

# 农林复合措施保土保肥试验分析

胡宏祥, 朱小红, 严平, 马友华, 周俊, 李道林

(安徽农业大学 资源与环境学院, 安徽 合肥 230036)

**摘要:** 在安徽省开展了4组农林复合间作试验。结果表明, 等高种植和棉花可明显降低径流中氮、磷的流失, 其中等高种植山芋的径流中全氮、全磷分别为10.481 mg/L和0.122 mg/L, 顺坡种植山芋的径流中全氮、全磷则分别为43.112 mg/L和0.285 mg/L; 等高种植棉花的径流中全氮、全磷分别为3.779 mg/L和0.109 mg/L, 顺坡种植棉花的径流中全氮全磷则分别为38.980 mg/L和0.288 mg/L。沟渠拦截了径流和泥沙, 也拦截了水土携带的氮、磷, 观察期间, 沟渠拦截1号至4号地块径流中氮素总量分别为575.09, 631.18, 199.45, 710.05 mg, 磷素总量分别为54.54, 21.42, 23.24, 30.13 mg; 沟渠拦截1号至4号地块流失泥沙中氮素总量分别为3.00, 2.95, 1.07, 3.35 g, 磷素总量分别为0.80, 0.67, 0.21, 0.69 g。山芋—杨树—棉花—杨树复合间作明显降低了农田水土和氮、磷流失量, 观察期间, 山芋—杨树—棉花—杨树复合间作的径流量和流失泥沙量分别为2 623 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>和17.31 g/m<sup>2</sup>, 而单一山芋种植下为3 138 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>和19.76 g/m<sup>2</sup>, 单一棉花种植下为2 658 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>和17.87 g/m<sup>2</sup>; 山芋和棉花单位面积产生径流中氮磷平均值分别为17.88 mg/m<sup>2</sup>和0.25 mg/m<sup>2</sup>, 泥沙中氮磷平均值分别为21.30 mg/m<sup>2</sup>和5.24 mg/m<sup>2</sup>, 而山芋—杨树—棉花—杨树复合间作的对应径流和泥沙中氮磷值分别为14.23, 0.22, 20.08, 4.85 mg/m<sup>2</sup>。农林复合生产与沟渠拦截对保土保肥和防控农业面源污染, 具有重要的作用。

**关键词:** 农林复合; 沟渠拦截; 径流; 泥沙; 氮磷

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)03-0083-04

中图分类号: S153, X824

## Test Analysis of Agro-forestry Measure in Soil and Nutrient Conservation

HU Hong-xiang, ZHU Xiao-hong, YAN Ping, MA You-hua, ZHOU Jun, LI Dao-lin

(School of Resources and Environment, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036, China)

**Abstract:** Four groups of agro-forestry intercropping trials were carried out in Anhui Province. Results showed that nitrogen and phosphorus loss in runoff was significantly reduced by contour cultivation of sweet potato and cotton as compared with longitudinal cultivation. The contents of nitrogen and phosphorus in runoff were 10.481 and 0.122 mg/L in contour cultivation of sweet potato, while they were 43.112 and 0.285 mg/L in downslope cultivation, respectively. The contents of nitrogen and phosphorus in runoff were 3.779 and 0.109 mg/L in contour cultivation of cotton, while they were 38.980 and 0.288 mg/L in downslope cultivation, respectively. Ditches not only intercepted runoff and sediment, but also reduced the losses of nitrogen and phosphorus carried by water and sediment. In observation period, ditches intercepted the loss of nitrogen (575.09, 631.18, 199.45, and 710.05 mg in 1 to 4 plots) and the loss of phosphorus (54.54, 21.42, 23.24, and 30.13 mg in 1 to 4 plots) in runoff. Ditches also intercepted the loss of nitrogen (3.00, 2.95, 1.07, and 3.35 g in 1 to 4 plots) and the loss of phosphorus (0.80, 0.67, 0.21, and 0.69 g in 1 to 4 plots) in sediment. Sweet potato-poplar-cotton-poplar intercropping not only significantly reduced soil and water loss, but also reduced the amount of nitrogen and phosphorus loss. The losses of water and soil in sweet potato-poplar-cotton-poplar intercropping were 2623 and 17.31 g/m<sup>2</sup>, while in single sweet potato-growing, they were 3138 and 19.76 g/m<sup>2</sup> and in single cotton-growing, 2658 and 17.87 g/m<sup>2</sup>, respectively. In sweet potato and cotton, the averaged losses of nitrogen and phosphorus in runoff were

收稿日期: 2009-10-26

修回日期: 2010-01-02

资助项目: 国家科技部科技支撑计划项目“沿巢湖地区农田养分污染减控与面源污染防控研究与示范”(2007BAD87B06); 国家水污染控制与治理科技重大专项“受农业面源污染入湖河流污染控制与生态修复技术及工程示范”(2009ZX07103-002); 安徽省115创新团队资助“巢湖流域农业面源污染及治理”; 安徽农业大学稳定和引进人才科研资助项目“沟渠生态拦截对农业面源污染物氮磷输出影响的研究”

作者简介: 胡宏祥(1971—), 男(汉族), 安徽省长丰县人, 博士, 副教授, 主要从事水土保持与环境生态等研究。E-mail: hughongxiang@ahau.edu.cn.

17.88 and 0.25 mg/m<sup>2</sup>, while in sediment, 21.30 and 5.24 mg/m<sup>2</sup>, respectively. In sweet potato-poplar-cotton-poplar intercropping, losses of nitrogen and phosphorus in runoff were 14.23 and 0.22 mg/m<sup>2</sup>, and in sediment, 20.08 and 4.85 mg/m<sup>2</sup>, respectively. Agro-forestry production and eco-ditch measure have important roles in preserving water, soil, and nutrient and controlling agricultural non-point source pollution.

**Keywords:** agro-forestation system; ditch interception; runoff; sediment; nitrogen and phosphorus

面源污染是全世界普遍存在的环境问题之一,而农业面源污染是其中最为突出的一部分<sup>[1]</sup>。相关报道<sup>[2-3]</sup>显示,国外地表水中有 50% 以上的氮磷是来源于农田径流,中国农业面源污染在各类环境污染中的比重占到 30%~60%。因此,从 20 世纪 80 年代起,农业面源污染及其控制措施研究逐渐受到国内外的重视,关于农业面源污染物的生态控制方法,主要有生态农业建设、植物缓冲带、沟渠生态拦截等<sup>[2-8]</sup>。目前在江淮之间关于农林复合生产与沟渠拦截对水土流失的影响研究相对很少,特此选择距离巢湖水体很近的丘岗地,研究不同复合农业利用方式对水土流失和养分流失的影响,及沟渠生态拦截氮磷的效果,以便为巢湖流域农业面源污染的优化控制提供科学参数和依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区简介

研究区位于安徽省合肥市肥东县迎霞村,距巢湖水体 2 km,坡度 5°,属北亚热带湿润季风气候区。气候温和,雨量适中,光照充分,热量条件较好,无霜期长,年平均气温在 15.7℃~16.1℃。最热月(7月)平均气温 28.2℃~28.4℃,最冷月(1月)2.4℃~2.8℃。试验区土地利用大多为粮食一年两熟,冬季作物多为油菜(*Brassica campestris* L.),少量种植小麦(*Triticum aestivum* L.)。巢湖周边地形以丘陵为主,因农业历史悠久,人类对土地的干预和影响深刻。近些年来,随着当地化肥、农药施用量及畜禽养殖的急剧增加,农业面源污染问题日益突出。

### 1.2 试验设计

1.2.1 等高种植和顺坡种植设置 主要设置 2 组:山芋(*Colocasia formosana*)和棉花(*Gossypium* spp)。每组中设置 2 个处理:等高种植、顺坡种植。根据实际农田现状,结合适当改造形成每个处理田块。其中,顺坡山芋田块为 42.7 m×4.4 m,等高山芋为 13.2 m×4.4 m,顺坡棉花田块为 18.3 m×5.3 m,等高山芋为 13.2 m×5.3 m;农田施肥仍按照农民传统习惯进行。

1.2.2 沟渠的设置 在两种种植类型 4 个田块下端分别设置 1 个沟渠。沟渠为人工挖成,沟渠宽均为 40 cm,深也均为 40 cm,沟渠的长除了 3 号(因其面

积较小)设置 70 cm 外,其它沟渠长均设置 350~400 cm 之间。

1.2.3 农林复合生产试验设置主要设置 3 种处理:单一种植山芋,单一种植棉花,山芋—杨树(*Tricholoma populinum*)—棉花—杨树复合间作。其中,山芋种植小区面积为 6.5 m×4.0 m,棉花种植小区面积为 6.5 m×5.0 m,山芋—杨树—棉花—杨树复合间作小区面积为 6.5 m×10.0 m,具体比例是山芋(6.5 m×4.0 m)—杨树(6.5 m×0.5 m)—棉花(6.5 m×5.0 m)—杨树(6.5 m×0.5 m)。

### 1.3 测试项目与方法

泥沙是指径流中的沉积物,参照《土壤农化分析》<sup>[9]</sup>进行泥沙样品处理和分析测试,径流是指经过一定时间静置取上部清液,参照《湖泊富营养化调查规范》<sup>[10]</sup>中分析方法进行。

(1) 泥沙样品。全氮用半微量开氏法;全磷用钼锑抗比色法;水解氮用康维皿扩散法;速效磷用 NaHCO<sub>3</sub> 浸提—钼锑抗比色法。

(2) 径流样品。总氮用硫酸消解后,用开氏法;氨氮用纳氏试剂比色法;硝态氮用酚二磺酸比色法;总磷用钼酸铵分光光度法;可溶磷用钼锑抗比色法。

### 1.4 数据处理

监测分析数据录入计算机,运用 Microsoft Excel 2003 进行统计与分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同种植方式下径流中氮磷流失的差异

在 2009 年 6 月 22 日,7 月 1 日,7 月 24 日降雨后,分别对顺坡种植的山芋地和棉花地、等高种植的山芋地和棉花地进行了径流取样和监测,表 1 为 3 次径流监测的平均值。

通过表 1 可以看出,等高种植方式下农田氮磷的流失明显少于顺坡种植方式下农田氮磷的流失,其中铵态氮和全氮的差异最为明显。就山芋种植来说,顺坡山芋的径流中铵态氮、全氮分别为 30.597, 43.112 mg/L,明显高于等高山芋的径流中铵态氮(1.041 mg/L)、全氮(10.48 mg/L);就棉花种植来看,顺坡棉花的径流中铵态氮(24.405 mg/L)、全氮(38.980 mg/L)也显著高于等高棉花的径流中铵态氮(0.894 mg/L)、全氮(3.779 mg/L)。

表 1 顺坡种植和等高种植方式下径流中氮磷含量 mg/L

种植方式	全氮	铵态氮	硝态氮	全磷	可溶磷
顺坡山芋	43.112	30.597	1.083	0.285	0.084
等高山芋	10.481	1.041	0.794	0.122	0.036
顺坡棉花	38.980	24.405	1.084	0.288	0.112
等高棉花	3.779	0.894	0.894	0.109	0.044

就顺坡种植径流中氮磷与等高种植径流中氮磷含量比值来看, 棉花地中全磷、可溶磷、全氮分别为 2.65, 2.56, 10.31, 高于山芋地中全磷(2.33)、可溶磷(2.36)、全氮(4.11), 说明不同种植方式下棉花地中全磷、可溶磷、全氮的差异要比山芋地明显; 而不同种植方式下铵态氮、硝态氮在棉花地和山芋地中差异的明显程度正好相反, 即不同种植方式下, 山芋地铵态氮(29.39)、硝态氮(1.36)比棉花地铵态氮(27.31)、硝态氮(1.21)差异更明显。

### 2.2 沟渠对水土流失的影响

在 2009 年 2 月 20 日, 利用田边沟渠对不同利用方式下连续几天降水径流及其泥沙进行了拦截与收集, 表 2 显示了沟渠对不同地块水土流失的拦截情况。

表 2 沟渠对不同地块径流和泥沙的拦截情况

地块编号	利用方式	地块面积/ m <sup>2</sup>	坡度/ (°)	径流量/ cm <sup>3</sup>	泥沙量/ g
1	油菜地	199.23	8	59 472	2 347
2	小麦地	245.96	4	71 400	2 490
3	油菜地	96.99	3	17 920	756
4	油菜地	279.50	4	66 360	2 560

由于连续几天降雨强度不大, 设置的沟渠对农田中径流及其携带的泥沙都进行了拦截, 因此沟渠对农田水土的拦截量的大小取决于不同地块的径流量和泥沙产生量。

### 2.3 沟渠对氮磷流失的影响

表 3—4 为沟渠在 2009 年 2 月 20 日拦截的径流和泥沙中氮磷养分含量情况。

表 3 沟渠拦截的径流中氮磷的含量 mg/L

地块编号	利用方式	全氮	铵态氮	硝态氮	全磷	可溶磷
1	油菜地	9.67	2.24	6.34	0.917	0.145
2	小麦地	8.84	1.55	1.98	0.300	0.205
3	油菜地	11.13	2.21	2.14	1.297	0.769
4	油菜地	10.70	1.92	1.25	0.454	0.127

表 4 沟渠拦截的泥沙中氮磷的含量

地块编号	利用方式	全氮/ (g·kg <sup>-1</sup> )	水解氮/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	全磷/ (g·kg <sup>-1</sup> )	有效磷/ (mg·kg <sup>-1</sup> )
1	油菜地	1.28	75.072	0.34	11.06
2	小麦地	1.18	110.52	0.27	9.19
3	油菜地	1.42	89.90	0.28	4.59
4	油菜地	1.31	91.77	0.27	6.60

根据各田块的径流量和泥沙流失量, 结合表 3 中径流氮磷浓度, 表 4 中泥沙氮磷浓度, 可以计算出通过沟渠对各田块径流和泥沙氮磷拦截量(表 5—6)。通过表 5—6 可以看出, 尽管沟渠拦截了大量的径流, 但由于泥沙中养分浓度远高于径流中养分浓度, 结果导致沟渠拦截的泥沙中氮磷总量显著高于沟渠拦截的径流中氮磷总量, 其中沟渠拦截泥沙中全磷总量是拦截径流中全磷总量的 10 以上。

表 5 沟渠拦截各田块径流中氮磷总量 mg

地块编号	利用方式	全氮	铵态氮	硝态氮	全磷	可溶磷
1	油菜地	575.09	133.22	377.05	54.54	8.62
2	小麦地	631.18	110.67	141.37	21.42	14.64
3	油菜地	199.45	39.60	38.35	23.24	13.78
4	油菜地	710.05	127.41	82.95	30.13	8.43

表 6 沟渠拦截各田块泥沙中氮磷总量

地块编号	利用方式	全氮/g	水解氮/mg	全磷/g	有效磷/mg
1	油菜地	3.00	176.19	0.80	25.96
2	小麦地	2.95	275.19	0.67	22.88
3	油菜地	1.07	67.96	0.21	3.47
4	油菜地	3.35	234.93	0.69	16.90

### 2.4 农林复合生产对水土流失和氮磷流失的影响

在 2009 年 6 月 22 日前后, 对山芋种植、棉花种植、山芋—杨树—棉花—杨树复合种植进行了水土流失量和氮磷流失量的监测。表 7 为各种种植方式的径流量和泥沙流失量。

表 7 显示, 山芋—杨树—棉花—杨树复合间作的径流量仅为 2 623 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, 明显低于单一山芋种植下径流量 3 138 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, 略低于单一棉花种植下径流量 2 658 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>; 单位面积泥沙流失量也是山芋—杨树—棉花—杨树复合间作下最小, 单一山芋种植下最大。因此, 进行农林复合间作可以降低农田水土流失量, 起到保土截流的作用。

表 7 单一种植与复合间作下农田径流量和泥沙流失量

种植方式	田块长/ m	田块宽/ m	径流量/ cm <sup>3</sup>	泥沙量/ g	单位面积径流量/ (cm <sup>3</sup> ·m <sup>-2</sup> )	单位面积泥沙流失量/ (g·m <sup>-2</sup> )
单一山芋	6.5	4.0	81 600	514	3 138	19.76
单一棉花	6.5	5.0	86 400	581	2 658	17.87
山芋—杨树—棉花间作	6.5	10.0	170 500	1 125	2 623	17.31

表 8 为单一种植与复合间作下农田通过径流和泥沙对氮磷输出量。

表 8 单一种植与复合间作下农田氮磷输出量  $\text{mg}/\text{m}^2$

种植方式	径流		泥沙	
	全氮	全磷	全氮	全磷
单一山芋	27.41	0.27	20.60	4.94
单一棉花	8.34	0.23	21.99	5.54
山芋—杨树	14.23	0.22	20.08	4.85
—棉花间作				

表 8 显示,山芋—杨树—棉花—杨树间作可以明显降低磷素的流失,农田单位面积上产生的径流、泥沙中所携带的全磷量,都在复合间作条件下是最低。其中,径流中山芋>棉花>山芋—杨树—棉花—杨树间作,泥沙中则是棉花>山芋>山芋—杨树—棉花—杨树间作。

表 8 也可看出,径流中携带的氮素是山芋>山芋—杨树—棉花—杨树间作>棉花,单位面积产生的泥沙中携带的氮素是棉花>山芋>山芋—杨树—棉花—杨树间作。

再把单一种植山芋和棉花的单位面积产生的氮磷进行平均可以得出,山芋—杨树—棉花—杨树间作明显降低了氮磷的流失。山芋和棉花单位面积产生径流中氮磷和泥沙中氮磷平均值分别为 17.88, 0.25, 21.30, 5.24  $\text{mg}/\text{m}^2$ ,都高于山芋—杨树—棉花—杨树复合间作的对应值 14.23, 0.22, 20.08, 4.85  $\text{mg}/\text{m}^2$ 。

### 3 结论

(1) 等高种植方式下农田氮磷的流失明显少于顺坡种植方式下农田氮磷的流失,其中铵态氮和全氮的差异最为明显。

(2) 在降雨量和降雨强度不大的情况下,沟渠对农田水土的拦截量的大小取决于不同地块的径流量和泥沙产生量,基本实现对径流和泥沙全部拦截。

(3) 沟渠拦截的泥沙量虽然远少于拦截的径流,但由于泥沙中养分浓度远高于径流中养分浓度,结果导致沟渠拦截的泥沙中氮磷总量显著高于沟渠拦截的径流中氮磷总量,其中沟渠拦截泥沙中全磷总量是

拦截径流中全磷总量的 10 以上。

(4) 山芋—杨树—棉花—杨树复合间作的径流量仅为 2 623  $\text{mg}/\text{m}^2$ ,低于山芋种植下径流量 3 138  $\text{mg}/\text{m}^2$  和棉花种植下径流量 2 658  $\text{mg}/\text{m}^2$ 。单位面积泥沙流失量也是山芋—杨树—棉花—杨树复合间作下最小,单一山芋种植下最大。

(5) 山芋—杨树—棉花—杨树间作明显降低了氮磷的流失。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] Jeffrey T Maxted, Matthew W Diebel, M Jake Vander Zanden. Landscape Planning for Agricultural Non-Point Source Pollution Reduction: II. Balancing Watershed Size, Number of Watersheds, and Implementation Effort [J]. Environmental Management, 2009, 43(1): 60-68.
- [2] Cuiling Jiang, Xiaoqi Fan, Guangbo Cui, et al. Removal of agricultural non-point source pollutants by ditch wetlands: Implications for lake eutrophication control [J]. Hydrobiologia, 2007, 581: 319-327.
- [3] 张维理, 武淑霞, 冀宏杰. 中国农业面源污染形势估计及控制对策: I. 21 世纪初期中国农业面源污染的形势估计 [J]. 中国农业科学, 2004, 37(7): 1008-1017.
- [4] 张兴昌. 耕作及轮作对土壤氮素径流流失的影响 [J]. 农业工程学报, 2002, 18(1): 70-73.
- [5] 黄东风, 王果, 李卫华, 等. 不同施肥模式对蔬菜产量、硝酸盐含量及菜地氮磷流失的影响 [J]. 水土保持学报, 2008, 22(5): 5-10.
- [6] Lorna J Cole, Ruth Morton, William Harrison. The influence of riparian buffer strips on carabid beetle (Coleoptera, Carabidae) assemblage structure and diversity in intensively managed grassland Wolds [J]. Biodivers Conserv., 2008, 17: 2233-2245.
- [7] Udawatta R P, Motavalli P P, Garrett H E, et al. Nitrogen and nitrate losses in runoff from three adjacent corn-soybean watersheds [J]. Agric Ecosyst and Environ, 2006, 117: 39-48.
- [8] 张刚, 王德建, 陈效民. 太湖地区稻田缓冲带在减少养分流失中的作用 [J]. 土壤学报, 2007, 44(5): 873-877.
- [9] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 14-90.
- [10] 金相灿, 屠清瑛, 主编. 湖泊富营养化调查规范 [M]. 2 版. 北京: 中国环境科学出版社, 1990: 80-160.