

白菜对汞的耐受性和吸附特性研究

莫福金

桂林理工大学南宁分校, 广西 南宁 530000

摘要 : 采用营养液栽培的方式, 设置不同浓度 Hg (0、5、10、20、30mg/L) 胁迫处理, 探究不同浓度下白菜的生长和耐受能力变化特征。结果表明: 随着 Hg 浓度的升高, 白菜植株的生物量、叶数都比对照降低, 各项指标的耐受度都呈递减趋势, 这表明该 Hg 浓度对白菜的正常生理生化过程有一定的抑制作用, 对白菜的正常生长有一定的影响, 而在所设定的浓度 (5–30 mg/L) 下, 白菜仍能生存。在本实验条件下, 各品种的耐根系数都在 0.5 以上, 表明白菜对 Hg 具有一定耐受性, Hg1 根系耐性系数接近 1, 因此白菜 Hg 耐受性临界值下限为 0.14mg/kg。结果表明, 随着 Hg 胁迫程度的加重, 白菜的生物量逐渐下降, 而总 Hg 累积量以 Hg1 处理最高。随着 Hg 胁迫程度的增加, 白菜根系及地上部分 Hg 的含量逐渐增加, Hg4 处理根部和地上部 Hg 含量均最大, 分别为 0.26mg/kg 和 0.21mg/kg, 表明白菜对 Hg 具有一定的吸附能力。

关键词 : Hg 胁迫; 白菜; 重金属耐受性

Study on the Tolerance and Adsorption Characteristics of Chinese Cabbage to Mercury

Mo Fujin

Nanning Branch of Guilin University of Technology, Nanning, Guangxi 530000

Abstract : Using the method of nutrient solution cultivation, different concentrations of Hg (0, 5, 10, 20, 30 mg/L) stress treatments were set up to explore the changes in the growth and tolerance characteristics of Chinese cabbage under different concentrations. The results showed that with the increase of the Hg concentration, the biomass and the number of leaves of Chinese cabbage plants were lower than those of the control, and the tolerance of various indexes showed a decreasing trend. This indicates that the Hg concentration has a certain inhibitory effect on the normal physiological and biochemical processes of Chinese cabbage and has a certain impact on the normal growth of Chinese cabbage. However, under the set concentrations (5 – 30 mg/L), Chinese cabbage can still survive. Under the conditions of this experiment, the root tolerance coefficients of various varieties are all above 0.5, indicating that Chinese cabbage has a certain tolerance to Hg. The root tolerance coefficient of Hg1 is close to 1, so the lower limit of the critical value of Hg tolerance of Chinese cabbage is 0.14 mg/kg. The results show that with the aggravation of the Hg stress degree, the biomass of Chinese cabbage gradually decreases, while the total Hg accumulation amount is the highest in the Hg1 treatment. With the increase of the Hg stress degree, the Hg contents in the roots and aboveground parts of Chinese cabbage gradually increase. The Hg contents in the roots and aboveground parts in the Hg4 treatment are the largest, which are 0.26 mg/kg and 0.21 mg/kg respectively, indicating that Chinese cabbage has a certain adsorption capacity for Hg.

Keywords : Hg stress; Chinese cabbage; heavy metal tolerance

引言

随着社会经济和工业的快速发展, 环境污染日益严重, 其中对重金属 Hg 的污染治理显得尤为棘手, 人类的生命健康正在受到 Hg 污染的影响。司前大坝居民经农产品摄入 Hg、Cd 的危害指数 HI 为 1.52, 对当地长期食用这些农产品居民的健康会造成不利影响^[1]。根据对前期对广西珊瑚锡矿矿区进行了现场采样, 发现 10% 以上的土壤样品中 Hg 浓度超标 (Hg ≤ 0.2μg/g) 高于《土壤环境质量标准》(GB15618–2008) 二级基准的下限^[2]。因此, 目前国内外有许多学者都在致力于土壤 Hg 污染治理的工作。美国曾经采用化学淋洗修复

技术成功地治理了包括 Hg 在内的 8 种重金属污染土壤，8 种重金属的起始浓度均为 1600mg/L，经此处理后，已恢复到本底水平^[3]。利用人工诱导技术，发现羽扇豆和芥菜在添加了人工诱导剂后，可以有效地吸收矿山尾渣中的 Hg^[4]。通过对比发现，植物修复具有环保和修复成本低廉的特点，因此也成为目前土壤 Hg 污染的研究热点。

白菜为一年生草本植物，具有生物量大、生长周期短等特点。目前，研究白菜修复土壤 Hg 污染的相关研究甚少。因此，本项目拟在室内培养条件下，通过温室营养液栽培试验，从植株对 Hg 的耐性、富集能力等方面进行研究，明确其对 Hg 的耐性范围及耐受特性，为其在 Hg 污染土壤中的应用奠定基础。

一、材料与方法

(一) 试验材料

白菜种子采集于桂林理工大学南宁分校校园内盆栽的白菜，用 75% 乙醇浸种 5 分钟，再用蒸馏水冲洗 3 次，然后将其置于 9 毫米厚的滤纸上，在 26℃、湿度 60% 的条件下，在恒温培养箱中发芽。当秧苗长到 5 厘米时，将其移入霍格兰营养液中进行培养。

(二) 实验设计

霍格兰培养液的制备采用 HgCl₂（分析纯）作为 Hg 的供源物，设置了 Hg1、Hg2、Hg3、30 μg/L，在无 Hg 的条件下，分别设置 4 个重复。用 2 厘米口径的 1 升玻璃烧杯，向容器中添加 900 毫升的营养液，每箱定 5 株，让秧苗根系完全浸泡在营养液中。在室温 26℃、湿度 60%、光强 6000 lx 的恒温培养箱中，在不同的环境条件下，进行 12 小时的光照，在实验过程中根据需要进行适当的补充。经 60 天采收并测定各项指标。

(三) 测定指标和方法

1. 生长指数测定

试验结束后，用自来水冲洗干净，然后在超纯水中冲洗 3 次，使其自然干燥，并将其分成根部及地上部分，用直尺测定株高、根长度。植物体在 105℃ 下干燥 30 分钟，然后在 70℃ 下干燥至恒重量，称重。参考韩瑞宏等^[5]，计算了在不同 Hg 胁迫条件下白菜各种生长指标对 Hg 的耐受系数。

耐受系数 (Ti) = 治疗组测定结果 / 控制组测定值

2. Hg 的测定

将 0.5000 g 的植物干样称量到聚四氟乙烯试样杯中，添加 5 毫升浓硝酸根，在设置的 65℃ 加热板上加热 30 分钟，取出后，将 2 mL 30% H₂O₂ 逐个滴加，放置 10 分钟后，放入消解罐中，放入自动密封的微波中消化，每日 3 次。采用微波消化法对植物样品进行微波消化的最佳工艺参数如表 2.2 所示。

利用 QM201 原子荧光测 Hg 仪对消解后的土样和植株样品进行了分析。为了确保检测结果的可信度，在每个批次中都加入了国家标准物质，用于质量监督（土壤 GBW07405，植物 GBW10015）。样品中总 Hg 含量 W (Hg, μg/g) 按下列公式计算：

$$w(Hg) = \frac{(c - c_0) \times v}{1000 \times m}$$

式中，w：样品中 Hg 的质量浓度，μg/g；c：样品消解液

Hg 的浓度，μg/L；c₀：空白样品对应的 Hg 浓度，μg/L；v：消解液体积，mL；m：样品的质量，g。

二、结果与分析

(一) 栽培措施不同对白菜生长发育产生的效应

白菜的株高随 Hg 浓度增加呈逐渐降低的趋势，均低于 CK 组，Hg4 组最低，比 CK 组降低 30.93%；单株叶片数实验组比 CK 组有所下降，实验组叶片数保持一样；单株根长随 Hg 浓度增加呈先升高后降低的趋势，均低于 CK 组，Hg 处理下根长下降 11% ~ 44.9%；与 CK 相比，Hg 处理组白菜根生物量减少 10.45% ~ 46.27%，地上部生物量减少 10.93% ~ 39.06%，如下表。

表 1 不同处理下白菜的生长指标

处理	株高 /cm	叶片数 /株	根长 /cm	生物量 / (g/株)	
				根部	地上部
CK	33.91	8	18.91	67	128
Hg1	29.02	6	16.83	60	114
Hg2	28.68	6	15.25	52	103
Hg3	25.19	6	11.56	44	90
Hg4	23.42	6	10.42	42	70

(二) 不同处理下白菜生长指标的耐性系数

根据实验组耐性系数计算分析结果可知，结果见表 2。株高、根长、地上生物量及地下生物量等指标耐性系数均逐渐减小，叶片数耐性系数保持不变，所有处理均大于 0.5。

表 2 不同处理鬼针草生长指标的耐性系数

处理	株高	叶片数	根长	地上生物量	地下生物量
Hg1	0.86	0.75	0.89	0.69	0.89
Hg2	0.85	0.75	0.81	0.60	0.80
Hg3	0.74	0.75	0.61	0.53	0.70
Hg4	0.69	0.75	0.55	0.51	0.55

(三) 不同 Hg 胁迫下白菜对 Hg 的吸收

根、茎、叶中 Hg 的含量都随着 Hg 胁迫的增加呈上升趋势，其中根、茎中 Hg 的含量最高，为 0.26 mg/kg，最高为 0.21 mg/kg；地上、地下部分 Hg 的累积量都以 Hg1 处理最高。

三、讨论

随着 Hg 浓度的升高，白菜的生物量、叶数都比对照降低，各项指标的耐受度都呈递减趋势，这表明该 Hg 对白菜的正常生理生

化过程有一定的抑制作用,对白菜的正常生长有一定的影响,而在所设定的浓度(5-30 mg/L)下,白菜仍能生存^[6]。根耐力系数是评价植物对重金属的耐受性的一个重要指标,当耐力系数超过0.5,表示植物对这一浓度的重金属有很强的抵抗力,低于0.5的时候,就意味着植物受到了很大的伤害,所以,在这样的浓度下,几乎很难或者无法在这种浓度的重金属环境中生长^[7]。

在此基础上,采用 Salim 等人^[8]建立了一种植物耐受阈值,当根耐受系数越大,植株的重金属浓度就越低,这一阈值就会阻碍植物的生长和生长。在本实验条件下,各品种的耐根系数都在0.5以上,表明白菜对 Hg 具有一定耐受性, Hg1 根系耐性系数接近1,因此白菜 Hg 耐性临界值下限为0.14mg/kg^[9]。结果表明,随着 Hg 胁迫程度的加深,白菜的生物量不断下降,总 Hg 累积量以 Hg1 处理最高^[10]。

四、结语

随着工业化进程的加快和现代农业的发展,蔬菜中汞污染问题日益严重。研究发现,蔬菜中汞的污染主要来自于土壤中汞的迁移,而白菜是我国主要的食用蔬菜,因此,白菜是我国重要的

食用农产品之一。白菜为十字花科芸薹属植物,叶丛丛生、叶形多变、叶脉纤细、叶色浓绿、质地脆嫩,是一种重要的食用蔬菜。大白菜除含有较多的蛋白质、糖类、维生素和矿物质外,还含有大量的维生素 C、胡萝卜素和微量元素硒等。近年来,人们对蔬菜中汞的污染问题日益关注,但是目前有关白菜中汞污染状况研究较少,因此为了有效控制白菜中汞含量和保障人体健康,有必要对白菜中汞污染状况进行研究。基于本文的研究,随着 Hg 浓度的升高,白菜的生物量、叶数都比对照降低,各项指标的耐受度都呈递减趋势,这表明该 Hg 对白菜的正常生理生化功能有一定的抑制作用,对白菜的正常生长有一定的影响,而在所设定的浓度(5-30 mg/L)下,白菜仍能生存;根的耐受系数都在0.5以上,表明白菜对 Hg 具有一定耐受性, Hg1 根系耐性系数接近1,因此白菜 Hg 耐性临界值下限为0.14mg/kg;随着 Hg 浓度的提高,白菜植株中 Hg 的含量逐渐上升,但其生物量呈下降趋势,而总 Hg 累积量以 Hg1 处理最高。随着 Hg 胁迫程度的增加,白菜植株根系及地上部分 Hg 的含量逐渐增加, Hg4 处理根部和地上部 Hg 含量均最大,分别为 0.26mg/kg 和 0.21mg/kg,表明白菜对 Hg 具有一定的吸附能力。

参考文献

- [1] 湛天丽. 贵州铜仁 Hg 矿区农田土壤重金属污染风险评估和紫花苜蓿修复效果 [D]. 贵州大学, 2017.
- [2] 唐专武, 钱建平, 莫福金, 王远炜, 陈珊珊. 广西珊瑚钨锡矿耕作区土壤和玉米 Hg 含量及污染评价 [J]. 环境科学与技术, 2015, 38(02): 73-76.
- [3] 夏星辉, 陈静生. 土壤重金属污染治理方法研究进展 [J]. 环境科学, 1997, 18(3): 72-76.
- [4] Moreno FN, Anderson CWN, Stewart RB, et al. 2004. Phytoremediation of mercury-contaminated mine tailings by induced plant-mercury accumulation. Environmental Practice, 6(2): 165-175.
- [5] 韩瑞宏, 卢欣石, 高桂娟, 等. 紫花苜蓿抗旱性主成分及隶属函数分析 [J]. 草地学报, 2006, 14(2): 142-146.
- [6] 田胜尼, 刘登义, 彭少麟, 等. 香根草和鹅观草对 Cu、Pb、Zn 及其复合重金属的耐性研究 [J]. 生物学杂志, 2004, 21(3): 15-19, 26.
- [7] 杨云, 郭嘉航, 毕佳慧, 等. 不同浓度镉处理对南欧大戟生长及镉富集的影响 [J]. 云南师范大学学报(自然科学版), 2022, 42(2): 61-65.
- [8] Salim R, Al-Subu M M, Atallah A. Effects of root and foliar treatments with lead, cadmium, and copper on the uptake distribution and growth of radish plants [J]. Environment International, 1993, 19(4): 393-404.
- [9] 韩飞, 邹光得, 晋方学, 等. 龙葵修复不同浓度土壤镉污染研究 [J]. 云南师范大学学报(自然科学版), 2023, 43(1): 74-78.
- [10] 熊明月, 岳志强, 吴毓飞, 等. 超富集植物鬼针草富集土壤镉的特征研究 [J]. 云南师范大学学报(自然科学版), 2023, 43(4): 65-70.