

# 木麻黄种子萌发对铬胁迫的生理生态响应研究\*

周希琴

李裕红

(肇庆学院 肇庆 526061)(厦门大学生命科学学院 厦门 361005)

**摘要** 试验研究不同浓度  $\text{CrCl}_3$  胁迫对木麻黄种子萌发初期一些生理生态特征的影响结果表明,随  $\text{CrCl}_3$  处理浓度的加大而木麻黄种子萌发率逐渐降低,幼苗株高、根长、鲜物质量和干物质量均逐渐降低;脯氨酸、超氧负离子含量先升后降,蛋白质含量逐渐升高;超氧化物歧化酶活性(SOD)先升后降,过氧化物酶活性(POD)和过氧化氢酶活性(CAT)则逐渐增加,SOD、POD、CAT 活性可作为毒物的敏感指示者。环境胁迫条件下植物体形态特征的响应常滞后于生理特征。

**关键词** 木麻黄 种子萌发 铬胁迫 生理生态响应

**The physiological and ecological responses of the seed germination of *Casuarina equisetifolia* to chromic stress.** ZHOU Xi-Qin(Biology Department of Zhaoqing College, Zhaoqing 526061), LI Yu-Hong(School of Life Sciences, Xiamen University, Xiamen 361005), *CJEA*, 2004, 12(1):53~55

**Abstract** Effects of  $\text{CrCl}_3$  stress with different concentrations on some earlier physiological and ecological characteristics of seed germination of *Casuarina equisetifolia* were studied. The results show that the seed germination percentage, the plant height, root length, fresh biomass, and dry biomass of seedlings all gradually decrease with the treatments of increased  $\text{CrCl}_3$  concentrations. At the meantime, the contents of proline and superoxide anion ( $\text{O}_2^-$ ) increase firstly and decrease afterwards, and the content of protein gradually increases. Furthermore, the activity of the protective enzyme SOD increases firstly and decreases afterwards, and the activities of POD and CAT both gradually increase. The activities of SOD, POD, CAT can act as sensitive designators to poison, and the morphologic responses of plant usually lag behind the physiological responses when it is under the environment stress.

**Key words** *Casuarina equisetifolia*, Seed germination, Chromic stress, Physiological and ecological responses

作物受 Cr 污染后严重阻碍幼苗发育,降低产量,甚至导致植株死亡<sup>[1]</sup>。木麻黄对 Cr 胁迫的生理生态特性响应研究目前尚未见报道。本试验研究了不同浓度  $\text{Cr}^{3+}$  对木麻黄种子萌发生长及幼苗抗氧化酶活性、脯氨酸和超氧负离子含量等的影响,探讨 Cr 毒害机理,为农林业生产环境监测提供理论依据。

## 1 试验材料与方法

供试材料为普通木麻黄(*Casuarina equisetifolia*)种子,种子经4%高锰酸钾表面消毒5~6min,以去离子水反复冲洗过滤浸泡10h后将种子均匀置于垫有滤纸的培养皿中,每皿100粒,分别用 $\text{Cr}^{3+}$ 浓度为0mg/L对照(CK)、10mg/L(A)、50mg/L(B)、100mg/L(C)、200mg/L(D)、300mg/L(E)和500mg/L(F)的 $\text{CrCl}_3$ 溶液浸润种子,每处理3个重复,7d后统计发芽率等;将另一部分种子于自然条件下催芽,当幼体胚根长至2~3mm时移置垫有滤纸的培养皿中,分别加入 $\text{Cr}^{3+}$ 浓度为0mg/L(对照,CK)、10mg/L(I)、50mg/L(II)、100mg/L(III)、200mg/L(IV)、300mg/L(V)、500mg/L(VI)  $\text{CrCl}_3$ 溶液进行胁迫培养,每处理5个重复,置 $26(\pm 2)^\circ\text{C}$ 室温自然光照下萌发生长,将萌发10d后幼苗用于各种生理指标测定。萌发指标测定式为:

$$G_r = N_g/N_n \times 100\% \quad (1)$$

$$RG_r = TG_r/CG_r \times 100\% \quad (2)$$

$$G_i = \sum (G_i/D_i) \quad (3)$$

$$RG_i = TG_i/CG_i \times 100\% \quad (4)$$

\* 福建省自然科学基金重点项目(D0120001)与泉州师范学院科研基金项目(2002L104)共同资助

收稿日期:2003-03-28 改回日期:2003-04-26

式中,  $G_t$  为发芽率,  $N_k$  为第7天发芽种子数,  $N_n$  为供萌发用的种子总数,  $RG_t$  为相对发芽率,  $TG_t$  为Cr处理发芽率,  $CG_t$  为对照发芽率,  $G_i$  为发芽指数,  $G_i$  指时间  $t$  日的发芽数,  $D_i$  指至  $t$  日的发芽天数,  $RG_i$  为相对发芽指数,  $TG_i$  为Cr处理发芽指数,  $CG_i$  为对照发芽指数。按刘祖祺等<sup>[2]</sup>方法制备酶液。按侯彩霞<sup>[3]</sup>方法测定脯氨酸含量, 按罗广华等<sup>[3]</sup>方法测定超氧化物阴离子自由基(简称超氧负离子), 按考马斯亮蓝 G-250 染色法测定可溶性蛋白质含量<sup>[4]</sup>, 用NBT光还原法[以抑制NBT50%为1个酶单位(U)表示]测定超氧化物歧化酶(SOD)活性<sup>[4]</sup>, 用愈创木酚法测定<sup>[5]</sup>过氧化物酶(POD)活性(以每min吸光度变化值表示酶活性的大小), 用碘量法测定<sup>[6]</sup>过氧化氢酶(CAT)活性。

表1  $Cr^{3+}$ 胁迫对木麻黄种子萌发率的影响

Tab.1 Effect of  $Cr^{3+}$  stress on seed germination of *Casuarina equisetifolia*

处 理 Treatments	发芽率/% Germination percentage	相对发芽率/% Relative germination percentage	发芽指数 Index of germination	相对发芽指数/% Relative index of germination
CK	45	100.0	3.7	100.0
A	38	84.4	3.1	83.8
B	30	66.7	3.0	81.1
C	12	26.9	2.2	54.5
D	2	3.3	1.1	29.2
E	0	0.0	0.3	7.3
F	0	0.0	0.1	2.2

不同浓度的影响,  $Cr^{3+}$  浓度越大其抑制效应越强。当  $Cr^{3+}$  浓度达 300mg/L、500mg/L 时 7d 内全部种子均未萌发, 7d 后仅极少数种子萌发为畸形苗。试验研究  $Cr^{3+}$  胁迫对木麻黄幼苗生长的影响(见表2)结果表明, 随  $Cr^{3+}$  胁迫浓度的增加而木麻黄幼苗株高、根长、鲜物质和干物质质量等均明显低于对照, 且 300mg/L、500mg/L 浓度  $Cr^{3+}$  处理的幼苗随培养时间的延长而最终致死。

## 2 结果与分析

### 2.1 $Cr^{3+}$ 胁迫对木麻黄种子萌发及幼苗生长的影响

试验研究结果(见表1)表明不同浓度  $Cr^{3+}$  处理后木麻黄种子萌发均受

表2  $Cr^{3+}$ 胁迫对木麻黄幼苗生长的影响

Tab.2 Effect of  $Cr^{3+}$  stress on seedling growth of *Casuarina equisetifolia*

处 理 Treatments	株高/cm Plant height	根长/cm Length of roots	鲜物质 量/mg·株 <sup>-1</sup> Fresh biomass	干物质 量/mg·株 <sup>-1</sup> Dry biomass
CK	4.26	2.26	4.7	1.9
I	2.76	1.04	4.6	1.8
II	1.62	0.48	4.3	1.3
III	1.39	0.43	4.1	1.2
IV	0.95	0.42	3.1	1.1
V	0.84	0.39	2.5	1.0
VI	0.73	0.29	2.0	0.8

### 2.2 $Cr^{3+}$ 胁迫对木麻黄幼苗脯氨酸、蛋白质及超氧负离子含量的影响

试验研究结果(见图1a)表明

10~300mg/L 浓度  $Cr^{3+}$  胁迫处理的木麻黄幼苗植株脯氨酸含量明显高于对照, 但 500mg/L 浓度  $Cr^{3+}$  胁迫处理的木麻黄幼苗脯氨酸含量反而低于对照, 这可能与高浓度  $Cr^{3+}$  胁迫损伤了细胞内多种功能膜及酶系统, 造成脯氨酸合成代谢紊乱有关, 表明木麻黄幼苗脯氨酸含量变化与植物受逆境胁迫的强弱有一定相关性, 它既是细胞结构和功能损伤的结果, 也是抗逆性的一种适应。随  $Cr^{3+}$  浓度的增加而木麻黄幼苗超氧负离子含量逐渐增加, 至 300mg/L 浓度  $Cr^{3+}$  胁迫处理时达最高点, 之后下降(见图1b)。超氧负离子含量升高引起细胞膜结构的变化, 影响植物发育和生长。 $Cr^{3+}$  胁迫可促进植株体内活性氧的产生, 启动膜脂过氧化作用, 引

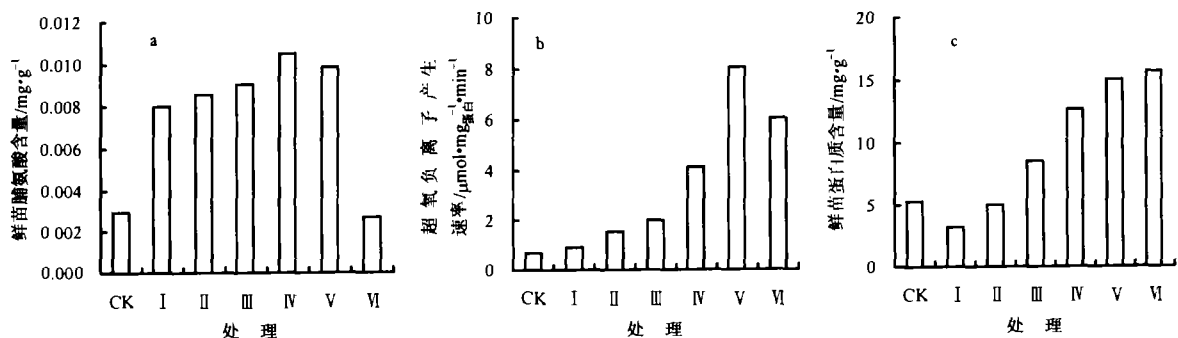


图1  $Cr^{3+}$ 胁迫对木麻黄幼苗脯氨酸、超氧负离子和蛋白质含量的影响

Fig.1 Effects of  $Cr^{3+}$  stress on the contents of proline, superoxide anion, and protein of *Casuarina equisetifolia* seedlings

起活性氧代谢平衡失调而最终破坏生物膜结构,这是木麻黄种子萌发受伤害机理之一。试验研究  $\text{Cr}^{3+}$  胁迫对木麻黄幼苗蛋白质含量的影响(见图 1c)结果表明,10mg/L 浓度  $\text{Cr}^{3+}$  处理时木麻黄幼苗蛋白质含量微降,之后随  $\text{Cr}^{3+}$  浓度的升高而蛋白质含量升高,至 500mg/L 浓度  $\text{Cr}^{3+}$  处理时达最高点,这与 Vallee B.I. 等<sup>[7]</sup> 研究结果相似, $\text{Cr}^{3+}$  胁迫可诱导植物某些蛋白质的合成,这可能是植物对  $\text{Cr}^{3+}$  毒害的一种防御性反应。

### 2.3 $\text{Cr}^{3+}$ 胁迫对木麻黄幼苗细胞保护酶系统的影响

试验研究结果(见图 2a)表明 10~50mg/L 浓度  $\text{Cr}^{3+}$  胁迫下木麻黄幼苗植株 SOD 活性高于对照,当  $\text{Cr}^{3+}$  浓度继续增大时 SOD 活性迅速下降,当  $\text{Cr}^{3+}$  浓度 >100mg/L 时 SOD 活性均低于对照,这与  $\text{Cr}^{3+}$  浓度过高引起膜及酶系统破坏使其代谢紊乱有关。图 2b 表明  $\text{Cr}^{3+}$  胁迫下木麻黄幼苗 POD 活性随处理浓度的增加而缓慢上升,至 500mg/L 浓度  $\text{Cr}^{3+}$  处理时升至最高点。图 2c 表明 10mg/L 浓度  $\text{Cr}^{3+}$  胁迫下木麻黄幼苗 CAT 活性微降,之后随  $\text{Cr}^{3+}$  浓度的增加而 CAT 活性升高,至 500mg/L 浓度处理时达最高点。低浓度  $\text{Cr}^{3+}$  胁迫下木麻黄幼苗 SOD 活性的上升可能是植物细胞对重金属胁迫因子的一种保护性应激反应,但随重金属浓度的增加其 SOD 活性呈下降趋势,从而加剧膜脂过氧化作用, $\text{Cr}^{3+}$  胁迫可诱导木麻黄幼苗 POD 活性和 CAT 活性升高,这是植物在逆境因子作用下通过自身防御机制对毒物作出的保护性反应,故 SOD 活性、POD 活性和 CAT 活性可作为毒物的敏感指示者,可从分子水平提示逆境因子给生物带来的伤害。与对照相比 10mg/L 浓度  $\text{Cr}^{3+}$  胁迫时木麻黄幼苗酶活性即发生明显变化,而其株高、根长和干、鲜物质量在 200 mg/L 浓度  $\text{Cr}^{3+}$  胁迫时才产生明显差异,这表明植物形态特征对环境胁迫的响应滞后于其生理特征的响应。

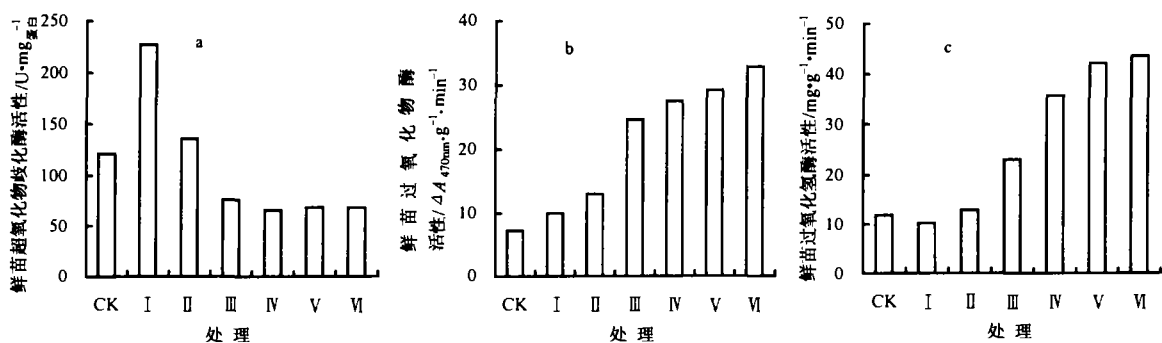


图 2  $\text{Cr}^{3+}$  胁迫对木麻黄幼苗 SOD、POD 及 CAT 活性的影响

Fig. 2 Effects of  $\text{Cr}^{3+}$  stress on the activities of SOD, POD and CAT of *Casuarina equisetifolia* seedlings

## 3 小 结

不同浓度  $\text{Cr}^{3+}$  溶液处理后木麻黄种子萌发和生长均受到影响, $\text{Cr}^{3+}$  浓度越高其抑制效应越强。 $\text{Cr}^{3+}$  胁迫下木麻黄幼苗脯氨酸和超氧负离子含量随  $\text{Cr}^{3+}$  浓度的增加而升高,当  $\text{Cr}^{3+}$  浓度继续增大时植物生理代谢紊乱,导致其含量降低。随  $\text{Cr}^{3+}$  胁迫浓度的升高而木麻黄幼苗蛋白质含量逐渐升高。低浓度  $\text{Cr}^{3+}$  胁迫时木麻黄幼苗 SOD 活性上升,但较高浓度胁迫下 SOD 活性下降,加剧了膜脂过氧化作用; $\text{Cr}^{3+}$  胁迫可诱导木麻黄幼苗 POD 活性和 CAT 活性升高,这是植物对毒物的保护性响应。SOD 活性、POD 活性和 CAT 活性可作为毒物的敏感指示者,从分子水平提示逆境因子给生物带来的伤害。 $\text{Cr}^{3+}$  胁迫后木麻黄幼苗酶活性的变化远敏感于株高及生物量等指标的变化,环境胁迫下植物形态特征的响应滞后于其生理特征响应。

## 参 考 文 献

- 1 沈明珠,曹洪法,瞿爱权等. 农业环境的污染和保护. 北京:中国青年出版社,1980. 105~108
- 2 刘祖祺,张石诚. 植物抗性生物学. 北京:中国农业出版社,1990. 370~372
- 3 中国科学院上海植物生理研究所,上海市植物生理学会编. 现代植物生理学实验指南. 北京:科学出版社,1999. 303~309
- 4 李合生主编. 植物生理生化实验原理和技术. 北京:高等教育出版社,2000. 184~185
- 5 张志良主编. 植物生理学实验指导. 北京:高等教育出版社,1990. 154~155
- 6 山东农学院,西北农学院. 植物生理学实验指导. 济南:山东科学技术出版社,1980. 109~114
- 7 Vallee B. I., Vimer D. D. Biochemical effects of mercury cadmium and lead. Annu. Rev. Biochem,1972,41:91~128