

我国污水灌溉的分布特征及其成因

夏增祿 李森照

(中国科学院地理研究所)

提 要

本文指出利用污水的水肥资源促进农业增产并净化污水是污灌迅速发展的主要原因。作者把全国划分为三大污灌类型区,并重点研究了我国污水灌溉的区域分异及其形成原因;对影响污灌分布的三种主要因素——水肥、耕地和人口因素进行了数值分析。

由于工业的发展,城市人口的集中,使工业废水和城市生活污水大量排放。十九世纪后期国外利用土壤作为净化系统来处理污水,使污水灌溉得到发展。本世纪五十年代以来,国外城市污水处理厂发展较快,污水处理技术不断提高,同时,污水灌溉也得到了广泛发展。目前美国有25%的污水用于农田,遍及45个州,其中主要用在西部干旱和半干旱地区。苏联已有50%以上的污水用于农田灌溉,污灌面积超过750万公顷(1.125亿亩)。近年来,澳大利亚、英、法、德、日、以色列、墨西哥、罗马尼亚、波兰、西班牙、匈牙利等国,相继加强了污水灌溉的研究工作。

自古以来我国就有利用粪水灌田的习惯。从本世纪四十年代起,抚顺、北京等地开始利用生活污水和工业废水的混合污水灌田。1958年开始了大规模利用污水灌溉。据不完全统计,全国污灌面积1957年为17.3万亩,1963年为63万亩,1972年140万亩,1976年270万亩,1980年为500万亩,目前已达1000多万亩*。从六十年代初至今,短短二十年时间,我国污水灌溉面积增长了二十倍左右。

目前我国污水排放量估计约1亿吨/日,相当于地面水系总径流量的1%以上。其中工业废水占一大半,90%未经任何处理就排放。根据全国污水灌区农业环境质量普查协作组报道^[1],灌溉污水分为三大类型:城市混合污水、石化废水和工矿废水。污水平均含氮氮11.6ppm,含五氧化二磷3.6ppm,每年每亩按500方水计算,相当于施入58斤硫酸铵和21斤过磷酸钙。污水是宝贵的水肥资源,污水灌溉普遍收到了增加农业产量和净化污水的双重效果,这正是污水灌溉迅速发展的主要原因。同时,利用农田生态系统净化污水,又达到保护环境之目的。随着工农业用水和生活用水日趋紧张,污水排放量迅速增加,污水的二级和三级处理成本过高而又难以达到理想水平,尤其是污水中氮、磷难以去除,“富营养化”问题

本文1984年5月10日收到,12月19日收到修改稿。

*关于全国污灌面积,笔者掌握的统计资料为1320.2089万亩。据杨定国报道,现在全国污灌面积为一千多万亩;另据全国污水灌区农业环境质量普查协作组估算,全国污水灌溉面积已达2098万亩(均载于《农业环境保护》,1984年,第5期)。

不好解决，加上资源紧张和能源危机，迫使许多发达国家又在重新估价污水灌溉的作用和意义，他们把污水灌溉看作是利用土地处理系统消除污染的新方向，看作是促进农业生产的有力措施。我国实行“积极慎重地发展污灌”的方针，按照《工业“三废”排放试行标准》加强工厂内部治理，按照《农田灌溉水质标准》加强管理，合理灌溉，这样就可以防止由于污灌引起的农业环境污染、减产、土壤次生盐碱化等问题的产生，充分发挥污水灌溉增加产量和净化污水的优势，促进农业生产，搞好环境保护。所以，研究污水灌溉已成为环境科学的重要课题之一。我国污水灌溉的地区分布很广，但关于它的分布状况和分布规律及其形成原因的分析，却未见报道。本文对此作一些论述，这对于我国污水灌溉的区划和规划以及环境保护中污水处理工程的规划和设置都是十分必要的。

一、我国污水灌溉的三大类型区

从污水的农业利用特点考虑，全国污水灌溉可以划分为三大类型区^[2]。

1. 北方水肥并重污灌类型区 沿大兴安岭西侧，内蒙古高原的东部和南部边缘，黄土高原西部边缘直至祁连山东缘，在这条界线的以东以南，秦岭、淮河以北地区，是北方水肥并重污灌类型区。本区属半湿润地区，降水的年内分配不均，年际变率大，加之本区耕地很多（耕地面积占全国48.99%），因此显得水资源尤为短缺。这里是我国最重要的旱作农业区，污灌面积多达1142.7133万亩，竟占全国污灌面积的86.56%，北京、天津等十多个著名的污灌区都云集在此，是全国污水灌溉分布最集中的地区。

北方水肥并重污灌类型区污灌面积的分布列于表1。其中，山东省污灌面积高达500万亩，占全国的37.87%，居第一位；天津市污灌面积223.83万亩，占全国的16.95%，居第二位；北京市污灌面积133万亩，占全国的10.07%，居第三位。

表 1 北方水肥并重污灌类型区污灌面积（单位：万亩）
Area of sewage irrigation of the Northern type in China (Ten thousand mu)

地 点	污 灌 面 积	地 点	污 灌 面 积
山 东	500	辽 宁	48.27
天 津	223.83	吉 林	4.387
北 京	133	黑 龙 江	64.141
河 北	56.6623	连 云 港	10
河 南	26.62	徐 州	2
山 西	37.03	兰 州	0.15
陕 西	35.632	淮 阴	1

2. 南方重肥源污灌类型区 秦岭、淮河以南，青藏高原以东，是我国南方重肥源污灌类型区。本区降水充沛，热量资源丰富，一年两熟或三熟制，耕地占全国的37.84%，全国绝大部分的水田分布在这里，粮食产量超过全国的50%，稻米产量占全国总产量的93.84%^[3]，是我国最重要的农业地区之一。本区属湿润地区，利用污水灌田以获取其肥分资源为主。在

一些大、中城市郊区形成了较多的污灌区，污灌面积总计139.3804万亩，占全国污灌面积的10.51%。本区污灌面积的大致分布如表2所示。

表 2 南方重肥源污灌类型区污灌面积 (单位: 万亩)
Area of sewage irrigation of the southern type in China (Ten thousand mu)

地 点	污 灌 面 积	地 点	污 灌 面 积	地 点	污 灌 面 积
上 海	7.00	福 建	0.01	云 南	3.66
江 苏	7.66	湖 北	39.45	贵 州	0.81
安 徽	0.36	湖 南	3.00	成 都	5.60
江 西	8.46	广 东	13.27	汉 中	5.00
浙 江	32.22	广 西	12.66		

3. 西北重水源污灌类型区 在北方水肥并重污灌类型区以西青藏高原以北的广大地区为西北重水源污灌类型区。本区降水量在全国最少，大部分地区年降水量50—250毫米，是全国水资源最缺乏的地区^[4]。在干旱区无灌溉收成没有保障，在干旱区没有灌溉就没有农业。因此，本区的主要矛盾是缺水，污水用于农灌最主要的是摄取其水分资源。本区是我国主要的畜牧业地区，耕作业所占比重很小，耕地面积仅占全国的12.5%，粮食总产量只占全国的5.07%，该区污灌面积38.7552万亩，只占全国的2.94%。

此外，青藏高原是个独特的高寒地区，耕地面积仅占全国的0.67%，畜牧业在本区占很大比重，盆地和河谷地区有少量的耕作业。由于污灌面积极小，在全国污水灌溉面积统计中可以忽略不计。由于青藏高原上干旱和半干旱地区所占面积甚大，因此在进行污水灌溉的类型研究时，亦可把它归入西北重水源污灌类型区。

二、我国污水灌溉的区域分异

在文献〔2〕中，作者把全国划分为八个区。表3列出这八个区的污灌面积及在全国所占的百分数，显示出我国污水灌溉的区域分异规律。图1为全国污水灌溉现状分布图，从中可

表 3 全国八个区污灌面积比例表
Percentages of the area of eight regions under sewage irrigation in China

编 号	区	污灌面积 (万亩)	占全国 (%)
1	中原暖润区	1074.19	81.36
2	东北冷湿区	68.53	5.19
3	华中湿热区	112.81	8.55
4	华南潮热区	25.93	1.96
5	塞上半干旱区	24.40	1.85
6	西北干旱区	14.36	1.09
7	川藏高山河谷区	零星	微量
8	羌塘高原区	无	零

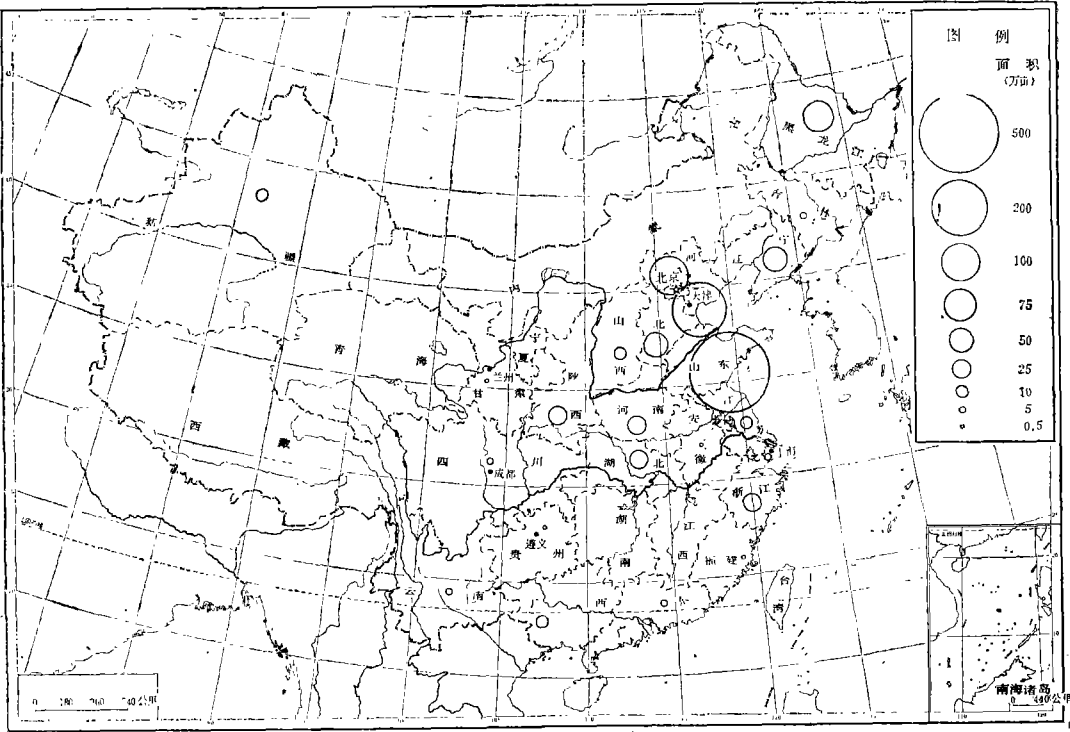


图 1 全国污水灌溉现状分布示意图
A sketch map of the present distribution of sewage irrigation in China

以看出我国污水灌溉的分布趋势。

从表 3 和图 1 可以看出，包括山东、天津、北京全部，辽宁、河北、山西、陕西大部 and 甘肃、青海、江苏、安徽部分地区的中原暖润区是全国污灌面积最大的区，并且污水灌溉发展速度最快，今后这个区的污灌面积必将继续扩大。其次是华中湿热区，东北冷湿区居第三位，华南潮热区属第四位，塞上半干旱区和西北干旱区污灌面积很小，分布零星，川藏高山河谷区污水灌溉微乎其微，可以忽略不计。

三、污水灌溉分布的成因分析

一般来说，污水是人类活动的废弃水。但随着人类活动的发展，在某些地区，由于水源的缺乏，污染的水才再次被利用。所以污水灌溉大多产生于干旱缺水或比较缺水的地区。就我国自然条件而言，这些地区主要是指西北干旱区、青藏高原区、东部季风区域中的暖温带和温带地区。这些地区年降水量约从 10 毫米至 500 毫米不等，年内分配不均，70% 以上雨量集中在夏季三个月，并多以暴雨形式降落。而降水的年际变化大，更加重了水资源的短缺，在农业用水季节，常常干旱缺水。有的地区十年九旱，离不开灌溉。有些地区甚至没有灌溉

就没有农业。污水成了重要的补充水源。干旱成为污水灌溉的主要原因。它一方面促进污水灌溉发展,另一方面在过分干旱缺乏地表水源的地区,由于人类可利用水源的缺乏,影响到污水的产生和高浓度污水的冲淡,它又限制了污水灌溉的发展。例如西北干旱区和青藏地区,年径流量仅10—50毫米左右,径流量太低,污水产量也低,污水灌溉的发展受到限制。

促进污水灌溉发展的另一因素是污水中具有一定的养分和有机质。这些养分和有机质有利于养地,促进作物增产,因而减少化肥用量,降低农产品成本。据报道,污水灌溉20万亩农田,每年可节约硫酸二千万斤,净增产粮食一亿五千万斤,节省劳力四百万个,节省电费四百万元。可见污水中的养分是发展污水灌溉的一个重要原因。尤其是我国南方降水丰沛不缺灌溉水源的地区,污水中的这一肥分因素往往上升为促进污水灌溉发展的主要原因。如广东茂名利用污水灌溉使得水稻产量明显增高,节约了化肥用量。

污水灌溉的分布与耕地面积有一定关系。譬如东部季风区域的暖温带和温带地区耕地面积最大,占全国总耕地面积的一半左右,粮食产量占全国三分之一以上,而污灌面积达一千多万亩,占全国污灌面积的85%以上。南方亚热带和热带地区,耕地面积占全国三分之一左右,污灌面积仅占全国10%左右。而西北重水源污灌类型区和青藏地区,耕地面积只占全国13%左右,污灌面积很小,尚不足全国的3%。这一关系在一定程度上是因为耕地面积大,发展灌溉农业的可能性才较多,而耕地面积大,扩展灌溉的水源困难较大,因而也才进一步促进了污水灌溉的发展。黄淮海平原、松辽平原和汾渭谷地具有大面积的平坦宜耕易灌的农田,这是该区发展污水灌溉的良好条件。

人口的发展与污水灌溉的发展和分布也有关系。从大区而言,东部季风区域是我国主要农业区,人口密集,居住着全国95%以上的人口,污灌面积达到总污灌面积的97.07%。而我国西部的干旱高寒区域只占全国5%的人口,污灌面积则仅有3%左右。从小区而言,在同一区域中人口密集是北京、天津,污水灌溉都达100万亩以上,上海也达该区首位。这种关系可能与人类活动和污水的产量有关,一般在人类活动较为强烈的区域或大城市附近,污水灌溉发展较快,污灌面积较大。

通过上述分析可以得出这样一种认识:污水灌溉的分布与发展既与自然地理条件有关,也与社会经济条件和农业生产的特点有关,是自然因素和社会因素共同作用的产物。搞清它们的这些发生和发展的规律,我们才能够因地制宜,因势利导地合理规划、利用和控制污水,达到化害为利、综合利用的目的。

四、污水灌溉分布因素的数值分析

上面以论述方式讨论了影响污水灌溉分布的因素。这种方式在表明因素的主次程度及相互关系时是困难的。因此,作一探索性的数值分析,可能是有意义的。

可以把上面分析的因素归纳为三种因素,即:耕地面积因素、水肥因素、人口因素。分别以S、W、P表示。把全国污灌区分为三大类型区:以暖润为特征的北方类型区,以湿润为特征的南方类型区,以干旱高寒为特征的西部类型区。以三大类型区作为评价对象。各区

的因素指数可以下式计算:

$$I_s = \frac{S_A}{S_T}$$

$$I_w = \frac{W_A}{W_T}$$

$$I_p = \frac{P_A}{P_T}$$

其中： I_s 为耕地因素指数； S_A 为分区耕地因素值； S_T 为总耕地因素值； I_w 为水肥因素指数； W_A 为分区水肥因素值； W_T 为总水肥因素值； I_p 为人口因素指数； P_A 为分区人口因素值； P_T 为总人口因素值。

考虑到各因素在总体中的权值不一样，根据上节分析的情况，把耕地、水肥和人口因素S、W、P的权系数分别定为0.3、0.5、0.2。这样，各区的污灌分布指数为：

$$I = I_s \cdot K_s + I_w \cdot K_w + I_p \cdot K_p$$

其中 K_s 、 K_w 、 K_p 分别为S、W、P因素的权系数。经过计算，所评价的北方类型区、南方类型区和西部类型区的污灌分布指数分别为0.68、0.23和0.09。计算数值与三个类型区实际调查的污水灌溉面积的比例关系大致相符。这一计算数值不仅说明本评价因素的权系数选择是适宜的，决定污水灌溉分布的主导因素是水肥因素，其次是耕地面积因素，再次为人口因素，而且也说明三个因素之间是相互联系、彼此依存的，在一定区域条件下，其主次位置又可能是相互转化的。在评价我国污水灌溉分布及其发展时，这些都应该予以考虑。

参 考 文 献

- 〔1〕 全国污水灌区农业环境质量普查协作组：全国主要污水灌区农业环境质量普查评价（一），农业环境保护，5，1—4，1984年。
- 〔2〕 李森照、夏增祿：全国污水灌溉区划，环境科学学报，4（2），111—116，1984年。
- 〔3〕 全国农业区划委员会：中国综合农业区划，农业出版社，1981年。
- 〔4〕 中国科学院自然区划委员会：中国综合自然区划（初稿），科学出版社，1959年。

（上接104页）

3. 着眼于近现代 近百年来，由于人口的增加，生产的发展，在我国干旱半干旱区人类对自然界的干预和影响越来越强烈。许多研究者从不同角度指出了近现代沙漠化过程的严重性。由于近现代沙漠变迁与当前生产建设的关系尤为密切，又可以根据近现代的大量文献及实际调查收集了解有关资料，所以这一时段沙漠变迁的研究受到人们格外重视。几乎所有研究者都认为，近现代沙漠化与人类的不合理利用自然有着密切关系。许多研究者还指出人口增长与沙漠化有一定关系，但也有个别研究者认为沙漠化与人口增长之间并不存在一种必然的因果关系。许多事实说明，人类可以固定和改造沙漠，沙坡头的工作成果即为一例。

对于历史时期沙漠变迁的原因国内外研究者都存在着分歧和争论，而这些争论的立论又大都是就沙漠论沙漠。如果把沙漠变迁作为干旱半干旱区环境变迁的一个方面来进行研究，利用多种手段积极开展环境变迁的其他方面，如气候变迁，河流湖泊变迁的研究，使各种变迁的研究互相补充，互相印证，探讨它们可能存在的内在联系，建立环境变迁模式，这样，有关的分歧和争论，自然会得到解决。

目前我国在历史时期沙漠变迁研究方面，涉及毛乌素沙地的文章最多，争论也最多。产生分歧和争论的一个很重要原因就是古代文献记载的理解不同。对毛乌素沙漠全面研究，除了要对古代文献记载的真正含义进行认真辨析外，还应当通过野外考察取得多方面事实和证据，对古代文献记载进行验证和补充。通过对毛乌素沙漠的重点解剖，将会把我国沙漠变迁研究推进一步。

· 王守春 ·

CHARACTERISTICS OF THE DISTRIBUTION OF
SEWAGE IRRIGATION IN CHINA AND
ANALYSIS OF ITS CAUSE OF FORMATION

Xia Zenglu Li Senzhao

(Institute of Geography, Academia Sinica)

Abstract

The whole country is divided into three typical realms under sewage irrigation on the basis of comprehensive natural conditions and characteristics of sewage irrigation. Geographical differentiation of sewage irrigation in China and its cause of formation are emphatically studied. According to the sewage irrigation regionalization in China, geographical distribution of sewage irrigation is as follows.

Division		Area of sewage irrigation	Percentage of area
Region		(Ten thousand mu)	(%)
I	Arid farming division of the northern part of China	1142.71	86.56
I ₁	Cold and humid region of Northeast China	68.53	5.19
I ₂	Warm and subhumid region of North China	1074.19	81.36
II	Paddy field division of the southern part of China	138.74	10.51
II ₁	Humid and warm region of Central China	112.81	8.55
II ₂	Humid and hot region of South China	25.93	1.96
III	Arid division in Northeast China	38.76	2.94
III ₁	Sub-arid region north of the Great Wall	24.40	1.85
III ₂	Arid region in Northwest China	14.36	1.09
IV	Qinghai-Tibetan frigid plateau division	sporadic	trace
IV ₁	Sichuan-Tibetan alpine and river valley region	sporadic	trace
IV ₂	Chiang tang Plateau region	0	0

The numerical value of the three factors influencing the distribution of sewage irrigation has been analyzed. Their coefficients of weight are determined. General index of distribution of sewage irrigation of the realms are respectively counted. The conclusion is that the factor of water and fertilizer is the leading factor of distribution of sewage irrigation, the next one is cultivated area, and the third is population.