

污灌胁迫对春小麦抗氧化酶活性及根系与幼苗生长的影响

张永清^{1,2}, 苗果园², 张定一^{2,3}

(1.山西师范大学生物技术与工程学院, 山西 临汾 041000; 2.山西农业大学农学院, 山西 太谷 030801; 3. 山西省农科院小麦研究所, 山西 临汾 041000)

摘要:通过水培的方式研究了污水直接灌溉和净化处理后灌溉对小麦根系及幼苗生长影响。结果表明:(1)未处理污水浇灌的小麦幼苗与对照组相比,植株矮小,根短,根数少,茎、叶、根的干重、鲜重均明显降低。(2)污灌胁迫加速了小麦幼苗绿叶和根系的衰亡,并使根系活力明显下降,根系 MDA 含量水平显著上升。(3)污灌胁迫对小麦根系 POD 和 SOD 活性具有激活效应,但随胁迫时间的延长,污灌胁迫对 SOD 活性转为抑制效应,SOD 活性迅速下降。(4)净化处理后的污水浇灌的小麦幼苗与对照没有明显差异。

关键词:污灌胁迫; 小麦根系; 幼苗; 抗氧化酶活性

中图分类号:X503.231 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2043(2005)04-0662-04

Effect of Stress from Sewage Irrigation on Antioxidant Enzymes Activity and Root and Seedling Growth of Spring Wheat

ZHANG Yong-qing^{1,2}, MIAO Guo-yuan², ZHANG Ding-yi^{2,2}

(1. College of Biological Technology and Engineering, Shanxi Teacher University, Linfen 041000, China; 2. College of Agriculture, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China; 3. Wheat Research Institute, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Linfen 041000, China)

Abstract: There have been dramatic developments in industry and the increasing of urban population since 1980s, which related with the amount of disposal of industrial and domestic wastewater increasing in the last years. Many farmers in the suburban area get to irrigate their land with such disposing wastewater. Many experiences have shown that the sewage irrigation can increase organic matter content in soil, and is an important method to alleviate water deficit. However, it may also cause some negative effects as decreasing enzyme activity of soil, accumulating heavy metals in soil and crops, lowering poorer quality of agricultural products, and reducing crude protein and amino acids of the crop seeds. This paper deals with the effects of stress of sewage irrigation on spring wheat root antioxidant enzymes activity and seedling growth under utilizing a water cultivation experiment. The result showed that: (1) comparing with the control group, the spring wheat seedling under sewage irrigation has small height and short root length. And numbers of root, fresh and dry weight of stem, leaf and root decreased drastically; (2) Speeding up the decline of green leaves and root of spring wheat, reducing the root vigor and significantly increasing the MDA content in root have been proved relating with the stress of sewage irrigation at the same time; (3) Sewage irrigation stress also stimulated POD and SOD activities, but with the extended stress, the activities of SOD turned to be restrained, yet decreased dramatically; (4) The spring wheat seedling under disposed sewage irrigation was not significantly different from the control group.

Keywords: sewage irrigation stress; wheat roots; seedling growth; antioxidant enzymes activity

收稿日期:2004-10-17

基金项目:山西省自然科学基金(9901102)

作者简介:张永清(1964—),男,副教授,博士研究生,主要从事农业生态及植物营养与肥料方面的教学与研究工作。

E-mail:yqzhang208@126.com

随着干旱半干旱地区水资源供需矛盾的不断加剧,污水的资源化问题引起了越来越多的关注和重视。大量研究表明,污水灌溉不仅提供了灌溉所需的水资源,缓解了干旱缺水地区农业用水的供需矛盾,为农业生产提供了大量的营养物质(N、P、K 和其他微量元素),而且还可以增加土壤有机质含量。但污水灌溉也可能会因其所携带的有害物质而引起土壤、作物中重金属积累超标,农产品品质变坏、作物生长发育受阻甚至死亡等不良后果。据有关资料报道,目前,我国污水灌溉面积已达 $3.168\times10^6\text{ hm}^{2[1]}$,且呈逐年扩大的趋势。小麦是我国北方干旱半干旱地区最主要的粮食作物,是污水灌溉的主要对象之一,因此,研究污水灌溉对小麦生长发育的影响,对于开发改造和利用污水资源具有重要的实际意义^[2~5]。本试验采用水培的方法,研究了污水和处理后的污水对小麦根系及幼苗生长发育的影响,以期为农业生产中污水的利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与设计

水培试验在山西农业大学农学院黄土高原作物生态研究所温室内进行。供试小麦品种为加春 1 号(加拿大春麦品种,经 3 年试种,在本地表现良好)。水培容器采用 30 cm×40 cm 长方形聚乙烯塑料盆,每盆装水 6 L。试验所用污水为山西农业大学教学实验与

生活所排的污水,处理前后污水的理化性质见表 1。设置下列 3 个处理:对照(CK:1/2Hoagland 营养液加 1/2 自来水),污水(T₁:1/2Hoagland 营养液加 1/2 污水),处理后污水(T₂:1/2Hoagland 营养液加 1/2 清污处理后的污水)。选取饱满、均匀的小麦种子,经 0.1% 升汞消毒 10 min,去离子水冲洗并浸泡 24 h 后,均匀地摆放在铺有滤纸的培养皿中,置于 25℃±2℃光照培养箱中培养,每天用去离子水浇灌,5 d 后选择长势一致的健壮幼苗,移入水培盘中培养,每盘 20 株,定时通气,每周更换 1 次营养液,每处理重复 3 次,培养 10 d 和 20 d 时各取样一次,调查分析各项指标。

1.2 测试指标与方法

- 小麦根长的测定:水盘网格法^[6]。
- MDA 含量的测定:硫代巴比妥酸(TBA)法^[7]。
- POD 活性的测定:愈创木酚法^[8]。
- SOD 活性的测定:氮蓝四唑(NBT)法^[8]。
- 化学需氧量 COD 测定:重铬酸钾氧化法^[9]。
- 悬浮物 SS 测定:过滤烘干称重法^[9]。
- 全磷 TP 测定:钼蓝比色法^[9]。
- 氨态氮、钙镁离子、氯离子及重碳酸根离子含量测定:常规测定方法^[9]。
- pH:酸度计法^[9]。

1.3 试验数据处理

用 DPS 数据分析软件进行统计分析并进行新复极差多重比较,结果用平均值±标准误差表示。

表 1 供试污水的理化性质

Table 1 Physical and chemical properties of the sewage in the experiment

项目	COD /mg·L ⁻¹	SS /mg·L ⁻¹	TP /mg·L ⁻¹	NH ₄ ⁺ -N /mg·L ⁻¹	Ca ²⁺ +Mg ²⁺ /mmol·L ⁻¹	Cl ⁻ /mg·L ⁻¹	HCO ₃ ⁻ /mmol·L ⁻¹	pH
未处理污水	413	132	6.71	64	3.91	0.181	11.72	7.91
处理后污水	69	28	0.68	12	3.15	0.148	6.74	7.52

2 结果与分析

2.1 污灌胁迫对小麦幼苗生长的影响

由表 2 可以看出,经污水处理后,小麦幼苗在株高、根长、根数、地上与地下部分的鲜重与干重等指标,均表现出一致的规律,即对照>处理后的污水>污水。经统计分析和多重比较后表明,处理后的污水与对照处理间未达显著差异,但二者与污水处理间均达显著差异,说明利用污水直接灌溉小麦,确实会对其生长产生明显的不利影响,而利用处理后的污水灌溉小麦则不会发生类似的情况。

分析表 2 中的数据还可以看出,污灌后对小麦根

系的影响大于地上部。在培养到第 10 d 时,污水处理的小麦幼苗株高比对照下降了 14.81%,但根长却下降了 53.45%。在培养到第 20 d 时,污水处理的小麦幼苗地上干重比对照下降了 26.8%,但根重却下降了 64%。尤其是培养到 20 d 后,生长在污水营养液中的小麦出叶速度变缓,下部叶片开始黄化,上部的叶片叶尖也相继开始出现枯萎发黄现象。同时,部分初生根开始腐烂、死亡,根系的分枝数明显减少,根尖发黄,部分根尖变黑,总根数较对照下降 40.6%,小麦生长明显受阻滞后。

2.2 污灌胁迫对小麦幼苗根系活力的影响

作物根系吸收功能的降低是污水危害作物的直

表 2 污灌胁迫对小麦幼苗生长的影响

Table 2 Effects of sewage irrigation stress on the growth of wheat seedling

处理时间 /d	处理	株高 /cm	茎叶鲜重 /mg	茎叶干重 /mg	总根数 (piece)	平均根长 /cm	最大根长 /cm	根鲜重 /mg	根干重 /mg
10	污水 (T ₁)	18.4±1.9A	246±67B	29±5.5B	5.2±0.8B	4.58±0.75B	9.5±1.4B	96±22B	13±2A
10	处理后污水 (T ₂)	21.8±1.7A	472±37A	57±8.5A	8.2±0.8A	10.1±1.04A	14.8±0.6A	175±32A	20±4A
10	对照 CK	21.6±1.1A	469±55A	50±90A	8.4±0.9A	9.84±1.45A	14.9±0.9A	170±16A	19±3A
20	污水 (T ₁)	26.5±0.8B	473±42B	131±9.0B	7.6±1.1B	6.32±0.55B	16.0±2.5B	166±24B	19±3B
20	处理后污水 (T ₂)	31.4±1.6A	739±55A	160±9.9A	12.4±1.8A	9.30±0.93A	27.6±5.3A	426±46A	42±4A
20	对照 CK	32.2±1.3A	842±57A	179±4.1A	12.8±0.8A	10.2±1.06A	31.4±2.6A	461±46A	49±5A

注:同一列数据右边字母相同者表示差异未达显著水平($P>0.01$);字母不同者表示差异达极显著水平($P<0.01$),以下表均同。

接表现,而根系活力是反映根系吸收功能的一项综合指标,因此,测定小麦根系活力,可以反映出小麦的受害程度。由表 3 可以看出,不同处理培养 10 d 后,污水处理小麦根系活力明显高于对照和处理后的污水,但由于总根重很低,其根系总活力仍低于另外 2 个处理。培养初期根系活力的提高可能是小麦幼苗对污水

的一种适应性表现,但这种适应只能维持较短的时间。当培养延至 20 d 后,污水处理小麦根系活力明显下降,根活力和根系总活力都显著低于另外 2 个处理,说明污水处理已使小麦根系的吸收功能受到严重破坏。

2.3 污灌胁迫对小麦幼苗根系 MDA 含量的影响

表 3 污灌胁迫对小麦根系活力的影响

Table 3 Effects of sewage irrigation stress on the vigor of wheat root

处理	处理时间 /d	根系活力 / $\mu\text{gTTC} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW} \cdot \text{h}^{-1}$	总根系活力 / $\mu\text{gTTC} \cdot \text{plant}^{-1} \text{FW} \cdot \text{h}^{-1}$	MDA 含量 / $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$
污水 (T ₁)	10	141.26±8.91A	13.37±2.40A	58.5±2.64A
处理后污水 (T ₂)	10	96.10±6.18B	16.74±2.74A	41.6±2.50B
对照 (CK)	10	91.70±8.12B	15.48±0.60A	40.8±2.00B
污水 (T ₁)	20	58.30±4.10B	9.59±0.73C	98.7±1.90A
处理后污水 (T ₂)	20	64.72±6.66AB	27.33±1.22B	55.2±1.53B
对照 (CK)	20	68.72±2.90A	31.60±1.90A	53.2±2.24B

MDA 是膜脂过氧化的重要产物,其含量的高低是反映逆境条件下植物细胞膜受害程度的重要指标。表 3 结果表明,污灌胁迫可明显提高小麦根系 MDA 含量;在培养 10d 时污水处理小麦根系 MDA 含量是对照的 1.43 倍,而在培养 20d 时污水处理小麦根系的 MDA 含量已迅速上升至对照的 1.86 倍。MDA 含量的增加表明污灌逆境已使小麦根系的膜脂过氧化水平明显升高。这必然会造成膜透性增大、膜结构受损伤程度加深、抗逆能力减弱。

2.4 污灌胁迫对小麦幼苗根系 SOD 和 POD 活力的影响

SOD 和 POD 均为细胞膜脂过氧化作用中氧自由基清除酶系统中的关键酶,其作用是催化细胞膜脂过氧化作用中产生的超氧阴离子自由基,并使之发生歧化反应,从而解除或减轻膜脂过氧化作用对细胞膜的损伤。由图 1 可见,污水处理 10 d 时根系的 SOD 活性略高于对照,20 d 已明显低于对照,仅为对照的 61%。SOD 活性在短期污水胁迫后的增加可以看作是

小麦根系对污灌逆境的一种适应性表现,短期的胁迫激活了 SOD 活性,但随后 SOD 活性的迅速下降表明污水处理 10 d 后,污灌逆境开始使根系的膜脂过氧化作用加剧,SOD 已难以有效地清除细胞过氧化作用产生的自由基,小麦根细胞已受到不可逆转的损伤。

与污水胁迫后 SOD 活性的变化有所不同,污灌胁迫对小麦根系 POD 活性具有明显的激活效应。两次测定污水胁迫处理小麦根系的 POD 活性均高于对照,而且在培养到 20 d 时,小麦根系 POD 的活性比 10 d 时有明显的增加。这是否表明 POD 活性对污灌逆境的敏感性低于 SOD,是否也表明在本试验条件下 POD 对根系细胞膜的保护作用高于 SOD,值得进一步研究。

3 结论与讨论

(1)逆境胁迫可使植物体内活性氧的产生与消除平衡失调,造成植物体内大量的自由基累积,进而启动膜脂过氧化,导致膜结构的损伤和破坏,对植物产

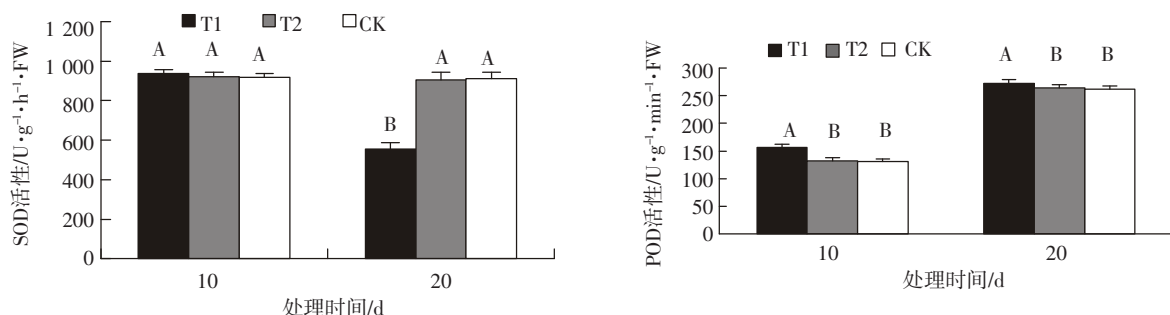


图1 污灌胁迫对小麦根系SOD、POD活性的影响

Figure 1 Effects of sewage irrigation stress on the activity of SOD and POD in wheat root

生伤害^[5,9,10]。本试验结果表明,污灌胁迫初期,小麦根系中抗氧化酶SOD和POD活性有所增加,这可能是小麦对污灌胁迫的一种适应性反应。污水中大量的重金属及有机污染物导致了小麦根细胞中活性氧的产生,从而激活了体内的抗氧化酶系统。但是,随着胁迫时间的延长,保护酶系统逐渐被抑制,SOD活性迅速下降,过氧化产物MDA明显增加,抗氧化酶系统已难以有效清除因污灌而产生的过氧化产物,小麦根系已受到不可逆转的损伤,表现为小麦的根系生长受阻,根毛变少,活力下降,进而导致地上部生长缓慢,叶片发黄,植株矮小。

(2)SOD和POD对污灌胁迫的反应不同,在本试验条件下,受污灌胁迫后,小麦根系SOD活性表现为先升后降,但POD活性却表现为持续上升。这是否表明POD对小麦根系细胞膜的保护作用高于SOD,是否说明不同作物在不同胁迫条件下,不同种类的保护酶的作用不同,值得进一步研究。

(3)作物根系是污灌胁迫的直接受害者,污灌对根系的影响明显大于对地上部的影响。经过净化处理后的污水,除去了污水中的大部分有害物质,同时保留了污水中的部分营养物质,用于灌溉作物,不会产生不良的影响。

(4)本试验采用的是水培试验,没有考虑土壤对

污水中有害物的净化和缓冲作用,但土壤的净化作用也是有限的。因此,无论从环保和可持续发展的角度出发,还是从增产增收的角度出发,都应尽量减少利用未经处理的污水直接浇灌作物。

参考文献:

- [1] 孟雷,左强.污水灌溉对冬小麦根长密度和根系吸水速率分布的影响[J].灌溉排水学报,2003,22(4):25-29.
- [2] 王爱民.硅对污灌水稻幼苗几种生理特性的影响[J].广西植物,2002,22(2):171-173.
- [3] 高侠莉,王爱民,袁宗飞,等.污灌对蔬菜生理生态指标及细胞学影响的研究[J].中国环境科学,1997,17(5):443-445.
- [4] 查贵锋,黄冠华,冯绍元,等.夏玉米污水灌溉时水分与氮素利用效率的研究[J].农业工程学报,2003,9(3):63-67.
- [5] 刘登义,王友保,张徐祥,等.污灌对小麦幼苗生长及活性氧代谢的影响[J].应用生态学报,2002,13(10):1319-1322.
- [6] 翟丙年,孙春梅,王俊儒,等.氮素亏缺对冬小麦根系生长发育的影响[J].作物学报,2003,29(6):913-918.
- [7] 张志良.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,1992.88-154.
- [8] 王爱国,罗广华,邵从本,等.大豆种子超氧化物歧化酶的研究[J].植物生理学报,1983,9(1):77-84.
- [9] 奚旦立,孙裕生,刘秀英.环境监测[M].北京:高等教育出版社,2000.19-102.
- [10] 马文丽,金小弟,王转花.镉处理对乌麦种子萌发幼苗生长及抗氧化酶的影响[J].农业环境科学学报,2004,23(1):55-59.