

镉、锌对紫花苜蓿种子萌发及幼苗的影响

张春荣¹, 李 红², 夏立江¹, 任丽萍¹, 饶震红¹

(1. 中国农业大学, 北京 100094; 2. 北京农林科学院农业综合发展研究所, 北京 100089)

摘要:在我国水资源危机日趋严重, 土壤重金属镉污染面积不断扩大的情况下, 针对抗旱、抗寒能力强, 生物量大、经济实用价值高的紫花苜蓿, 进行了重金属镉、锌的抗性试验研究。研究重点是重金属 Cd^{2+} , Zn^{2+} 对紫花苜蓿种子萌发及幼苗生长的影响, 结果表明: 低浓度的 Cd^{2+} , Zn^{2+} 处理液对种子的萌发和幼苗的生长具有激活效应, 高浓度的 Cd^{2+} , Zn^{2+} 处理液抑制种子的萌发和幼苗的生长; 且对根的作用大于对芽的作用; 而混和处理液对种子的影响大于单一离子的影响。

关键词: 紫花苜蓿; 镉; 锌; 影响; 种子萌发; 幼苗生长

中图分类号: S541 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7091(2005)01-0096-04

Effect of Zinc Cadmium Germination of *Medicago sativa* Seeds and Growth of Seeding

ZHANG Chun-rong¹, LI Hong², XIA Li-jiang¹, REN Li-ping¹, RAO Zhen-hong¹,

(1. China Agricultural University, Beijing 100094, China;

2. Institute of Agriculture System and Development, Beijing Academic of Agriculture and Forestry Science, Beijing 100089, China)

Abstract: In our country, water crisis is increasingly serious and the pollution area of soil heavy metal Cadmium expands continuously. Under this situation, my dissertation studies alfalfa which has good economic value and strong drought and cold resistance. Effect of Cd^{2+} , Zn^{2+} on seed-percentage, growth of root and plumule from *medicago sativa* was studied. The results showed that Cd^{2+} , Zn^{2+} of lower concentration could raise germination percentage with viability and index of seed vigor, promote plumule growth. It has been indicated by the experiment that high concentration Cd^{2+} , Zn^{2+} could reduce germination percentage with viability and index of seed vigor. In the meantime, Cd^{2+} , Zn^{2+} exhibited more inhibition on root growth than on plumule. Effect of their combined treatment is bigger than Cd^{2+} treatment or Zn^{2+} treatment.

Key words: *Medicago sativa*; Cadmium; Zinc; Effects; Seed germination; Seeding growth

种子萌发时期的生长状况直接影响植物的生长量和生物产量, 研究种子在萌发阶段受重金属污染的影响更具有重要的现实意义。

由于苜蓿是一种较抗盐的作物^[1,2], 遍及五大州, 在美国, 种植业的 70% 是苜蓿, 尤其紫花苜蓿中蛋白质含量可达 80%, 营养价值丰富, 生物量大而且再生性强, 是改良土壤的绿肥植物^[3], 因而

被称为“牧草之王”, 也是目前我国农业结构调整中大力提倡种植的牧草。而有关重金属对紫花苜蓿的影响虽有研究, 也只是作为品种间的比较, 尚无深入系统的研究报道。据此本文研究分析了重金属 Cd^{2+} , Zn^{2+} 在不同质量浓度下对紫花苜蓿的种子发芽及幼苗生长的影响, 目的是在 Cd^{2+} , Zn^{2+} 污染的农田, 实施农业生态整治与安全高效利用策略时,

收稿日期: 2004-02-06

作者简介: 张春荣(1965-), 女, 北京人, 讲师, 在读硕士, 主要从事重金属污染方面的研究。

为研究苜蓿替代污染区粮、蔬等敏感作物的可能性提供必要的参考数据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

选用紫花苜蓿中苜一号种子, 购于北京市畜牧研究所; 所用试剂 $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 均为分析纯试剂; 水为去离子水。

1.2 种子发芽试验

将供试种子铺在白纸上, 弃去杂质和有虫蚀及成熟度较低的种子, 用 5% 的次氯酸钠溶液浸泡 10 min, 先用自来水冲洗数次, 再用蒸馏水冲洗 3 次^[4], 用滤纸将水吸干。选取直径为 9 cm 的培养皿, 皿内以双层滤纸为发芽床, 将配好的重金属溶液置于培养皿中, 至滤纸饱和为止。每日用称重法加水恒重, 在保持溶液重金属离子质量浓度恒定条件下进行发芽实验。每皿均匀放入 30 粒中苜一号种子, 每个处理 3 个重复, 定期称量每皿 30 粒种子的吸水量, 记录种子的萌发数 (胚根与种子等长、胚芽长度达到种子一半, 就认为种子已经发芽)。GZ-025 型全自动光照培养箱中温度为 $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$, 光照时间为 16D/8N。发芽期间每隔 24 h 记录 1 次, 第 4 d 统计发芽势、第 10 d 统计发芽率, 并计算发芽指数和活力指数。

1.3 处理液质量浓度的设计 (以纯 Cd^{2+} 、 Zn^{2+} 计)

Cd^{2+} 处理液: 0, 1, 3, 6, 10, 15, 30, 50, 100, 200 mg/L; Zn^{2+} 处理液: 0, 50, 80, 100, 150, 200 mg/L; 混合处理液: 均含 Zn^{2+} 50 mg/L, Cd^{2+} 分别为 1, 6, 10, 15, 30, 50 mg/L。

1.4 分析方法

种子发芽指数和活力指数的计算公式如下:

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) = $GI \times S$, 式中 GI 为发芽指数, S 为芽的长度 + 根的长度。

发芽率 (%) = 供试种子的发芽数 / 供试种子数 $\times 100$ 。

发芽势 (%) = 4 d 内供试种子的发芽数 / 供试种子数 $\times 100$ 。

2 结果与分析

2.1 不同质量浓度的 Cd^{2+} 处理液对紫花苜蓿种子发芽的影响

紫花苜蓿种子置床 2 d 后, 种子开始萌发, 在整个发芽过程中, 仅有一条主根发育, 切断主根后, 无侧根长出。当 Cd^{2+} 质量浓度大于 15 mg/L 时, 随着浓度的增大, 根越来越短, 但越来越粗。

表 1 不同质量浓度的镉处理下紫花苜蓿种子的萌发

Tab.1 The germinate of the alfalfa under the different concentration of cadmium

镉浓度 (mg/L) Cd concentration	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
发芽势 (%)	74.5	76.7	83.3	83.3	84.5	91.6	80.0	46.7	8.45	2.00
Germinate tide										
发芽率 (%)	93.3	94.5	96.7	96.7	98.9	98.4	76.7	13.3	6.70	3.00
Germinate rate										
50% 种子发芽的天数 (d)	2	2	2	2	2	3	3	>10	>10	>10
50% germinate time										

表 2 不同质量浓度的镉处理液下种子的发芽指数及活力指数

Tab.2 The germination index and the vigor index of the alfalfa under the different

镉浓度 (mg/L) Cd concentration	0	1	3	6	10	15	30	50	100	200
发芽指数	7.5	7.5	8.1	8.4	8.5	8.5	7.2	5.0	1.8	1.0
Germination index										
根长 (cm)	2.5	2.5	2.6	2.6	2.5	2.3	1.0	0.1	0.1	0.06
The length of root										
芽长 (cm)	4.0	4.1	4.3	4.6	4.8	3.8	2.8	1.0	0.3	0.1
The length of shoot										
活力指数	48.8	49.5	55.9	60.5	62.0	51.8	27.4	5.5	0.7	0.2
Vigor index										

从表 1 可以看出, 不同质量浓度的 Cd^{2+} 对紫花苜蓿种子发芽的影响不同, 不同萌发阶段对 Cd^{2+} 的

胁迫反应也不同。在种子萌发的前 4 d, Cd^{2+} 低浓度时, 浓度由 0.00 mg/L 增至 20.00 mg/L 时, 紫

花苜蓿种子的发芽势及发芽率都是上升趋势。4 d 后影响不明显,但随着质量浓度的增加,表现为明显的抑制作用。当处理液的质量浓度达到 100 mg/L 时种子几乎不发芽,说明高质量浓度的 Cd^{2+}

对紫花苜蓿种子具有毒害作用。用这种含有高浓度 Cd^{2+} 的工业废水灌溉土地,将严重影响紫花苜蓿的发芽。

表 3 不同浓度的 Zn^{2+} 处理下紫花苜蓿种子的萌发

Tab.3 The germinate of the alfalfa under the different concentration of zinc

锌浓度(mg/L) Zn Concentration	发芽势(%) Germinate tide	发芽率(%) Germinate rate	活力指数 Vigor	发芽指数 Germination index	根长(cm) Root length	芽长(cm) Shoot length
0	74.5	93.3	48.8	7.5	2.5	4.0
50	75.6	96.7	73.7	10.1	2.6	4.7
80	76.7	96.7	79.8	10.5	2.8	4.8
100	67.6	80.0	69.4	10.2	2.5	4.3
150	26.7	36.7	10.4	3.70	1.2	1.6
200	16.7	23.3	3.6	2.60	0.4	1.0

2.2 不同质量浓度的 Zn^{2+} 处理液对紫花苜蓿种子萌发及幼苗的影响

锌是一种生物累积性很强的元素,不同浓度的 Zn^{2+} 对紫花苜蓿种子及幼苗的影响也不同。从表 3 中可以看出,低浓度的 Zn^{2+} 可促进种子萌发及幼苗的生长,锌浓度为 80 mg/L 达到最佳。但随着浓度的进一步增大,则表现为抑制作用。

2.3 Cd^{2+} , Zn^{2+} 混和液对紫花苜蓿种子萌发的影响

从图 1,2 中可以看出, Cd^{2+} , Zn^{2+} 混和处理液对紫花苜蓿种子萌发及幼苗的影响大于单一 Zn^{2+} , Cd^{2+} 处理液的影响。种子的发芽指数及活力指数都有一定的提高,即 Zn^{2+} 的加入减轻了 Cd^{2+} 对紫花苜蓿种子的毒害作用。

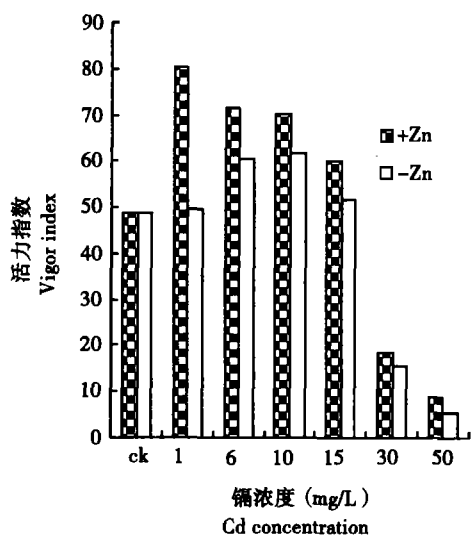


图 1 Zn,Cd 混合处理下紫花苜蓿种子的活力指数

Fig.1 The seed vigor index of the alfalfa under the different concentration of zinc and cadmium

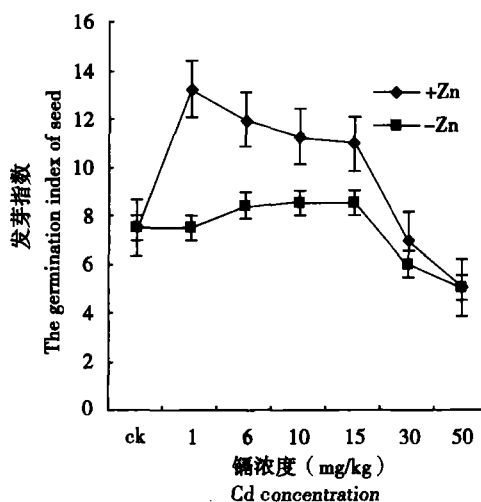


图 2 Zn,Cd 对紫花苜蓿种子发芽指数的影响

Fig.2 The germination index of the alfalfa under the different concentration of zinc and cadmium

3 讨论

重金属对植物种子萌发及幼苗的影响一般认为存在一个较低浓度下的刺激效应和高浓度下的抑制效应。从表 2 中,我们得到了相同的结论:低浓度的 Cd^{2+} , Zn^{2+} 促进根、芽生长,高浓度的 Cd^{2+} , Zn^{2+} 抑制根和芽生长;但对根生长的影响大于芽。我们发现,在较高浓度的重金属胁迫下,紫花苜蓿种子的胚根刚突破种皮,伸长约 1~2 mm 即变黄色,停止生长。在此种情况下计算萌发率时仍计为萌发,此时萌发率已不能很好地体现其受抑的程度,而根长则能灵敏地表明这种抑制。低浓度 Cd^{2+} 促进芽生长的原因目前尚不清楚,而 Cd^{2+} 对根胁迫强于芽的原因,可能同种子的结构、 Cd^{2+} 作用的特点有关:其一,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 Cd^{2+} 的积累量上、在受 Cd^{2+} 胁迫的

时间进程上大于芽,从而表现为受害更深;其二, Cd^{2+} 进入植物体后,大多数积累在根的生长部位,根细胞壁中存在大量交换位点,能将重金属离子固定在这些位点上,进而破坏细胞内染色体和核仁。随着体内 Cd^{2+} 量的增加,对染色体和核仁的破坏加重,这可能是抑制紫花苜蓿根下胚轴伸长的主要原因^[5]。已有研究表明, Cd^{2+} 胁迫下,植物细胞中核酸含量下降^[6],因此, Cd^{2+} 对紫花苜蓿种子萌发乃至根、芽生长的影响,应该同抑制胚细胞中核酸合成有关。此外,杨居荣等研究表明^[7],植物耐 Cd^{2+} 性强弱,同 Cd^{2+} 胁迫下植物体内形成的重金属结合蛋白有关。而 Zn^{2+} 对幼苗的生长常通过合成生长素 IAA 的量来控制。在一定范围内,植物体内 Zn^{2+} 含量与生长素的含量呈正相关。体内较多的 IAA 刺激根系及地上部生长,即使镉 100 对地上部生长仍有刺激作用,但此时生长素的浓度已达到抑制根系生长的水平。当 Zn^{2+} 浓度进一步增加,植株合成的过量 IAA,就会扰乱正常的激素平衡体系,从而对根系及地上部的生长起到抑制作用。而当 Zn^{2+} , Cd^{2+} 混和后,相同的结构可使它们在植物体内相互竞争吸附点^[8],即可能减少了种子对 Cd^{2+} 吸收量,进一步减轻了 Cd^{2+} 对紫花苜蓿种子的毒害作用。但对于 Cd^{2+} , Zn^{2+} 在幼苗体内的累积及植物生物

量的影响有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 刘春华, 张文淑. 六十九个苜蓿品种耐盐性及其两个耐盐生理指标的研究[J]. 草业科学, 1993, 10 (6): 16-22.
- [2] 李景信. 盐碱胁迫对苜蓿萌发种子呼吸代谢的影响[J]. 草业科学, 1993, 10 (1): 24-26.
- [3] 刘文辉. 陇东紫花苜蓿的经济性状及其发展前景的研究[J]. 草业科学, 1992, 9(3): 71-72.
- [4] Mo C H, Wu Q T, Zhou Y P, *et al.* A preliminary study on the effect of municipal sludge on crop seed germination and seeding growth[J]. Chin J Appl Ecol, 1997, 8(6): 645-649.
- [5] Editor A A. 种子休眠和萌发的生理生化[M]. 王沙生, 等译. 北京: 农业出版社, 1989. 359-380.
- [6] 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.
- [7] 杨居荣, 贺建群, 张国祥, 等. 作物对 Cd 毒害的耐性机理探讨[J]. 应用生态学报, 1995, 6(1): 87-91.
- [8] Abdel Sablur M F. Cadmium-zinc interactions in Plants and extractable cadmium and zinc fractions in soil[J]. Soil Science, 1998, 145(6): 424-431.