

啤酒废水灌溉对土壤微生物区系的影响

商冉, 李光德*, 曲衍波, 刘坤, 张中文 (山东农业大学资源与环境学院, 山东泰安 271018)

摘要 为合理利用啤酒废水进行农田灌溉提供依据。采用泰安市啤酒厂经简单处理的啤酒废水, 以清污水比10:1.5、1:2、1:1、1:2、1:5和1:10分别灌溉盆栽小麦和玉米, 对土壤中各种菌类微生物数量的变化情况进行研究。啤酒废水灌溉盆栽小麦和玉米对土壤微生物数量影响明显。随着污水浓度的不断增大, 细菌、放线菌、好气性纤维素分解菌、硝酸菌、亚硝酸菌、自生固氮菌等的数量均呈现先增加后减少的变化规律。污水浓度过大, 会刺激土壤中真菌、氨化细菌、反硝化细菌及一些厌氧性菌的繁殖。当废水浓度适当时, 污水中的营养成分可以为微生物所用, 刺激其活性。综合考虑各种微生物对作物的不同影响, 啤酒废水灌溉浓度清污水比以控制在2:1~1:2为最佳, 污水浓度过高反而不利于植物生长。

关键词 啤酒废水; 盆栽; 土壤微生物

中图分类号 S154.3 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)27-08586-03

Influence of Brewery Wastewater Irrigation on Soil Microflora

SHANG Ran et al (College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018)

Abstract The study aimed to provide basis for field irrigation with brewery wastewater rationally. The simply processed brewery wastewater from Brewery of Tai'an City was used to irrigate potted wheat and corns with ratio of water to sewage at 10:1.5, 1:2, 1:1, 1:2, 1:5 and 1:10. The quantity variations of various bacterial microbial in soil were studied. The influence of irrigating potted wheat and corns with brewery wastewater on soil microbial quantity was obvious. Along with the wastewater concentration increasing continuously, the quantities of bacteria, actinomycetes, aerobic cellulose-decomposing bacteria, nitric acid bacteria, nitrous acid bacteria, free-living nitrogen-fixing bacteria, etc. all presented the law of first increasing and then decreasing. If the wastewater concentration was too high, it would stimulate fungus, amimate bacteria, denitrifying bacteria and some anaerobic bacteria to propagate. When the sewage concentration was suitable, the nutrient components in sewage could be used by microbial and stimulated their activities. Considering the different influences of various microbial on crops comprehensively, it was best to control the irrigation concentration of brewery wastewater with the optimal ratio of water to sewage of 2:1~1:2 and the higher sewage concentration would be disadvantageous to plant growth.

Key words Brewery wastewater; Pot culture; Soil microbial

目前世界水资源日趋紧张, 农业用水严重不足, 废水灌溉面积逐年扩大。污水灌溉不仅可以缓解农业用水的紧张局面, 也可充分利用污水中所含的作物营养元素, 降低农业生产成本, 此外还可以提高水资源的重复利用率, 并可作为污水处理的一种有效手段^[1]。我国污灌的研究目前主要集中在作物营养元素特别是N的利用以及重金属在土壤及作物果实中的累积等领域^[2-4]。啤酒废水不含有毒物质, 含有大量的有机物质和植物营养元素, 用于灌溉既能为农作物提供水肥, 增加土壤有机质和全氮的含量^[5], 提高农产品产量^[6], 又能减轻啤酒废水排放对环境的污染。为掌握啤酒废水灌溉对环境可能产生的影响, 为科学、合理利用啤酒废水进行农田灌溉提供依据, 笔者对啤酒废水灌溉区土壤中的微生物进行了调查研究。

1 材料与方

1.1 材料 采用泰安市啤酒厂经过简单处理的废水; 土样采用啤酒废水灌溉区的土壤, 其基本特征为: 棕壤, pH值7.1, 质地沙壤, 含水量4.88%, 田间最大持水量20%; 供试粮食作物根据泰安市当地的主要耕作制度采用小麦(中麦9号)和玉米(鲁原单14号)。

1.2 试验设计 小麦和玉米种植时, 先采用当地饮用水灌溉, 待出苗后分别采用全清水、全污水和清污配比为10:1.5、1:2、1:1、1:2、1:5、1:10的混合液, 根据天气状况和作物的需水规律进行灌溉, 与大田灌水状况类似, 灌水量和次数多于大田灌溉。每个配比设3个重复。

1.3 试验方法

1.3.1 微生物测定方法。 采用平板涂抹法, 各种受测菌的

类型及其培养基概况见表1^[7]。

表1 受测菌类及其培养基

菌类名称	培养基
细菌、氨化细菌	牛肉汁蛋白胨与琼脂培养
真菌	菌酸性马铃薯琼脂培养基
放线菌	淀粉氨基酸培养基
好气性纤维素分解菌	赫奇逊培养基
好气性自生固氮菌	改良瓦克斯曼培养基
亚硝酸细菌	改良斯蒂芬逊培养基
反硝化细菌	硝化培养基

1.3.2 盆栽方法。 小麦: 花盆中加土5.5 kg, 小麦复合肥5 g, 小麦培养期为8个月, 总污灌量为9 L/盆; 玉米: 花盆中加土5.5 kg, 玉米培养期为3个月, 总污灌量为7 L/盆。

2 结果与分析

2.1 啤酒废水灌溉对土壤中细菌的影响 细菌是土壤微生物中数量最多的一个类群, 特别是在土壤中发生的使植物不能直接利用的含氮化合物转化为可给态的含氮化合物的氨化作用尤其重要。由图1可见, 供试小麦和玉米土样中的细菌数量均为先增加后减少, 其最适清污比为(即细菌数量最多时的比例)2:1, 此浓度下, 玉米土样中细菌数量比全清水灌溉时增加了105.8%; 而小麦土样中的成分有利于细菌的生长繁殖, 使其数量成倍增加。

2.2 啤酒废水灌溉对土壤中放线菌的影响 放线菌也是土壤中物质转化的主要推动者, 是土壤中不含氮和含氮有机化合物成分作用的积极参与者, 对促进碳循环和腐殖质形成有重要作用^[8], 与土壤肥力密切相关。由于啤酒废水所含的一些有机和无机成分, 有利于放线菌的生长, 因而从图2可见, 放线菌数量的整个变化趋势也是先增加后减少。其中玉米土样中放线菌数量在清污比为2:1~1:2时最大, 其最适清污

作者简介 商冉(1982-), 女, 山东济南人, 硕士研究生, 研究方向: 环境生态学。* 通讯作者, 副教授, E-mail: lgde@sdau.edu.cn。

收稿日期 2007-05-12

比为2:1,此时放线菌的数量比清水灌溉时增加了301.1%,而小麦田土壤中放线菌数量最大时的清污比为1:1,此时比清灌时增加了226.9%。

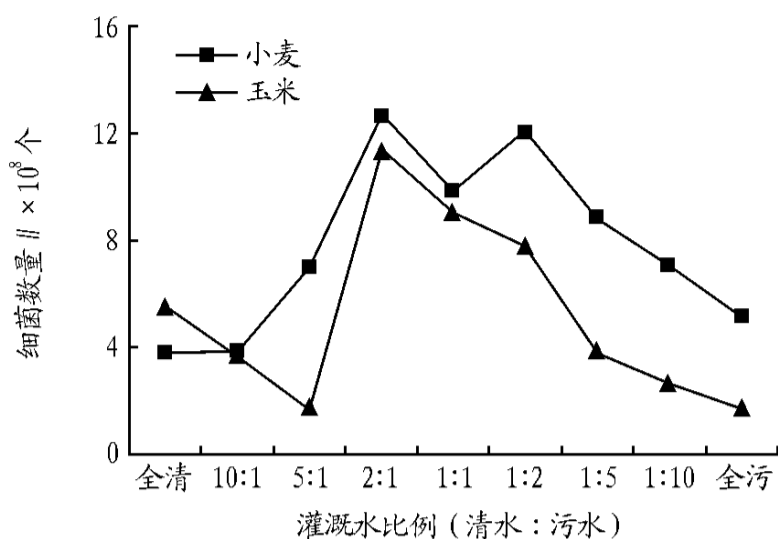


图1 啤酒废水灌溉土壤中细菌变化情况

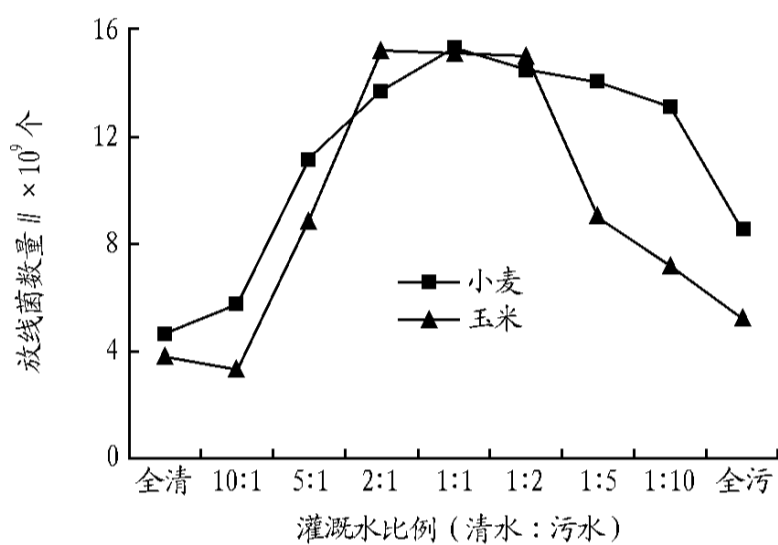


图2 啤酒废水灌溉土壤中放线菌变化情况

2.3 啤酒废水灌溉对土壤中真菌的影响 土壤中真菌主要以菌丝体、孢子的形式存在,是分解土壤有机质的主要微生物之一,能引起土壤中植物残体的主要成分纤维素、木质素、果胶的分解,也能分解含N的蛋白类化合物^[9]。一般来说,土壤真菌与物质转化和植物病害密切相关。由图3可见,随着污灌浓度的增大,真菌数量呈现先增加后减少的趋势,其生长所需的最适比例为1:10,此时玉米土样中的真菌数量比清灌时增加了235.2%,而小麦土样中则增加了325.9%。说明灌溉污水浓度过大,会引起真菌的迅速繁殖,在其分解有机质能力增大的同时,许多不利因素的产生也不容忽视。

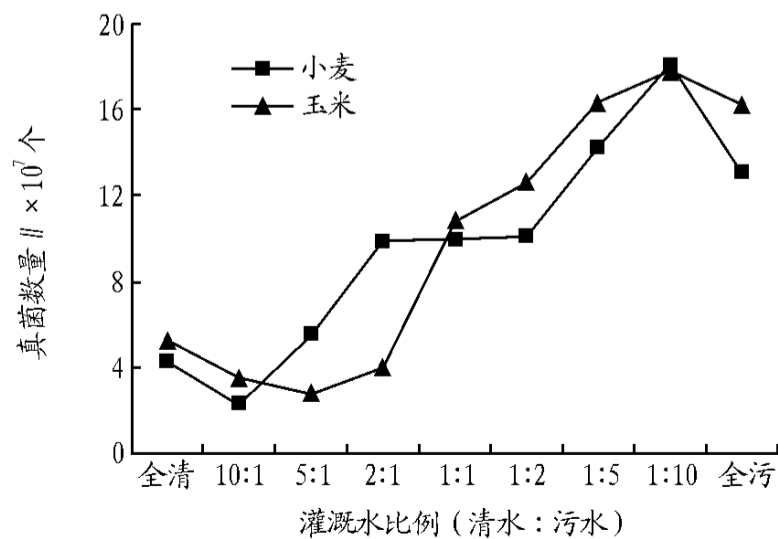


图3 啤酒废水灌溉土壤中真菌变化

2.4 啤酒废水灌溉对土壤中分解菌的影响 对比图4、5可以得出:好气性和嫌气性纤维素分解菌的数量都是随污水浓度的增大,先增加后减少,区别在于出现最大值时所对应的污水浓度不同。当清污比为5:1时,好气性纤维菌数量达到

最大值,此时玉米土样中的数量比清灌时增加188.1%,小麦土样中增加了235.7%。其原因可能是由于氨化细菌的分解作用,将有机物分解为氨盐,为其提供了氮素养料。嫌气性纤维菌生长的最适清污比小于1:5,由于污水浓度的增大,土壤容重增大,土壤孔隙度有所下降,易于形成厌氧条件,利于厌气性菌的生长,同时也会抑制一些好氧微生物的繁殖和活性。此时,玉米土样中嫌气性纤维菌的数量比清灌时增加了276.9%,小麦土样中增加了194.2%。纤维素菌的数量增多,使纤维素的分解率提高,降低了土壤中的碳氮比,为农作物提供了大量的无机氮,同时释放的中间产物还可被其他土壤微生物利用,提高其生物活性,尤其是促进自生固氮菌的繁殖,增加固氮量,从而提高土壤肥力。

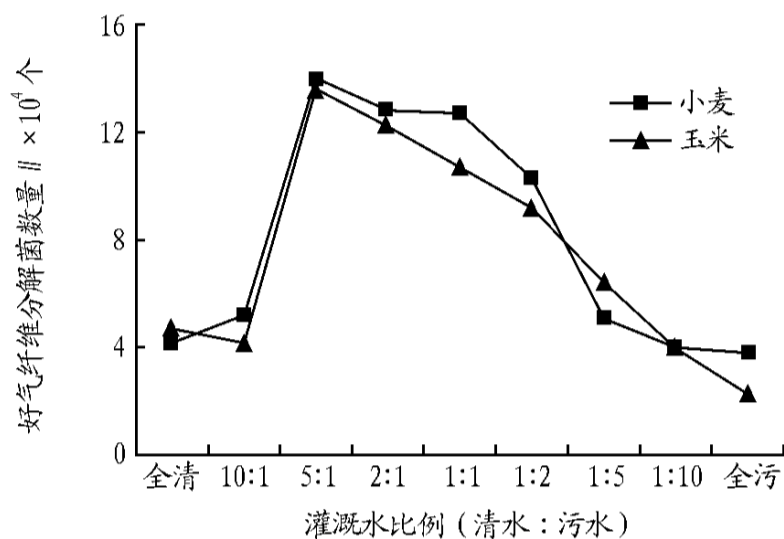


图4 啤酒废水灌溉土壤中好气纤维分解菌变化情况

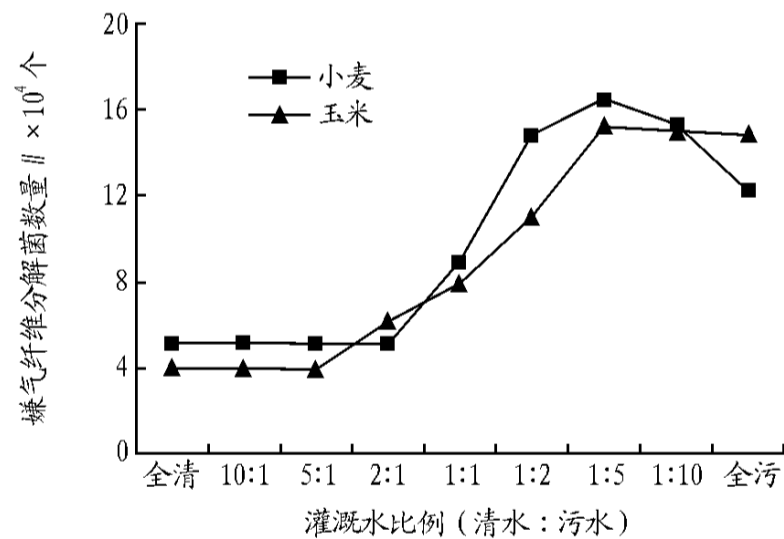


图5 啤酒废水灌溉土壤中嫌气纤维分解菌变化情况

2.5 啤酒废水灌溉对土壤中固氮菌的影响 土壤中氮素养料的多少是决定土壤肥力水平的重要因素之一。而土壤中氮素养料的来源,除直接人为施用肥料外,主要依赖于微生物的固氮作用^[10]。随着污灌过程中废水浓度的不断增大,土壤好气性和嫌气性自生固氮菌的数量都是先增加后减少,这说明废水中的大量有机营养物质及其他土壤微生物的协调作用刺激了自生固氮菌的活性,使其大量繁殖。但当污水浓度过大时,过量的无机氮化物的产生又逐渐抑制了固氮作用的发生。由图6、7可知,对于好气性自生固氮菌而言,其繁殖量最大时的清污比为2:1,此浓度下玉米土样中的菌量比清灌时增加了9.0倍,小麦土样中增加了7.8倍。嫌气性自生固氮菌繁殖量最大时的清污比为1:2,此浓度下玉米土样中的菌量比清灌时增加了1.3倍,小麦土样中则增加了3.3倍。固氮菌数量越大,土壤中肥力水平越高。

2.6 啤酒废水灌溉对土壤中硝酸、亚硝酸菌的影响 亚硝酸细菌和硝酸细菌都是化能无机营养菌。在不含有机质的

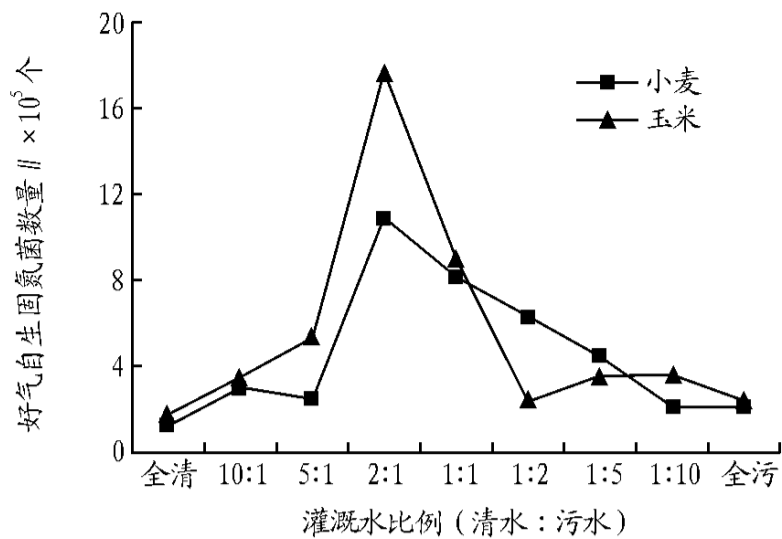


图6 啤酒废水灌溉土壤中好气自生固氮菌变化情况

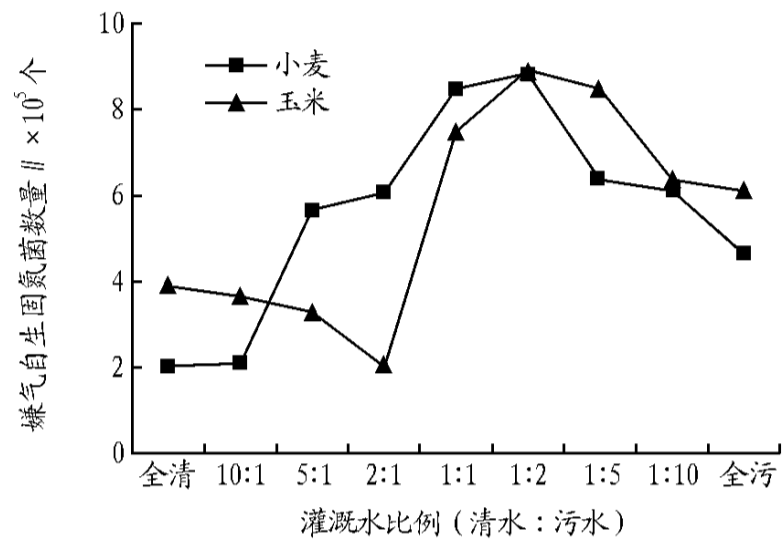


图7 啤酒废水灌溉土壤中嫌气自生固氮菌变化情况

情况下,亚硝酸菌将氨和羟胺氧化成亚硝酸,而硝酸能氧化亚硝酸为硝酸。污灌试验中,当用低浓度的啤酒废水灌溉植物时,产生的亚硝酸细菌以其中的胺盐为能源,生成亚硝酸,同时为硝酸菌的产生提供能源。如果污水浓度太高,环境中出现的过量有机物质就会抑制其活性。由图8、9可知,随着清污比的减小,亚硝酸菌和硝酸菌的数量先增加后减少,亚硝酸菌数量最大时的清污比为1:2,此时,玉米土样中菌量为清灌时的3.6倍,小麦土样中为7.5倍。硝酸菌所需最适清污比为1:1,此时,玉米土样中硝酸菌量为清灌时的2.8倍,小麦土样为4.1倍。硝酸菌和亚硝酸菌将环境中的有机态氮通过硝化作用转化为利于植物吸收的无机态氮,对于提高土壤肥力和增加植物营养都具有重要意义。

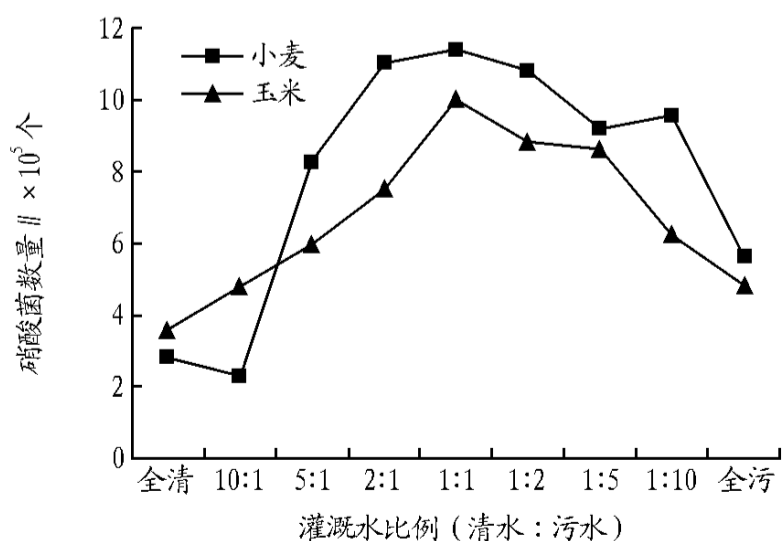


图8 啤酒废水灌溉土壤中硝酸菌变化情况

2.7 啤酒废水灌溉对土壤中氨化细菌的影响 图10表明,啤酒废水中含有大量的蛋白类化合物,使氨化细菌数量明显增加,在清污比为1:10时,供试小麦和玉米土样中氨化细菌数量达到最大值,随着污水浓度的继续增大,小麦土样中菌量趋于稳定。氨化细菌的作用为土壤中植物不能直接利用

的复合创造了条件。最适比例时,玉米和小麦土样中的氨化细菌数量增加值分别是313.8%、268.6%。

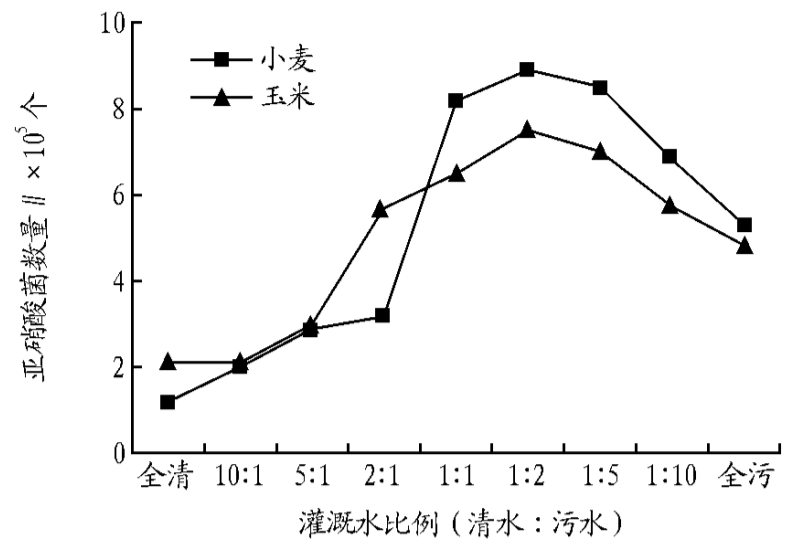


图9 啤酒废水灌溉土壤中亚硝酸菌变化情况

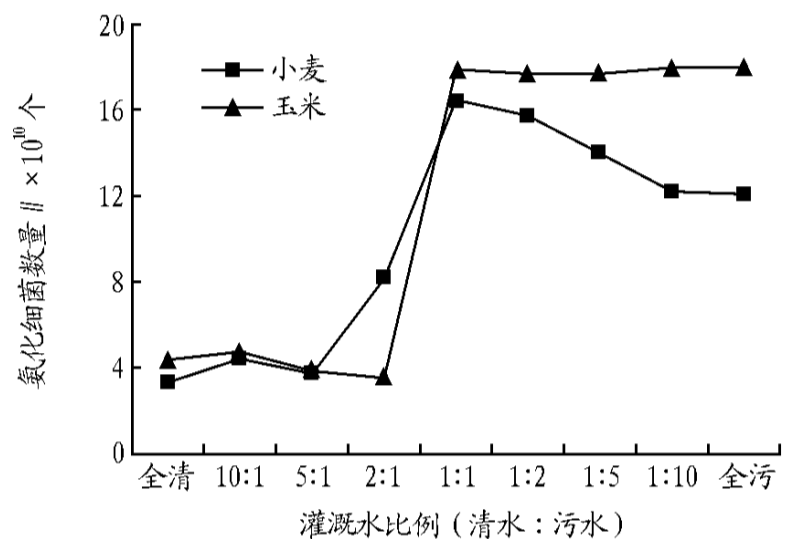


图10 啤酒废水灌溉土壤中氨化细菌变化情况

2.8 啤酒废水灌溉对土壤中反硝化细菌的影响 微生物还原硝酸为亚硝酸、氨和氮气的作用称为反硝化作用。土壤中的反硝化细菌都是厌气的,在好气条件下以 O_2 为最终电子受体,在缺氧时,进行厌气性呼吸,以 NO_3^- 为最终电子受体,使其还原成氮气,散入大气中,又称脱氮作用。脱氮作用是土壤中氮素损失的主要原因之一。啤酒废水灌溉农作物时,随着污水浓度的不断增大,厌氧条件逐渐形成,导致反硝化细菌迅速繁殖。由图11可见,玉米土样中全污水灌溉时,反硝化细菌数量比清灌时增加了3.6倍。因而,污灌浓度过大不利于土壤中氮素养料的积累。

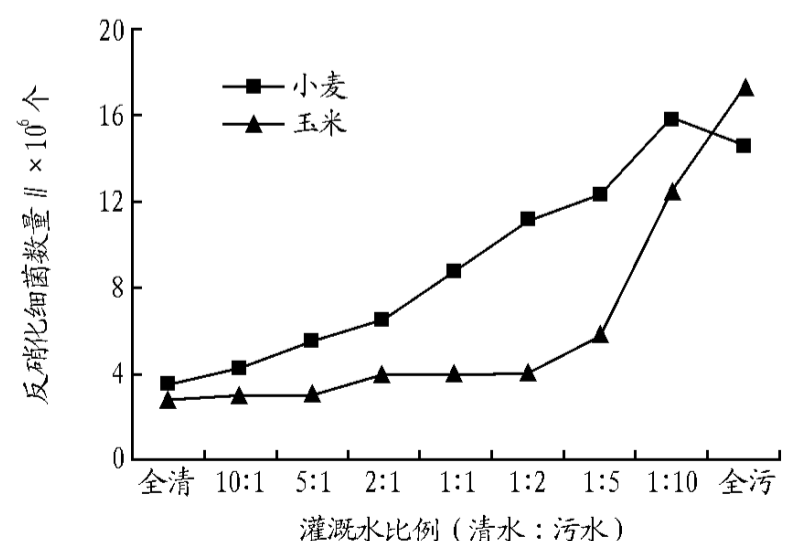


图11 啤酒废水灌溉土壤中反硝化细菌变化情况

综上所述,污灌使栽培小麦和玉米土样中的细菌、真菌、放线菌、纤维素分解菌、反硝化细菌、硝酸菌、亚硝酸菌、自生性固氮菌及氨化细菌都有增加的趋势,变化规律大体上是随污水浓度的增大,数量先增加后减少,这说明啤酒废水

(上接第8588页)

中含有的营养物质有利于土壤微生物的生长繁殖。同时,微生物对废水浓度有一定的选择性:当废水浓度适当时,污水中的营养成分可为微生物所用,刺激其活性;污水浓度过大时,过剩的营养物质使土壤含氧量下降,不利于部分微生物的生长,或者污水的酸碱度、含盐量等抑制一些微生物的活性,使其数量下降。

3 结论

(1) 啤酒废水灌溉盆栽玉米和小麦对土壤微生物的数量影响明显。

(2) 随着污水浓度的不断增大,细菌、放线菌、好气性纤维素分解菌、硝酸菌、亚硝酸菌、自生固氮菌等的数量均呈现先增加后减少的变化规律。

(3) 污水浓度过大,会刺激土壤中真菌、氨化细菌、反硝化细菌及一些厌气性菌的繁殖。

(4) 污灌土壤好于未经污灌的土壤,但在污灌过程中应选择恰当的清水、污水比。

(5) 综合考虑各种微生物对作物的影响,污灌浓度以控制在 2×10^{-2} 为最佳,污水浓度过高反而不利于植物生长。

参考文献

- [1] KANAREK A, MCHAL M. Groundwater recharge with municipal effluent: Dan region reclamation project, Israel [J]. *Water Sci Tech*, 1996, 34(11): 227 - 233.
- [2] HUSSAIN G, AL-JALOOD A A, KER MULLS S. Effect of treated effluent irrigation and nitrogen on yield and nitrogen use efficiency of wheat [J]. *Agricultural Water Management*, 1996, 30: 175 - 184.
- [3] SMITH C J, HOLPMANS P, COOK F J. Accumulation of Cr, Pb, Cu, Ni, Zn and Cd in soil following irrigation with treated urban effluent in Australia [J]. *Environmental Pollution*, 1996, 94(3): 317 - 323.
- [4] 姜翠玲, 夏自强, 刘凌, 等. 污水灌溉土壤及地下水三氮的变化动态分析 [J]. *水科学进展*, 1997, 8(2): 183 - 188.
- [5] 萧月芳, 卢兵友. 啤酒厂废水灌溉对土壤性质的影响 [J]. *农业环境保护*, 1997, 16(4): 149 - 152.
- [6] 李光德. 啤酒废水灌溉对农作物的影响初步研究 [J]. *山东农业大学学报*, 1996(增刊): 78 - 82.
- [7] 中国科学院南京土壤研究所微生物室. 土壤微生物研究法 [M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [8] 姚槐应, 黄昌勇. 土壤微生物生态学与实验技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2006: 58.
- [9] 庄铁成, 林鹏. 红树林凋落叶自然分解过程中土壤微生物的数量动态 [J]. *厦门大学学报: 自然科学报*, 1993, 32(3): 365 - 370.
- [10] 何增耀. 农业环境科学概论 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1991.