

SO₃²⁻ 与 Cl⁻ 胁迫对小麦幼苗毒性的研究

杜青平¹, 孟紫强¹, 袁保红²

(1. 山西大学环境医学与毒理学研究所, 山西 太原 030006; 2. 中山大学生命科学院, 广东 广州 510275)

摘 要:通过室内对比实验,研究了亚硫酸盐和氯化钠对小麦幼苗的毒性。结果表明,相同浓度的亚硫酸盐比氯化钠对小麦幼苗的伤害程度大;在总电荷浓度和钠离子浓度相同的条件下,SO₃²⁻ 的毒性大于 Cl⁻。这提示亚硫酸盐和氯化钠对小麦幼苗伤害的机理存在差异,且主要由SO₃²⁻ 和 Cl⁻ 的不同属性决定的。

关键词:亚硫酸盐; 氯化钠; 小麦幼苗; 脂质过氧化; 膜通透性

中图分类号:X503. 231 **文献标识码:**A **文章编号:**1000 – 0267(2002)04 – 0328 – 03

Studies on Toxicity Differences of SO₃²⁻ and Cl⁻ in Leaf of Wheat Seedling

DU Qing-ping¹, MENG Zi-qiang¹, YUAN Bao-hong²

(1. Environmental Medicine and Toxicology Institute of Shanxi University, Taiyuan 030006, China; 2. Life Science Institute of Zhongshan University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Toxicity of sulfite and sodium chloride on wheat seedling was studied by a comparing experiment. The results showed that injure extent caused by sulfite was more serious than by did sodium chloride. The toxicity of SO₃²⁻ was more serious than Cl⁻ at the identical condition of electric charge and Ca²⁺. It may be concluded that the injure mechanism for either sulfite or sodium chloride was different and main difference was due to the different properties between SO₃²⁻ and Cl⁻.

Keywords: sulfite; sodium chloride; heat seedling; lipid peroxide; cytomembrance permeability

土壤盐渍化和酸雨是目前影响我国农业发展的两个重要因素。土壤盐渍化,一般指土壤中含有大量的盐分,普遍意义上是指过高浓度的钠离子和氯离子。在我国耕地中,约 1/10 属于盐渍化土地^[1]。酸雨是因空气中 SO₂ 等污染气体逐渐增加而导致降雨酸性化。酸雨的主要成分 SO₂、SO₃²⁻ 可与土壤中金属离子结合生成亚硫酸盐而对植物、水体及农田生态系统产生直接和间接的影响^[2]。目前,我国酸雨面积已达国土面积的 40% 以上。本研究以不同浓度的氯化钠和亚硫酸盐对小麦幼苗进行胁迫,分析了胁迫后小麦幼苗的部分生理生化指标和酶活性的异同,探讨了 Cl⁻ 与 SO₃²⁻ 胁迫的不同机理。

1 材料与方法

1.1 材料

小麦“宁麦 4 号”。

本试验中亚硫酸盐采用 NaHSO₃ 和 Na₂SO₃(摩尔比 1:3) 混合液,模拟酸雨中 SO₂ 的成分,喷洒和浇灌

小麦幼苗。为避免酸性环境胁迫对实验结论的影响,本实验中所使用的盐溶液均为中性溶液。

氯化钠,分析纯,配制所需浓度。

1.2 材料处理

小麦籽粒经 0.1% 氯化汞溶液浸泡消毒 5 min,用蒸馏水冲净后,浸种 5 h。去掉蒸馏水,湿纱布覆盖,于 25 ℃ 恒温培养箱中萌发。24 h 后将露白一致的小麦按照同心圆的方式排列在铺有滤纸的培养皿里,放在室温条件下培养。生长条件为:昼夜温度 25 ℃ / 18 ℃,自然光照。24 h 后,亚硫酸盐处理组和氯化钠处理组分别用 1.0、5.0、10.0、20.0、50.0、100.0、200.0 mmol · L⁻¹ 的亚硫酸盐和氯化钠溶液喷洒和浇灌,每隔 12 h 一次,对照组用 Hoagland 培养液处理。

1.3 方法

1.3.1 酶液的提取^[2]

小麦幼苗用亚硫酸盐或氯化钠处理 5 d 后,从不同浓度盐处理小麦叶的相同部位剪取 1 g 叶片,加入 10 mL 含 1% 聚乙烯吡咯烷酮(PVP)的 50mmol · L⁻¹ 磷酸盐缓冲液(pH7.8)及少量石英砂,冰浴研磨提取,4℃ 3 000 r · min⁻¹ 离心 10 min,上清液即为粗酶

提取液,放于 0℃—4℃ 冰箱中保存。

1.3.2 部分生化指标的测定

参照李柏林等的方法提取和测定丙二醛的含量^[3]; 碘基水杨酸法测定游离脯氨酸的含量^[4]; 分光光度法测定叶绿素的含量^[4]。细胞膜透性的测定用电导仪法^[5]。

1.3.3 酶活性的测定

取上述酶液,用氯化硝基四氮唑蓝光化还原法测定超氧化物歧化酶(SOD)活性^[2]; 愈创木酚法测定过氧化物酶的活性(POD)^[6]。

2 结果

2.1 亚硫酸盐和氯化钠对小麦幼苗脯氨酸含量与 MDA 含量的影响

用亚硫酸盐和氯化钠处理小麦幼苗 5 d 后,测定各组小麦的株高和脯氨酸含量,结果见图 1、2。

从图 1 可以看出,随着亚硫酸盐浓度的升高,小麦幼苗株高显著降低,在 1 mmol · L⁻¹ 时,其抑制率达 72%,当亚硫酸盐浓度大于 20 mmol · L⁻¹ 时,小麦幼苗的生长几乎完全被抑制;从图 2 可见,当亚硫酸盐浓度大于 20 mmol · L⁻¹ 时,小麦幼苗叶片中的脯氨酸含量不再增加且达到最大值。但 20 mmol · L⁻¹ 的 NaCl 处理组,小麦幼苗的株高和脯氨酸含量与对照组接近;当 NaCl 浓度大于 20 mmol · L⁻¹ 时,小麦幼苗的株高随浓度的升高而逐渐降低,脯氨酸含量逐

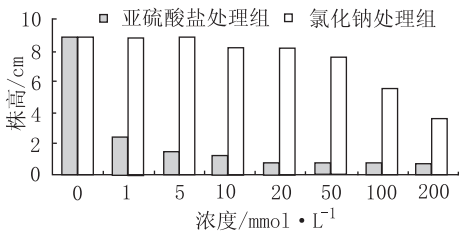


图 1 亚硫酸盐与氯化钠对小麦幼苗株高的影响
Figure 1 Effects of sulfite and sodium chloride on the height of wheat seedlings

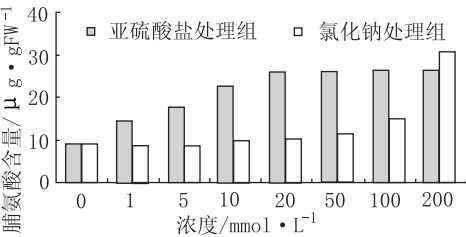


图 2 亚硫酸盐和氯化钠对小麦幼苗叶脯氨酸含量的影响
Figure 2 Changes of proline contents in leaf of wheat seedlings stressed by sulfite and sodium chloride

渐增加。从图中可见,同浓度的亚硫酸盐比氯化钠对小麦幼苗的株高和脯氨酸含量影响大;当氯化钠浓度为 200 mmol · L⁻¹ 时,小麦叶片脯氨酸含量超过了同浓度的亚硫酸盐处理组,且尚未达到最大值。

2.2 亚硫酸盐和氯化钠对小麦幼苗叶片叶绿素含量的影响

从表 1 可见,亚硫酸盐对小麦幼苗进行胁迫作用后,叶片的总叶绿素含量随亚硫酸盐浓度的升高而降低。当亚硫酸盐浓度达到 10.0 mmol · L⁻¹ 时,小麦叶片叶绿素含量急剧下降,与对照组有显著性差异 ($P < 0.05$),但叶片叶绿素 a/b 的值变化不大,比值接近 3:1;同条件的氯化钠作用后,当浓度达到 100 mmol · L⁻¹ 时,叶绿素含量和叶绿素 a/b 值才均有下降,氯化钠的作用浓度比亚硫酸盐高近 10 倍。这表明亚硫酸盐和氯化钠对叶绿素 a、b 的影响程度不同,对小麦叶的叶绿素影响机制存在差异;且相同浓度的 SO₃²⁻ 比 Cl⁻ 对小麦幼苗叶绿素的影响程度大,表明 SO₃²⁻ 对小麦幼苗光合作用系统的毒害程度大于 Cl⁻。

表 1 亚硫酸盐和氯化钠对小麦幼苗叶片叶绿素含量的影响
Table 1 Changes of chlorophyll contents in leaf of wheat seedling stressed by sulfite and sodium chloride

盐浓度 /mmol · L ⁻¹	亚硫酸盐作用下叶绿素含量 /mg · g ⁻¹ , FW		氯化钠作用下叶绿素含量 /mg · g ⁻¹ , FW	
	总叶绿素	叶绿素 a/b	总叶绿素	叶绿素 a/b
0	1.589 ± 0.01	3.16	1.589 ± 0.03	3.16
1	1.527 ± 0.02	3.25	1.582 ± 0.01	3.09
5	1.462 ± 0.01	3.57	1.569 ± 0.02	3.04
10	1.128 ± 0.05*	3.33	1.543 ± 0.02	3.12
20	0.531 ± 0.01*	2.83	1.418 ± 0.11	2.96
50	0.326 ± 0.02**	3.11	1.217 ± 0.15	2.38
100	0.125 ± 0.01**	2.91	0.964 ± 0.02*	2.39
200	—	—	0.635 ± 0.01*	2.37

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ 。

2.3 对小麦幼苗叶片膜透性及 MDA 含量的影响

植物遭受伤害的关键部位是生物膜系统,所以膜透性的大小可作为生物膜受伤害的标志。对亚硫酸盐和氯化钠作用 7 d 后的小麦幼苗叶片的 MDA 含量进行测定。从图 5 可见,当亚硫酸盐浓度达到 50 mol · L⁻¹ 时,MDA 的含量已比对照组高出 127%,表明细胞膜已受到严重伤害。而同浓度氯化钠处理的小麦叶片的 MDA 含量变化不大,随着氯化钠浓度由 100、200 mmol · L⁻¹ 逐渐升高时,MDA 含量增高。从图 6 可见,小麦叶片细胞液电导率随亚硫酸盐浓度的升高而增大,两者呈正相关,在亚硫酸盐浓度达到 100 mmol · L⁻¹ 时,叶片电导率几乎达到最大值。而氯化

钠处理组在浓度低于 $20 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 对小麦幼苗叶片细胞膜透性的影响较小; 当浓度大于 $50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 细胞膜透性随氯化钠浓度升高而增大; 达到 $200 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 渗透液电导率低于同浓度的亚硫酸盐组且尚未达到最大值。这与 MDA 含量的测定结果是一致的。表明 SO_3^{2-} 比同浓度的 Cl^- 产生的伤害程度大。

2.4 亚硫酸盐和氯化钠对小麦叶片 SOD 活性与 POD 活性的影响

从图 5 中可见, 小麦幼苗叶片的 SOD 活性随亚硫酸盐和氯化钠浓度的升高逐渐下降。导致小麦叶片 SOD 活性急剧下降的亚硫酸盐浓度为 $5\text{--}50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, 浓度大于 $50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 小麦叶片的 SOD 活性下降速率减慢; 在 $100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时达到很小。这表明高浓度的亚硫酸盐对小麦幼苗的抗氧化体系造

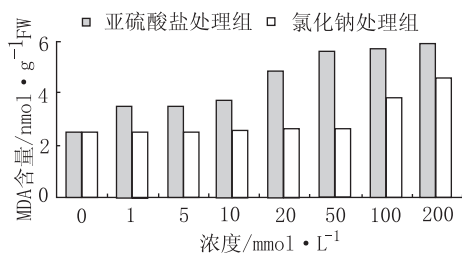


图 3 亚硫酸盐和氯化钠对小麦幼苗叶片 MDA 含量的影响

Figure 3 Changes of MDA contents in leaf of wheat seedling stressed by sulfite and sodium chloride

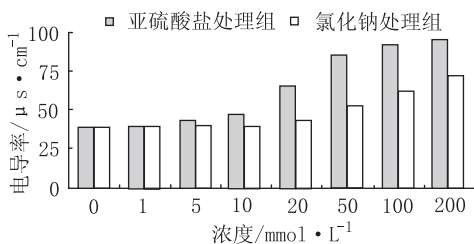


图 4 亚硫酸盐和氯化钠对小麦叶片细胞膜透性的影响

Figure 4 Changes of cytomembrance permeability in leaf of wheat seedling stressed by sulfite and sodium chloride

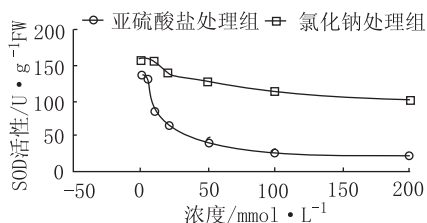


图 5 亚硫酸盐和氯化钠对小麦幼苗 SOD 活性的影响

Figure 5 Changes of SOD activities in leaf of wheat seedling stressed by sulfite and sodium chloride

成了不可逆的伤害, 使酶活性几乎丧失。而氯化钠浓度达到 $50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 叶片 SOD 活性变化不大; 在 $200 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, SOD 活性比对照组减少 36%。从图 6 中看出, 随亚硫酸盐和氯化钠浓度的升高, 小麦叶片的 POD 活性均升高。但亚硫酸盐处理组的 POD 活性比相同浓度的氯化钠处理组变化大, 在 $50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, POD 活性几乎达到最大值。而氯化钠处理组, 在浓度达到 $200 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, POD 活性还在增加, 且小于亚硫酸盐处理组的最大值。

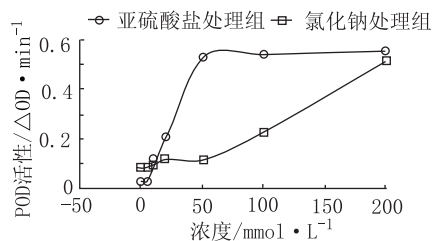


图 6 亚硫酸盐与氯化钠对小麦幼苗过氧化物酶活性的影响

Figure 6 Changes of peroxidase activities in leaf of wheat seedling stressed by sulfite and sodium chloride

3 讨论

通过对亚硫酸盐和氯化钠处理的小麦幼苗的各项生理生化指标及部分酶活性的测定, 初步探讨了酸雨主要成分 SO_3^{2-} 和盐害的主要阴离子 Cl^- 对小麦幼苗伤害的不同机理。从实验中得出结论: SO_3^{2-} 和 Cl^- 对小麦幼苗的伤害程度及作用机理存在一定差异。

比较相同浓度的亚硫酸盐和氯盐对小麦幼苗的胁迫效应可见, 在亚硫酸盐浓度超过 $20 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 小麦幼苗的株高抑制率、脯氨酸含量已达到最大值, 同时, SOD 酶活性显著降低, 过氧化物酶活性显著升高, 抗氧化酶活性的不平衡改变, 加速了细胞膜脂质过氧化作用, 导致细胞膜通透性和稳定性受到影响, 细胞液电导率显著增加, 最终造成小麦幼苗的整个代谢系统的许多环节发生紊乱而引起毒害。而相同浓度的氯化钠对小麦幼苗的影响很小, 其所造成的生理伤害还未超出植物自身可以调节的范围。

分别将 $10\text{--}50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的亚硫酸盐处理组与 $20\text{--}100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的氯化钠处理组的实验结果相比较, 可见 $10\text{--}50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的亚硫酸盐处理组对小麦幼苗的伤害均大于 $20\text{--}100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的氯化钠处理组, 这说明在相同 Na^+ 浓度和总电核数相同的条件下, 亚硫酸盐对小麦幼苗的毒性大于氯盐; 而且表明 SO_3^{2-} 和 Cl^- 的电荷数目差异引起的电势差并不是造

(下转第 342 页)