

泾惠渠灌区地下水化学特征及其对不同水源灌溉的响应

谢菲^{1,2}, 蔡焕杰^{1,2}, 赵春晓^{1,2}, 王子申^{1,2}, 王键^{1,2}, 徐家屯^{1,2}

(1. 西北农林科技大学 旱区农业水土工程教育部重点实验室, 陕西 杨凌 712100;

2. 西北农林科技大学 中国旱区节水农业研究院, 陕西 杨凌 712100)

摘要:为研究泾惠渠灌区地下水水质状况及其对不同水源灌溉的响应,对桥底镇地下水进行系统采样,分析了泾惠渠灌区地下水基本特征、地下水化学成分形成原因和不同灌溉水源区地下水的暂时性变化规律。结果表明,泾惠渠灌区桥底镇浅层地下水以Na+Mg-HCO₃+SO₄+Cl类型为主,地下水环境为碱性咸水,影响TDS的主要离子排序为SO₄²⁻>Cl⁻>Ca²⁺>Mg²⁺;蒸发浓缩作用、阳离子交换作用和溶解沉淀作用是影响地下水化学成分形成的重要因素;井灌区地下水中各离子质量浓度均比渠灌区高,Ca²⁺在2种类型区域的量有显著差异且年变异系数最大;引起Ca²⁺和Na⁺暂时性变化的因素是灌溉和降雨。灌区灌溉应在保证水量的情况下优先选择渠水灌溉,降雨集中期和灌溉期要加强灌区地下水水质的管理工作。

关键词:泾惠渠灌区;地下水水质;地下水化学特征;灌溉

中图分类号: X523

文献标志码: A

doi:10.13522/j.cnki.gggs.2017.04.014

谢菲,蔡焕杰,赵春晓,等. 泾惠渠灌区地下水化学特征及其对不同水源灌溉的响应[J]. 灌溉排水学报,2017,36(4):77-82.

0 引言

地下水是水资源的一个重要组成部分。在我国干旱、半干旱北方地区,地下水已成为主要供水水源,近年来,由于城市化、工业化进程的加快以及农业上化肥和农药大量使用,地下水位下降、水质恶化。在北方地区从原来对地下水水量的关注,到现在的水质和水量并重^[1]。影响地下水水质的因素有很多,例如地形、不同岩石的风化程度、补给地下水的水质、水岩相互作用等^[2-3]。这些因素导致地下水水质的复杂多样,工业和生活污水也污染了地下水。地下水污染具有隐蔽性和难以逆转性的特点,所以地下水资源一旦被污染,就很难得到治理和修复。地下水污染源从其形成原因上可以分为人为污染源和天然污染源^[4]。通过灌溉对地下水产生污染是常见的污染方式,所以研究灌溉对地下水的影响具有重要意义。而灌溉对地下水的影响以往大多是研究其对地下水位的影响^[5-6],灌溉对地下水氮化合物的影响^[7-8],灌溉后重金属在土壤的累计^[9-10],而部分对灌溉地下水水质的影响研究^[11],也是主要集中在地下水潜水位较浅的区域。

20世纪80年代,泾惠渠灌区地下水丰富,可开采量达到1.7亿~2.3亿m³,且大部分水质符合农业灌溉的标准。近年来,由于自然因素和人为因素的影响,灌区地下水不断被超采,地下水水量不足,地下水位大幅下降^[12],由于农药化肥的大量施用,水质也超过了饮用水的标准^[13-14]。

为此,结合研究区地下水水文地球化学特征与泾惠渠灌区井灌区和渠灌区地下水常规离子的暂时性变化,分析影响研究区地下水水质的主要原因,确定不同水源灌溉对地下水水质的影响,以便为灌区地下水水质的研究、地下水资源的合理利用、优化灌溉制度提供可靠的理论依据。

收稿日期:2016-03-05

基金项目:国家科技支撑计划课题(2011BAD29B01);高等学校学科创新引智计划项目(B12007);国家自然科学基金项目(51179162)

作者简介:谢菲(1990-),女,硕士研究生,主要从事农业水土环境方面的研究。E-mail: xiefei_nwafu@163.com

通信作者:蔡焕杰(1962-),男,教授,博士生导师,主要从事农业节水与水资源高效利用研究。E-mail: caihj@nwsuaf.edu.cn

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于泾惠渠灌区泾阳县桥底镇。该灌区位于 34°25'20"—34°41'40"N, 108°34'34"—109°21'35"E, 地处陕西省关中平原中部, 是一个从泾河自流引水的大(II)型灌区。灌区东西长约 70 km, 南北宽约 20 km, 总面积约为 1 180 km²。区内地势西北高东南低, 海拔高度在 350~450 m 之间, 地面坡降 1/300~1/600。泾惠渠东部有石川河, 南部有渭河, 西部有泾河, 内部横贯清峪河。受地质构造的影响, 灌区在地貌上被划分为泾河、渭河河漫滩, 泾渭河一级阶地, 泾渭河二级阶地, 泾河三级阶地 4 个部分, 其中以泾渭河二级阶地的面积最大, 占灌区面积的 90% 左右, 在灌区西北及北部边缘还分布着小面积的黄土台源^[15]。

泾惠渠灌区属温带大陆性半干旱气候区, 夏季高温, 雨量集中, 冬季寒冷干燥, 雨量稀少, 蒸发强烈。多年平均降雨量 538.9 mm, 气温 13.4 °C, 蒸发量 1 212 mm。降水时空分布不均, 7—9 月份降水量占年降水总量的 50%~60%。灌区为大型井渠双灌区, 其中渠灌水源为灌区东部泾惠渠渠首工程引取的泾河水, 井灌水源多为 70~90 m 的潜水井。灌区地下水潜水平均埋深 20.8 m, 高水位多出现于 6—9 月, 低水位多出现在 2—4 月(2011—2015 年泾惠渠管理局地下水监测数据)。灌区潜水分布较广, 一般储存于第四系全新统冲积层中, 其补给来源主要为大气降水的垂直入渗补给、灌溉渠系及田间渗漏补给等, 河流的侧向入渗补给较少, 一般为汛期高水位时的短暂少量补给。

1.2 样品的采集与分析

选取 19 眼水井取样 3 次(第 1、6、7 次), 取其平均值作研究区地下水水文地球化学特征分析数据。然后在团庄(主要依靠地下水灌溉)和寨子沟(主要依靠泾惠渠渠水灌溉)各选 3 眼潜水井(30~50 m), 每个月采 1 次样, 降雨集中月份(4 月和 9 月)雨后隔 15 d 采样 1 次(共采集 14 次)。灌溉期同时采集农渠水样若干(第 2、5、12 次)。采样时间与数目见表 1。取井灌区地下水水质的均值为井灌区灌溉水的水质, 农渠采集水样水质的均值为渠水水质。选用 1 000 mL 聚乙烯瓶, 水样的采集和保存按照《水质样品的保存和管理技术规定》^[16]进行。

表 1 采样时间与采样数目

| 采样次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|--------|----------|------|------|------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 采样日期 | 20140921 | 1007 | 1102 | 1207 | 20150107 | 0203 | 0307 | 0401 | 0429 | 0514 | 0606 | 0707 | 0807 | 0907 |
| 采样数目/个 | 19 | 7 | 6 | 6 | 7 | 19 | 6 | 6 | 6 | 19 | 6 | 7 | 6 | 6 |

选取水中 7 大离子(Cl⁻、SO₄²⁻、HCO₃⁻、Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺)、总溶解固体(TDS)、pH 值、NO₃⁻等进行分析。由于天然地下水水中 K⁺量相当低, 而又由于其性质与 Na⁺相似, 一般与 Na⁺一起分析。Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺采用火焰原子吸收分光光度法(原子吸收分光光度计 AA370MC), Cl⁻采用 AgNO₃ 滴定法, HCO₃⁻采用酸标准溶液滴定法, SO₄²⁻采用铬酸钡分光光度法(紫外分光光度计 EV300PC), TDS 采用质量法测定, NO₃⁻采用紫外分光光度法。经检验阴阳离子电荷平衡, 误差在[-5%, +5%], 数据可靠。

2 结果与分析

2.1 地下水基本化学特征

研究区地下水的 pH 值最大值为 8.1, 最小值为 7.3, 均值为 7.6, 地下水为碱性环境。TDS 的最小值为 1 294.48 mg/L, 最大值为 3 393.64 mg/L, 均值为 2 521.14 mg/L, 所有地下水类型属于咸水(TDS>1 000 mg/L)。采用舒卡列夫分类法对地下水分类, 研究区浅层地下水类型绝大多数是 Na+Mg—HCO₃+SO₄+Cl。

对地下水中的 8 个水质参数进行相关性分析, 得出地下水水质参数 Pearson 相关系数矩阵(表 2)。由表 2 可知, 研究区浅层地下水中 TDS 与 SO₄²⁻、Cl⁻、Ca²⁺、Mg²⁺的相关系数都超过了 0.8, 所以其为研究区地下水中的主要 4 大离子。因为 TDS 与 SO₄²⁻的相关系数为 0.855, 说明 SO₄²⁻对 TDS 的分布起决定性作用。NO₃⁻与 Mg²⁺、Ca²⁺、HCO₃⁻、TDS、SO₄²⁻、Cl⁻均有显著的相关性, 表明人类活动对其在地下水中的质量浓度有一定的影响。

表2 浅中层地下水化学参数相关性系数矩阵

| 水质参数 | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ +K ⁺ | HCO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Cl ⁻ | NO ₃ ⁻ | TDS |
|---------------------------------|------------------|------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------------------|-----|
| Ca ²⁺ | 1 | | | | | | | |
| Mg ²⁺ | 0.936** | 1 | | | | | | |
| Na ⁺ +K ⁺ | 0.075 | 0.09 | 1 | | | | | |
| HCO ₃ ⁻ | 0.868** | 0.899** | 0.105 | 1 | | | | |
| SO ₄ ²⁻ | 0.514** | 0.563** | 0.797** | 0.535** | 1 | | | |
| Cl ⁻ | 0.720** | 0.640** | 0.414* | 0.409* | 0.573** | 1 | | |
| NO ₃ ⁻ | 0.786** | 0.812** | 0.042 | 0.761** | 0.452* | 0.444* | 1 | |
| TDS | 0.828** | 0.807** | 0.564** | 0.724** | 0.855** | 0.827** | 0.691** | 1 |

注 **代表0.01的显著水平,*代表0.05的显著水平。

2.2 地下水化学成分成因

影响地下水化学成分的因素有很多,其中比较常见的有阳离子交换作用、溶解和沉淀作用、蒸发浓缩作用和人类活动影响等。

2.2.1 阳离子交换作用对地下水化学成分的影响

阳离子交换是地下水离子浓缩的一个重要过程。通过矿物分析得到泾惠渠灌区桥底镇试验区表层土为粉砂质黏土,其中黏粒21%、粗粒27%、粉粒52%,为阳离子交换的发生提供了良好的场所。通过绘制Ca+Mg-HCO₃-SO₄与Na+K-Cl图判断是否发生阳离子交换作用^[18](图1)。从图1可以看出他们有很好的线性相关关系($R^2=0.59$; $N=19$, $p<0.01$),斜率为-0.59。因为斜率大于-1,所以Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺参加了阳离子交换作用^[19]。

$$CAI1 = Cl^- - \frac{Na^+ + K^+}{Cl^-}, \quad (1)$$

$$CAI2 = Cl^- - \frac{Na^+ + K^+}{SO_4^{2-}} + HCO_3^- + CO_3^{2-} + NO_3^-, \quad (2)$$

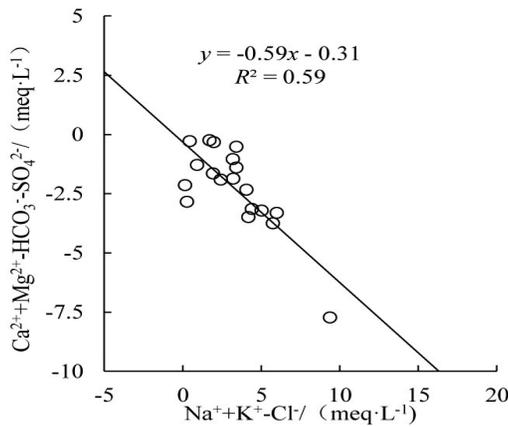
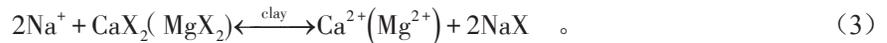


图1 地下水离子相关关系

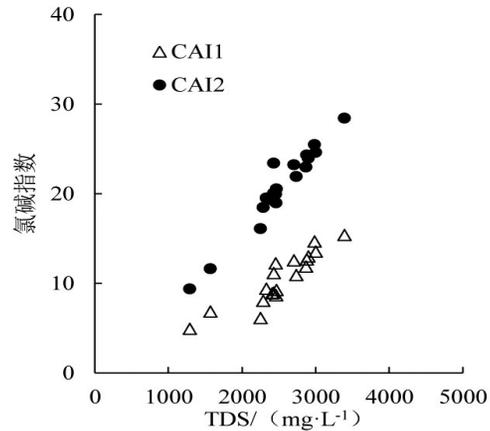


图2 地下水氯碱指数与TDS关系

采用氯碱指数CAI1和CAI2判定离子交换作用和反交换作用是否发生,式(1)、式(2)中所有数值单位为meq/L;图2为研究区的氯碱指数与TDS关系图。由图2可知,泾惠渠灌区地下水氯碱指数与TDS呈正相关关系,CAI1和CAI2都大于0,表明Na⁺、K⁺与Ca²⁺、Mg²⁺之间发生阳离子交换作用,且沿式(3)正向进行。说明阳离子交换作用是影响研究区地下水化学成分一个重要的机制。所以当含有高Na⁺的地下水流经含钙或镁的岩石,Na⁺被土壤吸附置换出Ca²⁺,从而使地下水中的Na⁺减少,Ca²⁺(或Mg²⁺)增多。

2.2.2 溶解和沉淀作用对地下水化学成分的影响

饱和指数(SI)是表征地下水与某种矿物所处状态的参数。通过求饱和指数的方法,可以在不采集岩柱标本和分析矿物成分的情况下,预测从地表到地下水的过程中矿物的反应情况^[20]。PHREEQC是由美国地质调查局开发的水文地球化学模拟软件,是C语言编写的进行低温水文地球化学计算的计算机程序^[21]。采用PHREEQC软件结合相关资料^[22],模拟计算泾惠渠灌区方解石、白云石、硬石膏、芒硝、岩盐的饱和指数SI

(图3)。由图3可知方解石和白云石的SI为0.46~0.96和1.45~2.47,即方解石和白云石的SI都大于0,该区地下水中碳酸盐矿物成分均处于过饱和状态,在合适的条件下可从地下水中析出;硬石膏、石膏、岩盐、芒硝的SI都小于0,为-2.36~-1.28、-2.14~-1.06、-5.93~-5.32、-7.48~-6.43,表明他们在地下水中未达到溶解平衡,可在地下水的作用下逐渐溶解。

2.2.3 蒸发浓缩作用对地下水化学成分的影响

Gibbs^[23]将控制水中化学成分的主要机制分为降水控制类型、岩石风化类型和蒸发-浓缩类型,并设计出Gibbs图用于分析地表水中溶解的化学成分的主要来源,图表纵坐标是TDS的对数,横坐标是 $\text{Na}^+(\text{Na}^+\text{+Ca}^{2+})$ 或 $\text{Cl}^-(\text{Cl}^+\text{+HCO}_3^-)$ ^[24]。研究区浅层地下水中TDS很高(1 294.48~3 393.64 mg/L), $\text{Na}^+(\text{Na}^+\text{+Ca}^{2+})$ (0.73~0.88)和 $\text{Cl}^-(\text{Cl}^+\text{+HCO}_3^-)$ (0.33~0.49)也很高,将研究区水样点绘制于Gibbs图中(图4),由图4可以看出水样点分布在图的右上角,即几乎所有水样点都处于蒸发浓缩作用控制区且向岩石风化控制区稍微偏移。研究区属于干旱半干旱区域,蒸发作用强烈,所以蒸发浓缩作用是该区地下水化学成分形成的重要控制因素,图4中有部分水样点处于虚线外,表明控制地下水化学成分还有其他的作用,如阳离子交换作用。

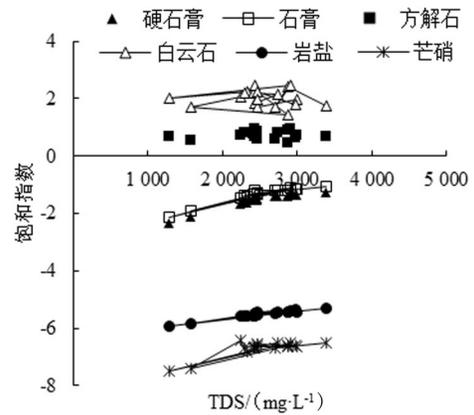


图3 饱和指数与TDS的关系

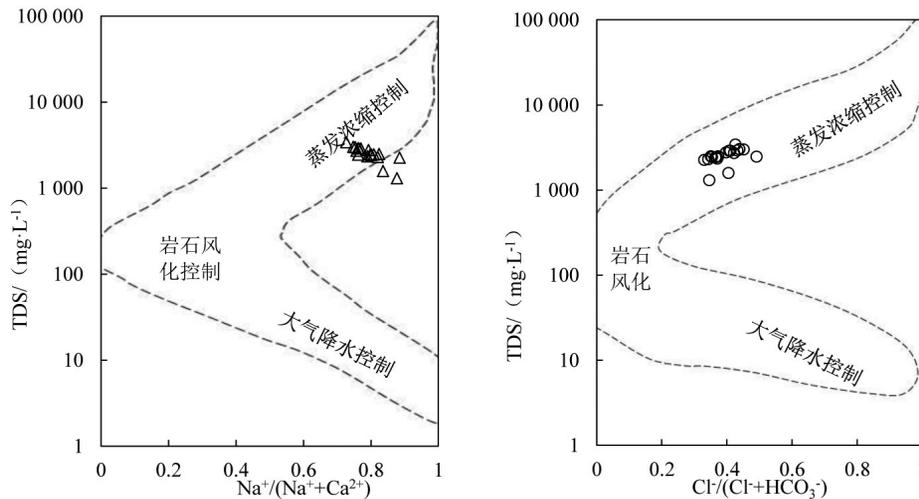


图4 泾惠渠灌区地下水Gibbs图

2.3 地下水对不同水源灌溉的响应

表3为井灌区和渠灌区地下水及渠水水质参数。由表3可知,井灌区和渠灌区地下水离子 C_v 最大的是 Ca^{2+} ,井灌区和渠灌区地下水 Ca^{2+} 的变异系数为0.41。井灌区和渠灌区地下水除 HCO_3^- 和 $\text{Na}^+\text{+K}^+$ 外, Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 都有显著性差异,且井灌区地下水中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 $\text{Na}^+\text{+K}^+$ 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 均比渠灌区的质量浓度大。结合变异系数和差异性检验结果,选取地下水中的 Ca^{2+} 和 $\text{Na}^+\text{+K}^+$ 分析随时间变化的规律(图5)。由图5可知,井灌区和渠灌区的 Ca^{2+} 与 $\text{Na}^+\text{+K}^+$ 随时间的变化趋势大致相反。由研究区气象数据和灌水时期调查知,降水集中期为2014年8—9月和2015年4月,灌水时期为2014年10月、2015年1月和2015年6—7月,而 $\text{Na}^+\text{+K}^+$ 量在这几个时期波动较大。降水集中期(9月和4月) $\text{Na}^+\text{+K}^+$ 量出现短暂的下降,可能是因为大面积降雨使地下水水位迅速上升,所以 $\text{Na}^+\text{+K}^+$ 迅速下降。在2014年10月—2015年2月, $\text{Na}^+\text{+K}^+$ 先上升后下降,井灌区和渠灌区上升和下降幅度都较大,可能是因为灌溉水中有大量 $\text{Na}^+\text{+K}^+$ 且蒸发浓缩强烈,使地下水中的 $\text{Na}^+\text{+K}^+$ 在灌溉期上升,而在灌溉期结束后地下水水位下降,水中的 $\text{Na}^+\text{+K}^+$ 被与潜水面接触的土壤吸附,所以 $\text{Na}^+\text{+K}^+$ 量开始降低。有相关研究^[26]证明研究区岩盐只有很少或者只是容矿岩,而研究区土壤中含有方解石、石膏和芒硝等矿物,这些矿物的溶解会增加 Ca^{2+} 量。 Ca^{2+} 在降水过程中由于雨水不断下渗导致岩石溶解,地下水中 Ca^{2+} 显著增加。灌水时期,因为灌溉水中含有较高的 $\text{Na}^+\text{+K}^+$ 在表层发生阳离子交换作用,灌溉水中的 $\text{Na}^+\text{+K}^+$ 降低, Ca^{2+} 增加,而水中的 Ca^{2+} 也很高,所以灌溉水中 Ca^{2+} 容易在表层沉积,而之前的 Ca^{2+} 输入

由于地下水中方解石处于饱和状态在此时可能会形成沉淀析出,因此地下水中的Ca²⁺在灌溉期迅速下降。

表3 井灌区和渠灌区地下水离子和渠水的水质参数和方差分析

| 水质参数 | 井灌区 | | | 渠灌区 | | | 渠水/(mg·L ⁻¹) |
|---------------------------------|---------------------------|--------------------------|------|---------------------------|--------------------------|------|--------------------------|
| | 标准差/(mg·L ⁻¹) | 均值/(mg·L ⁻¹) | Cv | 标准差/(mg·L ⁻¹) | 均值/(mg·L ⁻¹) | Cv | |
| Ca ²⁺ | 46.09 | 111.51a | 0.41 | 35.16 | 76.76b | 0.46 | 32.47 |
| Mg ²⁺ | 23.56 | 168.09a | 0.14 | 24.25 | 134.79b | 0.18 | 55.69 |
| Na ⁺ +K ⁺ | 62.01 | 416.39a | 0.15 | 59.42 | 390.57a | 0.15 | 240.74 |
| HCO ₃ ⁻ | 62.18 | 691.15a | 0.09 | 57.83 | 676.24b | 0.09 | 280.62 |
| SO ₄ ²⁻ | 76.46 | 543.02a | 0.14 | 68.88 | 465.39b | 0.15 | 282.52 |
| Cl ⁻ | 81.41 | 503.92a | 0.16 | 58.10 | 357.09b | 0.16 | 199.24 |

注 a,b表示在0.01的显著性水平。

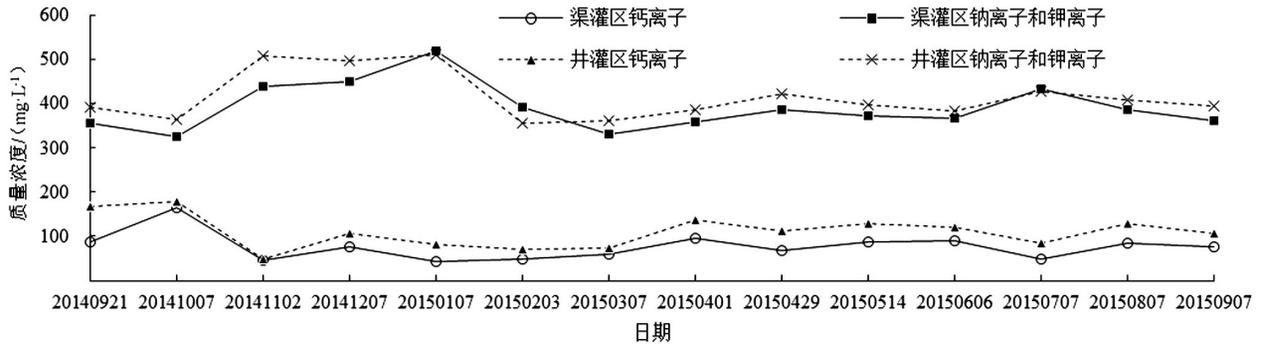


图5 井灌区和渠灌区地下水中Ca²⁺和Na⁺+K⁺随时间的变化规律

对比井灌区和渠灌区地下水中的Ca²⁺和Na⁺+K⁺,其在1a内的变化趋势基本相同,说明了引起井灌区和渠灌区地下水中离子暂时性变化的因素是相同的。因为2个区域属于同一个水文地质区域,地质类型基本相同,所以导致不同灌溉水源灌溉地下水Ca²⁺出现显著性差异的主要原因有2个:一是灌溉水水质状况;二是灌溉水量。灌溉渠水和井灌区井水水质的对比分析(表3),井灌区的井水各指标质量浓度比渠水高,且井灌区灌水方便,灌水频率比渠灌区高,导致井灌区各离子质量浓度相对较高。2种不同水源灌溉区地下水中Ca²⁺差异的原因是井灌区灌溉水水质和水量比渠灌区高,而Na⁺+K⁺无显著差异可能是因为阳离子交换作用和土壤吸附等。

3 结论

1)研究区浅层地下水pH值为7.6,总溶解固体量为2 521.14 mg/L,地下水环境为碱性咸水,其中SO₄²⁻、Cl⁻、Ca²⁺、Mg²⁺是影响TDS的主要因素。地下水以Na+Mg—HCO₃+SO₄+Cl类型为主。

2)影响浅层地下水化学成分的作用主要有蒸发浓缩作用、阳离子交换作用和水岩相互作用。蒸发浓缩作用使该区地下水中TDS和Na⁺+K⁺量增加;阳离子交换作用主要使地下水中Na⁺+K⁺减少,Ca²⁺增多;地下水碳酸盐岩处于过饱和状态,石膏、硬石膏、芒硝处于非饱和状态,有继续溶解的趋势。

3)井灌区地下水各离子的质量浓度比渠灌区大,Ca²⁺变化系数最大且在2个区域的量有显著性差异,Na⁺+K⁺无显著性差异,对比二者灌溉水质和暂时性变化的规律得知,引起Ca²⁺差异的主要原因是井灌区灌溉水中各离子质量浓度和灌水频率比渠灌区高。2种类型区域Ca²⁺和Na⁺+K⁺随时间的变化规律相反,且引起暂时性变化的原因是灌溉和降雨。

参考文献:

- [1] 李佩成. 贯彻中央一号文件精神强化地下水管理与科学研究——李佩成院士在陕西专题报告[J]. 地下水, 2012, 33(5): 1-4.
- [2] DOMENICO P A. Concepts and models in groundwater hydrology[M]. New York: McGraw-Hill, 1972.
- [3] SCHUH W M, KLINEKBIEL D L, GARDNER J C, et al. Tracer and nitrate movements to groundwater in the Norruem Great Plains[J]. Journal of Environmental Quality, 1997, 26(5):1 335-1 347.
- [4] 沈照理,朱宛华,钟佐荣,等. 水文地球化学基础[M]. 北京:地质出版社,1999: 136.
- [5] 王树芳,韩征. 地下水水位对灌溉的响应——以北京南部灌区为例[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(28): 13 925-13 928.
- [6] 张志杰,王树清,史海滨,等. 内蒙古河套灌区灌溉入渗对地下水的补给规律及补给系数[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 61-66.

- [7] 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): 4 372-4 379.
- [8] 赵君怡,张克强,王凤,等. 猪场废水灌溉对地下水中氮素的影响[J]. 生态环境学报,2011,20(1):149-153.
- [9] 马闯,杨军,雷梅,等. 北京市再生水灌溉对地下水的重金属污染风险[J]. 地理研究. 2012,31(12) :2 250-2 257.
- [10] 易秀,李佩成. 陕西交口抽渭灌区灌溉对土壤和地下水的影响研究[J]. 灌溉排水学报,2004,23(5):25-28.
- [11] 王巧环,王效科,王效科,等. 城市绿化草坪再生水灌溉对地下水水质影响研究[J]. 环境科学,2012,33(12):4 127-4 132.
- [12] 刘燕. 泾惠渠灌区地下水位动态变化特征及成因分析[J]. 人民长江,2010,41(8):100-107.
- [13] 纪鹏. 泾惠渠灌区浅层地下水水质空间分布特征及水质预测研究[D]. 西安:长安大学,2010 .
- [14] 谢炳辉. 大型灌区地下水水质分析——以泾惠渠灌区为例[D]. 西安:长安大学,2012.
- [15] 叶遇春. 泾惠渠志[M]. 西安:三秦出版社,1991.
- [16] HJ 495-2009, 水质采样方案设计技术规定[S].
- [17] MATHESS G. The properties of groundwater[M]. New York: Wiley, 1982: 498.
- [18] MCLEAN G, JANKOWSKI J, LAVITT N. Groundwater quality and sustainability in an alluvial aquifer, Australia[C]// Groundwater, past achievements and future challenges. Rotterdam: A Balkema, 2000: 567-573.
- [19] GARCIA M G, DEL V HIDALGO M, BLESSA M A. Geochemistry of groundwater in the alluvial plain of Tucuman province, Argentina[J]. Hydrogeology Journal, 2001, 9(6): 156-161.
- [20] DEUTSCH W J, SIEGEL R. Groundwater geochemistry: fundamentals and applications to contamination[M]. Boca Ration: CRC press, 1997.
- [21] HUO Jixiang, SONG Hanzhou, LUO Li. Investigation of groundwater chemistry at a dam site during its construction: a case study of Xiangjia-ba Dam, China[J]. Environmental Earth Sciences, 2015, 74: 2 451-2 461.
- [22] LIU Xiuhua, LI Lin, HU Anyan. Hydrochemistry characterization of a groundwater aquifer and its water quality in relation to irrigation in the Jinghuiqu irrigation district of China[J]. Water Environment Research, 2013, 85(3): 245-258.
- [23] GIBBS R J. Mechanisms controlling world water chemistry[J]. Science, 1970, 170(3 962): 1 088-1 090.
- [24] MARGHADE D, MALPE D B, ZADE A B. Major ion chemistry of shallow groundwater of a fast growing city of Central India[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2012, 184(4): 2 405-2 418 .

Chemical Properties of the Groundwater in Jing Huiqu Irrigation District and Their Response to Irrigation Using Water from Different Sources

XIE Fei^{1,2}, CAI Huanjie^{1,2}, ZHAO Chunxiao^{1,2}, WANG Zishen^{1,2}, WANG Jian^{1,2}, XU Jiatusun^{1,2}

(1. Key Laboratory of Agricultural Soil and Water Engineering, Northwest A&F University, Yangling 712100, China;

2. The Chinese Arid Area Research Institute of Water-saving Agriculture, Northwest A&F University, Yangling 712100, China)

Abstract: This paper investigated the response of chemical properties of groundwater in Jing Huiqu irrigation district to irrigation using water from different sources. Groundwater at town of Qiaodi town were sampled for hydrochemical analysis, and the chemical compositions and their temporal changes in the areas irrigated using different waters were studied. The results showed that the hydrochemistry of the samples was dominated by Na+Mg—HCO₃+SO₄+Cl and the shallow groundwater was alkaline. The significant of ions that affect TDS was in order of SO₄²⁻>Cl⁻>Ca²⁺>Mg²⁺. The factors that affect the chemical composition of the groundwater was evaporation, cation exchange and dissolution-precipitation. The concentrations of all ions in the well-irrigation areas were higher than that in the canal-irrigation areas. The concentration of Ca²⁺ in the two areas irrigated with groundwater and canal-surface water differs considerably. What led to the temporal changes in Ca²⁺ and Na⁺ was irrigation and precipitation. Therefore, canal-water irrigation should be considered firstly if it is available, and the groundwater quality management should be improved when rainfall is intensive or when irrigating the fields.

Key words: Jing Huiqu irrigation district; groundwater quality; groundwater chemical characteristics

责任编辑:白芳芳