

啤酒废水灌溉对农田生态环境的影响研究

李光德，朱鲁生，徐玉新，王玉军

(山东农业大学资源与环境学院, 山东 泰安 271018)

摘要:通过田间调查采样与室内分析方法,研究了啤酒废水灌溉对农田生态环境的影响。结果表明,啤酒废水灌溉农田可以增加土壤有机质和全氮的含量,连续灌溉3—7年未发生 Na^+ 、 Cl^- 和 SO_4^{2-} 的积累,耕层土壤中 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 轻度淋洗;啤酒废水灌溉有利于蔬菜中维生素C的积累;加重了浅层地下水细菌污染,减轻了地下水中硝酸盐氮的污染。

关键词:啤酒废水;灌溉;生态环境

中图分类号:S13, S273.5 文献标识码:A 文章编号:1000 – 0267(2002)03 – 0251 – 03

Impacts of Eco – Environment of Farmland Irrigated by Brewery Wastewater

LI Guang-de, ZHU Lu-sheng, XU Yu-xin, WANG Yu-jun

(College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Taian 271018, P. R. China)

Abstract: It has been discovered that irrigating with brewery wastewater on farmland could increase the content of organic matter and total nitrogen in soil, respectively. Continuous irrigation by the sewage for 3 to 7 years, no accumulation of Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , Mg^{2+} and Ca^{2+} has been found yet. Furthermore, it has been found that the irrigating with brewery wastewater can contribute the accumulation of vitamin C, the bacterial pollution in shallow ground water and the decrease of nitrate pollution in ground water.

Keyword: Brewery wastewater; irrigation; ecological environment

污灌区啤酒废水不含有毒物质,含有一定量的作物营养元素^[1],灌溉农田不仅可为农业提供肥水,提高土壤肥力^[1]及作物产量,而且可以避免因随意排放对地面水造成的污染。本研究可为合理利用啤酒废水灌溉农田提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 灌溉用水

污灌区采用泰安啤酒厂排放的废水,对照区采用深层地下水灌溉,年灌溉用水量为 $670—750\text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

1.2 土壤样品

分别在废水灌溉3年、7年的地块及清灌区的农田,在距废水入口近(20 m左右)、中(60—100m)和远处(150 m)设3个采样点,按耕层(0—20 cm)、底层(20—50 cm)采样,土壤的分析项目为有机质、全氮、速效氮、速效磷、速效钾、全盐量、氯离子、硫酸根离

子、钠离子、钙镁离子和pH值等。

1.3 粮食样品

主要为小麦和玉米,分别为污灌3年、污灌7年和清水灌溉3个处理每个处理均采用5点采样法,在收获季节采样,分析项目为灰分和粗蛋白。

1.4 蔬菜样品

蔬菜灌区共设3个处理,分别为全部用啤酒废水灌溉、清污混灌和清灌,主要蔬菜种类为韭菜、大葱、小白菜、茼蒿、马铃薯和甘蓝;分析项目为灰分、维生素C、硝酸盐氮和亚硝酸盐氮。

1.5 地下水

根据污灌区的分布、污灌时间长短和水井的分布共设6个地下水样点。1号点井深190 m,属于深层地下水,位于非污灌区,为对照点;2号点井深200 m,属于深层地下水,位于污灌区;3号点井深20 m,属于浅层地下水,位于非污灌区,为对照点;4号点、5号点和6号点井深分别为13 m、15 m和16 m,均位于污灌区,属于浅层地下水。分别在5、6两个月两次采样,每次连续3天,每天上下午分别采样测定取其平均值。分析项目为pH、高锰酸钾指数、硝酸盐氮、亚硝酸盐

氮、细菌、总大肠菌群、钾和钠。

2 结果与分析

试验结果采用方差分析的方法进行统计。

2.1 啤酒废水灌溉对土壤化学性质的影响

2.1.1 啤酒废水灌溉对土壤营养元素含量的影响

表 1 啤酒废水灌溉对土壤性质的影响

Table 1 Soil properties influenced by irrigating with wastewater from beer industry						
项目	污灌 7 年		污灌 3 年		清灌	
土层深度/cm	0—20	20—50	0—20	20—50	0—20	20—50
有机质/%	0.789	0.619	0.688	0.489	0.578	0.503
全氮/%	0.055	0.043	0.053	0.037	0.045	0.030
速效氮/mg·kg ⁻¹	75.29	62.06	72.19	62.47	67.02	82.91
速效磷/mg·kg ⁻¹	39.54	36.14	33.48	19.02	42.06	19.75
速效钾/mg·kg ⁻¹	66.70	57.70	68.75	53.35	64.50	65.00
Ca ²⁺ +Mg ²⁺ /%	0.015 5	0.018 9	0.023 3	0.025 4	0.023 5	0.020 9
Na ⁺ /%	0.001 3	0.001 3	0.001 3	0.001 2	0.001 2	0.001 0
SO ₄ ²⁻ /%	0.019 1	0.008 4	0.009 0	0.009 4	0.012 1	0.013 4
Cl ⁻ /%	0.005 3	0.005 8	0.006 3	0.005 4	0.006 7	0.004 6
全盐量/%	0.051 9	0.061 0	0.061 3	0.076 9	0.059 9	0.046 0

研究了啤酒废水灌溉对土壤营养元素潜在养分有机质、全氮含量和有效养分速效氮、磷、钾含量的变化特征,结果见表 1。

由表 1 可以看出,废水灌溉 3 年及 7 年的粮地土壤耕层有机质平均含量分别为 0.688% 和 0.789%,比清灌区土壤有机质含量 0.578% 增加 19.2% 和 36.5%。啤酒废水灌溉 3 年和 7 年耕层土壤中全氮含量分别为 0.053% 和 0.055%,比清灌区耕层土壤全氮 0.045% 增加了 17.8% 和 22.2%。污灌区土壤的速效氮、磷、钾也比清灌区有所增加,说明啤酒废水灌溉给农田带入了有机质、全氮及其速效养分,提高了土壤的养分含量水平。

2.1.2 啤酒废水灌溉对土壤盐基离子的影响

啤酒废水灌溉 3 年及 7 年土壤中的 Na⁺、SO₄²⁻、Cl⁻、全盐量与清灌区无明显的差别,并且均低于作物正常生长范围,说明啤酒废水灌溉不会引起土壤 Na⁺、SO₄²⁻、Cl⁻和全盐量的积累。

啤酒废水灌溉 3 年和 7 年土壤耕层中 Ca²⁺+Mg²⁺总量为 0.023 3% 和 0.015 5%,污灌 7 年地区比清灌区土壤降低了 34.0%,其相应的底层 Ca²⁺+Mg²⁺有所增加,说明废水灌溉已使土壤 Ca²⁺、Mg²⁺开始淋洗。若长期用啤酒废水灌溉有可能使土壤中 Ca²⁺、Mg²⁺大量淋失,Na⁺的含量相对增加,导致土壤盐碱化。

2.2 啤酒废水灌溉对作物品质的影响

表 2 蔬菜品质分析结果

Table 2 Quality of vegetables from the farmland by the irrigation with the waste water				
蔬菜种类	灰分 /%	维生素 C /mg·100g ⁻¹	硝酸盐 /mg·kg ⁻¹	亚硝酸盐 /mg·kg ⁻¹
韭菜	0.942	37.907	246.903	0.036
大葱	0.634	22.330	149.200	0.019
小白菜	1.228	36.543	789.033	0.054
茼蒿	0.628	6.751	63.833	0.050
马铃薯	0.733	25.605	102.813	0.531
甘蓝	0.778	40.400	244.933	0.028

表 3 不同灌溉方式对蔬菜品质的影响

Table 3 Vegetable quality influenced by different irrigating methods				
处理	灰分 /%	维生素 C /mg·100g ⁻¹	硝酸盐氮 /mg·kg ⁻¹	亚硝酸盐氮 /mg·kg ⁻¹
污灌	0.807	30.674	25.803	0.115
清污混灌	0.822	31.548	301.10	0.131
清灌	0.843	22.546	271.46	0.113

2.2.1 啤酒废水灌溉对蔬菜品质的影响

啤酒废水灌溉对蔬菜品质的影响结果见表 2 和表 3。

不同蔬菜灰分含量的大小顺序为小白菜>韭菜>甘蓝、马铃薯>大葱和茼蒿;污灌、清污混灌和清灌三种不同的灌溉条件下蔬菜灰分总体含量水平无明显的差异,说明废水灌溉对蔬菜灰分无影响。

6 种蔬菜中维生素 C 的含量顺序为甘蓝>韭菜、小白菜>马铃薯>大葱>茼蒿,以甘蓝中维生素 C 的含量最大,茼蒿维生素 C 的含量最小;不同的灌溉方式对蔬菜中维生素 C 的含量影响较大,全部污灌和清污混灌区蔬菜中的维生素 C 含量明显高于清灌区,说明啤酒废水灌溉有利于维生素 C 的积累。

不同蔬菜中硝酸盐的含量有一定的差别,6 种蔬菜中以小白菜含量最高,平均值为 789.033mg·kg⁻¹,含量最小的为马铃薯,其值为 102.833 mg·kg⁻¹,差别较大;由于影响蔬菜中硝酸盐含量的因素较多,硝酸盐含量变动范围较大,各种灌溉方式之间蔬菜中硝酸盐的含量无明显的差异,说明废水灌溉对蔬菜中硝酸盐的含量无明显影响。

6 种蔬菜中亚硝酸盐含量以马铃薯最高,与其它蔬菜亚硝酸盐含量有明显的差异,除马铃薯外各种蔬菜亚硝酸盐的含量无明显的差异;三种灌溉方式下蔬菜中亚硝酸盐含量无差异。

2.2.2 啤酒废水灌溉对粮食品质的影响

啤酒废水灌溉对粮食品质的影响见表 4,由表 4

表 4 啤酒废水灌溉对粮食品质的影响

Table 4 Influences of waste water from beer industry as irrigation on quality of grains

处理	玉米		小麦	
	灰分 / %	粗蛋白 / %	灰分 / %	粗蛋白 / %
清灌	1.25	8.72	1.92	11.70
污灌 3 年	1.19	8.71	1.87	11.66
污灌 7 年	1.35	8.42	1.97	11.43

可知,不同的灌溉条件下,玉米和小麦的灰分、粗蛋白的含量无明显的差异,说明啤酒废水灌溉对粮食品质无不良的影响。

表 5 啤酒废水灌溉区地下水水质分析结果

Table 5 Effects of irrigation by waste water from beer industry on quality of groundwater

项目	深水井		浅水井			
	1 号对照	2 号污灌	3 号对照	4 号污灌	5 号污灌	6 号污灌
pH	6.89	6.94	6.94	6.82	6.92	6.87
高锰酸钾指数 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	<1	<1	<1	<1	<1	<1
硝酸盐氮 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	2.38	6.49	13.49	8.14	6.30	5.96
亚硝酸盐氮 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	<0.003	0.003	0.006	0.005	0.003	0.004
细菌 / 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$	68	4	445	2 500	1 100	4 200
总大肠菌群 / 个 $\cdot \text{L}^{-1}$	175	8	> 230	172	> 230	> 230
钾 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	5.00	5.00	3.75	3.75	3.76	3.75
钠 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	66.8	73.2	80.0	68.7	73.7	75.6

氮含量:对照区为 $13.49 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,污灌区三个点的平均值为 $6.80 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,对照点为污灌区 1.98 倍;由研究结果可以看出,对照区深层地下水和浅层地下水中硝酸盐氮含量分别为 $12.38 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $13.49 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,结果比较接近;而污灌区深层和浅层地下水的硝酸盐氮也比较接近;污灌区深层地下水和浅层地下水中硝酸盐氮的含量明显小于对照区,其原因可能与土壤肥力和施肥状况有关。调查得知,利用啤酒污水灌溉的区域土壤中有机质的含量较高,保肥保水能力强,无机氮肥的使用量较少,无机氮的损失也较少,因此进入地下水的氮也少;而对照区主要用清水灌溉,土壤中的有机质含量明显低于污灌区,土壤保肥保水能力也差,无机化肥的使用量较大,损失也较大,随水流失和下渗的无机氮增加了地下水中硝酸盐氮的含量。因此啤酒废水灌溉农田有利于减少土壤氮肥的损失,减轻地下水中硝酸盐氮的污染。

深层地下水中细菌和大肠菌群分别为:对照区 $68 \text{ 个} \cdot \text{mL}^{-1}$ 和 $175 \text{ 个} \cdot \text{L}^{-1}$,污灌区 $4 \text{ 个} \cdot \text{mL}^{-1}$ 和 $8 \text{ 个} \cdot \text{L}^{-1}$;对照区深水井中的细菌和大肠菌群分别比污灌区大 16 倍和 20.8 倍,深层地下水中的生物学指标与污水灌溉无直接的关系。污灌对于浅层地下水的大肠菌群无影响;而细菌的污染,污灌区明显的大于

2.3 啤酒废水灌溉对地下水的影响

啤酒废水灌溉对地下水的影响见表 5,由表 5 可知:

对照区与污灌区地下水的 pH、BOD₅、高锰酸钾指数、亚硝酸盐氮、钾和钠的含量均无明显的差异,说明啤酒废水灌溉对地下水的上述项目均无明显的影响。

污灌区深层地下水中硝酸盐氮含量为 $6.49 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,对照点硝酸盐氮为 $12.38 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,对照点硝酸盐氮含量为污灌点的 1.91 倍;浅层地下水中硝酸盐

对照区,分别是 $1600 \text{ 个} \cdot \text{mL}^{-1}$ 和 $445 \text{ 个} \cdot \text{mL}^{-1}$,污灌区为对照区的 3.6 倍,原因是该区域浅水井为敞口式,灌溉水可以流入井内,造成清灌区和污灌区的细菌污染的差别。

3 结论

(1)啤酒废水灌溉农田可以增加土壤有机质和全氮的含量,连续灌溉 3—7 年未发生 Na^+ 、 Cl^- 和 SO_4^{2-} 积累,耕层土壤中 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 轻度淋洗。

(2)啤酒废水灌溉对粮食和蔬菜品质无不良的影响,而有利于蔬菜中维生素 C 的积累。

(3)啤酒废水灌溉加重浅层地下水细菌的污染,减轻地下水中硝酸盐氮的污染,对其它水质指标则无明显的影响。

参考文献:

[1] 萧月芳,卢兵友,等. 啤酒废水灌溉对土壤性质的影响[J]. 农业环境保护,1997,16(4): 149 - 152.

[2] 何增耀,等. 农业环境科学概论[M]. 上海:上海科学技术出版社,1991.

[3] 李光德,等. 啤酒废水灌溉对 6 种蔬菜硝酸盐亚硝酸盐含量的影响研究[J]. 农村生态环境,1998,14(2): 56 - 58.

[4] 李光德,等. 啤酒废水灌溉对地下水的影响研究[J]. 农业环境保护,1998,17(4).