

不同水土保持措施对黑土区坡耕地氮、磷流失的影响

冯 洋¹, 郭成久¹, 李 勇², 郝冬宁¹, 郑 帅¹

(1. 沈阳农业大学 水利学院, 沈阳 110866; 2. 桓仁满族自治县水土保持站, 辽宁 桓仁满族自治县 117200)

摘 要:采用无任何保护措施的坡耕地为对照组,系统地研究了 3 种典型水土保持措施:水保林、水平梯田、地埂植物带对桓仁浑江流域坡耕地总氮(Total nitrogen, TN)和总磷(total phosphorus, TP)变化的影响。2013 年 3—9 月,共采集了 336 个有代表性的土壤样本进行分析研究。结果表明,采取了 3 种典型水土保持措施的土壤样品中的 TN 和 TP 含量均显著高于未采取任何水土保持措施坡耕地土壤中 TN 和 TP 含量。其中,水平梯田土壤中的 TN 和 TP 较对照组分别提高了 24.6% 和 35.7%。地埂植物带土壤中的 TN 和 TP 较对照组分别提高了 19.4% 和 37.4%。3 种综合措施(水保林、水平梯田、地埂植物带)协同使用效果更为明显,可使 TN 和 TP 较对照组分别提高 29.2% 和 30.6%。研究可为坡耕地面源污染治理提供科学依据和切实可行的方法。

关键词:水土保持措施; 养分流失; 黑土区; 坡耕地

中图分类号:S153.6⁺¹

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2014)03-0047-04

Effects of Different Soil and Water Conservation Measures on Soil Nitrogen and Phosphorus Losses from Sloping Farmland in Black Soil Region of Northeast China

FENG Yang¹, GUO Cheng-jiu¹, LI Yong², HAO Dong-ning¹, ZHENG Shuai¹

(1. College of Water Resources, Shenyang Agricultural University,

Shenyang 110866, China; 2. Soil and Water Conservation Station of Huanren

Manchu Autonomous County, Huanren Manchu Autonomous County, Liaoning 117200, China)

Abstract: The effect of 3 typical water and soil conservation methods (soil and water conservation forest, horizontal terrace, and terrace botanical zone) on soil total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP) had been systematically studied in Huanren Hun River Basin, and the slope cropland was used as a control. The experiment was performed from March to September, 2013. More than 336 typical soil samples were collected and analyzed. It was found that TN and TP of soil samples collected from the area protected by the above 3 typical soil and water conservation methods were significantly higher than those collected from the slope cropland without any protection of the conventional soil and water conservation method. The TN and TP of the soil samples collected from horizontal terrace were 24.6% and 35.7% higher than those collected from the slope cropland, and the soil TN and TP from the terrace botanical zone were 19.4% and 37.4% higher, accordingly. The more dramatic effect was observed from simultaneously deploying 3 typical water and soil conservation methods together, the TN and TP of the soil samples were 29.2% and 30.6% higher, respectively, than those of the control samples. The research can provide the scientific guideline and feasible methods for the control of non-point source pollution of the sloping cropland.

Key words: soil and water conservation measures; soil nutrient loss; black soil region; sloping farmland

坡耕地土壤养分流失可造成土壤质量退化,大量的泥沙以及氮、磷、农药等面源污染物汇入受纳水体,造成水体富营养化,加剧了东北黑土区农业生产与水

环境质量之间的矛盾。近年来,东北黑土区由水土流失带来的水体面源污染问题也日渐突出^[1-3]。严重的水土流失是生态恶化的集中反映,是水环境质量恶化

的重要助推剂。由于化肥的不合理施用,坡耕地被认为是流域面源污染的主要来源^[4]。水土保持措施对土壤、径流、植被及化学物质输入、输出具有重要影响,因而不同水土保持措施下面源污染差距较大。

坡耕地约占辽宁省耕地总面积的 1/3,坡耕地土壤养分流失严重制约着辽宁省的农业发展。目前,大量的研究集中于强调水保措施“截流减沙”的双重效益,缺乏面源污染防治方面的考虑,结果导致水源地流域水质恶化,影响下游河流和湖泊的水生态环境。为了探寻水土保持综合措施下土壤养分流失的规律,突破以往水土保持措施单一,综合效果不佳的局限,研究集水保林、水平梯田、地埂植物带为一体的坡面综合控制技术对总氮(TN)和总磷(TP)等面源污染物的削减作用,为遏制坡耕地养分流失,改善小流域水质提供参考依据与技术保障。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

本研究选择辽宁省本溪市桓仁满族自治县浑江流域雅河乡大泉眼小流域为典型试验区,地理位置东经 125°15′25″,北纬 41°11′24″。雅河乡大泉眼小流域位于桓仁县南部,属浑江流域,流域内有一条河流大泉眼河,全长 6.5 km,汇入浑江。流域面积 28.67 km²,水土流失面积 956.5 hm²,水土流失面积占总面积的 33.36%。雅河乡大泉眼小流域属长白山系龙岗支脉的中低山区,流域内最高海拔为 753 m,地貌属低山丘陵区,气候类型上属北温带半湿润大陆性季风气候区,年平均降水量 808.8 mm,年均蒸发量 1 282.3 mm,每年 7—9 月为暴雨集中期,其降雨量约占全年的 69.3%。流域内种植的主要作物为玉米(*Zea mays*)和大豆(*Glycine max*)。坡上水保林植被

主要以红松和落叶松为主;坡中水平梯田田面净宽为 8 m,田坎高度 1.45 m;地埂植物带栽植紫穗槐,株行距 20 cm×20 cm。

1.2 试验设计

为使研究结果能代表该小流域坡耕地不同水保措施下面源污染物含量变化的实际情况,设置研究区域坡面从上到下的防治措施依次为水保林、水平梯田、地埂植物带,集为一体的综合防治技术体系,如表 1 所示。

采样时需充分考虑治理措施因素,采用分层次采样方法,将坡耕地条件下的综合防治措施作为一级层次,将同一防治措施的不同坡位作为二级层次。采样时利用 GPS 定位,选取不同水保措施坡上、坡中及坡下样点,并记录相关信息,2013 年 3 月至 9 月共采集不同防治措施的土壤样品 336 个,为充分体现样点布置的全面性和代表性,分别将水保林、水平梯田、地埂植物带和无措施坡耕地分为坡上、坡中、坡下三个带,每种措施在坡上、坡中、坡下三个带均设采样点 4 个,采样点采用等距采样法采集样品,研究区域共设置采样点 48 个,本研究在流域降雨期且农事管理活动较多的 3—9 月逐月采样,每个采样点采集表层土壤(0—15 cm)5 个重复样,充分均匀混合作为 1 个样品,在采样点上先刮去 0.5 cm 左右的表层土,剔除砾石、动植物残体,取 1 kg 左右装入自封袋。样品带回实验室自然风干后,四分法取样,用钵碾磨成粉末,过 20 目和 100 目尼龙筛后,用于测定土壤 TN 和 TP。土壤 TN 采用开氏消煮—常量蒸馏—纳氏试剂光度法(GB7173—87),土壤 TP 采样浓硫酸—高氯酸高温消解—钼锑抗比色法(GB9837—88)^[5]。实验数据采用 Excel 2007 和 SPSS 17.0 软件对数据进行回归分析。

表 1 大泉眼小流域坡耕地水土保持措施及植被概况

坡位	水土保持措施	主要植被	坡度/(°)
坡上	水保林	红松(<i>Pinus koraiensis</i>)、落叶松(<i>Larix spp</i>)、杂草	15~20
坡中	水平梯田	玉米(<i>Zea mays</i>)	10~15
坡下	地埂植物带	玉米、大豆(<i>Glycine max</i>)、紫穗槐(<i>Amorpha fruticosa</i> L)	10~15
坡脚	无措施	玉米	5~8

2 结果与分析

2.1 不同水土保持措施对土壤全氮的影响

坡耕地面源污染物氮素动态变化的主要因素为农作物种植周期内不科学的氮肥投入和降雨造成的水土流失^[6]。对研究区不同水保措施所有数据统计分析土壤 TN 含量随时间的变化趋势,如图 1 所示。

典型坡耕地不同措施、不同坡位土壤 TN 含量变化范围为 1.68~2.39 g/kg,对 3 种不同措施下土壤

TN 含量的显著分析表明,水平梯田措施、地埂植物带措施和水保林土壤全氮含量无显著差异,但均与无措施对照区土壤 TN 含量差异显著,在研究期 3—9 月水保林与坡耕地相比土壤 TN 含量提高了 31%~17%,水平梯田与坡耕地相比土壤 TN 含量提高了 28%~16%,地埂植物带与坡耕地相比土壤 TN 含量提高了 22%~13%。水平梯田措施与地埂植物带措施相比,土壤 TN 含量减少 9%~5%,水保林与地埂植物带措施相比,土壤 TN 含量减少 13%~6%。

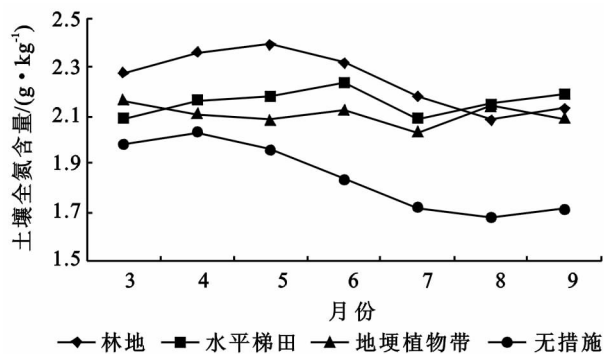


图1 坡耕地不同水保措施对土壤全氮的影响

研究期3—7月水保林措施土壤TN含量显著高于水平梯田措施和地埂植物带措施,水保林措施土壤TN含量比水平梯田措施土壤TN含量高7.2%,水保林措施土壤TN含量比地埂植物带措施土壤TN含量高9.8%;监测期8—9月水平梯田措施土壤TN含量高于水保林措施、地埂植物带措施和无措施对照区,因7—8月研究区出现3次降雨量超过150 mm的大暴雨,水平梯田措施因减缓坡耕地坡度,减少降雨径流产生,控制水平梯田措施土壤TN流失;监测期3月水保林措施土壤TN含量分别是水平梯田措施和地埂植物带措施土壤TN含量的1.09倍和1.06倍。监测期水保林措施在5月土壤全氮含量达到最大值,而水平梯田措施和地埂植物带措施均在6月土壤全氮含量达到最大值,主要因为栽植作物施撒的化肥造成。3种不同措施下土壤TN含量均值由高至低依次是水保林>水平梯田>地埂植物带>无措施对照区,主要原因是水保林由于植被覆盖度较高,有效控制降雨产生的径流,减少径流携带的泥沙,土壤中氮素主要以有机氮为主,从而减少土壤氮素的流失,截留沉积在坡耕地坡上流失的大量营养物,使得其土壤氮素含量处于3种水保措施的较高水平,有效控制土壤中氮素的流失;水平梯田措施因改变坡耕地坡度,减少氮素流失;地埂植物带措施通过坡耕地坡下植物固氮作用,降低径流携带泥沙而损失大量氮素流失,但降雨下渗也会携带一定量氮素。

2.2 不同水土保持措施对土壤全磷(TP)的影响

小流域观测期内,对不同防治措施下所有数据统计分析土壤TP含量随时间的变化趋势,如图2所示。

由图2可知,典型坡耕地不同措施下土壤TP含量变化范围为0.34~0.69 g/kg,在3—9月,水保林措施的TP含量比无措施坡耕地含量提高了29.8%;水平梯田措施的TP含量比无措施坡耕地含量提高了35.7%;地埂植物带措施的TP含量比无措施坡耕地含量提高了37.4%;在研究区域3种综合防治措施与无措施坡耕地相比土壤TP含量提高了30.6%。

在研究期地埂植物带措施与水保林措施相比,土壤TP含量减少7.9%,水平梯田措施与地埂植物带措施相比,土壤TP含量变化无显著差异。

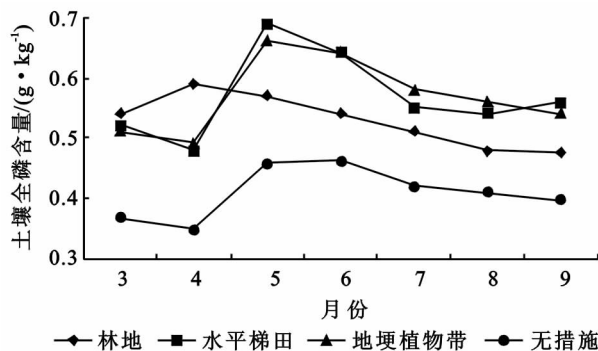


图2 坡耕地不同水保措施对土壤全磷的影响

5月水平梯田措施与林地措施相比土壤TP含量提高了19%,水平梯田措施与地埂植物带措施相比土壤TP含量提高了4.6%,5月土壤TP达到了观测期的最高值0.63 g/kg,造成土壤TP含量升高的主要因素是施用磷肥。6—9月土壤TP含量呈下降趋势,但整体上土壤TP含量变化范围浮动较小,主要由于磷素在土壤中的固持能力较强^[7],在土壤中不易移动。对3种不同措施下土壤TP含量的显著分析表明,水平梯田措施与地埂植物带措施土壤TP含量无显著差异,但均与无措施坡耕地土壤TP含量差异显著,3种不同措施下土壤TP含量由高至低依次是地埂植物带>水平梯田>水保林>无措施区。地埂植物带措施优于其它措施,这可能是因为地埂植物带措施除了种植大豆外,在地埂上还栽植了紫穗槐,紫穗槐为典型的水土保持植物,其根系和大豆根系与玉米根系相比,其穿插更利于土壤结构和孔隙的改善,可有效改善土壤结构,减少侵蚀产沙,同时在一定程度上可拦截上游泥沙,因此地埂植物带措施的土壤TP要高于水平梯田措施。

2.3 不同坡位土壤TN、TP的影响

近些年来国内外学者针对不同坡面位置上土壤的化学物理性质以及对水土流失和土壤营养物质流失的影响展开了大量工作^[8-10]。在小流域坡耕地从坡上水保林、坡中水平梯田到坡下地埂植物带分别设置顺坡采样点,形成从坡上到坡下的顺坡采样带,坡耕地顺坡方向土壤TN、TP含量变化如图3所示。

研究期内水保林措施不同坡位土壤TN含量在坡下处达到最大值2.46 g/kg,与上坡位相比,下坡位土壤TN含量提高了12.4%;中坡位TN含量提高了10.4%,水保林措施土壤TN含量在坡中处含量最低,通过数据分析发现土壤TN在水保林坡段较低坡下处表现为积累;而水保林措施在不同坡位土壤TP

含量呈降低趋势,平均降幅为 10.7%,下坡位与上坡位相比土壤 TP 含量降低 18.5%,中坡位 TP 含量提高了 11.8%。水平梯田措施在顺坡方向土壤 TN 含量呈增大趋势,在研究期内水平梯田措施在不同坡位控制土壤 TN 流失 0.13 g/kg,中坡位 TN 含量提高了 10.4%,下坡位 TN 含量提高了 22.1%;而水平梯田措施在不同坡位土壤 TP 含量平均降幅 9.3%。地埂植物带措施在不同坡位土壤 TN 含量呈小幅度减小后增大的趋势,地埂植物带措施在顺坡方向土壤 TP 含量呈降低趋势,下坡位与上坡位相比土壤 TP 含量降低 8.9%,土壤 TP 在地埂植物带坡段的顺坡变化幅度较水平梯田大,表明 TP 受坡位的影响较大。上述结果表明,流域不同防治措施在不同坡位上,土壤 TN 和 TP 均呈现中、下坡位>上坡位的趋势,一方面是因为不同措施土壤 TN 含量受农田管理

影响不同,顺坡向呈曲折变化趋势,同时坡耕地从上坡位至下坡位坡度逐渐减小,水土保持林地坡段上坡位大,土壤侵蚀与水土流失较下坡位严重,不利于土壤 TN、TP 的积累,也是导致坡耕地不同措施土壤 TN、TP 含量顺坡逐渐增加的原因,而地埂植物带措施下土壤 TN、TP 变化趋势较小,表明地埂植物带措施可以减缓降雨引起的径流,起到拦截、沉降径流中携带的 TN 的作用,一定程度上可以减缓土壤 TN 流失。另一方面,不同坡位土壤含水量不同,上坡位的潜在蒸散量大于中坡位,而下坡位最小,由于土壤上坡位光照多和通风好,使土壤水分蒸发量大,水分含量较低,有利于有机质分解,造成土壤表层 TN 含量低;而中坡位与下坡位恰好相反,TN 含量较高,在林地研究系统中,同一坡向上土壤 TN 呈现下坡位>中坡位>上坡位的趋势,这与以往的研究结果一致^[10-12]。

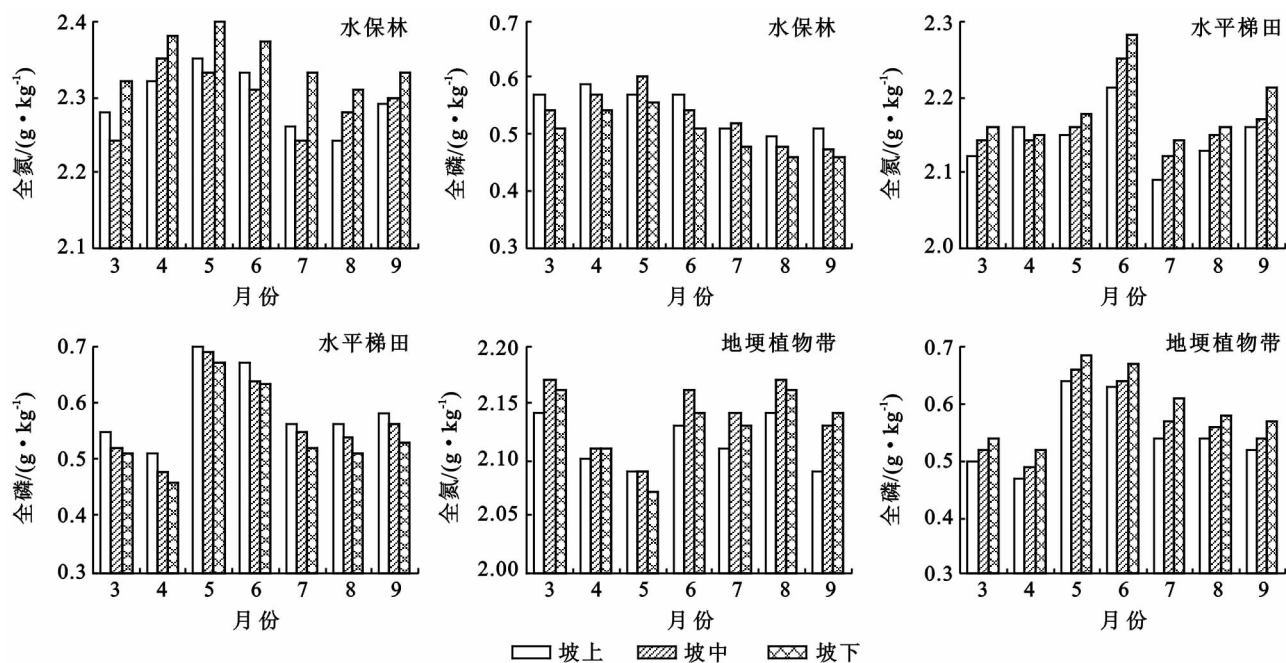


图3 坡耕地不同水土保持措施对不同坡位土壤全氮、全磷的影响

3 结论

水平梯田措施、水土保持林措施和地埂植物带措施均能够发挥显著的保水保土作用,3种水土保持坡面综合措施与无措施坡耕地对照分别提高土壤中 TN、TP 含量 29.2%,30.6%,可有效控制土壤养分流失,减轻降雨和径流冲刷作用造成的面源污染。与坡耕地相比,水平梯田措施、水土保持林措施、地埂植物带措施对 TP 和 TN 影响显著,整体研究期 3 种水土保持措施土壤 TN 和 TP 含量随季节性差异明显。

在研究区坡耕地从坡上水土保持林到坡下地埂植物带顺坡方向上,不同水土保持措施在不同坡位土壤 TN、TP 随坡向变化较为明显,在坡下地埂植物带措

施的 TP 含量高于坡上措施,水土保持林和水平梯田措施下土壤 TN 含量从坡上到坡下均呈减少趋势;流域不同防治措施在不同坡位上土壤 TN 和 TP 含量呈现下坡位>中坡位>上坡位的趋势;不同的水土保持措施在浑江流域已经显示出较为明显的减少面源污染物流失的作用,水平梯田因改变了坡面形态,形成不同层次的集水平台;地埂植物带因有固持土壤的作用^[13],客观上起到保持水土和减少污染物流失的作用。

研究区域土壤样品采集深度为 0—15 cm 表层土壤,即仅对 3 种综合措施的表层土壤 TN、TP 含量的变化规律做了研究,而未对不同深度土壤 TN、TP 含量进行监测,这部分将在后续研究中继续深入探讨。

参考文献:

- [1] 王范霞,毋兆鹏.近 40a 来精河流域绿洲土地利用/土地覆被时空动态演变[J].干旱区资源与环境,2013,27(2):150-156.
- [2] 韩其飞,罗格平,白洁,等.基于多期数据集的中亚五国土地利用/覆盖变化分析[J].干旱区地理,2012,35(6):909-918.
- [3] 吕建树,吴泉源,张祖陆,等.基于 RS 和 GIS 的济宁市土地利用变化及生态安全研究[J].地理科学,2012,32(8):928-935.
- [4] 李志,刘文兆,郑粉莉.基于 CA-Markov 模型的黄土塬区黑河流域土地利用变化[J].农业工程学报,2010,26(1):346-352.
- [5] 郭杰,欧名豪,刘琼,等.基于 BP 神经网络的南通市建设用地需求预测[J].资源科学,2009,31(8):1355-1361.
- [6] 吴季秋,俞花美,肖明,等.基于 CA-Markov 模型的海湾土地利用动态预测[J].环境工程技术学报,2012,2(6):531-539.
- [7] 王学,张祖陆,张超.基于 CA-Markov 模型的白马河流域景观格局分析及预测[J].水电能源科学,2011,28(12):111-115.
- [8] 杨国清,刘耀林,吴志峰.基于 CA-Markov 模型的土地利用格局变化研究[J].武汉大学学报:信息科学版,2007,32(5):414-418.
- [9] Мувамматиева Б. З. 塔吉克斯坦 2013 年 1 月 1 日的人口[M].塔吉克斯坦共和国统计汇编,2013:6-8. (俄文)
- [10] From Wikipedia, the free encyclopedia. Dushanbe[EB/OL]. [2013-01-10]. <http://baike.baidu.com/view/298929.htm>
- [11] 徐涵秋. Landsat 遥感影像正规化处理的模型比较研究[J]. 地球信息科学, 2008, 10(3): 294-301.
- [12] 农业塔吉克斯坦国家统计局委员会. 统计年鉴(俄文)[M]. 杜尚别, 2007.
- [13] 汤洁,汪雪格,李昭阳,等. 基于 CA-Markov 模型的吉林省西部土地利用景观格局变化趋势预测[J]. 吉林大学学报:地球科学版, 2010, 40(2): 405-410.
- [14] 邱炳文,陈崇成,基于多目标决策和 CA 模型的土地利用变化预测模型及其应用[J]. 地理学报, 2008, 63(2): 165-174.
- [15] 徐丽,卞晓庆,刘琳,等. 马尔科夫模型在合肥市景观格局动态模拟及预测中的应用[J]. 安徽农业大学学报, 2010, 37(3): 570-574.
- [16] 郑青华,罗格平,朱磊,等. 基于 CA-Markov 模型的伊犁河三角洲景观格局预测[J]. 应用生态学报, 2011, 24(4): 873-882.
- [17] Md. Rejaur Rahman, Saha S K. Spatial Dynamics of Cropland and Cropping Pattern Change Analysis Using Landsat TM and IRS P6 LISS III Satellite Images with GIS[J]. Geo-Spatial Information Science, 2009, 12(2): 123-134.
- [18] 凌成星,鞠洪波,张怀清,等. 基于 CA-MARKOV 模型的北京湿地资源变化预测研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(28): 262-269.
- [19] 吴艳艳. Markov-CA 模型支持下的武汉市土地利用变化模拟与预测[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2009.

(上接第 50 页)

参考文献:

- [1] 司友斌,王慎强,陈怀满.农田氮、磷的流失与水体富营养化[J].土壤,2000,32(4):188-193.
- [2] 谌芸,何丙辉,赵秀兰.小江流域农地水土流失对水体富营养化的影响[J].水土保持学报 2010,24(4):32-43.
- [3] 苑韶峰,吕军,俞劲炎.氮磷的农业非点源污染防治方法[J].水土保持学报 2004,18(1):122-125.
- [4] 刘宝元,阎百兴,沈波,等.东北黑土区农地水土流失现状与综合治理对策[J].中国水土保持科学,2008,6(1):1-8.
- [5] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2005.
- [6] 梁涛,张秀梅,章申,等.西苕河流域不同土地类型下氮元素输移过程[J].地理学报,2002,57(4):389-396.
- [7] 刘慧,王春丽.水体富营养化及其防治[J].应用能源技术,2006(5):24-27.
- [8] Brubaker S C, Jones A J, Lewis D T, et al. Soil properties associated with landscape position[J]. Soil Science Society of America Journal, 1993, 57(1): 235-239.
- [9] Ovalles F A, Collins M E. Soil-landscape relationships and soil variability in north central Florida[J]. Soil Science Society of America Journal, 1986, 50(2): 401-408.
- [10] Miller M P, Singer M J, Nielsen D R. Spatial variability of wheat yield and soil properties on complex hills[J]. Soil Science Society of America Journal, 1988, 52(4): 1133-1141.
- [11] Hairston A B, Grigal D F. Topographic variation in soil water and nitrogen for two forested landforms in Minnesota, USA[J]. Geoderma, 1994, 64(1): 125-138.
- [12] Zhang J, Quine T A, Ni S, et al. Stocks and dynamics of SOC in relation to soil redistribution by water and tillage erosion[J]. Global Change Biology, 2006, 12(10): 1834-1841.
- [13] 韩玉国,李叙勇.水土保持措施对径流泥沙及养分流失的影响[J].中国水土保持,2010(12):34-36.