

DOI:10.11937/bfyy.201508020

婆婆纳对铅污染耐受性的研究

李庚飞^{1,2}, 徐承³

(1. 广西交通科学研究院 生态所, 广西 南宁 530007; 2. 陕西省多河流湿地生态环境重点实验室, 陕西 渭南 714000;
3. 渭南师范学院 化学与生命科学学院, 陕西 渭南 714000)

摘要:以婆婆纳(*Veronica didyma* Tenore)为试材,采用原子吸收分光光度法,研究不同铅浓度胁迫对婆婆纳生长和富集情况的影响,探索婆婆纳在铅污染区修复方面的利用价值。结果表明:5、15、30 g/L 铅浓度处理对婆婆纳的生长起促进作用,45 g/L 铅浓度处理对婆婆纳的生长有抑制作用。不同器官组织对铅的吸收存在差异性,根系对铅的积累最强,在 60 g/L 处理下根系铅积累量最高,其值为 470.82 mg/kg;不同浓度处理下,婆婆纳的富集系数均小于 1。

关键词:婆婆纳(*Veronica didyma* Tenore);铅污染;耐性

中图分类号:S 688.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)08-0070-04

矿产资源的开发利用给人类带来经济效益的同时,也产生了一些负面影响,其中重金属铅的污染不仅引起土壤质量退化,降低农产品产量和品质,而且会通过食物链危及人类健康^[1],铅中毒可造成人体中枢神经系统与周围神经系统损伤,引起造血系统产生损伤导致贫血,损伤肾功能,毒害生殖系统,导致儿童智力低下和多动症等^[2],因此铅污染的修复工作迫在眉睫。土壤污染的植物修复技术能够克服传统的物理修复和化学修复技术的缺点,修复成本低,不破坏土壤结构,且避免二次污染等被推广应用^[3],特别是在污染严重地区,因重金属毒性大,土壤养分缺乏,生态条件恶劣等因素,一般植物难以生长^[4],因此植物稳定技术的研究工作主要集中在耐性植物的筛选上^[5]。该研究以婆婆纳为试材,分析其对铅污染的耐受性和富集特征,以期对铅污染区域植物修复提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试土壤:供试盆栽土壤取自渭南师范学院杨树林表层土,土壤风干压碎后,过筛混匀,将土壤和洗干净的河沙按 1:1 混合后装盆。供试盆栽容器为上端直径 14 cm、高 18 cm 的盆栽桶,装入 0.875 kg 过筛的混匀土待用。

作者简介:李庚飞(1978-),女,内蒙古通辽人,硕士,副教授,现主要从事环境污染与生态修复等研究工作。E-mail:ligengfei2005@163.com.

基金项目:陕西省多河流湿地生态环境重点实验室开放基金资助项目(SXSD1403)。

收稿日期:2014-12-16

供试植物:婆婆纳(*Veronica didyma* Tenore)采自渭南师范学院校园杂草丛,将其洗干净后,在洗净河沙中进行预培养,7 d 后将长势一致的幼苗进行盆栽试验。

1.2 试验方法

采用随机区组设计,设不同铅液浓度处理水平分别为 5、15、30、45、60 g/L,以 Hoagland 营养液为对照。植株培养 7 d 后,在盆栽土壤表面喷洒已知浓度的铅溶液,开始进行铅胁迫试验,研究婆婆纳在不同铅浓度胁迫条件下的耐性和铅吸收积累特征。每个试验处理水平设 4 个重复,共设 24 盆处理水平。并每隔 10 d 测量 1 次株高,胁迫结束后,测定不同处理植株的生物量,土壤含铅量和植株不同部位 Pb 含量,据此分析婆婆纳在不同铅浓度胁迫条件下的耐性和铅吸收积累特征。

1.3 项目测定

植物样品处理及测量:将胁迫试验结束后的婆婆纳样品分成根、茎和叶 3 个部分,烘干研磨后分别称取 1 g,加混酸浸泡过夜后消解,消解完毕后用去离子水定容至 25 mL,过滤,滤液为待测液。并用 WFX-120 型的原子分光光度计测定 Pb 含量。

2 结果与分析

2.1 铅胁迫对婆婆纳生长的影响

2.1.1 铅胁迫对婆婆纳株高的影响 由表 1 可知,5、15、30 g/L 铅浓度处理下的植株长势正常;45 g/L 和 60 g/L 铅浓度处理下的植株叶子下垂,并出现许多黄叶;第 3 次和第 4 次测量时 60 g/L 铅浓度处理下的植株已全部萎蔫。由第 4 次测量株高结果可知,5 g/L 铅浓度处理下的株高比对照组增加了 7.92%;

15 g/L 铅浓度处理下的株高比对照增加了 18.73%；30 g/L 铅浓度处理下株高比对照增加了 24.23%。而在 45 g/L 处理条件下婆婆纳生长缓慢,比对照减少了 9.33%；在 60 g/L 铅胁迫下婆婆纳全部萎焉,说明高浓度 45 g/L 和 60 g/L 铅胁迫对婆婆纳的生长有抑制作用,甚至产生毒害作用。

表 1 不同铅胁迫下婆婆纳的株高

Table 1 The height of *Veronica didyma* Tenore under different lead concentrations

株高 Height/cm	铅浓度 Concentrations of Pb/(g·L ⁻¹)	0	5	15	30	45	60
原株高 Height		8.75	8.73	8.69	8.76	8.79	8.75
第 1 次 The first		9.26	9.68	10.22	9.96	9.10	8.86
第 2 次 The second		9.82	10.65	10.96	11.09	9.25	9.11
第 3 次 The third		10.12	10.89	11.89	12.25	9.62	枯萎
第 4 次 The forth		10.73	11.58	12.74	13.33	9.75	枯萎

2.1.2 铅胁迫对婆婆纳生物量的影响 植物生物量是植物耐铅性的重要评价因子之一^[6]。由表 2 可知,5、15、30 g/L 铅浓度处理对婆婆纳单株生物量有促进作用。随着铅浓度增加,婆婆纳单株生物量呈下降趋势,45 g/L 浓度水平下单株生物量开始大幅下降,说明高浓度铅对婆婆纳单株生物量有抑制作用,可能是高浓度铅胁迫使植物体内代谢发生紊乱造成的。不同浓度铅胁迫对婆婆纳的茎叶和根系生物量均有显著影响,而且不同浓度铅胁迫对根生物量的影响比对茎叶生物量的影响显著。

表 2 不同铅胁迫下婆婆纳的生物量

Table 2 The biomass of *Veronica didyma* Tenore under different lead concentrations

生物量(干重) Biomass (dry weight)/g	铅浓度 Concentrations of Pb/(g·L ⁻¹)	0	5	15	30	45	60
枝叶生物量 Shoot biomass/g		2.49	2.97	3.56	4.36	2.33	1.94
根生物量 Root biomass/g		0.87	1.60	2.76	3.70	0.68	0.25
单株生物量 Single plant biomass/g		3.36	4.57	6.32	8.06	3.02	2.20

2.2 婆婆纳对铅的吸收和积累特性

2.2.1 婆婆纳各器官组织铅含量 分析植株体根、茎、叶重金属的含量有利于正确评价重金属对植物生长的影响。由表 3 可知,婆婆纳根、茎和叶的 Pb 含量都随着 Pb 处理浓度的提高而增加,各器官组织铅含量表现为根>叶>茎。婆婆纳茎叶中铅含量要远低于根系,茎叶在 60 g/L 处理下达到最大值之和为 142.57 mg/kg,而根部铅浓度在 60 g/L 处理下达到最大值 470.82 mg/kg,是茎叶铅含量的 3.3 倍。说明铅进入植物体后绝大部分积累在植物根部,只有少量向地上部移动,这可能是由于根系对铅进行吸收或固定,阻止铅离子进一步向地上部分运输,从而使铅在植物体地上部分和根系分配不同,相关研究有待进一步开展。

表 3 婆婆纳各器官组织的铅含量

Table 3 The lead content in the different organs of *Veronica didyma* Tenore

处理浓度 Different contents/(g·L ⁻¹)	Pb 积累量 Contents of Pb/(mg·kg ⁻¹)	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf
0		7.53	1.05	3.59
5		60.38	3.04	29.67
15		108.53	7.83	39.09
30		210.53	9.45	76.20
45		306.43	11.23	90.74
60		470.82	20.21	122.36

2.2.2 婆婆纳对重金属铅的转移系数 转移系数反映植物将重金属从地下部分向地上的运输和分配情况,它是指植物地上部分某重金属的含量与地下部分该重金属含量的比值^[7]。重金属主要通过植物根系吸收,然后在植物体内分配,转移系数越大,说明根系中重金属所占比例越小,茎叶中所占比例越大,重金属通过根系向地上部的迁移能力越大。由图 1 可知,不同浓度 Pb 液处理条件下,婆婆纳地上部对 Pb 的转移程度不同,1~60 g/L 处理条件下转移系数出现波谷趋势,即 30 g/L Pb 液处理条件下转移系数最低,其值为 0.33。0~30 g/L 处理条件下,转移系数有明显趋势,这可能是由于婆婆纳地上部分 Pb 的容纳量未达到饱和,不断由地下部分向地上部分转移,但随着地上部分 Pb 含量的增加,转移趋势降低。30~60 g/L 处理条件下虽然转移系数逐渐增加,但由表 1 和表 2 可知,生长趋势已经逐渐减弱,地上部分已经发生萎焉现象,对重金属 Pb 的耐性已达峰值,严重影响植物生长。

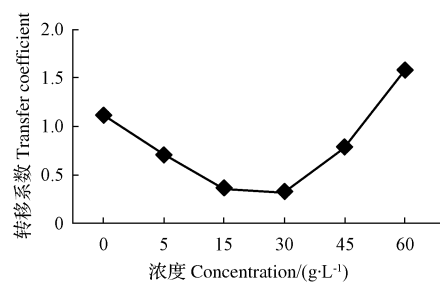


图 1 不同浓度下婆婆纳对 Pb 的转移系数

Fig. 1 The transfer coefficient of lead in different organs of *Veronica didyma* Tenore

2.2.3 婆婆纳不同器官对重金属铅的富集系数 富集系数是指植物中某污染物含量占土壤中该污染物含量的百分比^[8]。它反映了植物对土壤重金属元素的富集能力。富集系数越大,则植物越易从土壤中吸收该元素,即该植物对重金属吸收积累能力越较强。由图 2 可知,婆婆纳在 5 g/L Pb 液处理水平下,富集系数最高,其值为 0.24,这可能因为低浓度铅对婆婆纳生长有促进作用

用,在此浓度处理下婆婆纳生长旺盛,对重金属铅吸收积累能力强。随着处理浓度的升高,富集系数有降低趋势。但在15~30 g/L Pb液处理条件下,由图2和图1可知,婆婆纳的富集系数和转移系数变化趋势均较小,可能由于婆婆纳在此Pb浓度范围内对体内各种代谢活动影响无很大差异。

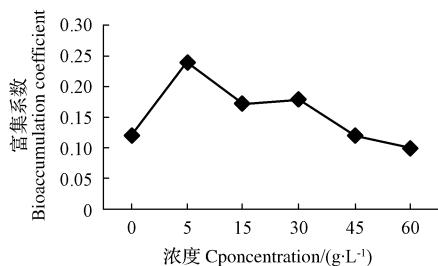


图2 不同浓度下婆婆纳对Pb的富集系数

Fig. 2 The bioaccumulation coefficient of lead in different organs of *Veronica didyma* Tenore

2.2.4 婆婆纳对重金属铅的迁移总量 重金属迁移总量是一个非常重要的指标,用以评价植物修复重金属污染土壤的潜力^[9]。由表4可以看出,随着处理浓度的增加,婆婆纳地上部对重金属铅的迁移总量也在上升,在30 g/L处理下其对重金属铅的迁移总量达到744.47 μg,是对照组的28.6倍。由于婆婆纳的生物量大、生长迅速,如果大面积的种植,其对铅的迁移总量会很大。

表4 不同Pb处理下婆婆纳对重金属铅的迁移总量

Table 4 The total Pb absorption amount of *Veronica didyma* Tenore under the soil with different lead concentrations

处理浓度 Different contents /(g·L ⁻¹)	地上部鲜重 Fresh weight of shoot /g	地上部铅含量 Pb content of shoot /(mg·kg ⁻¹)	迁移总量 Total translocation /μg
0	8.82	2.95	26.02
5	9.68	23.01	222.74
15	11.5	31.27	359.61
30	12.51	59.51	744.47
45	7.17	70.86	508.07
60	6.55	96.82	634.17

3 结论与讨论

60 g/L Pb处理水平下婆婆纳的转移系数大于1,但此处理水平下的Pb浓度已经对植株体产生毒害作用,

不能正常生长,不能作为评价植物富集重金属能力的科学依据,15~45 g/L Pb处理水平下婆婆纳的转移系数均小于1,且各处理水平下婆婆纳对Pb的富集系数也均小于1,根据超富集植物的标准,婆婆纳不能作为重金属Pb的超富集植物。

在许多高等植物金属耐性的研究中,通常利用植物生物量和高度作为测定耐性的一个指标^[9]。该研究通过株高和生物量探讨婆婆纳对重金属铅的耐性大小。结果表明,5、15、30 g/L铅处理对婆婆纳的株高和生物量有促进作用,45 g/L铅胁迫开始抑制婆婆纳生长,其株高和生物量有所降低,而此处理水平下土壤铅浓度已高达1 063.16 mg/kg,因此,婆婆纳耐铅毒能力较强,具有应用植物稳定技术修复铅污染矿区的潜力。

江行玉等^[10]研究了芦苇在Pb胁迫下的生理反应和耐性机理,其结果显示根部比地上部分积累较多的Pb是芦苇抗Pb胁迫的一种重要机制。不同浓度处理条件下,婆婆纳根系的Pb浓度均大于地上部分,可能是婆婆纳对铅胁迫的耐性机制之一。

参考文献

- [1] 何冰,杨肖娥,魏幼璋. 铅污染土壤的修复技术[J]. 广东微量元素科学,2001,8(9):12-17.
- [2] 李华斌,戚其平,姚孝元,等. 铅对健康的影响研究进展[J]. 环境导报,1999(1):32-35.
- [3] 陈怀满,郑春荣,涂从,等. 中国重金属污染现状与防治对策[J]. 人类环境杂志,1999,28(2):130-134.
- [4] Wong M H. Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils[J]. Chemosphere,2003,50:775-780.
- [5] 赵立新. 杂草对重金属的生物积累特性的研究[J]. 环境保护科学,2004,30(125):43-45.
- [6] 汪有良,王宝松,李荣锦,等. 柳树在环境污染生物修复中的应用[J]. 江苏林业科技,2006,33(2):40-44.
- [7] Fayiga A O, Ma L, Cao X D, et al. Effects of heavy metals on growth and arsenic accumulation in the arsenic hyperaccumulator *Pteris vittata* L[J]. Environmental Pollution,2004,132(2):289-296.
- [8] Mattina M I, Lannucci Berger W, Mussante C, et al. Concurrent plant uptake of heavy metals and persistent organic pollutants from soil[J]. Environmental Pollution,2003,124:375-378.
- [9] Monni S M, Salemaa C. Copper resistance of *Calluna vulgaris* origination from the pollution gradient of a Cu-Ni smelter, in southwest Finland[J]. Environment Pollution,2000,109:211-219.
- [10] 江行玉,赵可夫. Pb污染下芦苇体内Pb的分布和Pb胁迫相关蛋白[J]. 植物生理与分子生物学学报,2002,28(3):169-174.

Study on the Tolerance of *Veronica didyma* Tenore to Lead

LI Geng-fei^{1,2}, XU Cheng³

(1. Institute of Ecology, Guangxi Transportation Research Institute, Nanning, Guangxi 530007; 2. Key Laboratory for Eco-environment of Multi-River Wetlands in Shaanxi Province, Weinan, Shaanxi 714000; 3. Department of Chemistry and Life Science, Weinan Teachers University, Weinan, Shaanxi 714000)

遮阴对七叶一枝花光合和生理特性的影响

王 岚^{1,2}, 张宇斌³, 李建新¹, 张习敏³

(1. 铜仁学院 生物与农林工程学院, 贵州 铜仁 554300; 2. 梵净山野生动植物资源保护与利用研究中心, 贵州 铜仁 554300;
3. 贵州师范大学 生命科学学院, 贵州 贵阳 550001)

摘 要:以长势一致的3年生七叶一枝花(*Paris polyphylla*)为试材,在不同遮阴(全光照、30%、60%和75%遮阴)处理下,测定了七叶一枝花净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、胞间二氧化碳浓度(Ci)、气孔导度(Gs)、蛋白质(Pro)含量、叶绿素(Chl)含量、丙二醛(MDA)含量和可溶性糖(Sug)含量,研究了梵净山珍稀植物七叶一枝花不同遮阴环境下的光合特性和生理特性。结果表明:遮阴处理30 d时,60%遮阴处理下七叶一枝花的净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、气孔导度(Gs)、蛋白质(Pro)和叶绿素(Chl)含量最高,分别为 $5.82 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $1.60 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $0.14 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、19.25 mg/g和3.72 mg/g。综合分析表明,在对七叶一枝花人工种植和引种驯化时,可适当进行遮阴处理,且以60%遮阴为宜。

关键词:七叶一枝花;遮阴;光合特性;生理特性

中图分类号:S 681.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)08-0073-05

七叶一枝花(*Paris polyphylla*)属百合科重楼属多年生草本植物,属珍稀濒危植物^[1],在我国云南、四川、广西、贵州等地均有分布^[2],其药用价值大,民间主要用于治疗各种疮毒、毒蛇咬伤等。武珊珊等^[3]指出七叶一枝花作为抗肿瘤和妇科用药具有良好的开发前景。伴随着科学技术和医药技术的飞速发展,社会各阶层对七叶一枝花的需求量逐步增大,以七叶一枝花为原料开发的一系列中药、中成药、美容产品及其它附属产品也越来

越多。近年来,由于滥挖滥采严重,七叶一枝花野生资源枯竭,早已出现货源紧张的情况。目前,有关七叶一枝花的研究主要集中在人工栽培技术^[4-5]、皂苷含量^[6]和黄酮提取工艺^[7]等方面。此外,孟繁蕴等^[8]和张金渝等^[9]对七叶一枝花同属植物重楼进行了引种驯化和繁殖研究;杨永红等^[10]对滇重楼种子中氨基酸和元素进行了分析测定研究。有关遮阴对七叶一枝花生长发育的研究鲜见报道。光照强度极大地影响植物的生长发育,是农林生产中技术措施的核心^[11]。七叶一枝花生长非常缓慢,一般需5~8年才能用药,而光照是影响其生长发育的主要因子之一。该试验研究了不同遮阴处理对七叶一枝花光合和生理特性的影响,旨在探求七叶一枝花生长发育适宜的遮阴度,为其人工种植和引种驯化提供理论基础和技术支持。

第一作者简介:王岚(1983-),女,硕士,副教授,现主要从事园林植物学和植物生理生态的教学及科研工作。E-mail:407602077@qq.com.

基金项目:贵州省教育厅青年资助项目(黔教合KY(2013)205);贵州省教育厅创新人才团队资助项目(黔教合KY(2012)08);贵州省科技厅资助项目(黔教合J字LKT(2012)06号);铜仁市科技局资助项目(铜市科研(2013)9-5号)。

收稿日期:2014-11-10

Abstract: Taking *Veronica didyma* Tenore as material, by means of atomic absorption spectrometry, the influence of different Pb concentration on the growth and enrichment of *Veronica didyma* Tenore were investigated, in order to explore the value of *Veronica didyma* Tenore on remediation of lead in pollution area. The results showed that 5 g/L, 15 g/L and 30 g/L concentrations of lead played a driving role on the growth of *Veronica didyma* Tenore, but 45 g/L concentrations of lead inhibited the growth of *Veronica didyma* Tenore. There were differences among the different organs of *Veronica didyma* Tenore on the absorption of lead. The root was the strongest to the accumulation of lead. In 60 g/L concentrations of lead, the value of accumulation of root was the highest, which was 470.82 mg/kg. The enrichment coefficients of *Veronica didyma* Tenore were less than 1 at different concentrations.

Keywords: *Veronica didyma* Tenore; lead contamination; tolerance