

砷胁迫对生菜种子萌发和幼苗细胞膜透性的影响

金晶炜^{1,2}, 许岳飞³, 熊俊芬¹, 黄元仿²

(1. 云南农业大学 资源与环境学院 云南 昆明 650201; 2. 中国农业大学 资源与环境学院 北京 100193; 3. 中国农业大学 草地研究所 北京 100193)

摘要: 研究不同砷胁迫对生菜种子萌发、幼苗生长和幼苗细胞膜透性的影响。结果表明: 低浓度砷对生菜种子的发芽势、发芽率、发芽指数、芽长和幼苗干重具有激活效应, 而对种子的活力指数和幼苗根长具有抑制效应, 高浓度砷对生菜种子的萌发和幼苗生长有显著的抑制效应, 且随着砷胁迫的增强, 抑制作用增强, 同时, 随着砷胁迫的增强, 幼苗的细胞膜透性增加, 选择通透的能力下降。

关键词: 砷; 生菜; 种子萌发; 幼苗生长; 细胞膜透性

中图分类号: S 604⁺. 1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2009)12-0050-03

随着全球经济化的迅速发展, 各种含砷的污染物以不同途径进入土壤, 造成土壤砷污染日趋严重。目前, 全球大约有数万个砷污染点, 最高土壤砷含量可达 26 500 mg/kg^[1]。孟加拉和印度有近 1 亿人生活在砷污染区域, 大面积的农田土壤因高砷水灌溉遭到污染^[2-3]。在中国因土法采矿和私营企业炼砷造成小范围砷污染土壤问题相当突出, 在某些采矿点附近土壤砷含量高达 28 522 mg/kg^[4], 对当地农作物的生产构成了巨大的威胁。然而种子萌发时期的生长状况直接影响农作物后期的生长及生物产量, 因此, 研究种子在萌发阶段受重金属污染的影响尤为重要。

叶用莴苣又称生菜(*Lactuca sativa* L.), 是菊科莴苣属中能形成叶球或嫩叶供食的 1、2 a 生草本植物, 生菜含有丰富的维生素和矿物质, 在栽培过程中容易做到不用农药而获得无公害产品。近年来, 随着人民生活水平的不断提高和健康意识的增强, 人们的饮食消费方式和消费结构日趋多元化, 生菜的消费量越来越大, 种植面积随之逐年增加^[5]。为此现分析不同砷胁迫对生菜的种子萌发及细胞膜透性的影响, 以其为砷污染区的蔬菜种植业安全生产提供理论依据。

第一作者简介: 金晶炜(1980-), 女, 内蒙古扎兰屯人, 在读博士, 现主要从事污染土壤修复改良和土壤-作物系统模拟及精确化管理研究工作。E-mail: jinjingweisoil2008@163.com。

通讯作者: 熊俊芬(1962-), 女, 云南省澜沧县人, 硕士, 副教授, 现主要从事重金属污染土壤修复研究工作。E-mail: xjunfen@hotmail.com。

基金项目: 云南省教育厅科学研究基金资助项目(07C10715); 云南省科技厅应用基础研究基金资助项目(2008CD127)。

收稿日期: 2009-07-20

1 材料与方法

1.1 供试材料

生菜(*Lactuca sativa* L.)河北青县大禹种业有限公司提供。

1.2 试验方法

1.2.1 砷胁迫液配制 将 $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 配制成 10、20、40、80、160、320 mg/L 6 个不同浓度的砷溶液, 将溶液 pH 值调至 6.0, 以蒸馏水作为空白对照。

1.2.2 生菜种子砷胁迫处理 挑选籽粒饱满、大小均匀一致的生菜种子, 先用 5% 的次氯酸钠浸泡 20 min, 再用去离子水和蒸馏水冲洗数次, 用滤纸将水吸干。将 300 粒种子置于垫有 2 层滤纸直径为 12 cm 的玻璃培养皿, 每培养皿加入 20 mL 砷处理液, 处理液浸透滤纸并完全浸润种子, 上盖 1 层滤纸后将培养皿放入恒温光照培养箱(温度为 25℃, 湿度为 80%, 光周期为 10 h/14h(光/暗))中进行发芽试验^[6]。

1.2.3 种子活力的测定 发芽期间每隔 24 h 记录 1 次, 第 5 天统计发芽势、第 10 天统计发芽率并计算发芽指数和活力指数。发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数的计算: 发芽率(%)=供试种子的发芽数/供试种子数×100; 发芽势(%)=5 t 内供试种子的发芽数/供试种子数×100; 发芽指数(GI)= $\sum(G_t/D_t)$, 式中 G_t 为在 t 日的发芽数, D_t 为发芽天数; 活力指数(VI)=GI×S, 式中 GI 为发芽指数, S 为根的长度+芽的长度。

1.2.4 幼苗生长指标及细胞膜透性的测定 幼苗根长、芽长和植株生物量干重按常规方法测定。生物量干重方法为, 将植株置于 105℃条件下烘干 30 min 后, 再在 80℃下烘干 2 h 至恒重后称重。幼苗细胞膜透性采用电导法测定^[7]。

1.3 数据统计分析

数据统计与作图分别使用统计学软件 SPSS(15.0)

版)和 SigmaPlot(10.0 版)。

2 结果与分析

2.1 砷胁迫对生菜种子活力的影响

2.1.1 砷胁迫对生菜种子发芽势、发芽率的影响 种子活力是一个复合概念,它包括发芽率、萌发速度及整齐度、迅速整齐成苗的特性、幼苗生长的速率、对不良环境的忍受力和生产潜力等^[8]。由表 1 可知 不同浓度的砷对生菜种子发芽势影响不同。低浓度砷(10 mg/L)对生菜种子萌发影响不显著,当砷浓度为 20、40 mg/L 时,对生菜种子萌发有显著地刺激作用,当砷浓度达 40 mg/L 时,生菜种子的发芽势较对照增加 25.75%;高浓度砷对生菜种子的萌发表现为明显的抑制作用,且随浓度的增加,抑制作用越显著。种子发芽率是种子播种品质的一个重要指标,发芽率的高低是评定种子种用价值的主要依据之一。不同浓度的砷对生菜种子发芽率的影响不同(表 1)。低浓度砷可以刺激种子发芽,当砷浓度达到 40 mg/L 时,种子的发芽率较对照增加 10.43%;但随着砷浓度的增加,生菜种子的发芽率显著降低,这可能是由于砷的富集作用对种子的萌发、代谢产生了一定的抑制作用^[9]。

2.1.2 砷胁迫对生菜种子发芽指数、活力指数的影响 种子发芽指数和活力指数是反映种子品质的 2 个重要指标^[9]。不同浓度的砷对生菜种子发芽指数和活力指数的影响不同(表 1)。低浓度砷可以显著增加种子的发芽指数,当砷浓度达到 40 mg/L 时,生菜种子的发芽指数达最大 32.73;但随着砷浓度的增加生菜种子的发芽指数迅速下降,其变化的趋势和发芽率相似。然而,随着砷浓度的增加,生菜种子的活力指数不断下降,且浓度越高,活力指数越低,呈显著负相关,相关关系为 $Y(\text{活力指数}) = -0.578X(\text{砷浓度}) + 172.957(r = 0.903)$ 。这表明无论低浓度还是高浓度,砷对生菜种子的品质均有不同影响。砷对生菜种子活力的影响表明,生菜种子对低浓度砷具有一定的耐性,随着砷胁迫的增强,其毒害表现非常明显,这表明种子耐性的有限性。分析其原因,可能是因为随着生菜种子由萌发到幼苗的生长,其体内的砷含量会随胁迫时间的增加而增加,从而导致砷毒害作用增强。

2.2 砷胁迫对生菜幼苗生长的影响

砷对生菜幼苗的生长有一定的促进或抑制的作用(表 2)。不同浓度的砷对生菜幼根生长均有显著的抑制作用($P < 0.05$),且随着砷浓度的增加,生菜幼根呈极显著负相关,相关关系为 $Y(\text{根长}) = -0.010X(\text{砷浓度}) + 2.563(r = 0.789)$ 。而砷对生菜幼芽的影响作用不同,当砷浓度为 10~40 mg/L,随着砷浓度的增加,其对幼芽生长具有一定的促进作用,但随着砷浓度的继续增加,生菜幼芽表现出显著地抑制生长现象。不同浓度的砷对

生菜幼苗干重的影响显著($P < 0.05$),低浓度砷具有促进生菜幼苗干重增加的作用,高浓度则抑制。这说明高浓度的砷抑制生菜幼苗的生长,而且对幼根生长的抑制作用大于对幼芽的抑制作用。可能是种子萌发后,根最先突破种皮吸水,使根的砷累积以及受胁迫时间均比芽大,所以表现为对根的抑制作用大于芽^[9]。

表 1 砷胁迫对生菜种子活力的影响

砷浓度 Concentration of arsenic / mg · L ⁻¹	发芽势 Germination energy / %	发芽率 Germination rate / %	发芽指数 Germination index	活力指数 Vitality index
0	23.33abc	76.67b	26.50a	188.42a
10	24.00abc	80.67ab	27.54b	184.79a
20	28.00ab	84.00a	29.11c	171.26a
40	29.33a	84.67a	32.73d	165.83a
80	21.33bc	57.33c	22.52e	85.88b
160	18.00cd	39.33d	15.83f	31.13c
320	13.33d	26.00e	11.10g	19.91c

注:同列中,不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),下同。
Note: Significant differences($P < 0.05$) among treatment in the same column are indicated by different letters, following table the same.

表 2 砷胁迫对生菜幼苗生长的影响

砷浓度 Concentration of arsenic / mg · L ⁻¹	根长 Root length / cm	芽长 Bud length / cm	苗干重 Dry weight of plant / mg · 株 ⁻¹ DW
0	3.64a	3.47a	2.00bc
10	3.23a	3.47a	2.21b
20	2.31b	3.57a	2.97b
40	1.34c	3.72a	5.83a
80	0.92c	2.89a	1.15cd
160	0.21d	1.75b	0.95d
320	0.15d	1.65b	0.55d

2.3 砷胁迫对生菜幼芽细胞膜透性的影响

由图 1 可知,不同浓度的砷对生菜幼苗细胞膜透性影响不同,随着砷浓度的增加,膜透性显著增加,当砷浓度达到 40 mg/L 时,生菜幼苗膜透性达最高 81.10%,但随着砷浓度的增加,生菜幼苗的膜透性显著降低,说明随着砷胁迫的增强,对幼苗细胞膜伤害的严重程度增加,使其选择通透能力下降^[10]。

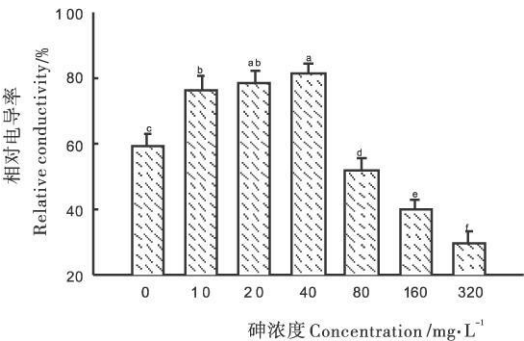


图 1 砷胁迫对生菜幼芽膜透性的影响

Fig.1 Effect of Arsenic stress on the membrane permeability of seedling of lettuce

3 讨论与结论

从植物生理角度来看,种子萌发既是植物生命进程的起点,也是植物最早接受重金属胁迫的阶段^[1]。该研究模拟不同砷胁迫对生菜种子萌发与细胞膜透性研究,探索砷对生菜伤害的机理。

低浓度砷胁迫 10~40 mg/L 对种子的发芽势、发芽率和发芽指数均有促进作用,当砷浓度达到 40 mg/L 时,种子的发芽势、发芽率和发芽指数分别较对照增加 25.75%、10.43% 和 23.51%,而高浓度砷胁迫 80~320 mg/L 则有显著地抑制作用;不同砷胁迫显著降低生菜种子的活力指数。

幼苗生长是检测土壤等环境污染的重要指标之一^[12]。同时,根系是植物的重要器官,在植物的生长发育、生理功能和物质代谢中发挥重要作用,它能感受逆境信号,并在形态和生理上产生一系列反应^[13]。低浓度砷胁迫 10~40 mg/L 对生菜的幼芽生长和幼苗干重具有一定的刺激作用,当砷浓度为 40 mg/L 时,生菜的幼芽和幼苗干重均达最大,而高浓度砷胁迫 80~320 mg/L 则有显著地抑制作用;不同砷胁迫对生菜幼根的生长有显著地抑制作用。

生物膜系统对细胞内的区域化具有及其重要的作用,如果膜系统遭到破坏势必引起代谢异常,加速种子活力和发芽力的丧失,从而对幼苗的生长产生抑制作用^[14]。种子在吸胀过程中膜上的磷脂分子都要重组形成双片结构,种子胚细胞膜系统的物相调整和修复过程,所需的时间以及最终恢复的完善程度与种子活力水平密切相关^[15]。砷胁迫显著影响生菜幼苗细胞膜透性,且随着砷胁迫的增强,生菜幼苗的细胞膜透性逐渐增加。

参考文献

[1] Hingston J A, Collins C D, Murphy R J, et al. Leaching of chromated

copper arsenate wood preservatives: a review [J]. Environment Pollution 2001, 111(1): 53-66.

[2] Meharg A A, Rahman M M. Arsenic contamination of Bangladesh paddy field soils: Implications for rice contribution to arsenic consumption [J]. Environmental Science & Technology, 2003, 37(2): 229-234.

[3] Roychowdhury T, Uchino T, Tokunaga H, et al. Arsenic and other heavy metals in soils from an arsenic affected area of West Bengal India [J]. Chemosphere, 2002, 49(6): 605-618.

[4] Liao X Y, Chen T B, Lei M, et al. Root distributions and element accumulations of *Pteris vittata* L. from As-contaminated Soils [J]. Plant and Soil 2004, 261: 109-116.

[5] 吉立柱, 贾占温. 生菜品种比较试验 [J]. 天津农业科学, 2006, 12(4): 47-49.

[6] 李德明, 贺立红, 朱祝军. 几种重金属对小白菜种子萌发及生理活性的影响 [J]. 种子, 2005, 24(6): 27-29.

[7] 邹琦. 植物生理生长实验指导 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003, 94-96.

[8] 傅家瑞. 种子生理 [M]. 北京: 科学出版社, 1985: 66-70.

[9] 刘登义, 王友宝. Cu、As 对作物种子萌发和幼苗生长影响的研究 [J]. 应用生态学报, 2002, 13(2): 179-182.

[10] 王人民, 陈光财, 张永鑫, 等. 锌离子活度对水稻膜透性的影响及基因型差异 [J]. 中国农业科学, 2004, 37(8): 1114-1118.

[11] 张露, 李妍. 铅胁迫对补血草种子萌发和幼苗生长及透性的影响 [J]. 德州学院学报, 2007, 23(2): 23-25.

[12] 李伟强, 毛任钊, 刘小京. 胁迫时间与非毒性离子对重金属抑制拟南芥种子发芽与幼苗生长的影响 [J]. 应用生态学报, 2005, 16(10): 1943-1947.

[13] 秦天才, 吴玉树, 王焕校, 等. 镉、铅及其相互作用对小白菜根系生理生态效应的研究 [J]. 生态学报, 1998, 18(3): 320-325.

[14] Halmar P, Beukly J D. A physiological perspective on seed vigor testing [J]. Seed Sci. & Technol, 1984(12): 567-575.

[15] Beauchamp C O L, Fridovich. Superoxide dismutase Improved assays and an assay applicable to acyclic amide gels [J]. Anal Biochem., 1971, 44: 276-287.

Study on the Effect of Seed Germination and Membrane Penetrability of Lettuce under Arsenic Stress

JIN Jing-wei^{1,2}, XU Yue-fei³, XIONG Jun-fen¹, HUANG Yuan-fang²

(1. College of Resources and Environment, Yunnan Agricultural University, Kunming Yunnan 650201, China; 2. College of Resources and Environment, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 3. Institute of Grassland Science, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: The effect of seed germination, seed growth and membrane penetrability of lettuce under different arsenic stress were studied in this experiment. The resulted indicated that arsenic has activation effect on seed germination tide, germination rate, germination index, bud length and dry weight of seeding when low concentration, while it had inhibitory action on vigor index and root length. When high concentration, it had significant inhibitory action on seed germination and growth. At the same time, the membrane penetrable influence of lettuce was along with the arsenic density increase, the membrane permeability increase, choosed the insightful ability drop.

Key words: Arsenic; Lettuce; Seed germination; Seed growth; Membrane penetrability