

辽宁省粮菜主产区农村饮用水硝酸盐污染状况研究

汪 仁, 解占军, 华利民, 宫 亮, 包红静, 刘 艳, 牛世伟

(辽宁省农业科学院环境资源与农村能源研究所, 辽宁 沈阳 110161)

摘 要 为了解农村饮用水硝酸盐污染情况,2005—2008 年连续 4 年 7 次采集辽宁省粮食、蔬菜主产区农户井水样品 1 307 个,利用 TU-1810 DASPC 紫外可见光光度计测定了硝酸盐含量。结果表明,粮食、蔬菜主产区农村饮用水硝酸盐含量平均值为 $18.96 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,大于 $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的样品占 32.08%。保护地蔬菜产区农户饮用水硝酸盐含量平均值为 $21.26 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,个别的蔬菜种植户地下水硝酸盐含量达到 $396.67 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。水稻产区农村饮用水硝酸盐含量平均值为 $20.62 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,玉米产区农户饮用水硝酸盐含量为 $17.8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。受硝酸盐污染的水井占监测水井总数的百分比分别为:昌图县 34.52%、开原市 49.63%、铁岭县 38.92%、新民市 52.68%、辽中县 39.82%、黑山县 32.42% 和北镇市 32.99%。

关键词 粮菜主产区 饮用水 硝酸盐污染

中图分类号 X832 文献标志码 A 文章编号 1672-2043(2009)09-1932-04

Investigation of Nitrate Pollution in Rural Drinking Water of Liaoning Province

WANG Ren, XIE Zhan-jun, HUA Li-min, GONG Liang, BAO Hong-jing, LIU Yan, NIU Shi-wei

(Environmental Resource and Agricultural Energy Source Institute of Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161, China)

Abstract 1 307 underground water samples were sampled for 7 times in the main foodstuff and vegetable regions of Liaoning province from 2005 to 2008, and nitrate content was determined with an ultraviolet-visible spectrophotometer (TU-1810DASPC) to investigate the nitrate pollution of rural drinking water. The results showed that the average nitrate content was $18.96 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ in rural drinking water of the main foodstuff and vegetable regions, and 32.08% of the total samples was found that nitrate content was more than $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. In detail, the average nitrate content was $21.26 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $20.62 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ and $17.8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ in the main vegetable, rice and corn production regions, respectively, with the largest nitrate content reaching $396.67 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ in some vegetable samples. Nitrate content differed with the depth of drinking water. In general, the lower the nitrate content, the deeper the drinking water. The nitrate content in less than 30 m well, $20.03 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, was greatly higher than that in 30~100 m and more than 100 m wells, $9.47 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ and $0.09 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, respectively. The percentage of the nitrate-polluted well in total investigated wells was Changtu county 34.52%, Kaiyuan city 49.63%, Teiling county 38.92%, Xinmin city 52.68%, Liaozhong county 39.82%, Heishan county 32.42% and Beizhen city 2.99%.

Keywords Food/vegetable production region; drinking water; nitrate pollution

农村饮水安全直接关系到人体健康。在农业生产过程中,由于不合理使用农药化肥等,以及人畜粪便和垃圾随意排放,造成对江、河、湖泊等水体污染^[1],而在农业区硝酸盐是地下水污染一个非常普遍的化学污染物。美国威斯康星州 80 万个水井的监测表明,10%的水井中硝态氮含量超过 $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,而农区水井

超标率则达 17%~26%。地下水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 污染和施肥密切相关^[2-3],氮肥用量过高或施用方式不合理,使土壤和水体中的硝酸盐含量过高,这不仅造成氮肥资源浪费和增加农产品成本,而且导致粮食、蔬菜以及饮用水中硝酸盐含量超标^[4]。

硝酸盐的含量直接影响地下水的品质,水体中硝酸盐的含量成为水质的重要指标之一,饮水中的硝酸盐会导致“蓝婴”综合症和胃癌、结直肠癌、淋巴瘤等癌症发病率升高。我国制定的安全饮用水国家标准是水体中硝酸盐含量小于 $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (GB/T 14848—1993),超出这个指标属于不合格的饮用水,如果长期

收稿日期 2009-02-10

基金项目 农业部农业生态环境科技推广—华北地区地下水硝酸盐污染调查与监测项目

作者简介 汪 仁 (1953—),男,辽宁康平人,研究员,从事植物营养与施肥、环境资源方面研究工作。E-mail: 1ntfswr@yahoo.com.cn

饮用将会影响人类健康。

近 20 年的研究表明,国内外研究主要集中在地下水硝酸盐污染的过程与机理,污染的形式和来源分析,防治污染措施的探讨方面,并明确了过量施用氮肥、浅水井和土地利用方式对农村饮用水硝酸盐含量的影响,在土壤-植物、地下水-土壤、地下水-植物与微生物等各界面过程及防止地下水硝酸盐污染等方面还应该加强研究。本文在借鉴前人研究的基础上,结合本地区实际情况,以辽宁省粮食蔬菜主产区为监测区域,探讨了不同种植制度条件下施肥量及不同饮用水井深度对农村饮用水硝酸盐污染的影响,为有效地防止农村饮用水污染和科学施肥提供了依据。

1 采样区基本情况

本研究监测区域包括昌图县、开原市、铁岭县、新城子区、苏家屯区、于洪区、新民市、辽中县、黑山县、北镇市 10 个县区,人口 567.52 万,占全省的 13.50% 耕地 93.4 万 hm^2 ,占全省的 23.40% 粮食产量 709.7 万 t,占全省的 47.30%。玉米产区多机械播种,绝大多数农户为一次施肥,玉米连作 20 a 以上,化肥公顷用量 750~900 kg。水稻产区年灌水量 9 000~12 000 $\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$,连作 20 a 以上,化肥公顷用量 900~1 050 kg。保护地蔬菜产区年灌水量 4 500~7 500 $\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$,公顷施鸡粪 45 000~75 000 kg,公顷施复合肥 2 250~3 000 kg,蔬菜连作 20 a 以上。

2 材料与方法

分别于 2005 年 6 月、2006 年 7 月、2006 年 10 月、2007 年 7 月、2007 年 10 月、2008 年 7 月和 2008 年 10 月,选择辽宁省水稻、玉米、蔬菜主产区农户的水井定点采集饮用水样,采样前放水或压水 10 min,用蒸馏水清洗塑料瓶,采样前在采样容器中加入少量硫酸酸化样品并冷冻或加入 HgCl_2 抑制微生物活动,取水样 500 mL,共采取 1 307 个农户饮用井水样品。采样容器贴标签,注明编号、日期、采样人。记录采样市、县、乡、村、户、井深,用 GPS 定位采样点,记录经纬度。采用 TU-1810 DASPC 紫外可见光光度计测定农户饮用井水硝酸盐含量。

3 结果与讨论

3.1 粮食、蔬菜主产区农村饮用水硝酸盐含量及其分布频率

在辽宁省粮食、蔬菜主产区采集农户饮用井水分析化验,水体中硝酸盐含量平均值为 $18.96 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,其

中 2006 年 7 月、2007 年 7 月和 2008 年 7 月 3 次采集的农户饮用井水样品硝酸盐含量平均值分别为 21.95 、 20.51 和 $29.96 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,这 3 次化验结果均已经超过了安全饮用水标准。从农户饮用井水硝酸盐含量分布频率看,在测定的农户饮用井水样品中,大于 $20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的样品占 32.08%,1/3 以上的农户饮用井水不符合国家饮用水标准,其中 2006 年 7 月、2007 年 7 月和 2008 年 7 月 3 次采集的农户饮用井水样品分别有 38.7%、31.74% 和 47.08% 的地下水硝酸盐含量超标,这与皖北蔬菜产区地下水 NO_3^--N 含量分析结果相近^[5](表 1)。

表 1 粮菜主产区农村饮用水硝酸盐含量及分布频率 (%)

Table 1 Nitrate content and distribution frequency in rural drinking water in main production regions of foodstuff and vegetable (%)

时间 Time	平均值 Average/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	I ≤ 2 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	II 2~5 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	III 5~20 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	IV 20~30 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	V >30 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$
2005 年 6 月	14.6	44.30	9.20	24.10	9.80	12.60
2006 年 7 月	21.95	22.00	7.9	31.40	13.80	24.90
2006 年 10 月	15.3	20.10	13.20	41.30	8.50	16.90
2007 年 7 月	20.51	26.46	10.05	31.75	8.47	23.27
2007 年 10 月	14.47	16.4	15.34	39.15	15.34	13.77
2008 年 7 月	29.96	22.22	8.48	22.22	15.34	31.74
2008 年 10 月	15.9	32.28	13.22	24.35	12.69	17.46
平均	18.96	26.25	11.06	30.61	11.99	20.09

3.2 不同埋深的农村饮用水硝酸盐含量

为了监测农村饮用水的硝酸盐污染情况,选择了农户饮用水井总计 1 307 个,其中井深<30 m 的水井 1 193 个,占采样水井总数的 91.27% 井深 30~100 m 的水井 104 个,占采样水井总数的 7.96% 井深>100 m 的水井 10 个,占采样水井总数的 0.77%。2005—2008 年 7 次采集的农户饮用水样品,井深<30 m 的水井的饮用水硝酸盐含量平均值为 $20.03 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,超出国家制定的安全饮用水标准,其中 2006 年 7 月、2007 年 7 月和 2008 年 7 月 3 次采集的农户饮用水硝酸盐含量平均值分别为 22.70 、 21.56 和 $30.99 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。井深 30~100 m 水井的饮用水硝酸盐含量平均值为 $9.47 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,井深>100 m 水井的饮用水硝酸盐含量平均值为 $0.09 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (表 2)。

3.3 不同种植制度对农村饮用水硝酸盐含量的影响

对 4 年 7 次采集农户饮用水样品的化验分析结果表明,保护地蔬菜产区农户饮用水硝酸盐含量平均

表 2 不同埋深的农村饮用水硝酸盐含量 ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)Table 2 Nitrate Content in various deepth rural drinking water ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)

时间 Time	<30 m	30~100 m	>100 m
2005 年 6 月	18.40	4.80	0.60
2006 年 7 月	22.70	11.60	0
2006 年 10 月	15.80	8.40	0
2007 年 7 月	21.56	3.16	0
2007 年 10 月	14.78	9.96	0
2008 年 7 月	30.99	13.36	0
2008 年 10 月	15.96	14.98	0
平均	20.03	9.47	0.09

表 3 不同种植制度对农村饮用水硝酸盐含量的影响 ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)Table 3 Effect of different cultivation system on nitrate content in rural drinking water ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)

时间 Time	蔬菜 Vegetable	水稻 Rice	玉米 Maize
2005 年 6 月	37.23	11.36	8.89
2006 年 7 月	22.7	22.3	17.9
2006 年 10 月	13.1	20.1	15
2007 年 7 月	19.84	26.21	11.02
2007 年 10 月	13.06	15.74	18.26
2008 年 7 月	28.77	29.75	36
2008 年 10 月	14.15	18.87	17.51
平均	21.26	20.62	17.8

值为 $21.26 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。2005 年 6 月、2006 年 7 月和 2008 年 7 月 3 次采集的农户饮用水硝酸盐含量分别为 37.23 、 22.70 和 $28.77 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ，硝酸盐含量超出安全饮用水标准 $2.7\sim 17.23 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ，个别的蔬菜种植户饮用水硝酸盐含量达到 $396.67 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。水稻产区农户饮用水硝酸盐含量平均值为 $20.62 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ，其中 2006 年 7 月、2006 年 10 月、2007 年 7 月和 2008 年 7 月 4 次采集的农户饮用水硝酸盐含量分别为 22.30 、 20.10 和 26.21 、 $29.75 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。玉米产区地下水硝酸盐含量为 $17.8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (表 3)。用地下水硝酸盐平均含量进行比较，在 3 种植制度条件下，种植蔬菜的地区地下水硝酸盐含量较高，水稻种植区域地下水硝酸盐含量居中，玉米种植区地下水硝酸盐含量较低。经过调查分析得知，由于向农田投入的化肥量有差异，造成不同种植制度条件下地下水硝酸盐含量不一样，种植蔬菜的地区地下水的硝酸盐超标率较高，这个结果基本符合前人研究的结论^[6-8]。

3.4 不同县区农村饮用水硝酸盐含量、分布状况比较

从表 4 不同县区农村饮用水硝酸盐含量比较可以看出，在 10 个重点县区监测区域内，开原市、新民市、辽中县、黑山县和北镇市的农户饮用水硝酸盐含量均已超出国家安全饮用水标准，分别为 25.45 、 29.50 、 25.19 、 21.67 和 $20.63 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ，超出 $3.15\%\sim 48.95\%$ 。在监测区域内按照频率分布划分，农户饮用水硝酸盐污染水井达到 30% 以上的县区有昌图县、开原市、铁岭县、新民市、辽中县、黑山县、北镇市，受到硝酸盐污染的水井数量分别占监测水井总数的 34.52% 、 49.63% 、 38.92% 、 52.68% 、 39.82% 、 32.42% 和 32.99% 。

4 结论

(i) 辽宁省粮食、蔬菜主产区农村饮用水硝酸盐含量平均值为 $18.96 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。从农村饮用水硝酸盐含量分布频率看，在测定的样品中大于 $20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的样品占 32.08% ，在监测区域内 1/3 以上的农村饮用水

表 4 各县区农村饮用水硝酸盐含量分布状况

Table 4 The disubution of nitrate content in rural drinking water of different counties and districts

地点 Location	平均值 Average/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	频率分布 frequency/%				
		$\leq 2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$	$2\sim 5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$	$5\sim 20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$	$20\sim 30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$	$>30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$
昌图县	17.8	12.50	19.65	33.33	16.66	17.86
开原市	25.45	12.62	9.34	28.40	21.58	28.05
铁岭县	18.84	21.44	12.31	27.33	11.02	27.90
新城子区	10.20	19.64	21.43	35.71	23.22	0.00
苏家屯区	4.85	55.7	10.0	27.9	2.8	3.6
于洪区	9.55	52.38	6.0	29.76	4.76	7.10
新民市	29.50	28.92	2.86	15.54	16.61	36.07
辽中县	25.19	31.43	6.61	22.14	8.93	30.89
黑山县	21.67	27.69	7.42	32.47	9.34	23.08
北镇市	20.63	15.72	13.16	38.13	13.36	19.63

井不符合饮用水标准。

(2) 井深度<30 m 的水井的饮用水硝酸盐含量平均值为 $20.03 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 井深 30~100 m 水井的饮用水硝酸盐含量平均值为 $9.47 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 井深>100 m 水井的饮用水硝酸盐含量平均值为 $0.09 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。受硝酸盐污染的水井占监测水井总数的百分比分别为 昌图县 34.52%、开原市 49.63%、铁岭县 38.92%、新民市 52.68%、辽中县 39.82%、黑山县 32.42% 和北镇市 32.99%。

(3) 保护地蔬菜产区农户饮用水硝酸盐含量平均值为 $21.26 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 个别的蔬菜种植户地下水硝酸盐含量达到 $396.67 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。水稻产区农村饮用水硝酸盐含量平均值为 $20.62 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。玉米产区农户饮用水硝酸盐含量为 $17.8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

参考文献:

- [1] 雷 刚, 崔彩贤, 田义文. 农村饮用水安全问题研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35 (5) :1481-1482.
LEI Gang, CUI Cai-xian, Tian Yi-wen. Study of safety problem of rural drinking water[J]. *Journal of Anhui Agri Sci*, 2007, 35 (5) :1481-1482.
- [2] Keeney D R, Foller R F. Managing nitrogen for groundwater quality and farm profitability Overview and introduction[C]//Follet R F, Keeney D R, Cruse R M, eds. Managing nitrogen for groundwater quality and farm profitability. Madison, WI :ASA, CSSA, and SSSA. 1991.
- [3] Rass D J, Rithie J T, Peterson W R. Nitrogen management impacts on yield and nitrate leaching in inbred maize systems[J]. *J Environ Qual*, 1999, 28 :1365-1371.
- [4] 刘英华, 张世熔, 张素兰, 等. 成都平原地下水硝酸盐含量空间变异研究[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14 (1) :114-118.
LIU Ying-hua, ZHANG Shi-rong, ZHANG Su-lan, et al. Spatial variation of nitrate content in ground water in Chendu plain[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2005, 14 (1) :114-118.
- [5] 王道中, 郭熙盛, 王文军. 皖北蔬菜产区地下水硝酸盐污染研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35 (7) :2069-2070.
WANG Dao-zhong, GUO Xi-sheng, WANG Wen-jun. Study of nitrate pollution on underground water in vegetable production area in Northern of Anhui province[J]. *Journal of Anhui Agri Sci*, 2007, 35 (7) :2069-2070.
- [6] 赵同科, 张成军, 杜连凤, 等. 环渤海七省(市)地下水硝酸盐含量调查[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26 (2) :779-783.
ZHAO Tong-ke, ZHANG Cheng-jun, DU Lian-feng, et al. Investigation on nitrate concentration in groundwater in seven provinces (City) surrounding the Bo-Hai sea[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2007, 26 (2) :779-783.
- [7] 董章杭, 李 季, 孙丽梅. 集约化蔬菜种植区化肥施用对地下水硝酸盐污染影响的研究——以“中国蔬菜之乡”山东省寿光市为例[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24 (6) :1139-1144.
DONG Zhang-hang, LI Ji, SUN Li-mei. Nitrate contamination in the groundwater of intensive vegetable cultivation areas in Shouguang City, Shandong Province, China[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2005, 24 (6) :1139-1144.
- [8] 张维理, 田哲旭. 我国北方农用氮肥造成地下水硝酸盐污染的调查[J]. 植物营养与肥料学报, 1995, 1 (2) :80-87.
ZHANG Wei-li, TIAN Zhe-xv. Investigation of nitrate pollution on ground water due to nitrogen fertilization in agriculture in north China[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Sciences*, 1995, 1 (2) :80-87.