

大豆种子萌发对镉胁迫响应的观察

吴 鹏¹,周 青^{1,2}

(1. 江南大学环境与土木工程学院 环境科学研究所,江苏 无锡 214122;2. 江南大学 工业生物技术教育部重点实验室,江苏 无锡 214122)

摘 要:为了解土壤中镉(Cd^{2+})对作物种子萌发的影响,揭示 Cd^{2+} 对作物生产的伤害机理,采用水培法研究了不同浓度的 Cd^{2+} 溶液对大豆种子萌发过程中发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数变化的影响。结果表明:当 Cd^{2+} 溶液浓度为 $3\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,发芽率受 Cd^{2+} 溶液浓度的影响不大,发芽指数与活力指数都高于对照。随着 Cd^{2+} 溶液浓度的升高,发芽率、发芽指数、活力指数均逐渐降低,抑制效应逐渐增强;种子的发芽势则显著降低,抑制作用显著增强,说明低浓度 Cd^{2+} 对大豆种子萌发具有促进作用,而高浓度的 Cd^{2+} 则具有抑制作用。

关键词:大豆种子;镉;萌发

中图分类号:S565. 101 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-9841 (2009)05-0853-03

Response of Soybean Seed Germination to Cadmium Stress

WU Peng¹,ZHOU Qing^{1,2}

(1. Laboratory of Environmental Science,School of Environmental and Civil Engineering,Jiangnan University,Wuxi 214122,Jiangsu;2. Key Laboratory of Industrial Biotechnology,Ministry of Education,Jiangnan University,Wuxi 214122,Jiangsu,China)

Abstract:In order to understand the effects of soil cadmium(Cd^{2+}) on crop seed germination and reveal the mechanism of the impact on crop,hydroponic culture was used to study the impact of different concentrations of Cd^{2+} solution($0,3,6,9\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) on soybean seed germination. The germination rate,germination energy,germination index and vigor index were investigated under the Cd^{2+} stress. Under $3\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{Cd}^{2+}$ solution treatment,the germination rate was less affected,while seed germination index and vigor index were all higher than those of control . With the Cd^{2+} solution concentration increased,the germination rate,germination index and vigor index decreased gradually,and seed germination energy decreased significantly. Results indicates that lower concentration of Cd^{2+} could promote seed germination,while higher concentration of Cd^{2+} could inhibit seed germination in soybean.

Key words:Soybean seeds;Cadmium;Germination

重金属污染是当今污染面积最广,危害最大的环境问题之一,由于重金属污染毒理机制和生物效应的复杂性,对于重金属污染的研究,一直是当前学术界的热点研究课题。镉(Cd)是生物毒性最强的重金属元素之一^[1-2]。镉对生物有机体的毒性很大,蓄积性也很强,受镉毒害的植物不能正常生长,并且生物量呈下降趋势^[3]。近20年来,有关镉污染对玉米、水稻、小麦、蔬菜等作物的毒害效应、生理生化反应的研究已有较多报道^[4-7],为了清楚认识镉对大豆生长的毒害作用,有必要进行镉对大豆种子萌发的研究。镉对植物的伤害首先会表现在种子的萌发和幼苗生长的变化上,种子萌发期的生长状况

直接影响作物以后的生长和产量。因此,研究种子在萌发阶段受重金属污染的影响尤为重要。以大豆为材料,研究不同浓度镉处理对种子萌发的影响,以期反映镉胁迫下大豆种子萌发的变化,为污染生态研究和预防大豆早期镉伤害提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 氯化镉溶液配制

配制 $1\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 氯化镉母液,用标定后的氯化镉母液配制成 $3,6,9\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{CdCl}_2$ (以 Cd^{2+} 计)溶液。溶液 pH 调节至 7.0,用 PHSD-29A 酸度计(上海精密科学仪器有限公司)校准。

收稿日期:2009-02-13

基金项目:江南大学质量工程建设资助项目(20081218);江苏省教育厅“高等学校大学生实践创新训练”资助项目(20070730)。

作者简介:吴鹏(1985-),男,硕士,研究方向为环境生态学。

通讯作者:周青,教授。E-mail:zhouqeco@yahoo.com.cn。

1.2 材料处理方法

将大豆种子用 0.1% 升汞消毒 8 min,去离子水冲洗后分别于 3、6、9 mg·L⁻¹的 CdCl₂溶液中常温浸种。浸种时间为 24 h。从中取 100 粒种子均匀排列在直径 12 cm、垫有 2 层滤纸的培养皿中,对照(CK)是氯化镉浓度为 0 mg·L⁻¹的中性溶液(pH7.0)。置常温下开始萌发,每个处理 3 皿,每天更换 1 次溶液,并统计每日发芽数。

1.3 指标测定^[8]

发芽率(GR):是指种子发芽试验终期(该试验 7 d)正常发芽的种子数占供试种子的百分率。 $GR = (\text{发芽种子数} / \text{供试种子数}) \times 100\%$;发芽势(GE):是指种子发芽初期(规定日期内,该试验 3 d)正常发芽的种子数占供试种子的百分率。 $GE = (\text{萌发前 3 d 的发芽数} / \text{供试种子数}) \times 100\%$;发芽指数(GI): $GI = \sum (G_t / D_t)$,式中:G_t为在不同时间的发芽数,D_t为相应发芽日数;活力指数(VI): $VI = S \times \sum (G_t / D_t)$,式中:S 为一定时期内(7 d)幼苗生长势,以每株苗的平均鲜重(Fw)表示。

2 结果与分析

2.1 镉胁迫对种子发芽率和发芽势的影响

发芽率是反映植物种子品质优劣的重要指标。图 1 显示,当 Cd²⁺浓度为 3 mg·L⁻¹时,种子发芽率受 Cd²⁺浓度影响不大。当 Cd²⁺浓度高于 6 mg·L⁻¹时,Cd²⁺对大豆种子萌发抑制作用增强,当 Cd²⁺浓度为 9 mg·L⁻¹时,抑制作用显著,表明发芽率随 Cd²⁺浓度增大而减小。发芽势是表征种子活力的指标,能表明出苗整齐度。Cd²⁺影响大豆种子发芽势的规律近同于发芽率,当 Cd²⁺浓度为 3 mg·L⁻¹时,发芽势低于对照,呈现抑制作用。大豆种子发芽势随 Cd²⁺浓度增大而减小,说明 Cd²⁺浓度增大对大豆种子发芽势的胁迫增强。

2.2 镉胁迫对种子发芽指数与活力指数的影响

发芽(活力)指数是反映种子活力的综合指标,可表征 Cd²⁺对大豆种子发芽的胁迫情况。图 2 表明,随 Cd²⁺浓度升高,大豆种子发芽指数和活力指数呈先增后减变化趋势。与对照相比,Cd²⁺浓度为 3 mg·L⁻¹时,大豆种子发芽指数和活力指数都高于对照,表现为促进作用;Cd²⁺浓度为 6、9 mg·L⁻¹时,大豆种子发芽指数和活力指数都低于对照,表现为抑制作用。发芽指数下降幅度较小,说明 Cd²⁺在一定程度上延迟了种子发芽;活力指数下降幅度则较

大,说明 Cd²⁺浓度增大对种子发芽的胁迫增强。鉴于 2 个指标的生态涵义及活力指数兼含作物生长参量信息,用其表征种子萌发对镉的响应更有意义。

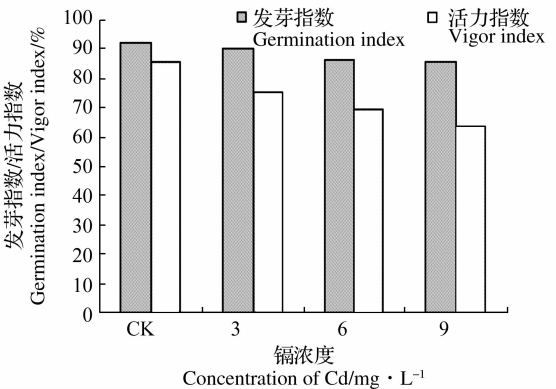


图 1 不同浓度镉对大豆发芽率和发芽势的影响
Fig. 1 Effect of cadmium(Cd²⁺) on soybean seed germination rate and germination energy

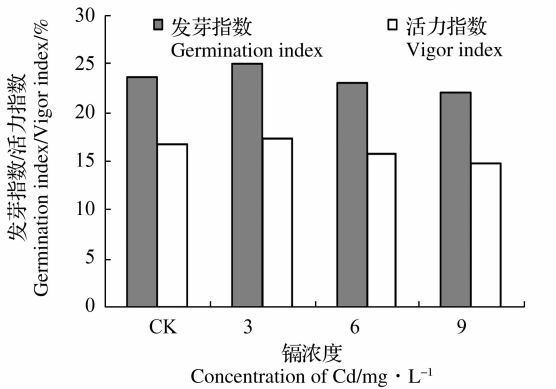


图 2 不同浓度镉对大豆发芽指数和活力指数的影响
Fig. 2 Effect of cadmium(Cd²⁺) on soybean seed germination index and vigor index

3 讨论

结果表明,当 Cd²⁺溶液浓度低于 3 mg·L⁻¹时,种子的发芽率受 Cd²⁺溶液浓度的影响不大,随着 Cd²⁺溶液浓度的升高,发芽率逐渐减小,抑制效应逐渐增强;种子的发芽势随 Cd²⁺溶液浓度的升高而显著降低;当 Cd²⁺溶液浓度为 3 mg·L⁻¹时,种子的发芽指数与活力指数高于对照,之后随着 Cd²⁺浓度的增加而下降。种子萌发吸水的第一阶段是吸胀作用。种子直接在镉溶液中吸胀,可能会破坏细胞膜,种子萌发受阻。种子经蒸馏水吸胀后再进行镉胁迫处理,可以排除镉对种子吸胀过程的影响,便于直接了解镉对种子萌发过程的影响。结果表明,不同浓度镉对大豆种子的萌发状况有显著影响。随着镉浓

度的增加,发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数、均受到不同程度的抑制作用。随着镉处理浓度的提高,过多的镉进入细胞与核酸相结合,降低了 RNA 和 DNA 的活性,引起核酸裂解,从而影响有丝分裂过程^[9]。有丝分裂的异常直接影响细胞的分裂和生长,从而影响种子的各项指标。此外,种子萌发所需要能量来源于贮存物质的氧化分解,贮存物质的分解需要水解酶的参与。随着镉胁迫浓度的增加,大豆种子中水解酶的活性可能受到抑制,从而降低了贮存物质的水解速度,使得种子萌发过程中物质和能量供应不足,从而抑制了种子的正常萌发。大豆种子萌发受镉胁迫伤害过程中,活性氧代谢失衡,从而造成膜脂过氧化加剧,增加过氧化有害物积累,使细胞膜系统破坏及大分子生命物质损伤^[10],细胞原生质膜遭到破坏,致使膜透性增加,也抑制了大豆种子的萌发。

参考文献

[1] 杨景辉. 土壤污染与防治[M]. 北京:科学出版社,1995. (Yang J H. Soil pollution and control [M]. Beijing: Science Press,1995.)
[2] 郭笃发. 环境中铅和镉的来源及其对人和动物的危害[J]. 环境科学进展,1994,2(3):71-76. (Guo D F. The source of lead and cadmium in environment and its hazards on human and animal [J]. Advances In Environmental Science,1994,2(3):71-76.)
[3] 陈志良,莫大伦. 镉污染对生物有机体的危害及防治对策[J]. 环境保护科学,2001,27(4):37-39. (Chen Z L, Mo D L. Biolog-

ical damage of soil cadmium(Cd) pollution and its control[J]. Environmental Protection Science,2001,27(4):37-39.)
[4] 谢建治,张书廷,刘树庆,等. 潮褐土重金属 Cd 污染对小白菜营养品质指标的影响[J]. 农业环境科学学报,2004,23(4):678-682. (Xie J Z,Zhang S T,Liu S Q, et al. Effects of heavy metal cadmium on nutrition quality indicators of non-heading Chinese cabbage in a polluted cinnamon soil[J]. Journal of Agro- Environment Science,2004,23(4):678-682.)
[5] 马文丽,金小弟,王转花. 镉处理对乌麦种子萌发幼苗生长及抗氧化酶的影响[J]. 农业环境科学学报,2004,23(1):55-59. (Ma W L,Jin X D,Wang Z H. Effects of cadmium on seed germination ,growth of seedling and antioxidant enzymes of rye and wheat [J]. Journal of Agro-Environment Science,2004,23(1):55-59.)
[6] Fabio F Nocito, Livia Pirovano, Maurizio Cocucci, et al. Cadmium induced sulfate uptake in maize roots[J]. Plant Physiology,2002,129(4):1872-1880.
[7] Chaffei C H, Gorbel M H. Nitrogen metabolism of tomato under cadmium stress conditions [J]. Journal of Plant Nutrition,2003,26:1671-1634.
[8] 颜启传. 种子检验原理和技术[M]. 杭州:浙江大学出版社,2001:66,102. (Yan Q C. Principles of seed testing and technology [M]. Hangzhou:Zhejiang University Press,2001:66,102.)
[9] Eun S, Young H S, Lee Y. Cadmium disturbs microtubule organization in the root meristem of Zea mays[J]. Physiology Plantarum,2000,110:357 - 365.
[10] 张芬琴,金自学. 两种豆科作物的种子萌发对 Cd²⁺ 处理的不同响应[J]. 农业环境科学学报,2003,22(6):660-663. (Zhang F Q,Jin Z X. Different responses of seed germination of two beans under treatment by Cd²⁺) [J]. Journal of Agro- Environment Science,2003,22(6):660-663.)

(上接第 852 页)

[2] 刘忠堂. 黑龙江省高油大豆高产综合配套技术[J]. 黑龙江农业科学,2005(5):48-50. (Liu Z T. Assortative technique of high oil soybean of Heilongjiang province[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences,2005(5):48-50.)
[3] 徐冉,闫振强,王彩洁,等. 播种方式对大豆产量效应的研究初报[J]. 大豆通报,2003(6):5-6. (Xu R,Yan Zh Q,Wang C J, et al. First report of research on result of seeding way on summer soybean yield[J]. Soybean Bulletin,2003(6):5-6.)
[4] 李思同,张桂花,谷传彦,等. 播期、密度对夏大豆产量和脂肪含量的影响[J]. 安徽农业科学,2007,35(29):9185-9186. (Li S T,Zhang G H,Gu C Y, et al. Effects of sowing date and density on yield and fat content of summer soybean[J. Journal of Anhui Agricultural Sciences,2007,35(29):9185-9186.)
[5] 宁海龙,李文霞,韩秀才,等. 栽培密度对高油大豆籽粒产量及品质影响初探[J]. 中国油料作物学报,2002,24(1):75-76. (Ning H L,Li W X,Han X C, et al. A primary study on the effect of density on the yield and quality of seeds in elevated-fat soybean

[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences,2002,24(1):75-76.)
[6] 满为群,杜维广,陈怡,等. 大豆新品种黑农 44 的选育及不同种植方式对其产量和品质的影响[J]. 黑龙江农业科学,2004(5):1-3. (Man W Q,Du W G,Chen Y, et al. Development of soybean cultivar with high oil content and high yield Heinong 44 and effects on yield and quality in different planting types and density [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences,2004(5):1-3.)
[7] 胡喜平. 合丰 42 号大豆优质、高产栽培技术的研究[J]. 大豆科学,2005,24(1):48-51. (Hu X P. Study on culture technology of soybean variety Hefeng 42 for high quality and high yield[J]. Soybean Science,2005,24(1):48-51.)
[8] 陈怡,杜维广,张桂茹,等. 大豆高产优质同步栽培技术体系的研究 1. 不同播法和肥料对大豆产量及脂肪含量和脂肪产量的影响[J]. 黑龙江农业科学,2001(4):8-11. (Chen Y,Du W G, Zhang G R, et al. Study on cultural techniques for high oil content and grain yield of soybean I . Effects of different planting pattern and fertilizers on grain yield, oil yield and oil content [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences,2001(4):8-11.)