

赣北第四纪红壤坡耕地水土及氮磷流失特征

陈晓安, 杨洁, 郑太辉, 张杰

(1. 江西省水土保持科学研究院, 南昌 330029; 2. 江西省土壤侵蚀与防治重点实验室, 南昌 330029)

摘要: 坡耕地水土及养分流失严重, 该研究于2011年利用赣北第四纪红壤区野外径流小区定位观测试验数据, 分析坡耕地水土及氮、磷、有机质流失特征。结果表明: 地表产流产沙为裸露地最高、顺坡耕作和顺坡+植物篱次之, 横坡耕作最小, 横坡耕作比顺坡耕作减少径流62.71%、减少土壤侵蚀82.9%; 坡耕地径流携带的可溶性氮、铵氮、硝态氮、可溶性磷的流失量都表现为裸地最大, 横坡耕作最小; 坡耕地泥沙携带的全氮、全磷、碱解氮、速效磷的流失量表现为裸地最大, 横坡耕作最小; 坡耕地可溶性氮中以有机氮流失为主, 无机氮中以铵氮流失为主, 泥沙中磷的流失主要以泥沙结合态流失。该研究可为坡耕地水土流失和面源污染防治提供科学依据。

关键词: 产流; 产沙; 侵蚀; 赣北; 第四纪红壤; 坡耕地; 氮、磷流失

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.17.021

中图分类号: S157.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2015)-17-0162-06

陈晓安, 杨洁, 郑太辉, 张杰. 赣北第四纪红壤坡耕地水土及氮磷流失特征[J]. 农业工程学报, 2015, 31(17): 162-167. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.17.021 <http://www.tcsae.org>

Chen Xiaohan, Yang Jie, Zheng Taihui, Zhang Jie. Sediment, runoff, nitrogen and phosphorus losses of sloping cropland of quaternary red soil in northern Jiangxi[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2015, 31(17): 162-167. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.17.021 <http://www.tcsae.org>

0 引言

坡耕地是中国重要的耕地资源, 占中国总耕地面积的35.09%^[1], 受地形、耕作等因素的影响, 坡耕地水土流失严重^[2]。目前, 中国水土流失面积中坡耕地仅占6.7%, 但对土壤流失的贡献率高达28.3%, 在坡耕地集中的部分地区其贡献率甚至超过50%^[3]。坡耕地水土流失不仅导致土壤生产力下降, 且氮磷等流失养分随地表径流进入各种水体, 由此造成的面源污染问题严重^[4-6]。

关于坡耕地土壤侵蚀规律的研究较多^[7-9], 针对坡耕地造成的养分流失及其防治技术研究亦取得了较好成果^[10-12]。但由于不同地区地形地貌、土壤类型差异较大, 不同地区坡耕地作物种类、耕作习惯差异明显, 所以研究结果差别较大, 且以室内试验较多。目前针对自然降雨条件下红壤坡耕地水土流失特征及其养分流失规律方面的研究相对较少, 田间试验更加缺乏。江西省红壤面积大, 坡耕地分布广, 开发利用强度大, 坡耕地水土流失严重, 其水土流失及其造成的面源污染直接影响到鄱阳湖水质。本文在江西红壤坡耕地进行野外标准径流小区定位观测, 分析不同耕作措施下地表产流产沙和养分流失规律, 旨在了解红壤坡耕地养分流失规

律, 为红壤坡耕地水土流失治理及合理开发利用提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验区概况

研究采用田间小区试验, 布置在江西水土保持生态科技园内。该科技园地处江西省北部的德安县燕沟小流域、鄱阳湖水系博阳河西岸, 位于15°42'38"~115°43'06"E、29°16'37"~29°17'40"N, 总面积约80 hm², 属亚热带季风气候区, 降雨充沛, 多年平均降雨量1350.9 mm, 多年平均气温16.7℃, 年日照时数1650~2100 h, 多年平均无霜期249 d; 地貌为浅丘岗地, 海拔30~100 m, 坡度5°~25°; 成土母质以第四纪红色黏土为主, 地带性植被为亚热带常绿阔叶林。试验区土壤pH值为6.67, 土壤有机质为8.64 g/kg, 全氮为0.55 g/kg, 全磷为0.31 g/kg, 全钾为15.87 g/kg, ≥0.1~2、≥0.05~0.1、≥0.01~0.05、≥0.002~0.01、<0.002 mm粒径的土壤质量分数分别为7.79%、10.55%、41.80%、23.80%、16.06%。

1.2 试验设计

试验设计裸地、顺坡耕作、顺坡+植物篱、横坡耕作4种处理, 各3次重复。各小区随机布设。在土层厚度均匀、土壤理化特性较一致、坡度较均一的同一坡面上, 布设12个坡度为10°的标准径流小区, 每个小区水平宽度为5 m, 水平投影长为20 m, 小区四周均设有厚12 cm的围埂, 围埂高出地表20 cm, 埋深30 cm, 用黏土红砖块砌成, 小区下方设有矩形集水槽及圆形集流桶, 以承接小区径流泥

收稿日期: 2015-06-09 修订日期: 2015-08-10

基金项目: 国家自然科学基金(41401312); 水利部公益性行业专项(201301050); 江西省重点科技成果转移转化计划(20133ACI90003); 江西省水利科技重大项目(KT201109)

作者简介: 陈晓安, 男, 安徽南陵人, 工程师, 主要研究土壤侵蚀机理等。
南昌 江西省水土保持科学研究院, 330029. Email: onlycxa@163.com

沙。裸地与其他坡耕地小区一样翻耕、施肥，但不起垄。
试验处理详述见表 1。

表 1 试验设计
Table 1 Design of experiment

处理 Treatments	其他描述 Other description
裸地 Bare land(CK)	翻耕不起垄
顺坡耕作 Downslope tillage	顺坡翻耕起垄(宽 70 cm、高 30cm，下同)
顺坡+植物篱 Downslope tillage+ hedgerow	顺坡翻耕起垄，从坡底开始每隔 5 m 沿等高线种 2 行宽 30 cm 的雀稗草篱
横坡耕作 Transversal slope tillage	横坡（沿等高线）翻耕起垄

1.3 试验过程

试验前，各小区施复合肥 2.5 kg（N、P、K 质量分数都为 16%），施钙镁磷肥 1 kg（ $P_2O_5 \geq 12\%$ 、可溶性磷 $\geq 18\%$ ）。2011 年 6 月中旬种植常规品种大豆（品种为隆平高科青大豆），大豆种植在垄面上，行距 30 cm，株距 35 cm，10 月初收获。草篱采用宽叶雀稗，6 月上旬整地后种植雀稗，每带草篱 2 行，宽 30 cm，密播种植，播种密度 15 g/m²。试验前和试验中未进行人工灌溉。

2011 年整个大豆生育期 6—10 月，共有 8 场产流自然降雨，在出现产流的每场降雨后观测各径流小区径流泥沙，并采集养分样品。径流量根据集流桶标尺刻度记录计算，土壤侵蚀量采用烘干法测定含沙水样计算。土壤侵蚀模数为单位面积土壤侵蚀量，t/km²；径流深为单位面积产流量，mm。

用矿泉水瓶在集流桶中采集 1 瓶 500 mL 水样，添加 0.4 mL 浓硫酸放在 4℃ 样品柜冷藏保存，水样用于径流中养分的测定，并采集流桶底泥沙 200 g 用于泥沙中养分的测定。

1.4 测定项目

参照《土壤农业化学分析方法》^[13]测定径流、泥沙中氮磷。为测定径流中不同形态氮和磷，首先将水样过 0.45 μm 金晶牌醋酸纤维微孔滤膜（上海兴亚净化材料厂），去除泥沙等颗粒物后，采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法测定可溶性氮即径流中总氮（mg/L），采用水杨酸钠比色法测定铵氮（mg/L），采用硫酸肼还原法测定硝态氮（mg/L），采用钼酸铵分光光度法测定可溶性磷即径流中的全磷（mg/L）。径流中无机氮主要包括铵氮和硝态氮。

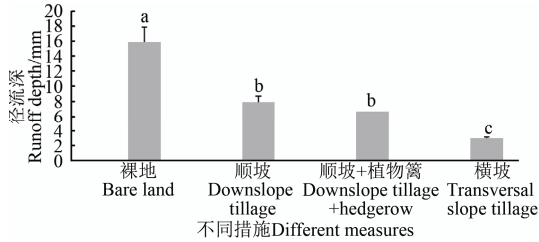
采集的泥沙风干后用于测定泥沙中氮和磷：采用硫酸-高氯酸消化-水杨酸钠比色法测定全氮即泥沙中总氮（g/kg），采用硫酸-高氯酸消化—钼锑抗比色法测定全磷（g/kg），包括无效磷和速效磷，采用扩散吸收法测定碱解氮（mg/kg），采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定速效磷（mg/kg）。

整个大豆生育期 8 场产流降雨，共获得 8 场径流泥沙养分数据，利用 Spss 软件分析大豆整个生长期不同措施下径流、泥沙、养分年累计值，累计值即 8 场产流降雨事件下径流、泥沙、养分分别求和。

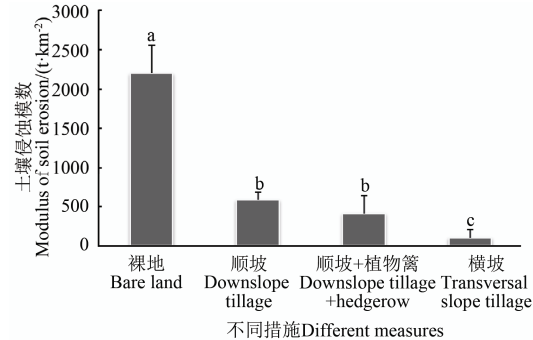
2 结果与分析

2.1 产流产沙特征

不同处理下坡耕地产流产沙变化如图 1 所示。



a. 径流深
a. Runoff depth



b. 土壤侵蚀模数
b. Modulus of soil erosion

注：不同小写字母表示处理间 0.05 水平差异显著，下同。
Note: Different letters indicate significant difference among treatments at 0.05 level, same as below.

图 1 不同处理对坡耕地产流产沙的影响

Fig.1 Effects of different measures on runoff and sediment yields of sloping cropland

图 1a 可知，坡耕地不同措施对径流深影响显著，从对照裸地、顺坡耕作和顺坡+植物篱、横坡耕作径流深依次减小。与裸地对比，顺坡耕作、顺坡+植物篱、横坡耕作径流深依次减少了 50.44%、58.40%、81.52% ($P < 0.05$)。农作物种植能增加植被覆盖度，且植物根系有固土的作用，因而坡耕地种植农作物后相对裸地具有明显减流效果。顺坡+植物篱与顺坡耕作径流深差异未达到显著水平，而横坡耕作径流深显著低于顺坡和顺坡+植物篱 ($P < 0.05$)。相对传统的顺坡耕作，横坡耕作减少径流深达 62.71%，说明横坡耕作减流作用高于顺坡耕作，可能是由于横垄沿等高线布设，垄的层层拦蓄对径流的拦截作用更大。

与产流规律相似，坡耕地不同措施侵蚀产沙量从大到小依次为裸露地、顺坡耕作和顺坡+植物篱、横坡耕作（图 1b）。与裸地对比，顺坡耕作、顺坡+植物篱、横坡耕作泥沙相对减少 73.49%、81.38%、95.47% ($P < 0.05$)。顺坡+植物篱侵蚀产沙与顺坡耕作侵蚀产沙没有显著差异，横坡耕作侵蚀产沙显著小于顺坡耕作、顺坡+植物篱 ($P < 0.05$)，横坡耕作相对传统的顺坡耕作减少泥沙达 82.90%。

综上，由于植物覆盖增加和根系固土减少土壤侵蚀产沙，坡耕地种植农作物后，相对相同翻耕处理的裸地

具有明显减流作用。顺坡+植物篱措施由于植物篱的拦挡其侵蚀模数理论上应该小于顺坡耕作,但可能由于该植物篱是 2011 年第 1 年种植,密度小,草篱减沙效益与传统的顺坡相比没有达到显著水平。各处理中,横坡耕作

通过等高横垄的拦挡,减沙效益最为显著。

2.2 径流和泥沙中氮磷流失特征

2.2.1 径流中氮磷流失

坡耕地不同处理下地表径流中氮、磷流失量见表 2。

表 2 不同处理下地表径流中氮、磷流失量

Table 2 Nitrogen and phosphorus loss in soil surface runoff under different measures

不同措施 Different measures	总氮 Total N (kg·hm ⁻²)	无机氮及其组成 Inorganic N and its components/(kg·hm ⁻²)			有机氮 Organic N (kg·hm ⁻²)	占总 N 比例 Proportion in total N/%		全磷 Total P (kg·hm ⁻²)
		氨氮 Ammonia N	硝态氮 Nitrate N	总计 Total		有机氮 Organic N	无机氮 Inorganic N	
裸地 Bare land	0.5164a	0.0917a	0.0064a	0.0981a	0.4183a	81.00	19.00	0.0022a
顺坡 Downslope tillage	0.1449b	0.0476b	0.00262b	0.0502b	0.0947b	65.36	34.64	0.00087b
顺坡+植物篱 Downslope tillage+ hedgerow	0.1857b	0.0519b	0.00400b	0.0559b	0.1298b	69.90	30.10	0.0010b
横坡 Transversal slope tillage	0.0671c	0.0234c	0.0014c	0.0248c	0.0423c	63.04	36.96	0.00037c

注:不同小写字母表示处理间 0.05 水平差异显著,下同。

Note: Different letters indicate significant difference among treatments at 0.05 level, same as below.

表 2 可知,不同措施下随地表径流流失的氮表现出明显差异,总氮、铵氮、硝态氮都表现为裸地最大,显著高于其他措施 ($P<0.05$),顺坡耕作与顺坡+植物篱措施没有显著差异,横坡耕作总氮、铵氮、硝态氮都最小,显著低于其他措施 ($P<0.05$)。通过对不同措施下随地表径流流失的铵氮与硝态氮 t 检验,发现铵氮的流失量要显著高于硝态氮流失量 ($P<0.05$)。由于径流中氮的流失量与径流流失量相关,不同措施间径流中不同形态氮流失差异与不同措施间产流差异类似。与传统的顺坡耕作相比,横坡耕作总氮、铵氮、硝态氮分别相对减少 53.69%、50.84%、46.15%。可能由于该试验区施用的复合肥中氮素为硫酸铵,受施肥影响,流失的铵氮要显著高于硝态氮,裸地、顺坡、顺坡+植物篱、横坡耕作下铵氮的流失量分别是硝态氮流失量的 14.33、18.31、12.98、16.71 倍。与氮流失类似,坡耕地不同措施下地表径流中全磷的流失表现为裸地最大,显著大于其他措施下地表径流中全磷的流失 ($P<0.05$);横坡耕作可溶性磷的流失显著的小于其他措施 ($P<0.05$),与传统的顺坡耕作相比,横坡耕作使地表径流中全磷相对减少 57.47%。

表 2 还表明不同措施下地表径流携带的氮素流失中有机氮在 0.0423~0.4183 kg/hm²,占径流中总氮的 63.04%~81%,无机氮的流失在 0.0248~0.0981kg/hm²,仅占径流中总氮 19%~36.96%,表明坡耕地径流中氮素的流失主要以有机氮流失为主。

2.2.2 泥沙中氮磷流失

表 3 表明,不同措施间泥沙携带的氮磷流失表现出明显差异。总体而言,泥沙携带全氮、全磷从裸地、顺坡、顺坡+植物篱、横坡耕作依次减小。从 t 检验结果表明,裸地与顺坡耕作泥沙携带的全氮流失无显著差异,顺坡+植物篱显著小于顺坡耕作 ($P<0.05$),横坡耕作泥沙携带的全氮流失显著小于其他措施 ($P<0.05$);不同措施泥沙携带的全磷表现为裸地显著高于其他任何措施

($P<0.05$),顺坡耕作与顺坡+植物篱无显著差异,横坡耕作携带的全磷显著低于其他措施 ($P<0.05$);相对传统的顺坡耕作,横坡耕作减少泥沙携带的全氮、全磷含量分别为 93.89%、89.33%。从流失的养分类别上看,泥沙携带的全氮流失量要明显大于全磷流失量。本研究氮肥施用量高于磷肥,土壤背景值中全氮浓度高于全磷浓度,而且大豆是固氮植物,大豆根瘤菌及其附近土壤中氮含量高,这些都可能全氮的流失量要明显大于全磷的流失。

表 3 不同措施下泥沙携带的氮、磷流失

Table 3 N and P losses in sediments under different measures

不同措施 Different measures	全氮 Total N (kg·hm ⁻²)	全磷 Total P (kg·hm ⁻²)	碱解氮 Alkali-hydro N/(kg·hm ⁻²)	速效磷 Available P/(kg·hm ⁻²)
裸地 Bare land	12.756a	7.474a	0.830a	0.172a
顺坡 Downslope tillage	8.707b	2.964b	0.370b	0.063b
顺坡+植物篱 Downslope tillage+ hedgerow	3.836b	1.536b	0.141b	0.027b
横坡 Transversal slope tillage	0.532c	0.316c	0.028c	0.003c

表 3 还表明,裸地、顺坡耕作、顺坡+植物篱、横坡耕作泥沙携带的碱解氮、速效磷流失量依次减小。 t 检验结果显示裸地泥沙携带的碱解氮、速效磷显著高于其他措施 ($P<0.05$),顺坡耕作与顺坡+植物篱间无显著差异,横坡耕作碱解氮、速效磷流失量显著低于其他措施 ($P<0.05$),横坡耕作减少泥沙携带的碱解氮、速效磷效益分别为 92.36%、94.74%;不同措施碱解氮的流失量大于速效磷的流失量。

总之,坡耕地在不同措施下随径流携带磷流失量在 0.00037~0.0022 kg/hm²,占总磷流失的 0.029%~0.117%,泥沙结合态磷的流失占总磷流失量在 0.316~7.4738 kg/hm²,占总磷流失的 99.88%~99.97% (表 4),表明坡耕地磷的流失主要以泥沙结合态的形式流失。

表 4 径流和泥沙中不同形态磷流失情况
Table 4 Different forms of P loss in runoff and sediment

不同措施 Different measures	磷流失量 P losses/(kg·hm ⁻²)		占全磷比例 Percentages in total P/%	
	径流中可 溶性磷 Dissolved P in runoff	泥沙结合态 磷 Particulate P in sediment	径流中可溶 性磷 Dissolved P in runoff	泥沙结合 态磷 Particulate P in sediment
裸地 Bare land	0.0022	7.474	0.029	99.971
顺坡 Downslope tillage	0.00087	2.964	0.029	99.971
顺坡+植物篱 Downslope tillage+ hedgerow	0.0010	1.536	0.065	99.935
横坡 Transversal slope tillage	0.00037	0.316	0.117	99.883

3 讨 论

地表径流是引起坡耕地土壤侵蚀与养分流失的主要动力^[14]，相同条件下，坡面侵蚀产沙量、氮、磷流失量与径流量成正相关性。植物覆盖通过茎叶拦蓄雨水，其根系也能增强土壤抗冲性、改善土壤理化性质、提高土体剪切强度，有效减少径流和侵蚀^[15]，植物增加地表粗糙度，减缓流速，增加入渗，减小径流冲刷量。因此，相对种植农作物的顺坡、顺坡+植物篱，横坡耕作，裸地产流产沙量最大。植物篱通过机械拦挡，阻挡水流，减缓流速，减少泥沙携带泥沙能力，从而减小土壤侵蚀^[16]，但由于本研究中植物篱种植第 1 年并没有形成明显的地坎，而且植物篱带宽小，对径流影响不大，因此，顺坡+植物篱与顺坡耕作相比无减少径流作用，但是减少泥沙明显。横坡耕作通过横垄，高出地表的垄可以减缓地表流速，甚至小雨的时候可以全部拦蓄的垄沟内，减少地表冲刷明显，因此横坡耕作可以明显减少地表径流和侵蚀产沙。

坡耕地养分的流失与水土流失成正相关性^[17]。可溶性氮、径流中铵氮、径流中硝态氮、可溶性磷都是随径流迁移，因此，不同措施下的可溶性氮、径流中铵氮、径流中硝态氮、可溶性磷的流失与产流规律类似。泥沙携带的养分流失很大程度上受泥沙流失量的影响^[18]，因此，不同措施下泥沙携带的全氮、全磷、碱解氮、速效磷的流失与坡面侵蚀产沙规律类似，裸地最大，顺坡耕作和顺坡+植物篱次之，横坡耕作最小。由于磷主要吸附于土壤黏粒中，所以坡耕地磷的流失主要以泥沙结合态流失为主，该结论与李裕元等^[19]研究结论一致。

4 结 论

1) 坡耕地不同措施对地表产流影响显著，以对照裸地最高，顺坡耕作和顺坡+植物篱次之，横坡耕作最小。坡耕地种植作物显著减少地表径流，各种处理中，横坡耕作减流作用最显著，与传统顺坡耕作相比，可减流 62.71%。与产流规律相似，坡耕地种植作物后土壤侵蚀产沙量比对照裸地显著减小 ($P<0.05$)。横坡耕作土壤侵蚀模数显著小于其他措施，与传统顺坡耕作相比，减沙效益达 82.90%，具有显著减沙作用。

2) 坡耕地径流中携带的总氮、铵氮、硝态氮、全磷

的流失与径流流失规律类似，径流中总氮、铵氮、硝态氮、全磷的流失都表现为裸地最大，由于植物篱第 1 年不能明显减少坡面径流，致使顺坡耕作与顺坡+植物篱措施无显著差异；横坡耕作径流中氮磷的流失显著小于其他措施，与传统的顺坡耕作相比，横坡耕作可溶性氮、铵氮、硝态氮、可溶性磷分别相对减少 53.69%、50.84%、46.15%、57.47%；坡耕地可溶性氮流失以有机氮流失为主，无机氮中以铵氮流失为主；坡耕地中泥沙携带的全氮、全磷、碱解氮、速效磷的流失与泥沙流失量关系密切，泥沙携带的全氮、全磷、碱解氮、速效磷的流失表现为对照裸地最高，横坡耕作最小；与传统的顺坡耕作相比，横坡耕作泥沙携带的全氮、全磷、碱解氮、速效磷分别相对减少 93.89%、89.33%、92.36%、94.74%；坡耕地中磷的流失主要以泥沙结合态流失。

【参 考 文 献】

- [1] 刘宝元, 张科利, 焦菊英. 土壤可蚀性及其在侵蚀预报中应用[J]. 自然资源学报, 1999, 14(4): 345—350.
Liu Baoyuan, Zhang Keli, Jiao Juying. Soil erodibility and its use in soil erosion prediction model[J]. Journal of Natural Resources, 1999, 14(4): 345—350. (in Chinese with English abstract)
- [2] 辜松, 小松崎将一, 森泉昭治, 等. 覆盖作物与耕作法对土壤性质的影响[J]. 农业机械学报, 2005, 36(7): 37—40.
Gu Song, Komatsuzaki Masakazu, Shoji Moriyumi, et al. Influence of cover crops and tillage treatment on soil properties[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(7): 37—40. (in Chinese with English abstract)
- [3] 中华人民共和国水利部. 中国水土保持公报[R]. 北京: 中华人民共和国水利部, 2007
- [4] 全为民, 严力蛟. 农业面源污染对水体富营养化的影响及其防治措施[J]. 生态学报, 2002, 22(3): 291—299.
Quan Weimin, Yan Lijiao. Effects of agricultural non-point source pollution on eutrophication of water body and its control measure[J]. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(3): 291—299. (in Chinese with English abstract)
- [5] 陈奇伯, 王克勤, 齐实, 等. 黄土丘陵区坡耕地水土流失与土地生产力的关系[J]. 生态学报, 2003, 23(8): 1463—1469.
Chen Qibo, Wang Keqin, Qi Shi, et al. Soil and water erosion in its relation to slope field productivity in hilly gully areas of the Loess Plateau[J]. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(8): 1463—1469. (in Chinese with English abstract)
- [6] 陈志良, 程炯, 刘平, 等. 暴雨径流对流域不同土地利用土壤氮磷流失的影响[J]. 水土保持学报, 2008, 22(5): 30—33.
Chen Zhiliang, Cheng Jiong, Liu Ping, et al. An experiment on influence of storm on nitrogen loss and phosphorus loss

- under different land use in river basin[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2008, 22(5): 30—33. (in Chinese with English abstract)
- [7] 傅涛, 倪九派, 魏朝富, 等. 坡耕地土壤侵蚀研究进展[J]. 水土保持学报, 2001, 15(3): 123—128.
Fu Tao, Ni Jiupai, Wei Chaofu, et al. Recent development of sloping field erosion[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2001, 15(3): 123—128. (in Chinese with English abstract)
- [8] 温磊磊, 郑粉莉, 杨青森, 等. 雨型对东北黑土区坡耕地土壤侵蚀影响的试验研究[J]. 水利学报, 2012, 9(43): 1084—1091.
Wen Lei-lei, Zheng Fenli, Yang Qingsen, et al. Effects of rainfall patterns on hillslope farmland erosion in black soil region of Northeast China[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2012, 9(43): 1084—1091. (in Chinese with English abstract)
- [9] 王健, 尹武君, 云峰, 等. 渭北旱塬坡耕地水土和养分流失特征[J]. 水土保持学报, 2012, 26(1): 33—37.
Wang Jian, Yin Wujun, Yun Feng, et al. Characteristics of water and soil and nutrients loss on sloping lands in Wei bei Highland[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2012, 26(1): 33—37. (in Chinese with English abstract)
- [10] 李裕元, 邵明安. 土壤翻耕影响坡地磷流失试验研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(3): 443—448.
Li Yuyuan, Shao Mingan. Effect of soil tillage on phosphorus loss from slope land: An experimental study[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(3): 443—448. (in Chinese with English abstract)
- [11] 林超文, 罗春燕, 庞良玉, 等. 不同耕作和覆盖方式对紫色丘陵区坡耕地水土及养分流失的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(22): 6091—6101.
Lin Chaowen, Luo Chunyan, Pang Liangyu, et al. Effects of different cultivation and mulching methods on soil erosion and nutrient losses from a purple soil of sloping land[J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(22): 6091—6101. (in Chinese with English abstract)
- [12] 喻定芳, 戴全厚, 王庆海, 等. 北京地区等高草篱防治坡耕地水土流失效果[J]. 农业工程学报, 2010, 26(12): 89—96.
Yu Dingfang, Dai Quanhou, Wang Qinghai, et al. Effects of contour grass hedges on soil and water losses of sloping cropland in Beijing[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2010, 26(12): 89—96. (in Chinese with English abstract)
- [13] 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, 1999.
- [14] 李承力, 杨特武, 徐君驰, 等. 丹江口库区坡耕地不同轮作模式作物生产力及农田养分流失比较[J]. 水土保持学报, 2011, 25(4): 83—87.
Li Chengli, Yang Tewu, Xu Junchi, et al. Crop productivity and comparison of farmland nutrient loss in different crop patterns on slope land in Danjiangkou reservoir area[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2011, 25(4): 83—87. (in Chinese with English abstract)
- [15] 李勇, 徐晓琴, 朱显漠, 等. 植物根系与土壤的抗冲性[J]. 水土保持学报, 1993, 7(3): 11—18.
Li Yong, Xu Xiaoqin, Zhu Xianmo, et al. Plant roots and soil anti-scourability [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1993, 7(3): 11—18. (in Chinese with English abstract)
- [16] 蔡强国, 黎四龙. 植物篱减少侵蚀的原因分析[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(1): 55—60.
Cai Qianguo, Li Silong. Effect of contour hedgerows on control of soil erosion[J]. Journal of Soil Erosion and Soil and Water Conservation, 1998, 4(1): 55—60. (in Chinese with English abstract)
- [17] 杨红薇, 张建强, 唐家良, 等. 紫色土坡地不同种植模式下水土和养分流失动态特征[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(3): 615—619.
Yang Hongwei, Zhang Jianqiang, Tang Jialiang, et al. Soil, water and nutrient loss under different cropping systems in purple-soil slope - lands[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2008, 16(3): 615—619. (in Chinese with English abstract)
- [18] 蒋光毅, 史东梅, 卢喜平, 等. 紫色土坡地不同种植模式下径流及养分流失研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(5): 54—63.
Jiang Guangyi, Shi Dongmei, Lu Xiping, et al. Research on runoff and nutrient loss from slopeland of purple soil under different planting model[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2004, 18(5): 54—63. (in Chinese with English abstract)
- [19] 李裕元, 邵明安. 土壤翻耕影响坡地磷流失试验研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(3): 443—448.
Li Yuyuan, Shao Ming'an. Effect of soil tillage on phosphorus loss from slope land: An experimental study[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(3): 443—448. (in Chinese with English abstract)

Sediment, runoff, nitrogen and phosphorus losses of sloping cropland of quaternary red soil in northern Jiangxi

Chen Xiaolan, Yang Jie, Zheng Taihui, Zhang Jie

(1. Jiangxi Research Institute of Soil and Water Conservation, Nanchang 330029, China; 2. Key Laboratory of Soil Erosion and Prevention, Jiangxi Province, Nanchang 330029, China;)

Abstract: In soil and water losses, 30% is from sloping cropland in China. Nutrients losses with soil losses cause poor soil productivity, especially in red soils. This study aimed to investigate the sediment and runoff losses of sloping cropland of quaternary red soil and the N and P losses in the sediments and runoff. Site-specific long-term observations have been conducted during June-October 2011 in the plots of quaternary red soil in Soil and Water Conservation Eco-technology Garden of Jiangxi ($E15^{\circ}42'38''$ $-115^{\circ}43'06''E$, $N29^{\circ}16'37''-29^{\circ}17'40''$) located in De'an county, Jiujiang city, northern Jiangxi province. Four treatments such as bare land, downslope tillage, downslope tillage combined with hedgerow and transversal slope tillage were designed. Runoff, sediments and N and P contents were determined by collecting samples during every rainfall. The results showed that the surface runoff of bare land (15.96 mm) was highest, followed by downslope tillage (7.91mm) and downslope tillage+ hedgerow (6.64 mm) and transversal slope tillage (2.95 mm) was lowest. Compared with downslope tillage, runoff was reduced by 62.71% by transversal slope tillage. Sediment yields of bare land (2205.5 t/km^2) was highest, followed by downslope tillage (584.6 t/km^2) and downslope tillage+ hedgerow (410.7 t/km^2), and the sediment yields of transversal slope tillage (99.96 t/km^2) was lowest. Compared with downslope tillage, sediment yields of transversal slope tillage was reduced by 82.9%. The soluble N, ammonia nitrogen, nitrate nitrogen and soluble P losses in runoff were highest for bare land, and lowest for transversal slope tillage. They in the transversal slope tillage were reduced by 53.69%, 50.84%, 46.15% and 57.47%, respectively than those in downslope tillage. The total N, total P, alkali-hydro N and available P losses in sediments were highest in the bare land but lowest in sediments of the transversal slope tillage. The organic N losses from the sloping cropland were dominated by the soluble N; while inorganic N losses were dominated by ammonia N. Moreover, the P losses in sediments accounted for most of total P losses. The study is helpful for better understanding of nutrient losses from the sloping cropland of quaternary red soil, and provide data support for protection and regulation of soil and water losses and non-point pollution from sloping cropland.

Key words: runoff; sediments; erosion; northern Jiangxi; quaternary red soil; sloping cropland; nitrogen and phosphorus losses