

# 石家庄污水灌区 农业环境质量综合评价

李思庆 李生志 王万新

(河北师范大学地理系)

石家庄污灌区总面积为170.02平方公里,折合耕地254,723亩,其中市郊污灌面积为42,696亩,约占市郊区耕地面积的27.22%。

污水灌溉在国外,早在19世纪后期随着科学事业的发展得到广泛的应用。污灌面积逐年扩大。日本已开始将处理后的污水用于工业冷却、洗涤和农业。并认为由于农田只用化肥,使土壤贫瘠蜕化,因此对污水污泥用于农田,引起重视,倾向于处理无害后用于农田。我国污灌事业从1959年开始,污灌面积不断扩大,目前估计在500万亩以上。

污水灌溉一方面可以解决污水对江、河、湖、海的污染问题,保护环境,一方面可以解决农业生产中水资源不足,在干旱缺水的北方意义更加重大。目前全国各城市污水排放量,每日达7,800万吨,全年约计280亿吨。这个总水量接近华北地区海河、滦河流域年径流的总量。这些污水对环境质量尤其对人口集中的工矿区及各城市的环境质量影响很大。我们如果采取有效的净化措施,提高工业用水的重复循环利用率,及用于农田灌溉,对解决水资源不足,尤其在北方有巨大作用。

污水灌溉还具有其它污水处理方法所没有的优点。譬如污水中所含有的大量植物营养元素,经过常规方法处理后,一般氮为原来的50%,磷为原来的95%。这些常为河、湖“富营养化”的重要原因。但在经污灌后一般可除去污水中90—95%生化需氧量和化学耗氧量,85—95%的悬浮物,98%的磷,85%的氮和95—98%的细菌。估计用经过净化处理后的污水灌溉农田,城市用水的80%可以得到重复利用,约可解决10—13%的农业的农业用水问题。

石家庄市1979年调查,全市日采水量为80万吨,日排污水量达60多万吨。其中以工业废水为主,占85%以上。

## 一、污水肥效及土壤养分含量

污水中含有一定量的植物生长所必需的微量元素,污灌不仅可以提供农作物生长过程中必需的营养元素,而且可以提高土壤中养分含量(见表1)。

综合各灌区资料,污灌区比清灌区土壤有机质提高0.5—1%,全氮提高0.015—0.035%,有效磷提高10—70PPM。农业产量不断提高。如西三教大队,用净化后污水灌溉,粮食产量逐步增加,1978年粮食亩产达1,640斤以上。

表 1 污灌清灌土壤养分含量

土壤养分含量	全 氮 %	有 双 磷 ppm	有 机 质 %
污 灌 区	0.094	38.6	2.01
清 灌 区	0.073	16.6	1.46

在污水灌溉中加强污水净化措施, 是一个重要环节。污水中包含有各种复杂的有机与无机化合物, 其中许多是有毒离子, 如不采取净化措施直接施用, 会使农作物受害并污染环境。石市郊区西三教大队

几年来对净化塘处理污水进行了考察研究。净化塘一方面进行污水的自然净化, 一方面养殖水葫芦等水生植物以及发挥接触曝气、斜坡沉淀等生物学、物理学作用, 从而组成综合净化体系。该大队净化塘分为一、二、三级, 可容纳污水三万多立米。塘前建有接触曝气塔、晒水场、沉淀池, 塘中设有隔油墙, 净化后的污水经地下防渗渠流向灌区土地。净化塘的净化效果如表 2。

表 2 三级净化塘净化效果

单位: 毫克/升

取 样 点	氰	酚	砷	铬	COD
一级塘入口	0.065	0.8	0.044	0.075	136.32
一级塘出口	0.047	0.655	0.024	0.033	132.64
去 除 率 %	16.07	18.13	45.45	56	2.7
二级塘出口	0.28	0.495	0.010	0.023	119.62
去 除 率 %	33.93	20	31.82	13.33	9.55
三级塘出口	0.026	0.46	0.003	—	108.64
去 除 率 %	3.57	4.37	16.21	—	7.32
总去除率 %	53.57	42.5	93.48	69.33	19.57

## 二、石家庄污灌区农业环境质量评价

1、农业环境质量评价方法与计算: 为了反映和比较各种污染物在农业环境中所造成的相对污染程度, 必须把各项污染物的污染程度用一种共同方法表示出来, 采用衡量污染程度的同一单位并可以互相比较的相对值, 即污染指数。

污染指数应以污染物在环境中最高允许程度为计算指数的标准值。在农业环境质量评价中的污染值计算标准, 其中灌溉用水以农田灌溉水质标准、土壤以污染物的轻度污染值、作物以污染物的污染起始值做为计算污染指数的标准值。其计算公式如下:

$$P = \frac{C}{X}$$

式中 P——污染指数, X——计算指数的标准值, C——某点污染物的实测值

由于随着污水进入农田和农作物中污染物比较复杂, 不会只是一种, 为了防治污染, 还需要掌握多种污染物的综合污染指数。综合污染指数表示方法一是采用将各个单项污染指数相加, 然后除以总污染物数目。公式如下:

$$P = \sum_{x=1}^n \frac{C}{X} / n$$

式中 C——污水（土壤、作物）的污染物含量实测值

X——污水（土壤、作物）单项污染指数

r——主要污染物种类

如  $P \leq 1$  说明没有受到污染,  $P > 1$  说明受到污染,  $P$  值越大, 则说明污染越严重。

但在实际工作中, 平均值概念尚不能完全说明问题, 如果平均值小于 1, 但其中有一种污染物的污染指数超过 1, 那么从整体上农业环境还是被污染了。因此我们在计算综合污染指数时, 考虑到某项污染指数 ( $\frac{C}{X}$ ) 的最大值, 这时用下式表示:

$$P = \sqrt{\frac{(C/X)^2 \text{最大值} + (C/X) \text{平均值}}{2}}$$

同样,  $P < 1$  说明没有受到污染,  $P > 1$  说明受到污染,  $P$  值越大说明污染越严重。

2、污水水质评价: 经分析, 石家庄市所排污水总平均值以砷与氰化物超标 (依农田灌溉水质标准) 较重。超标检出率也较高。如酚在东明渠 6 次分析 6 次超标, 氰在化肥厂灌渠 6 次分析 6 次超标。高检出值酚达 33—200 毫克/升, 氰为 13—21 毫克/升, 砷 2.06 毫克/升。均大大超过工业废水最高允许排放浓度。在市区 16 所医院所排污水分析, 绝大多数含有致病菌, 检出率达 81.3%, 其中有沙门氏菌 11 种 (其中有伤寒乙沙门氏菌), 这些污水对市区人群健康有很大影响。石家庄污灌区污水水质污染指数经计算如表 3:

表 3

石家庄污灌区水质污染指数

污 染 区	污 染 指 数 值	污 染 物						综合污 染指数
		全盐量	氯化物	硫化物	酚	氰	砷	铬
东明渠灌区		0.72		0.79	0.88	0.26	1.14	1.16
西明渠灌区		1.2		0.43	0.49	0.32	0.54	0.17
化肥厂灌区					0.017	17	2.88	0.007
总退水渠灌区		0.73	0.39	0.567	0.46	0.24	0.21	0.88
全污灌区		0.74	0.39	0.598	0.49	1.02	1.6	0.45

从上表看出整个污灌区  $P > 1$  (1.56)。以化肥厂灌区污染最严重。P 值达 21, 主要由于污水中氰  $P = 17$ 、砷  $P = 28.8$  两项指数最高。这灌区农业环境污染的根本原因。

据市区统计, 每日约有 4 万余吨工业废水直接排入石津灌渠。石津渠是清水渠, 不仅供农田灌溉, 而且是八县七十七个公社饮用水源。大量排入废水, 有使石津渠变为污水渠的危险。

3、灌区地下水污染状况：地下水污染以市区范围内问题较大。按酚、氰、砷、汞、铬五种毒物检出情况看，本区内部分地区已达重度或中度污染，面积总计已达228.13平方公里。

#### 4、土壤污染状况与评价：

自然土壤中都含有一定数量的金属元素及其它非金属元素。在自然界土壤中，某些污染尤其是重金属元素含量与形成土壤的母质及各种条件有密切关系。重金属主要来源于成土母质，其含量多少与成土母质一般是一致的。但由于自然环境的复杂变化，地表岩石的风化过程与累积过程具有明显的地带性特征，因而形成的土壤也千差万别。所以非污染的自然土壤中重金属含量变异很大，表现在不同地区自然土壤中重金属含量有所不同。

在人类的生产活动影响下，各种污染物（工矿业“三废”物质、农药各种化学肥料等等），不断进入土壤中，使污灌区土壤中污染物的含量除原来的自然含量（本底值）外，继续不断积累，以致使土壤受到污染，阻碍作物生长发育，影响农产品品质，甚至危及人、畜健康。这样清灌非污染土壤相对地就成为划分土壤是否污染的对照标准，也即本底土壤。

在污灌区利用污水灌溉时，如果污水中污染物含量超过容许标准，或用水次数、时间及水量不合理时，就会使灌区土壤中污染物显著积累，超过一定限度，就会使农作物受到污染，并使某些污染物在作物体内得到富集。这时土壤中污染物积累所达到的这一限度叫做土壤的最大负荷量。土壤中某些污染物如超过这一限度时，就说明土壤受到了污染。

关于污染程度的等级划分，首先选择与污灌区自然环境相一致（近似的地区，确定本底值然后用某些污染物的本底含量平均值加两倍标准差，所得此值称为污染起始值。

$$\text{污染起始值} = \bar{X} + 2\sqrt{\left[\frac{\sum X^2 - (\sum X)^2}{n}\right] / (n-1)}$$

式中 $\bar{X}$ —为本底含量平均值， $X$ 为实测值， $n$ 为样品数。

土壤污染起始值，是鉴别土壤是否受到污染的划分标准。根据此项标准按照土壤中某项污染物的污染程度，可划分为：

（1）未污染：土壤中某项有害物质的含量小于或等于该地区清灌土壤的污染起始值。

（2）轻度污染：土壤中某项污染物含量大于污染起始值，但在其上所产生的农作物中的含量小于或等于清灌农作物轻度污染值。

（3）中度污染：所生长的农作物产品中某项污染物的含量超过作物轻度污染值，但尚小于食品卫生标准。

（4）重度污染：所生产的农产品中某项污染物的含量已达到或超过食品卫生标准。

按照以上污染等级对污灌区土壤中酚、氰、砷、铬含量进行了污染指数计算。计算结果表明，全灌区综合污染指数 $P < 1$ ，目前尚处于非污染状况。其中化肥厂灌区砷污染指数 $P$ 为1.23，处于轻度污染状况，这与化肥厂所排污水含砷量长期超标有关，需采取防治措施加以解决。各污灌区土壤污染指数见表4。

5、农作物污染状况与评价：农作物在生长发育阶段，通过根系的离子吸收交换，

表 4

石家庄污灌区土壤污染指数

污 染 区	污 染 物 污 染 指 数	酚	氰	砷	铬	综合污染指数
东明渠灌区		0.78	0.4	0.68	0.70	0.71
西明渠灌区		0.81	0.7	0.75	0.67	0.77
化肥厂灌区			0.089	1.23	0.68	0.98
总退水渠灌区		0.42	0.17	0.72	0.65	0.61
全污灌区		0.75	0.031	0.79	0.69	0.72

可以吸收无机物甚至大分子化合物。还可以经过叶子，由渗透作用吸收多种物质。因此，在正常（非污染）的农业环境条件下，农作物体内都存在一定数量各种重金属元素及其它元素。农作物中无机和有机污染物的自然含量（本底值），通常用农产品中的某些污染物含量来表示。由于自然环境条件的不同及农作物种类的不同，含量也有差异。例如砷在小麦中本底平均值为0.134毫克/公斤，而在玉米中则为0.77毫克/公斤。在同一作物中，在不同器官部位其含量也有差异。通常大部分积累在根中，其次是茎、叶，在种子、果实中积累最少。

在农作物污染状况与质量评价中，首先要确定出农作物污染起始值，做为划分污染程度与等级的标准。农作物污染程度与等级划分如下：

（1）正常（非污染）：作物发育正常，农产品中某污染物含量小于或等于轻度污染值（起始值）。

（2）轻度污染：作物发育正常，农产品中某项污染物含量超过轻度污染值，但尚小于食品卫生标准。

（3）重度污染：农产品中某项污染物含量达到或超过食品卫生标准。

根据污染指数计算石家庄污灌区粮食作物（小麦）污染状况及综合污染指数如表5：

由表5看出，全污灌区小麦，就酚、氰、砷、铬污染状况看，属正常状态（ $P < 1$ ）。其中化肥厂及东明渠两灌区P值均 $> 1$ ，呈轻度污染状况。

关于蔬菜方面，清灌区与污染区两者就酚、氰、砷、铬等项污染物比较，差异不大，但个别样品中污灌较清灌区高一倍以上。因此，今后应要求污水不要用于蔬菜灌溉，以保证人民身体健康。

就农作物与土壤中重金属含量的相互关系来分析，石家庄污染区小麦与土壤中某些重金属含量（如砷）有显著相关。即土壤含砷量在7.29以上时，小麦含砷量也相应增加。

表 5

各污灌区小麦污染状况

污 染 物 污 染 指 数 灌 区	酚	氰	砷	铬	综合污染指数
东明渠灌区	0.9	4.5	0.5	0.31	3.3
西明渠灌区	0.46	0.86	0.38	0.56	0.72
化肥厂灌区			0.99	1.1	1.07
总退水渠灌区	0.20	0.27	0.22	0.46	0.38
全污灌区	0.48	1.1	0.46	0.54	0.89

### 三、石家庄污染区农业环境污染区域划分

根据石家庄污灌区内污水、土壤、作物污染状况,进行全灌区农业环境总综合污染指数计算分析,全石家庄污灌区农业环境呈轻度污染状况。其中主要是污水  $P > 1$ ,因此在污灌中如何将污水净化工作做好是很重要一环。根据上述计算,可将石家庄污灌区污染状况分区如下:

1、非污染(正常):主要为西明渠及总退水渠两个灌区,  $P < 1$ ,总面积为 13.62 平方公里,约占全污灌区总面积的 80.2%。

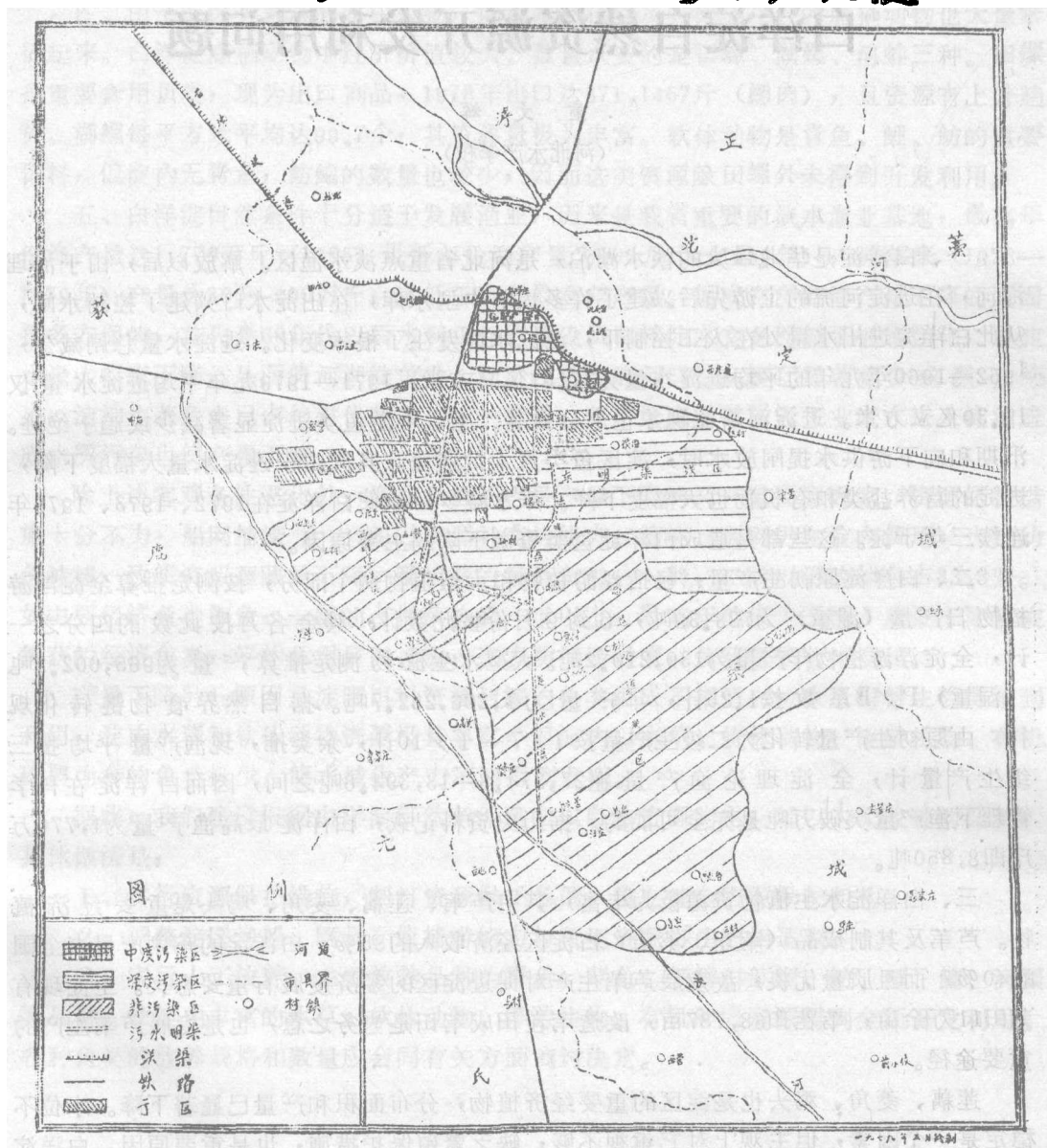
2、轻度污染:主要为东明渠灌区  $P > 1$ ,面积为 30.12 平方公里,约占全污灌区总面积的 17.7%。区内污水超标检出率较高,如东风焦化厂所排污水,酚含量 45—200 毫克/升,氰 0.5—13 毫克/升,均超过国家规定排放标准几倍到几百倍,构成严重污染。

3、中度污染:主要为化肥厂灌区  $P$  值达到 7.68,污染问题较大。灌区面积为 3.7 平方公里,约占全污灌区总面积的 2.10%,灌区内污水、土壤及作物呈轻度污染或中度污染状态。主要由于化肥厂所排污水中某些污染物如砷、氰含量过高所致(砷 1.44 毫克/升,氰 8.4 毫克/升)长期污灌,又未对污水加以净化处理,使土壤受到较重污染。土壤中砷含量最高值达 21.60 毫克/公斤,平均值也达 14.63 毫克/公斤,平均值也达 14.63 毫克/公斤,超过清灌对照区平均值近 1—3 倍。因此本灌区污染在整个污染区中较为严重。(参阅下图)

通过对石家庄污染区农业环境质量评价的研究,经过近 20 年污灌,污灌区总农业环境大部分地区(80.2%)呈非污染状况,个别灌区如化肥厂灌区(占总面积 2.1%)污染问题较大。说明土壤有很强净化能力,污灌对保护环境解决水资源不足,防止江、河湖、海污染有很大意义。污染问题主要是大多数工厂尚未按国家规定排放标准排放污水,超标问题严重;同时灌区内污水施用前大部分未做净化处理,使土壤、作物受到了不同程度的污染。

要科学管理污灌,解决污水对环境污染问题,以充分发挥农业环境净化能力。一方面要求工矿企业要严格执行国家规定工业三废排放标准,改革工艺流程,按规定排放污

# 石家庄污水灌区农业环境污染分区图



水,加强水循环利用,节约宝贵的水资源。一方面在污灌区要解决污水净化问题,按国家规定农田灌溉水质标准进行灌溉防止对农业环境污染。可以考虑推广西三教净化塘净化工程措施。按目前全市所排污水50万吨/日计算,如修建一万立方米净化塘50个,就可将全部污水加以初步净化处理,这对解决污灌中污染问题有着积极现实意义。修建净化塘要因地制宜,充分利用旧坑塘及部分废地,做到投资少,收效大。同时要推广合理的污灌技术措施,科学管理,加强水质,土壤及作物的监测工作。对地下水位较高,沙质易透水,土层较薄农田,饮用水源地区及风景游览区及瓜果、蔬菜、中草药不要进行污灌。