

滇池流域农田土壤径流磷污染负荷影响因素

张乃明, 余扬, 洪波, 陈建军(云南农业大学资源与环境学院, 昆明 650201)

摘要:采用模拟试验的方法,研究了人工降雨和自然降雨条件下坡度、表土质地、降雨强度和地表状况等因素对农田土壤径流中磷污染物输出浓度和输出总量的影响。结果表明不同坡度土壤径流中总磷的浓度和磷的输出量不同,其中坡度为 18° 时径流中磷含量和磷的输出量最高,分别达到 $0.138 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $6.14 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$;在人工模拟降雨与自然降雨 2 种条件下,土壤径流中总磷含量与输出量具有相同的变化趋势,径流中磷素的浓度和径流输出量随表土质地的变粗而减少;有作物种植条件土壤径流中总磷的浓度和输出负荷明显小于裸地条件,其中不同坡度磷的流失减少量为 $0.9 \sim 2.8 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,施肥后土壤地表径流中总磷的浓度比未施肥前成倍增加。

关键词:非点源污染;径流;磷流失;土壤因素

中图分类号:X531 文献标识码:A 文章编号:0250-3301(2003)03-03-0155

Factors Influencing Phosphorus Loss by Runoff Process from Farmlands in the Dianchi Watershed

Zhang Naiming, Yu Yang, Hong Bo, Chen Jianjun(College of Resources & Environment Science, Yunnan Agriculture University, Kunming 650201, China)

Abstract: By laboratory simulated experiment, the effects of soil factors on the farmland phosphorus losses and its concentration were studied under artificial rainfall and nature rainfall. A number of soil and landscape factors were taken into account such as slopiness, soil and plant covers, fertilizers and application performances as well as rainfall intensity. The study showed that the concentration of total phosphorus (TP) and the loss rate varied with slopiness, being highest at slopiness of 18° with the values of $0.138 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ and $6.14 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$. There was no significant difference in TP concentration and the loss rate between under artificial rainfall and under nature rainfall. Moreover, TP concentration in runoff was smaller with the courser soil surface texture, and obviously lower with crop covering than without covering, among which the loss decreased $0.9 \sim 2.8 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ at different level of slope. Fertilizer application remarkably enhanced TP concentration and, thus, total phosphorus loss by runoff.

Key words: non-point source pollution; runoff; phosphorus loss; soil effects

化肥农药等农用化学物质的大量应用,在增加作物产量的同时也使农田非点源污染对地表水质污染的负荷不断增加,大量研究^[1~3]表明,农业非点源污染已构成当今世界水质恶化的第一大威胁,特别是农田土壤地表径流氮、磷输出是导致河流、湖泊水质富营养化的主要原因,由于农业非点源污染具有影响因素多、发生的随机性大、危害范围广、污染负荷时空差异性显著等特点,使得农业非点源污染比点源污染研究与治理的难度更大。磷是湖泊水体富营养化的主要限制因子,已有研究^[4,5]证明,径流流失是农田土壤中磷进入水体的主要途径,因此了解农田土壤径流磷污染负荷的影响因素是采取控制措施的重要前提,有鉴于此,本文对影

响农田土壤磷素径流输出的影响因素进行了模拟研究。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

土壤采自云南昆明市郊区,土壤类型为滇池流域分布最广的红壤和水稻土,供试土壤的主要理化特征见表 1,各项目分析方法按土壤农化常规分析方法^[6]进行。

1.2 试验方案

本试验以长、宽、高分别为 150 cm 、 30 cm 、

基金项目:云南省应用基础研究项目(1999C0011 G)

作者简介:张乃明(1963~),男,博士,教授,从事土壤污染与环境保护教学科研工作。

收稿日期:2002-12-11;修订日期:2003-01-05

25cm 的木盒作为模拟试验的盛土容器,装入等量的 0~20cm 耕作层原状土,每个木盒为一处理,下部装有碎石并用广口瓶收集径流水溶液,不同坡度的试验共设 6°,12°,18°,24°四个处理,

分裸地和种植小麦 2 个阶段进行试验,不同质地的试验采用人工掺砂的方法使得 3 个处理分别为重壤土、轻壤土、砂壤土 3 种类型,全部实验都分为人工降雨和自然降雨2种情况进行,

表 1 供试土壤理化特征

Table 1 Physical and chemical properties of selected soil

土壤	pH	有机质/ $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	全氮/ $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	全磷/ $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	全钾/ $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	碱解氮/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	速效磷/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$
红壤	6.55	29.3	2.7	0.40	15	136	26.3
水稻土	6.57	32.1	3.1	0.50	16	168.8	30.5

测定径流中总磷的浓度及径流量.

1.3 采样与分析方法

每次试验在地表径流产流结束之后,测定瓶中径流泥水样的体积和水样中总磷的浓度,总磷采用氯化亚锡还原分光光度法测定.

2 结果分析

2.1 坡度对土壤径流磷污染负荷的影响

磷素非点源污染来源主要通过水土流失和地表径流进入水体,在云南 80 %的耕地为山坡地,这其中坡度就成为土壤径流磷污染负荷的一个主要影响因素,从表 2 所设计的 4 个不同坡度条件下径流中总磷浓度和磷的输出量看,随着坡度的增大,径流中总磷浓度和磷元素的输出量呈增大的趋势,但最大值出现在 18°而不是 24°,这是由于径流中的磷素形态可分为溶解态磷和颗粒态磷,坡度小时(6°),雨水在土表停留时间较长,径流中的磷素以溶解态为主,而颗粒态较少,坡度大时(24°)却相反,坡度适中(18°)时径流中颗粒态磷和溶解态磷都相对较高.

表 2 不同坡度下土壤径流中磷及其输出量浓度

Table 2 Concentration and transport of phosphorus from soils at different slope-nesses

坡度/°	6	12	18	24
径流总磷/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	0.131	0.135	0.138	0.133
径流输磷量/ $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$	3.06	5.95	6.14	3.36

2.2 表土质地对土壤径流磷污染负荷的影响

农田土壤表土质地粗细不同,导致表土的入渗系数也不同,最终影响地表径流的产流速度和径流量,从表 3 不同质地土壤在自然与人

工降雨条件下的模拟试验结果看,无论是人工降雨还是自然降雨条件,径流中总磷的浓度变化趋势相同,都表现为随着土壤质地变粗,径流中总磷浓度逐渐降低,总体看径流中磷浓度是人工降雨条件下大于自然降雨,这与人工模拟条件下降雨强度相对较大有关,不同质地土壤径流中总磷浓度顺序为重壤土>轻壤土>砂壤土.对于表土质地比较粘重的坡耕地土壤采取砂或增施有机肥可降低土壤径流中磷污染负荷.

表 3 不同表土质地对磷素径流中磷素浓度的影响/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

Table 3 Different surface soil texture affecting P concentration in runoff/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

表土质地	重壤土	轻壤土	砂壤土
自然降雨	0.035	0.027	0.021
人工降雨	0.084	0.056	0.039

2.3 种植作物对土壤径流磷污染负荷的影响

农田是湖泊流域最主要的土地利用类型之一,农田地表状况也是影响磷地表径流污染的主要因素,特别对于有一定坡度的耕地,种植作物与裸地条件土壤径流中总磷浓度和污染输出负荷是不一样的,从表 4 的实验结果可清楚地看出,不同坡度条件下农田种植小麦的苗期就比裸地时径流中磷的污染负荷明显减少,拔节期土壤径流中总磷浓度和污染输出负荷比苗期更小,经 *t* 检验表明不同坡度条件下差异都达到极显著水平.这主要有 2 方面的原因,一是由于有作物覆盖使地表径流总量减少,另一方面是小麦生长发育过程中能从土壤中吸收一定数量的磷素营养,到小麦拔节后期对磷素吸收数

量逐步增加从而显著降低了表层土壤中有效态 磷的含量.

表 4 农田地表状况对径流磷浓度 ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) 及流失量 ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$) 的影响

Table 4 P concentration ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) and loss rate ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$) of runoff under different soil cover condition

作物覆 盖状况	坡度/ $^{\circ}$							
	6		12		18		24	
	总磷	流失量	总磷	流失量	总磷	流失量	总磷	流失量
裸地(播前)	0.012	1.13	1.61	5.95	2.35	6.14	4.64	3.36
小麦(苗期)	0.007	0.16	0.127	4.56	0.26	3.35	0.16	1.07
小麦(拔节)	0.004	0.12	0.084	1.35	0.13	0.98	0.10	0.69

2. 4 施肥对农田地表径流磷污染负荷的影响

施肥既是农业获得稳产高产最常用也最重要的技术措施,又是农田地表径流 N、P 污染的主要来源,从图 1 施肥前后的模拟测定结果看,

径流中总磷浓度和输出量施肥后比施肥前增加几倍甚至十几倍,这说明农田施肥后立即灌水或遇到大的降雨时,径流中磷的污染负荷会急剧增大.

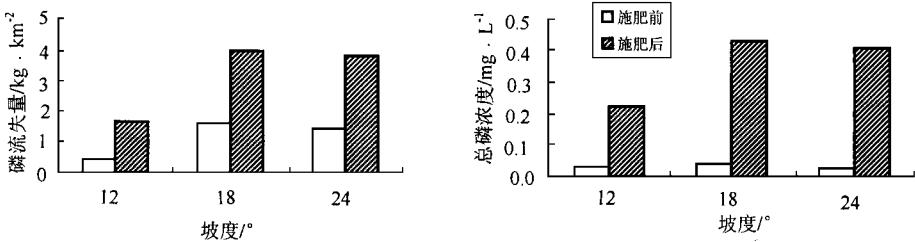


图 1 施肥前后径流磷浓度和流失量的变化

Fig.1 TP concentration and loss rate before and after fertilization

3 结论

(1)不同坡度处理土壤径流中总磷的浓度和磷的输出量不同,在本实验的 4 个坡度处理中,坡度为 18° 时径流总磷浓度和磷的污染输出负荷量最大.

(2)在人工模拟与自然降雨 2 种条件下,土壤径流中磷素的含量与污染输出量具有相同的变化趋势,磷素的径流输出量随表土质地的变粗而减少.

(3)有作物(小麦)种植条件土壤径流中总磷的浓度和输出负荷明显小于裸地条件;施肥后土壤地表径流中总磷的浓度和污染输出负荷比未施肥前成倍增加,这说明不在下雨前追施肥料或者农田施肥后不立即进行灌水可大大降

低磷的污染负荷.

参考文献:

1 邬伦,李佩武.降雨过程与氮、磷流失特征研究,环境科学学报,1996,16(1):111~115.

2 Sharpley AN, Withers PJA. The environmentally sound management of agricultural phosphorus. Fert. Res., 1994,39:133~146.

3 张志剑等.浙北水稻主产区田间土-水磷素流失潜能,环境科学,2001,22(1):98~101.

4 Covell DL. The role of phosphorus in the eutrophication of reviving water: a review. J. Environ. Qual., 1998,27:261~266.

5 高超,张桃林等.农田土壤中磷向水体释放的风险评价.环境科学学报,2001,21(3):344~346.

6 《土壤农业化学常规分析方法》编委会.土壤农业化学常规分析方法.北京:科学出版社,1983.285~286.