

# 我国农田污灌发展现状及其对作物的影响研究进展

黄春国<sup>1</sup>, 王鑫<sup>2</sup> (1. 山西农业大学农学院, 山西太谷 030801; 2. 太原市星火技术发展中心, 山西太原 030009)

**摘要** 水资源短缺尤其是农田灌溉水资源不足的现状已制约了我国农业的发展, 如何利用生活污水和工业废水进行农田灌溉已经成为当前的研究热点。该文就污水灌溉的现状及其对土壤、作物、地下水的影响进行了详尽综述, 力求为我国农田污水灌溉的发展提供一些理论依据。

**关键词** 农田; 污灌; 作物; 研究进展

**中图分类号** S275 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)22-10692-02

## China's Farmland Sewage Irrigation Development and Its Impact on Crop Research

HUANG Chun-guo et al (Agricultural College of Shanxi Agriculture University, Taigu, Shanxi 030801)

**Abstract** The shortage of water resources, particularly the shortage of irrigation water resources has restricted the status quo of China's agricultural development. How to make use of domestic sewage and industrial waste water for irrigation of farmland has become a hot topic at present. Sewage irrigation status and its effects on soil, crops and groundwater were overviewed in details, and try to provide some theoretical bases for China's farmland irrigation water development.

**Key words** Farmland; Irrigation; Crops; Research development

我国是世界 12 个贫水国家之一, 水资源总量居世界第 6 位, 人均水资源仅为世界平均水平的 1/4, 水资源十分短缺。目前, 许多中小城市污水处理率不到 50%, 大量未经处理的废、污水直接排入地表水体, 导致水环境污染日益严重, 水资源供需矛盾更加突出。随着社会经济的快速发展和人民生活水平的不断提高, 工业和城市生活用水量持续增大, 农业灌溉用水的不足等只能通过节水灌溉、污水灌溉甚至超采地下水来弥补, 污灌似乎成为水资源短缺和水污染严重形势下农业灌溉的必然选择<sup>[1-2]</sup>。

## 1 国内污灌发展利用状况

污灌是指对城市生活污水和工业废水进行无害化处理, 直接或间接用于农田污水灌溉、园林污水灌溉和地下水回灌。我国污水灌溉开始于 1956 年, 1957 年正式兴建污水灌溉工程, 至今已历时半个世纪<sup>[1]</sup>。1958 年召开全国第 1 次污水灌溉农田会议, 1959 年全国工业废水处理和污水综合治理会议确定了“变有害为无害、充分利用”的原则, 北京、天津、西安、抚顺、石家庄等城市率先开辟了大型污水灌区。1961 年我国第 1 个《污水灌溉农田卫生管理试行办法》颁布实施; 1972 年全国污水灌溉会议确定了“积极慎重”的发展方针; 1979 年试行《农田灌溉水质标准》(TJ 24-79); 1992 年正式颁布《农田灌溉水质标准》(GB 5084-92), 进一步规范了污水灌溉的发展<sup>[2]</sup>。

污灌发展是随着工业、城市废污水排放量的增加和农业用水危机的加剧而增加的, 我国污灌发展过程大致经历了起步、稳定和快速发展 3 个阶段<sup>[3]</sup>。第 1 阶段从 20 世纪 50 年代末至 60 年代初, 当时普遍认为污灌可为农业增加水肥资源、给工业废水找到出路, 应大力发展。1957 年全国污灌面积为 1.15 万  $\text{hm}^2$ , 1963 年为 4.0 万  $\text{hm}^2$ , 污灌对农村水环境影响不明显。第 2 阶段从 20 世纪 60 年代后期到 70 年代初中期, 普遍开始对污灌造成的水体、土壤和粮食污染产生怀疑, 因废污水排放量日益增多、农业用水日渐紧张, 许多大中

城市近郊和工矿区附近的农田越来越多地利用污水灌溉。1972 年全国污灌面积 9.33 万  $\text{hm}^2$ , 1976 年增至 18.0 万  $\text{hm}^2$ 。第 3 阶段始于 20 世纪 70 年代后期, 因城市和工业废污水排放量迅猛增加, 污灌面积迅速扩大。据全国第 2 次污水灌区农业环境质量普查统计, 1979、1980、1982、1990、1991、1995、1998 年全国污灌面积分别为 33.33 万、133.30 万、139.87 万、333.30 万、306.70 万、363.93 万、361.84 万  $\text{hm}^2$ 。大部分废污水未经处理直接用于灌溉, 造成部分农田污染严重, 对农村水环境构成威胁<sup>[3]</sup>。全国污灌面积 90% 以上集中在北方水资源严重短缺的黄、淮、海、辽河流域, 大型污灌区主要集中在北方大中城市的近郊区, 全国五大污灌区为北京、天津武宝宁、辽宁沈抚、山西惠明和新疆石河子污灌区<sup>[4]</sup>。

## 2 我国污灌发展存在的问题

我国污灌规模发展较快, 污灌水质控制技术与灌溉制度严重滞后。虽然《农田灌溉水质标准》早已颁布, 但实际上污灌水质无人监督, 大量未经处理的污水直接用于农田灌溉, 污灌作物大多为粮食和蔬菜, 直接危及食品安全。在全国水资源日益短缺的情况下, 污灌面积盲目发展, 污灌水质超标问题在近期内很难得到有效解决。直接引用过量的、未经任何处理的、不符合排放标准的废污水灌溉农田, 会造成土壤、作物、地下水的严重污染。长期盲目污灌, 将导致土壤板结和土壤结构与功能失调、重金属和有毒物质在土壤中积累、土壤环境恶化、作物生长发育不良、农产品品质变差等一系列的生态环境问题<sup>[5-8]</sup>。

**2.1 污灌对土壤环境质量的影响** 污灌的迅速发展在一定程度上缓解了水资源短缺, 起到了可观的“水肥效应”<sup>[8]</sup>。随着污灌规模的扩大, 污灌引起的土壤污染、地下水污染等对作物产量与品质影响日益明显。最为严重的是土壤污染, 主要表现为土壤理化性质改变、有机物污染和重金属污染。1982 年农业部对污灌面积 38.0 万  $\text{hm}^2$  的 37 个污灌区调查结果表明, 土壤重污染面积占 8.4%<sup>[9]</sup>。

污水中的有机物、微生物、纤维和泥沙等在表土沉积后形成板结层, 土壤通透性能降低; 污灌致使潜水位升高, 加之污水中总盐量的影响, 可导致农田土壤次生盐碱化, 伴有土

**作者简介** 黄春国(1980-), 男, 山西运城人, 助教, 从事作物栽培方面的教学与研究。

**收稿日期** 2009-05-12

壤板结等现象发生。ADRIANO D C 等<sup>[9]</sup>在石灰性褐土上连续 9 年污灌试验研究表明,污灌土壤有机质含量和速效态养分含量明显增加且具有深层积累的趋势,土壤孔隙度降低,容重增加,土壤生物酶活性受到抑制等;高碑店污灌区污水与清水灌溉对比试验结果表明,污灌区土壤养分含量高于清灌区;西安、保定和济南等污灌区调查结果却表明,污灌区与清灌区土壤养分并无明显差异<sup>[10-12]</sup>。

有机污染物主要是化学需氧量(COD)、生化需氧量(BOD)和氨氮。用含氮的污水灌溉旱田作物,作物根系吸收的硝酸盐氮在钼的作用下可转化为氨基酸和蛋白质,若土壤有效钼含量不足,可造成硝酸盐氮在作物体内大量积累。硝酸盐氮是亚硝酸的来源,其含量过多会引起高铁血红蛋白症,在一定条件下还会转化成亚硝胺,引起人体或动物的恶性肿瘤。

重金属污染物包括汞、铅、锌、砷、铬和镉等,主要来自冶炼、电镀、采矿等工业废水排放。土壤重金属积累污染问题非常普遍,尤其是老污灌区。张勇研究发现沈阳市郊灌区土壤中镉污染已达到中度污染程度<sup>[13]</sup>。第 2 次土壤污染普查的镉污染超标面积比第 1 次增加了 14.6%,汞、砷、铜、锌在东南地区超标面积占污染总面积的 45.5%。目前,我国遭受重金属污染的土地面积占灌溉土地面积的 64.8%。其中,轻度、中度和重度污染面积分别为 46.7%、9.7% 和 8.4%,且有日益加重的趋势<sup>[14]</sup>。重金属迁移转化率低,残留率通常在 90% 以上,极易在土壤中大量积累,经植物吸收,通过食物链进入人体,影响人体健康。污灌区人群健康状况已引起社会普遍关注,其腹泻发病率比对照区高出近 60%;消化系统癌发病率高、人体 DNA 修复能力明显低于非污灌区;儿童血红蛋白含量低于对照区、贫血率明显高于对照区。土壤中汞含量对糙米的汞残留量影响较大,但对小麦等旱作植物影响较小;土壤镉含量过高影响作物正常生长,作物吸收过量镉,会造成叶绿素含量下降、叶片发黄褪绿<sup>[14]</sup>。

**2.2 污灌对农作物的影响** 冯绍元等<sup>[15]</sup>、宋菲等<sup>[16]</sup>、杨居荣等<sup>[17]</sup>研究了土壤—作物系统中重金属含量,周海红等<sup>[18]</sup>、南忠仁等<sup>[19]</sup>、孙志强<sup>[20]</sup>、廖金凤<sup>[21]</sup>等研究了污灌对土壤及农作物中重金属的影响,工业废水灌溉的农作物重金属污染程度高于城市生活污水。污灌对作物的影响主要表现为产量影响与品质污染。

污水中含有大量氮、磷等营养物质,短期合理污灌确实存在明显的增产效应。长期连续污灌会导致土壤严重污染,造成土壤板结、通透性降低和次生盐碱化等土壤性能降低;污水中重金属等污染物在土壤中积累到一定程度,会抑制根的生长及对营养成分的吸收,降低作物产量。沈抚污灌区近年来粮食产量比对照区减少 11 250 ~ 22 500 kg/hm<sup>2</sup><sup>[18]</sup>。

污灌区作物品质污染主要表现为农产品重金属含量超标和营养成分改变<sup>[12]</sup>。蔬菜比粮食作物更易积累重金属,根、茎叶和籽实重金属吸收量逐渐减少,小麦根部铅含量是穗部的 12 倍。植物根系一般可作为重金属屏障使地上部免受重金属危害<sup>[15]</sup>,土壤重金属严重积累时,作物籽粒重金属含量同样可能超标。农业环境保护所 1997 年对全国 24 个省市 320 个污染区的农产品调查表明,小麦、玉米重金属

超标率分别为 15.5% 和 14.0%,主要以汞、铬、镉、砷等污染为主,污灌区尤为突出,如张土灌区小麦重金属超标率为 27.0%。污灌还会造成小麦、水稻蛋白质含量降低,随着污灌年限的增加,麦、稻品质逐年下降。污灌会明显降低蔬菜维生素 C 的含量,其他营养成分含量则有增有降。

**2.3 污灌对地下水的影响** 污灌区地下水污染程度与地下水位和土壤质地密切相关,地下水埋深小于 7 m 的污灌区和沙性土壤污灌区更易造成地下水污染。污染地下水中主要超标项目是总硬度、氯化物、硫酸盐、细菌总数和大肠杆菌等,无节制的污水灌溉和化肥农药的过量使用,使得地下水含盐量和硝酸盐含量逐渐增加,导致污灌区地下水硝酸盐污染问题越来越严重。奎河污灌区浅层地下水中氨氮含量明显偏高<sup>[22]</sup>,墨西哥污灌地区地下水中硝酸盐含量普遍升高。田家怡等<sup>[23]</sup>通过对梅斯基塔尔流域不同深度地下水的一系列物理、化学和微生物参数的分析,研究了污灌对地下水环境的影响。污灌区地下水有机污染问题也不容忽视。田家怡等对山东小清河污灌区地下水水质研究表明,小清河污灌水质中检出的 93 种有机化合物中,地下水中检出 56 种,其污染程度与污灌强度有明显相关性。

### 3 结语

研究污灌对地下水和土壤肥力、作物生理生化、农产品产量与品质的影响,探讨不同污水类型、不同灌溉定额条件下的地下水水质和土壤肥力变化、作物生长发育状况、作物产量与品质变化,核算不同土壤—植物系统对污水中重金属与有机物等主要污染物的最大环境容量,可为不同类型的土壤—植物系统污灌定额与污灌水质标准的制定提供科学依据。

### 参考文献

- [1] 杨飞,蒋丽娟. 浅议污水灌溉带来的问题及对策[J]. 节水灌溉,2000(2):23-25.
- [2] 沈振荣. 中国农业水危机对策研究[M]. 北京:中国农业科技出版社,1998.
- [3] 邵孝侯,彭世彰,陈毓陵,等. 二十一世纪我国污水灌溉技术研究与推广展望[J]. 中国农村水利水电,1997(S1):94-95.
- [4] 王贵玲,蔺文静. 污水灌溉对土壤的污染及整治[J]. 农业环境科学学报,2003,22(2):163-166.
- [5] 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,1994,51-125.
- [6] 王德荣. 污水灌溉与农用水质控制标准[J]. 陕西环境,1996,3(1):17-21.
- [7] 陈竹君. 污水灌溉在以色列农业中的应用[J]. 农业环境保护,2001,20(6):462-464.
- [8] 曾令芳,吴小亮. 国外污水灌溉新技术[J]. 节水灌溉,2002(3):34-42.
- [9] ADRIANO D C, CHLOPECKA A, KAPLAN D I, et al. Soil contamination and remediation: philosophy, science and technology, in Contaminated Soil [M]. Paris:NRA,1998:465-504.
- [10] CAMERON K C, DI H J, MCLAREN R G. Is soil an appropriate dumping ground for our wastes? [J]. Australian Journal of Soil Research,1997,35:995-1035.
- [11] ABOULROUS S A, HOLAH S S, BABAWY S H. Influence of prolonged use of sewage effluent in irrigation on heavy metal accumulation in soils and plants[J]. Z Pflanzenernahr Bodenkd,1998,152(1):51-55.
- [12] MOLLER A, MULLER H W, ABDULLAH A, et al. Urban soil pollution in Damascus, Syria: concentrations and patterns of heavy metals in the soils of the Damascus Ghouta[J]. Geoderma,2005,124:63-71.
- [13] 党志良,冯丽,卢兰青. 污灌增产效益及其对土壤环境影响分析[J]. 陕西水力发电,1997,13(3):33-35.
- [14] 张勇. 沈阳郊区土壤及农产品重金属污染的现状评价[J]. 土壤通报,2001,32(4):182-186.

行政执法的力度,法律的实施离不开监督与执行,法律应授权环保部门参与外资审批和审查,有效地加强环境执法,同时加强执行环境影响评价制度和“三同时”制度,真正做到一切项目的环境评价报告都经环境部门批准,污染的建设项目、污染处理装置同时设计,同时建设,同时投入使用。只有把“三同时”制度和环境影响评价制度结合起来才能做到合理布局,最大限度地消除和减轻污染,真正做到防患于未然<sup>[8]</sup>。

**5.6 加强环境教育和增强环境权利意识** ①立法机关通过立法确立公民环境权的地位,这是实现公众参与的根本保证和法律基础。但我国对公民环境权的规定还是比较狭隘和不明晰的。在环境法律建设中应使其具体化、制度化。②保障公民的知情权,这是公众参与环境管理的前提条件。政府应为公众参与创造条件,鼓励和保护公众参与环境保护的积极性,尽可能地为他们提供参与机会和活动空间,如召开听证会等。③通过环境立法保障公民环境诉讼权利,这是实行公众参与的有效形式。允许鼓励公民通过环境信访、行政诉讼或民事诉讼途径来纠正不当政府行为或要求企业停止污染损害,以保证公民的切身环境利益。④在实体法和程序法中规定公众参与环境管理的做法,这是实行公众参与的重要形式。⑤加强环境宣传力度,提高环境宣传的广度和深度,保护和扶持各类环境保护社会团体和群众组织,这是实现公众参与的社会基础<sup>[9]</sup>。

**5.7 加强和完善中国绿色壁垒** 绿色壁垒是技术性贸易壁垒(TBT)的一种新形式,是指那些为了保护人类的生命健康、保护动植物的生命或健康、保护生态平衡等目的而直接或间接采取的限制甚至禁止贸易的法律、法规、政策与措施,为此,中国必须加强和完善绿色壁垒:①健全绿色关税。为禁止有毒有害的废弃物入境,我国应征收进口产品环境附加税,但应注意的是税率不应固定为一种,而应区分不同情况确定高低不同的几种税率,如依进口产品对环境保护能力的强弱来区分税率。对用于环境保护的产品可确定较低的税率;而对于环境保护能力差,会带来严重污染的产品则应确定较高的税率。②健全绿色技术标准。我国应通过立法程序将国际标准化组织(ISO)正式公布的 ISO14000 环境管理体系国际标准转化为国家标准,在全国范围内推广,同时对进口产品不符合该标准的禁止进口。③建立完善的绿色环境标志制度。由于绿色环境标志表明了产品或服务从研制、开发到生产使用直至回收利用的整个过程都符合环保要求,对生态环境和人类健康均无危害或危害很小,因此应建立完善的绿色环境标志制度,这既有利于我国产品的出口,又有利于抵制国外不具有绿色环境标志的产品入境。④健全绿色卫生检疫制度。基于保护生态环境和资源,确保我国人民

和动植物免受污染物、毒素、微生物、添加剂的影响,我国应制定较严格的环境技术标准,对不符合标准的商品应坚决禁止进口<sup>[10]</sup>。

**5.8 加强国际合作** 对于污染转移,“里约宣言”原则第 14 条规定,各国应有效合作阻碍或防止任何造成环境严重退化或证实有害人类健康的活动和物质迁移和转让到外国<sup>[11]</sup>,但在实际情况下,发达国家政府对此基本无动于衷,任凭事态发展,因此需要加强区域合作和国际合作,充分发挥我国在国际社会中的重要作用,积极支持开展多边投资协议的谈判,在 WTO 的有关协议中争取发展中国家在保护环境方面的特殊待遇,促进国际社会尽快达成限制发达国家向发展中国家转移污染行业的国际公约,并推动已有公约如《巴塞尔公约》中有关不利于可持续发展条款的修改,要推动在相关国际公约中明确规定:污染输出国政府要采取切实可行的措施制止危险废物转移,严惩非法输出者等,我国要积极参加国际环保条约,承担起我国应尽的义务,走可持续发展之路。这不仅有利于环境保护,也有利于树立国家的良好形象,为进一步吸引外资打好基础。

## 6 结语

在经济全球化,贸易与投资的自由化日益成为国际经济主流形式的现今,环境保护不应成为阻碍国际贸易与投资自由化的壁垒,但也不能忽视了对环境的保护,而必须从可持续发展的角度出发,既要考虑经济利益,也要考虑环境利益。通过转变价值观念,完善法律制度,建立合理的环境标准体系,加强国际合作,最大限度地防止污染转移,以保证可持续发展的资源和环境基础不被削弱,从而实现 3 个效益的统一。

## 参考文献

- [1] 郑易生. 环境污染转移现象对社会经济的影响[J]. 中国农村经济, 2002(2): 68-75.
- [2] 李文强, 刘文荣, 马小明. 城镇发展中的污染转移问题[J]. 四川环境, 2005, 24(4): 101.
- [3] 赵光瑞. 东北亚区域环境问题的制度探源与解决对策[J]. 东北亚论坛, 2003(5): 15-16.
- [4] 舒基元, 杨峰. 环境安全的新挑战: 经济全球化下环境污染转移[J]. 中国人·资源与环境, 2003, 13(3): 50.
- [5] 柏桦, 李蜀庆, 江俊蓉, 等. 国际环境污染的国家责任[J]. 中国环境管理, 2006(3): 20.
- [6] 孙静, 唐建荣. FDI 与我国制造业中的污染转移[J]. 商场现代化, 2006(35): 209-210.
- [7] 黄东梅, 吴俊. 跨国公司污染转移的法律规则[J]. 云南财贸学院学报: 社会科学版, 2004, 19(6): 94.
- [8] 吕忠梅, 高利红, 余耀军. 环境资源法学[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 121, 126.
- [9] 李攀萍. 加入 WTO 后我国控制外国污染转移法律对策的调整与完善[J]. 环境保护, 2000(12): 9.
- [10] 胡旭. 加强和完善中国的绿色壁垒[J]. 甘肃行政学院学报, 2003(3): 72-75.
- [11] 王曦. 国际环境法[M]. 2 版. 北京: 法律出版社, 2005: 37.

(上接第 10693 页)

- [15] 冯绍元, 齐志明, 黄冠华, 等. 清、污水灌溉对冬小麦生长发育影响的田间试验研究[J]. 灌溉排水学报, 2003, 22(3): 11-14.
- [16] 宋非, 郭玉文, 刘孝义, 等. 土壤中重金属镉锌铅复合污染的研究[J]. 环境科学学报, 1996, 16(4): 432-436.
- [17] 杨居荣, 贺建群, 张国祥, 等. 农作物对 Cd 毒害的耐性机理探讨[J]. 应用生态学报, 1995, 6(1): 87-91.
- [18] 周海红, 张志杰. 关中灌区农田生态系统污染现状研究[J]. 环境污染与防治, 2001, 23(6): 309-328.
- [19] 南忠仁, 程国栋. 干旱区灌区农田作物系统重金属 Cd、Pb 生态行为研

- 究[J]. 农业环境保护, 2001, 20(4): 210-213.
- [20] 孙志强. 污水灌溉对农业环境影响的研究[J]. 生态农业研究, 1998, 6(4): 68-71.
- [21] 廖金凤. 电镀废水中铜锌铬镍对农业环境的影响[J]. 农村生态环境, 1999, 15(4): 52-55.
- [22] 洪林, 江海涛. 污水灌溉的节水作用和效益分析[J]. 中国给水排水, 1997, 13(1): 24-25.
- [23] 田家怡, 张洪凯. 小清河污灌水质有机化合物污染及对地下水影响的研究[J]. 山东环境, 1995, 64(1): 15-18.