北京市的污水灌溉

杨林林,杨培岭,王成志,胡盛年

(中国农业大学水利与土木工程学院,北京　100083)

摘要:北京市正面临着水资源短缺和水环境恶化两大问题.为了真正实现污水的资源化,在分析了北京市污水排放和污水资源灌溉利用现状的基础上,就污水灌溉对作物、地下水、土壤等的影响进行了初步分析.针对北京市污水灌溉存在的问题,提出了诸如编制污水回用的总体规划并实行统一管理、筹措资金建设污水回用工程、利用政策宏观调控并给予经济和技术支持、全面开展污水灌溉技术研究、树立公众的水危机意识等相应的对策和建议.

关键词:污水灌溉;作物;地下水;土壤;北京市

中图分类号:S273.5　　文献标识码:A　　文章编号:1006-7647(2005)S1-0102-03

北京市人均水资源占有量不足 300 m^3,仅为全国人均值的 1/8,世界人均值的 1/30,远低于国际公认的人均 1 000 m^3 的缺水下限,水资源形势十分严峻[1],水资源的紧缺严重制约了北京市经济社会的发展.同时,随着经济的快速发展和人民生活水平的提高,灌溉用水不断被工业和城市生活用水所挤占,农业缺水日趋严重.在节水的同时,开发利用非传统水资源,是解决缺水问题的重要途径,其中污水灌溉对农业而言具有极为重要的意义.

污水是水量稳定、供给可靠的水源.将污水资源用于农田灌溉,既可以在一定程度上缓解农业水资源紧缺的局面,又可以利用土壤微生物和农作物的净化能力,消除污水中的污染物.而且,污水含有丰富的作物生长所必需的养分,合理地用于灌溉,可以节省大量化肥,增加作物产量,还可以改善土壤物理化学性质,提高土壤肥力,有利于农作物的生长.由于污水灌溉的双重作用,污水灌溉实践在全世界范围内都非常普遍[2].

1　污水灌溉发展概况

1.1　污水资源

随着工业化的加速发展、居民生活方式的改变以及人口的高度集中,北京市的污水排放量逐年增加.从 1954 年到 1980 年,27 年间近郊区污水年排放量由 0.24 亿 m^3 增加到 7.3 亿 m^3,增加了近 30 倍.1981 年以后,北京市由于重视了节约用水,污水排放量的增长率有所减慢,2000 年北京市污水排放量为 13.6 亿 m^3,其中生活污水占 60%,工业污水占 40%[3].

北京市的污水主要通过污水泵站、污水处理厂和各种排污口排放,少部分直接进入农田,大部分是进入地表水体(如农灌水渠、河道、湖泊等),其中排入通惠河、凉水河、清河的污水占全市近郊区污水总量的 95%,占全市污水总量的 81%,成为北京市污水主要集散地.这三条河系从北京东、南、北三向流过,河系两侧是北京市主要粮菜产区,污水为农业提供了丰富的灌溉水源.

1998 年前,北京市区只有高碑店污水处理厂(一期)、方庄污水处理厂(一期)和北小河污水处理厂(一期)3 座污水处理厂,日处理能力为 58 万 t,污水处理率低,大量污水未经处理直接排入河道,致使部分河道受到污染.到 2003 年底,市区已经建成污水处理厂 7 座,日处理能力达到 158 万 t,污水处理率 56%,水环境得到明显改善.

根据《北京城市总体规划》,北京市于 2010 年将建成 16 座集中式污水处理厂,污水厂日处理能力将达到 335 万 t,年再生水可利用量为 12 亿 m^3.这 16 座污水处理厂分属坝河、凉水河、清河、通惠河流域,总控制面积为 751.4 km^2,排水面积 423.8 km^2[3],这将为北京市的污水灌溉提供更好的条件.北京市区

基金项目:北京市科技计划项目(H030730040230)

作者简介:杨林林(1980—),女,河南焦作人,硕士研究生,从事水资源与水环境研究.

污水处理厂分布情况详见图 1(引自北京市环保局网站).

图 1　北京市区污水处理厂分布

1.2　污灌农田分布

由于水资源短缺,北京市自 20 世纪 50 年代初期就开始利用污水灌溉农田,主要分布在石景山地区.当时,农民自发地利用石景山钢铁厂的工业废水进行灌溉,污灌面积约为 0.07 万 hm^2.后来由于北京市水资源的供给量远远保证不了农田用水增长的需求,而污水水源又较稳定,污灌后一般能增产,于是就逐步兴建了污水灌渠,污灌农田面积逐年扩大.1959 年全市污灌农田面积达到 0.3 万 hm^2,1969 年猛增到 3.9 万 hm^2,年增长率为 26.3%,超过了同时期污水排放量的年增长率(5.1%).至 1988 年,北京市污灌面积发展到顶峰,全市污灌面积约为 8.0 万 hm^2.

北京市污灌农田主要分布在通州、大兴、朝阳和丰台 4 个区县,这 4 个区县共有污灌农田 7.4 万 hm^2,占全市污灌总面积的 92.5%,在市区的东郊、东南郊及南郊形成了连片的百万亩污灌农田.北京市的污灌农田占全国污灌农田总面积的 60%,与辽宁沈抚污水灌区、天津武宝宁污水灌区、山西惠明污水灌区、新疆石河子污水灌区并称为我国北方五大污水灌区.北京市污灌农田占全市耕地面积的 19.1%,占灌溉农田的 24.0%,即北京市约有 1/5 的耕地,1/4 的水浇地是靠污水来获得丰收的[4].

在经历了 1988 ~ 1995 年的稳定发展时期后,污灌农田进入萎缩期.据报道,到 2000 年,北京市污灌农田面积已锐减到 2.7 万 hm^2[5].其主要原因:一是随着北京市经济和城市建设的发展,城区面积不断扩大,农业用地被改为他用;二是人们的环境卫生意识提高了,为保护环境,许多原是污灌区的农田在最近 5 年都逐步改为井灌,更多的采用地下水灌溉;三是北京市种植结构发生了巨大的变化,目前北京市已不再种植水稻等耗水量大的作物,原有种植水稻的农田多数改为种植蔬菜,田园蔬菜是不允许用污水灌溉的.北京市不同年代污灌农田分布详见图 2[6].

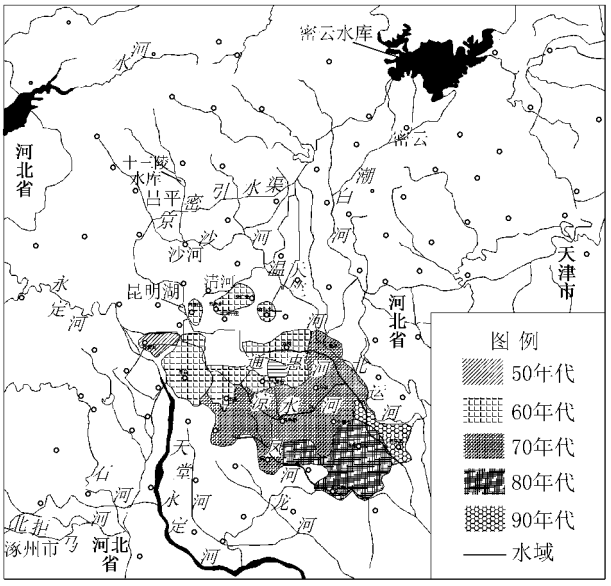

图 2　北京市不同年代污灌农田分布

1.3　污灌农田灌溉

污灌区域根据灌溉污水的次数、时间可分为纯污灌、清污混灌和间歇污灌.常年全部用污水灌溉,不引灌清水的农田,称为纯污灌农田;凡清水与污水混合灌溉或轮换灌溉的农田,皆称清污混灌农田;只进行冬灌或作物生长期不连续引用污水灌溉的农田,称为间歇污灌农田.

污灌类型的差异,造成了土壤中污染元素累积程度的不同,污染物积累程度顺序为"纯污灌区"大于"清污混灌区"大于"间歇污灌区".

北京市仅有 1.3 万 ~ 2 万 hm^2 污灌农田是用纯污水作为惟一的农灌水源,即所谓的纯污水灌溉,大部分污灌农田都是清污混灌、轮灌、间歇污灌或利用纳污河水灌溉的.

北京市农田污灌大都集中在每年的 4 ~ 11 月份,在此期间污水农用率占 50% 以上.干旱的 4 ~ 5 月、9 ~ 10 月正值北京春、秋作物播种生长季节,由于降水少,污水利用率高达 70% ~ 90%.北京市污灌农田可灌污水 2 ~ 4 次,平均污水用量为 2 685 m^3/hm^2.

2　污水灌溉对环境的影响

2.1　污水灌溉对作物的影响

污水灌溉能否增产是人们普遍关心的问题.北京市利用城市混合性污水,适时定量地进行小麦污水与清水灌溉的对比试验,结果表明,污灌区比清灌区增产 6.5% 和 8.7%.但是未经处理的废污水中,有毒有害污染物质不仅种类多,成分复杂,而且含量高.污灌不当时,轻者农作物生长受阻,有毒有害物质在农产品中蓄积,重则灌后减产绝收,造成直接经济损失.所以在利用污水灌溉作物时,除了应控制金

属、非金属和有毒有害物质的含量外，还应适量控制有机污染物的浓度，并要避免大水污灌.

因此，不是任何污水都可以用于灌溉任何作物，在利用污水资源灌溉农田时，需要注意污水的来源和品质，并根据污水的品质决定这种污水是否可以用于灌溉，以及可以用于灌溉哪类作物.

2.2 污水灌溉对地下水的影响

灌溉污水中的污染物一部分被土壤吸附，而另一部分则经过土壤向下移动，最终进入地下含水层，降低整个浅层地下水水质.一般情况下，污水中的重金属(如 Cu，Pb 等)能够被土壤颗粒所吸附，这种吸附机制降低了地下水的污染程度.然而土壤对污水中的各种主要阴离子(如 Cl^-，SO_4^{2-})和阳离子(K^+，Na^+ 等)的吸附能力较低，这些离子经过土壤向下移动，进入浅层地下水，使浅层地下水受到污染.而地下水运动缓慢，水量又大，含水层一旦受到污染，要得到恢复是很慢的.因此，对污水灌溉导致的地下水质的变化应引起足够的重视[7].

武清县从 1982 年开始使用北京市的污水进行灌溉.由于长期使用污水灌溉，已对浅层地下水水质造成了相当程度的污染，使武清县的浅层地下水的水质基本属于较差和极差状态，在主要污灌区的地下水污染尤其严重.相比之下，利用深层地下水灌溉的地区，地下水受污染的程度较轻，说明污灌是造成当地地下水污染的主要原因.

2.3 污水灌溉对土壤的影响

污水中的各类污染物在土壤中滞留，从而破坏土壤的各种成分与结构，使土壤中的微生物和腐殖质减少，透气性能和涵养性能下降，造成土壤板结、起皮、龟裂、土质变硬、透气性不好等.而且污水中所含的无机盐类，如可溶性钠盐随污水进入土壤后，会造成钙、镁等离子流失，钠离子积累过多，甚至引起土壤盐渍化.北京市农林科学院曾对通惠河流域各污灌区进行了调查，调查结果表明，污灌 20 a 后，土壤平均含盐量为 0.166%，比污灌 3～8 a 的高，污灌农田土壤含盐量有随污灌年代增长而增加的趋势.尤其是地下水位较高的地区，污灌可能引起地下水位上升而使土壤盐渍化[4].

另外，污水中含有的重金属也可能对土壤产生潜在的危害.土壤-植物系统对污水中的重金属元素具有较强的净化作用，在一定限度或痕量范围内不会造成土壤污染.但问题是如果长期进行超标污水灌溉，土壤中的重金属含量大大超过了土壤吸收及作物吸收能力，这必然造成土壤污染.土壤污染一旦发生，仅仅依靠切断污染源的方法往往很难恢复，对于重金属污染的土壤，目前还没有有效的修复技术.

3 发展污水灌溉的对策和建议

根据国际上许多国家的污水回用实践经验，针对北京市污水灌溉现状及存在问题，笔者认为可从以下几个方面着手.

3.1 编制污水回用的总体规划并实行统一管理

在现阶段事权、水权不明确的情况下，由于污水灌溉涉及农业、水利和环保等各个部门的工作，而且又是上述各部门的边缘性工作，使得污水灌溉大部分都处于放任自流的状态，无法实现总体的优化.因此，当前急需发动各个相关部门制定污水回用的整体规划，指导污水回用工作[8].

3.2 筹措资金建设污水回用工程

对污水的处理与再生利用应该实行优惠政策，为污水回用工程建设提供条件.此外，还应该进一步促进合理价格机制的形成，制定配套的经济政策，使污水集中治理设施采用企业经营管理，从而大大推动污水灌溉的发展.

3.3 利用政策宏观调控并给予经济和技术支持

实行污水灌溉必须建设配套的城市基础设施，并有比较完善的运行、管理措施，对污灌区进行经济和技术的支持.首先要严格控制水污染源的接管水质，加强重点污染源的治理，所有工业污染源必须达标排放，但在执行标准上可按 GB 5084-92《农田灌溉水质标准》来要求.第二，在污灌区实行某些政策倾斜，减免一定税收，给予一定财政补贴.第三，需建立相应的水质监测站点，形成网络化，定期发布水质情况，农、林业生产部门经常给以技术指导.

3.4 全面开展污水灌溉技术研究

污水灌溉对环境的影响是长期的、积累型的，其污染物的迁移、转化和积累的机理十分复杂.目前的研究成果具有一定的实用价值，但深度不够，应该组织相关科研院所和高等院校的科研力量，积极开展污水灌溉对土壤肥力、作物生理生长、农产品品质和产量影响的研究，研究不同类型污水、不同灌溉定额条件下土壤肥力的变化、作物生长发育状况、作物产量及品质的变化.在综合应用研究成果的基础上，提出不同污水类型、不同土壤条件下，主要农作物的污灌方式、次数、最佳灌溉时间及灌溉定额，实现科学适度的污水灌溉[9].

3.5 提高宣传力度，树立公众的水危机意识

有关部门应加强对污水回用重要意义的宣传工作，消除人们在污水回用问题上的心理障碍.同时要在群众中树立‘污水也是一种资源’的新观念，转变公众对污水回用的看法，使公众意识到水危机的严重性和污水回用的重要性，从而增强(下转第 107 页)

责、施工企业保证、社会监理和政府监督相结合的管理模式，并通过公开招标的方式择优确定监理和施工企业．市政府正式行文公布东营市海堤管理处为项目法人单位，项目法人对工程建设负总责，主要包括资金筹措、迁占协调、调度工期、质量检查等；施工企业实行项目经理负责制，全面落实“三检制”（自检、互检、终检），对每道工序严格把关；工程监理实行项目总监负责制，做到“三到位”，即检测设备到位，理人员到位，工作内容到位．工程建设各方相互协作，分工明确，确保工程质量．

4.2 质量评价

本工程共分为清基、大堤填筑、混凝土基础现浇和迎海面护坡 4 个分部工程 2 860 个单元工程，工程质量全部合格，其中 2 488 个单元工程的施工质量为优良，优良率为 87%．经山东省水利科学研究院全面检测，工程质量达到优良标准．2003 年 10 月 12 日黄河口地区遭受了 3.38 m 特大风暴潮的袭击，但是刚刚竣工的防潮堤工程毫发无损，并将其控制区域的风暴潮损失削减为零．

参考文献：

[1] 聂仁峰，张志传，王断新，等．刍议黄河三角洲地区水利建设问题．水利水电科技进展，1999，19（增刊）：22—23．

（收稿日期：2005-01-19　编辑：高建群）

（上接第 104 页）

节水意识，自觉支持污水灌溉的发展．

4 结　语

污水灌溉既有有利的一面，也有不利的一面，但利远远大于弊．多年的实践证明，在我们这样一个水资源比较缺乏的国家，积极探索经济有效、技术可行、节省能源的污水灌溉方法和污水处理与利用系统，对缓解日益紧张的水资源供需矛盾具有重要的意义．同时，对污水灌溉要进行实时监测，对其引起的负面影响不容忽视，要采取积极有效的对策和科学的态度来把污水灌溉引导到更高层次．

参考文献：

[1] 郝仲勇，刘洪禄．北京市水资源短缺及对策浅析［J］．北京水利，2000（5）：17-18．

[2] GRAAFF R H M，SUTER H C，LAWES S J．Long-term effect of Municipal sewage on soil and pastures［J］．J Environ Sci Health，2002，37（4）：745-757．

[3] 廖日红．北京市再生水综合利用策略研究［J］．水利发展研究，2004，4（1）：32-34．

[4] 董克虞，杨春惠，林春野．北京市污水农业利用区划的研究［M］．北京：中国环境科学出版社，1994：49-55．

[5] 朱桂珍．北京市东南郊污灌区土壤环境重金属污染现状及防治对策［J］．农业环境保护，2001，20（5）：164-166．

[6] 杨华锋．北京地区污水灌溉农田若干特征研究［D］．北京：中国农业大学，2005．

[7] 余常昭，李玉梁．水环境中污染物扩散输移原理与水质模型［M］．北京：中国环境科学出版社，1989：77-78．

[8] 刘润堂，许建中．我国污水灌溉现状、问题及其对策［J］．中国水利，2002（10）：123-125．

[9] 曾德付，朱维斌．我国污水灌溉存在问题和对策探讨［J］．干旱地区农业研究，2004，22（4）：221-224．

（收稿日期：2005-03-03　编辑：马敏峰）

·简讯·

河海大学召开“生态水文学术研讨会”

人类通过建设水库和堤防防止或减少灾难性洪水和干旱威胁，通过建设污水处理厂减轻污染程度，尽管这些工程花费很大，但其中很多措施并未达到预期改进的效果．同时，通过过度工程化来解决水资源短缺和环境问题，已严重地影响和削弱了生态过程在调节水循环以及水循环在调节生态过程中的作用．为推动河海大学生态水利学科的建设，由河海大学水资源环境学院、水文水资源与水利工程科学国家重点实验室、科学研究院举办的“生态水文学术研讨会”于 2005 年 10 月 15 日在河海大学校本部举行．全校 160 余位教师、研究生参加了会议．研讨会上，刘新仁教授等分别作了题为“生态水文研究进展”、“水利建设与生态水文”、“生态水文－社会经济发展的必然”、“绿水和蓝水的生态内涵”、“河流生态径流理论及计算方法研究”等学术报告．会议主要围绕生态水文学的学科性质、研究对象、研究内容、研究目的、研究方法、关键性科学问题、未来发展方向及前景等进行了重点研讨．

（本刊编辑部供稿）