

镍锌离子对高羊茅幼苗生理特性的影响

崔 玮, 谢宗平, 马嘉琦, 王世娟, 赵永学, 张芬琴

(河西学院生物系, 甘肃 张掖 734000)

摘 要:采用砂培法研究了不同浓度 的 Ni^{2+} 和 Zn^{2+} 对高羊茅草幼苗生理特性的影响。结果表明, 当 Ni^{2+} 和 Zn^{2+} 的浓度达 $2.5 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 高羊茅幼苗的生物量、叶绿素和可溶性蛋白质含量均有所下降, 而游离脯氨酸含量和过氧化物酶活性则有所升高。随着 Ni^{2+} 和 Zn^{2+} 浓度的增加, 以上指标的下降或升高的幅度增大。相比之下, Ni^{2+} 对高羊茅幼苗生长的影响比 Zn^{2+} 的影响大。

关键词:镍; 锌; 高羊茅; 生物量; 生理指标

中图分类号:X503. 233 **文献标识码:**A **文章编号:**1672 – 2043(2004)06 – 1093 – 04

Effects of Nickel and Zinc on the Physiological Charecteristics of *Festuca arundinacee* Seedlings

CUI Wei, XIE Zong-ping, MA Jia-qi, WANG Shi-juan, ZHAO Yong-xue, ZHANG Fen-Qin

(Biology Department, Hexi University, Gansu 734000, China)

Abstract: Using sand cultural method, the effects of Ni^{2+} and Zn^{2+} with different concentration (0、2.5、25、250、500 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ and 0、2.5、25、250、500 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) by adding into the nutritive liquid on the several physiological indexes of *Festuca arundinacee* seedling were studied The biomass, chlorophyll content and soluble protein content decreased, and free proline content and the activity of POD increased under the treatment of Ni^{2+} and Zn^{2+} at $2.5 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ for 10 days than those of the control. The variation degree of these indexes increased with the increasing supply of Ni^{2+} and Zn^{2+} . The dry weight of leaves decreased by 50% and 40% respectively under treatment with 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Ni^{2+} and Zn^{2+} . The dry weight of roots decreased by 50% under treatment with 25 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Ni^{2+} , while that was not affected by Zn^{2+} significantly. Under treatment with 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Ni^{2+} and Zn^{2+} , the content of chlorophyll decreased by 32% and 11%, the activity of POD decreased by 55% and 70%, the content of proline was 7 times and 3.5 times and the soluble protein content in the leaf tissue decreased by 50% and 20%, respectively. These results indicated that the dry weight of leaves, chlorophyll content, soluble protein content and free proline content, the activity of POD were affected significantly by Ni^{2+} and Zn^{2+} at higher concentration ($P < 0.05$). The effect of Ni^{2+} on *Festuca arundinacee* seedling was stronger than that of Zn^{2+} .

Keywords: nickel; zinc; *Festuca arundinacee*; biomass; physiological index

重金属镍和锌是植物生长发育的必需元素,但其浓度超过一定的范围时,则对某些植物的生长有一定的抑制作用^[1]。有关镍、锌对植物生长发育作用的研究和报告较多,但大多数集中在镍、锌作为必需元素对植物生长发育有益的生理效应方面^[2~4],而对植物毒害的研究相对较少,尤其是有关镍、锌对草坪草植物生长发育影响的比较研究就更少。高羊茅草是适合我国北方地区生长的冷季性草坪草种之一,对北方地

区城市绿化、美化起着重要作用。但因西北地区缺水,人们有时用未经处理的、含有镍离子(Ni^{2+})和锌离子(Zn^{2+})的工业废水浇灌草地,另外,也有人将含有镍(Ni^{2+})、锌离子(Zn^{2+})的金属材料乱扔乱放,这些做法是否影响草坪草的生长与发育,由此会不会导致经济上的损失、会不会影响草坪的环境? 本文以高羊茅草为材料研究了不同浓度的 Ni^{2+} 和 Zn^{2+} 处理对其幼苗的一些生理特性的影响,旨在探索 Ni^{2+} 和 Zn^{2+} 对草坪草生长与发育的影响,为城市绿化和环境保护提供理论依据和实践指南。

1 材料和方法

1.1 材料

高羊茅草 (*Festuca arundinaceae*) [5 号 (*F. arundinaceae* cv. *Hoandog*. V) 品种] 种子, 购自北京克劳沃公司。

种子不经消毒直接浸种后在 25 ℃ 的光照培养箱中催芽。待种子露白后, 挑选生长一致的种子播于底部带孔且装满砂石的培养杯(市售的塑料口杯)中, 培养杯放在盛有 Hongland 营养液 (以营养液的液面不高出培养杯的上沿为宜) 的周转箱中进行培养。培养期间, 每天早、晚各通气 10 min, 每 2 d 更换一次营养液。培养 1 个月后, 分别用含 0、2.5、25、250、500 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Ni^{2+} [$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$] 和 0、2.5、25、250、500 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Zn^{2+} [$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$] 的 Hongland 营养液继续培养至第 10 d 时采样测定。用不同营养液培养的材料均设 3 个重复。

1.2 方法

- 生物量的测定: 采用常规法。
- 叶绿素含量的测定: 采用文献[5]的方法。
- 过氧化物酶活性的测定: 采用愈创木酚法^[5]。
- 脯氨酸含量的测定: 采用酸性茚三酮法^[5]。
- 可溶性蛋白含量的测定: 采用考马斯亮蓝染色法^[5]。

2 结果与讨论

2.1 Ni^{2+} 和 Zn^{2+} 对高羊茅幼苗根、叶干重的影响

与对照相比, 随着 Ni^{2+} 和 Zn^{2+} 浓度的增加, 高羊茅草的叶重呈明显的下降趋势, 见图 1。经显著性检验, 差异显著 ($P < 0.05$) (Ni^{2+} : $F = 363.965$; Zn^{2+} : $F = 26.298$; $F_{0.05}(4, 10) = 3.58$)。 Ni^{2+} 和 Zn^{2+} 相比, 前者的影响大一些。当两者的浓度均达 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, Ni^{2+} 处理使高羊茅草的叶重下降到对照的近 60%, Zn^{2+} 处理的为近 50%。与 Zn^{2+} 处理没有明显影响高羊茅草的根重不同 ($F = 1.045$; $F_{0.05}(4, 10) = 3.58$), Ni^{2+} 处理使高羊茅草的根干重呈明显下降趋势 ($F = 83.295$; $F_{0.05}(4, 10) = 3.58$), 即使 25 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Ni^{2+} 处理, 也使高羊茅草的根干重下降到其对照的近 50%。

2.2 Ni^{2+} 和 Zn^{2+} 对高羊茅叶片中叶绿素含量的影响

图 2 的结果表明, 随着 Ni^{2+} 和 Zn^{2+} 处理浓度的增加, 高羊茅草叶片中叶绿素的含量下降。与 Zn^{2+} 处理相比, Ni^{2+} 处理使高羊茅草叶片中的叶绿素含量下降

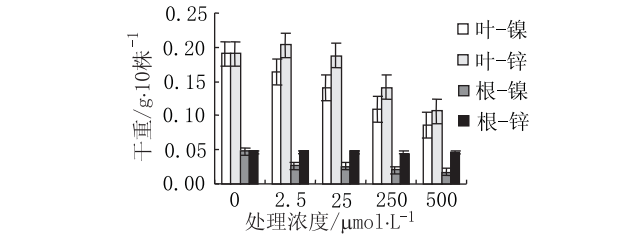


图 1 Ni^{2+} 、 Zn^{2+} 对高羊茅叶和根干重的影响
Figure1 The effects of Ni^{2+} and Zn^{2+} on the dry weight of leaves and roots of *Festuca arundinaceae*

的更多。当处理浓度达 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, Ni^{2+} 处理后的叶绿素含量是其对照的 68.0%, Zn^{2+} 处理的是其对照的 89.4%。经显著性检验, 差异显著 ($P < 0.05$) (F 值分别为 26.360 和 9.265)。由此可见, Zn^{2+} 和 Ni^{2+} 对高羊茅草叶片中的叶绿素含量都有一定的影响。

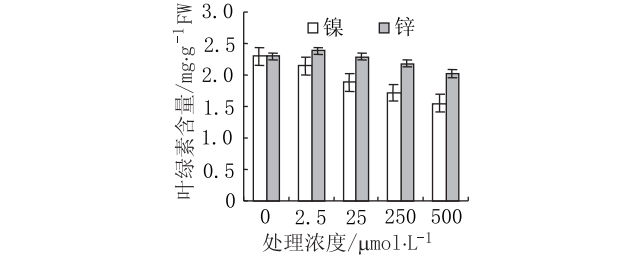


图 2 Ni^{2+} 、 Zn^{2+} 对高羊茅叶片叶绿素含量的影响
Figure 2 The effects of Ni^{2+} and Zn^{2+} on the chlorophyll content in the leaves of *Festuca arundinaceae*

2.3 Ni^{2+} 和 Zn^{2+} 对高羊茅叶片组织 POD 活性的影响

与对照相比, 随着 Ni^{2+} 和 Zn^{2+} 处理浓度的增加, 高羊茅草叶片组织中的 POD 活性呈显著上升趋势 (F 值分别为 96.103 和 25.872), 见图 3 所示。当处理浓度为 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, Ni^{2+} 处理的增加值是其对照的近 45%、 Zn^{2+} 处理的增加值是其对照的近 30%。

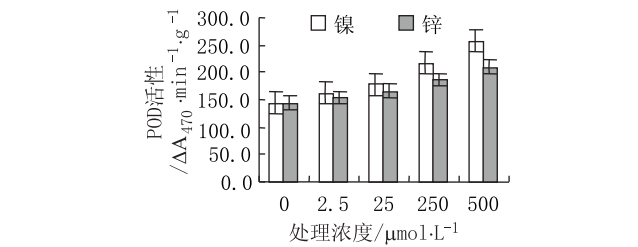


图 3 Ni^{2+} 、 Zn^{2+} 对高羊茅叶片 POD 活性的影响
Figure 3 The effects of Ni^{2+} and Zn^{2+} on the POD activity in the leaves of *Festuca arundinaceae*

2.4 Ni^{2+} 和 Zn^{2+} 对高羊茅叶片中游离脯氨酸含量的影响

由图 4 可见, 随着 Ni^{2+} 和 Zn^{2+} 处理浓度的增加, 高羊茅叶片组织中的游离脯氨酸含量呈显著上升趋势

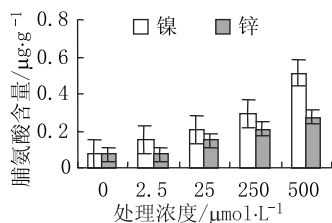


图 4 镍、锌对高羊茅叶片脯氨酸含量的影响

Figure 4 The effects of Ni^{2+} and Zn^{2+} on the proline content in the leaves of *Festuca arundinaceae*

势 (F 值分别为 941.92 和 394.013)。当处理浓度为 $500 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, Ni^{2+} 和 Zn^{2+} 处理分别使其含量达到对照的 7 倍和 3.5 倍。

2.5 Ni^{2+} 和 Zn^{2+} 对高羊茅叶片中可溶性蛋白质含量的影响

图 5 的结果表明, 随 Ni^{2+} 和 Zn^{2+} 处理浓度的增加, 叶片中可溶性蛋白质含量逐渐下降, 各处理浓度之间的差异显著 (F 值分别为 466.579 和 53.159)。与对照相比, 当处理浓度为 $500 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, Ni^{2+} 和 Zn^{2+} 处理分别使其含量下降了近 50% 和 20%。

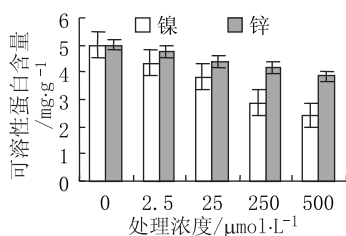


图 5 镍、锌对高羊茅叶片可溶性蛋白含量的影响

Figure 5 The effects of Ni^{2+} and Zn^{2+} on the soluble protein content in the leaves of *Festuca arundinaceae*

3 讨论

叶绿素含量的高低在一定程度上反映了植物光合作用的强弱, 叶绿素含量的减少也是衡量叶片衰老的重要生理指标^[6]。Fenqin Zhang et al. (张芬琴等) 研究指出, 重金属镉降低黄瓜幼苗叶片中的叶绿素含量^[14]是由于其引起了膜脂过氧化所致。也有人报告, 镉引起的叶绿素降低是由于其降低了叶片中的镁和铁的含量^[15]。还有一些研究表明, 叶绿素含量降低的主要原因是金属离子抑制了叶绿素生物合成途径中几种酶的活性, 从而阻碍了叶绿素的合成, 导致了叶绿素含量的下降^[9]。本研究发现重金属镍和锌均降低了高羊茅草叶片中的叶绿素含量, 但其机理尚待进一步的研究。

POD 是植物体内三大保护酶之一, 是重要的氧化

还原酶, 可催化有毒物质如活性氧等的氧化分解, 是反映污染胁迫的灵敏指标。当重金属离子进入植物组织后, 通过一系列生理生化反应产生了对自身有害的过氧化物^[7-9], 这些物质的含量在 POD 酶正常能力范围内时, POD 活性会随底物浓度的增加而提高; 当 POD 活性下降时表明有毒物质浓度已超出其正常分解能力, 使活性自由基浓度上升, 对植物产生伤害^[13]。本试验结果表明, Ni^{2+} 和 Zn^{2+} 处理高羊茅草幼苗后, 其叶片组织中的 POD 活性增加, 说明高羊茅草叶片组织中可能产生了对自身有害的过氧化物, 而且在 Ni^{2+} 作用下产生的过氧化物有可能比 Zn^{2+} 作用下产生的多, 所以, 镍对高羊茅的伤害比锌的伤害大。

许多试验表明, POD-H₂O₂ 分解系统参与了叶绿素的降解, 并且 POD 的活性与叶绿素含量呈负相关^[10], 在本试验中, 随着 Ni^{2+} 和 Zn^{2+} 浓度的增加, POD 的活性增加而叶绿素的含量减少, 这是否可说明 Ni^{2+} 和 Zn^{2+} 通过 POD 酶活性而影响叶片叶绿素的降解作用, 也有待进一步证实。

脯氨酸作为植物体内重要的渗透调节物质, 它的积累是植物对环境胁迫的一种生理反应, 可能具有双重意义, 其一是细胞结构和功能遭受伤害时机体做出的反应; 其二植物在逆境下的适应性表现, 系一种防护反应^[11]。有试验证明, 环境胁迫下植物内源脯氨酸具有清除活性氧的作用, 可作为鉴定植物相对抗性的指标^[13]。 Ni^{2+} 和 Zn^{2+} 处理后, 高羊茅叶片中自由脯氨酸的含量上升, 可以认为是与清除体内因胁迫而产生的大量活性氧有关。

比较不同浓度的 Ni^{2+} 和 Zn^{2+} 处理后高羊茅叶片中 POD 活性和游离脯氨酸含量可看出, POD 的活性变化与脯氨酸含量的变化是基本一致的, 说明高羊茅叶片内活性氧浓度的升高与游离脯氨酸含量的增高是一致的, 可推测此时游离脯氨酸含量的增高与体内活性氧的清除有关。

研究表明, 植物在逆境条件下, 体内氨基酸的积累是由于蛋白质分解加快而合成受到抑制的结果^[12]。 Ni^{2+} 和 Zn^{2+} 处理高羊茅幼苗, 使其叶片中的可溶性蛋白质含量下降, 是它们抑制了新蛋白质合成还是它们加强了原有蛋白质的分解还有待实验验证。

4 结论

(1) Ni^{2+} 和 Zn^{2+} 虽是植物生长发育的必需元素, 但植物生活环境中 Ni^{2+} 、 Zn^{2+} 浓度较高时, 对植物有毒害作用。

(2)综合 Ni^{2+} 、 Zn^{2+} 对高羊茅生理指标的影响,可看出 Ni^{2+} 对高羊茅生长的影响大于 Zn^{2+} 的影响。

参考文献:

[1] 王光中,李彩霞,张芬琴,等. Ni^{2+} 对小麦幼苗生长的影响[J]. 河西学院学报,2003,19(5):87 – 89.

[2] 邹邦基,何雪晖. 植物的营养[M]. 北京:农业出版社,1985. 235 – 322.

[3] 王 煜,田廷亮,扶惠华. 镍对水稻幼苗生长的作用[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 1999, 33(1): 104 – 107.

[4] 郑小林,赖雨玲. 水培锌浓度对水稻生长发育的影响[J]. 湛江师范学院学报(自然科学版), 1999, 20(1): 61 – 64.

[5] 李合生,等. 植物生理生化实验原理与技术[M]. 北京:高等教育出版社, 2003. 134 – 260.

[6] 严重玲,李瑞智,钟章成. 模拟酸雨对绿豆、玉米生态特性的影响[J]. 应用生态学报,1995,增刊: 124 – 131.

[7] 徐勤松,施国新,杜开和,等. 锌胁迫下水车前叶细胞自由基过氧化损失与超微结构变化之间的研究[J]. 植物学通报, 2001, 18(5): 597 – 604.

[8] 王海华,康 健,等. 高浓度镍对水稻幼苗生长及酶活性的影响[J]. 作物学报, 2001, 27(6): 953 – 957.

[9] 张玉秀,柴团耀. 植物耐重金属机理研究进展[J]. 植物学报, 1999, 41(5): 453 – 457.

[10] 严重玲,淡业汤,等. Cd、Pb 胁迫对烟草叶片中活性氧清除系统的影响[J]. 生态学报,1993, 17(5): 488 – 492.

[11] 任安芝,高玉葆,刘 爽. 铬、镉、铅胁迫对水青菜叶片几种生理生化指标的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2000, 6(2): 112 – 116.

[12] 徐勤松,施国新. 镉及镉、锌共同作用对水芹菜部分生理特性的影响[J]. 南京师大学报(自然科学版), 2000, 23(4): 97 – 100.

[13] Smirnov N. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation[J]. *New Phytol.* 1993, 125(1): 27 – 58.

[14] Fenqin zhang, Weiyong Shi et al. Response of Antioxidative Enzymes in Cucumber Chloroplasts to Cadmium Toxicity[J]. *Journal of Plant Nutrition*, 2003, 26(9): 1779 – 1788.

[15] Greger M and Lindberg S. Effects of Cd and EDTA on young sugar beets (*Beta vulgaris*). II. Net uptake and distribution of Mg^{2+} , Ca^{2+} and Fe^{2+} / Fe^{3+} [J]. *Physiol Plant*, 1987, 69: 81 – 86.