

南通平原河网地区典型农田系统地下水硝态氮污染调查

戴轩宇,徐爱兰,姚颖

(南通市环境监测中心站,江苏 南通 226006)

摘要:针对平原河网地区典型农田系统灌溉施肥带来的地下水环境污染问题,采集南通地区蔬菜地、水稻-小麦轮作地、水稻-油菜轮作地和桑地地下水样品,分析了不同农田种植体系下的地下水污染程度。结果表明,蔬菜、桑地、水稻-油菜轮作、水稻-小麦轮作地下水的硝态氮(N)平均值分别为12.2,9.53,7.95和6.12 mg/L,与氮肥用量呈显著的正相关关系;研究区域地下水硝态氮超III类标准率(>20 mg/L)的为4.8%,表明地下水已部分受到硝态氮污染。

关键词:平原河网地区;农田;地下水;硝态氮;南通

中图分类号:X523

文献标志码:B

文章编号:1674-6732(2017)03-0053-03

Investigation on Nitrate Pollution of Groundwater in Typical Farmlands of Nantong Plain River Networks

DAI Xuan-yu, XU Ai-lan, YAO Ying

(Nantong Environmental monitoring center, Nantong, Jiangsu 226006, China)

Abstract: In order to solve the problem of environmental pollution with fertilization and irrigation to typical farmlands in Nantong plain river networks, this article took vegetable, mulberry, rice-wheat rotation, rice-rape rotation corresponding groundwater samples in Nantong, analyzed the $\text{NO}_3 - \text{N}$ accumulation of different farm utilization and its effects on groundwater. The results showed that, the content of $\text{NO}_3 - \text{N}$ in vegetable, mulberry, rice-rape rotation, rice-wheat rotation corresponding groundwater were 12.2, 9.53, 7.95, 6.12mg/L, the concentration had a positive correlation with nitrogen fertilizer consumption. There were 4.8% of samples exceeding the maximum permissible limit for groundwater (20 mg/L), which indicated that the groundwater of investigative zone was partially polluted by $\text{NO}_3 - \text{N}$.

Key words: Plain river networks; Farmland; Groundwater; $\text{NO}_3 - \text{N}$; Nantong

地下水是水资源的重要组成部分,对支撑经济社会可持续发展具有不可替代的作用,同时,地下水资源又是重要的环境要素,能直接影响和改善生态环境状况^[1]。南通滨江沿海,为典型的沿海平原河网地区,感潮河网水系复杂,受沿海和河口潮汐影响,地表水与地下水密切联系、转化频繁。南通平原河网地区属于集约化农业区,化肥施用过量现象严重,其中又以氮肥过量投入最为典型,氮肥的施用虽极大地促进了农业生产的发展,但大量施到农田的氮素肥料以硝态氮形式淋洗进入地下水中,造成农业面源污染,对地下水系统造成了不容忽视的影响^[2-5]。

2015年5—10月,在南通市平原河网地区选择典型村落为研究区域开展野外原位试验,通过野

外调查取样和室内分析相结合的方法,研究不同农田系统地下水硝态氮污染状况,为有效控制地下水硝态氮污染提供依据。

1 调查方法

1.1 研究区概况

南通地处长江下游冲积平原(北纬31°41'06"—32°42'44"、东经120°11'47"—121°54'33"),属北亚热带和暖温带季风气候,海洋性气候明显,年平均气温14.0~15.1℃,年均降水量1000~1100mm,

收稿日期:2016-08-09;修订日期:2017-01-20

基金项目:江苏省环境监测科研基金资助项目(1310)

作者简介:戴轩宇(1983—),女,工程师,硕士,从事环境监测和环境科研工作。

年均蒸发量 875 mm,无霜期 226 d。土壤是以长江冲击物为主的江海沉积物。

根据南通市农业资源开发局统计数据,截至 2013 年末,南通市粮田面积 51.99 万 hm^2 ,冬小麦夏水稻 2 季轮作为粮田主要种植制度;油菜种植面积 10.50 万 hm^2 ,主要采取冬油菜夏水稻的 2 季轮作制度;蔬菜种植面积 21.84 万 hm^2 ,其中设施蔬菜面积 5.75 万 hm^2 ;桑田面积 1.65 万 hm^2 。

沿南村地处南通市西北部的如东县袁庄镇,境内地势平坦,河网密集,四季分明,雨量充沛,有水稻-小麦、水稻-油菜、蔬菜、桑田等种植体系,是南通地区具有代表性的平原河网农田体系。

1.2 分析方法

1.2.1 地下水样品采集及分析

沿南村选择常年种植水稻-小麦、水稻-油菜、蔬菜地块各 2 块,桑地 1 块。每个采样地块采集 2 个井位,井位选择在种植体系成片分布的地方以便所选井位地下水不受地面人为因素影响。选择小麦和油菜成熟收获后的 5 月底、水稻成熟收割后的 10 月底分别进行两次采样,每次采样 3 批,其中第 1 批采样时间为施肥后 1~3 d,第 2 批采样时间为施肥后第 1 次降雨(约 5~8 d),第 3 批采样

时间为施肥后约 15 d。

采样前充分抽汲,将水管中停滞的水和杂质抽出后再进行取样,水样装入 250 mL 聚乙烯瓶中,立即密封,放入保温箱冷藏后带回实验室待测。地下水硝态氮分析测定根据《地下水环境监测技术规范》(HJ/T 164—2004)中推荐的气相分子吸收法,采用 GMA 3380 气相分子吸收光谱仪测定。

1.2.2 氮肥施用量核算

不同形态的氮在土壤和地下水中会相互转化。在适宜的温度、水分和通气条件下,在土壤微生物和酶的作用下,尿素水解为铵态氮,铵态氮氧化为硝态氮,夏季高温季节转化快。

采集地下水样品的沿南村选取水稻-小麦种植农户 10 个,水稻-油菜种植农户 10 个,蔬菜种植农户 10 个,桑树种植农户 5 个,调查采样时间前 3 年(2012—2014 年)的农田施用肥料种类与数量,并根据肥料包装所示养分含量核算一个种植周期氮肥施用量,见表 1。2015 年试验区农田保留了与往年同样的施肥习惯。为减少实验结果受施肥品种的干扰影响,选择在夏季不同形态氮转化率相对较高的季节采样,同时尽量保证采样期的施肥品种的一致性。

表 1 不同作物种植体系的施肥状况

种植体系	统计数/户	氮肥年均施用量 (以 N 素计)/($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	2012—2014 年调查肥料种类	试验期间施肥
水稻-小麦	10	411.5	酰胺态氮肥(尿素)、铵态氮肥(碳铵)	采样期间为减少受施肥种类的干扰,4 种植物均以硝态氮肥为主
水稻-油菜	10	615.8	酰胺态氮肥(尿素)、铵态氮肥(碳铵)	
蔬菜	10	1 166.2	有机肥、硝态氮肥、酰胺态氮肥(尿素)	
桑地	5	732.6	有机肥、硝态氮肥、酰胺态氮肥(尿素)	

1.3 地下水硝态氮污染评价标准

《地下水环境质量标准》(GB/T 14848—1993)中规定硝酸盐(以 N 计)的分级标准如下: $\leq 2.0 \text{ mg/L}$ 为 I 类水, $\leq 5.0 \text{ mg/L}$ 为 II 类水, $\leq 20 \text{ mg/L}$ 为 III 类水, $\leq 30 \text{ mg/L}$ 为 IV 类水, $> 30 \text{ mg/L}$ 为 V 类水。

2 结果与分析

2.1 研究区域地下水硝态氮污染状况

研究区域地下水 ρ (硝态氮)见表 2。由表 2 可见,其地下水水质尚可,硝态氮平均值为 8.06 mg/L 。依据《GB/T 14848—1993》,I 类水、II 类水、III 类水、IV 类水分别为 0, 11.9%, 83.3% 和 4.8%。可见,其地下水受到了人类活动的影响,且 4.8% 的样品超过了地下水质量 III 类水标准 20 mg/L 。

表 2 研究区域地下水 ρ (硝态氮)及分布规律

类别	深度/m	取样数/个	ρ (硝态氮)平均/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	分布规律/%			
				$\leq 2 \text{ mg/L}$	2~5 mg/L	5~20 mg/L	$> 20 \text{ mg/L}$
浅层地下水	8~10	84	8.06	0	11.9	83.3	4.8

2.2 不同种植系统地下水硝态氮污染状况

为了解不同农田种植系统氮肥施用对地下水硝态氮的影响,对水稻-小麦、水稻-油菜、蔬菜、桑地分类进行采样和分析。结果表明,蔬菜地地下水 ρ (硝态氮)最高,为12.2 mg/L,桑地其次,为9.53 mg/L,其后为水稻-油菜轮作地,为7.95 mg/L,水稻-小麦轮作地最低,为6.12 mg/L,见图3。由于蔬菜生长周期短且产出量大,施用的化肥、农药和回灌量比其他耕地都要高,因此,其地下水硝酸盐污染相对最严重。水稻田的氮肥施用量尚可,但地下水的 ρ (硝态氮)反而较低,可能与水稻田灌溉稀释和反硝化作用强烈有关^[6]。

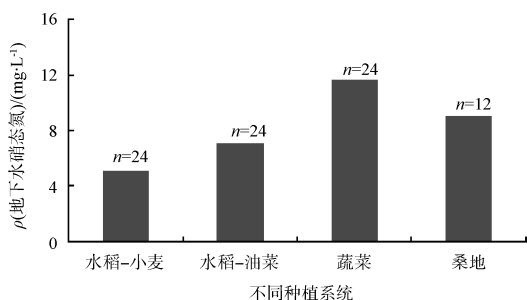


图3 不同种植系统地下水硝态氮污染状况比较

4种农田利用类型地下水 ρ (硝态氮)的频率分布比较见图4(a)(b)(c)(d)。由图4可见,24个水稻-小麦轮作种植体系下的地下水样品中,10个样品 ρ (硝态氮)为2~5 mg/L,14个为5~10 mg/L,均不超III类标准;24个水稻-油菜轮作种植体系下的地下水样品中,17个样品 ρ (硝态氮)为5~10 mg/L,6个在10~20 mg/L,1个超III类标准(>20 mg/L),占4.2%;24个蔬菜种植体系下的地下水样品中,4个样品 ρ (硝态氮)为5~10 mg/L,17个在10~20 mg/L,3个超III类标准率(>20 mg/L),占12.5%;12个桑地种植体系下的地下水样品中,8个样品 ρ (硝态氮)为5~10 mg/L,3个在10~20 mg/L,20 mg/L以上比例为8.3%。

2.3 氮肥施用量与地下水硝态氮含量的相关性

文献[7-8]发现研究区内以农业面源污染为主的地方,施用农用氮肥与造成地下水硝酸污染存在着明显的相关性。硝酸盐从地表施用的农用氮肥释放,在大气降雨等水动力载体带动下,硝酸盐在重力和土壤水势差作用下进入地下水。

(a) 水稻-小麦轮作(n=24) (b) 水稻-油菜轮作(n=24)

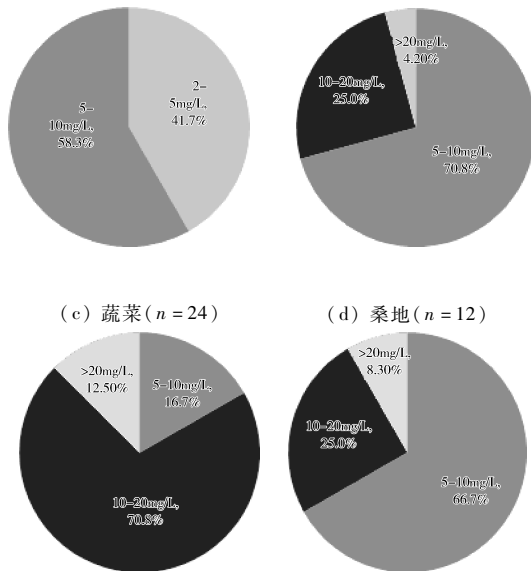


图4 4种农田利用类型地下水 ρ (硝态氮)的频率分布

选取施肥时间和采样时间相同的第1批样品,对4种类型农田种植系统冬、夏2季的氮肥用量和相应的地下水 ρ (硝态氮)进行回归分析。氮肥施用量与地下水 ρ (硝态氮)关系见图5。

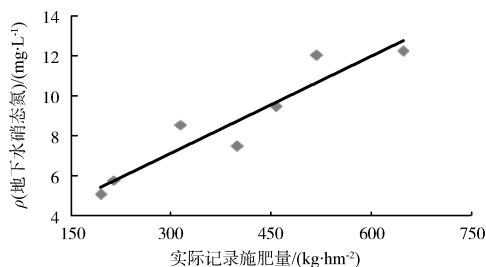


图5 氮肥施用量与地下水 ρ (硝态氮)关系

由图5可见,纵坐标为4块不同种植系统5月和10月2季施肥后第1批采样样品的 ρ (硝态氮)均值(其中小麦地仅在秋季10月份进行了监测),横坐标为实际记录的施肥量。结果表明,各地块氮肥施用量与地下水 ρ (硝态氮)之间相关系数约为0.94,呈显著的正相关性。

3 讨论

南通平原河网地区典型农田系统中,研究区域地下水 ρ (硝态氮)超III类标准率(>20 mg/L)为4.8%,可见该区域地下水已部分受到硝态氮污染。

(下转第61页)

- in the Pearl River Delta and a remote site in South China [J]. *Atmospheric Environment*, 2007, 41(38): 8620–8632.
- [4] WANG X M, SHENG G Y, FU J M, et al. Urban roadside aromatic hydrocarbons in three cities of the Pearl Rive Delta, People's Republic of China [J]. *Atmos Environ*, 2002, 36: 5141–5148.
- [5] KARL T G, CHRISTIAN T J, YOKELSON R J, et al. The tropical forest and fire emissions experiment; method evaluation of volatile organic compound emissions measured by PTR-MS, FTIR, and GC from tropical biomass burning [J]. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2007, 7(22): 5883–5897.
- [6] LIU Y, SHAO M, FU L L, et al. Source profiles of volatile organic compounds (VOCs) measured in China [J]. *Atmospheric Environment*, 2008, 42(25): 6247–6260.
- [7] 安俊琳, 朱彬, 李用宇. 南京北郊大气 VOCs 体积分数变化特征[J]. *环境科学*, 2013, 34(12): 4504–4512.
- [8] 安俊琳, 朱彬, 王红磊, 等. 南京北郊大气 VOCs 变化特征及来源解析[J]. *环境科学*, 2014, 35(12): 4454–4464.
- [9] 徐慧, 张晗, 邢振雨, 等. 厦门冬春季大气 VOCs 的污染特征及臭氧生成潜势[J]. *环境科学*, 2015, 36(1): 11–17.
- [10] National Research Council (NRC). Committee on tropospheric ozone formation and measurement. Rethinking the ozone problem in urban and regional air pollution [M]. Washington, DC: National Academy Press, 1991. 88–92.
- [11] TSUJINO Y, KUWATA K. Sensitive flame ionization detector for the determination of traces of atmospheric hydrocarbons by capillary column gas chromatography [J]. *Journal of Chromatography*, 1993, 642(1–2): 383–388.
- [12] MOSCHONAS N, GLAVAS S. C₃–C₁₀ hydrocarbons in the atmosphere of Athens, Greece [J]. *Atmospheric Environment*, 1996, 30(15): 2769–2772.
- [13] CHEN T Y, SIMPSON I J, BLAKE D R, et al. Impact of the leakage of liquefied petroleum gas (LPG) on Santiago air quality [J]. *Geophysical Research Letters*, 2001, 28(11): 2193–2196.
- [14] 环境保护部. 环境空气挥发性有机物的测定罐采样/气相色谱法-质谱法: HJ 759—2015 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [15] 李冰, 陈长和, 余金香. 利用 EKMA 曲线制定光化学烟雾区域总量控制方案[J]. *高原气象*, 1998, 17(2): 111–118.
- [16] 周炎, 钟流举, 岳珂利, 等. 典型污染时段鹤山大气 VOCs 的臭氧生成潜势及来源解析[J]. *环境监控与预警*, 2014, 6(4): 1–5, 16.
- [17] 黄艳玲, 陈慧娴. 佛山市臭氧浓度时间变化特征及主要影响因素[J]. *环境监控与预警*, 2017, 9(1): 54–58.

栏目编辑 李文峻

(上接第 55 页)

其中蔬菜种植区域的地下水硝态氮污染明显高于粮食种植区域, 蔬菜地地下水的 ρ (硝态氮) 为 12.2 mg/L, 相当于水稻-小麦轮作地的 2.0 倍, 超 III 类标准率达到了 12.5%, 远远超过水稻-油菜轮作地和水稻-小麦轮作地。

农田利用类型是影响地下水硝态氮污染程度的一个重要因素, 农田氮肥施用量与地下水 ρ (硝态氮) 呈显著的正相关关系, 氮肥的大量施用会导致地下水硝态氮污染风险显著增大。在蔬菜种植日益扩大的情况下, 预计南通平原河网地区典型农田系统地下水硝态氮污染将进一步加剧。在充分考虑地理、水文、土壤等因素的基础上, 调整农田种植体系, 控制氮肥施用量, 优化水肥配套管理技术, 进而控制农业面源污染将是控制农田系统地下水硝态氮污染的有效途径。

[参考文献]

- [1] 杨彦, 于云江, 王宗庆, 等. 区域地下水污染风险评估方法研究[J]. *环境科学*, 2013, 34(2): 653–661.
- [2] 季晓, 徐爱兰, 陆炜. 平原闸控感潮河网地区非点源污染监测分析方法[J]. *环境监控与预警*, 2009, 1(2): 18–21.
- [3] 叶灵, 巨晓棠, 刘楠, 等. 华北平原不同农田类型土壤硝态氮累计及其对地下水的影响[J]. *水土保持学报*, 2010, 24(2): 165–168.
- [4] 杜连凤, 赵同科, 张成军, 等. 京郊地区 3 种典型农田系统硝酸盐污染现状调查[J]. *中国农业科学*, 2009, 42(8): 2837–2843.
- [5] 李正兆, 高海鹰, 张奇, 等. 抚仙湖流域典型农田区地下水硝态氮污染及其影响因素[J]. *农业环境科学学报*, 2008, 27(1): 286–290.
- [6] 王庆锁, 顾颖, 孙东宝. 巢湖流域地下水硝态氮含量空间分布和季节变化格局[J]. *生态学报*, 2014, 34(15): 4372–4379.
- [7] 董维红, 林学钰. 浅层地下水水质污染的影响因素分析—以松嫩盆地松花江北部高平原为例[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2004, 34(2): 231–235.
- [8] 王剑波, 吴伟宏, 阮彬彬. 华东某市老城区潜层地下水硝酸盐分布特征[J]. *环境监控与预警*, 2015, 7(2): 46–49.