

## 河北省某县饮用水硝酸盐污染现状调查及评价

郭占景<sup>1</sup>, 杨玲<sup>2</sup>, 范尉尉<sup>1</sup>, 赵伟<sup>1</sup>, 白萍<sup>1</sup>, 陈风格<sup>1</sup>, 梁建伟<sup>2</sup>, 李贺<sup>1</sup>

**摘要:** [目的] 了解河北省某县饮用水硝酸盐污染状况。[方法] 采取分层随机抽样的方法在该县 13 个乡(镇)抽取 100 个监测点, 采用统一的调查表对监测点的水源类型、供水方式、水源污染状况及覆盖人口等进行调查, 在 2012 年枯水期(5 月)和丰水期(7 月)采集检测 354 份水样, 按照 GB 5749—2006《生活饮用水卫生标准》进行评价。[结果] 该县饮用水硝酸盐含量平均值为 18.32 mg/L, 31.64% 水样硝酸盐含量超过规定限值(20 mg/L); 枯水期出厂水、末梢水硝酸盐含量高于丰水期; 枯水期出厂水硝酸盐超标率高于丰水期( $P < 0.05$ ); 集中式供水出厂水和末梢水硝酸盐含量低于用户储存水( $P < 0.05$ ); 用户储存水(分散式供水)硝酸盐超标率高于末梢水和出厂水( $P < 0.05$ ); 上寨乡饮用水硝酸盐超标率最高(100.00%), 其次为白鹿泉乡(66.66%), 上庄镇未超标; 丰水期实施饮水安全工程的饮用水硝酸盐含量、硝酸盐超标率低于尚未实施的( $P < 0.05$ )。[结论] 该县饮用水硝酸盐污染较重, 应加强含氮有机物的污染治理。

**关键词:** 饮用水; 硝酸盐; 污染; 调查

**Evaluation on Nitrate Contamination Status of Drinking Water in a County of Hebei Province** GUO Zhan-jing<sup>1</sup>, YANG Ling<sup>2</sup>, FAN Wei-wei<sup>1</sup>, ZHAO Wei<sup>1</sup>, BAI Ping<sup>1</sup>, CHEN Feng-ge<sup>1</sup>, LIANG Jian-wei<sup>2</sup>, LI He<sup>1</sup> (1.Shijiazhuang Municipal Center for Disease Control and Prevention, Hebei 050011, China; 2.Luquan Municipal Center for Disease Control and Prevention, Hebei 050200, China) • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

**Abstract:** [Objective] To evaluate nitrate contamination status of drinking water in a county of Hebei Province. [Methods] Stratified random sampling method was used to select 100 monitoring spots from 13 villages (towns) in Hebei. Type of water source, mode of water supply, pollution condition of water sources, and covered population were investigated by a self-designed survey form. A total of 354 water samples were collected and tested during the dry season (May) and the rainy season (July) in 2012. All assessments followed the *Sanitary Standards for Drinking Water Quality* (GB 5749-2006). [Results] The average concentration of nitrate in the sampled drinking water was 18.32 mg/L, and 31.64% samples exceeded the sanitary limit for drinking water quality (20 mg/L). The nitrate concentrations and the unqualified rates in finished water & tap water in the dry season were higher than those in the rainy season ( $P < 0.05$ ). The nitrate concentrations and the unqualified rates in finished water & tap water from the centralized water supply system were lower than that in the reservoir water (non-central water supply) ( $P < 0.05$ ). The unqualified rate of nitrate concentration was highest in the samples of Shangzhai Town, followed by Bailuquan Town, and all water samples in Shangzhuang town were qualified. In the rainy season, the concentrations and the unqualified rates of nitrate in the regions implementing the safe drinking water project were lower than those without ( $P < 0.05$ ). [Conclusion] The selected county presents severe nitrate contamination in drinking water, and requires a strengthened remediation to control the nitrate pollution.

**Key Words:** drinking water; nitrate; contamination; survey

硝酸盐污染地下水已成为近 30 年来国际普遍关注的问题<sup>[1-2]</sup>。硝酸盐本身对人体虽无直接危害, 但被还原为亚硝酸盐后却可诱发高铁血红蛋白血症、消化系统癌症等疾病<sup>[3-4]</sup>。通过近几年对河北省某县饮用水水质卫生监测发现, 该县有 20% 的监测点硝酸盐浓度超过 GB 5749—2006《生活饮用水卫生标准》<sup>[5]</sup>规定限值, 但存在监测点较少且没有进行系统调查的问题。本研究拟于 2012 年枯水期(5 月)和丰水期(7 月)对

该县饮用水进行调查, 为了解该县饮用水硝酸盐污染情况提供参考依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 研究区域概况

该县总面积 603 km<sup>2</sup>, 山地、丘陵、平原各占 1/3, 东部平原区为以砾石为主的岩性地质, 夹有棕红色黏土、粉质黏土。雨量集中, 年平均降水量为 542.2 mm。该县浅层地下水主要受气候、开采和周边地下水位变化的影响, 年内降水补给和季节性开采造成了年内水位的波动起伏。境内有水域面积 15.67 km<sup>2</sup>, 占总面积的 2.5%, 该县饮用水均为地下水, 地下水水厂 205 个, 覆盖人口 378 518 人, 其中 20 个村仍为机械取水的分散式供水

[作者简介] 郭占景(1975—), 男, 硕士, 主管医师; 研究方向: 环境流行病学; E-mail: jikongchu@yahoo.cn

[作者单位] 1. 石家庄市疾病预防控制中心, 河北 050011; 2. 鹿泉市疾病预防控制中心, 河北 050200

方式,覆盖人口 37 658 人。

### 1.2 监测点选取

选取该县所有乡(镇)为监测对象,每个乡(镇)按照供水方式不同(集中式供水和分散式供水),采用按比例分层(每层村数量与该县总村数量比例)的抽样方式,同时依据实际情况抽取 100 个监测点。其中,集中式供水监测点 80 个(含涉及农村饮水安全工程 30 个),分散式供水监测点 20 个(全部抽取,每村抽取 1 个监测点)。监测点覆盖全部乡镇,以确保抽样的代表性。监测点具体抽取及分布情况见表 1。

表 1 河北省某县饮用水硝酸盐含量监测点及其服务人口分布

| 乡镇名称 | 辖村  |         | 集中式供水点 |        | 分散式供水点 |        |
|------|-----|---------|--------|--------|--------|--------|
|      | 数量  | 服务人口    | 抽取数量   | 服务人口   | 抽取数量   | 服务人口   |
| 白鹿泉  | 17  | 9 512   | 6      | 3 462  | 2      | 725    |
| 大河   | 24  | 42 333  | 7      | 15 347 | —      | —      |
| 黄壁庄  | 10  | 17 480  | 6      | 12 488 | —      | —      |
| 获鹿   | 18  | 63 386  | 5      | 48 686 | 2      | 7 137  |
| 李村   | 23  | 34 877  | 17     | 26 778 | —      | —      |
| 上寨   | 5   | 9 689   | 2      | 3 876  | 2      | 3 816  |
| 上庄   | 16  | 34 410  | 5      | 10 753 | 3      | 6 458  |
| 石井   | 9   | 12 723  | 5      | 7 168  | 1      | 1 265  |
| 寺家庄  | 15  | 38 245  | 4      | 10 298 | —      | —      |
| 铜冶   | 25  | 59 270  | 8      | 18 997 | 1      | 1 823  |
| 宜安   | 24  | 28 479  | 15     | 17 899 | 1      | 128    |
| 山尹村  | 7   | 12 899  | —      | —      | 7      | 12 899 |
| 开发区  | 4   | 15 215  | —      | —      | 1      | 3 407  |
| 合计   | 197 | 378 518 | 80     | 175 72 | 20     | 37 658 |

### 1.3 采样与检测

调查时间为 2012 年 4—8 月。对于集中式供水,每个监测点于枯水期和丰水期抽取出厂水和末梢水(部分为用户储存水)各检测 1 次;对于分散式供水,于枯水期和丰水期采集农户家庭储存水(储水器中的水)检测 1 次。共采集水样 354 份。其中,集中式供水出厂水 158 份(2 个村由于特殊原因没有采集到出厂水),末梢水 118 份,储存水 43 份(丰水期有 1 户同时采集了末梢水和储存水);分散式供水用户储存水 35 份(枯水

期采集了 15 份)。采样时记录监测点土地利用方式、周边环境、水井埋深等信息,用 GPS 定位采样点,记录经纬度。采样前放水或压水 10 min,水样荡洗采样容器 2~3 次,加入浓硫酸酸化至 pH 值为 2,水样采集完后冷藏带回实验室立即检测。水样的采集、运输、保存和检测均按照 GB 5750—2006《生活饮用水标准检验方法》进行。

### 1.4 分析与评价

按照国家 GB 5749—2006《生活饮用水卫生标准》<sup>[5]</sup>进行评价,采用 SPSS 17.0 软件进行统计分析。硝酸盐含量比较采用 *t* 检验或 *F* 检验;硝酸盐污染率比较采用卡方检验。检验水准  $\alpha=0.05$ (不同类型饮用水硝酸盐超标率两两比较  $\alpha=0.05/6=0.0083$ )。

## 2 结果

### 2.1 某县饮用水硝酸盐含量及污染总体情况

该县饮用水硝酸盐含量平均值为 18.32 mg/L, 95% 可信区间为 17.28~19.36 mg/L,不同监测点硝酸盐含量差异较大,范围为 3.10~94.30 mg/L,变异系数达 54.90%。在采集的 354 份水样中,有 112 份水样硝酸盐含量超过规定限值(20 mg/L),超标率 31.64%。

### 2.2 不同时期饮用水硝酸盐含量及污染情况

枯水期出厂水、末梢水的硝酸盐含量明显高于丰水期( $t=1.816, P<0.05; t=3.627, P<0.05$ )。枯水期出厂水硝酸盐超标率明显高于丰水期( $\chi^2=9.106, P<0.05$ ),见表 2。

### 2.3 不同类型饮用水硝酸盐含量及污染情况

单因素方差分析显示,集中式供水各类型饮用水硝酸盐含量差异有统计学意义( $F=5.475, P<0.05$ ),两两比较结果显示出厂水与末梢水硝酸盐含量差异无统计学意义,储存水与出厂水、末梢水硝酸盐含量差异有统计学意义( $P<0.05$ )。集中式与分散式供水用户储存水硝酸盐含量差异无统计学意义( $t=-1.756, P>0.05$ )。不同类型的饮用水硝酸盐超标率差异有统计学意义( $\chi^2=6.358, P<0.05$ ),但两两比较结果显示,仅出厂水与用户储存水(分散式供水)、末梢水与用户储存水(分散式供水)硝酸盐超标率差异有统计学意义( $\chi^2=19.644, P<0.0083; \chi^2=20.361, P<0.0083$ ),见表 2。

表 2 河北省某县不同时期不同类型饮用水硝酸盐含量及超标情况

| 监测时期 | 集中式供水 |                    |                         |     |        |                          |     |        |                             | 分散式供水(储存水) |                    |             |
|------|-------|--------------------|-------------------------|-----|--------|--------------------------|-----|--------|-----------------------------|------------|--------------------|-------------|
|      | 出厂水   |                    |                         | 末梢水 |        |                          | 储存水 |        |                             |            |                    |             |
|      | 样本数   | 超标率(%)             | 浓度(mg/L)                | 样本数 | 超标率(%) | 浓度(mg/L)                 | 样本数 | 超标率(%) | 浓度(mg/L)                    | 样本数        | 超标率(%)             | 浓度(mg/L)    |
| 枯水期  | 78    | 30.76 <sup>*</sup> | 18.25±8.04 <sup>*</sup> | 72  | 33.33  | 19.71±10.67 <sup>*</sup> | 10  | 40.00  | 21.04±6.07                  | 15         | 60.00              | 22.69±11.23 |
| 丰水期  | 80    | 10.87              | 13.22±7.22              | 46  | 22.50  | 15.92±8.14               | 33  | 42.42  | 19.89±9.25                  | 20         | 70.00              | 26.83±18.41 |
| 合计   | 158   | 20.88              | 17.09±8.05              | 118 | 28.81  | 17.18±8.96               | 43  | 41.86  | 20.16±8.56 <sup>&amp;</sup> | 35         | 65.71 <sup>#</sup> | 25.44±15.62 |

[注]\*:与丰水期相比, $P<0.05$ ;&:与出厂水、末梢水相比, $P<0.05$ ;#:与出厂水、末梢水相比, $P<0.083$ 。

### 2.4 不同乡镇饮用水硝酸盐含量及污染情况

对不同乡镇枯水期、丰水期两次采集的出厂水进行汇总分析显示,不同乡镇饮用水硝酸盐含量不同,范围为 12.99~26.13 mg/L。其中,白鹿泉乡最高,其后依次为上寨乡、黄壁庄

镇、石井乡、寺家庄镇、铜冶镇、宜安镇、获鹿镇、大河镇、上庄镇、李村镇。从超标情况来看,上寨乡最高,4 份水样硝酸盐含量全部超标,其次为白鹿泉乡、宜安镇、大河镇、获鹿镇、铜冶镇、寺家庄镇、李村镇,上庄镇未超标,见表 3。

表3 河北省某县不同乡镇饮用水硝酸盐含量及超标情况

| 乡镇名称 | 样本数 | 浓度 (mg/L)     | 超标率(%) |
|------|-----|---------------|--------|
| 白鹿泉  | 9   | 26.13 ± 7.69  | 66.66  |
| 上寨   | 4   | 25.38 ± 10.21 | 100.00 |
| 黄壁庄  | 12  | 21.73 ± 8.39  | 33.33  |
| 石井   | 10  | 21.12 ± 10.56 | 40.00  |
| 寺家庄  | 8   | 17.13 ± 3.72  | 12.5   |
| 铜冶   | 15  | 19.31 ± 12.74 | 20.00  |
| 宜安   | 30  | 16.15 ± 9.18  | 33.33  |
| 获鹿   | 12  | 16.00 ± 12.85 | 25.00  |
| 大河   | 14  | 15.94 ± 7.10  | 28.57  |
| 上庄   | 10  | 13.57 ± 4.35  | 0.00   |
| 李村   | 34  | 12.99 ± 6.09  | 8.82   |
| 合计   | 158 | 18.32 ± 10.06 | 26.58  |

2.5 农村饮水安全工程实施与否的饮用水硝酸盐含量及污染情况

调查结果显示,仅丰水期实施饮水安全工程的饮用水硝酸盐含量低于未实施者( $t=-3.318, P<0.05$ ),枯水期差异无统计学意义( $t=-1.586, P>0.05$ )。硝酸盐超标情况呈现相同趋势,丰水期硝酸盐超标率差异有统计学意义( $\chi^2=1.416, P>0.05$ ),而枯水期差异无统计学意义( $\chi^2=1.416, P>0.05$ ),见表4。

表4 河北首某县不同时期饮水安全工程与尚未实施饮水安全工程设施的硝酸盐含量及超标情况

| 是否实施 | 枯水期 |              |         | 丰水期 |               |         |
|------|-----|--------------|---------|-----|---------------|---------|
|      | 样品数 | 浓度 (mg/L)    | 超标率 (%) | 样品数 | 浓度 (mg/L)     | 超标率 (%) |
| 是    | 30  | 16.26 ± 8.67 | 22.22   | 30  | 11.95 ± 6.17* | 7.14*   |
| 否    | 48  | 19.24 ± 7.60 | 35.29   | 50  | 18.00 ± 8.37  | 32.69   |
| 合计   | 78  | 15.91 ± 8.12 | 30.76   | 80  | 18.25 ± 8.02  | 23.75   |

[注]\*:与尚未实施饮水安全工程设施相比,  $P<0.05$ 。

3 讨论

本次调查了河北省石家庄某县100个监测点354份水样,硝酸盐含量最高值为94.30 mg/L,超标率为31.64%,高于山东省地下水硝酸盐污染率(14.15%)<sup>[6]</sup>,但与辽宁省农村地下水硝酸盐污染率基本一致(32.08%)<sup>[7]</sup>。总体而言,该县饮用水硝酸盐含量较高,污染较重。

降雨影响土壤中硝酸盐的淋溶和地下水的补给,从而影响地下水的硝酸盐含量<sup>[7]</sup>。通过本调查可知,枯水期出厂水、末梢水硝酸盐含量高于丰水期,可能与降雨对地下水的稀释有关。该调查显示,用户储存水硝酸盐超标率高于出厂水和末梢水。通过现场调查,多数用户储存水放置时间超过1d,且储水器密封不严甚至无盖,很容受到外界污染。有研究显示,饮用水受到有机物污染后,在有氧条件下经过微生物分解最终分解成硝酸盐<sup>[8]</sup>,可见,用户储存水硝酸盐超标率较高可能与受到外界污染机会较多有关。从不同乡镇饮用水硝酸盐含量检测结果看,地下水硝酸盐含量及超标率较高的乡镇主要分布在该县的西半部分,部分乡镇农业面积大,过量施用化肥可能是造成地下水硝酸盐含量增高的一方面<sup>[9]</sup>,另一方面,西部山区水井

埋深较浅,在20~100 m间,易受到人类活动污染,也会导致硝酸盐含量升高<sup>[10]</sup>。

该调查涉及30个农村饮水安全工程,通过现场调查发现,尚未实施该工程的监测点存在较多安全隐患,如有的监测点没有泵房,未设置井台,井口不密闭,埋深较浅,地面10 m范围内有旱厕、垃圾堆等污染源,这些安全隐患容易使水质受到外界污染,增加硝酸盐的污染程度。但并不是农村饮水安全工程没有问题,目前由于农村饮水安全工程管理还不到位,工程的选址、水源的保护以及卫生管理还存在一些问题。本次调查区域内的枯水期饮水安全工程硝酸盐超标率虽然低于尚未实施饮水安全工程设施的监测点,但是超标率仍然较高(22.22%),这说明水利、卫生等部门应该加强合作,做到从项目的选址到水质的监测各环节均严格把关,以确保饮水安全。

本调查结果显示,该县饮用水硝酸盐污染较重。对地下水源防护区应加强监管,严禁在水井影响范围内修建旱厕、倾倒垃圾等污物;重视水房卫生管理,避免地下水受到外界污染;合理安排农作物布局和种植结构,控制化肥使用量;对于硝酸盐超标较严重的监测点,应考虑更换水源。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献:

[1] HANSEN B, THORLING L, DALGAARRD T, et al. Trend reversal of nitrate in Danish groundwater—a reflection of agricultural practices and nitrogen surpluses since 1950[J]. Environ Sci Technol, 2011, 45(1): 228–234.

[2] ALMASRI MH, KALUARACHCHI JJ. Implication of on-ground nitrogen loading and soil transformations on-groundwater quality management[J]. J Am Water Res Assoc, 2004, 40(1): 165-168.

[3] GREER FR, SHANNON M, American Academy of Pediatrics Committee on Nutrition, et al. Infant methemoglobinemia: the role of dietary nitrate in food and water[J]. Pediatrics, 2005, 116(3): 784-786.

[4] 刘刚. 生活饮用水中的氨氮污染问题探讨[J]. 中国高新技术企业, 2011(27): 146-148.

[5] 中华人民共和国卫生部, 国家标准化管理委员会. GB 5749—2006 生活饮用水卫生标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.

[6] 高新昊, 江丽华, 刘兆辉, 等. 山东省农村地区地下水硝酸盐污染现状调查与评价[J]. 中国农业气象, 2011, 32(1): 89-93.

[7] 汪仁, 解占军, 华利民, 等. 辽宁省粮莱主产区农村饮用水硝酸盐污染状况研究[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(9): 1932-1935.

[8] 刘冰, 王玉莲. 2007年泰安市生活饮用水三氮污染状况调查[J]. 预防医学论坛, 2008, 7(14): 636-637.

[9] 王凌, 张国印, 孙世友, 等. 河北省蔬菜高产区化肥施用对地下水硝态氮含量的影响[J]. 河北农业科学, 2008, 12(10): 75-77.

[10] 刘宏斌, 李志宏, 张云贵, 等. 北京平原农区地下水硝态氮污染状况及其影响因素研究[J]. 土壤学报, 2006, 43(3): 405-412.

(收稿日期: 2012-10-22)

(英文编审: 金克峙; 编辑: 王晓宇; 校对: 张晶)