

铅对紫花苜蓿种子萌发与幼苗生长的影响

符卓旺,彭娟,朱洁,慈恩,高明

(西南大学三峡库区农业面源污染控制工程技术研究中心/资源环境学院,重庆 400716)

摘要:采用培养试验研究了铅胁迫对紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)种子萌发与幼苗生长的影响。结果表明,在 Pb^{2+} 浓度0~100 mg/kg范围内, Pb^{2+} 对种子的发芽率和发芽势的影响差异不显著,二者均表现为先轻微下降,然后又逐渐回升,表明紫花苜蓿种子萌发对铅具有一定的耐性。不同浓度 Pb^{2+} 处理对幼芽和幼根生长均有较明显的抑制作用,且对幼根的毒害作用要比幼芽更明显。当 Pb^{2+} 浓度达到250 mg/kg以后,其活力指数随之下降,且对紫花苜蓿种子萌发以及幼苗生长均表现出非常明显的毒害作用。

关键词:铅;紫花苜蓿;萌发;重金属

中图分类号:S551+.7

文献标志码:A

论文编号:2010-3017

Effects of Lead on Seed Germination and Growth of Alfalfa

Fu Zhuowang, Peng Juan, Zhu Jie, Ci En, Gao Ming

(Engineering Research Center for Agricultural Non-point Source Pollution Control in the Three Gorges Reservoir Area/College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400716)

Abstract: Effects of lead on alfalfa (*Medicago sativa* L.) seed germination and growth were studied by cultivating experiment. The results showed that the effects of lead on the germination rate of seeds and germination energy were not significant when Pb^{2+} concentration ranged from 0 to 100 mg/kg. The general trend of seeds germination rate and germinating energy showed slight decrease at first and then gradually recovered. It indicated that alfalfa seed had certain extent patience for lead. The treatments with different Pb^{2+} concentrations could inhibit the growth of buds and roots significantly, and had stronger inhibition on root than that of plumule. When Pb^{2+} concentration was over 250 mg/kg, the index of seed vigor was decreased, and it inhibited seed germination and seedling growth of alfalfa evidently.

Key words: lead; alfalfa; germination; heavy metal

0 引言

随着中国经济的快速发展,各种污染物不断地向水体、土壤、大气环境中释放,造成农业环境中重金属污染加重,特别是铅含量明显增加。铅是植物的必需营养元素,但植物根系能够吸收铅,且高浓度铅会改变植物细胞膜透性^[1],破坏叶绿体、线粒体等亚显微结构,干扰植物体中酶的活性,影响植物光合作用、呼吸作用和多种代谢过程,从而直接或间接地影响植物的种子萌发和生长发育^[2,3];另外,还会随着食物链循环最

终危及人类和其他动物的健康^[4]。紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)是豆科苜蓿属多年生草本植物,也是中国乃至世界上种植最多的豆科牧草,由于其具有适应性强、产量高、品质好等优点,素有“牧草之王”的美称,从环境污染防控入手,加大紫花苜蓿产量和品质的保障力度对于促进中国畜牧业持续、健康的发展意义重大。目前,关于不同胁迫因素对紫花苜蓿种子萌发以及幼苗生长发育影响的研究较多^[5-9],但有关重金属铅对其影响的报道尚不多见。为此,本文通过培

基金项目:国家科技支撑计划课题“沿三峡库区坡耕地农业面源污染综合治理技术与示范”(2007BAD87B10);重庆高校优秀成果转化资助项目“紫色水稻土有机碳的累积特征研究”;国家科技支撑计划课题“西南城乡一体化城郊农业与环境协调技术集成与示范”(2008BABA7B10)。

第一作者简介:符卓旺,男,1988年出生,硕士,主要从事土壤质量与环境研究。通信地址:400716 重庆市北碚区西南大学资源环境学院, Tel: 023-68203405, E-mail: fuzhuowang32@163.com。

通讯作者:慈恩,男,1981年出生,副教授,博士,主要从事土壤质量与环境研究。通信地址:400716 重庆市北碚区西南大学资源环境学院, Tel: 023-68251249, E-mail: cien777@163.com。

收稿日期:2010-10-22, **修回日期:**2010-12-19。

养试验研究不同浓度铅对紫花苜蓿种子萌发及幼苗生长的影响,为预防和控制铅污染导致紫花苜蓿产量减少和品质下降提供科学依据。

1 材料与方 法

供试紫花苜蓿品种为由西南大学动物科技学院提供的“盛世”。先把紫花苜蓿种子浸润在 1 mg/kg HgCl₂ 溶液中消毒 5 分钟,然后反复用去离子水冲洗 3~5 遍后均匀摆放在铺有双层滤纸的培养皿中,每皿各 30 粒,其次分别用 0 mg/kg (CK)、50 mg/kg (Pb50)、100 mg/kg (Pb100)、250 mg/kg (Pb250)、500 mg/kg (Pb500)、1000 mg/kg (Pb1000)、1500 mg/kg (Pb1000)、3000 mg/kg (Pb3000) Pb(CH₃COO)₂ (以 Pb²⁺ 浓度计) 溶液浸润种子,并设定处理 CK 为对照,最后将其放置在室温(26℃左右)自然光照下萌发,每个处理均设置 3 个重复。当紫花苜蓿种子吸水膨胀开始萌发后,每日观察并记录其生长情况,并按下列各式计算其发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数等指标。从种子萌发开始第 10 天时测量紫花苜蓿的根长和芽长,各皿均以平均值表示。

$$\text{发芽势} = \frac{\text{头4天内正常发芽的种子数}}{\text{供试种子数}} \times 100\% \quad \dots (1)$$

$$\text{发芽率} = \frac{\text{头10天内正常发芽的种子数}}{\text{供试种子数}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{发芽指数} = \sum G_t/D_t \quad \dots \dots \dots (3)$$

其中,公式(3)中, G_t 为不同时间(t天)的发芽量, D_t 为相应的发芽试验天数^[10]。

$$\text{活力指数} = \text{发芽指数} \times \text{苗长度} \quad \dots \dots \dots (4)$$

2 结果与分析

2.1 铅对紫花苜蓿种子发芽的影响

从图 1 可见,在铅浓度 0~100 mg/kg 范围内,5 个浓度处理(CK、Pb5、Pb10、Pb50 和 Pb100)中发芽势和发芽率的变幅不大,二者均表现为先略微下降又上升的

过程,其中发芽势最低值出现在处理 Pb10,比对照 CK 低 7.78%,发芽率的最低值出现在处理 Pb5;处理 Pb100 的发芽势和发芽率均为各处理的最高值,比对照稍大。当处理中铅浓度>100 mg/kg 时,随着铅浓度的逐渐增加,各处理的发芽势和发芽率均不断下降;且二者的最低值均出现在处理 Pb3000,分别比对照 CK 下降了 50.00%和 63.33%。

F 检验结果表明,紫花苜蓿种子的发芽势和发芽率在不同处理间差异均达到极显著水平(F>F_{0.01});并且运用 LSD 法对其不同处理间种子萌芽情况进行多重比较,由图 1 可得,在铅浓度 0~100 mg/kg 范围内,除处理 Pb10 外其余 4 个处理间发芽势均未达到显著差异;另外,5 个处理的发芽率也未达到显著差异,由此可表现出紫花苜蓿种子萌发对一定范围内的铅浓度存在耐性。当铅浓度>100 mg/kg 时,任意处理的发芽势和发芽率均与对照 CK 达到极显著差异,说明随着铅浓度的逐渐增加,对紫花苜蓿种子萌发表现出越来越明显的毒害作用。在处理 Pb250 中,表现出明显的抑制作用,表明紫花苜蓿对重金属铅的忍耐限度是有限的,这种抑制作用在高浓度处理 Pb1500 和 Pb3000 中表现得更为明显。

2.2 铅对紫花苜蓿幼根和芽生长的影响

从表 1 可见,处理 Pb5、Pb10、Pb50 和 Pb100 与对照 CK 之间芽长和根长均降低,其中芽长和根长的最低值均出现在 Pb10,分别比对照 CK 降低了 18.84%和 43.61%。当处理中铅浓度>100 mg/kg 时,随着铅浓度的逐渐增大,各处理的芽长和根长均快速降低,处理 Pb250 中苜蓿幼苗的生长受到明显抑制,芽和根的长度与对照相比,分别下降了 5.66 cm 和 2.66 cm,特别是处理 Pb3000 中,由于紫花苜蓿生理行为几乎完全被抑制,故未统计出芽长和根长的数据。

F 检验结果表明,从表 1 可见,处理 Pb5、Pb10、

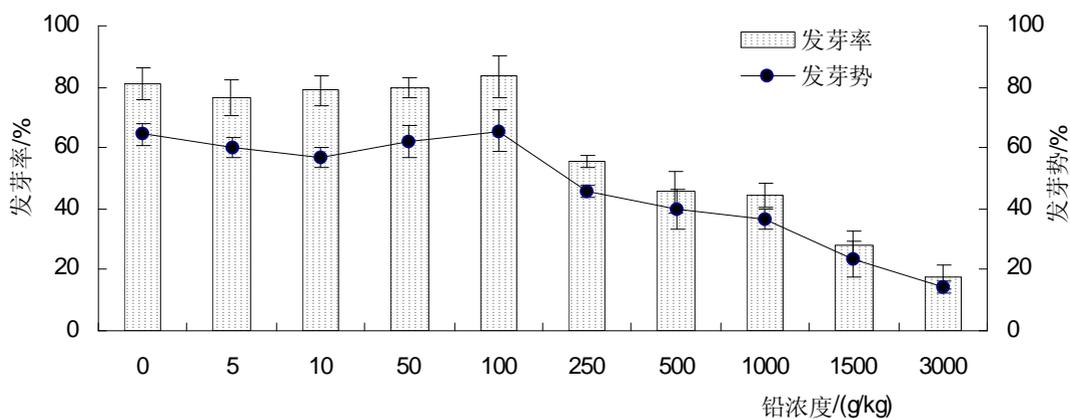
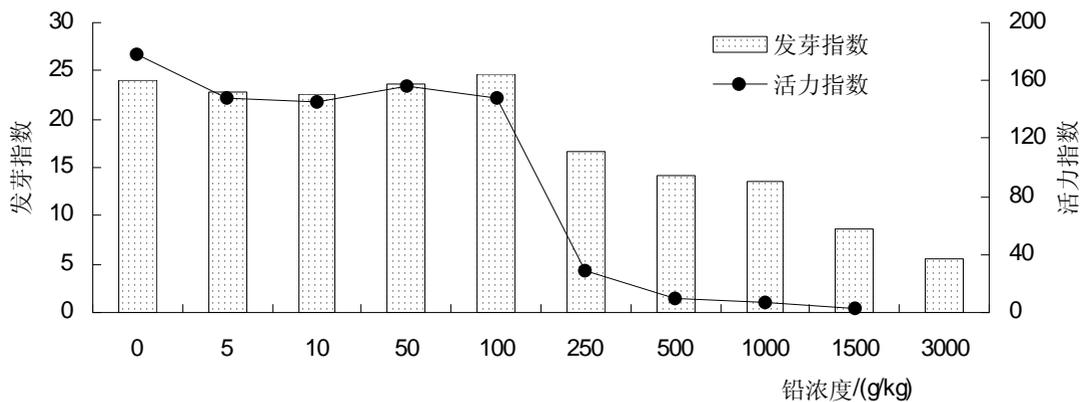


图 1 铅对紫花苜蓿种子发芽率和发芽势的影响

表1 铅对紫花苜蓿幼根和芽生长的影响

处理	铅浓度/(mg/kg)	芽长/cm	根长/cm
CK	0	7.43±0.64aA	3.21±0.18aA
Pb5	5.0	6.47±0.48bAB	2.21±0.19bB
Pb10	10	6.38±0.61bAB	2.13±0.16bB
Pb50	50	6.59±0.48bAB	2.32±0.16bB
Pb100	100	6.03±0.70bB	1.81±0.11cC
Pb250	250	1.77±0.25cC	0.55±0.10dD
Pb500	500	0.68±0.11dD	0.25±0.05eE
Pb1000	1000	0.55±0.09dD	0.20±0.04eE
Pb1500	1500	0.34±0.11dD	0.14±0.03eE
Pb3000	3000	—	—

注:表中不同大写字母表示不同处理间差异极显著 $P<0.01$,不同小写字母表示不同处理间差异显著 $P<0.05$;"—"表示紫花苜蓿幼苗生理行为完全被抑制,故未能统计出相关的数据。



在Pb3000处理中,种子的生理行为完全被抑制,故未能统计出种子的活力指数

图2 铅对紫花苜蓿种子发芽指数和活力指数的影响

Pb50和Pb100与对照CK之间芽长均有下降,芽长差异均达到显著水平,且处理Pb100和对照CK间的芽长差异达到极显著水平,可知在 Pb^{2+} 浓度5~100 mg/kg浓度范围内对紫花苜蓿幼芽的生长发育也有一定的抑制作用。在铅浓度5~100 mg/kg范围内,紫花苜蓿幼根生长比幼芽生长受铅的抑制作用明显,处理Pb5、Pb10、Pb50和Pb100与对照幼根长度差异均达到极显著水平,且处理Pb100和处理Pb5、Pb10和Pb50的差异达到极显著水平。当处理中铅浓度>100 mg/kg时,随着铅浓度的逐渐增大,其对苜蓿幼苗生长的抑制作用也不断增加,处理Pb250中,芽长和根长与处理CK、Pb5、Pb10、Pb50和Pb100相比差异均达到极显著水平,而且芽长和根长的最低值均出现在处理Pb1500中。处理Pb500、Pb1000和Pb1500之间幼苗生长差异不明显,但与其他处理间的差异均达到极显著水平。

2.3 铅对紫花苜蓿种子发芽指数和活力指数的影响

从图2可见,发芽指数在铅浓度为0~100 mg/kg的

各处理间差异不大,处理Pb100中出现发芽指数的最大值,但与对照CK相比差异不显著。当铅浓度>250 mg/kg后,各处理中的发芽指数逐渐下降,且与对照CK相比差异达到极显著水平。不同铅浓度处理的活力指数均低于对照CK,处理Pb5、Pb10、Pb50和Pb100之间差异不显著。当铅浓度>250 mg/kg后,各处理中的活力指数逐渐大幅度下降,特别是处理Pb3000中,由于紫花苜蓿生理行为几乎完全被抑制,故未统计出种子活力指数的数据。

3 结论和讨论

一般认为,重金属对植物种子萌发存在低浓度促进、高浓度抑制的效应^[13]。在此研究中,铅对紫花苜蓿种子萌发的影响也存在类似规律。研究表明,在铅浓度为0~100 mg/kg范围内,铅对紫花苜蓿种子萌发影响的差异不显著,未产生明显的抑制作用,发芽率、发芽势和发芽指数大体的趋势均表现为先轻微下降,然后又逐渐回升,且均在处理Pb100中出现最高值。一

方面,表明紫花苜蓿种子对铅有一定的耐性,这与许多有关铅对植物种子萌发影响的研究中所得结果类似^[11,12];另一方面,在低浓度铅处理中,苜蓿种子的发芽率、发芽势和发芽指数均先降后升,并出现最大值,这在其它重金属对苜蓿种子萌发影响的研究中也存在类似现象^[13],其原因可能与低浓度重金属(如 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 等)侵入种子内部改变其生理行为特别是提高其酶活性有关,确切原理还有待进一步研究与探讨。当铅浓度达到250 mg/kg以后,铅对紫花苜蓿种子萌发开始表现出非常明显的毒害作用,表明紫花苜蓿种子对铅的忍耐性具有一定的限度。

另外,研究表明,不同浓度铅对紫花苜蓿幼苗生长均有抑制作用,但在低浓度处理中并非严格遵循浓度越高、抑制作用越强的规律。在铅浓度为0~10 mg/kg范围内,随着铅浓度的增加,紫花苜蓿的芽长、根长均逐渐减小;铅浓度达到50 mg/kg时,根、芽长度则略有增加,随后又继续减小。当铅浓度达到250 mg/kg时,紫花苜蓿根、芽长度与低浓度处理之间均存在极显著差异,表明幼苗生长开始受到非常明显的抑制,这与牛之欣等^[14]研究结果相类似。然而,游伟民^[15]则研究发现土壤中铅的浓度达到3000 mg/kg时,才会对紫花苜蓿的幼苗生长产生明显的抑制作用,这表明选用培养介质(土壤或水等)的不同会导致铅对紫花苜蓿幼苗生长的显著抑制浓度存在较大差异。另外,研究表明,铅对紫花苜蓿幼根生长的影响比幼芽更明显。究其原因,可能是铅在根系中主要以 $Pb_3(PO_4)_2$ 和 $PbCO_3$ 等沉淀形式存在,在植物汁液中则以离子态和络合态铅形式存在,由于吸持、钝化或沉淀作用,使得根系吸收的铅难以向地上部运输,从而导致铅对根抑制作用比芽明显^[16,17]。

参考文献

- [1] 任安芝,高玉葆,刘爽. 铬、镉、铅胁迫对青菜叶片几种生理生化指标的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2000, 6(2): 112-116.
- [2] Van Assche F, Clijsters H. Effects of metal on enzyme activity in plants[J]. Plant Cell & Environment, 1990, 13: 195-206.
- [3] 宋勤飞,樊卫国. 铅胁迫对番茄生长及叶片生理指标的影响[J]. 山地农业生物学报, 2004, 23(2): 134-138.
- [4] 王新,贾永锋. 紫花苜蓿对土壤重金属富集及污染修复的潜力[J]. 土壤通报, 2009, 40(4): 933-935.
- [5] 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): 156-158.
- [6] 梁云媚,李燕,多立安,等. 不同盐分胁迫对苜蓿种子萌发的影响[J]. 草业科学, 1998, 15(6): 21-25.
- [7] 王立克,洪法水. 铜离子对苜蓿种子萌发活力、吸水性和膜透性的影响[J]. 中国草地, 2003, 25(6): 27-31.
- [8] 张芬琴,于金兰. 铝处理对苜蓿种子萌发及其幼苗生理生化特性的影响[J]. 草业学报, 1999, 8(3): 61-65.
- [9] 慈恩,高明,王子芳. 镉对紫花苜蓿种子萌发与幼苗生长的影响研究[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(1): 96-98.
- [10] 郑光华. 种子生理研究[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [11] 苗明升,燕金亮,王增进,等. 重金属 Pb^{2+} 对作物早期生长发育的影响[J]. 山东科学, 2003, 16(1): 22-25.
- [12] 马文丽,金小弟,王转花. 铅胁迫对乌麦种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 山西大学学报(自然科学版), 2004, 27(2): 202-204.
- [13] 张春荣,李红,夏立江,等. 镉、锌对紫花苜蓿种子萌发及幼苗的影响[J]. 华北农学报, 2005, 20(1): 96-99.
- [14] 牛之欣,孙丽娜,孙铁珩. 水培条件下四种植物对Cd、Pb富集特征[J]. 生态学杂志, 2010, 29(2): 261-268.
- [15] 游伟民. 紫花苜蓿和印度芥蓝对土壤中铅的吸收特性研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(29): 12882-12883.
- [16] A T Matos, M P F Fontes, C P Jordao. Mobility and retention of Cd, Zn, Cu and Pb in a Brazilian Oxisol profile. In: Macfadyen, D K & Jroenendael G A. eds. XV world congress of soil science, Acapulco [C]. New York: Transactions, 1994, 36: 193-194.
- [17] K O Bringezu, Lichtenberger, Leopold I. Heavy metal tolerance of *Silene vulgaris*[J]. Journal of Plant Physiology, 1999, 154: 536-546.
- [1] 任安芝,高玉葆,刘爽. 铬、镉、铅胁迫对青菜叶片几种生理生化指