

Cd、Zn 污染对小白菜营养品质的影响

谢建治^{1,2}, 李博文¹, 刘树庆¹

(1 河北农业大学 资源与环境学院, 河北 保定 071001; 2 天津大学 环境科学与工程学院, 天津 300072)

摘要: 针对潮褐土区域土壤重金属 Cd、Zn 污染的特点, 采用盆栽的试验方法, 研究了 Cd、Zn 对小白菜营养品质指标的影响。结果表明: 小白菜在 Cd、Zn 单因素处理条件下, 其营养品质指标叶绿素、还原糖和 Vc 都随添加重金属浓度的增加呈逐渐下降之势; 粗蛋白含量表现出低浓度处理降低, 高浓度处理升高的趋势; 粗纤维含量随土壤中 Cd 添加浓度的增加呈逐渐增加之势, 随土壤中 Zn 添加浓度的增加呈先降后升的趋势。当小白菜在 Cd、Zn 复合处理条件下时, 重金属 Cd、Zn 对粗蛋白的影响表现出协同正效应, 对还原糖、叶绿素和 Vc 的影响表现出协同负效应, 对粗纤维的影响表现为拮抗作用。

关键词: Cd、Zn; 小白菜; 复合污染; 营养品质

中图分类号: X503. 231

文献标识码: A

文章编号: 1001—411X (2005) 01—0042—04

Effects of cadmium and zinc pollution on the nutritional quality of non-heading Chinese cabbage

XIE Jian-zhi^{1,2}, LI Bo-wen¹, LIU Shu-qing¹

(1 College of Resources and Environment, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China;

2 School of Environmental Science and Technology, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: Cinnamon Soil was used to study the effects of heavy metal cadmium and zinc contamination on the nutritional quality of non-heading Chinese cabbage with pot culture. The results showed that under single cadmium or zinc treatment the content of chlorophyll, reducing sugar and vitamin C gradually decreased with the levels of cadmium or zinc added in soil. The content of crude protein dropped when cadmium or zinc concentration was low and rose when it was high. The content of crude fibre decreased with low concentration and increased with high concentration of zinc and it increased with the levels of added cadmium. Under complex cadmium and zinc treatment, zinc cooperated with cadmium to improve the content of crude protein and reduce the content of chlorophyll, reducing sugar and vitamin C. Zinc counteracted cadmium to affect the content of crude fibre.

Key words: cadmium; zinc; non-heading Chinese cabbage; complex pollution; nutritional quality

关于重金属对土壤系统的污染研究目前已进行得很多, 作为重金属中的主要元素, Cd、Zn 的研究也得到极大的重视。进入土壤中的 Cd、Zn 形态多样^[1], 一般不易随水移动, 不易被微生物分解^[2-3], 因而常在土壤中积累, 含量较高时还能降低土壤酶活性, 使之失活^[4-7]。进入土壤中的 Cd、Zn 通过生长在土壤上的生物表现出其危害症状^[8-9]。目前国内

外对重金属 Cd、Zn 的污染研究已相当深入, 且保持了相当的关注。研究表明 Cd、Zn 复合污染对水车前叶绿素含量和活性氧清除系统有一定的影响^[10]; Pb、Cd、Zn 单元素及其不同组合污染对烟草品质产生显著作用^[11]。但重金属 Cd、Zn 复合污染对蔬菜的营养品质指标的研究鲜见报道。本文针对重金属 Cd、Zn 在潮褐土区域对小白菜的生长状况进行了研

究,重点探讨了重金属 Cd、Zn 复合污染对小白菜营养品质指标的影响,旨在为该区域土壤—植物体系研究、环境质量评价等提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

本试验为网室盆栽试验,供试土样取自河北省保定市,属中壤质潮褐土。采样深度 40~60 cm,土样的基本理化性质: pH 为 7.44, w (有机质)=10.89 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, w (全 N)=0.63 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, w (速效 N)=22.71 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, w (速效 P)=14.02 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, w (速效 K)=98.04 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, w (CaCO_3)=165.00 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, w (<0.01 mm 粘粒)=388.40 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, w (Cd)=0.63 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, w (Zn)=75.88 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

用 18 cm×13 cm×17 cm 的塑料盆盛装过 3 mm 筛的风干土,每盆装土 2.5 kg。试验设计采用二因素完全正交设计: 重金属 Cd 以 $\text{Cd}(\text{Ac})_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 固体形式施入土壤,施入质量分数分别为 1、5、10、25、50 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 重金属 Zn 以 $\text{Zn}(\text{Ac})_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 固体形式施入土壤,施入质量分数分别为 100、300、600、900、1 200 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。同时每盆施腐熟牛粪 100 g 为底肥,一并与土壤混合均匀。混匀装盆后直播小白菜籽,出苗后每盆定苗 8 株,约 45 d 后收获,并测定小白菜中的叶绿素、还原糖、Vc、粗蛋白、粗纤维等营养品质指标。设 36 个处理,每个处理 3 次重复,共 108 盆。

1.2 测定方法

植物样中的叶绿素用丙酮乙醇混合液法, Vc 的测定用 2,6-二氯酚靛酚滴定法,粗蛋白的测定用凯氏定氮法,粗纤维用酸碱洗涤法,还原糖用蒽酮比色法。其中叶绿素、Vc 含量以鲜质量计;还原糖、粗蛋白、粗纤维含量以干质量计。pH、 CaCO_3 、有机质、全 N、速效 N、速效 P 等的测定均按土壤农化常规分析法^[3]进行。

2 结果与分析

2.1 重金属 Cd 单因素处理对小白菜营养品质指标的影响

对小白菜的叶绿素、还原糖、Vc、粗蛋白、粗纤维等主要营养指标的分析结果(表 1)表明:随土壤中添加 Cd 质量分数的增加小白菜叶绿素、还原糖和 Vc 的质量分数呈逐渐下降之势。土壤中添加 Cd 的质量分数与小白菜叶绿素、还原糖和 Vc 质量分数间的相关系数分别为 -0.950 4^{**}、-0.978 2^{**}、-0.985 8^{**},达极显著水平,即高质量分数重金属 Cd 能抑制小白菜合成叶绿素、还原糖、Vc,从而导致其

质量分数降低。

表 1 重金属 Cd 单因素处理条件下小白菜各营养品质指标含量

Tab. 1 The variety of the content of cabbage nutritional quality with cadmium treatment

$w(\text{Cd})$ /($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	$w/(\text{g}\cdot\text{kg}^{-1})$				$w(\text{Vc})$ /($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
	粗蛋白 crude protein	还原糖 reducing sugar	粗纤维 crude fibre	叶绿素 chlorophyll	
0	86.36	149.32	85.88	14.74	45.61
1	87.14	156.15	87.98	15.97	46.32
5	88.82	142.22	87.86	14.03	45.93
10	82.62	133.27	88.27	12.40	42.57
25	73.80	118.40	89.90	11.84	31.40
50	104.43	108.62	96.90	9.85	27.88

由表 1 还可看出小白菜营养指标粗蛋白在添加 Cd 小于 25 mg/kg 条件下呈逐渐下降趋势,但当添加 Cd 大于 25 mg/kg 时则呈逐渐增加趋势。这种变化趋势同样极显著,相关系数为 0.944 4^{**}。小白菜粗纤维含量随土壤中添加 Cd 质量分数的增加呈逐渐增加之势,相关系数为 0.982 8^{**},呈极显著正相关。

2.2 重金属 Zn 单因素处理对小白菜营养品质指标的影响

重金属 Zn 单因素处理对小白菜营养品质指标的影响如表 2 所示。由表 2 可以看出,随土壤中添加 Zn 质量分数的增加小白菜叶绿素、还原糖和 Vc 的质量分数呈逐渐下降之势,且土壤中添加 Zn 的质量分数与小白菜叶绿素、还原糖和 Vc 质量分数间呈线性负相关,相关系数分别为 -0.960 4^{**}、-0.942 2^{**}和 -0.838 2^{*},达显著水平。即重金属 Zn 高含量能抑制小白菜合成叶绿素、还原糖、Vc,从而使其含量降低。

表 2 重金属 Zn 单因素处理条件下小白菜各营养品质指标含量

Tab. 2 The variety of the content of cabbage nutritional quality with zinc treatment

$w(\text{Zn})$ /($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	$w/(\text{g}\cdot\text{kg}^{-1})$				$w(\text{Vc})$ /($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
	粗蛋白 crude protein	还原糖 reducing sugar	粗纤维 crude fibre	叶绿素 chlorophyll	
0	86.36	149.32	85.88	14.74	45.61
100	97.09	164.51	88.08	13.15	53.17
300	78.16	142.58	80.75	11.52	47.46
600	77.88	137.74	79.59	10.53	33.58
900	92.23	112.09	90.04	9.95	30.45
1200	131.62	106.51	91.50	8.58	28.45

由表 2 还可看出当土壤中添加 Zn 质量分数为 0 ~600 mg °kg⁻¹时,小白菜粗蛋白、粗纤维含量呈逐渐下降趋势;当添加 Zn 质量分数大于 600 mg °kg⁻¹时则呈逐渐增加趋势. 这种变化趋势同样极其显著,相关系数分别为 0. 953 6^{**}和 0. 805 8^{*}.

2.3 重金属 Cd、Zn 复合处理对小白菜营养品质指标的影响
Cd、Zn 复合污染效应与 Cd、Zn 单因素污染对小白菜营养品质的影响有着不同的特点,结果如表 3、表 4 所示.

表 3 重金属 Cd、Zn 复合处理条件下小白菜各营养品质指标含量

Tab. 3 The variety of the content of cabbage nutritional quality with cadmium and zine complex pollution						
w (Cd)	w (Zn)	w/ (g ° kg ⁻¹)				w (Vc)
/ (mg ° kg ⁻¹) / (mg ° kg ⁻¹)		粗蛋白 crude protein	还原糖 reducing sugar	粗纤维 crude fibre	叶绿素 chlorophyll	/(mg ° kg ⁻¹)
1	100	90. 82	84. 17	166. 31	14. 99	48. 95
	300	78. 50	88. 67	146. 40	11. 90	52. 98
	600	72. 86	85. 46	153. 49	10. 39	48. 57
	900	85. 07	90. 35	123. 32	11. 22	43. 55
	1 200	98. 34	92. 84	119. 13	10. 45	45. 15
5	100	74. 45	76. 95	134. 59	11. 10	47. 90
	300	75. 86	87. 62	193. 59	10. 50	44. 40
	600	84. 18	77. 26	163. 01	10. 21	37. 34
	900	81. 95	78. 13	160. 50	9. 38	45. 84
	1 200	97. 63	88. 62	132. 00	10. 76	41. 01
10	100	78. 16	84. 89	168. 68	11. 30	38. 13
	300	81. 24	80. 28	184. 58	9. 87	40. 46
	600	68. 96	77. 05	143. 35	10. 80	45. 17
	900	79. 02	79. 67	138. 02	10. 39	36. 68
	1 200	95. 70	84. 31	124. 83	6. 46	33. 76
25	100	82. 37	77. 69	124. 08	12. 10	39. 66
	300	89. 57	87. 69	145. 65	11. 04	46. 23
	600	86. 88	79. 54	126. 31	11. 58	36. 12
	900	98. 42	87. 03	113. 54	8. 35	36. 49
	1 200	128. 36	81. 59	113. 65	8. 89	33. 70
50	100	113. 21	80. 17	115. 91	13. 74	40. 49
	300	89. 78	74. 84	143. 35	11. 69	45. 78
	600	87. 84	78. 56	120. 05	10. 08	27. 30
	900	107. 10	85. 63	105. 98	9. 59	34. 69
	1 200	96. 82	87. 38	105. 32	7. 89	27. 53

表 4 重金属 Cd、Zn 复合污染与小白菜品质指标间的关系

Tab. 4 The correlation between the nutritional quality indicators of cabbage and heavy metal Cd and Zn complex pollution		
因变量	回归方程	相关系数 ¹⁾
dependent variable	regression equation	correlation coefficient
粗蛋白 crude protein	$Y = 7. 321\ 5 + 0. 036\ 9X_{Cd} + 0. 001\ 45X_{Zn}$	0. 660 1 ^{**}
粗纤维 crude fibre	$Y = 8. 155\ 5 - 0. 007\ 2X_{Cd} + 0. 000\ 45X_{Zn}$	0. 454 0 [*]
还原糖 reducing suger	$Y = 17. 042\ 5 - 0. 072\ 0X_{Cd} - 0. 003\ 02X_{Zn}$	0. 748 6 ^{**}
叶绿素 chlorophyll	$Y = 1. 262\ 5 - 0. 000\ 8X_{Cd} - 0. 000\ 31X_{Zn}$	0. 717 3 ^{**}
Vc	$Y = 49. 085\ 5 - 0. 209\ 1X_{Cd} - 0. 007\ 36X_{Zn}$	0. 736 2 ^{**}

1) n= 25, R_{0. 05}= 0. 388, R_{0. 01}= 0. 496

由表 3 可以看出, Cd、Zn 的复合效应对粗蛋白、还原糖、叶绿素和 Vc 都表现出协同效应, 但对粗纤维的影响表现为拮抗作用. 为了更好的表示出重金属 Cd、Zn 的复合效应对小白菜各营养品质指标的影响, 现将添加重金属 Cd、Zn 量与小白菜各营养品质指标进行回归分析, 其结果如表 4 所示.

由表 4 可知, 重金属 Cd、Zn 的复合处理对粗蛋白的影响表现出协同正效应; 重金属 Cd、Zn 的复合处理对还原糖、叶绿素和 Vc 的影响表现出协同负效应; 对粗纤维的影响比较复杂: 重金属 Cd 表现负效应, 重金属 Zn 表现出正效应, 即 Cd、Zn 间对粗纤维的影响表现为拮抗作用.

3 结论

小白菜在 Cd 单因素处理条件下, 随土壤中添加 Cd 质量分数的增加小白菜叶绿素、还原糖和 Vc 的质量分数呈逐渐下降之势, 相关系数分别为 -0.9504^{**} 、 -0.9782^{**} 、 -0.9858^{**} , 达极显著水平. 小白菜营养指标粗蛋白在添加 Cd 小于 25 mg/kg 条件下呈逐渐下降趋势, 但当添加 Cd 大于 25 mg/kg 时则呈逐渐增加趋势. 这种变化趋势同样极其显著, 相关系数为 0.9581^{**} . 小白菜体内粗纤维质量分数随土壤中添加 Cd 质量分数的增加呈逐渐增加之势, 相关系数为 0.9828^{**} , 呈极显著正相关.

小白菜在 Zn 单因素处理条件下, 随土壤中添加 Zn 质量分数的增加小白菜叶绿素、还原糖和 Vc 的质量分数呈逐渐下降之势, 相关系数分别为 -0.9604^{**} 、 -0.9422^{**} 、 -0.8382^{*} , 达显著水平. 当土壤中添加 Zn 的质量分数为 $0 \sim 600 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, 小白菜体内粗蛋白、粗纤维质量分数呈逐渐下降趋势; 当添加 Zn 的质量分数大于 $600 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时则呈逐渐增加趋势. 这种变化趋势同样极其显著, 相关系数分别为 0.9536^{**} 和 0.8383^{*} .

重金属 Cd、Zn 的复合处理对粗蛋白的影响表现出协同正效应; 重金属 Cd、Zn 的复合处理对还原糖、

叶绿素和 Vc 的影响表现出协同负效应; 对粗纤维的影响比较复杂: 重金属 Cd 表现负效应, 重金属 Zn 表现出正效应, 即 Cd、Zn 间对粗纤维的影响表现为拮抗作用.

参考文献:

[1] 李天杰. 土壤环境学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1996. 172.

[2] 龙 健, 黄昌勇, 滕 应, 等. 矿区重金属污染对土壤环境质量微生物学指标的影响[J]. 农业环境科学学报, 2003, 22(1): 60—63.

[3] 王秀丽, 徐建民, 姚槐应, 等. 重金属铜、锌、镉、铅复合污染对土壤环境微生物群落的影响[J]. 环境科学学报, 2003, 23(1): 22—27.

[4] TYLER G, STAFF H. Heavy metal ecology of terrestrial plants microorganisms and invertebrates[J]. Water, Air and Soil pollution, 1989, 47: 189—215.

[5] 许嘉琳, 杨居荣. 陆地生态系统中的重金属[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1995. 37—38.

[6] 周礼恺. 土壤的重金属污染与土壤酶活性[J]. 环境科学学报, 1985, 5(2): 176—183.

[7] 关松荫. 土壤酶学及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986. 1—3.

[8] 邓波儿, 刘同仇, 郑文娟. 黄棕壤性水稻土镉临界浓度的研究[J]. 华中农业大学学报, 1991, 10(4): 374—377.

[9] 杨景辉. 土壤污染与防治[M]. 北京: 科学技术出版社, 1995. 259.

[10] 徐勤松, 施国新, 周红卫, 等. Cd、Zn 复合污染对水车前叶绿素含量和活性氧清除系统的影响[J]. 生态学杂志, 2003, 22(1): 5—8.

[11] 李素英, 王焕校, 吴玉树. Pb、Cd、Zn 单元素及其不同组合污染对烟草品质的影响[J]. 中国环境科学, 1990, 10(6): 457—460.

[12] 李西开. 土壤农化常规分析法[M]. 北京: 科学出版社, 1984. 67—69.

【责任编辑 周志红】