11.10	12.28
M 4	5.84	22.54	787.46	183.39	4.46	38.71	4.10	21.05	31.68
M 5	5.04	22.52	802.97	133.68	89.77	8.28	1.75		
M 6	4.58	18.89	735.13	151.42	64.39	31.36	1.56	1.42	1.27

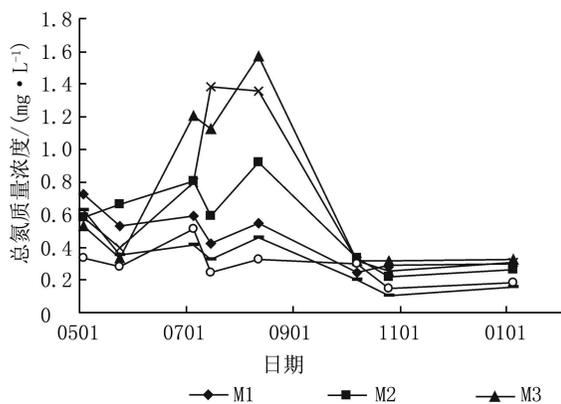


图 1 小流域总氮浓度时间变化

Fig. 1 Temporal variation in TN concentration

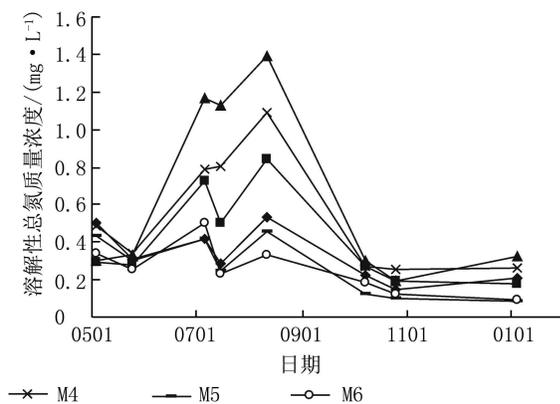


图 2 小流域溶解性总氮浓度时间变化

Fig. 2 Temporal variation in TDN concentration

形成以上现象的原因,可以通过两者不同的群落结构特征来加以探讨,该地区热带雨林物种丰富,群落结构复杂,层次多且郁闭度高,季相不明显,生物群落演替速度快,全年凋落物多且杂;林内没有人为氮源,落叶是有机物进入土壤的一个重要来源^[12],热带地区气候独特,温度持续偏高,微生物全年分解速度相对平稳,因此,以热带雨林为主要覆盖类型流域其氮素浓度在全年没有明显季节变化。橡胶林与热带雨林植被结构有很大区别,橡胶林内物种和层次单一,树与树之间有一定间距,林内郁闭度低,有季节变化,落叶集中在干季,但与热带雨林相比,凋落物少且种类单一,其它季节林内凋落物更少;林内有固定人为氮源(化肥),因此,与热带雨林相比,橡胶林的主要氮素来源是化肥;根据调查得知,该地区橡胶林施肥时间大多集中在 3 个时期,为 3 6 月和 9 月,雨季期间降雨量持续偏高,林内郁闭度低,雨水很容易对土壤进行冲刷,土壤表层氮素和外源性氮素雨季时很容易随地表径流进入水体,因此,橡胶林覆盖率高的流域氮浓度季节变化明显。

3.2 不同结构小流域氮浓度空间差异 由图 1 和图 2 还可以看出,雨季期间,不同流域总氮和溶解性总氮浓度差异较大,大小顺序为: M3 > M4 > M2 > M1 > M5 > M6。非雨季期间各个小流域氮素浓度值普遍较小。流域 M1, M2, M5 和 M6 的热带雨林覆盖率都在 60% 以上, M3, M4 覆盖率则很低,由此可以看出热带雨林覆盖率高的小流域总氮和溶解性总氮浓度偏小,表明与热带雨林大量枯枝落叶分解相比,橡胶林及农田施肥造成的氮素流失更为严

重。M2 与 M6 的雨林覆盖率都约为 64%, 橡胶林覆盖率也极其类似,两流域平均坡度值相类似,但是流域氮浓度却有较大差别,这主要是因为 2 个流域中橡胶林覆盖区域坡度值差别较大, M2 为 20° 29', M6 为 13° 11', 表明总体地形因素、土地利用状况和土壤类型相类似的流域,橡胶林种植区域的坡度值大小会对流域氮浓度产生影响,坡度值大的流域能引起更多氮素流失。

3.3 氮素流失主要形态分析 将所有流域的颗粒态氮、铵态氮和硝态氮浓度取平均值,得到图 3。由图中可以看出这 3 种氮素形态浓度值变化趋势为: 颗粒态氮在全年较为稳定,这是取样时特意避开降雨影响的结果。铵态氮在雨季初期达到高值,雨季中期浓度最小;硝态氮全年变化剧烈,雨季初期浓度值达到低谷,雨季中期出现明显高峰,这是因为土壤胶体一般带负电荷,而硝态氮带负电荷,不易被土壤吸附,因此有降雨时,硝态氮易于淋溶和流失。孟盈等在对西双版纳地区热带雨林和橡胶林土壤氮素研究时发现^[13],热带雨林和橡胶林土壤中硝态氮的含量在雨季中期达到峰值,铵态氮的含量在四月末达到峰值,由此看出,本次实验河流中铵态氮和硝态氮浓度变化趋势与该地区土壤中含量变化趋势基本一致。

用溶解性总氮、颗粒态氮 ($PN = TN - TDN$) 的浓度分别除以总氮浓度,得到这两种氮素形态在总氮中的含量比,用硝态氮、铵态氮的浓度分别除以溶解性总氮浓度,得到这 2 种氮素形态在溶解性总氮中的含量比(见表 2)。表中显示:

(1) 总氮的主要流失成分是溶解性总氮,颗粒

态氮比例相对较小. 溶解性总氮占总氮的比例不同季节均达到 70% 以上, 在雨季中期甚至高于 90%.

(2) 溶解性总氮流失的主要形态是硝态氮, 铵态氮含量仅在雨季初期有所提高. 铵态氮在雨季初期比例较大, 5 月末时比例达到 50%, 雨季中期和旱季期间含量很少, 小于 10%, 雨季后期在 15% 左右; 硝态氮在雨季中期、后期是溶解性总氮流失的主要形态, 占到流失总量的 70% 左右, 旱季期间含量有所降低, 但也占到溶解性总氮的 45%.

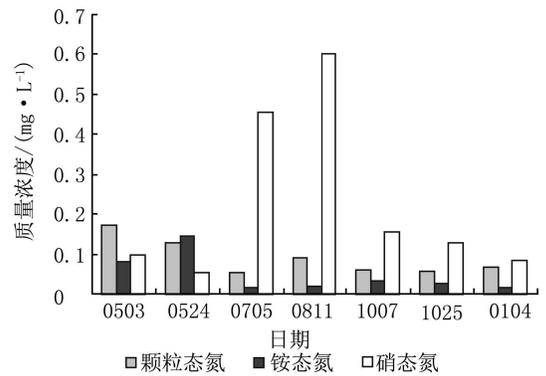


图 3 3种氮形态浓度平均值

Fig 3 Average concentration of three kind of nitrogen

表 2 不同氮形态浓度平均值占总氮 / 溶解性总氮的比例

Tab 2 Proportion of average concentration in different forms in TN /TDN

氮素形态	年 月 日						
	08- 05- 03	08- 05- 24	08- 07- 05	08- 08- 11	08- 10- 07	08- 10- 25	09- 01- 04
PN /TN	0.29	0.24	0.08	0.07	0.22	0.22	0.30
TDN /TN	0.71	0.76	0.92	0.93	0.78	0.78	0.70
NH ₄ - N /TDN	0.21	0.49	0.02	0.02	0.15	0.16	0.09
NO ₃ - N /TDN	0.25	0.18	0.68	0.77	0.68	0.77	0.45

4 结 论

(1) 小流域总氮和溶解性总氮浓度季节变化特征与流域内的热带雨林覆盖率有很大关系, 高覆盖率流域内季节变化不明显; 低覆盖率流域氮素浓度具有明显的季节变化, 在雨季中期达到最大. 在近 30 a 的时间内, 勐仑地区热带雨林被大量砍伐, 覆盖率从 1976 年的 70.6% 降低到 2007 年的 38.5%, 这一变化会导致该地区全年氮素流失量失衡, 出现集中污染期.

(2) 流域内热带雨林覆盖率和平均坡度值是导致不同流域总氮和溶解性总氮浓度大小差异的主要原因, 雨林覆盖率高的流域其氮素浓度值偏小; 覆被状况相似的流域, 坡度值大尤其是橡胶林坡度值大的地区能引起更多氮素流失. 随着大面积热带雨林的消失, 经济作物橡胶林不断被种植, 初期只是在平地或缓坡, 随后受经济利益趋势, 越来越多的陡坡也被开垦用以种植橡胶, 流域内土地利用不合理, 会导致氮素流失量增大, 并对该地区水

质造成很大影响.

(3) 全年期间, 总氮的主要流失形态是溶解性总氮, 溶解性总氮的主要流失形态是硝态氮, 铵态氮只在雨季初期含量较多. 20~30 a 以前, 该地区农民对农田、橡胶林等大多不施用肥料, 而随着该地区土地管理模式的转变, 肥料成为土地增产必不可少的条件; 但施肥也势必会造成无机氮尤其是硝态氮的大量流失, 并因氮素的大量富集而对整个生态系统产生影响.

参考文献:

- [1] 陈利顶, 傅伯杰, 张淑荣, 等. 异质景观中非点源污染动态变化比较研究 [J]. 生态学报, 2002, 22(6): 808-816
- [2] 杨桂山, 王德建. 太湖流域经济发展 - 水环境 - 水灾害 [M]. 北京: 科学出版社, 2003
- [3] 李兆富, 杨桂山, 李恒鹏. 西苕溪流域土地利用对氮素输出影响研究 [J]. 环境科学, 2006, 27(3): 498-502
- [4] 冯明磊, 胡荣桂, 许克翠, 等. 三峡库区小流域不同尺

- 度施氮量对水体的影响 [J]. 中国环境科学, 2008, 28 (2): 168-172
- [5] 陈同斌, 曾希柏. 中国化肥利用率的区域分异 [J]. 地理学报, 2002, 57(5): 5311-5318
- [6] 彭珂珊. 小流域综合治理在水土保持中的特殊作用及发展途径 [J]. 水利水电科技进展, 2001, 21(2): 5-11.
- [7] 王晓燕, 王一响, 王晓峰, 等. 密云水库小流域土地利用方式与氮磷流失规律 [J]. 环境科学研究, 2003, 16(1): 30-33
- [8] 李兆富, 杨桂山, 李恒鹏. 西苕溪典型小流域土地利用对氮素输出的影响 [J]. 中国环境科学, 2005, 25(6): 678-681.
- [9] BORBOR - CORDOVA M J BOYER EW, MCDOWELL WH, et al Nitrogen and Phosphorus budgets for a tropical watershed impacted by agricultural land use guayaquil Ecuador [J]. Biogeochemistry, 2006 79: 135-161
- [10] SILVER WL, THOMPSON AW, REICH A, et al Nitrogen cycling in tropical plantation forests Potential control nitrogen retention [J]. Ecological Applications 2005, 15(5): 1604-1614
- [11] 刘文俊, 马友鑫, 胡华斌, 等. 西双版纳勐仑地区景观格局变化定量分析 [J]. 生态学报, 2006 26(9): 3088-3097.
- [12] 张瑞清, 孙振钧, 王冲, 等. 西双版纳热带雨林凋落叶分解的生态过程. III. 酶活性动态 [J]. 植物生态学报, 2008, 32(3): 622-63.
- [13] 孟盈, 薛敬意, 沙丽清, 等. 西双版纳不同热带森林下土壤铵态氮和硝态氮动态研究 [J]. 植物生态学报, 2001, 25(1): 99-104.

Influence of land use on nitrogen loss in the small watersheds of Menglun Xishuangbanna

YANG Lijing^{1,2}, MA Youxin¹, LI Hongmei¹, LU Wenjun¹

(1 Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China)

(2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 10004, China)

Abstract As the economic development the rainforest coverage of Xishuangbanna has been reduced significantly and the ecological issues are emerging. In order to explore the influence on nitrogen loss of the vegetation structure and terrain factors, we took Menglun as the case study area, used Landsat TM images (2007) and 1:50000 digital elevation model (DEM) to analyze structure of land use and terrain factors, then sampled to detect concentration of the total nitrogen (TN), total dissolved nitrogen (TDN), NO₃-N and NH₄-N. The results showed that ① In those watersheds the tropical rain forests coverage larger than 60%, nitrogen concentration temporal variation was not obvious. In those almost no rain forest-covered watersheds, nitrogen concentration temporal variation was obvious, and peaked in the middle rainy season. ② Watersheds with high rain forest coverage had lower nitrogen concentration value and smaller seasonal variations. ③ The major loss form of TN is TDN, the major loss form of TDN is NO₃-N, NH₄-N have more content only in the early rainy season. It can be suggested that agriculture and forestry fertilization can cause a huge loss of nitrogen especially inorganic nitrogen, tropical rain forest in Menglun has an important function to reduce nitrogen loss.

Key words small watershed, nitrogen loss, land use structure, Xishuangbanna