

农业综合开发项目面源污染影响分析

门云云, 田雪峰, 夏立江* (中国农业大学资源与环境学院, 北京 100193)

摘要 [目的]分析农业综合开发项目面源污染的影响。[方法]通过调研与资料收集,并基于文献综述获取相应参数,核算了现状化肥农药施用量、流失量以及项目实施后的氮、磷流失量等。[结果]测土配方施肥可减少23.2%的总氮和18.8%的总磷流失量;病虫害综合防治可减少30%的农药施用量;秸秆还田可减少27.4%的总氮与32.3%的总磷流失量;节水灌溉可减少9.3%和6.2%的总氮与总磷流失量;生态沟渠可减少径流中74.1%与68.6%的总氮与总磷;人工湿地可减少径流中60.0%与50.0%的总氮与总磷。[结论]农业综合开发项目可有效控制项目区面源污染。

关键词 农业面源污染;测土配方施肥;节水灌溉;秸秆还田;生态沟渠

中图分类号 S181.3 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)35-0072-03

Analysis of Non-point Source Pollution Impacts of Agricultural Comprehensive Development Projects

MEN Yun-yun, TIAN Xue-feng, XIA Li-jiang (College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193)

Abstract [Objective]The research aimed to analyze the influence of non-point source pollution in agricultural comprehensive development projects. [Method]Through the investigation and data collection, and based on the literature review to obtain the corresponding parameters, the current fertilizer pesticide application, loss and nitrogen and phosphorus loss after project implementation were calculated. [Result]Soil formula fertilization could reduce 23.2% of the total nitrogen and 18.8% of total phosphorus loss; comprehensive prevention and control of diseases and insect pests control could reduce pesticide application by 30%; straw return could reduce total nitrogen loss by 27.4% and total phosphorus loss by 32.3%; water saving irrigation could reduce total nitrogen and phosphorus loss by 9.3% and 6.2%; ecological ditch could reduce the total nitrogen and phosphorus in runoff by 74.1% and 68.6%; artificial wetlands could reduce the total nitrogen and phosphorus in runoff by 60.0% and 50.0%. [Conclusion]The comprehensive agricultural development projects can effectively control non-point pollution in the project area.

Key words Agricultural non-point source pollution; Soil formula fertilization; Water saving irrigation; Straw return; Ecological ditch

农业面源污染是指在农业生产活动中,氮素和磷素等营养物质、农药以及其他有机或无机污染物质通过农田的地表径流和农田渗漏形成的水环境污染,主要包括化肥污染、农药污染、养殖场污染等^[1]。据统计^[2],我国2016年农用化肥施用量5 984.1万t(折纯),农作物单位面积化肥用量 358.5 kg/hm^2 ,远高于世界平均水平(120 kg/hm^2)^[3]。粮食作物氮肥、磷肥和钾肥利用率分别为33%、24%和42%^[3],大量流失的化肥随水流进入沟渠,再汇集江、河、湖、水库及近海域,使水体中的氮、磷等营养元素富集,导致水质的恶化。我国2016年农药使用量174.0万t^[2],农药平均利用率仅为35%^[3],大部分农药通过径流、渗漏、飘移等流失,污染土壤、水环境,影响农田生态环境安全。

农业面源污染是河流和湖泊的重要污染源,根据相关资料,农业面源中化学需氧量(COD)、总氮(TN)、总磷(TP)排放量分别为1 324.09万、270.46万、28.47万t,分别占全国水污染排放总量的43.7%、57.2%、67.3%^[4]。2015年中央1号文件《关于加大改革创新力度加快农业现代化建设的若干意见》对“加强农业生态治理”做出专门部署,强调要加强农业面源污染治理。吴永红等^[5]从农业面源污染产生、发展和发生的特征上,基于中国的经济发展模式提出了农业面源污染控制的策略性理论——“减源-拦截-修复”理论。湖北省洪湖市位于长江经济带,目前农业面源污染严重,洪湖市拟从污染源头控制、迁移途径拦截、生态修复3个方面对项目区

实施农业面源污染防治措施。笔者以洪湖市为例,对农业综合开发项目实施前后化肥流失量、农田径流污染物浓度等进行核算,从而分析农业综合开发项目面源污染影响。

1 资料与方法

1.1 项目概况 洪湖市位于湖北省中南部,位于长江经济带,地处洪湖流域,东南濒长江,与嘉鱼县、赤壁市及湖南省临湘市隔江相望;西傍洪湖与监利县接壤;北依东荆河与汉南区、仙桃市相邻,总面积2 519 km²。项目区位于洪湖市燕窝镇,紧邻长江。项目的主要目标为:以加强面源污染物控制为重点,控制和治理长江水污染;以降低农药和化肥使用强度为重点,加强流域环境综合治理。拟从减源、拦截、修复3个方面对农业面源污染进行控制,主要实施内容包括测土配方施肥、病虫害综合防治、秸秆还田、节水灌溉以及生态沟渠、人工湿地建设等(图1)。

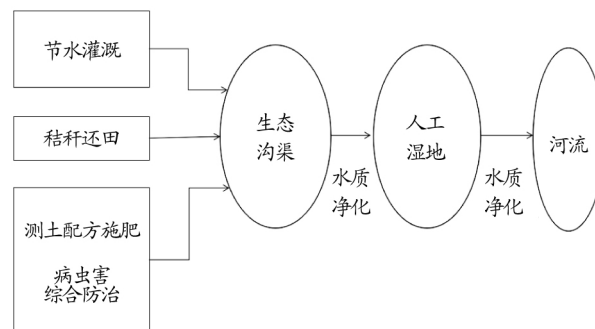


图1 项目区面源污染控制技术路线

Fig.1 Technical route of non-point source pollution control in project area

1.2 数据来源与分析方法 该研究在2017年对项目区各种作物单位面积化肥用量、农药用量、作物面积、各种作物测土

作者简介 门云云(1982-),女,黑龙江哈尔滨人,工程师,硕士,从事环境影响评价研究。*通讯作者,教授,硕士生导师,从事环境影响评价、环境化学研究。

收稿日期 2018-08-03

配方施肥推荐量、灌溉方式进行了调研与资料收集,并基于文献综述获取相应参数,核算了现状化肥农药施用量、流失量以及项目实施后的氮磷流失量等。

2 结果与分析

2.1 项目区农田面源污染现状分析 项目区是典型的农业集约化生产区域,土地利用强度大。调查结果显示,项目区农业面源污染产生的主要因素包括化肥农药的不合理施用、秸秆的不合理处置以及灌溉方式不合理。其中,项目区平均化肥用量 373 kg/hm²(折纯),其中氮肥用量达 195 kg/hm²(折纯),磷肥用量 84 kg/hm²(折纯),钾肥用量达 95 kg/hm²(折纯);农药用量 1.36 kg/hm²(折纯)。化肥浅施表施普遍,农药施用也多采用粗放喷雾的方式,这使得化肥农药利用率低。化肥农药的大量、不合理使用对区域水环境和土壤环境产生了极大威胁。

项目区一部分秸秆被随意丢弃,既对环境造成了严重的污染,也是一种极大的资源浪费。项目区目前为土渠漫灌,农田排水不经过任何有效处理直接由各地块农渠集中到主排水渠后排放至周边河流,氮、磷通过径流流失量大,导致农业面源污染问题日益严重。

2.2 农业开发项目实施后面源污染影响对比分析

2.2.1 测土配方施肥。项目区围绕测土配方施肥、配方肥社会化服务体系建设和工作来达到精准施肥,提高肥料利用率。项目实施后,项目区单位面积化肥用量为 299 kg/hm²,较实施前减少 20%,其中氮肥用量 158 kg/hm²,较实施前减少 19%;磷肥用量 67 kg/hm²,较实施前减少 20%;钾肥用量 75 kg/hm²,较实施前减少 21%。实施后项目区化肥施用总量为 565 t/a,较实施前减少 20%(表 1)。

表 1 测土配方施肥前后化肥施用量对比
Table 1 Comparison of fertilizer application amount before and after soil formula fertilization

项目 Project	单位面积化肥用量(折纯) Fertilizer use per unit area(pure) //kg/hm ²				施用化肥总量(折纯) Total amount of fertilizer applied(pure) //t/a			
	氮肥 Nitrogen fertilizer	磷肥 Phosphate fertilizer	钾肥 Potash fertilizer	合计 Total	氮肥 Nitrogen fertilizer	磷肥 Phosphate fertilizer	钾肥 Potash fertilizer	合计 Total
实施前 Before application	195	84	95	373	368	158	179	704
实施后 After application	158	67	75	299	297	126	141	565
减少量 Reduction // %	19	20	21	20	19	20	21	20

根据国务院第一次全国污染源普查领导小组办公室发布的《肥料流失系数手册》中地表径流化肥流失系数,考虑所属分区、地形、梯田/非梯田、土地利用方式、种植模式 5 个因素,选取项目区化肥流失系数。项目区种植作物有小麦、玉米、水稻、大豆、蔬菜,各种作物总氮流失率分别为 0.502%、0.502%、1.848%、0.502%、1.640%,总磷流失率分别为 0.111%、

0.111%、1.547%、0.111%、0.935%。

经核算(表 2),项目实施后项目区单位面积化肥流失量为 1.95 kg/hm²,较实施前减少 22.3%,其中氮肥、磷肥流失量分别为 1.54、0.41 kg/hm²,较实施前分别减少 23.2%、18.8%。实施后项目区化肥流失总量为 3.69 t/a,较实施前减少 22.3%。

表 2 测土配方施肥前后化肥流失对比
Table 2 Comparison of fertilizer loss before and after soil formula fertilization

项目 Project	单位面积化肥流失量 Fertilizer loss per unit area//kg/hm ²			化肥流失总量 Total fertilizer loss//t/a		
	总氮 Total nitrogen	总磷 Total phosphorus	合计 Total	总氮 Total nitrogen	总磷 Total phosphorus	合计 Total
实施前 Before application	2.01	0.50	2.51	3.79	0.95	4.74
实施后 After application	1.54	0.41	1.95	2.91	0.77	3.69
减少量 Reduction // %	23.2	18.8	22.3	23.2	18.8	22.3

2.2.2 病虫害综合防治。项目实施后将应用农业防治、生物防治、物理防治等绿色防控技术,创建有利于作物生长、天敌保护而不利于病虫害发生的环境条件,预防控制病虫害发生,从而达到少用农药的目的;大力推广应用生物农药,替代高毒高残留农药。通过开展农药安全使用技术培训,提高基层农技人员和科技示范户、种植大户以及普通农户的安全用药技术水平。加强病虫害预测预报,通过科学合理用药,尽量减少农药使用次数和使用量,减少农药流失,提升科学施药水平。

孙霞等^[6]对鄂尔多斯市的农业面源污染治理现状进行分析,鄂尔多斯市实施病虫害综合防治后,农药施用量减少了 30%,减少了农药流失对水环境和土壤环境造成的污染。

项目实施后,项目区单位面积农药用量为 0.95 kg/hm²,农药使用总量为 1.8 t/a(表 3),即项目实施病虫害综合防治措施后,可减少农药施用量。

表 3 病虫害综合防治实施前后农药施用量对比
Table 3 Comparison of pesticide application before and after comprehensive pest control

项目 Project	单位面积农药施用量 Pesticide application per unit area//kg/hm ²	农药施用总量 Total pesticide application//t/a
实施前 Before application	1.36	2.6
实施后 After application	0.95	1.8

2.2.3 秸秆资源化利用。农作物秸秆中富含大量的矿质营养元素,是农田土壤有机质的重要来源。项目区将秸秆还田

肥料化利用 秸秆焚烧将基本杜绝,可减少肥料用量,提高耕地质量,减少环境污染。对于稻田,朱利群等^[7]研究秸秆还田下不同耕作方式对稻田地表径流的影响,结果显示,秸秆还田处理下的总氮、总磷流失量分别比对照减少 20.0%~28.9%和 10.3%~22.0%。对于旱地,王静等^[8]研究秸秆还田

对玉米田地表径流的影响,结果发现,在玉米生长期,与传统耕作小区相比,秸秆覆盖小区地表径流的氮、磷流失量分别降低 27.42%和 32.29%。以稻田和玉米地为例,项目区实施秸秆还田后,可减少化肥流失量(表 4)。

表 4 秸秆还田实施前后化肥流失对比

Table 4 Comparison of fertilizer loss before and after straw return

项目 Project	稻田化肥流失量 Fertilizer loss in rice field//kg/hm ²		旱地(玉米地)化肥流失量 Fertilizer loss in dry land(corn field) //kg/hm ²	
	总氮 Total nitrogen	总磷 Total phosphorus	总氮 Total nitrogen	总磷 Total phosphorus
实施前 Before application	0.329	0.111	0.115	0.008
实施后 After application	0.234~0.263	0.087~0.100	0.083	0.005

2.2.4 发展节水农业。项目区全面开展节水农业,积极建设现代化灌排渠系,推广渠道防渗、管道输水、微灌等节水灌溉技术。节水灌溉不仅可以减少水资源的使用和消耗,还可以减少因大水漫灌造成的肥料流失,降低入河面源污染。项目区拟在蔬菜地实施滴灌节水工程。蔬菜地现状氮肥流失量为 4.92 kg/hm²、磷肥流失量为 1.68 kg/hm²。余金凤等^[9]研究湖北省漳河灌区水旱田节水灌溉的减污效应,结果表明,节水灌溉下氮磷被土壤吸附作用增强,使节水灌溉时氮磷浓度减少,旱地节水灌溉较传统灌溉氮磷流失量分别减少 9.3%、6.2%。节水灌溉工程实施后项目区蔬菜地氮、磷流失量分别为 4.46、1.58 kg/hm²(表 5),即项目区实施节水灌溉工程后,可减少项目区化肥流失量。

2.2.5 构建生态沟渠。项目区拟建设生态沟渠,在不影响农田沟渠正常的灌、排水功能前提下,充分利用现有的农田沟渠空间,合理配置水生植物群落,根据高程适当配置水位调节闸门,延长沟渠内的水力滞留时间,提升沟渠的生态功能,

拦截农田排水中的有机物、悬浮物、氮、磷等污染物含量,并尽可能地实现一定的经济效益。

表 5 节水灌溉工程实施前后蔬菜地化肥流失对比

Table 5 Comparison of fertilizer loss before and after water saving irrigation

灌溉方式 Irrigation method	kg/hm ²	
	总氮流失量 Total nitrogen loss	总磷流失量 Total phosphorus loss
传统灌溉 Traditional irrigation	4.92	1.68
节水灌溉 Water saving irrigation	4.46	1.58

项目区位于洪湖流域,马玉宝等^[10]对洪湖流域农业面源污染进行了调查,监测得到 7—8 月洪湖流域典型水田和旱田的径流污染物浓度。陈重军等^[11]通过在长三角地区水稻密集种植区研究表明,生态沟渠对农田径流中氮、磷具有显著的去除作用,去除率分别达 74.13%和 68.63%。项目区实施生态沟渠建设后,可降低农田径流污染物浓度(表 6)。

表 6 生态沟渠建设前后农田径流污染物浓度对比

Table 6 Comparison of pollutant concentration of farmland runoff before and after construction of ecological ditch

项目 Project	水田 Rice field		旱田 Dry field	
	总氮 Total nitrogen	总磷 Total phosphorus	总氮 Total nitrogen	总磷 Total phosphorus
实施前 Before application ^[10]	4.30~9.31	0.61~1.38	5.90~10.33	0.84~1.89
实施后 After application	1.11~2.41	0.19~0.43	1.53~2.67	0.26~0.59

2.2.6 修建人工湿地。人工湿地污水处理技术是从 20 世纪 70 年代发展起来的,是一种通过模拟天然湿地的结构(基质、植物、水体等)与功能(吸附、降解、沉淀等作用),具有高效、低投入、系统能耗低、运行和维护简单等优点,十分适于在农村地区推广的污废水处理系统^[12]。

项目拟在渠道中修建小型人工湿地,人工湿地内设置生态浮岛,吸收水中的氮、磷,增加浮游动物的生物量,促进代谢物的沉积,改善水体的流态,使水生生态逐步恢复。刘文

祥^[13]在滇池流域内构建人工湿地,研究结果表明,由漂浮植物池、沉水植物池、挺水植物池以及草滤带组成的人工湿地,对氮、磷、泥沙以及有机物有较好的吸收、吸附以及物理沉降作用,可以控制农田径流污染,人工湿地对农田径流中总氮、总磷的去除率分别为 60%、50%。项目区农田径流经生态沟渠拦截后再经过人工湿地处理后排入附近河道。项目区实施人工湿地工程后,可降低农田径流污染物浓度(表 7)。

表 7 人工湿地建设前后农田径流污染物浓度对比

Table 7 Comparison of pollutant concentration of farmland runoff before and after constructed artificial wetland

项目 Project	水田 Rice field		旱田 Dry field	
	总氮 Total nitrogen	总磷 Total phosphorus	总氮 Total nitrogen	总磷 Total phosphorus
实施前 Before application	1.11~2.41	0.19~0.43	1.53~2.67	0.26~0.59
实施后 After application	0.44~0.96	0.10~0.22	0.61~1.07	0.13~0.30

(下转第 164 页)

2.3 小麦籽粒中重金属元素含量 重金属元素通过食物进入人体内,其中 Cr 和 Ni 是人体必需的微量元素。根据傅逸根等^[12]的研究结果,小麦籽粒 Ni 含量不应高于 0.13 mg/kg,安阳市小麦籽粒样品 Ni 含量符合要求。根据我国 2013 年实施的 GB2672—2012 中对谷类制品中重金属元素的限量标

准要求,对安阳市小麦籽粒的重金属含量进行评价,结果表明(表 5)人体非必需的 4 种重金属元素 Hg、Cd、As 和 Pb 无一超标,均在安全限量标准之内,也说明安阳市小麦籽粒安全状况良好。

表 5 小麦籽粒样品中重金属元素含量
Table 5 Heavy metal elements content of wheat grain samples

mg/kg

编号 No.	Cr	Cd	Hg	As	Pb	Ni
1	0.122	0.029	0.002	0.086	0.096	0.057
2	0.127	0.057	0.005	0.066	0.072	0.077
3	0.115	0.031	0.003	0.049	0.081	0.069
4	0.104	0.022	0.005	0.060	0.048	0.080
5	0.110	0.034	0.004	0.052	0.079	0.063
平均值 Mean	0.116	0.035	0.004	0.062	0.075	0.069
全国平均值 National mean	0.117	0.040	0.003	0.045	0.079	0.078
GB2672—2012	1.000	0.100	0.020	0.500	0.200	—
变异系数 CV(%)	7.78	38.05	36.55	23.08	23.58	13.50

注:“—”表示无参考值

Note: “—” means no reference value

3 结论与讨论

调查结果显示,安阳市小麦籽粒的大量元素含量中,K 含量为全国平均值的 1.11 倍,其他元素含量均与全国平均水平相当,其中 20% 的样品籽粒达到中强筋小麦品质指标(国家标准 GB/T 17892—2013);微量元素中,Mn 含量超出居民安全摄入量范围,Mo 含量在安全摄入量范围之内,其他微量元素含量均低于居民摄入量的下限;重金属元素含量均符合 GB2672—2012,这表明安阳地区生产的小麦原粮品质较好,具有一定的营养价值且安全卫生。

参考文献

- [1] WHITE P J, BROADLEY M R. Biofortifying crops with essential mineral elements [J]. Trends in plant science 2005, 12(10): 586–593.
- [2] TRETHOWAN R M, REYNOLDS M, SAYRE K et al. Adapting wheat cultivars to resource conserving farming practices and human nutritional needs [J]. Annals of applied biology 2005, 146(4): 405–413.
- [3] 崔振岭, 石立委, 徐久飞, 等. 氮肥施用对冬小麦产量、品质和氮素表现损失的影响研究 [J]. 应用生态学报 2005, 16(11): 2071–2075.
- [4] 许庆方. 小黑麦的特性及应用研究进展 [J]. 草原与草坪 2008(4): 80–

86.

- [5] 孙敏, 郭媛. 小黑麦生物学特性、营养价值及利用前景 [J]. 山西农业大学学报 2003, 23(3): 200–203.
- [6] ÇAKMAK I. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification [J]. Plant and soil 2008, 302: 1–17.
- [7] WELCH R M, HOUSE W A, ORTIZ-MONASTERIO I et al. Potential for improving bioavailable zinc in wheat grain (*Triticum* species) through plant breeding [J]. Journal of agricultural and food chemistry 2005, 53(6): 2176–2180.
- [8] LIU Z H, WANG H Y, WANG X E et al. Genotypic and spike positional difference in grain phytase activity, phytate, inorganic phosphorus, iron and zinc contents in wheat (*Triticum aestivum* L.) [J]. Journal of cereal science 2006, 44(2): 212–219.
- [9] 王飞, 林诚, 李清华, 等. 长期不同施肥对南方黄泥田水稻籽粒与土壤锌、硼、铜、铁、锰含量的影响 [J]. 植物营养与肥料学报 2012, 18(5): 1056–1063.
- [10] SALAH S A, BARRINGTON S F. Effect of soil fertility and transpiration rate on young wheat plants (*Triticum aestivum*) Cd/Zn uptake and yield [J]. Agricultural water management 2006, 82(12): 177–192.
- [11] 中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量(2013 年版) [M]. 北京: 中国轻工业出版社 2000.
- [12] 傅逸根, 胡欣, 俞苏露. 食品中镍限量卫生标准的研究 [J]. 浙江省医学科学院学报 1999(1): 9–11.

(上接第 74 页)

3 结语

农业面源污染已经成为环境污染的重要影响因素,其特点主要是分散性、随机性、不确定性等,由于农业面源污染的成因和特点,其防治难度大。为了防治农业面源污染影响,促进社会主义新农村的建设与发展,应提高农业环保意识,加强农民培训,加快推广科学施肥、安全用药、绿色防控、农田节水等清洁生产措施,加强农业废弃物的资源利用。

参考文献

- [1] 黄东风, 王果, 陈超. 农业面源污染研究概况及发展趋势 [J]. 中国农村小康科技 2006(11): 39–45, 52.
- [2] 国家统计局农村社会经济调查司. 中国农村统计年鉴—2017 [M]. 北京: 中国统计出版社 2017: 47.
- [3] 农业部. 关于印发《到 2020 年化肥使用量零增长行动方案》和《到 2020 年农药使用量零增长行动方案》的通知: 农农发(2015)2 号 [A]. 2015.

- [4] 环境保护部, 国家统计局, 农业部. 第一次全国污染源普查公报 [A]. 2010.
- [5] 吴永红, 胡正义, 杨林章. 农业面源污染控制工程的“减源—拦截—修复”(3R)理论与实践 [J]. 农业工程学报 2011, 27(5): 1–6.
- [6] 孙霞, 苗春乐, 张默函, 等. 农业面源污染治理现状分析: 以鄂尔多斯市为例 [J]. 天津农业科学 2017, 23(12): 97–99.
- [7] 朱利群, 夏小江, 胡清宇, 等. 不同耕作方式与秸秆还田对稻田氮磷养分径流流失的影响 [J]. 水土保持学报 2012, 26(6): 6–10.
- [8] 王静, 郭熙盛, 王允青. 自然降雨条件下秸秆还田对巢湖流域旱地氮磷流失的影响 [J]. 中国生态农业学报 2010, 18(3): 492–495.
- [9] 余金凤, 洪林, 江洪珊. 南方典型灌区节水灌溉的减污效应 [J]. 节水灌溉 2011(8): 1–4.
- [10] 马玉宝, 陈丽雯, 刘静静, 等. 洪湖流域农业面源污染调查与污染负荷核算 [J]. 湖北农业科学 2013, 52(4): 803–806.
- [11] 陈重军, 王建芳, 凌士平, 等. 农田面源污染生态沟渠生态净化效能评估 [J]. 江苏农业科学 2015, 43(11): 472–474.
- [12] 付菊英, 高懋芳, 王晓燕. 生态工程技术在农业非点源污染控制中的应用 [J]. 环境科学与技术 2014, 37(5): 169–175.
- [13] 刘文祥. 人工湿地在农业面源污染控制中的应用研究 [J]. 环境科学研究 1999, 10(4): 15–19.