

城市污水处理与农业回用辨析

李芳柏 古国榜 肖 锦

(华南理工大学化工学院, 广州五山 $B\text{r}\alpha\Gamma\text{A}y$)

万洪富

(广东省生态环境与土壤研究所, 广州五山 $B\text{r}\alpha\Gamma\text{A}y$)

摘 要 介绍了我国城市污水处理与农业回用的现状, 提出我国工农业生产与城市严重缺水, 城市污水处理率低, 这客观上要求城市污水经生态处理后回用于农业。城市污水再生农业回用是一个复杂的大系统, 必须进行技术经济分析, 并严格执行农田灌溉水质标准, 否则会引发一系列的环境问题, 并提出了发展我国城市污水农业回用的对策。

关键词 城市污水 农业回用 污水处理

x 我国城市污水处理与农业回用的现状

xw 我国水资源的稀缺性

我国约 $AB\%$ 的耕地需要经常性的灌溉。 $xZZx$ 年我国灌溉面积达 $B\alpha\omega \times x\omega^f \varphi_1^y s$ 农业用水量 $z\ iZ \times x\omega^f$ 1^s , 占全国年总用水量的 $Ey\ iE\%$ 。现在, 我国每年约有 $y\alpha\omega \times x\omega^f \varphi_1^y$ 农田受旱, 其中约 $x\omega z$ 造成严重减产。农业缺水的同时, 城市缺水、工业缺水也十分严重。我国目前仍有 $z\tau\alpha v$ 个城市缺水, 其中 $B\omega$ 个城市严重缺水, 缺水量估计为 $x\ i\Gamma \times x\omega^{\Delta 1} \tau v\rho$ 。许多工厂由于缺水而被迫减少生产, 甚至停产。由此, 每年造成经济损失达 $y\tau\alpha v$ 亿元。

xwy 我国城市污水造成日益严重的环境污染

随着城市化与工业化进程的加快, 城市污水量逐年增加, $xZZy$ 年底达 $z\ i\Gamma E \times x\omega^E 1^s$, 城市污水处理率仅为 $z\ i\Delta\%$, 工业废水处理率为 $y\omega\%$, 大量未经处理的污水排入受纳水体或灌溉农田, 造成了严重的污染。据估算, 我国水污染造成的损失每年至少 $z\tau\alpha v$ 亿元。尽管我国投入了大量资金用于污染治理, 但随着污水量的增加, 环境污染正在进一步加剧^[1]。

xwz 城市污水农业回用十分必要

由于我国水资源十分紧缺和环境污染日益严重, 城市污水再生回用于农业, 已成为解决这些矛盾的一条行之有效的途径。城市污水经处理后, 农业回用的优点是十分明显的 $H\beta xp$ 城市污水具有不受气候影响, 不与邻近地区争水, 稳定可靠, 保证率高之特点; $\rho y\rho$ 农业水质远低于市政、工业用水, 需要的投资

和运行费也较低; $\rho z\rho$ 农业回用不必去除污水中氮磷钙镁等污染物; ρAp 农业回用需水量大, 能够形成规模效益; $\rho B\rho$ 农业回用可以实现废水资源化, 节省大量优质水用于工业生产和城市生活。因此, 许多缺水国家和地区正在发展城市污水回用于农业, 其中以以色列、约旦、南非及美国等国家十分成功^[2-4]。

目前, 我国每年污灌水量约达 $\Gamma w \times x\omega^Z 1^s$, 占污水排放总量的 $y\omega\%$ 。 $xZZ\Gamma - xZZy$ 年农业部估算全国污水灌溉面积约为 $x\ i\epsilon \times x\omega^f \varphi_1^y \theta B Z\epsilon$ 。

y 城市污水农业回用存在的问题

据调查, 全国有 $EB\%$ 以上的污水灌区, 污水有害物质超过农田灌溉水质标准。许多地区甚至不加任何处理引污水灌溉农田^[5]。因此, 造成了十分严重的环境污染。

ywa 污灌农田环境质量明显下降

我国污水灌溉的农田约 $B\omega\%$ 受到污染。采用工矿废水和石化废水灌溉的地区农田污染最严重。其中汞污染面积 $\Delta\tau\alpha\alpha\omega\varphi_1^y$, 镉污染 $A\tau\alpha\alpha\omega\varphi_1^y s$, 铅污染 $\Gamma\alpha\omega\varphi_1^y$, 石油类污染物、盐、悬浮物、硼、电石渣等污染也较突出。长期污灌会造成土壤理化性状下降^[6]。

ywy 污水灌区地下水受到不同程度的污染

我国污水灌区农业环境质量普查协作组^[7]对 $y\omega$ 个灌区的地下水污染情况调查发现, 仅乌鲁木齐四宫、株洲湘氮等 A 个灌区未受污染, 洛阳、沈抚等 A 个

灌区严重污染,其余xy个灌区地下水轻度污染。引用石化废水和工矿废水灌溉污染尤为突出。

yuw 污水灌溉区农产品品质下降

yuA 污水灌溉对人体健康影响甚大

成都灌区对居民进行流行病学调查,发现灌区居民中慢性腹泻和肝大两项指标明显增高。沈阳张士灌区居民的关节炎、肾炎、溃疡病、肝炎、肺结核发生率明显高于对照区,各种疾病死亡率也明显偏高,其中重污染的张士大队癌症死亡率达waxΔ%,尿Πp高达zμwvθ,明显高于对照区。其它灌区也出现了类似情况。

yuD 污灌技术落后,污水水质不稳,缺乏科学管理

在北方干旱、半干旱地区污水灌溉多以大水漫灌为主,加之地势不平,很容易造成灌水过量,严重影响灌区周围环境质量。在某些灌区,污水不经处理和监测就用于农业灌溉,结果引发严重事故。

z 污水农业回用的水质要求及污水生态处理

z w 城市污水农业灌溉水质标准

为了控制污水灌溉引发一系列环境问题的进一步恶化,制定灌溉用水水质标准是十分必要的。农业灌溉水质标准应包括如下几个方面Hoxp 病原微生物;oyp 重金属;ozp 有机污染物;oAp 盐分;oBp 悬浮物;oΓp 营养物质;oΔp 硼。灌溉水质的适宜性应从灌水后对土壤、作物及环境卫生的影响三大方面去考虑。在制定灌溉水质标准时,要考虑如下几个因素Hoxp 作物种类;oyp 土壤类型(包括土壤质地和耕作方式);ozp 土壤水分状况(如地下水深度);oAp 气候条件(主要指降水)oBp 灌溉水量;oΓp 灌溉方法。

我国先后于xZZ年(1kΨyA—ΔZ)、xZEB年(YO BtEA—EB)、xZZy年(YO BtEy—Zy)三次颁发了《农田灌溉水质标准》。xZZy年标准适合于全国地面水、地下水、处理后的城市污水及与城市污水水质相近的工业废水作水源的农田灌溉用水,不适合于医药、生物制品、化学试剂、农药、石化、焦化和有机化工处理后的废水灌溉。然而,xZZy年的标准也存在许多局限性。我国地带性分异特别明显,全国各地执行同一标准显然是不可取的θrεε。因此,有必要在不同的地域,设立长期污灌田间定位观测试验站,以便对农用水质标准加以修订。

z uy 城市污水必须经过处理才能利用于农业

城市污水必须经过处理才能达到农田灌溉水质标准。因此,选择基建投资少,运转维护费低的污水处理方法是十分必要的。在某些发达国家,城市污水一般经过二级污水处理厂处理,出水水质为OφP、s s

均小于z w1 v v θ,粪大肠杆菌小于y r a a v 1 v θ,出水水质优于农田灌溉水质要求。在我国,城市污水全部经过二级污水处理厂处理是难以做到的。因此,我国不少学者提出利用生态工程处理污水,实现污水资源化θr ε zε。污水生态处理系统包括稳定塘系统和土地处理系统。我国的环境保护技术政策也指出H 城市污水处理,应推行污水处理厂与氧化塘、土地处理系统相结合的政策。”污水生态处理能有效地控制我国水体污染的进一步恶化,并能把净化后的城市污水开辟为第二水源,而且该处理方法低投资、低能耗、低成本、设备简单、易于管理,尤其适合于中小城镇的污水处理。

王宝贞θrε提出利用生态农业系统处理废水。基本处理流程为H一级处理—兼性塘(水生植物塘)—养鱼塘—养鸭鹅塘—农业灌溉。颜京松θrε、杨景辉θrε也提出了相似污水生态处理系统。污水经过该系统处理后,出水水质达到甚至高于二级生物处理水平。

污水土地处理θrε是实现污水资源化的另一个生态处理方法。该方法是通过土壤—植物的过滤、吸收、吸附、生物净化作用去除污水中的有害物质,其出水水质也可达到常规二级生物处理水平。

城市污水生态处理系统除具有占地面积大的缺点外,还会影响周围的环境卫生,因此,处理地点应选择在城市郊区还有一定距离的下风向一侧,并且要防止塘底漏水,污染地下水。

A 城市污水农业回用技术经济分析

城市污水农业回用是一个多环节、多目标、多因素的复杂大系统。因此,回用之前必须采用系统分析和经济分析的方法进行优化决策和规划。

A1w 技术可行性分析

选择污灌区首先应考虑地形、土壤类型、水系、作物、地下水位等情况,选择适合的污水处理地点和污灌区。在饮用水集中供水区域内,地层无完整不透明水层、地下水位太高等区域内不宜污灌。在污灌之前,应作环境现状评价和环境影响评价。技术可行性分析应包括三个方面Hoxp 城市污水如何输送至污水处理系统;oyp 污水处理方法的选择,主要依据:污染物去除率,进水水质对处理系统的影响,运行特点,基建投资,运行维护费,环境影响;o zp 把处理后出水输送至回用地点,以及灌溉系统设计与灌溉方法选择。

A1y 费用—效益分析

城市污水农业回用是一个大工程,必须提出各个方案进行费用—效益分析,并在一个较长的时间

范围内加以分析计算。其基本原则应是效益大于费用,也就是净现值 ρ 必须大于零,并使它趋于最大值 ρ^* 。

$$\rho Q_p K Q_p + O_p - I_p - I - I_B$$

式中: Q_p 为农业回用的直接效益,包括污水肥料价值和污灌后农业生产增加的经济收入,采用市场价法计算。 O_p 为外部环境效益,指污水的水资源价值,即利用城市污水农业回用节省优质水用于工业和市政所产生的效益,采用机会成本法计算。 I_p 为农业回用工程的直接成本,包括输送管道费用、土方工程费用、土地费用、处理系统的运行管理费用等,用市场价值计算。 I 为环境保护费用等,指为了防止城市污水生态处理系统对周围环境造成危害而修建保护工程所花的费用,用防护费用法计算。 I_B 为外部环境费用,是由于外部不经济性引起的,即城市污水农业回用所引起的土壤污染、地下水污染、农产品污染所造成的损失,用影子工程法计算。对人体健康影响的经济损失,用修正人力资本计算。

通过技术可行性和费用—效益分析,确定城市污水农业回用的回用地点、输水距离、污水的合理流向、污水处理系统的位置、规模及处理程度、最佳农田污灌面积及污灌需水量等各个方面,以满足不同时期对水需求,总投资费用最小,净效益最高。

B 发展我国城市污水农业回用的对策

城市污水再生回用于农业灌溉的具体实施中既有工程技术问题,又有管理问题,涉及到规划、标准、工程、政策、法规、经济技术等各个方面,是一个十分复杂的大系统。

$\rho x p$ 加强管理。我国应建立专门机构,制订统一政策对城市污水资源化利用进行统一规划,制订污灌农田设施的卫生管理条例,对城市污水农业回用的各个方面进行统一规范,给污灌区工作的经常性监督提供法律法令依据。严格控制城市污水不加任何处理直接进行农业灌溉,严格执行我国农田灌溉水质标准 $\rho O B u E y - Z y p$ 。充分认识到土壤污染与地下水污染的不可逆性。

$\rho y p$ 统一规划。城市污水农业回用应与工业用水、市政用水、优质水农业灌溉等各个方面统一考虑。克服当前城市污水资源化中重视工业回用、忽视农业利用的倾向。建议有关部门建立城市污水农业回用示范工程,并建立长期定位试验站,加强城市污水农业回用的科学研究。

$\rho z p$ 有偿使用。城市污水再生后回用于农业,应按照市场经济的运行规律,实行有偿使用,适当收取

灌溉费用用于污水处理系统及输水系统的养护管理。污水再生回用节省大量的优质水用于工业、市政,也应向工矿企业等经济实体收取附加费用,用于农业输水管道的改造,减少输送渗漏和提高灌溉效益,并可用于修建城市污水处理设施。

$\rho A p$ 提高灌溉技术。目前我国污灌大多采用沟灌、畦灌、漫灌等方法,容易造成灌水过量和土壤污染。应改大畦漫灌为小畦灌,小沟灌,逐步推广微灌、滴灌和地下灌溉,改善农田环境卫生。

$\rho B p$ 调整作物布局,减少可食部分污染物残留。污灌田应尽可能种植经济作物、种子作物、饲料作物和农村林带,尽量控制蔬菜、瓜果等作物的种植。

参 考 文 献

- x 王宝贞 u 发展污水综合利用和净化型的生态农业 u 农业环境保护, xZEB@b xp H—A
- y 王玉庆 u 中国环境污染状况和对策 u 中国环境科学, xZZz @zo Ap HAr —yAB
- z 区自清 u 根据我国污灌现状建设污水土地处理系统 u 农业环境保护, xZZz @zo xp IAY—AA
- A 孙振杰,张乃明 u 污水灌溉作物受害事故分析 u 农业环境保护, xZZA@zo yp Hxy —xzA, xzΓ
- B 买永彬等 u 全国主要污水灌区农业环境质量普查评价 u 农业环境保护, xZEA@Bp H—A@Γp H—B
- Γ 张开航主编 u 环境经济学 u 北京 I中国环境科学出版社, xZZz Hxy —yBB
- Δ 沈景文 u 化肥农药和污灌对地下水的污染 u 农业环境保护, xZZy @xozp H:Δ —xzZ
- E 张晶心 u 城市污水再生与农业再用 u 重庆环境科学, xZZA@Γo yp HB—zΔ
- Z 杨景辉 u 土壤污染与防治 u 北京 I科学出版社, xZZBH xΓΔ—xZZ, AxB—AyB
- xw 夏增禄等 u 中国土壤环境容量 u 北京 I地震出版社, xZZy
- xx 颜京松 u 污水资源化生态工程原理及类型 u 农村生态环境, xZET@ yp HΔ—yz
- xy 蔡思义,郑振华,杨虹等 u 论污水处理与农业利用问题 u 农业环境保护, xZZA@zo xp IAc—AA
- xz $E\lambda \Omega O\kappa \uparrow \xi \uparrow s\Xi \rho^{9900}\xi\varphi \Xi \xi^6 uZEEu^{\infty}\sigma \xi^8 \uparrow \sigma^2 s \xi^2 \rho$
 $\rho \rho^9 \uparrow \sigma \uparrow \tau \delta \xi^7 s \uparrow \xi^8 \sigma u \Xi \Xi$
- xA $T^3 \rho \xi^2 \Pi^{0.4} sY^3 \rho \sigma \delta \sigma^2 \sigma s \rho^3 \sigma \sigma^8 \delta \lambda^0 \xi^1 \uparrow \xi^2 \rho$
 $\epsilon \xi^6 \omega \gamma \Phi u \varphi \sigma \Psi u \delta \xi^7 s \uparrow \xi^8 \sigma \rho \sigma^9 \uparrow \sigma \xi^8 \rho$
 $\rho \sigma \pi \omega \lambda^2 \nu \alpha \sigma \pi \rho^2 \sigma^3 \nu^3 u \vartheta \sigma \uparrow \Psi^{\sigma \uparrow} \sigma u \beta s \Xi u x Z E w$

作者简介

李芳柏,男, xZE 年生,助理研究员,在广州市生态环境与土壤研究所工作。华南理工大学化工学院在职博士生,发表论文 A 篇。