

镉、铅胁迫对白三叶种子萌发及幼苗生长的影响

韦新东, 黄一格, 王 颖

(吉林建筑大学 松辽流域水环境教育部重点实验室, 吉林 长春 130118)

摘 要:以白三叶为试材,采用不同浓度 Cd 和 Pb 胁迫的方法,研究了重金属 Cd 和 Pb 胁迫对白三叶种子萌发和幼苗生长特性的影响,以期为进一步研究白三叶对重金属污染土壤的修复作用提供理论参考。结果表明: Cd 和 Pb 胁迫对白三叶发芽率和发芽速率具有显著影响,随着 Cd 和 Pb 浓度的增加,对白三叶种子发芽率和发芽速率抑制作用逐渐增加。Cd 和 Pb 对幼苗的苗长、根长和苗重均有严重影响,随 Cd 和 Pb 浓度的增加,抑制作用越明显。

关键词:重金属;白三叶;种子萌发;幼苗生长

中图分类号:S 330;Q 945 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)02-0071-04

近年来重金属污染(heavy metal contamination)成为全球影响环境和威胁人类健康最重要的环境问题之一^[1]。土壤重金属积累破坏土壤生态系统的同时,也导致重金属在植物中大量积累,不仅严重影响植物的生长发育,而且还经食物链危及动物和人类健康^[2]。土壤重金属污染严重影响土壤的理化性质,导致植物赖以生存的环境条件遭到破坏^[3-4]。铅(Pb)和镉(Cd)是植物生长的非必需元素,也是高速公路旁重金属污染的主要元素。过量的 Pb 和 Cd 一旦进入环境,特别是进入土壤后难以排除^[5-6]。而且,当土壤中 Pb、Cd 浓度超过一定浓度时,会对植物生长发育有一定影响,浓度过高甚至导致植物死亡,最终会引起生态环境恶化和生态平衡失调^[7-10]。因此,由高速公路车流量大、扩散面广等特点造成的土壤重金属污染的治理和修复势在必行。

种子萌发和幼苗生长是植物生活史中最脆弱的阶段,因此,研究 Cd 和 Pb 胁迫对植物种子萌发和幼苗生长的影响对土壤重金属污染修复具有重要的理论和应用价值。白三叶(*Trifolium repens*)属豆科(Leguminosae)多年生草本植物,又称白车轴草、白花苜蓿。具有产量高、耐践踏、适应性好、再生性强等优点,是良好的放牧型牧草,被广泛用于城市绿化^[11],近年来研究发现该物种具有很强的吸收重金属的特性^[12]。现以白三叶为研究对象,通过测定 Cd、Pb 胁迫对白三叶种子的发芽率、

发芽速率、苗长、根长及重量的影响,探讨重金属 Cd 和 Pb 胁迫下白三叶种子萌发及幼苗生长特性,以期为高速公路旁土壤重金属污染的治理和修复提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为白三叶。

1.2 试验方法

试验于 2015 年 4 月在吉林建筑大学实验室内进行。试验设置 Cd[以纯 Cd 计,由 $\text{CdCl}_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$ (分析纯)提供]浓度为:0、40、80、120 mg/L, Pb[以纯 Pb 计,由 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (分析纯)提供]浓度为:0、100、200、400、800 mg/L,蒸馏水处理组为对照。将 50 粒种子放入直径 90 mm 的培养皿中,取上述配好的溶液 4 mL 分别放入培养皿中,使种子一半体积浸入溶液中,每处理 3 次重复。发芽试验采用随机区组设计,培养皿置于温度为 20℃,12 h 光照/黑暗的培养箱中。

1.3 项目测定

每天记录各培养皿中发芽的种子个数,以计算发芽率和发芽速率。发芽第 10 天从每个培养皿中随机取 10 株白三叶幼苗,测量苗长、根长及幼苗干重。发芽率($\text{GR}, \%$)=(发芽种子总数/供试种子总数) $\times 100$;发芽速率($\text{GI}, \text{n/d}$)= $\sum G_t / D_t$ (G_t 为不同时间发芽数, D_t 为相应发芽天数)。

1.4 数据分析

试验数据采用 SPSS 17.0(version 17.0, SPSS Inc., Chicago IL, USA)统计软件分析,对发芽率、发芽速率、幼苗苗长、幼苗根长、幼苗干重进行单因素(one-way

第一作者简介:韦新东(1966-),男,吉林长春人,博士,教授,现主要从事环境治理等研究工作。E-mail:740488211@qq.com.

基金项目:吉林建筑大学高等教育研究资助项目(XJY2014017)。

收稿日期:2015-10-08

ANOVA) 方差分析, 统计分析中显著性检验均采用 LSD 检验, 显著水平为 $P=0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 Cd、Pb 胁迫对白三叶种子萌发的影响

Cd 和 Pb 胁迫对白三叶种子的发芽率和发芽速率均具有显著影响, 随 Cd 和 Pb 浓度的增加, 发芽率和发芽速率均显著下降 ($P<0.05$, 表 1)。Cd 浓度在 80~120 mg/L 与对照相比发芽率显著下降 ($P<0.05$)。Cd 浓度为 120 mg/L 时发芽率下降到最小, 为 79%。Pb 浓度 0~400 mg/L 胁迫对发芽率没有显著影响 ($P>0.05$), Pb 浓度为 800 mg/L 时, 发芽率显著下降为 78%。

种子的发芽速率均随 Cd 和 Pb 胁迫强度的增加而下降。Cd 浓度为 40 mg/L 时, 发芽速率与对照相比无明显变化, 随后发芽率显著下降, Cd 浓度为 120 mg/L 时, 发芽速率下降为 23 n/d。随着 Pb 浓度的升高, 发芽速率迅速降低。Pb 浓度为 800 mg/L 时, 发芽速率下降到最小。

2.2 Cd、Pb 胁迫对白三叶幼苗生长的影响

2.2.1 Cd、Pb 胁迫对白三叶幼苗苗长的影响 由图 1 可知, Cd 和 Pb 胁迫对白三叶幼苗苗长具有显著影响 ($P<$

0.05)。随 Cd 和 Pb 胁迫强度的增加, 幼苗苗长均显著下降。高浓度 (80~120 mg/L) Cd 胁迫苗长无明显变化 (图 1A)。幼苗苗长随 Pb 浓度的增加呈显著下降趋势 (图 1B)。

表 1 不同浓度 Cd 和 Pb 处理下
发芽率和发芽速率

Table 1 Effect of Cd and Pb stresses on germination rate and germination speed (mean±SE) of *T. repens*

	浓度 Concentration /(mg·L ⁻¹)	发芽率 Germination rate /%	发芽速率 Germination speed /(n·d ⁻¹)
镉 Cd	CK	99±1 a	44±1 a
	40	93±2 ab	41±1 a
	80	89±2 b	31±1 b
	120	79±2 c	23±1 c
铅 Pb	CK	99±1 a	44±1 a
	100	95±1 a	39±1 b
	200	95±1 a	36±1 b
	400	91±3 a	26±2 c
	800	78±3 b	16±1 d

注: 同一栏内, 不同小写字母表示 $P=0.05$ 水平差异显著。

Note: Within a column, different lowercase letters show significant difference at $P=0.05$.

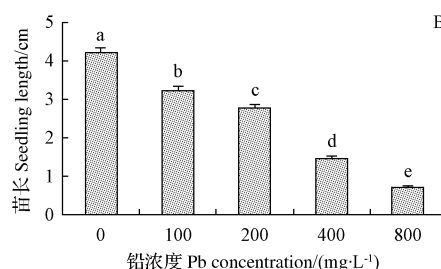
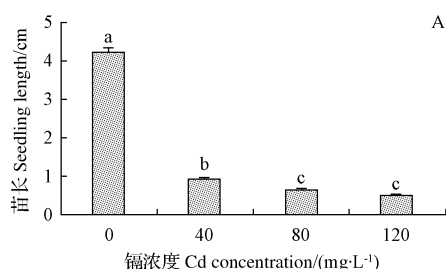


图 1 不同浓度 Cd 和 Pb 影响下的苗长

Fig. 1 The seedling length in the different concentrations of Cd and Pb

2.2.2 Cd、Pb 胁迫对白三叶幼苗根长的影响 由图 2 可知, Cd 和 Pb 胁迫对幼苗根长均有显著影响, 随胁迫强度的增加根长变短。Cd 浓度在 40 mg/L 与对照相比显著变

短 ($P<0.05$), Cd 浓度在 40~120 mg/L 变化差异不显著 (图 2A)。随着 Pb 浓度的升高, 根长逐渐缩短, Pb 浓度在 800 mg/L 时, 根长下降到最小, 为 0.16 cm (图 2B)。

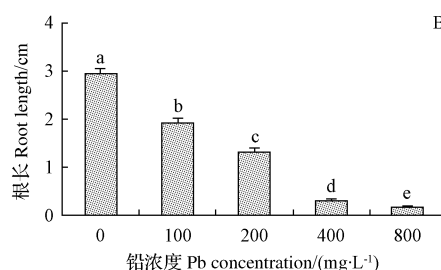
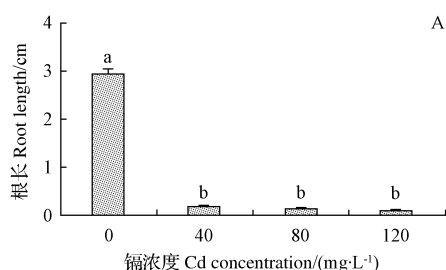


图 2 不同浓度 Cd 和 Pb 影响下的根长

Fig. 2 The root length in the different concentrations of Cd and Pb

2.2.3 Cd、Pb 胁迫对白三叶幼苗干重的影响 由图 3 可知, Cd 和 Pb 胁迫对苗重均有显著影响, 随胁迫强度的增加苗重呈下降趋势。当 Cd 浓度为 40 mg/L 时, 白三叶幼苗干重与对照相比无显著差异, 随后显著下

降 (图 3A)。Pb 浓度 100 mg/L 时幼苗干重显著下降, 随后 100~400 mg/L 处理间无显著差异, 800 mg/L 显著下降到最小, 幼苗干重为 0.33 mg/株 (图 3B)。

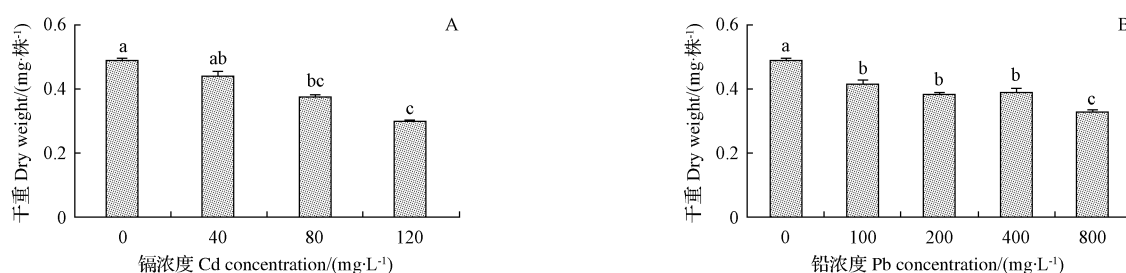


图3 不同浓度Cd和Pb影响下的干重

Fig. 3 The dry weight in the different concentrations of Cd and Pb

3 讨论

种子萌发及幼苗生长是植物能否生长繁殖的先决条件^[13]。该试验结果表明,在萌发期,不论是Cd还是Pb,白三叶表现出耐Pb和Cd胁迫能力,这与研究的重金属对番茄、玉米、小麦的试验结果一致^[8,14-15]。高浓度Pb和Cd的胁迫对白三叶发芽率及发芽速率都有明显的抑制作用,对于产生这一结果的原因,有学者认为高浓度的Pb和Cd会抑制种子萌发所需要的淀粉酶和蛋白酶的活性,从而抑制种子的萌发的能力^[15]。

在苗期,重金属Cd和Pb对白三叶生长的影响主要是影响根的生长,使根生理代谢等发生改变,甚至停止生长。这与研究Cd、Pb对玉米、小白菜生长等的研究结果是一致的^[14-19]。重金属对根的影响明显大于对地上部分的影响,通过抑制根的生长,进而影响整株苗的生长。在苗期,种子萌发后,胚根快速吸水冲破种皮,这使得在胚根受重金属离子胁迫时间更长,而且Pb和Cd离子首先在植物根部累积,抑制了根的生长。这种累积的过程与重金属浓度有关^[18-19]。该试验中发现Cd对白三叶幼苗生长影响较大,可能是因为Cd可以促进根系产生逆境乙烯,而逆境乙烯可以严重伤害细胞,因此Cd对根的抑制作用更明显^[20]。

总之,通过该试验的研究,可以看到高浓度的Cd和Pb对白三叶的种子萌发和幼苗生长有着严重的抑制作用。但是试验也表明,白三叶可以在低浓度的Cd和Pb污染的环境下萌发、生长。因此,在进行低浓度重金属土壤修复植物筛选时,除了注重超富集植物外,还应考虑像白三叶这类具有较强生长适应性的植物。对于白三叶对土壤的修复性,以及对重金属的富集,还要通过其它指标进行进一步的研究。

参考文献

- [1] ALI H, KHAN E, SAJAD M A. Phytoremediation of heavy metals- concepts and applications[J]. Chemosphere, 2013, 91: 869-881.
- [2] KHAN S, AIJUN L, ZHANG S, et al. Accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals in lettuce grown in the soils contaminated with long-term wastewater irrigation[J]. Journal of Hazardous Material,

2008, 152: 506-692.

- [3] HA N T H, SAKAKIBARA M, SANO S, et al. Uptake of metals and metalloids by plants growing in a lead-zinc mine area, Northern Vietnam[J]. Journal of Hazardous Materials, 2011, 186: 1384-1391.
- [4] OKIEIMEN F E. Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation[J]. ISRN Ecology, 2011, 1: 21.
- [5] 崔玉静, 黄益宗, 朱永官. 镉对人类健康的危害及其影响因素的研究进展[J]. 卫生研究, 2006, 35(5): 656-659.
- [6] 李敏, 玉锁. 城市环境铅污染及其对人体健康的影响[J]. 环境监测管理与技术, 2006, 18(5): 6-10.
- [7] YAQVOB M, GOLALE A, MASOUD S, et al. Influence of different concentration of heavy metals on the seed germination and growth of tomato [J]. African Journal of Environmental Science and Technology, 2011, 5(6): 420-426.
- [8] WEIQIANG L, MOHAMMAD A, SHINJIRO Y, et al. Khan Effects of heavy metals on seed germination and early seedling growth of *Arabidopsis thaliana* [J]. Plant Growth Regulation, 2005, 46: 45-50.
- [9] 尹国丽, 师尚礼, 寇江涛. Cd胁迫对紫花苜蓿种子发芽及幼苗胜利生化特性的影响[J]. 西北植物学报, 2013, 33(8): 1638-1644.
- [10] 马敏, 龚惠红, 邓泓. 重金属对8种园林植物种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 中国农学通报, 2012, 28(22): 206-211.
- [11] 陈勇. 白三叶特征特性及栽培技术[J]. 现代农业科技, 2011(9): 359-363.
- [12] 韩宝贺, 朱宏. 镉胁迫对白三叶的富集能力、叶片显微结构及其生理特性的影响[J]. 草业学报, 2014, 23(6): 167-175.
- [13] 罗珊, 康玉凡, 夏祖灵. 种子萌发及幼苗生长的调节效应研究进展[J]. 中国农学通报, 2009, 25(2): 28-32.
- [14] 姚伦富, 文科元, 黄锦涛. 重金属镉、铅及其复合污染对玉米种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 现代农业科技, 2014(24): 21-22.
- [15] 宋玉芳, 周启星, 许华夏, 等. 重金属对土壤中小麦种子发芽与根伸长抑制的生态毒性[J]. 应用生态学报, 2002, 13(4): 459-462.
- [16] 陶玲, 任磊, 祝广华, 等. 重金属对植物种子萌发的影响研究进展[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(增): 52-57.
- [17] 申玉香, 李洪山, 封霖. 铅、镉胁迫对水稻种子萌发和生理生化特性的影响[J]. 江苏农业科学, 2009(6): 100-102.
- [18] 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): 32-35.
- [19] 陈新红, 叶玉秀, 庞闰瑾. 镉、铅及其互作对黄瓜种子发芽及幼根生长的影响[J]. 北方园艺, 2009(5): 13-16.
- [20] 季玉鸣, 李振国, 吴敦肃, 等. 镉引起小麦苗逆境乙烯的产生及其和镉吸收、分布的关系[J]. 植物生理学报, 1989(2): 159-166.

DOI:10.11937/bfyy.201602020

五种常见群植小乔木对降温增湿效应和 PM_{2.5} 消减效应的研究

刘莹莹, 肖湘东, 过昱辰, 王 赛, 王瑞莹, 王 波

(苏州大学 园艺系, 江苏 苏州 215123)

摘 要:以苏州市紫薇(*Lagerstroemia indica* L.)、桂花(*Osmanthus fragrans* (Thunb.) Lour.)、紫叶李(*Prunus cerasifera* Ehrh. 'Atropurpurea' Jacq.)、日本晚樱(*Prunus lannesiana* Wils.)和腊梅(*Chimonanthus praecox* (L.) Link.)等5种常见的群植小乔木为研究对象,研究其对降温增湿效应和对 PM_{2.5} 的消减效应。结果表明:5种群植小乔木中,紫薇和桂花的降温效应相对明显,日本晚樱和紫薇的增湿效应明显;紫薇对 PM_{2.5} 消减效应最为明显;5种群植小乔木综合降温增湿效应由大到小依次为:紫薇>日本晚樱>紫叶李>桂花>腊梅。其降温增湿效应与 PM_{2.5} 消减效应的相关性分析表明,群落内部的降温增湿效应与 PM_{2.5} 消减效应显著相关;该研究结果为植物配置结构的优化及城市生态环境的改善提供了科学依据及可能的途径。

关键词:群植小乔木;降温效应;增湿效应;PM_{2.5} 的消减效应

中图分类号:S 688 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)02-0074-04

随着城市工业化和城镇化的迅速发展,城市人口的急剧膨胀,致使环境污染愈来愈严重,尤其是密集型污

第一作者简介:刘莹莹(1989-),女,河南南阳人,硕士研究生,研究方向为园林植物生态与修复。E-mail:1013916761@qq.com.

责任作者:肖湘东(1976-),男,博士,副教授,现主要从事景观生态学等研究工作。E-mail:14758517@qq.com.

基金项目:苏州市应用基础研究计划资助项目(SYN201313)。

收稿日期:2015-10-15

染工业模式增长迅速,在中国的东部和东南部沿海地区表现的比较明显^[1]。乔木是城市生态系统的重要组成部分,作为城市生态建设的软景元素,以提供树荫、减少雨水冲刷、提高空气质量和居住地地貌等方式构建相互关联的城区系统,形成生态的城市居住生活环境^[2]。

植被对于大气环境中 PM_{2.5} 具有抑制作用,最为突出的特征是通过改变太阳辐射量来减轻城市中的热岛效应^[3-4]。PAUL 等^[5]研究表明,在非极端的热环境下,树冠面积每增加 10%,空气温度降低 0.2℃。高凯等^[6]

Effect of Heavy Metal Cadmium and Lead Stress on Seed Germination and Seedlings Growth of the *Trifolium repens*

WEI Xindong, HUANG Yige, WANG Ying

(The Key Laboratory of Water Environment of the Songliao River Basin, Jilin Jianzhu University, Changchun, Jilin 130118)

Abstract: With the *Trifolium repens* as experimental materials, using the different concentrations of heavy metal Cd and Pb stress. To explore the *Trifolium repens* seed germination and seedling growth characteristics under the heavy metal Cd and Pb stress. Designed to the *Trifolium repens* for further studies on heavy metal contaminated soil repair function to provide theoretical reference. The results showed that there were significant effect on the *Trifolium repens* germination rate and germination speed under the heavy metal Cd and Pb stress. With the increase of concentration of heavy metal Cd and Pb, the inhibitory effect on the *Trifolium repens* seed germination rate and germination speed increased gradually. The *Trifolium repens* seedling length, root length, seedling dry weight dropped significantly. There were significant effect on the *Trifolium repens* seedling length, seedling root length and seedling dry weight under the heavy metal Cd and Pb stress. With the increase of concentration of heavy metal Cd and Pb, the inhibitory effect more obvious.

Keywords: heavy metal; *Trifolium repens*; seed germination; seedling growth