

地表控制排水对氮质量浓度和排放量影响的试验研究

殷国玺¹, 张展羽¹, 郭相平¹, 邵光成²

(1. 河海大学现代农业工程系, 江苏 南京 210098; 2. 河海大学节水园区, 江苏 南京 210098)

摘要 为减少农田排水对水环境的面源污染, 探讨了不同时段暴雨产生的地表径流中氮质量浓度和排放量的变化规律, 对比研究了南方丘陵地区农田地表控制和非控制排水对氮质量浓度和排放量的影响. 试验结果表明, 非控制排水各时段平均氮排放质量浓度高于控制排水平均氮排放质量浓度, 控制排水量比非控制排水量有所减少, 地表控制排水可显著减少农田氮排放量.

关键词 地表控制排水 氮质量浓度 排水量 面源污染

中图分类号 X832 **文献标识码** A **文章编号** 1000-1980(2006)01-0021-04

传统农田排水主要是为了满足农作物生长对土壤湿度和通气的需要, 很少考虑排水对环境的影响和雨水资源的有效利用. 如果不对农田排水进行适度控制, 则可能会出现过度排水问题. 表现在: (a) 过量排出对作物生长有用的水分和养分; (b) 大量的氮、磷等农田养分随排水流失, 污染了周围水体和地下水; (c) 土壤中有有机质氧化加快.

农田排水与降雨径流密切相关. 黄满湘等^[1]通过室内降雨模拟试验, 得出了农田暴雨径流氮养分的流失量与累积径流量呈正相关的结论, 并认为减少地表径流和土壤侵蚀量, 降低农田表土中速效氮养分含量是减少农田地表径流氮流失的关键. 郭伦等^[2]在桥水库流域进行的定点监测结果说明, 氮、磷流失均为“盆地大于丘陵, 丘陵大于山地”, 土壤母质, 土壤氮、磷含量, 土壤的保水、保肥性能对氮、磷流失具有内在主导作用. 马立珊等^[3]在苏南太湖地区 7 种类型的水、旱田试验区的研究表明, 农业面源氮素污染负荷量随年降水量和灌溉量^[4]的增加而增大, 浅层地下水硝态氮的污染负荷量与氮肥的施用量呈正相关关系, 稻田氮污染负荷量明显的高于旱田污染负荷量. Wesstrom^[5]在瑞典南部进行的农田控制排水试验表明, 控制地下排水强度, 能够减少农田氮的排放量. 王少丽等^[6-7]通过排水氮运移试验研究了农田排水氮的运移规律.

国内研究农田降雨地表径流过程与氮质量浓度变化、存在形态和流失量之间的关系, 主要是进行非控制排水条件下的试验研究^[8]. 国外对控制排水的研究^[9-11], ①主要是针对地下排水系统进行的. 尽管地下控制排水能减少农田地表径流量, 但暴雨形成的地表径流是农田养分流失的主要途径之一^[12]. 为此, 笔者针对我国传统的农田地表排水方式, 对地表非控制和控制排水中氮质量浓度的变化规律、排水量和氮排放量进行了田间对比试验. 本文介绍试验结果并对其进行分析.

1 材料与方法

1.1 试验田布置

试验田位于江苏省句容市, 其长为 8 m, 宽为 6 m. 油菜 11 月底栽种. 栽种油菜苗时按 600 kg/hm² 施基肥. 油菜株间距 30 cm, 地面无杂草生长, 田间地下水埋深 1.2 m. 试验田内有 2 条平行排水沟, 一条用于非控制排水, 另一条用于控制排水. 排水沟间距 3 m, 深 10 cm, 宽 15 cm. 在试验田周围用地下埋深 0.9 m、比农田地面高出 15 cm 的塑料隔板将试验田与周围农田分隔开, 并且用此塑料板将试验田分隔成 2 块, 每块长 8 m、宽 3 m. 如图 1 所示.

收稿日期 2005-04-25

基金项目 国家自然科学基金资助项目(50309003) 河海大学科技创新基金重点资助项目(2084/405002)

作者简介 殷国玺(1962—), 男, 山东青岛人, 工程师, 硕士, 主要从事农田排水与环境研究.

① SKAGGS R W. DRAINMOD reference report Interim technical release. Biological and Agricultural Engineering Department, North Carolina State University, Raleigh NC, 1989.

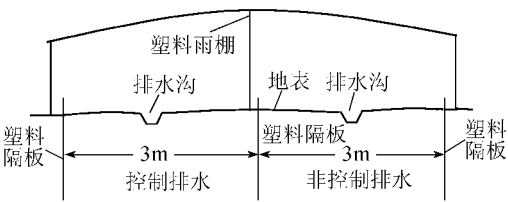


图 1 控制与非控制排水试验田剖面

Fig.1 Field experimental profile for controlled drainage and non-controlled drainage

降落在试验田中.降雨强度达到 0.49 mm/min 时移开塑料雨棚,126 min 后用塑料布遮盖试验田.降雨历时取为 126 min.在非控制排水地块,田间排水沟处于自然排水状态.在控制排水地块,通过排水沟出口处的小闸门将降雨形成的地表径流拦蓄在试验田块中.对田间水深和历时的控制,既考虑了旱作物的耐淹水深和耐淹历时,又考虑了雨滴对土壤的击溅侵蚀效应.地表控制排水水深未超过 5 cm.

1.3 观测内容及方法

降雨开始 6 min 左右产生地表径流.在非控制排水地块,通过塑料管将排水输入到带有刻度的塑料桶中.为测量各时段径流量和径流沉积物,从产生排水开始分时段收集流出农田的径流量,并且用 1000 mL 的塑料瓶分时段采集水样.采集的水样立即密封保存于冰箱中,用于分析各时段径流中的氮质量浓度.同时收集降雨过程中的雨水用作空白对照.在控制排水地块形成产流后,按上述方法取地表水样,并立即密封保存于冰箱中,用于分析控制排水条件下各时段地表水中的氮质量浓度,同时记录排水沟中的水深.试验结束后打开控制排水闸门,将控制排水地块的全部排水收集于带有刻度的塑料桶中.同时测量总排水量,用于比较非控制与控制排水的地表排水总量和氮流失总量.

将各时段控制和非控制排水水样,用 0.45 μm 过滤膜过滤,过滤水中溶解态氮质量浓度用 DN—1900 测氮仪进行分析.经过硫酸钾消解法预处理后,将各时段沉积物和过滤出的泥沙团聚体,自然风干称重后用凯氏法测定含氮量.

2 结果与分析

2.1 控制与非控制排水各时段水样总氮质量浓度

各时段水样总氮质量浓度及拟合曲线如图 2 所示.

在非控制排水田块,由于雨滴击溅侵蚀和地表微地形变化产生的径流冲刷和细沟侵蚀,导致土壤颗粒和土壤团聚体结合的有机氮随排水流失.在控制排水田块,排水沟中的水处于相对非流动状态,水中泥沙颗粒易于沉淀,径流冲刷和细沟侵蚀相对较弱,前期地表水中氮质量浓度比非控制排水的氮质量浓度低.随着降雨的持续,雨滴的击溅侵蚀效应逐渐减弱,排水中颗粒态氮质量浓度下降很快,控制与非控制排水总氮质量浓度持续下降.非控制排水各时段平均氮排放质量浓度为 10.55 mg/L,而控制排水最终氮排放质量浓度为 5.1 mg/L.

2.2 控制与非控制排水各时段排水量

各时段排水量如表 1 所示.

据现场观测,降雨 6 min 后开始产流排水,降雨主要在地表径流和入渗之间进行分配,开始入渗量较大、径流量较小,逐步达到相对稳定的入渗速率.但由于天然降雨的不稳定性,各时段的地表

1.2 处理设计

试验的主要目的是在作物允许的耐淹水深和历时之内,观测控制排水和非控制排水条件下不同时段暴雨产生的地表径流中的氮质量浓度和排水量.由于暴雨形成的径流量大,雨滴击溅侵蚀效应明显,容易导致农田土壤表层可溶性养分以及吸附和结合在地表水中泥沙颗粒表面的无机态和有机态养分随泥沙流失,因而以暴雨强度作为典型天然降雨强度.暴雨发生于 2005 年 3 月 10 日.降雨初期因雨的强度较弱,在试验田上方架拱形支护框架,用塑料布遮盖,以防雨滴

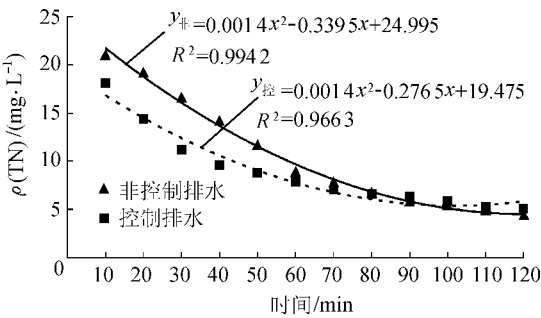


图 2 试验田排水各时段水样总氮质量浓度 ρ(TN)变化曲线

Fig.2 Variation of nitrogen concentration in runoff of test field

表 1 各时段排水量

Table 1 Drain discharge from test field for each period of time

时段/min	非控制排水量/L	控制排水量/L	时段/min	非控制排水量/L	控制排水量/L
0 ~ 10	40.1	0	60 ~ 70	77.5	0
10 ~ 20	50.2	0	70 ~ 80	80.7	0
20 ~ 30	58.9	0	80 ~ 90	83.0	0
30 ~ 40	66.8	0	90 ~ 100	84.8	0
40 ~ 50	70.2	0	100 ~ 110	86.4	0
50 ~ 60	74.3	0	110 ~ 120	87.9	744.7

径流量有一定的变化.非控制排水总排水量为 860.8 L.控制排水各时段田间水深小于 5 cm,试验结束后一次性排完,总排水量为 744.7 L.由于控制排水比非控制排水的田间积水面积大且控制排水存在有压入渗,控制排水比非控制排水的田间入渗量大.由试验结果可知,控制排水总量为非控制排水总量的 86.5% .

2.3 控制与非控制排水各时段总氮排放量

根据各时段水样总氮质量浓度和排水量计算出的各时段总氮排放量如表 2 所示. 试验田总面积为 48 m²,控制和非控制田块面积各为 24 m²,降雨历时 126 min. 在 120 min 的排水过程中,非控制排水总氮排放量为 8 110 mg,单位面积总氮排放量为 337.9 mg/m².控制排水总氮排放量为 3 798 mg,单位面积总氮排放量为 158.2 mg/m².控制排水总氮排放量是非控制排水总氮排放量的 46.8% .

3 结 论

- a. 暴雨雨滴对农田地表的击溅以及农田地表冲刷产生的水力侵蚀,造成了结合在土壤颗粒和土壤团聚体中的氮随径流的流失,反映在降雨初期氮质量浓度很高.这种氮随径流流失的方式是农田地表排水氮排放的主要形式.随着降雨的持续,击溅侵蚀效应逐渐减弱,地表排水中的氮质量浓度迅速下降.因此,控制降雨初期地表排水是减少农田氮养分排放的重要途径.
- b. 试验田地表控制排水总量是非控制排水总量的 86.5% .非控制排水各时段平均氮排放质量浓度为 10.55 mg/L,而控制排水最终氮排放质量浓度为 5.1 mg/L.控制排水有利于地表水中泥沙颗粒的沉淀且可减少降雨产生的雨滴击溅和水力侵蚀,明显地降低了农田排水中氮的质量浓度.
- c. 由于地表控制排水总量比非控制排水总量小,控制排水中氮的质量浓度比非控制排水中氮的质量浓度低,使得控制排水总氮排放量比非控制排水总氮排放量低.
- d. 地表控制排水可减少农田氮的排放量,提高农田养分和雨水资源的利用率,减轻对下游水体的污染.在持续降雨情况下,地表控制排水对土壤含水量、地下水水质和地下水位的影响还需进一步研究.

参考文献：

[1] 黄满湘,章申,唐以剑.模拟降雨条件下农田径流中氮的流失过程[J].土壤与环境,2001,10(1) 6-10.

[2] 郭伦,李佩武.降雨-产流过程与氮磷流失特征研究[J].环境科学学报,1996,16(1) 111-116.

[3] 马立珊,汪祖强,张水铭.苏南太湖水系农业面源污染及控制对策研究[J].环境科学学报,1997,17(1) 39-47.

[4] 李荣刚,夏源陵,吴安之.太湖地区水稻节水灌溉与氮素淋失[J].河海大学学报:自然科学版,2001,29(3) 21-25.

[5] WESSTRÖM I,MESSING I,LINNÉR H,et al. Controlled drainage—effects on drain outflow and water quality [J]. Agricultural Water Management,2001,47(2) 85-100.

[6] 王少丽,PRASHER S O,YANG Chen-chi,TAN C S.排水氮运移模型对地表和地下排水量和硝态氮损失的模拟评价[J].水利学报,2004(9) 111-117.

[7] 王少丽,许迪,方树星.水管理策略对土壤水盐动态和区域地下排水影响的模拟评价[J].水利学报,2005(7) 799-805.

[8] 姜翠玲,夏自强,崔广柏.土壤含水量与氮化合物迁移转化的相关性分析[J].河海大学学报:自然科学版,2003,31(3) 241-244.

[9] BREVÉ M A,SKAGGS R W,PARSONS J E,et al. DRAINMOD2N,a nitrogen model for artificially drained soils [J]. Trans ASAE,1997, 40 1067-1075.

[10] JOHNSON H,BERGSTROM L,JANSSON P E. Simulated nitrogen dynamics and losses in a layered agricultural soil [J]. Agric Ecosyst and Environ,1987,18 333-356.

[11] RJTEMA P E,KROES J G. Some results of nitrogen simulations with the model ANIMO [J]. Fertilizer Res,1991,27 189-198.

[12] 姚文艺,汤立群.水力侵蚀产沙过程及模拟研究[M].郑州:黄河水利出版社,2001 21-38.

Experimental study on effect of controlled drainage from ground surface on concentration and discharge of nitrogen

YIN Guo-xi¹, ZHANG Zhan-yu¹, GUO Xiang-ping¹, SHAO Guang-cheng²

(1. Department of Agricultural Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China ;

2. Water Saving Park of Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract For reduction of non-point pollution in water environment caused by drainage from croplands, a discussion was made to find out laws of concentration and discharge of nitrogen from surface runoff for different periods of time caused by heavy rains, and a comparative analysis was performed of effects of controlled drainage and non-controlled drainage from croplands on the concentration and discharge of nitrogen in south mountainous regions. The results show that the mean nitrogen discharge in each period of time under non-controlled drainage are higher than that under controlled drainage, and that controlled drainage can effectively reduce the drain discharge. As a result, controlled drainage from ground surface can reduce nitrogen discharge from croplands remarkably.

Key words controlled drainage from ground surface ; nitrogen concentration ; drain discharge ; non-point pollution

**水信息网**
WWW.Hwcc.com.cn

快捷、准确、全方位报道与水相关的重大新闻事件、学者重要论著、全球水利资讯、水利法律法规以及水文化等各方面内容。

招生招聘频道全新改版推出

打造水利行业
专业人才交流平台

水利单位发布招聘信息，
吸纳专业人才。

水利院校发布招生信息，
扩大生源。

水利人才提交简历，
寻找理想岗位。

举办水利人才网络招聘会，
企业人才直接对话。

迅速报道国家水利行业
人事动态、政策法规。



地址:天津市河东区龙东路13号
联系电话:022-24102110
联系人:史女士

邮政编码:300170
电子信箱:news@hwcc.gov.cn