

镉胁迫对甜高粱种子萌发的影响

崔永行^{1,2}, 范仲学¹, 杜瑞雪¹, 蔡利娟¹

(1. 山东省农业科学院 高新技术研究中心, 山东省作物与畜禽品种改良生物技术重点实验室,
山东 济南 250100; 2. 哈尔滨工业大学, 山东 威海 264200)

摘要: 本试验用浓度分别为 0, 2, 4, 8, 16, 32 mg/L 的镉溶液对 3 个甜高粱品种(上海甜高粱、意大利甜高粱和兴佳甜高粱)的种子进行胁迫处理, 测定了镉胁迫对种子发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数、苗长和根长等发芽指标的影响。结果表明, 在镉胁迫条件下, 3 个品种的发芽指标大都随着镉浓度的增加先升高后降低, 4 mg/L 的镉可以促进甜高粱种子的萌发。在 3 个参试品种中, 上海甜高粱的耐镉性最好。

关键词: 甜高粱; 镉胁迫; 种子萌发

中图分类号: X503.231 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2008)增刊-0140-04

Effects of Cadmium Stress on Seed Germination of Different Sweet Sorghum Varieties

CUI Yong-hang^{1,2}, FAN Zhong-xue¹, DU Rui-xue¹, CAI Li-juan¹

(1. High-Tech Research Center, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory for Genetic Improvement of Crop, Animal and Poultry of Shandong Province, Jinan 250100, China;
2. Harbin Institute of Technology, Weihai 264200, China)

Abstract: Three representative sweet sorghums were used in this experiment. The germination tendency, germination percentage, germination index, vigor index and the length of root and bud were tested to determine the effects of cadmium stress at the concentration 0, 2, 4, 8, 16 and 32 mg/L. The results indicated that, under the cadmium stress, most of the data firstly rose and then dropped with the increasing of cadmium concentration. At 4 mg/L, the germination was accelerated. The cadmium tolerant of Shanghai sweet sorghum was the best among the three trialed varieties.

Key words: Sweet sorghum; Cadmium stress; Germination

镉(Cd)是环境中危害最大的重金属污染物之一,通过冶炼、电镀、塑料、颜料等工业生产排出。据不完全统计,我国受镉污染的农田面积达到 $2.8 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 每年生产的镉含量超标的农产品达 $1.46 \times 10^{10} \text{ kg}^{[1]}$, 镉污染严重威胁着农业生态环境、人类的生活质量和健康安全。

近年来,随着能源危机、粮食危机、环境危机的不断加剧,甜高粱(*Sorghum dochna* (Forssk.) Snowden var. *dochna*)以其生长快、产量高、抗逆性强等优点,成为人们青睐的种植对象。甜高粱为短日照植物,光合效率高,生长能力强,有“高能作物”之称^[2]。甜高粱的籽粒可食用、饲用、酿造用,茎秆可作制糖、酿酒、酿醋、造纸的原料,青贮可作牲畜的饲草饲

料^[3],被称为“三元作物”。种子萌发是植物生活周期的起点和感知外界环境变化的最初生命阶段,也是评价植物重金属镉耐性的重要阶段^[4],我们用不同浓度的镉溶液对 3 个甜高粱品种的种子进行处理,研究了镉对甜高粱种子萌发的影响,该研究将为农业生产早期预报重金属镉对甜高粱的毒害效应和对已污染土壤进行品种的选择种植提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料与试剂

甜高粱种子由山东省农业科学院作物科学研究所谷梁研究室提供。 CdCl_2 是国药集团化学试剂有限公司生产的分析纯级试剂。

收稿日期: 2008-01-12

基金项目: 山东省优秀中青年科学家科研奖励基金(2007BS06014)

作者简介: 崔永行(1983-),男,山东威海人,学士,主要从事环境生物技术方面的研究。

通讯作者: 范仲学(1968-),男,山东苍山人,博士,研究员,主要从事环境生物技术研究。

1.2 方法

本试验采用纸上发芽^[5]的方式。用 CdCl₂ 配成浓度分别为 2, 4, 8, 16, 32 mg/L 的镉溶液, 以蒸馏水作对照, 对不同品种的种子进行处理。精选饱满程度一致的甜高粱种子, 用 10% 的双氧水消毒 10 min 后, 用不同浓度的镉溶液浸种 2 d, 取出后放入铺有双层滤纸的培养皿中, 每个培养皿中放 30 粒, 每个品种每个处理重复 3 次; 然后放入 25 ℃ 的温室中光照培养, 每天用相应浓度的镉溶液补充蒸发的水分, 观察并记录发芽的种子数(芽长超过种子的半径即为发芽)。

1.3 测定项目与方法

当种子开始萌动后, 每日观察种子的萌发情况, 并按以下公式计算发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数, 第 7 天测芽长和根长。

发芽势= 前 4 d 正常发芽的种子数/ 供试种子

数× 100%

发芽率= 前 7 d 正常发芽的种子数/ 供试种子数× 100%

发芽指数= $\sum G_t / D_t$, G_t 为 t 时间内的发芽数, D_t 为相应的发芽天数

活力指数= 发芽指数× 苗长

2 结果与分析

2.1 镉胁迫对不同甜高粱品种发芽势和发芽率的影响

由图 1 可见, 参试品种的发芽势和发芽率均受到镉胁迫的影响, 且随镉浓度的升高呈波状变化。用低浓度的镉处理时, 种子的发芽势、发芽率高于对照, 随着镉浓度的增高, 发芽势和发芽率开始下降。不同品种的变化存在显著差异。

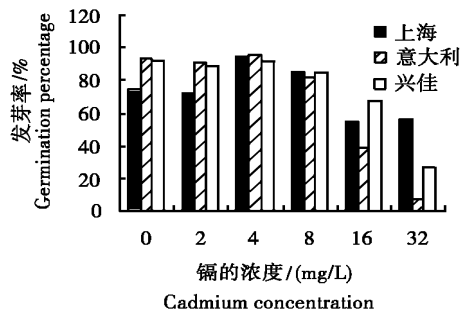
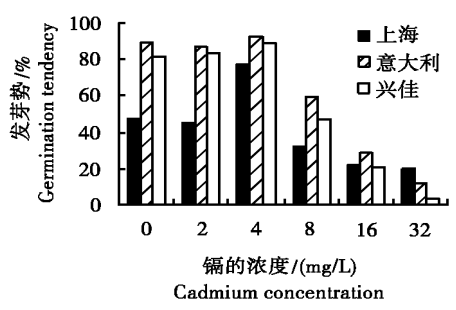


图 1 镉胁迫对不同品种的甜高粱种子发芽势和发芽率的影响

Fig.1 Effects of cadmium stress on germination tendency and germination percentage of sweet sorghum seeds

低浓度镉处理对甜高粱种子的发芽势和发芽率有促进作用, 其中, 上海甜高粱、兴佳甜高粱表现最为突出, 当镉浓度为 4 mg/L 时, 两者的发芽势和发芽率都达到最大值, 分别为 76.67%, 88.89%, 随着镉浓度的增大, 发芽势和发芽率都下降。在低浓度镉(2~ 4 mg/L)胁迫下, 意大利甜高粱种子的发芽势和发芽率都较高(都在 85% 以上), 差异并不显著, 但在高浓度镉胁迫下, 发芽势和发芽率迅速下降。比较而言, 在高浓度镉胁迫下, 上海甜高粱和兴佳甜高粱种子的发芽势和发芽率下降相对较慢。为了得到较高的发芽率和发芽势, 在没有镉污染或镉污染较轻的地区应选择种植意大利甜高粱, 在镉污染较为严重的地区应选择种植上海甜高粱和兴佳甜高粱。

2.2 不同浓度镉处理对甜高粱种子发芽指数的影响

由图 2 可见, 在镉胁迫下, 不同品种甜高粱的发芽指数差异显著。上海甜高粱的发芽指数随镉浓度的变化波动较小, 并且维持在相对较高的水平; 兴佳

甜高粱在高浓度镉(16 mg/L)胁迫条件下的发芽指数高达 14, 显示出较高的耐镉性; 而意大利甜高粱的发芽指数呈先升后降的趋势, 且数值较低。从发芽指数也可以看出, 上海甜高粱和兴佳甜高粱的耐镉性优于意大利甜高粱。

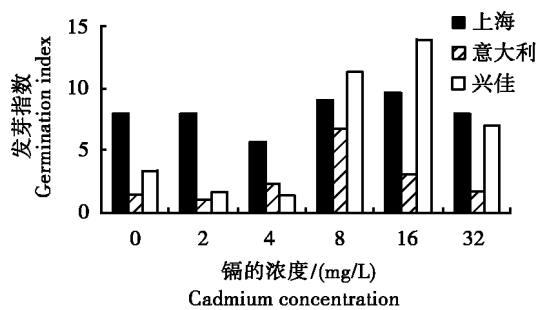


图 2 镉对不同品种甜高粱种子发芽指数的影响

Fig.2 Effects of cadmium stress on germination index of sweet sorghum seeds

值得注意的是, 意大利甜高粱和兴佳甜高粱分别在镉浓度为 8, 16 mg/L 时发芽指数达到最大, 这与达到最大发芽率和发芽势时的浓度不一致, 原因是其发芽整齐度很高, 第 3 天时芽长才达到发芽标

准,发芽增量取的是第3天到第6天,在低浓度镉胁迫下,第3天时的发芽率很高,即基数已经很大,到第6天时发芽增量很小,导致发芽指数较低。而在高浓度镉胁迫下,第3天时发芽率较低,基数小,虽然有高浓度的镉胁迫,但增量很大,导致发芽指数高。这说明8~16 mg/L的镉浓度可以延缓意大利甜高粱和兴佳甜高粱种子的发芽。

2.3 不同浓度镉处理对甜高粱种子活力指数的影响

由图3可见,上海甜高粱种子的活力指数虽然受镉浓度的影响,但变化幅度较小,而且数值也比较高,兴佳甜高粱最突出,它在高浓度镉胁迫下具有较高的活力指数,当镉浓度为8 mg/L时,其活力指数达最大值26.52;而意大利甜高粱在各种浓度镉胁迫下维持较低的活力指数,当镉浓度为32 mg/L时,活力指数甚至下降为0。

由此可见,上海甜高粱各处理的活力指数都维

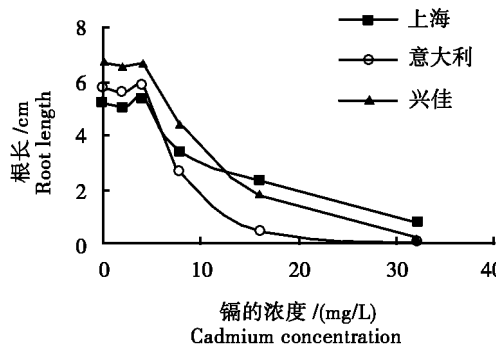


图4 镉胁迫对甜高粱根长和芽长的影响

Fig. 4 Effects of cadmium stress on the length of root and bud of sweet sorghum seeds

由图4可见,低浓度镉胁迫可以促进3个甜高粱品种根和芽的生长,而高浓度则抑制其生长,当镉浓度为4 mg/L时,芽长和根长都比对照高;但不同品种受影响的程度存在差异,意大利甜高粱的芽长和根长随镉浓度的增加下降较快,而且在各种浓度条件下,意大利甜高粱的芽长和根长都处于较低的水平,当镉浓度上升到32 mg/L时,其根长和芽长几乎为零;对比之下,上海甜高粱和兴佳甜高粱的芽长和根长下降较为缓慢。

从芽长和根长来看,镉对甜高粱根的抑制作用明显高于其对芽的抑制作用,随着镉浓度的上升,根长迅速下降,当镉浓度为32 mg/L时,根长几乎为0;芽长在镉浓度为4~8 mg/L时有一个迅速的下降过程,随后其长度下降缓慢。

3 讨论

本研究表明,不同浓度的镉对甜高粱种子萌发、

持在较高的水平,因此其耐镉特性最强;兴佳甜高粱在高浓度镉的胁迫下,表现出较高的活力指数,其耐镉性次之;意大利甜高粱在各种浓度镉胁迫下,活力指数呈先升后降的趋势,但水平较低,因此其耐镉特性最差。

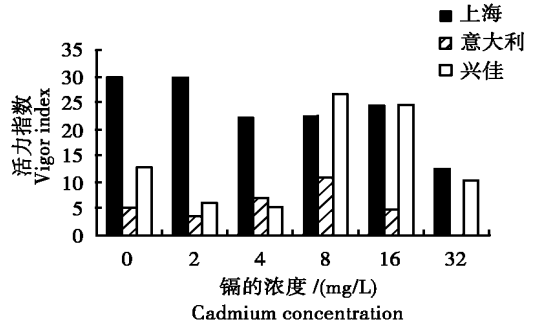
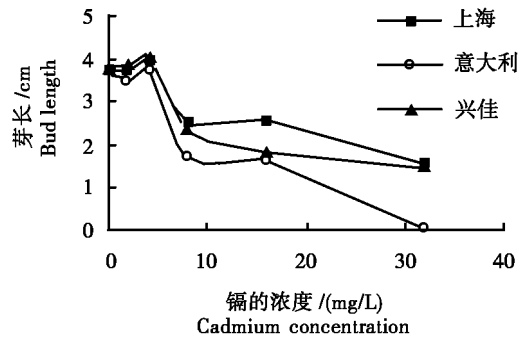


图3 镉胁迫对不同品种甜高粱种子活力指数的影响

Fig. 3 Effects of cadmium stress on vigor index of sweet sorghum seeds

2.4 不同浓度的镉胁迫对甜高粱的苗长和主根长度的影响



芽和根生长的影响不同,总体规律是:低浓度镉对种子的萌发、芽和根的生长有刺激作用,4 mg/L的镉对甜高粱种子的萌发有促进作用,Patra等^[6]把这种现象解释为低浓度重金属对植物有积极的“刺激作用”,但这种刺激受到浓度的限制。

低浓度镉促进芽生长的原因虽不清楚,但镉对根生长的影响大于对芽生长的影响的原因与种子结构、镉作用特点有关^[7-9]。其一,当种子吸胀萌动时,胚根快速吸水伸长并最先突破种皮,这使根在镉的积累量上、在受镉胁迫的时间进程上大于芽,从而表现为受害更深;其二,镉可诱导根系产生逆境乙烯,并向地上部输导,逆境乙烯对细胞有很强的伤害作用,这种伤害也首先发生在根部^[10]。萌发的本质是种子在水的活化下启动基因组中新基因的表达或原有基因的活化,使胚恢复代谢和生长^[11]。已有的研究表明,在镉胁迫下,植物细胞中的核酸含量下降^[12,13],据此推测,镉对甜高粱种子萌发乃至根和

芽生长的影响同抑制胚细胞中核酸合成有关。

通过对3个甜高粱品种种子萌发的耐镉性进行研究,发现意大利甜高粱在没有镉胁迫或在低浓度镉胁迫下,种子萌发和生长状况优于其他2个品种,但随着镉浓度的上升,大部分测定指标迅速下降,表现出对镉的耐受力下降,虽然其发芽率很高,但其芽和根的生长缓慢且长度很短。而上海甜高粱的各项指标都很高,表现出对镉具有极高的耐受力,兴佳甜高粱次之。杨居荣等^[14]研究表明,植物耐镉性的强弱同镉胁迫下植物体内形成的重金属结合蛋白有关,试验中3个甜高粱品种耐镉性的差异是否为此机制,还需进一步研究。

参考文献

[1] Wang K R. Tolerance of cultivated plants to cadmium and their utilization in polluted farmland soils[J]. *Acta Biotechnologica*, 2002, 21: 189– 198.

[2] 赵丽欣, 张艳丽, 沈丰菊. 能源作物甜高粱及其可供应性研究[J]. *可再生能源*, 2005, 122: 37– 40.

[3] 张福耀, 赵威军, 平俊爱. 高能作物—甜高粱[J]. *中国农业科技导报*, 2006, 8(1): 14– 17.

[4] 陶玲, 任 , 祝广华, 等. 重金属对种子萌发的影响的研究进展[J]. *农业环境科学学报*, 2007, 26(增刊): 52

– 57.

[5] 杜兰芳, 沈宗根, 王立新, 等. CdCl₂ 对豌豆种子萌发和幼苗生长的影响[J]. *西北植物学报*, 2007, 27(7): 1411 – 1416.

[6] Patra J, Lenka M, Panda B B. Tolerance and CO₂-tolerance of the grass *Chloris barbata* Sw., to mercury, cadmium and zinc [J]. *New Phytologist*, 1994, 128: 165– 171.

[7] 周青, 黄晓华, 张一. 镉对种子萌发的影响[J]. *农业环境保护*, 2000, 19(3): 156– 168.

[8] 王启明. 铅镉及其复合胁迫对大豆幼苗生理生化特性的影响[J]. *河南农业科学*, 2006(7): 34– 36.

[9] 刘燕, 蒋光霞. 硒对镉胁迫下油菜生物学特性的影响[J]. *河南农业科学*, 2008(3): 47– 50.

[10] 季玉鸣, 李振国, 余叔文. Cd 引起小麦苗逆境乙烯的产生及其和 Cd 的吸收分布[J]. *植物生理学报*, 1989, 15(2): 159– 166.

[11] Editor A A 著, 王沙生, 等译. 种子休眠和萌发的生理生化[M]. 北京: 农业出版社, 1989: 359– 380.

[12] 廖自基. 微量元素的环境化学与生物效应[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1992: 294– 298.

[13] 周青, 黄晓华, 彭方晴, 等. La– Gly 配合物对 Cd 伤害小白菜的影响[J]. *环境科学*, 1999, 20(1): 91– 94.

[14] 杨居荣, 贺建群, 张国祥, 等. 作物对镉的耐性机理的探讨[J]. *应用生态学报*, 1995, 6(1): 87– 91.