

铅胁迫对牛蒡种子萌发及幼苗生长的影响

戴 敏, 孙 坤, 苏 雪, 陈 纹, 侯 勤 正, 靳 洁

(西北师范大学 生命科学院, 甘肃 兰州 730070)

摘 要:以牛蒡为试材,研究浓度为 0、50、150、300、600、800、1 000 mg/L 的铅(Pb)溶液对牛蒡种子萌发和幼苗生长的影响。结果表明:Pb 溶液浓度为 150 mg/L 时发芽率最高,50、150 mg/L 低浓度 Pb 溶液对牛蒡种子的萌发具有促进效应,当 Pb 溶液浓度大于 150 mg/L 时则表现出递增抑制效应;不同浓度 Pb 胁迫下,牛蒡种子的发芽势、发芽指数和活力指数以及幼苗鲜重均表现出先升高后降低的趋势,且除幼苗鲜重外均在 Pb^{2+} 浓度 150 mg/L 时出现峰值;幼苗根长和芽长在 Pb^{2+} 不同浓度胁迫下同样呈现出先增加后减小的趋势,其中幼苗根长和芽长分别在 Pb^{2+} 浓度为 50、150 mg/L 时出现峰值;幼苗叶片丙二醛和叶绿素含量随 Pb^{2+} 浓度增加表现出持续升高趋势;幼苗叶片中超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化物酶(POD)活性均表现出随 Pb^{2+} 浓度增加先升高后降低的趋势,但二者活性在较高浓度 Pb 胁迫(>600 mg/L)时仍能保持较高水平。试验结果表明,低浓度 Pb 处理对牛蒡种子萌发和幼苗生长具有一定促进效应,高浓度 Pb 则对其产生抑制作用,但高浓度 Pb 胁迫下牛蒡种子仍具有较高的萌发率,幼苗也可以正常生长,SOD、POD 保持较高活性。

关键词:牛蒡;铅(Pb);种子萌发;幼苗生长

中图分类号:R 282.71 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)04-0132-05

铅(Pb)是一种广泛存在于环境中的重金属,具有稳定、滞留时间长、易被植物吸收等特性^[1]。Pb 不是植物生长发育的必需元素,土壤中过量的 Pb 元素对植物是一种胁迫或逆境条件^[2]。当 Pb 被动进入植物并积累在根、茎和叶片中,会影响植物的生长发育,使植物受到伤害^[3]。近年来,随着工业和汽车产业的迅速发展,环境中的 Pb^{2+} 浓度不断增加,造成土壤及植物的 Pb 污染越来越严重^[4]。在重金属异常区域种植的药用植物通过根系吸收重金属离子,可能会对人体产生毒害。因此,寻求合适的方法修复 Pb 污染生态环境显得尤为重要和紧迫。用理化方法修复重金属污染存在修复费用昂贵、破坏环境等问题,而利用重金属耐性和富集植物对 Pb 污染土壤进行修复可以在不破坏环境的前提下使土壤中的重金属得以有效清除。所以筛选重金属耐性较强、适应当地环境的植物,用于 Pb 污染环境修复及植被恢复具有重大意义^[5]。牛蒡属菊科牛蒡属 2 a 生草本植物,其生物量大,适应性强,以野生为主,全国各地均有分布^[6],由于其具有很高药用价值,在许多地区都有栽培。刘杨楠等^[7]研究金属汞对牛蒡种子萌发胁迫试验的结果表明,牛蒡抗金属汞胁迫能力较强,有望成为重金属污染环境修复的重要资源。该试验主要研究重金

属 Pb 对牛蒡种子萌发和幼苗生理特性的影响,以期为了解重金属 Pb 对药用植物牛蒡生长的影响以及为重金属 Pb 的耐性植物和 Pb 污染环境修复物种的筛选提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试牛蒡种子采自甘肃省临夏回族自治州康乐县。

1.2 试验方法

选取大小均匀、颗粒饱满的成熟种子,用 0.1% 的 $HgCl_2$ 溶液消毒 10 min 后用蒸馏水反复冲洗,然后移至垫有 2 层滤纸的培养皿中,均匀摆放,每皿 50 粒种子。同时加入 5 mL $Pb(NO_3)_2$ 处理液, Pb^{2+} 浓度分别为 50、150、300、600、800、1 000 mg/L,以加入 5 mL 蒸馏水为对照(CK),每个处理 3 次重复。然后将各个处理置于 24℃ 的恒温箱中无光培养,待长出幼苗后,在每日光照 12 h 条件下培养。

1.3 项目测定

1.3.1 种子萌发指标的测定 试验进行 15 d,培养期间每日观察和记录种子萌发情况;萌发 5 d 计算发芽势;10 d 统计发芽率;15 d 时测其幼苗的根长、芽长和鲜重,计算平均值;种子萌发及幼苗生长各项指标如下:发芽势(%)=5 d 内供试种子的发芽数/供试种子数×100%;发芽率(%)=10 d 内供试种子的发芽数/供试种子数×100%;发芽指数= $\sum(Gt/Dt)$,其中 Gt 为供试种子在 t 日的发芽数,Dt 为相应的发芽天数;活力指数=

第一作者简介:戴敏(1987-),男,硕士研究生,研究方向为植物生理学。E-mail:daimin8864@163.com.

收稿日期:2013-10-23

发芽指数 \times 幼苗长度(取幼苗芽长);根长=发芽的所有幼苗的总根长/发芽的幼苗总数;芽长=发芽的所有幼苗的总芽长/发芽的幼苗总数;鲜重=发芽的所有幼苗的总鲜重/发芽的幼苗总数。

1.3.2 生理指标的测定 将新鲜幼叶混匀取 0.2 g, 叶绿素含量(包括叶绿素 a 和叶绿素 b)采用分光光度法测定;丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸法测定;超氧化物歧化酶(SOD)活性采用氮蓝四唑光化还原反应法测定;过氧化物酶(POD)活性采用愈创木酚法测定,以上测定方法均参照张治安等^[8]的方法进行。

1.4 数据分析

试验数据采用 SPSS 17.0 和 Excel 进行统计分析。

表 1 不同 Pb^{2+} 浓度对牛蒡种子萌发的影响

Table 1 Effects of different concentration of Pb^{2+} on seed germination of burdock

Pb^{2+} 浓度/ $mg \cdot L^{-1}$	发芽势/%	发芽率/%	发芽指数	活力指数
0(CK)	37.33 \pm 1.76ABC	48.33 \pm 2.60bAB	6.32 \pm 0.24abABC	13.06 \pm 1.15cB
50	39.33 \pm 1.33abAB	48.67 \pm 0.67bAB	6.87 \pm 0.11abAB	16.14 \pm 0.24bAB
150	45.33 \pm 4.80aA	52.67 \pm 4.37aA	7.56 \pm 0.64aA	19.64 \pm 1.58aA
300	38.67 \pm 1.76abAB	46.00 \pm 2.00bcABC	6.78 \pm 0.53abAB	13.94 \pm 1.03bcB
600	34.00 \pm 1.15bcBC	42.00 \pm 2.00cdABC	5.92 \pm 0.43bcABC	5.53 \pm 0.34cC
800	28.00 \pm 2.00cC	39.33 \pm 0.66cdBC	5.07 \pm 0.17cdBC	4.17 \pm 0.26cC
1 000	27.33 \pm 1.33cC	34.00 \pm 4.00dC	4.64 \pm 0.31dC	3.73 \pm 0.42cC

注:表中数据为平均值 \pm 标准误;同列数据进行多重比较,大、小写字母分别为 $P=0.01$ 和 $P=0.05$ 水平显著性,具有相同字母表示无显著差异,不同字母表示具有显著差异。

2.2 不同 Pb^{2+} 浓度对牛蒡种子发芽指数和活力指数的影响

从表 1 可以看出,牛蒡种子的发芽指数和活力指数均表现出先增加后降低的趋势。当 Pb^{2+} 浓度为 150 mg/L 时,发芽指数与活力指数均到达峰值,且发芽指数与对照相比差异不显著,活力指数与对照相比差异极显著;当 Pb^{2+} 浓度大于 300 mg/L 时,活力指数与发芽指数均随 Pb^{2+} 浓度升高而降低。当 Pb^{2+} 浓度在 600~1 000 mg/L 时,除 600 mg/L 发芽指数与对照相比差异不显著,其余发芽指数和活力指数与对照相比差异均显著,说明高浓度 Pb^{2+} 处理对牛蒡种子发芽指数和活力指数具有抑制作用。

2.3 不同 Pb^{2+} 浓度对牛蒡幼苗根长、芽长和鲜重的影响

从图 1 可以看出,50 mg/L 的 Pb 胁迫下牛蒡幼苗的根长到达峰值,与对照(CK)具有显著差异;当 Pb^{2+} 浓度大于 50 mg/L 时,随着 Pb^{2+} 浓度的增加幼苗根长迅速减小,且与对照(CK)均具有显著差异,说明高浓度 Pb^{2+} 处理对牛蒡幼苗根长具有明显抑制作用。当 Pb^{2+} 浓度小于 300 mg/L 时,牛蒡幼苗的芽长均高于对照,且差异显著;当 Pb^{2+} 浓度为 300 mg/L 时,幼苗芽长为对照的 106.3%,差异不显著;当 Pb 浓度大于 300 mg/L 时,随着 Pb 浓度的增加幼苗芽长减小,且与对照均具有显著差异,说明高浓度 Pb^{2+} 处理对牛蒡幼苗芽长也具有抑制作用。

2 结果与分析

2.1 不同 Pb^{2+} 浓度对牛蒡种子发芽率和发芽势的影响

由表 1 可以看出,牛蒡种子的发芽率与发芽势均表现出先增高后降低的趋势。当 Pb^{2+} 浓度为 150 mg/L 时,发芽率和发芽势均为最高值,且与对照(CK)存在显著性差异,说明相对较低浓度 Pb 处理对牛蒡种子的发芽率和发芽势具有激活效应。随着 Pb^{2+} 浓度的增加牛蒡种子的发芽率与发芽势逐渐降低,在 800、1 000 mg/L 时发芽率与发芽势显著低于对照(CK),这说明高浓度 Pb 处理对牛蒡种子发芽率和发芽势具有抑制作用。

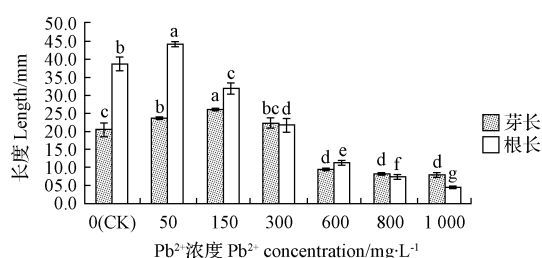


图 1 不同 Pb^{2+} 浓度对牛蒡幼苗根长、芽长的影响

Fig. 1 Effects of different concentration of Pb^{2+} on the seedling root length and shoot length of burdock

由图 2 可以看出, Pb^{2+} 浓度为 50 mg/L 时,幼苗单株的平均鲜重到达峰值,为对照(CK)的 115.3%;当 Pb^{2+} 浓度大于 50 mg/L 时,幼苗单株的平均鲜重随

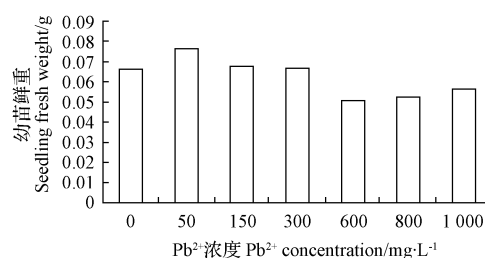


图 2 不同 Pb^{2+} 浓度对牛蒡幼苗鲜重的影响

Fig. 2 Effects of different concentration of Pb^{2+} on the seedling fresh weight of burdock

Pb²⁺ 浓度增加,表现出先降低后增加的趋势。Pb²⁺ 浓度在大于 600 mg/L 时,幼苗单株的平均鲜重出现增加的趋势,这可能是因为此时幼苗叶片有明显增厚所致。

2.4 不同 Pb²⁺ 浓度对牛蒡幼苗叶片丙二醛(MDA)含量的影响

由图 3 可以看出,随着 Pb²⁺ 浓度的增加,MDA 含量整体呈现增加的趋势,当 Pb²⁺ 浓度在 50~300 mg/L 之间时,MDA 含量与对照相比变化不明显;当 Pb²⁺ 浓度为 600、800 mg/L 时,MDA 含量与对照相比有明显的升高,分别为对照的 184.5%、191.5%;当 Pb²⁺ 浓度升至 1 000 mg/L 时,MDA 含量已经升至对照的 300.6%。

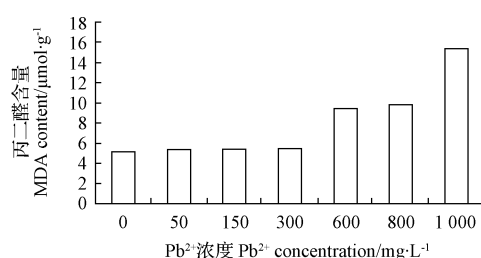


图 3 不同 Pb²⁺ 浓度对牛蒡幼苗叶片丙二醛含量的影响

Fig. 3 Effects of different concentration of Pb²⁺ on the seedling MDA content of burdock

2.5 不同 Pb²⁺ 浓度对牛蒡幼苗叶片叶绿素含量的影响

从图 4 可以看出,随着 Pb²⁺ 浓度的增加,叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量和叶绿素总量均呈升高趋势。当 Pb²⁺ 浓度为 1 000 mg/L 时,叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量分别是对照(CK)的 363.4%和 360.0%。叶绿素 a/b 的值随 Pb²⁺ 浓度的增加变化不明显,说明 Pb 对叶绿素 a 含量和叶绿素 b 含量的影响基本相同。从叶片形态观察显示,随着 Pb²⁺ 浓度的增加幼苗叶片颜色逐渐变绿。

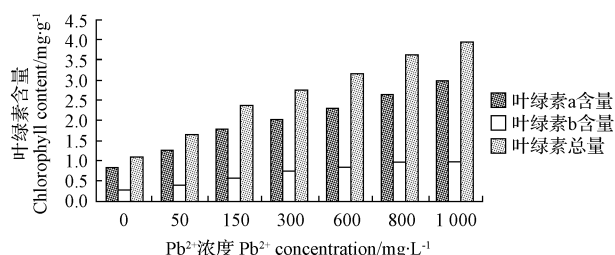


图 4 不同 Pb²⁺ 浓度对幼苗叶片叶绿素含量的影响

Fig. 4 Effects of different concentration of Pb²⁺ on the seedling chlorophyll content of burdock

2.6 不同 Pb²⁺ 浓度对保护酶活性的影响

SOD 是植物体内清除活性氧的关键酶,可清除植物体内的超氧阴离子自由基,减缓自由基对膜的伤害^[9]。从图 5 可以看出,Pb 胁迫下,SOD 活性呈现先升高后降低的趋势。Pb²⁺ 浓度在 300 mg/L 时,SOD 活性最高,为

对照(CK)的 2.1 倍;Pb²⁺ 浓度大于 300 mg/L 时,SOD 活性开始下降,但 Pb²⁺ 浓度在 600~1 000 mg/L 时,变化不明显,但均高于对照(CK)。

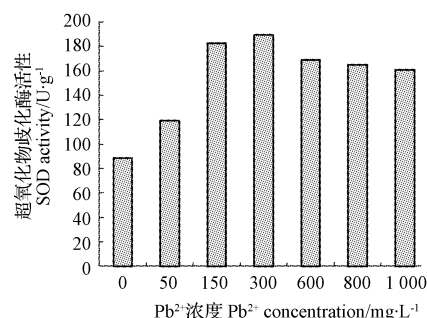


图 5 不同 Pb²⁺ 浓度对牛蒡幼苗叶片超氧化物歧化酶活性的影响

Fig. 5 Effects of different concentration of Pb²⁺ on the seedling SOD activity of burdock

POD 是植物中普遍存在的一种氧化还原酶类,参与植物体内的许多生理生化过程,具有许多重要的生理功能。由图 6 可知,在 Pb 胁迫下 POD 活性随着 Pb²⁺ 浓度的上升先升高后降低,Pb²⁺ 浓度在 600 mg/L 时,POD 活性最高,为对照(CK)的 2.6 倍;当 Pb²⁺ 浓度大于 600 mg/L 时,POD 活性开始下降,但酶活性均高于对照。这表明在一定限度内,植株对 Pb 胁迫有一定的抵御能力,随着 Pb²⁺ 浓度的增加,作为防御体系酶的活性相应减弱。

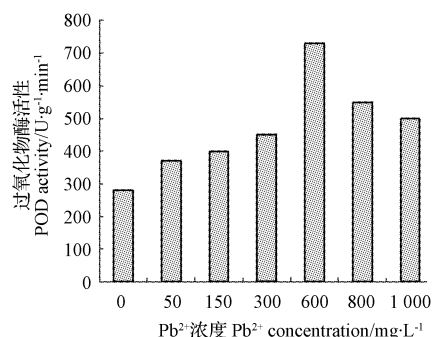


图 6 不同 Pb²⁺ 浓度对牛蒡幼苗叶片过氧化物酶活性的影响

Fig. 6 Effects of different concentration of Pb²⁺ on the seedling POD activity of burdock

3 讨论与结论

重金属对植物种子萌发及幼苗生长的影响一般认为存在一个较低浓度下的促进效应和高浓度下的抑制效应。该试验结果表明,低浓度 Pb 对牛蒡种子的萌发率、发芽势、发芽指数和活力指数以及幼苗的鲜重、根长和芽长都具有一定促进效应,而在高浓度的 Pb²⁺ 处理下则表现出抑制效应,因此该试验的研究结果同样符合上述规律。符卓旺等^[10]认为 Pb²⁺ 能促进种子萌发可能与低浓度重金属侵入种子内部改变其生理行为特别是提高其酶活性有关;高浓度 Pb 抑制植物种子萌发的主要

原因可能是进入植物的重金属对植物产生的伤害超过了植物自身可以保护修复的范围,抑制了种子内醇脱氢酶、蛋白酶、淀粉酶和酸性磷酸酶活性,直接影响种子内贮藏淀粉和蛋白质的分解,从而影响种子萌发所需的物质和能量,致使种子萌发受到抑制^[11]。另外,该试验结果表明,牛蒡幼苗根长和芽长分别在 50 mg/L 和 150 mg/L 时达到最大,在 150 mg/L 和 600 mg/L 时低于对照,幼苗生长受到抑制,这表明牛蒡幼苗根对重金属 Pb 的反应比芽更为敏感。这可能是由于根是植物体中最重要的络合重金属的部位,也是最易受重金属毒性影响的部位,重金属与植物作用时,总是最先接触到根部,并且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,从而阻止重金属离子进一步向地上部分转移^[12]。尽管高浓度 Pb 对牛蒡种子萌发和幼苗生长有一定的抑制效应,但 Pb^{2+} 浓度在 1 000 mg/L 时,牛蒡种子仍具有较高的萌发率,只是发芽势有所降低,萌发速率减缓,幼苗仍可以正常生长,在高浓度 Pb 处理下也没有出现死亡的现象,这表明牛蒡种子萌发和幼苗生长都对 Pb 均具有一定耐性。

植物在逆境下遭受伤害(或衰老)与活性氧积累诱发的膜脂过氧化作用有关。丙二醛(MDA)是一种重要的膜脂过氧化产物,植物遭受伤害(或衰老)的程度可以由植物体内 MDA 含量来体现。该试验中, Pb^{2+} 浓度在 0~300 mg/L 时,牛蒡叶片中 MDA 含量变化不大,表明较低浓度 Pb 胁迫对植株伤害并不明显,但在 Pb^{2+} 浓度超过 600 mg/L 时 MDA 含量则急剧增加,表明高浓度 Pb 胁迫造成牛蒡膜脂过氧化加剧,对植株造成明显伤害。植物保护酶系统是植物应对胁迫条件的一种有效保护机制。Reddy 等^[13]研究表明,植物在重金属胁迫下抗氧化酶活性会增加,且增加的酶活性与植物耐性直接相关。当 Pb^{2+} 浓度在 0~300 mg/L 时,牛蒡幼苗 SOD 活性和 POD 活性均升高,是对 Pb 胁迫的保护机制;但当 Pb^{2+} 浓度在 600~1 000 mg/L 时,SOD 活性和 POD 活性开始降低,但均高于对照且活性较高。张颖等^[14]研究表明,抗氧化酶活性的调节能力是临时和有限的,当植物遭受长时间或严重胁迫时,细胞内的活性物质包括酶就会受到损伤从而活性降低,最终对细胞造成氧化伤害。试验中,在高浓度 Pb 胁迫下保护酶仍然具有较高活性,说明牛蒡抗氧化酶活性的调节能力还没有达到上

限,这表明牛蒡可以通过自身抗氧化系统抵御逆境伤害,对 Pb 胁迫具有一定的耐性。植物中叶绿素含量也是检测植物遭受伤害(或衰老)程度的一项重要指标。一般认为, Pb^{2+} 能取代叶绿素分子中的 Mg^{2+} ,破坏叶绿素的结构,并通过阻碍叶绿素的合成使叶绿素含量减少,从而使叶绿素的生理功能受到抑制,影响光合作用的正常进行^[2]。但该试验中叶绿素含量随着 Pb^{2+} 浓度升高而持续升高,表明 Pb 胁迫增加了牛蒡幼苗叶绿素含量,这一方面可能是由于该试验所设计的 Pb^{2+} 浓度范围较少造成,但另一方面更有可能的原因是牛蒡具有特定生理响应机制,使其可以通过增加叶绿素含量来促进光合作用,进而增强其抗 Pb 胁迫能力。

参考文献

- [1] 江行玉,赵可夫.植物重金属伤害及其抗性机理[J].应用与环境生物学报,2001,7(1):92-99.
- [2] 张红萍.铅对植物的毒害及植物对铅的抗性机制[J].农业装备技术,2007,33(3):1-2.
- [3] 李德明,郑昕,张秀娟.重金属对植物生长发育的影响[J].安徽农业科学,2009,37(1):74-75.
- [4] 李斌,李志辉,吴际友,等.铅胁迫对 4 种行道树种幼苗叶片丙二醛含量的影响[J].湖南林业科技,2010,37(2):8-11.
- [5] 虎瑞,苏雪,晏民生,等.重金属 Pb 对 3 种藜科植物种子萌发的影响[J].植物研究,2009,29(3):362-367.
- [6] 徐传芬,孙隆儒.牛蒡的研究现状[J].天然产物研究与开发,2005,17(16):818-821.
- [7] 刘杨楠,许亮,窦德强.金属汞对牛蒡子发芽的影响[J].辽宁中医药大学学报,2010,12(11):226-227.
- [8] 张治安,陈展宇.植物生理学实验技术[M].长春:吉林大学出版社,2008.
- [9] 黄晓华,周青,程宏英.五种常绿树木对铅污染胁迫的反应[J].城市环境与城市生态,2000,13(6):48-50.
- [10] 符卓旺,彭娟,朱洁,等.铅对紫花苜蓿种子萌发与幼苗生长的影响[J].中国农学通报,2011,27(3):303-306.
- [11] 张雅莉,王林生.铅对中国春小麦种子萌发及幼苗生长的影响[J].实验研究,2012(4):59-62.
- [12] Branquinho C, Brown D H, Catarino F. The cellular location of Cu in lichens and its effects on membrane integrity and chlorophyll fluorescence[J]. Environ Exper Botany, 1997, 38:165-179.
- [13] Reddy A M, Kumar S G, Jythsanakumari G. Lead induced changes in antioxidant metabolism of horsegram (*Macrotylana uniflorum* (Lam.) Verdc) and bengalgram (*Cicer arietinum* L.) [J]. Chemosphere, 2005 (60): 97-104.
- [14] 张颖,高景惠.镉胁迫对红三叶种子萌发及幼苗生理特性的影响[J].西北农业学报,2007,16(3):57-59.

Effect of Pb on Seed Germination and Seedling Growth of *Arctium lappa*

DAI Min, SUN Kun, SU Xue, CHEN Wen, HOU Qin-zheng, JIN Jie

(College of Life Science, Northwest Normal University, Lanzhou, Gansu 730070)

Abstract: Taking *Arctium lappa* as material, the effect of different Pb solution concentrations on seed germination and seedling growth of *Arctium lappa* were studied. The results showed that the seed germination rate was the highest at the

珍稀濒危药用植物弄岗唇柱苣苔离体保存研究

张占江, 李 翠, 韦 莹, 黄宝优, 吕惠珍

(广西壮族自治区药用植物园, 广西药用资源保护与遗传改良重点实验室, 广西南宁 530023)

摘 要:以弄岗唇柱苣苔为试材, 采用正交实验设计研究培养基、生长抑制剂、渗透压、光强等对其离体保存的影响, 并在此基础上确定常温下最适弄岗唇柱苣苔离体的保存条件, 以期建立弄岗唇柱苣苔种质资源离体保存技术体系。结果表明: 温度为 25℃ 时, 弄岗唇柱苣苔离体保存的最佳方法为 1/2MS+蔗糖 60 g/L+琼脂 4.0 g/L+甘露醇 5 g/L+矮壮素(CCC) 1.0 mg/L; 最佳光照条件为 1 600 lx, 12 h/d。试验结果表明, 建立的弄岗唇柱苣苔常温离体保存体系, 经保存 300 d, 存活率在 50% 以上, 保存材料生长情况良好, 可以用于弄岗唇柱苣苔种质资源离体保存。

关键词:珍稀濒危; 弄岗唇柱苣苔; 种质资源; 离体保存

中图分类号:Q 949.778.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)04-0136-03

1975 年 Henshaw 等^[1]首次提出离体保存植物种质资源的策略, 开创了植物种质资源保存的新思路。药用植物种质资源, 不仅是保障人类良好的生活质量和衣食住行必不可少的财富, 更是关系到一个国家和民族竞争力的重要战略物质。由于人类对资源不科学的开发与利用, 导致自然环境不断恶化, 一些重要的药用植物资源日益减少甚至濒临灭绝, 直接影响着人类健康和医药

产业可持续发展。因此, 对离开原生境后品质下降甚至无法生存的珍稀濒危药用植物资源开展有效的离体保存研究将成为未来药用植物资源保存研究的必然趋势重要渠道。

弄岗唇柱苣苔(*Chirita longgangensis* W. T. Wang in Guihaia)为广西特有的苦苣苔科药用植物, 其根状茎可用于跌打损伤、风湿关节痛^[2-3], 由于其生长环境要求十分苛刻, 适生的温度范围、湿度范围和土壤酸碱度范围比较小, 种子细小, 繁殖困难, 引种难成活^[4-5], 2004 年已经被收入《中国植物红皮书》^[6]。该试验通过调节无机盐浓度、渗透压、光强及添加抑制剂等缓慢生长保存方法研究弄岗唇柱苣苔的长期常温离体保存方法, 以期能有效拯救弄岗唇柱苣苔种质资源, 进一步实现对其深入开发利用提供技术支持, 同时也为其它存在有性生

第一作者简介:张占江(1976-), 男, 博士, 助理研究员, 现主要从事药用植物生理生态等研究工作。E-mail:zzj1811@163.com.

责任作者:吕惠珍(1963-), 女, 主任技师, 现主要从事药用植物引种驯化及保存等研究工作。E-mail:luhzh2004@163.com.

基金项目:广西自然科学基金资助项目(2011GXNSFA018203); 广西卫生厅自筹课题资助项目(Z2011160)。

收稿日期:2013-11-13

150 mg/L Pb²⁺ solution concentration; Pb stimulated the seed germination at 50 mg/L and 150 mg/L concentrations, and restrained the seed germination at the higher concentrations (> 150 mg/L). All the seed germination potential, germination index, and vital index, as well as the seedling fresh weight showed out low-high-low tendency, and the crest value were at the 150 mg/L Pb²⁺ solution concentration except the seedling fresh weight. The root and bud lengths of seedlings showed out the same tendency as the seedling fresh weight, but the crest values were at the 50 mg/L and 150 mg/L Pb²⁺ solution concentration respectively. The malondialdehyde (MDA) content and chlorophyll content of seedling leaves increased with the Pb²⁺ solution concentrations. The activities of SOD and POD also showed out low-high-low tendency, but they remained high levels under conditions of high Pb²⁺ solution concentrations (> 600 mg/L). The results indicated that Pb stimulated the seed germination and seedling growth of *Arctium lappa* at the lower concentrations, and restrained the seed germination at the higher concentrations, but *Arctium lappa* seed still had higher germination rate and seedling could also be normal growth at the high concentrations. SOD activity and POD activity under high solution concentration of Pb stress still had a highly reactive. Through its antioxidant system against adversity, *Arctium lappa* had a certain resistance to Pb stress.

Key words: *Arctium lappa*; Pb; seed germination; seedling growth