

# 河北省邢台市微咸水灌溉研究

郑世泽,王海龙

(河北省邢台市水文水资源勘测局,河北 邢台 054000)

**摘 要:**对邢台市微咸水资源分布及其开发利用现状进行了分析,并结合微咸水的化学特性,指出利用微咸水进行灌溉,不仅要考虑作物对水分的要求,而且要控制盐分的危害,微咸水灌溉技术涉及到水、土、作物等几个方面。实验结果表明:矿化度小于或低于 3 g/L 的微咸水,对作物和土壤不会产生危害。提出了为缓解邢台市水资源短缺的局面,在通过南水北调工程实施流域调水的同时,利用南水北调淡水资源对本区咸水进行稀释,降低水的矿化度,减少盐分对作物及土壤的危害,使之达到符合国家颁发的灌溉水质标准,满足农业生产需要的新思路。根据南水北调工程为本市农业分配水量,计算出了可以带动本市微咸水的利用量。对引江带动邢台市微咸水利用综合效益进行了分析评价。

**关键词:**南水北调;微咸水利用;水资源;开发利用

**中图分类号:**X171.4

**文献标识码:**A

## 1 邢台市微咸水资源及其开发利用现状

邢台市地表水资源先天不足,除个别大水年份外,大多数年份地表水资源量已经全部消耗利用,地下水资源成了维持需水量的主要水源。进入 20 世纪 80 年代以来,整个平原区的深、浅层地下水已处于全面超采状态。水危机已影响到社会、经济 and 环境的方方面面,水资源短缺已成为实现可持续发展的重要制约因素。面对严峻的现实,只有坚持开源、节流、保护并举,才能缓解供需矛盾,实现水资源的可持续利用。要缓解本市严重缺水的局面,其途径一是靠外流域引水,二是靠本区挖潜。我市东部平原咸水分布广泛,储量较为丰富,且埋深较浅,便于开发利用。只要合理、慎重,并配有相应措施,开发利用后将可较大幅度地改善我市的水危机局面。

### 1.1 微咸水资源量的分布情况

邢台市平原区地下水咸水分布总面积达 3 869.9 km<sup>2</sup>,其中矿化度 2~3 g/L 的面积 2 351.1 km<sup>2</sup>;矿化度 3~5 g/L 的面积 889.9 km<sup>2</sup>,主要分布在黑龙港与滹沱平原。黑龙港平原总面积 4 934 km<sup>2</sup>,有咸水分布面积 3 285.8 km<sup>2</sup>,占总面积的 66.6%;滹沱平原总面积 748 km<sup>2</sup>,有咸水分布面积 487.1 km<sup>2</sup>,占总面积的 65.1%。本文把矿化度 2~3 g/L 和 3~5 g/L 的水统称为微咸水。

在垂直方向上,微咸水主要赋存于第四系的第一和第二含水层组,咸水底界由西向东逐渐加深,向下为深层淡水,上覆有浅薄层淡水或无淡水覆盖。有咸水分布区,地下水位埋深一般小于 15.0 m,称为浅层咸水。

全市平原区地下咸水多年平均资源量 5.34 亿 m<sup>3</sup>,其中 2~3 g/L 的微咸水多年平均资源量 3.25 亿 m<sup>3</sup>,3~5 g/L 的 1.20 亿 m<sup>3</sup>,大于 5 g/L 的咸水 0.89 亿 m<sup>3</sup>。这些微咸水和咸水主要集中在滹东区的中部、东部和北部。水化学类型较为复杂,以氯化物、硫酸盐-钠镁型水,硫酸盐-氯化物-钠镁型水等为主。

### 1.2 咸水资源直接用于灌溉的危害

邢台市咸水中主要有以下 6 种有害盐分布:NaCl、MgCl<sub>2</sub>、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、MgSO<sub>4</sub>、NaHCO<sub>3</sub>、Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>。其中 NaCl 分布最广,所有咸水区域均有分布;MgCl<sub>2</sub>、MgSO<sub>4</sub> 有害盐主要分布在新河、巨鹿、广宗、威县、南宫一带;Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、NaHCO<sub>3</sub>、Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 主要分布在新河、临西、威县、广宗一带。有效盐的危害主要是盐害,少数为盐碱双害(邢台市有盐碱双害的县为临西县)。

盐害对作物的影响主要表现在以下方面:影响作物对水分的吸收。土壤中的过量可溶性盐使土壤溶液浓度增高,作物吸水困难。当其超过植物体内细胞浓度时,会使植物体内水分反渗透出来,造成植物生理干旱而死亡。土壤盐分过多也影响植物对养分和元素的吸收活动,使作物营养不良,生长失去平衡,发育不正常而减产。过量盐的存在,还会影响微生物活动,使土壤养分不能有效转化,降低作物产量。据测定,当土壤中 NaCl 或 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 含量达到 0.1% 时,其氮化作用就会大大降低。硝化细菌的活动受盐害危害更大。

以上对咸水有害盐类特征分析可以看出,咸水的水质类型及盐害程度,与其矿化度关系最为密切。因此,直接利用咸水灌溉虽然有方便、增产的特点,但存在着潜在的危害。咸水直接用于农业灌溉使作物生长期的盐分输入超出了作物耐盐性,并且由于土面蒸发使洗盐分上升导致土壤板结。近年来威县

收稿日期:2009-01-15

作者简介:郑世泽(1965-),男,高级工程师,从事水文水资源评价研究工作。

赵村乡曾用矿化度 3~5 g/L 的微咸水直接灌溉,麦苗成活率不高,且土壤板结;隆尧县白家寨乡曾采用矿化度 5 g/L 的咸水直接灌溉,麦苗成片死亡,稍低处拱起成片盐碱疙瘩,既 not 增产又破坏了土壤结构。

### 1.3 咸水资源开发利用现状及分析评价

由于受自然环境等因素的制约,邢台市咸水和微咸水利用率很低,从 1993 - 1999 年,微咸水年利用量一般在 0.14~0.30 亿  $m^3$ ,只相当于微咸水资源量的 3%~7%,大于 5 g/L 的咸水基本未开采利用。对于水资源严重匮乏的邢台市来说,应该创造条件加大咸水利用力度。

咸水利用有直接利用和间接利用两种方式,直接利用往往是利用低矿化度咸水直接灌溉,间接利用则是把较高矿化度的咸水与淡水(地下淡水、河水、渠水等)按一定比例混合后进行

灌溉。

为了进一步探求咸水灌溉对农作物生产的影响,1983 年河北省水利厅在临西县后阎农场试验区非盐碱地里进行了咸水灌溉小麦试验,该区域地理特征及气象水文特征能作为邢台市黑龙港平原区的代表性区域。实验结果见表 1。

通过实验可知,采用 3 g/L 咸水灌溉小麦,在 20~40 cm 土壤含盐量最大为 0.166%,平均含盐量为 0.124%;使用 5 g/L 咸水灌溉,土壤含盐量最大为 0.255%(5~20 cm),土壤平均含盐量为 0.171%;使用 7 g/L 的咸水灌溉,土壤含盐量最大为 0.249%(20~40 cm),土壤平均含盐量为 0.218%。轻度盐碱土标准为 0.2%,使用 3 g/L 咸水灌溉,会使土壤积盐,导致土壤发生盐碱化。临西县后阎农场试验区咸水灌溉实验成果表见表 2。

表 1 临西县咸水灌溉小麦土壤盐分试验资料

| 矿化度/<br>(g · L <sup>-1</sup> ) | 深度/<br>cm | 取样日期/(月-日) |       |       |       |       |       | 积盐      | 积盐率/ % |
|--------------------------------|-----------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|
|                                |           | 09-29      | 03-01 | 04-09 | 05-03 | 05-25 | 06-08 |         |        |
| 3                              | 0~5       | 0.061      | 0.134 | 0.205 | 0.138 | 0.066 | 0.094 | 0.033   | 54     |
|                                | 5~20      | 0.066      | 0.094 | 0.122 | 0.106 | 0.099 | 0.090 | 0.022   | 32     |
|                                | 20~40     | 0.076      | 0.126 | 0.115 | 0.149 | 0.209 | 0.166 | 0.090   | 118    |
|                                | 40~60     | 0.118      | 0.140 | 0.146 | 0.131 | 0.206 | 0.143 | 0.025   | 21     |
|                                | 60~80     | 0.147      | 0.170 | 0.166 | 0.134 | 0.130 | 0.118 | - 0.029 | - 19   |
|                                | 80~100    | 0.177      | 0.178 | 0.178 | 0.149 | 0.122 | 0.130 | - 0.047 | - 26   |
| 5                              | 0~5       | 0.069      | 0.098 | 0.350 | 0.108 | 0.407 | 0.164 | 0.095   | 137    |
|                                | 5~20      | 0.067      | 0.098 | 0.182 | 0.156 | 0.194 | 0.255 | 0.188   | 280    |
|                                | 20~40     | 0.067      | 0.070 | 0.082 | 0.116 | 0.182 | 0.187 | 0.120   | 179    |
|                                | 40~60     | 0.084      | 0.078 | 0.099 | 0.085 | 0.098 | 0.133 | 0.049   | 58     |
|                                | 60~80     | 0.120      | 0.094 | 0.087 | 0.102 | 0.107 | 0.143 | 0.023   | 19     |
|                                | 80~100    | 0.134      | 0.126 | 0.102 | 0.119 | 0.118 | 0.143 | 0.009   | 6      |
| 7                              | 0~5       | 0.054      | 0.094 | 0.084 | 0.241 | 0.138 | 0.221 | 0.167   | 309    |
|                                | 5~20      | 0.063      | 0.090 | 0.112 | 0.372 | 0.209 | 0.213 | 0.150   | 238    |
|                                | 20~40     | 0.071      | 0.083 | 0.130 | 0.280 | 0.213 | 0.249 | 0.178   | 250    |
|                                | 40~60     | 0.110      | 0.098 | 0.160 | 0.162 | 0.237 | 0.225 | 0.115   | 104    |
|                                | 60~80     | 0.140      | 0.110 | 0.153 | 0.130 | 0.194 | 0.221 | 0.081   | 58     |
|                                | 80~100    | 0.145      | 0.122 | 0.156 | 0.134 | 0.213 | 0.181 | 0.036   | 25     |

表 2 临西县后阎农场咸水灌溉试验成果表

| 灌水次数 | 矿化度/<br>(g · L <sup>-1</sup> ) | 灌水量/(m <sup>3</sup> · hm <sup>-2</sup> ) |               |              |               | 灌水总量/<br>(m <sup>3</sup> · hm <sup>-2</sup> ) | 产量/<br>(kg · hm <sup>-2</sup> ) | 5~20 cm 积盐/ % |       |       |
|------|--------------------------------|------------------------------------------|---------------|--------------|---------------|-----------------------------------------------|---------------------------------|---------------|-------|-------|
|      |                                | 返青<br>(3月13日)                            | 拔节<br>(4月12日) | 抽穗<br>(5月4日) | 灌浆<br>(5月25日) |                                               |                                 | 播前            | 收后    | 积盐率   |
| 3    | 7                              |                                          | 900           | 750          | 750           | 2 400                                         | 5 550                           | 0.063         | 0.213 | 238   |
| 235  | 3                              | 5                                        |               | 900          | 750           | 750                                           | 2 550                           | 5 655         | 0.067 | 0.225 |
| 282  | 4                              | 5                                        | 600           | 900          | 750           | 750                                           | 2 700                           | 5 655         | 0.061 | 0.221 |
| 32   | 4                              | 3                                        | 600           | 900          | 750           | 750                                           | 2 700                           | 5 640         | 0.068 | 0.090 |

从表 2 中可知,在非盐碱地里灌溉 5~7 g/L 咸水,虽然获得了增产效果,但土壤耕层积盐率达到 235~262%。在同样条件下,改灌 3 g/L 咸水不仅能增产,土壤积盐率也只有 32%,麦收后土壤含盐量仅为 0.09%。由此可见,若改用 2 g/L 的微咸水,无论是增产还是土壤积盐,其效果都将更好。

因此,应尽量选择咸淡混合灌溉方式,使混合后的水能满足

农业灌溉的水质要求。若有一定数量的便于实施混合灌溉的淡水来源,则可使邢台市较丰富的微咸水资源充分发挥利用。

## 2 利用南水北调中线引水促进邢台市咸水利用

直接利用咸水灌溉方便、经济,又能取得增产效果,但若使用不当,则存在着潜在的危险。因此,凡是有条件的地方,可以

选择咸水间接利用方式,所谓咸水间接利用,就是把较高矿化度的咸水与淡水按一定比例混合后用于灌溉,以降低水的矿化度,减少盐分对作物及土壤的危害。当前,开发利用咸水已成为国内外一些地区重要的开源途径。随着南水北调工程的实施,为充分利用南水北调之淡水资源,对咸水进行稀释,使之符合于国家颁发的灌溉水质标准进行灌溉创造了条件。为此,需建立必要的配水站与管理机构,以达到利用咸水、改造咸水的目的。

### 2.1 可带动咸水利用量计算方法

按原南水北调中线工程方案,邢台市可直接引江水的多年平均水量为 5.20 亿  $\text{m}^3$ ,保证率 50% 年引水量为 5.03 亿  $\text{m}^3$ ,其中农业用水 2.71 亿  $\text{m}^3$ 。平原有咸水分布区的各县(市)农业用水多年平均 2.00 亿  $\text{m}^3$ 。据调查,引江水(丹江口水库)为 II 类水其矿化度 0.3~0.5 g/L。由于咸水的水质类型及盐害量与矿化度密切相关,所以本次评价采用矿化度作为咸淡混合后水质的指标。混合后矿化度按下式计算:

$$M = \frac{(M_1 V_1 + M_2 V_2)}{(V_1 + V_2)} \quad (1)$$

式中:  $M$  为混合水的矿化度, g/L;  $M_1$ 、 $M_2$  为混合前咸、淡水的矿化度, g/L;  $V_1$ 、 $V_2$  为混合前咸、淡水的体积,  $\text{m}^3$ 。

浅层咸水水位浅,水中、土中盐分多,可以直接导致旱、涝、盐、碱的发生。因此,欲从根本上治理旱、涝、盐、碱,首先就要治理咸水,而浅层咸水改造利用,是综合利用的关键。开采利用浅层咸水,不仅能够增加灌溉水源,解决抗旱问题,而且能够改造咸水和盐碱地,收到“旱、涝、碱、咸”综合治理的良好效果。我市和我省平原区大量的试验成果说明,采用矿化度 2~3 g/L 的微咸水进行灌溉,不仅可以增产,而且对土壤积盐率的影响也很小。对于 3~5 g/L 的微咸水,即使在抗早期也要慎用,一般不应使用 5 g/L 以上咸水。据此,我们采用引江水(淡水)与我市平原咸水进行混合配比,为慎重对待,并依据计算式(1),一律按混合到矿化度 2 g/L 计算。其中,我市矿化度 2~3 g/L 的咸水资源量按矿化度 2.5 g/L 计算,矿化度 3~5 g/L 的按矿化度 4 g/L 计算,矿化度大于 5 g/L 的按矿化度 8.5 g/L 计算。

### 2.2 可带动咸水利用量计算成果

根据上述计算,南水北调中线工程方案实施后,将矿化度混合到 2 g/L 时,可带动我市咸水利用量为 2.842 4 亿  $\text{m}^3$ ,其中 2~3 g/L 的微咸水利用量 2.206 1 亿  $\text{m}^3$ ,带动率 67.8%;3~5 g/L 的微咸水利用量 0.528 8 亿  $\text{m}^3$ ,带动率 44.2%;大于 5 g/L 的咸水利用量 0.107 5 亿  $\text{m}^3$ ,带动率 12.0%;综合带动率 53.2%。

## 3 引江带动邢台市微咸水利用综合效益分析评价

邢台市地处河北省南部,缺水相当严重。按 2008 年人口、耕地统计,邢台市人均年拥有水资源量 196  $\text{m}^3$ ,耕地平均水资源量 8.5  $\text{m}^3/\text{hm}^2$ ,均不足全国平均水平的 9%,资源型缺水的局面非常突出,单靠节水措施已无法遏制水环境的恶化。目前我市社会、经济的发展全靠掠夺性开采深层地下水与超采浅层地下水来维持。已经造成水环境严重失衡,潜伏着严重的危机。而且,随着人口的增加和社会经济的发展,水危机还在加

剧。南水北调中线工程是改善我市水危机和生态环境的难得机遇,远水来之不易,必须倍加珍惜,采用咸淡水混合灌溉,对水资源充分利用将会产生事半功倍的效果。

### 3.1 南水北调中线引水可带动我市浅层咸水的开采利用,开发增加新水源

矿化度混合到 2 g/L 时,可带动咸水年利用量 2.842 4 亿  $\text{m}^3$ ,其中矿化度 2~3 g/L 的微咸水 2.206 1 亿  $\text{m}^3$ ,3~5 g/L 的微咸水 0.528 8 亿  $\text{m}^3$ ,大于 5 g/L 的咸水 0.107 5 亿  $\text{m}^3$ 。这些外调水源和新增加的本区水源(4.842 4 亿  $\text{m}^3$ )占全市水资源总量的 38.7%,可进一步缓解我市农业用水不足局面。

### 3.2 浅层咸水的开采利用,可以收到“旱、涝、碱、咸”综合治理之效

浅层咸水水位浅,水中、土中盐分多,直接导致旱、涝、盐、碱的发生。浅层咸水占据着浅部地质体空间,限制降水资源的入渗补给,并有无效蒸发,致使浅部地层的水文地质优势得不到充分发挥。开采利用浅层咸水,可以使咸水区的水位和地质空间得到充分调控,增强抗旱防涝能力。同时加速了地下水的垂直交替作用。随着浅层水的不断被抽取,咸水体中的弱透水层不断释水以及包气带土盐下淋,打破了咸水区地下水的天然平衡状态,可促进咸水淡化和盐碱土治理。尤其是引江水与咸水稀释后,使之符合灌溉水标准,更可增加这种治理的效果。

### 3.3 浅层咸水的开采利用,可使咸水底界面下移得到控制

邢台市东部黑龙港平原与漳滏平原有咸水区,二十多年来由于连续大量超采深层地下水,导致深层地下水埋深急剧下降,最大埋深已达 80.13 m(1999 年),而浅层咸水受条件所限很少开采利用,一般埋深为 4.0 至 21.0 m,深、浅层水位差的加大,造成上层咸水入侵下伏的深层淡水。破坏了经过漫长的地质年代而形成的极为珍贵的深层淡水资源。据调查,平均每 10 年下移 5m 左右。浅层咸水开采利用后可使埋深加大,深层淡水开采量相应减少,可有效遏制咸水下移。

### 3.4 减少或控制深层地下水漏斗区的加深和扩大

1998 年黑龙港与漳滏平原区深层淡水开采量 2.974 1 亿  $\text{m}^3$ ,浅层咸水充分利用后,可相应减少开采量 1.909 0 亿  $\text{m}^3$ ,将会有效控制漏斗区的进一步扩展。 □

### 参考文献:

- [1] 陈望和. 河北地下水[M]. 北京:地震出版社,1999.
- [2] 乔光建. 区域水资源保护探索与实践[M]. 北京:中国水利水电出版社,2007.
- [3] 郑金丰,陈永新. 干旱地区发展节水农业与土壤盐碱化防治[J]. 中国农村水利水电, 2000, (10): 28 - 29.
- [4] 路 浩,王海洋. 盐碱土治理利用研究进展[J]. 现代化农业, 2008, (10): 11 - 13.
- [5] 贾探民,杜双田. 世界各国防治土壤盐碱化主要措施[J]. 垦殖与稻作, 1999, (2): 43 - 44.
- [6] 张余良,邵玉翠. 灌溉微咸水土壤的改良技术研究[J]. 天津农业科学, 2004, (4): 47 - 50.
- [7] 代文元,张俊杰. 实施南水北调加大微咸水、咸水非传统水资源的利用[J]. 南水北调与水利科技, 2004, (4): 33 - 36.