

太湖流域典型土地利用 类型磷素输出与影响因素 的研究

Researches on Characteristics and Influencing Factors of
Phosphorous Loss in Runoff in the Typical
Land Use of Taihu Watershed

杨丽霞 著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

太湖流域典型土地利用类型磷素 输出与影响因素的研究

Researches on Characteristics and Influencing Factors of
Phosphorous Loss in Runoff in the Typical
Land Use of Taihu Watershed

杨丽霞 著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

太湖流域典型土地利用类型磷素输出与影响因素的研究

杨丽霞 著

责任编辑 杜玲玲

封面设计 姚燕鸣

出版发行 浙江大学出版社

(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310028)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州大漠照排印刷有限公司

印 刷 杭州杭新印务有限公司

开 本 700mm×1000mm 1/16

印 张 10.5

字 数 210 千

版 次 2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-89490-569-7

定 价 28.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571) 88925591

前 言

随着城市化进程的加快、工农业生产的快速发展和人口的急剧增长,人类活动越来越频繁和深刻地影响着水生态系统。由于人类活动的影响,大量富含氮、磷的营养物进入并积累在河流、湖泊中,导致浮游植物在适宜的光温条件下异常繁殖,引起水体富营养化。目前,非点源污染引起的河湖水体富营养化日趋严重,成为水环境污染的突出表现形式,其中农田氮磷(N、P)流失导致的水体富营养化问题备受关注。太湖流域的主要环境问题是水体富营养化,而磷作为大多数水体中藻类生长的主要限制因素之一,对控制太湖的水体富营养化有着重要的意义。

本书是在博士学位论文的基础上整理补充而成,书中系统地评述了国内外相关研究及磷素在水土界面的迁移转化,从多影响因素以及统计方法的角度探讨了太湖流域不同土地利用类型磷素迁移负荷量。全书共分为六章,第一章是绪论,主要描述论文的选题背景及选题依据和研究意义;第二章介绍了野外田间试验的材料和方法;第三章主要以野外实际监测数据为基础,分析了不同影响因素下产流、泥沙浓度、泥沙全磷含量和磷素富集率的变化;第四章以整个稻季监测数据为基础,分析了施磷水平对磷流失浓度、形态和负荷的影响,探讨了水田土壤磷素径流流失量与土壤全磷、速效磷的关系,为模型的构建奠定基础;第五章主要介绍了利用三因素五水平二次回归通用旋转组合设计方法构建太湖流域旱地磷素径流输出模型,估算太湖流域农田磷素流失负荷量;第六章为结论与讨论,总结了本论文的基本结论,

概括了论文研究特色与可能的创新,并分析了研究中存在的问题,以期在将来的学习和研究中得到改进。

本书的学科立足点是环境科学、土壤学和生态学,可供环境、土壤、生态等研究领域的人员以及政府有关部门的决策人员阅读参考。本论文从选题、思路到布局一直得到导师杨桂山研究员的悉心指导。在本书的编写过程中,还得到董雅雯研究员、姚士谋研究员、王珂教授等的帮助和指导,本书的出版得到浙江财经学院学术专著出版基金、中国博士后基金的资助,在此一并表示深深的感谢!同时也对本书的所有编辑人员送上诚挚的谢意。

由于作者知识和能力的有限,对一些问题的看法可能存在片面或者不妥之处,恳请有关专家、学者和实际工作者提出批评和指正。

杨丽霞

2009年4月于杭州

目 录

第一章 绪论	1
第一节 选题的依据及意义	1
一、问题的提出	1
二、选题依据	3
第二节 国内外研究进展	6
一、土壤磷素流失机理和流失途径的研究	6
二、土壤磷素流失的影响因素研究	8
三、土壤磷素流失的模型研究	13
四、研究趋势与存在问题	17
第三节 研究思路与论文框架	19
一、研究思路	19
二、研究内容	20
三、本书框架	22
第二章 试验材料与方法	23
第一节 试验材料	23
一、试验区自然概况	23
二、供试土壤	24
第二节 试验设置	25
一、旱地模拟降雨试验	25
二、水田天然降雨试验	29
第三节 分析项目与分析方法	31
一、土壤分析项目与方法	31

二、水样分析项目与方法	31
三、径流泥沙分析项目与方法	31
第四节 数据处理	32
一、数据表达方法	32
二、数据处理方法	32
第三章 降雨—径流过程中旱地土壤磷素迁移特性及其影响因素	33
第一节 不同影响因素下坡面产流和侵蚀泥沙的迁移特性	33
一、不同降雨强度下坡面产流和侵蚀泥沙的迁移特性	33
二、不同坡度下坡面产流和侵蚀泥沙的迁移特性	39
三、不同施磷水平下坡面产流和侵蚀泥沙的迁移特性	46
第二节 不同影响因素下径流磷素的迁移特性	50
一、不同降雨强度下径流磷素的迁移特性	50
二、不同坡度下径流磷素的迁移特性	57
三、不同施磷水平下径流磷素的迁移特性	64
四、不同土壤全磷及速效磷含量下径流磷素的迁移特性	72
本章小结	76
第四章 降雨—径流过程中水田土壤磷素迁移特性及其影响因素	77
第一节 不同降雨条件下降雨产生径流的特性	77
一、整个水稻生长期内的降雨特性	77
二、整个水稻生长期内降雨产生径流的特性	79
第二节 不同影响因素下径流磷素的迁移特性	81
一、不同施磷水平下径流磷素的迁移特性	81
二、不同土壤全磷和速效磷含量下磷素的迁移特性	86
本章小结	88
第五章 太湖流域农田磷素径流输出量的估算	89
第一节 太湖流域旱地磷素径流输出量的估算	89
一、构建太湖流域旱地磷素径流输出模型	90
二、模型参数的率定	109

三、运行模型	114
第二节 太湖流域水田磷素径流输出量的估算	122
一、太湖流域水田磷素流失系数及其拟合模式的构建	122
二、太湖流域水田磷素径流输出负荷的估算	126
第三节 太湖流域农田磷素径流输出量的估算	128
一、太湖流域农田磷素径流输出量的估算	128
二、减少农田磷素流失的具体措施	128
本章小结	130
第六章 结论与问题	132
第一节 基本结论	132
第二节 主要特色与创新	135
一、统计学方法与大田小区试验相结合,构建高精度的回归 方程	135
二、采用人工模拟降雨的方法,开展多因素交叉试验,获得大量的 田间试验数据	135
三、微观监测与宏观模拟相结合,估算农田土壤磷素的流失 负荷	136
第三节 问题与讨论	137
一、降雨强度的设置需要进一步扩充	137
二、关于水田小区磷素的影响因素,还有待于进一步研究	137
三、尺度转换有待于进一步深入研究	138
参考文献	139

第一章 绪 论

第一节 选题的依据及意义

一、问题的提出

1 水体富营养化问题是当今环境科学领域研究的热点

随着城市化进程的加快、工农业生产的快速发展和人口的急剧增长,人类活动越来越频繁和深刻地影响着水生态系统。在大多数水生态系统中,限制浮游植物生长的主要营养元素是氮和磷。由于人类活动的影响,大量富含氮、磷的营养物进入并积累在河流、湖泊中,导致浮游植物在适宜的光温条件下异常繁殖,引起水体富营养化。国内外的现状调查表明,在全球范围内 30%~40% 的湖泊和水库遭受不同程度富营养化影响,我国近年来湖泊富营养化呈发展趋势,从 20 世纪 80 年代后期的 41% 上升到 90 年代后期的 77%。水库富营养化问题比较严重,处于富营养状态的水库个数和库容分别占所调查水库的 30.8% 和 11.2% (马经安等,2002),这表明水体发生富营养化的程度和范围呈上升趋势。由此可见,富营养化问题已经成为全世界范围内普遍存在的环境问题。

在水体富营养化中起关键作用的元素是氮和磷。研究表明,对于湖泊、水库等封闭性水域,当水体无机态总氮(TN)含量大于 $0.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,活性磷酸盐($\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$)的浓度达到 $0.02 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,就有可能引起藻华(Algae Blooms)现象的发生。水体中的氮、磷来源很多,既有天然源,又有人为源;既有外源性,又有内源性;既有点源,又有非点源。由于水体中氮、磷元素来

源的复杂性,致使水体富营养化问题的治理存在一定的困难,因此,了解水体中氮、磷的主要来源,有针对性地控制源头流失,从而治理水环境污染,成为世界各国环境科学领域研究的热点。

2 农业非点源污染是引起水体富营养化的重要原因

随着点源污染控制能力的提高,非点源污染问题日益突出,成为水环境的首要污染源,这主要是由于非点源污染具有污染物种类、排放时间、排放数量和排放途径不确定,分布范围广,影响因素多,潜伏周期不定且危害大,污染负荷时空差异性显著等特点(王淑莹等,2003;苑韶峰等,2004)。

在非点源污染中,由农业活动引起的污染被认为是最大的非点源污染源(Hessen et al,1997; Abrams et al,1995)。1985年美国进行了迄今最广泛的非点源污染调查,调查结果显示,受非点源污染的河流和湖泊中,农业非点源污染贡献率分别为64%和57%(闵九康等译,1989)。对Danish的270条小河的营养监测表明,其中94%的氮和52%的磷来自农业活动的非点源污染(Kronvang et al,1996)。据研究,进入太湖水体的污染物中,59%的TN和30%的总磷(TP)来源于农业非点源(吕耀,1998)。巢湖沿湖四周均是农田,因肥料结构和施肥方法不当造成化肥大量流失,成为巢湖水质TN、TP超标的重要原因(杨佑兴,1996)。三峡大坝库区1990年的统计资料表明,90%的悬浮物来自农田径流,氮、磷大部分来源于农田径流,由此可见,在农业非点源污染中,农田氮、磷的流失在水体污染中占有重要的地位,是引起水体富营养化的重要原因。

目前,由于农田过量施肥、施肥结构不合理、农田排水直接进入河流等一系列因素,加剧了水体富营养化的发生。因此,减少农田氮、磷流失,有效控制水体富营养化问题已受到人们的普遍关注。

3 农田磷的流失是主要农业非点源污染物之一

氮、磷是植物生长必需的营养元素。为了提高作物的产量,大量的肥料被施入土壤中。由于长期过量施用化肥和有机肥,导致农田土壤耕层处于富氮、磷状态,这些过剩的氮、磷通过地表径流、土壤侵蚀、淋洗等途径加速向水体迁移,引发受纳水体的富营养化(Sharpley et al,1996; Carpenter et al,1998),因为水体中藻类的生长繁殖主要决定于水体中氮、磷的含量。

在一般情况下,水体中藻类可利用的氮远比可利用的磷多。国内外的大量研究成果证明,当发生磷富集时,水体中的藻类能够利用大气中的碳和氮而使其初级生产力显著地提高,而在缺磷的状态下添加碳、氮等营养元素,水体的初级生产力却没有明显的变化(Schindler,1974;1977)。即使对于一些氮是限制因素的富营养化水体,如果采取措施削减磷的输入,也可以起到改善水质的作用(Daniel et al,1994)。因此,水体中磷的含量是评价水体富营养的重要指标之一。

近年来,农业非点源磷已成为水环境的最大污染源之一(Foy et al,1995;Parry,1998),而来自农田的磷占有较大比重(Van et al,1998;Carpenter et al,1998)。20世纪90年代初,欧盟、北美等国家已经把重点转移到控制磷素营养向水体输入的环节(Sharpley et al,2000)。据估计,在欧洲一些国家的地表水体中,农业排磷所占的污染负荷比约为24%~71%(Vighi et al,1987)。美国国会1990年已经通过法律规定,在海岸带地区州政府的任何建设项目都必须向国家环保署和国家大气与海洋管理局递交《海岸带非点源控制方案》、《非点源污染管理措施指南》中专门提出磷污染的控制。美国环保署在提交给国会的报告中指出,大量的农田养分流失是造成内陆湖泊富营养化的主要原因,并且对466个不同类型的湖泊调查表明,以磷为控制因素的湖泊占65%(Phosphorus Management for Great Lakes,1980)。据对我国25个湖泊的调查,水体TP只有2个湖泊(大理洱海和新疆博斯腾湖)低于 $0.02\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的临界指标,其余25个湖泊皆超过了水体富营养化标准,比国际一般标准高出10倍或10倍以上(金相灿,1990)。由此可见,由农田磷素造成的非点源污染对水质恶化构成了最大的威胁,但其迁移规律和形成机理都不太清楚,因此,由农田磷造成的非点源污染的产污机理、影响因素及其污染负荷的量化已引起国内外学者的高度重视。

二、选题依据

1 太湖流域水环境问题突出

太湖是我国第三大淡水湖,位于太湖流域的中心,是流域内大中城市的

重要水源,同时兼有防洪、航运、灌溉、旅游、养殖等多种功能。近几十年来,随着工业化、城市化的高速发展、流域内人口的急剧增长和污染物绝对排放量的增加,相应的环境保护和治理措施滞后,致使太湖水环境恶化速度加剧,特别是水体的富营养化,已成为太湖水环境的主要问题(程波等,2005)。入湖河道高浓度营养盐的不断输入使太湖富营养化程度不断加剧。20世纪80年代以来,太湖水体营养状态上升了2个等级,由80年代初期以中营养-中富营养为主,上升到90年代中期以富营养为主。2000年,太湖水体富营养化平均指数值达到72.9,为富营养化。除东部沿岸区的苏州片区处于中-富营养状态外,其余湖区均处于富营养或中富营养化状态,尤以五里湖水域富营养化程度最为严重(杨桂山等,2003)。太湖水质的恶化,严重破坏了湖区的生态环境,给整个地区的发展带来极其不利的影响,引起了政府部门和科学界的高度重视,先后开展了“零点行动”、“含磷洗涤剂禁用”、“引江济太”等水环境改善措施。这些措施对遏制水环境恶化起到了积极的作用,但目前流域内河湖水质仍未得到根本改善(黄文钰等,2002)。

目前太湖流域河流水质全年综合评价超标河长为84%,大部分为Ⅴ类和劣Ⅴ类,特别是TP,污染十分严重。2001—2005年监测结果证实,主要入湖河流与湖荡出现进一步恶化的趋势,如太漚运河(黄埭桥)TP由 $0.091 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 上升到 $0.150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$;武进港(姚巷桥)TP由 $0.073 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 上升到 $0.171 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。地处上游的湖荡如漚湖TN由 $1.940 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 上升到 $3.927 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,TP由 $0.081 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 上升到 $0.150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$;长荡湖近3年来TN由 $1.230 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 上升到 $1.820 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,TP由 $0.136 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 上升到 $0.194 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (孔繁翔等,2006)。上游入湖河流和湖荡地区水质持续恶化直接导致太湖入湖污染物总量不断增加。据统计,1987年,入湖TP仅为1326.69 t,TN为26020 t(黄漪平,2001);到1998年,分别达2886.33 t和39210.2 t;而到2002年,分别达2990 t和44600 t(翟淑华等,2006),至2007年底,入湖TP为1862 t,TN为35100 t,尽管入湖污染物的排放量有所减缓,但太湖水污染和富营养化状况仍然十分严重。太湖水污染和富营养化状况存在进一步恶化的趋势。

2 太湖流域农业集约化程度较高

太湖流域处于长江中下游的亚热带湿润地区,自然条件十分优越,光、

热、水、土等资源均十分优越,搭配也较协调,并且这里的农业以精耕细作和集约化程度高而著称于世,曾经是我国重要的商品粮基地,也是棉花、油菜、蚕豆、茶叶、毛竹和淡水水产品等多种商品性农产品的产地(杨桂山等,2003)。

流域内的轮作制度以稻麦(油菜)两熟,水旱轮作为主,复种指数高达200%,远远高出全国平均水平,并且每公顷耕地产出的农业产值超过全国平均值的1倍以上。太湖地区面积仅占全国面积的0.4%,粮食产量却占全国的3%,而化肥消费量占全国的1.3%(司友斌,1998),超过了世界上公认为施肥量最高的国家荷兰和英国,由此可见,太湖流域是我国农业集约化程度较高的地区之一,可谓高投入、高产出区。

3 太湖流域的研究具有典型性

太湖流域是长江三角洲的主体,是我国经济最发达的地区之一,地跨江苏、浙江和上海,流域面积36500平方公里。近年来,随着太湖地区经济的迅速发展、人口不断增长,过量施肥、施肥结构不合理、农田排水直接进入河流,加之相应的环境保护和治理措施没有跟上,进入太湖的主要河道和湖区的水质污染日益严重,特别是水体的富营养化。太湖水质的恶化,严重破坏了湖区的生态环境,给整个地区的发展带来极其不利的影响,水质性缺水矛盾日益尖锐,严重影响当地人民的身体健康,制约区域社会经济的进一步发展。

在我国长江中下游地区,大多数湖泊都面临着像太湖一样的富营养化问题。这些湖泊绝大多数为浅水湖泊,受人类活动的强烈干扰。随着人类开发程度的不断增强以及水环境污染的增加,湖泊富营养化的发展趋势十分严峻。调查结果表明,富营养化湖泊个数占调查湖泊的比例由20世纪70年代末至80年代前期的41%发展到80年代后期的61%,至20世纪90年代后期又上升到77%。由此可见,水体富营养化已成为江河湖库水环境保护中的重大环境问题。作为我国东部河网密集区的湖泊,太湖是我国近期治理的三个富营养化湖泊之一,具有典型性和代表性。

第二节 国内外研究进展

磷是生态系统中必不可少的营养元素之一,也是促进农业持续发展的根本要素。环境、人口和粮食是当今人类社会面临的三大问题。特别是在我国,在不可能大规模扩大耕地面积而且耕地面积还在逐年减少的情况下,磷肥的大量投入是实现粮食增产的最为有效的措施之一。但是,大量的磷肥投入,带来了令人担忧的环境问题,就是过剩的磷会导致地表水体的富营养化。随着工业污染的强有力的治理,农业非点源污染上升为影响水体富营养化的重要原因。随着非点源污染研究的深入,磷作为非点源污染的主要营养物质之一,其污染的机理、迁移影响因素以及评价磷素流失的定量模型等问题,已成为研究的重点。本节系统地综述了土壤磷素在水土界面的迁移转化、迁移途径和影响因素及其土壤磷素径流输出的定量模型等方面的研究进展。

一、土壤磷素流失机理和流失途径的研究

土壤磷素从农业生态系统中以非点源形式流失,是磷素循环过程中不可避免的环节,这不仅造成土壤退化、养分循环失衡,并且过剩的磷会导致水域的富营养化(Carpenter et al,1998;Sharpley et al,1998)。在许多地区以农田排磷为主的非点源污染往往是水体中磷的最主要来源,而且其所占的比例仍在不断增大。因此,研究土壤磷在土-水界面之间的迁移转化规律及其机理,对于揭示磷的地球化学行为及其所产生的环境影响,具有重要的理论和实践意义。

1 土壤磷素的流失机理

土壤中的磷素主要来自于人工所施用的磷肥。磷肥施入土壤后,只有极小部分在土壤中呈离子态的磷酸盐能被作物吸收,其余极大部分通过吸附作用为土壤所固定。依据土壤的性质和组成不同,有的被吸附在土壤中带正电荷的铁、铝氧化物胶体表面;有的被土壤黏粒局部带正电荷的边缘吸附;有的与铁、铝或钙盐发生化学作用形成不溶性磷酸盐化合物;有的与土

壤中有机质结合成有机结合态磷(张乃明等,2004)。由此可见,土壤中磷的转化形式主要有无机磷酸盐的溶解作用、有机磷化合物的矿化作用和溶解磷的固定作用(杨珏等,2001)。不论何种形态的磷素,在土壤中无时无刻不在发生着动态平衡的变化,即一方面由于吸附、沉淀以及微生物吸收而为土壤所固定,另一方面由于土壤生物的作用而得以分解和转化,这两个过程是土壤磷素循环中的主要过程。土壤磷素的循环过程基本是封闭的,但有农作物与降雨参与的磷素循环是开放的,当可溶性磷因作物吸收或因雨水径流、淋溶而损失后,可由土壤中的化学平衡及土壤微生物的溶解和矿化作用而迅速得到补充(陈能汪等,2003)。土壤磷素循环状况决定于磷在土壤中的固定和转化,从而影响土壤磷的积累,而土壤磷的积累正是土壤磷素流失的潜在补给源,因此,土壤磷素循环在研究土壤磷流失的机理中十分重要(Sample et al,1980)。

从土壤磷素的生物地球化学循环的角度来看,土壤磷素流失实质上是一个扩散过程,就是磷素在外界条件下(降水、灌溉等)从土壤向水体扩散的过程(朱兆良,1992),就其机理而言,主要包括四个过程,降雨径流过程、土壤侵蚀过程、地表磷素径流过程和地表磷素渗漏过程,并且这四个过程相互联系和相互作用(张水龙等,1998),使得土壤磷素在土水界面的扩散过程及迁移转化机理变得复杂化,这引起了当今土壤学、农业生态学及生物地球化学循环研究的学者的高度重视。因此,我们可以从土壤磷素的流失机理入手,认清土壤磷素的流失规律,采取更有效的措施减少磷素向水体的迁移流失,从而达到改善水环境质量的目的。

2 土壤磷素的主要流失途径

土壤磷素的流失过程实质上是土壤与降水之间的相互作用过程。当降水的作用大到一定程度时,土壤磷素开始向水体发生迁移。其流失迁移的途径主要有二种方式,一种是农田磷沿着土壤坡面垂直淋溶渗漏进入地下水。英国洛桑实验站试验表明,土壤施磷 100 年后,磷素仍然集中在 40 cm 的土层内(IFDC,1992),垂直向下迁移很少,但在表土会迅速富集。隋红建等(1996)、王超(1997)等的室内模拟研究表明,磷在土壤剖面垂直方向迁移很少。下辽河平原的稻田试验表明(罗良国等,2000),磷的垂直渗漏很少,可忽略不计。另一种途径就是通过地表径流进入地表水体,地表径流的主

要能量来自于降水,尤其是降雨,降雨冲击地表引起土壤扰动,产生悬浮土壤颗粒并随径流流失(鲍全盛等,1995)。这是农田磷素流失的主要途径,一般包括两个主要过程,即水与土体作用时,在剥离表土(0~1.5 cm)的同时,解吸、溶解、浸提其中的水溶性磷,在搬运传输的过程中,水溶性磷、土壤颗粒磷与土体发生吸附、解吸的动态过程;另一方面由于水与土体发生物理作用,优先作用于黏粒与细粒部分,当土壤磷向水体迁移时,侵蚀沉积物通常趋于黏粒富集和所吸附的化学元素富集(Sharpley, 1985; Mcisaac, et al, 1991; 晏维金等, 2000),这使得磷的流失也具有自己独特的特点,即磷的流失以吸附作用为主。因为磷与土壤胶粒间亲和力的存在,大多数土壤的磷素流失主要以 PP 随土壤侵蚀进行,只有在过饱和的土壤中,才容易发生 DP 随径流、排水及渗漏损失(吴春艳, 2003)。DP 来自土壤、作物和肥料的释放,主要以正磷酸盐的形式存在,可为藻类直接吸收利用;PP 包括含磷矿物、含磷有机质和被吸持在土壤颗粒上的磷,在一定条件下可溶解、解吸,成为 DP 的潜在补给源(Sharpley et al, 1993)。晏维金等(2000)研究表明,由地表径流流失的磷,其中 80% 以上的磷以 PP 流失,而 PP 中 60%~90% 随 0.1 mm 以下的团聚体流失。单宝庆(2000)在研究中发现,磷污染物输出方式以 PP 为主(78.5%~94.9%),DP 和正磷酸盐所占比例很低。

二、土壤磷素流失的影响因素研究

土壤磷素的流失是一个十分复杂的过程,受土壤性质、降雨过程、下垫面因素和农作措施等综合因素的影响。

1 土壤性质对土壤磷素流失的影响

土壤磷素流失与土壤性质密切相关。Pratt 和 Thorne(1948)经实验证明,在高钠含量和高 pH 的条件下,土壤溶液中磷的浓度增加迅速。Chhabra 等(1981)也曾对含钠土壤根际磷的释放损失进行了报道。然而这些研究未能对钠碱土壤中磷有效性增加的机制进行合理的解释。最近的研究表明,可交换性钠、钙化合物和离子交换力能影响磷的吸附率(Smillie et al, 1987; Sharpley, 1988)。Gupta 等(1990)通过实验证明,高碱、高 pH 和低盐中碳酸根离子的存在能显著地增加磷的解吸能力和碱土中磷的有效性。Cogger 等

(1984)认为,在铝铁含量(0.84%)低的土壤中,大约有44%的肥料和矿物磷释放流失,而铝铁含量(1.9%)高的土壤中磷的释放流失小于2%,钙、铝、铁等金属化合物都能有效地降低磷的释放,但其作用的机理是不同的。

许多研究者发现土壤水分对土壤磷素流失也有一定的影响。通过对淹水后土壤磷的吸附变化的实验研究,研究者们认为土壤淹水后对磷吸持能力的变化与土壤pH密切相关。Vadas等(1999)研究了干湿交替下土壤磷的释放,发现淹水后土壤Eh逐渐降低,pH有所升高;而排水则使Eh和pH变为初值,其实验结果表明,干湿交替使整个土层的磷的最大吸附值降低,从而降低土壤磷的吸附能力,增加上层土壤的DP的浓度,提高了土壤磷素流失的潜能。Young等(2001)在实验室条件下对季节性淹水土壤中磷的释放也进行了初步的研究,结果发现,季节性淹水有利于土壤磷的释放。

土壤机械组成是构成土壤结构体的基本单元,并与其成土母质及其理化性状和侵蚀强度密切相关,黏粒含量的降低有利于土壤磷素流失的发生。Mcdowell等(2002)的研究表明,细砂(粒径 $<63\mu\text{m}$)比粗砂(粒径 $>63\mu\text{m}$)具有较高的磷吸收能力,同时含有较高比例细砂的沉积物的磷最大吸收值比其他的要高,它能够降低平衡态磷浓度(EPC_0)。许多研究者发现径流水中的磷浓度与表层土壤含磷量直接相关(Sharpley et al,1994)。

2 降雨因子对土壤磷素流失的影响

降雨(包括降雨量、降雨强度等)是影响土壤磷素流失的最主要的气候因素之一,也是土壤磷素流失发生的驱动力,主要是通过直接打击土壤,分散土壤颗粒结构,当降雨强度大于土壤下渗速度时,就产生地表径流,从而引起土壤磷素径流流失。降雨量直接影响径流量的大小,一般在其他各类因素相同的前提下,磷的径流输出量与降雨量呈较好的线性关系。Kumar等(1997)、吕唤春等(2002)、陈欣等(1999)认为,随着降雨量的增大,雨水和径流对坡地的冲刷作用明显加强,土壤磷等营养元素的流失量也相应显著地增加。

土壤磷素径流流失量,不仅与降雨量有关,还与降雨强度有密切关系。Pruski与Nearing(2002a)研究表明,降雨强度不增加,即使降雨总量增加1%,土壤侵蚀仅会增加0.85%;但当降雨强度发生变化,降雨总量增加1%,土壤侵蚀就会增加1.7%,可见,降雨强度也是影响土壤磷素流失的重要的气象因子。不同雨强下,径流累计量、磷素流失累计量和泥沙累计量与雨强