

含硝基苯废水灌溉对大豆生长及品质的影响研究

刘小民, 陶 波

(东北农业大学, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘 要:采用温室盆栽方法,研究了硝基苯废水灌溉对大豆生长及品质的影响。结果表明,当硝基苯浇灌浓度为 5、25、50、100、200 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,1 粒荚数分别比对照组增加 5.61%、25.51%、46.94%、37.76%、22.45%,2 粒荚数分别比对照组增加 5.20%、6.58%、7.57%、9.54%、11.51%,3 粒荚数分别比对照降低 41.67%、59.09%、42.42%、53.03%、54.55%,4 粒荚数分别比对照组减少 86.36%、93.18%、88.07%、96.59%、93.18%,总荚数分别比对照减少 18.51%、23.08%、27.40%、22.36%、26.92%,瘪荚数分别比对照增加 14.20%、53.41%、51.70%、65.34%、70.80%,单株总粒数分别比对照减少 33.34%、33.11%、36.57%、43.69%、45.92%,百粒重分别比对照减少 12.62%、16.42%、19.24%、25.85%、36.63%。5、25、50 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 硝基苯浇灌后,大豆籽粒中蛋白质含量处理组比对照组增加 0.41%、1.81%、0.22%,油分含量处理组比对照组分别增加 2.56%、4.65%、1.76%;当浇灌浓度为 100、200 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,籽粒中蛋白质含量处理组比对照组分别减少了 1.68%、2.32%,籽粒中油分含量处理组比对照组减少 3.46%、6.15%,水分含量处理组分别比对照组增加 32.17%、39.92%、36.82%、17.83%、17.83%、19.38%。

关键词:硝基苯;大豆生长;品质

中图分类号:X503.231 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2043(2009)02-0325-04

Effects of Irrigation with Nitrobenzene Wastewater on Growth and Quality of Soybean

LIU Xiao-min, TAO Bo

(Northeast Agriculture University, Harbin 150030, China)

Abstract: The effects of nitrobenzene in irrigated water on growth and quality characters of soybean were studied. Under the irrigation with nitrobenzene wastewater, the number of three and four seeded pods and the total number of pods per plant reduced obviously, while the number of one and two seeded pods and the number of shrunken pods increased to a certain degree, and 100-seed weight and soybean yields also decreased. When the concentration of nitrobenzene were 5, 25, 50, 100 and 200 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, compared with the CK, the number of one seeded pods increased 5.61%, 25.51%, 46.94%, 37.76% and 22.45% respectively; the number of two seeded pods increased 5.20%, 6.58%, 7.57%, 9.54% and 11.51% respectively, the number of three seeded pods decreased 41.67%, 59.09%, 42.42%, 53.03% and 54.55% respectively, the number of four seeded pods decreased 86.36%, 93.18%, 88.07%, 96.59% and 93.18% respectively, the total number of pods per plant decreased 18.51%, 23.08%, 27.40%, 22.36% and 26.92% respectively, the number of shrunken pods increased 14.20%, 53.41%, 51.70%, 65.34% and 70.80% respectively, the 100-seed weight decreased 12.62%, 16.42%, 19.24%, 25.85% and 36.63% respectively. Under the irrigation condition, there was no significant difference between treatments and control in the content of protein and oil in soybean seeds, but the content of water in soybean seed increased significantly.

Keywords: nitrobenzene; growth of soybean; quality

硝基苯类化合物是重要的基础化工原料之一,在染料、医药、化工、炸药、农药和有机合成等工业生产上具有广泛的应用。它们结构稳定,不易分解、转化,种类多而复杂,而且对生物的毒性很大。通常该类化

合物都是高毒性、强致癌性物质,直接排放到环境中去将导致严重的环境污染问题。据统计,全球每年排入到环境中的硝基苯类化合物约 $3\times 10^4\text{ t}^{[1-2]}$,而且随着现代化学工业的不断发展,对该类化合物的需求呈明显上升趋势。国内外对硝基苯类化合物的研究相当活跃,主要集中研究了它们的环境行为、生态学特性及在水生生物体内的富集作用及其引起的毒性毒理机制^[3-6,10-16]。但是硝基苯污染物对农业生态环境、对农作物直接危害以及对农产品的品质影响研究较少。本

收稿日期:2008-04-09

基金项目:科技部“松花江污水污染应急科技专项”(2006BA618A)

作者简介:刘小民(1981—),硕士研究生,从事农药学研究。

通讯作者:陶 波 E-mail:botaol@163.com

文针对硝基苯污染对农业生产及生态环境的潜在危害,研究了灌溉水中硝基苯类物质对农作物毒性效应及污染行为,为制定硝基苯类物质的农田灌溉水质标准,合理利用污水灌溉农田提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

大豆品种为东农 46(东北农业大学国家重点实验室大豆实验中心提供),硝基苯(国家环保总局提供)。所用土壤采自东北农业大学香坊试验站(0~20 cm 耕层),土壤为黑土,土壤肥力良好,土壤 pH 值为 7,有机质含量为 5%。

1.2 试验设计

本试验在东北农业大学植保温室中进行,试验选取饱满、均匀的大豆种子,将种子用 0.5% 的 NaClO 消毒 10 min,并用温水浸种 12 h,播于直径为 30 cm,高 40 cm 的桶中,模拟田间株距为 8 cm,每桶种植 7 株,基肥施尿素、磷酸氢二钙、氯化钾,土壤中 N、P、K 含量分别为 142.8、1 300、182.4 mg·kg⁻¹,硝基苯灌溉水浓度分别为 5、25、50、100、200 mg·kg⁻¹,并用去离子水作对照,每个处理组设 4 次重复,定期浇灌,整个生育期内灌溉总量为 200 L·m⁻²。

1.3 研究方法

1.3.1 大豆产量性状测定

大豆收获后测定各处理大豆 1 粒荚、2 粒荚、3 粒荚、4 粒荚、总荚数、瘪荚数、单株总粒数及百粒重等产量性状。

1.3.2 大豆品质测定

利用 Infratec TM 1241 改进型近红外谷物分析仪测定各处理大豆籽粒中蛋白质、油分、水分含量。

2 结果与分析

2.1 硝基苯灌溉水对大豆产量性状的影响

从播种到收获整个生长期,大豆产量性状与硝基苯浓度有关,表 1 为大豆的产量性状与硝基苯浓度之间的关系表。从表 1 中可以看出 5 个处理,1 粒荚数与对照组相比差异不显著,但是分别比对照组增加 5.61%、25.51%、46.94%、37.76% 和 22.45%,2 粒荚数各处理与对照组相比差异不显著,但是分别比对照组增加 5.20%、6.58%、7.57%、9.54% 和 11.51%,3 粒荚当硝基苯浇灌浓度高于 5 mg·L⁻¹ 时,处理组与对照组相比差异极显著,5 个处理分别比对照降低 41.67%、59.09%、42.42%、53.03% 和 54.55%,4 粒荚数处理组与对照组相比差异极显著,各处理分别比对照组减少

表 1 灌溉水中硝基苯对大豆产量性状影响的显著性分析

Table 1 Significance analysis of effects of nitrobenzene in irrigated water on soybean yield characters

项目	硝基苯浓度/mg·L ⁻¹					
	0	5	25	50	100	200
1 粒荚	4.08±0.83	4.31±1.11	5.13±1.16	6.00±0.41	5.63±2.15	5.00±1.17
影响率/%	0.00	5.61	25.51	46.94	37.76	22.45
2 粒荚	6.33±0.81	6.66±1.37	6.75±0.54	6.81±1.70	6.94±1.14	7.06±0.38
影响率/%	0.00	5.20	6.58	7.57	9.54	11.51
3 粒荚	8.25±0.88	4.81±1.46**	3.38±1.03**	4.75±1.06**	3.88±1.76**	3.75±0.35**
影响率/%	0.00	-41.67	-59.09	-42.42	-53.03	-54.55
4 粒荚	3.67±0.61	0.50±0.35**	0.25±0.00**	0.44±0.38**	0.13±0.14**	0.25±0.00**
影响率/%	0.00	-86.36	-93.18	-88.07	-96.59	-93.18
总荚数	26.00±1.94	21.38±4.39	20.00±4.23*	20.69±2.91*	20.19±2.00*	19.00±0.89*
影响率/%	0.00	-17.77	-23.08	-20.42	-22.35	-26.92
瘪荚数	3.67±0.47	4.19±1.59	5.63±2.17	5.56±1.74	6.06±1.34	6.26±0.82*
影响率/%	0.00	14.20	53.41	51.70	65.34	70.80
单株总粒数	56.17±5.12	37.44±3.01**	37.57±4.46**	35.63±4.68**	31.63±4.33**	30.38±1.13**
影响率/%	0.00	-33.34	-33.11	-36.57	-43.69	-45.92
百粒质量/g	22.08±0.34	19.29±0.80**	18.46±0.86**	17.83±0.74**	16.37±0.76**	13.99±0.26**
影响率/%	0.00	-12.62	-16.42	-19.24	-25.85	-36.63

注:±(%)表示处理与对照相比增加或减少的百分数;* $P<0.05$, ** $P<0.01$ 。

Note: ±(%) is increased or decreased percentage compared with control; * $P<0.05$, ** $P<0.01$.

86.36%、93.18%、88.07%、96.59%和 93.18%。当硝基苯浇灌浓度为 $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,处理组的总荚数与对照组相比差异显著,比对照减少 18.51%,当污水中硝基苯浓度高于 $25 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,处理组与对照组相比差异极显著,分别比对照组减少 23.08%、27.40%、22.36%、26.92%。对照组的瘪荚数与各处理间差异显著,各处理分别比对照增加 14.20%、53.41%、51.70%、65.34%、70.80%。单株总粒数方面,硝基苯浇灌浓度高于 $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,处理与对照相比差异极显著,各处理分别比对照减少 33.34%、33.11%、36.57%、43.69%和 45.92%。百粒重方面,各处理与对照组相比差异极显著,分别比对照减少 12.62%、16.42%、19.24%、25.85%和 36.63%。试验结果说明,在含硝基苯的污水浇灌下,显著降低了大豆 3 粒荚及 4 粒荚数,增加了 1 粒荚、2 粒荚数及瘪荚数;并且使大豆单株总粒数大减少和百粒重降低,显然减少了大豆产量。

2.2 硝基苯灌溉水对大豆品质的影响

由图 1 可以看出,硝基苯浇灌对大豆蛋白和油分含量的影响不大,5、25、50 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 硝基苯浇灌后,大豆籽粒中蛋白质含量处理组比对照组增加 0.41%、1.81%、0.22%,当浇灌浓度为 100、200 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,籽粒中蛋白质含量处理组比对照组分别减少了 1.68%、2.32%,但是处理与对照之间差异不显著。徐应明等^[8]研究表明,随着硝基苯浓度的增加,小麦面粉中蛋白质含量呈先增加后降低的趋势。面粉中蛋白质最高含量比对照高 3.19%,对应的浓度为 50 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$,而硝基苯浓度为 100 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时所对应的小麦面粉中蛋白质含量则比对照下降了 4.46%。本研究结果与其相似。5、25、50 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 硝基苯浇灌后,大豆籽粒中油分含量处理组比对照组分别增加 2.56%、4.65%、1.76%,当浇灌浓度为 100、200 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,籽粒中油分含量处理组

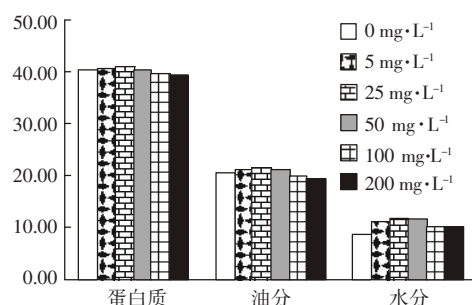


图 1 灌溉水中硝基苯对大豆品质性状的影响

Figure 1 Effects of nitrobenzene in irrigated water on soybean quality characters

比对照组减少 3.46%、6.15%,与对蛋白质含量影响相似,随着硝基苯浇灌浓度的升高,对大豆籽粒中油分含量的影响呈先上升后下降的趋势,处理组与对照组相比差异不显著,而硝基苯浇灌后,增加了大豆籽粒中水分含量,5、25、50、100、200 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的处理组与对照组相比差异极显著,水分含量处理组分别比对照组增加 32.17%、39.92%、36.82%、17.83%、19.38%。

3 结论与讨论

袁志华等研究表明,硝基苯浇灌条件下,当小麦生长二叶期时,灌溉水量为 $17 \text{ L} \cdot \text{m}^{-2}$,在灌溉后的第 3 d,400 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 硝基苯灌溉下的小麦苗表现出烧伤症状,苗干枯几乎致死。当小麦生长进入分蘖期,浓度为 400 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的硝基苯溶液影响下的小麦植株全部死亡,浓度为 100 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的硝基苯溶液影响下的小麦有 1/5 叶片枯死,节间短^[7,9]。徐应明等研究表明,灌溉水中硝基苯的存在降低了小麦千粒重,并抑制小麦结实率,抑制率和浓度间的关系符合方程 $y = -5.429 1x + 88.074R^2$;灌溉水中硝基苯的存在,在低浓度下可刺

表 2 灌溉水中硝基苯对大豆品质性状影响的显著性分析

Table 2 Significance analysis of effects of nitrobenzene in irrigated water on soybean quality characters

品质指标	硝基苯浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$					
	0	5	25	50	100	200
蛋白质含量	40.50±0.69	40.67±0.06	41.23±0.31	40.59±0.70	39.82±0.20	39.56±0.17
影响率/%	0.00	0.41	1.81	0.22	-1.68	-2.32
油分含量	20.80±0.26	21.33±0.55	21.77±0.23	21.17±0.15	20.08±0.35	19.52±0.17
影响率/%	0.00	2.56	4.65	1.76	-3.46	-6.15
水分含量	8.60±0.17	11.37±0.23**	12.03±0.15**	11.77±0.06**	10.13±0.25**	10.27±0.29**
影响率/%	0.00	32.17	39.92	36.82	17.83	19.38

注:±(%)表示处理与对照相比增加或减少的百分数;* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ 。

Note: ±(%) is increased or decreased percentage compared with control; * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$.

激小麦面粉和麸皮中蛋白质、氨基酸和可溶性糖含量的增加,提高小麦的品质;但在高浓度下则抑制小麦面粉和麸皮中蛋白质、氨基酸和可溶性糖含量的增加,降低小麦的品质^[7-8]。

本试验结果表明,当硝基苯浇灌浓度为 5、25、50、100、200 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,1 粒荚数分别比对照组增加 5.61%、25.51%、46.94%、37.76%、22.45%,2 粒荚数分别比对照组增加 5.20%、6.58%、7.57%、9.54%、11.51%,3 粒荚数分别比对照降低 41.67%、59.09%、42.42%、53.03%、54.55%,4 粒荚数分别比对照组减少 86.36%、93.18%、88.07%、96.59%、93.18%,总荚数分别比对照减少 18.51%、23.08%、27.40%、22.36%、26.92%,瘪荚数分别比对照增加 14.20%、53.41%、51.70%、65.34%、70.80%,单株总粒数分别比对照减少 33.34%、33.11%、36.57%、43.69%、45.92%,百粒重分别比对照减少 12.62%、16.42%、19.24%、25.85%、36.63%。

本研究发现,5、25、50 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 硝基苯浇灌后,大豆籽粒中蛋白质含量处理组比对照组增加 0.41%、1.81%、0.22%,油分含量处理组比对照组分别增加 2.56%、4.65%、1.76%;当浇灌浓度为 100、200 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,籽粒中蛋白质含量处理组比对照组分别减少了 1.68%、2.32%,籽粒中油分含量处理组比对照组减少 3.46%、6.15%,水分含量处理组分别比对照组增加 32.17%、39.92%、36.82%、17.83%、19.38%。

结果表明,硝基苯浇灌条件下对大豆品质影响不显著,对蛋白质、油分等含量的影响与徐应明等报道的相类似,灌溉水中硝基苯的存在显著降低了大豆 3 粒荚及 4 粒荚数,瘪荚数显著增多,大豆单株总粒数减少,降低了大豆的百粒重,减少大豆产量。大豆对硝基苯敏感,硝基苯的临界浓度低于 5 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。但是关于硝基苯浇灌后,在土壤中以及在大豆籽粒中的残留情况有待于进一步的研究。

参考文献:

- [1] Nitrobenzene, Environmental Health Criteria 230, 2003.
- [2] Hankenson K, Schaeffer D J Buff. Microtox assay of trinitrofluorene di-aminonitrofluorene and dinitromethylaniline mixture [J]. *Environ Contam Toxicol*, 1991, 46(4): 550-553.
- [3] Fletcher, McFarlane. Influence of root exposure concentration on the fate of nitrobenzene in soybean [J]. *Chemosphere*, 1990, 20(5): 513-523.
- [4] 刘 宛, 孙铁珩, 李培军, 等. 1,2,4-三氯苯胁迫对大豆下胚轴膜脂过氧化的影响 [J]. *农业环境保护*, 2002, 21(5): 413-416.
- LIU Wan, SUN Tie-heng, LI Pei-jun, et al. Effects of 1,2,4-trichlorobenzene stress on active oxygen in germinated soybean seeds [J]. *Agro-Environmental Protection*, 2002, 21(5): 413-416.
- [5] 刘 宛, 孙铁珩, 周启星. 氯苯胁迫对大豆种子萌发的伤害 [J]. *应用生态学报*, 2002, 13(2): 141-144.
- LIU Wan, SUN Tie-heng, ZHOU Qi-xing, et al. Chlorobenzene-stressing injury of the germination of soybean seed [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(2): 141-144.
- [6] 刘 宛, 李培军. 氯苯类胁迫对蚕豆幼苗超氧化物歧化酶活性的影响 [J]. *农业环境科学学报*, 2004, 23(3): 432-436.
- LIU Wan, LI Pei-jun. Effect of stress from chlorobenzenes on SOD activity of broadbean seedlings [J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2004, 23(3): 432-436.
- [7] 徐应明, 袁志华. 氯苯、硝基苯胁迫对小麦种子萌发和幼苗生理特性的影响 [J]. *灌溉排水学报*, 2004, 23(5): 6-9.
- XU Ying-ming, YUAN Zhi-hua. Effects of nitrobenzene and chlorobenzene on seed germination and biological characters of wheat [J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2004, 23(5): 6-9.
- [8] 徐应明, 袁志华. 硝基苯和氯苯灌溉对春小麦品质影响研究 [J]. *灌溉排水学报*, 2004, 23(3): 17-19.
- XU Ying-ming, YUAN Zhi-hua. Effects of nitrobenzene and chlorobenzene in irrigation water on quality of spring wheat [J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2004, 23(3): 17-19.
- [9] 徐应明, 袁志华. 二氯苯胁迫对小麦种子萌发和幼苗生长的影响 [J]. *灌溉排水学报*, 2005, 24(4): 11-14.
- XU Ying-ming, YUAN Zhi-hua. Effects of dichlorobenzene-stress on seed germination and seedling growth of wheat [J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2005, 24(4): 11-14.
- [10] 陈 萍, 邱 瑾. 国内硝基苯废水治理研究进展 [J]. *贵州化工*, 2004, 29(2): 30-34.
- CHEN Ping, QIU Jin. Study progress on nitrobenzene waste water treatment [J]. *Guizhou Chemical Industry*, 2004, 29(2): 30-34.
- [11] 李湛江, 韦朝海. 硝基苯降解菌生长特性及其降解活性 [J]. *环境科学*, 1999, 20(5): 20-24.
- LI Zhan-jiang, WEI Chao-hai. Growth Characteristics and Activities of Nitrobenzene Anaerobic Biodegradation Strains [J]. *Environmental Science*, 1999, 20(5): 20-24.
- [12] 侯 轶, 任 源, 韦朝海. 硝基苯好氧降解菌筛选及其降解特性 [J]. *环境科学研究*, 1999, 12(6): 25-28.
- HOU Yi, REN Yuan, WEI Chao-hai. Selection of nitrobenzene-degrading microorganism under aerobic conditions and its degrading character [J]. *Research of Environmental Sciences*, 1999, 12(6): 25-28.
- [13] 李秀霞, 邵 红, 王 仲, 等. 硝基苯胁迫对水稻种子萌发和幼苗生理特性的影响 [J]. *种子*, 2007, 26(2): 39-40.
- LI Xiu-xia, SHAO Hong, WANG Zhong, et al. Effects of nitrobenzene stress on seed germination and seedling physiological characteristic of rice [J]. *Seed*, 2007, 26(2): 39-40.
- [14] Giannopolitis N, Ries S K. Superoxide dismutase I. Occurrence in higher plants [J]. *Plant Physiol*, 1977, 59: 309-314.
- [15] Heath RL, Packer L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid and peroxidation [J]. *Archives Biochem Biophys*, 1981, 125: 189-198.
- [16] Dunnivant F M, Schwarzenbach R P, Macalady D L. Reduction of substituted nitrobenzene in aqueous solutions containing natural organic matter [J]. *Environ Sci Technol*, 1992, 26: 2133-2141.