

# 土霉素处理废水作农业灌溉用水的研究

魏有权 王化军 张强

(北京科技大学土木与环境工程学院 北京 100083)

**摘要** 以土霉素处理废水灌溉玉米和谷子试验结果表明,农作物适量灌溉土霉素处理废水可缓解农业用水短缺,增加作物产量,且土霉素处理废水污灌未对种植土壤造成污染,并具改良土壤和增加肥效的作用。

**关键词** 污灌试验 土霉素废水 综合利用 生态农业

**Study on oxytetracycline-treated wastewater as agricultural irrigation water.** WEI You-Quan, WANG Hua-Jun, ZHANG Qiang(College of Civil and Environmental Engineering, Beijing University of Science and Technology, Beijing 100083), *CJEA*, 2004, 12(1):168~170

**Abstract** The irrigation experiments of corn and millet by using the oxytetracycline-treated wastewater show that the proper discharge and time of the irrigation can not only solve the problem of the irrigation water shortage but also increase the crops output. The sewage after treatment does not add any burden to ecological agriculture but improves the soil and increases the output of farm product.

**Key words** Sewage irrigation experiment, Oxytetracycline wastewater, Comprehensive utilization, Ecological agriculture

我国水资源匮乏,人均占有水量为 $2258\text{m}^3$ ,耕地平均占有水量为 $2.55\sim 2.70$ 万 $\text{m}^3/\text{hm}^2$ ,仅为世界人均水量的 $1/4$ ,西北干旱地区和华北地区缺水尤为严重<sup>[1]</sup>。随着城市化与工业化进程的加快,工业污水排放量逐年增加,目前我国年排放废水总量为385亿 $\text{m}^3$ ,其中约70%为工业废水,且大部分废水未经处理直接排入受纳水体或灌溉农田,造成严重污染<sup>[2]</sup>。我国农业用水量现约占国民经济总用水量的60%左右,工业污水净化再生回用作为农业灌溉的“二次水源”已成为解决水资源短缺的有效途径<sup>[3,4]</sup>。本试验研究了土霉素处理废水灌溉农田作物,为开发农业生产新水源寻求有效途径。

## 1 试验材料与方法

试验在河北华曙制药厂附近农田进行,供试土壤为黄褐土,分为玉米和谷子2个独立试区,每小区面积为 $240\text{m}^2$ ,各设未灌污水(对照,CK),灌污水 $3000\text{t}/\text{hm}^2$ (I)、 $6000\text{t}/\text{hm}^2$ (II)、 $9000\text{t}/\text{hm}^2$ (III)、 $1.2$ 万 $\text{t}/\text{hm}^2$ (IV)和 $1.5$ 万 $\text{t}/\text{hm}^2$ (V)6个小区,小区间隔 $0.5\text{m}$ ,两边用塑料薄膜隔离防侧渗。将试验地深翻后整平播种谷子和玉米,统一施入基肥,谷子株行距 $13\text{cm}\times 30\text{cm}$ ,玉米株行距 $35\text{cm}\times 50\text{cm}$ ,试验用土霉素废水取自河北华曙制药厂污水处理站总出水口,污水灌溉采用埋入地下 $5\text{cm}$ 深度管道微孔渗灌,补充清水灌溉采用当地自来水。河北华曙制药厂土霉素生产以淀粉为主进行发酵,调节发酵液结晶形成土霉素粗产品,经二次结晶和树脂脱色后得到合格产品,结晶过程中排放的土霉素废水主要含糖、草酸、蛋白质、土霉素和淀粉等物质<sup>[4]</sup>,将土霉素生产废水、地面冲洗水和生活污水混合后经回收草酸→絮凝沉淀→CASS生化处理后排放。污灌水分析仪器采用美国ORION化学分析仪器公司生产的LP2000台式浊度仪,上海第二分析仪器厂生产的PHS-3型酸度计,湘仪天平仪器厂生产的ES-C300A电子天平,哈纳仪器公司生产的HI98301型总固体溶解仪,四川分析仪器厂生产的721-A型可见光分光光度计等。污灌水色度测定采用稀释法, $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 测定采用重铬酸钾法, $\text{BOD}_5$ 测定采用标准稀释法,有机质测定采用重铬酸钾氧化法,N、P含量测定以 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮后分别用蒸馏法和钼蓝比色法,Zn、Cu和Cr等重金属分析采用标准方法,SS测定采用滤膜法,土壤成分测定按标准方法<sup>[5-7]</sup>,污灌水成分分析见表1。由表1可知处理后废水基本满足GB5082~92农田灌溉水质标准,主要污染物为有机物,且 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 仍很高,除Zn含量超过标准规定的 $\leq 2.0\text{mg}/\text{L}$ 外,基本无重金属污染,属有机污染废水。

表 1 污灌水成分分析\*  
Tab.1 Component and content of sewage

成分 Component	含量/mg·kg <sup>-1</sup> Content	成分 Component	含量/mg·kg <sup>-1</sup> Content	成分 Component	含量/mg·kg <sup>-1</sup> Content	成分 Component	含量/mg·kg <sup>-1</sup> Content
TS	3230.00	Cl <sup>-</sup>	173.00	Mn	2.94	B	0.70
SS	185.00	S <sup>2-</sup>	0.90	浊度	14.00	Cu	0.09
COD <sub>Cr</sub>	600.00	Ca	334.70	土霉素	230.00	Cd	-
BOD <sub>5</sub>	270.00	Mg	90.90	草酸	37.00	Pb	-
全盐	725.00	Fe	77.90	全 N	120.00	Cr	-
色度	400.00	Zn	4.70	全 P	1.70	Co	-

\*表中-为未检出;污灌水温度为 26℃,pH 值为 5.70。

## 2 结果与分析

### 2.1 污水灌溉作物适宜用量确定

不同污水灌溉量对作物农艺性状及产量的影响见表 2。污灌区谷子和玉米长势均高于对照小区,株色浓绿而叶茂盛,根系发达,污灌Ⅲ区谷子比对照区增产 764kg/hm<sup>2</sup>,增幅 34.68%;污灌Ⅱ区玉米比对照区增产 1068kg/hm<sup>2</sup>,增幅 31.77%。但污灌水量过大时玉米和谷子叶片产生黄斑,造成减产,这可能是因土壤未能及时消化污灌水中有机污染物所致。本试验表明每年适宜污灌水量为 6000~9000t/hm<sup>2</sup>。

表 2 不同污水灌溉量对作物农艺性状及产量的影响

Tab.2 Effect of different sewage irrigations on the corn characters and yield

作物 Crops	小区 Examination area	污灌水/t·hm <sup>-2</sup> Sewage irrigation	平均株高/cm Average plant height	平均茎粗/cm Average stem diameter	千粒重/g 1000-grain weight	产量/kg·hm <sup>-2</sup> Yield
谷子	CK	0	88	0.57	3.42	2203
	I	3000	86	0.59	3.50	2469
	Ⅱ	6000	88	0.62	3.60	2875
	Ⅲ	9000	94	0.61	3.66	2967
	Ⅳ	12000	106	0.62	3.40	2389
玉米	V	15000	80	0.54	3.22	2008
	CK	0	178	8.09	231.00	3362
	I	3000	201	8.15	241.00	3870
	Ⅱ	6000	219	8.14	257.00	4430
	Ⅲ	9000	224	8.07	252.00	3965
Ⅳ	12000	207	7.90	230.00	3450	
V	15000	174	7.78	220.00	3280	

### 2.2 污灌区土壤与农作物中污染元素含量的变化

污水灌溉后土壤污染元素增加与否是关系到能否将土霉素废水作为农业用水的关键。收获后提取玉米污灌 2 个小区和对照区 0~60cm 土层土壤样品分析结果见表 3。表 3 表明污灌区农田灌溉污水后土壤理化性质得以改善,土壤肥力提高。原土壤可能由于长期施用 P 肥而造成 P-Zn 沉淀,引起土壤缺 Zn<sup>[8]</sup>,而废水中富含 Zn 恰好可弥补其不足,且土壤富含的 Ca 和 Fe 元素可帮助固定 P 肥。污灌区土壤未检测到土霉素

表 3 土壤样品指标分析

Tab.3 Indexes of soil sample

污灌水/t·hm <sup>-2</sup> Sewage irrigation	土层/cm Soil depth	元素含量/mg·kg <sup>-1</sup> Element contents							
		全盐 Total salinity	全 N Total N	全 P Total P	有机质 Organic matter	Zn	Cu	Ca	Fe
0	0~20	1300	730	602	13600	38.4	27.2	13793	32460
	20~40	900	580	497	11830	37.6	28.3	9650	36950
	40~60	450	355	293	9600	35.2	30.8	7310	41749
6000	0~20	1430	830	665	12800	42.4	27.9	14344	32801
	20~40	970	610	486	11450	46.8	28.2	11036	37358
	40~60	520	345	262	10050	57.2	30.5	7506	42200
15000	0~20	1760	1235	726	16450	51.6	28.1	14758	33142
	20~40	1130	840	494	14470	63.2	27.1	11526	37735
	40~60	510	465	321	11090	62.4	36.3	7529	42655

和草酸,据资料表明经土壤中细菌降解,废水中土霉素和草酸均可转变为作物吸收养分<sup>10</sup>。污灌水量为6000t/hm<sup>2</sup>时由于污水中有机物进入土壤被好氧菌所降解,使有机质逐渐矿化释放作物所需营养,故污灌区土壤N、P和有机质含量均比对照区略增加;污灌水量增至1.5万t/hm<sup>2</sup>时污水中COD<sub>Cr</sub>和BOD<sub>5</sub>含量超过土壤和作物的负荷,导致土壤发生堵塞现象而厌氧菌活动增强,微生物降解有机物速率减慢,使土壤有机质增速大于有机质矿化速度<sup>9</sup>,故污灌区土壤N、P和有机质含量均高于对照区,且土壤表层受污水灌溉影响较大,至土壤深处各项指标与对照区差异较小,但污灌水量大时污染物渗透到土壤深处累积,故必须有效控制最佳污灌水量和灌溉时间,作物成熟季节减少污水灌溉量或改用清洁地下水灌溉。

为检测污灌区农作物中污染元素的含量变化,减少污染物进入作物果实,于作物收获前30d改用清水灌溉,收获前30d玉米籽粒中Zn、Mn、Cu、Cd、Pb、Cr和Co等重金属含量测定结果各污染元素均未检出,表明农田污水灌溉后只要有效控制适宜污灌水量和灌溉时间,尚不会对农作物造成污染。

### 2.3 效益分析

河北华曙制药厂土霉素废水虽经过处理,但COD<sub>Cr</sub>和有机污染物含量仍较高,尚需进一步加大净化处理力度。污水直接排放严重污染当地环境,且需交纳污染排放费用。经处理的达标排放污水结合清水灌溉农田,非但不污染土壤和影响农作物生长,且增加收入,减少处理排放费用。河北华曙制药厂年排放废水近300万t,若用以农业用水可灌溉土地500hm<sup>2</sup>,相当于施入2000t碳酸氢铵和20t过磷酸钙,可使玉米增产564t或谷子增产382t,增加收益约70万元,节约化肥成本200多万元,减少排污费用80万元和废水进一步处理费用120万元。

## 3 小结与建议

土霉素处理废水作为农业生产用水灌溉农田,可使农作物增产和节约水源,经济和社会效益显著,为废水处理再利用寻求了新途径。由于目前人们崇尚“绿色食品”而难以接受食用污水灌溉生长的农产品,建议可将处理污水用于灌溉城镇绿地草木、牧草、经济作物或林地,这有待于进一步研究。

### 参 考 文 献

- 1 王敬国,张玉龙,陈英旭. 资源与环境概论. 北京:中国农业大学出版社,2000
- 2 章非娟. 工业废水污染防治. 上海:同济大学出版社,2001
- 3 白 璞,张祖锡. 灌溉水污染及其效应. 北京:中国农业大学出版社,1998
- 4 潘志祥. 土霉素麦迪霉素废液的生化处理. 化工环保,1990,10(2):76~80
- 5 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海:上海科学技术出版社,1983
- 6 中国土壤协会. 土壤农业化学常规分析方法. 北京:北京科学技术出版社,1983
- 7 国家环境保护总局编. 环境监测分析方法. 北京:中国环境科学出版社,1986
- 8 廖宗文,林东教,王建林. 红壤的P肥有效性差异及其土壤化学特点的初步研究. 华南农业大学学报,1996,17(1):67~71
- 9 严健议. 土壤环境科学. 武汉:华中师范大学出版社,1985
- 10 Robert H. L. Howe. Complete Biological Treatment of Antibiotic Production Wastes. Proceeding Industrial waste Conference, 1975