

文章编号 :1003-8701(2005)06-0054-04

# Cr<sup>6+</sup>对小白菜幼苗生长及生理指标的影响

姜虎生<sup>1</sup>, 汤洁<sup>2</sup>

(1.辽宁石油化工大学环境工程系,辽宁抚顺 113001; 2.抚顺师专生化系,113006)

**摘要:**通过盆栽试验研究了 Cr<sup>6+</sup>对小白菜生理指标的影响。结果表明,随着 Cr<sup>6+</sup>处理浓度的增大,种子的发芽率、发芽势和发芽指数均呈下降的趋势,且平均发芽天数均有所增加。不同浓度的 Cr<sup>6+</sup>对小白菜幼苗的根和叶均产生了不同程度的毒害影响,其中对根的影响尤为明显。叶绿素含量随 Cr<sup>6+</sup>处理浓度的增加趋于下降。细胞膜透性及游离脯氨酸含量均随着 Cr<sup>6+</sup>浓度的增加和时间的推移呈上升趋势。研究表明, Cr<sup>6+</sup>对小白菜具有一定的毒害作用,且随着 Cr<sup>6+</sup>处理浓度的增加和时间的推移对小白菜的毒害作用愈深,伤害愈大。

**关键词:**白菜; Cr<sup>6+</sup>; 叶绿素; 游离脯氨酸; 细胞膜透性

**中图分类号:** S634.3

**文献标识码:** A

我国生产的电池有 96% 为锌锰电池和碱锰电池,其主要成分为锰、汞、锌和铬等重金属。废电池无论在大气中还是深埋在地下,其重金属成分都会随渗液溢出,造成地下水和土壤的污染,尤其重金属铬的污染已引起人们的广泛关注。小白菜含胡萝卜素、维生素 B1、维生素 B2、尼克酸、维生素 C、蛋白质、脂肪、粗纤维、钙、磷和铁等,是人们生活中重要的蔬菜。土壤内重金属六价铬以阴离子的形态存在,一般被土壤所吸附,具有较高的活性,对植物易产生毒害,六价铬被认为具有致癌作用。铬在蔬菜中累积的研究报道较多,对小白菜生理指标影响的研究未见报道。本试验通过盆栽水培的方法研究 Cr<sup>6+</sup>对小白菜的毒害影响,为控制重金属对蔬菜的污染提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 植物材料和处理

小白菜通过室内的盆栽方法培育,待长到一定时期,按照以下一系列 Cr<sup>6+</sup>浓度进行污灌,即 0.00、0.05、0.125、1.25 mg/L。每处理重复 4 次。盆栽处理污灌后 10 d 取叶片去主脉,测定叶绿素含量、游离脯氨酸含量和细胞膜透性的大小。然后每隔 10 d 测定 1 次。并在这段时期内观察重金属 Cr 对小白菜生长的毒害影响。同时进行发芽试验以观察重金属 Cr 对种子萌发的影响。

### 1.2 测定方法

**叶绿素含量的测定:**分光光度法<sup>[1]</sup>,单位为 mg/g 鲜叶。

**游离脯氨酸含量的测定:**磺基水杨酸法<sup>[2]</sup>,单位为 mg/g 鲜叶。

**细胞膜透性的测定:**称取样品,每处理取甲乙两组,每份 1 g 加入 20 mL 去离子水。甲组样品集中放置在 1 个振荡箱内,振荡 5~6 h 以促进其外渗过程。乙组样品直接置沸水浴上加温 10~15 min 杀死组织。甲组样品保温后和乙组样品杀死组织冷却后,把组织外渗液分别倾入洁净的小烧杯中。用 DDS-11 型电导率仪测定其电导率。

## 2 结果与讨论

收稿日期:2005-04-25

作者简介:姜虎生(1969-),男,山东省德州人,副教授,主要从事环境生物学方面的教学研究。

## 2.1 $\text{Cr}^{6+}$ 对小白菜种子萌发的影响

从表 1 可见,各浓度的  $\text{Cr}^{6+}$ 均降低了小白菜种子的发芽率、发芽势和发芽指数,并延长平均发芽天数。其中浓度为 0.125 和 1.250 mg/L  $\text{Cr}^{6+}$ 处理下的种子发芽率和发芽势明显低于对照。而经过浓度为 1.25 mg/L  $\text{Cr}^{6+}$ 处理后,种子的平均发芽天数明显长于对照。而其余两个浓度之间无明显的差异。表明各处理浓度的  $\text{Cr}^{6+}$ 阻碍了小白菜种子的正常萌发,降低了发芽的整齐度。

表 1 不同浓度  $\text{Cr}^{6+}$ 对小白菜种子萌发的影响

$\text{Cr}^{6+}$ 浓度 (mg/L)	发芽率 (%)	发芽势	平均发芽天数(d)	发芽指数
0	98.67	196.70	3.14	19.73
0.050	94.67	169.02	3.21	18.93
0.125	92.00	157.48	3.25	18.40
1.250	88.33	143.84	3.27	17.67

## 2.2 $\text{Cr}^{6+}$ 对小白菜的伤害情况

表 2 不同浓度  $\text{Cr}^{6+}$ 、不同处理时间对小白菜的伤害情况

浓度 (mg/L)	培养时间 (d)				
	7	14	21	28	35
0	生长正常	生长正常	生长正常	生长正常	生长正常
0.050	生长正常	生长正常	生长正常	少量叶发暗	新根停止生长
0.125	生长正常	生长正常	少量叶发暗无光	少量叶变黄,根发黄	少量叶萎蔫,部分根尖发黑
1.250	生长正常	少量叶变黄,根发黄	少量叶萎蔫,部分根尖发黑	叶及少量茎萎蔫,根尖发黑	叶萎蔫干枯,部分根腐烂

从表 2 可以看出,随着  $\text{Cr}^{6+}$ 浓度的升高和培养时间的延长,植株的受害程度加深。最先受害的部位是根部。

小白菜根与叶对  $\text{Cr}^{6+}$ 离子的毒害反应有很大差异。在本试验中,根总是最先出现反应或受害更严重。这可能是因为根浸在  $\text{Cr}^{6+}$ 离子水中,且  $\text{Cr}^{6+}$ 离子主要是通过根吸收入植物体内,并且会在根部富集,因此根部细胞会最先受到伤害,且受害程度也最深。此外,植物体根部与叶的结构有很大差异,酶及其他抗污染蛋白的分布和作用也不同,这样就导致了它们对污染反应的多样性。

## 2.3 $\text{Cr}^{6+}$ 对叶片叶绿素含量的影响

试验结果表明(表 3、4):在同一时间同一条件测定下,叶绿素 a 和叶绿素 b 的含量都随  $\text{Cr}^{6+}$ 离子浓度的增大而降低。而对叶绿素 a 而言,当  $\text{Cr}^{6+}$ 浓度为 0.050 mg/L 时,叶绿素 a 的含量明显降低,而且随浓度的增大叶绿素 a 的含量下降的趋势更为明显。可见当  $\text{Cr}$  浓度越大时,对小白菜叶片的破坏性越大。而相对于叶绿素 b,在同一时间同一条件测定下,叶绿素 b 的含量也呈下降趋势,但下降的趋势并不明显。

表 3 不同浓度  $\text{Cr}^{6+}$ 、不同处理时间对叶片叶绿素 a 含量的影响

浓度(mg/L)	4月28日	5月9日	5月19日
0	0.196	0.223	0.241
0.050	0.186	0.206	0.189
0.125	0.170	0.185	0.171
1.250	0.152	0.158	0.151

表 4 不同浓度  $\text{Cr}^{6+}$ 、不同处理时间对叶片叶绿素 b 含量的影响

浓度(mg/L)	4月28日	5月9日	5月19日
0	0.051	0.056	0.060
0.050	0.049	0.054	0.051
0.125	0.047	0.049	0.048
1.250	0.044	0.045	0.044

从表 3、4 的结果得知,随着时间的推迟,叶绿素 a 和 b 的含量都是呈先增大而后减小的趋势,这可能是由于在第 1 次测定时幼苗生长时间短(光照时间短)而使叶绿素 a 和 b 的含量比较低。但是随着时间的增长,光照时间的增加,叶绿素 a 和 b 的含量都有所增长,但是随处理浓度的增加,叶绿素 a 和 b 呈下降的趋势。同时随着时间的进一步推迟, $\text{Cr}$ 对幼苗的影响也进一步加剧,使得叶绿素 a 和 b 的含量又呈下降趋势。但是相对于对照处理样品,叶绿素 a 和 b 的含量都是呈上升趋势的。其他 3 个浓度处理下的小白菜样品与之相比, $\text{Cr}^{6+}$ 抑制了小白菜叶片的光合作用,使得叶绿素的含量下降。此外,就是因为  $\text{Cr}^{6+}$ 离子抑制了叶绿素酸酯还原酶和影响  $\gamma$ -戊酮酸的合成,而这个酶正是叶绿素合成所必需的,同时也与  $\text{Cr}^{6+}$ 直接破坏叶绿体结构及功能和干扰小白菜对 Fe、Zn 的吸收有关。

而表 5 中所列出的叶绿素 a/b 值更为明显的反映出了  $\text{Cr}^{6+}$ 对小白菜叶片叶绿素含量的影响。通过表 5 我们可以看出,对照样品叶绿素 a/b 值随着时间的推迟依次呈增大的趋势,而对于其他 3 种浓

度处理下的样品都随时间的推迟而呈先上升后下降趋势。对于同一时间不同浓度处理下的样品都随浓度的增加而呈下降的趋势,且下降趋势在最后 1 次测定中尤为明显。对于同一浓度处理下,随着时间的推迟,Cr<sup>6+</sup>对叶绿素 a/b 的影响也是加剧的。从这个结果可知,Cr<sup>6+</sup>对小白菜叶绿素 a/b 的影响是随着时间的推迟而加大。

#### 2.4 Cr<sup>6+</sup>对叶片细胞膜透性的影响

试验结果表明(表 6),在同一时间测定的电解质外渗率随着 Cr<sup>6+</sup>处理浓度的增大而增大,且当浓度为 1.250 mg/L 时,电解质外渗率增大的最明显,与空白处理比较,增大了 1 倍,说明当 Cr<sup>6+</sup>对小白菜叶片的细胞膜透性影响最大时,细胞内的无机离子大量外渗,也说明膜受伤害的程度就越大。而对于同一浓度处理下,电解质外渗率随着时间的推迟也呈增大的趋势,而且这个增大的趋势尤为明显。以浓度为 1.250 mg/L 处理为例,对于 3 次测定电解质外渗率随着时间的推迟增大的倍数分别为 1.01、1.79 和 0.90 倍。可见,随着时间的推迟,Cr<sup>6+</sup>对小白菜叶片细胞膜透性的影响越大,Cr<sup>6+</sup>对小白菜叶片的破坏程度也就越大。研究表明,随着 Cr<sup>6+</sup>处理浓度的增加,以及同一浓度下随着时间的推移,电导率都逐渐增多。这说明 Cr<sup>6+</sup>浓度越大,处理时间越长,胁迫就越强,细胞质膜受破坏程度就越严重,外渗液离子量也就相应的增多。

#### 2.5 Cr<sup>6+</sup>对叶片内游离脯氨酸含量的影响

通过本次试验结果表明(表 7):在同一时间同一测定条件下,小白菜体内游离脯氨酸含量都比对照的含量高得多。0.050 mg/L 时 Cr<sup>6+</sup>能使游离脯氨酸在体内显著积累,随着 Cr<sup>6+</sup>浓度的增大,游离脯氨酸积累的量增多。而且当 Cr<sup>6+</sup>离子浓度为 1.250 mg/L 时积累的量最大。与对照比较,浓度为 0.050、0.125 和 1.250 mg/L 处理下的小白菜体内的游离脯氨酸的量分别增大了 3.3%、11.7% 和 35.9%(以 5 月 20 日测定的为例)。说明随着 Cr<sup>6+</sup>浓度的增加对小白菜的毒害作用越明显。而对于同一 Cr<sup>6+</sup>浓度下处理的小白菜样品随着处理时间的延长,小白菜体内的游离脯氨酸的含量也呈增大的趋势。而且时间越长,小白菜体内的游离脯氨酸的含量也就越大。说明随着时间的延长,Cr<sup>6+</sup>对小白菜的毒害作用越大。

### 3 结 论

受 Cr<sup>6+</sup>胁迫,小白菜叶片叶绿素 a 和 b 含量及叶绿素 a/b 值均随 Cr<sup>6+</sup>浓度的增加而下降,同时,随着时间的延长,叶绿素 a 和 b 含量及叶绿素 a/b 值均呈先上升后下降趋势,从而使叶片失绿。叶片失绿是植物受重金属毒害后出现的普遍现象。原因之一可能是重金属离子被植物吸收后,细胞内的重金属离子作用于叶绿素生物合成途径的几种酶的肽链中富含 SH 的部分,改变了它们的正常构型,抑制了酶的活性和阻碍了叶绿素的合成。原因之二可能是重金属胁迫条件下活性氧自由基作用,主要是强反应性的 OH 所致。

受 Cr<sup>6+</sup>胁迫,小白菜叶片内游离脯氨酸含量随着 Cr<sup>6+</sup>处理浓度的增加而增加,且随着时间的推移,胁迫程度越大,小白菜叶片内游离脯氨酸的含量进一步增加。这是作物与不良逆境抗争的一种生理反应。

随着 Cr<sup>6+</sup>处理浓度的增加均降低了小白菜种子的发芽率、发芽势和发芽指数,且均延长了平均发

表 5 不同浓度 Cr<sup>6+</sup>、不同处理时间对叶片叶绿素 a/b 值的影响 mg/g 鲜重

浓度(mg/L)	4 月 28 日	5 月 9 日	5 月 19 日
0	3.843	3.982	4.017
0.050	3.796	3.815	3.706
0.125	3.617	3.776	3.563
1.250	3.455	3.511	3.432

表 6 不同浓度 Cr<sup>6+</sup>、不同处理时间对叶片细胞膜透性的影响 %

浓度(mg/L)	4 月 28 日	5 月 9 日	5 月 19 日
0	3.51	6.90	23.81
0.050	4.45	7.21	24.74
0.125	4.78	7.72	25.87
1.250	7.05	19.26	45.19

表 7 不同浓度 Cr<sup>6+</sup>、不同处理时间对叶片游离脯氨酸的影响 mg/g 鲜重

浓度(mg/L)	4 月 28 日	5 月 10 日	5 月 20 日
0	0.025	0.143	0.359
0.050	0.037	0.171	0.371
0.125	0.068	0.196	0.401
1.250	0.128	0.288	0.560

芽天数。说明了  $\text{Cr}^{6+}$ 通过某些(种)机制降低了种子活力,抑制了种子的萌发过程。

随着处理时间的延长和  $\text{Cr}^{6+}$ 浓度的逐渐增大, $\text{Cr}^{6+}$ 对小白菜的毒害越深,而且对根的影响比叶大,这是因为  $\text{Cr}^{6+}$ 离子主要是通过根吸收进入植物体内,并且会在根部富集,因此根部细胞会最先受到伤害,且受害程度也最深。

参考文献:

- [1] 华东师范大学生物系植物生理教研组. 植物生理学实验指导[M]. 人民教育出版社, 1980, 189-191.
- [2] 张殿忠,等. 测定小麦叶片游离脯氨酸含量的方法[J]. 植物生理学通讯, 1990, (4): 62-65.
- [3] 杜应琼,等. 铅、镉和铬在叶类蔬菜中的累积及对其生长的影响[J]. 园艺学报, 2003, 30(1): 51-55.
- [4] 何翠屏,王慧忠. 重金属镉、铅对草坪植物根系代谢和叶绿素水平的影响[J]. 湖北农业科学, 2003, (5): 60-63.
- [5] 任文艺,等. 吉林省无公害蔬菜生产综述[J]. 吉林农业科学, 2002, 27(增刊): 76-77.

## 中小學生如何學用《少年文摘報》

《少年文摘報》作為全國唯一一份以指導中小學生學習和傳授百科知識為主要內容的學習輔導類精品文摘報紙,深受廣大讀者的喜愛和青睞,讀者贊譽本報:各門功課都輔導,不是家教勝家教,學習成績步步高,中考高考捷報頻。

一、《少年文摘報》在學習上的指導作用為什麼是很明顯的

本報創刊 20 多年來,努力打造教學輔導類報刊中的領軍航母形象,以畫龍點睛的筆觸,勾勒出每門功課的知識網絡結構,不僅具有很強的針對性,而且從重點、難點入手,進行詳細地輔導,緊扣課本知識,在同步性、實用性上下功夫,引導學生開創新思維,拓展新視野,活學活用課本知識,解一道題可收到觸類旁通的效果。讓讀者真正體會到“一報在手,學習不愁”。

二、訂閱《少年文摘報》關鍵是要學好、用好

本報的辦報宗旨就是全面輔導學生學習,不斷提高學習成績和應試能力。各年級學習版內容難易比例適中,注重同步性、針對性、指導性,突出技巧、思路、方法和重難點的歸納分析解答,有講有練,講練結合,融會貫通;達標試題版從全國數以萬計的題型中精中選精,優中選優,與學習版有效互動,相互照應,全面地、有效地、準確地考查學習效果。總之,只要學好、用好本報,你的學習成績就會大幅度提高。

三、如何才能學好學好《少年文摘報》

有些同學由於學用方法不當或走馬觀花地讀一遍,或只看百科知識版,不認真研讀學習版,這勢必要影響報紙的使用效果。本報如甘冽美酒一般,需要你去細細地讀,慢慢地品,那麼如何去品呢?

為了讓讀者學好學好本報,本報不僅分年級出版,而且刊登的各科學習內容與你的教學內容同步,當學生學到某一章節時,與之相關的輔導內容便會送到你的手中,幫你理解課本知識,提供相關背景,助你拓展視野,你只需將它們認真地、扎實地研讀,並仔細做好跟蹤練習,這一塊知識就會輕鬆掌握。

每月一次的月考練習,更是你的練兵場,只要你認真做,堅持做,這個月的知識就會徹底掌握。對於一些難度較大的題型,可以暫時放一放,過幾天再回過頭來做它,說不定會有意想不到的收穫。

寫作與欣賞版更能提高寫作水平。只要你按上面的方法練習,並且將報紙上的好詞好句積累起來,豐富詞匯,你的寫作水平一定會得到快速提高。

訂閱與索樣:本報從小學一年級到高三分年級出版,各年級既有學習版,又有達標試題,還有寫作與欣賞版,三個版有效互動,相得益彰,請查准郵發代號,儘快到當地郵局訂閱,最好都訂上。若索要樣報,來信附 3 元郵資,即寄近期出版的所需年級樣報。

誠征全國市縣級發行代理商,每縣仅限一名。

匯款地址:蘭州市白銀路甘肅新聞大廈 13 樓少年文摘報財務處 郵編:730030

網址:www.shnwzb.com 傳真:8112383 電話:0931-8156600 13893298306 何亦云

	郵發代號	報紙名稱	單價	全年價		郵發代號	報紙名稱	單價	全年價
各 年 級 學 習 版 系 列	53-79	小學一年級版	0.5	27.00	各 年 級 試 題 版 系 列	54-150	小學三年級達標試題版	4.00	24.00
	53-80	小學二年級版	0.5	27.00		54-151	小學四年級達標試題版	4.00	24.00
	53-81	小學三年級版	0.8	43.20		54-152	小學五年級達標試題版	4.00	24.00
	53-82	小學四年級版	0.8	43.20		54-153	小學六年級達標試題版	4.00	24.00
	53-83	小學五年級版	0.8	43.20		54-154	初一達標試題版	4.50	27.00
	53-84	小學六年級版	0.8	43.20		54-155	初二達標試題版	4.80	28.80
	53-85	初一學習版	0.8	43.20		54-156	中考衝刺試題版	5.00	30.00
	53-86	初二學習版	0.8	43.20		54-157	高一達標試題版	5.00	30.00
	53-87	初三學習版	1.2	64.80		54-158	高二達標試題版	5.00	30.00
	53-88	高一學習版	1.2	64.80		54-159	高考文科衝刺試題版	5.00	30.00
	53-89	高二學習版	1.2	64.80		54-160	高考理科衝刺試題版	5.00	30.00
	53-90	高三文科版	1.2	64.80		53-101	小學寫作與欣賞版	0.50	27.00
	53-91	高三理科版	1.2	64.80		53-102	初中寫作與欣賞版	0.80	43.20
							53-103	高中寫作與欣賞版	0.80