

昆山市稻田磷素污染风险分析

朱培森 张俊韬 杨晓晨

(昆山市耕地质量与植物保护站,江苏昆山 215300)

摘要 为有效防控昆山市农业面源污染,对当地稻田磷素污染风险进行分析。结果表明,稻田施用基肥和长粗肥后,相较于第2天,第8天田面水和沟渠水总磷平均浓度分别下降77.4%、52.1%,内河水总磷平均上升19.8%,外河水总磷平均下降9.5%。从减少水稻田中磷径流流失的角度来看,施肥后的2~5 d是控制稻田磷素径流流失的关键时期,此时间段内应尽量避免田间排水。同时,可采取侧深施肥技术、施用控释肥料和增施有机肥等措施,从源头上减少化肥的施用。

关键词 稻田;磷素污染;风险;江苏昆山

中图分类号 X53 **文献标识码** A

文章编号 1007-5739(2021)02-0150-03

DOI:10.3969/j.issn.1007-5739.2021.02.063

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



水环境污染是由点源和面源2种不同类型的污染源排放引起的^[1]。农业面源污染也称农业非点源污染或农业扩散性污染,具有随机性、潜在性、季节性、滞后性和面广量大等特点,防治上具有控制难度大、涉及面广、投入多和见效慢等特点^[2]。研究表明,湖泊、河流富营养化的养分分别有50%和60%来源于农业地表径流水^[3]。我国农药、化肥平均利用率仅30%~35%,剩余部分约有50%通过地表径流流入江河湖海^[4]。

在有效控制农业面源污染方面,面源污染监测与预警体系建设是关键,面源污染负荷评估与源解析是基础,面源污染治理技术与工程是根本。昆山市近年在农业面源污染监测体系、负荷估算与源解析、精准减控技术与工程等方面均有较大的提升空间。为此,通过建设典型稻麦农田面源污染监测体系、估算面源污染输移沿程关键节点污染负荷总量、解析农业面源污染发生源与风险时空点和评估稻麦生产对周边水环境富营养化的作用等工作,有效支撑适合昆山市特色的农业面源污染管控技术与工程体系形成,促进昆山市农业面源污染防控工作再上新台阶。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

昆山市位于东经120.80583°~121.15111°、北纬31.10944°~31.54333°,地处江苏省东南部、上海与苏州之间。北至东北与常熟、太仓两市相连,南至东南与上海嘉定、青浦两区接壤,西与苏州市相城区、吴江区、苏州工业园区交界。东西最大直线距离33 km,南北48 km,总面积931 km²,其中水域面积占24%。昆山市属北亚热带南部季风气候区,年平均气温17.6℃,年平均降水量1200.4 mm,年平均日照时数1789.2 h。空气质量优良,每年300 d以上达到国家二级标准。

1.2 项目监测区域施肥情况

根据需求,记录施肥的时间、品种、数量,并计算出肥料用量的氮、磷、钾的折纯量,具体如表1所示。

1.3 监测方法

1.3.1 监测对象。以昆山市主体种植模式—稻麦复种轮作的农田为监测对象。

1.3.2 监测位置。监测点位于千灯大唐生态园,地理位置为东经120.99203°、北纬31.23533°,监测面积为

表1 2019年稻田磷素污染监测点施肥情况

施肥时间	施肥时期	肥料品种	施肥总量/ kg·hm ⁻²	折纯量/kg·hm ⁻²		
				N	P	K
6月2日	基肥	配方复合肥	450.0	72.0	54.0	76.5
6月14日	分蘖肥1	尿素	187.5	86.2		
6月23日	分蘖肥2	尿素	150.0	69.0		
7月17日	长粗肥	配方复合肥	300.0	48.0	36.0	51.0
8月5日	穗肥	尿素	180.0	82.8		

作者简介 朱培森(1981—),男,吉林吉林人,硕士,高级农艺师。研究方向:土壤肥料、植物营养、废弃物资源化利用。

收稿日期 2020-08-17

3.33 hm²,灌排独立,农田—沟渠—汇水区—外河的排水路径清晰、不串水,封闭排水沟渠一端,并在出水端安装流量计。

1.3.3 取样点位。分别采集灌溉水、田面水、沟渠水、内河(汇水区)水、外河水的水样。

1.3.4 取样时间。凡符合下列任一条件,均需采集水样。一是每次施肥作业后,在第2天、第5天和第8天采集水样;二是每次下大雨之后;三是每隔15d,若与下雨天或施肥的时间重合,则并做一次取样。

1.3.5 取样方法。①灌溉水。在灌溉沟渠或灌溉水源地,3~5点取水,混合之后,装800 mL水样于1000 mL的塑料瓶。②田面水或旱地径流水。在生产区域内,挖面积0.11 m²、深30 cm的小坑,内置塑料薄膜防止渗漏损失,产生径流会自动蓄水,每个测定区域设置3个,将3个蓄水小坑里的水取样后,混合均匀,装800 mL水样于1000 mL的塑料瓶。③排水沟渠、内河水样。采用水样采集器3点采样,并混合均匀后,装800 mL水样于1000 mL的塑料瓶;④外河水。采用水样采集器3点采样,并混合均匀后,装800 mL水样于1000 mL的塑料瓶。

1.3.6 水样保存。取样后,贴好标签,每个取样日期为一个批次,用包装袋装好,并在包装袋上写好日期,贮存于-18℃的冰柜中,冷冻。同时及时送检,样品从取样到检测的间隔不要超过4周。

1.3.7 测定方法。按照《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)规定的方法测定^[5]。

2 结果与分析

2.1 水稻生长季节水质总磷变化情况

从图1可以看出,水质总磷在整个水稻生长期灌溉水和内河水均没有超过V类水,而外河水在7月21日至8月9日出现不同程度的劣V类水质状况。从内河水总磷变换情况来看,其随施肥时期而变化,但均在V类水标准以下。

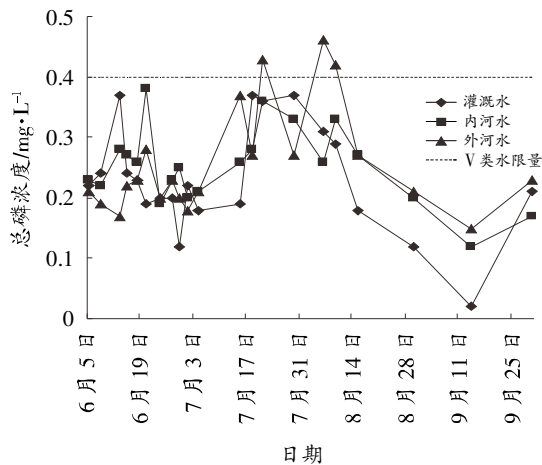


图1 2019年稻田磷素污染风险监测

2.2 施肥后水质总磷变化情况

2.2.1 施基肥后水质总磷变化情况。从图2可以看

出:施肥过后第2天,田面和沟渠的总磷浓度分别为0.81、0.61 mg/L,施肥后第5天,田面和沟渠的总磷含量分别为0.21、0.31 mg/L,施肥后第8天,田面和沟渠的总磷含量分别为0.20、0.28 mg/L,较施肥后第2天分别下降了75.3%和54.1%;内河的总磷含量从施肥后第2天的0.23 mg/L上升到第8天的0.28 mg/L,上升了21.7%,水质处于IV类水;外河的总磷含量从施肥后第2天的0.21 mg/L下降到施肥后的0.17 mg/L,下降了19.0%,水质处于III类水。

从水质总磷含量的变化趋势上看,田面和沟渠中在施肥后第5天前呈现快速下降趋势,从第5天到第8天,变化不大。内河和外河的水质总磷含量变化不大,稍有波动,内河上升,而外河水水质总磷含量出现了下降。

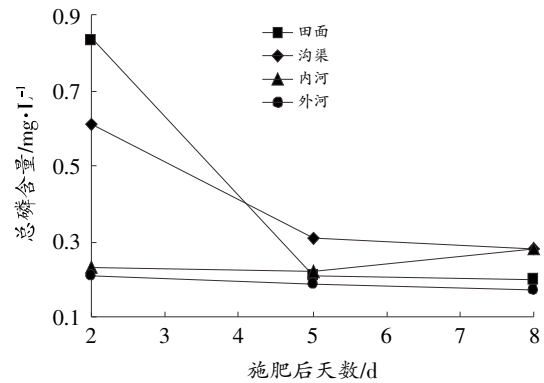


图2 施用基肥后水质变化趋势

2.2.2 施第1次分蘖肥后水质总磷变化情况。从图3可以看出:施肥后第2天,田面和沟渠的总磷浓度分别为0.22、0.31 mg/L,施肥后第5天,田面和沟渠的总磷含量分别为0.48、0.39 mg/L,施肥后第8天,田面和沟渠的总磷含量分别为0.32、0.38 mg/L,施肥后第8天相较于第2天分别上升了45.5%、22.6%;内河的总磷含量从施肥后第2天的0.27 mg/L上升到第8天的0.38 mg/L,上升了40.7%,水质处于V类水;外河的总磷含量从施肥后第2天的0.22 mg/L上升到第8天的0.28 mg/L,上升了27.3%,水质处于IV类水标准。田面和沟渠中水质总磷含量出现了先升后降的趋势;内河和外河的水质总磷含量都出现了上升趋势,内河水水质处于V类水,外河水水质处于IV类水。

2.2.3 施第2次分蘖肥后水质变化情况。从图4可以看出:施肥过后第2天,田面和沟渠的总磷浓度分别为0.43、0.39 mg/L,施肥后第8天,田面和沟渠的总磷含量分别为0.38、0.41 mg/L,分别下降了11.6%和上升了5.1%;内河的总磷含量从0.19 mg/L上升到0.25 mg/L,上升了31.6%,水质处于IV类水;外河的总磷含量波动

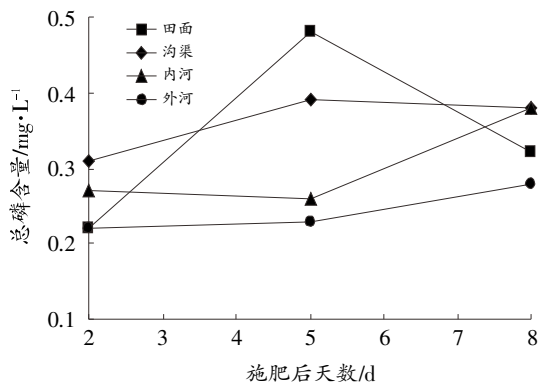


图3 施用第1次分蘖肥后水质变化趋势

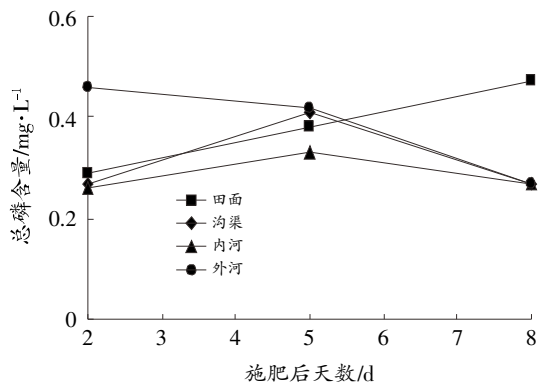


图6 施用穗肥后水质变化趋势

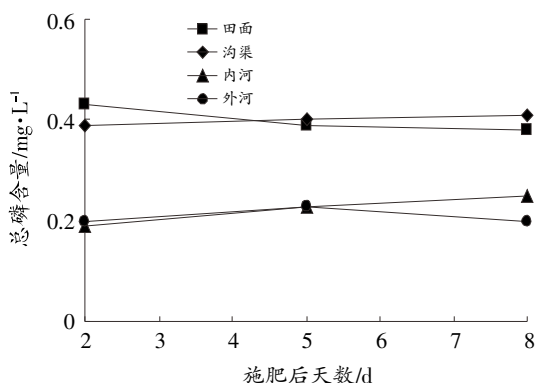


图4 施用第2次分蘖肥后水质变化趋势

不大,与施肥后第2天持平,水质处于Ⅲ类水标准。

2.2.4 施用长粗肥后水质变化情况。从图5可以看出:施肥过后第2天,田面和沟渠的水质总磷浓度分别为1.31、1.1 mg/L,施肥后第8天,田面和沟渠的水质总磷含量分别为0.28、0.55 mg/L,分别下降了78.6%和上升了50.0%;内河的总磷含量从0.28 mg/L上升到0.33 mg/L,上升了17.9%,水质处于Ⅴ类水;外河的总磷含量先升后降,与施肥后第2天持平,水质处于Ⅲ类水标准。

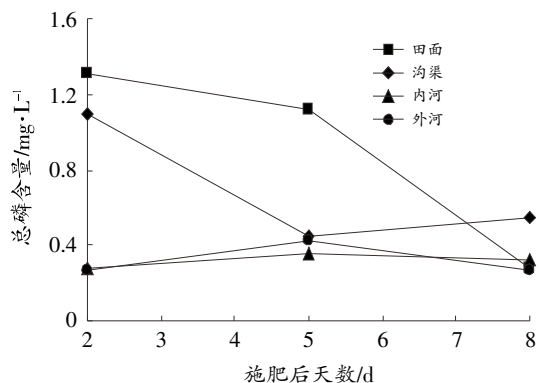


图5 施用长粗肥后水质变化趋势

2.2.5 施穗肥后水质变化情况。从图6可以看出:田面水的总磷浓度从施肥后第2天的0.29 mg/L上升到第8天的0.47 mg/L,上升了62.1%;沟渠水中的总磷呈

先升后降的趋势,施肥后第8天与第2天持平;内河的总磷波动幅度不大,基本与第2日持平;外河的总磷从第2天的0.46 mg/L下降到第8天的0.27 mg/L,下降41.3%,水质处于Ⅳ类水标准。

3 结论与讨论

本研究表明,在施用基肥和长粗肥后第2天田面水和沟渠水中总磷浓度均处于较高浓度范围,随着时间推移逐渐下降,并在施肥后第5~8天处于较稳定范围,相比于施肥后第2天,田面水总磷平均浓度下降77.4%,沟渠水总磷平均浓度下降52.1%,内河水总磷平均上升19.8%,外河水总磷平均下降9.5%。虽然分蘖肥和穗肥使用的是尿素,但是也引起了田面和沟渠中总磷浓度的波动,这可能是追施氮肥对磷素浓度会产生影响,因为施氮后会激发土壤中磷素的释放。另外,追肥过程中扰动稻田表土层在一定程度上也会释放土壤中的磷,使田面水总磷浓度明显回升。谢学俭等^[9]的研究结果也印证了这一点。

从研究结果来看,在施肥后的第2~8天,尤其是前5 d,田面水质总磷浓度比较高,是控制农业面源污染的最佳时期,应避免在雨前施肥,但应该采取必要的技术措施减少农业面源污染。杨林章等^[7]认为,农业面源污染因其排放路径的随机性、排放区域的广泛性以及排放量大面广等特征,其治理要取得实效,必须实施基于“源头减量(Reduce)、过程阻断(Retain)、养分再利用(Reuse)和生态修复(Restore)”的完整技术体系链,这也被称为农业面源污染的“4R”理论。

近年来,昆山市引进侧深施肥技术、施用控释肥料和增施有机肥等措施,从源头上减少化肥的施用,并通过完善沟渠生态化改造阻断氮磷地表径流;在部分主要粮食基地开展了生产尾水的循环再利用,并通过植物吸收等方式来减少农业生产对水体的污染。

4 参考文献

[1] NOVOTNY V. Diffuse pollution from agriculture—a worldwide (下转第157页)

现在 2004 年。主汛期的暴雨平均贡献率为 30.9%, 占主汛期期间降水总量的近 1/3, 即主汛期近 1/3 的降水以暴雨形式出现, 最大主汛期暴雨贡献率为 54.8%, 出现在 2008 年, 占当年降雨总量的 34.6%, 最小主汛期暴雨贡献率为 0, 出现在 2018 年。梅雨期暴雨平均贡献率为 33.5%, 最大贡献率为 76.0%, 出现在 1999 年, 占当年暴雨总量的 68%。盛夏时期的暴雨平均贡献率为 25.8%, 最大贡献率为 60.2%, 出现在 2003 年, 占当年暴雨总量的 77.0%。从图 6 可以看出, 暴雨贡献率以 0.06%/10 a 的速率呈减少趋势, 未通过 0.05 显著性水平的检验。

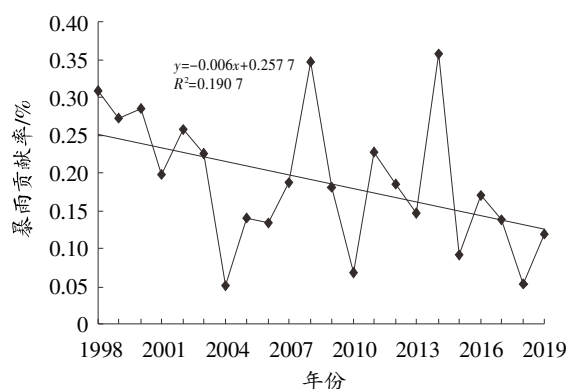


图 6 秭归县 1998—2019 年暴雨贡献率变化

2.2 暴雨分布特点

2.2.1 地理分布。秭归系四川东褶及鄂西八面山坳会合带, 长江切穿巫山, 自西向东, 横贯全境, 境内以长江河段为最低河谷地带, 形成西南高、东北低的地势, 属长江三峡山地地貌。长江由西向东将县境分为南、北两部分, 江北北高南低, 江南南高北低, 呈盆地地形。从 2005—2019 年(2005 年开始安装区域自动站)区域自动站监测数据可以看出, 秭归县暴雨分布极为不均, 暴雨出现的一般地理分布特点为东南部多于西北部, 江南多于江北, 半山坡多于谷地, 主要落区集中在东南部和西南部地区。

2.2.2 时间分布。通过对比分析近几年秭归县区域自动站降水量数据可以得出, 夜间出现暴雨的次数明显多于白天, 特别是在盛夏时期, 极易在午后到傍晚时分

(上接第 152 页)

outlook[J]. Wat Sci Tech, 1999, 39(3): 1-13.

[2] 余进祥, 刘娅菲. 农业面源污染理论研究及展望[J]. 江西农业学报, 2009, 21(1): 137-142.

[3] PARRY R. Agricultural phosphorus and water quality: a U.S. Environmental Protection Agency perspective[J]. J Environ Qual, 1998, 27: 258-261.

[4] 王桂苓, 马友华, 石润圭, 等. 巢湖流域种植业面源污染现状与防治对策[J]. 中国农学通报, 2008, 24(增刊 1): 242-

出现局地短时强对流天气, 出现“坨子雨”的概率较高。

3 结论

(1) 秭归县 1998—2019 年年均暴雨日数为 3.6 d, 暴雨日数从 6 月开始突增, 7 月达到峰值, 之后逐月减少。年暴雨日数以 0.15 d/a 的速率呈减少趋势, 减幅显著。主汛期暴雨日数也以 0.11 d/a 的速率呈减少趋势, 减幅显著。

(2) 秭归县平均年暴雨量为 246.3 mm, 占年降水总量的 18.8%, 汛期暴雨占暴雨总量的 94.0%; 主汛期暴雨占暴雨总量的 75.4%; 梅雨期暴雨占暴雨总量的 35.0%; 盛夏时期暴雨占暴雨总量的 36.0%。暴雨量以 10.7 mm/a 的速率呈显著减少的趋势。

(3) 秭归县平均暴雨强度为 67.7 mm/d, 汛期平均暴雨强度为 68.8 mm/d, 主汛期平均暴雨强度为 69.2 mm/d, 梅雨期平均暴雨强度为 70.1 mm/d, 盛夏时期平均暴雨强度为 69.7 mm/d。秭归县年平均暴雨强度以 0.38 mm/a 的速率呈显著减少趋势。

(4) 秭归县暴雨年均贡献率为 19.4%, 其中汛期贡献率为 23.5%, 主汛期贡献率为 30.9%, 近 1/3 的降水以暴雨形式出现, 梅雨期贡献率为 33.5%, 盛夏时期贡献率为 25.8%。

(5) 秭归县暴雨分布特点为东南部多于西北部, 江南多于江北, 半山坡多于谷地, 主要落区集中在东南部和西南部。夜间出现暴雨次数明显多于白天, 盛夏时易在午后到傍晚时分出现局地短时强对流天气。

4 参考文献

[1] 鲍名, 黄荣辉. 近 40 年我国暴雨的年代际变化特征[J]. 大气科学, 2006(6): 3-13.

[2] 陈玥, 谌芸, 陈涛, 等. 长江中下游地区暖区暴雨特征分析[J]. 气象, 2016(6): 724-731.

[3] 黄荣辉, 陈栋, 刘永. 中国长江流域洪涝灾害和持续性暴雨的发生特征及成因[J]. 成都信息工程学院学报, 2012(1): 1-19.

[4] 万君, 周月华, 王迎迎, 等. 基于 GIS 的湖北省区域洪涝灾害风险评估方法研究[J]. 暴雨灾害, 2007(4): 42-47.

[5] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 2003.

245.

[5] 国家环保总局. 地表水环境质量标准: GB 3838—2002[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.

[6] 谢学俭, 陈晶中, 肖琼, 等. 不同磷水平处理对水稻田面水中氮磷浓度动态变化的影响[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(27): 8568-8570.

[7] 杨林章, 施卫明, 薛利红, 等. 农村面源污染治理的“4R”理论与工程实践: 总体思路与“4R”治理技术[J]. 农业环境科学学报, 2013, 32(1): 1-8.