

硒对湿地松种子萌发和生长的影响*

周世均 古巧云 刘珊

(广东省林木种苗管理总站, 广东广州 510173)

摘要 为了使湿地松 (*Pinus elliottii*) 种子能够快速整齐的萌发, 研究了微量元素硒在湿地松种子萌发和幼苗生长中的作用。试验以质量体积浓度为 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 mg/L 的硒溶液浸泡湿地松种子, 然后进行标准发芽试验, 测定硒对湿地松种子萌发和幼苗生长的影响, 同时测定了幼苗的超氧化物歧化酶 (SOD) 和过氧化氢酶 (CAT) 的活性, 以及脂质过氧化物丙二醛的含量, 研究相应的促进或抑制机制。结果表明, 当硒浸种的质量体积浓度 ≤ 20 mg/L 时, 发芽势、发芽率、根长、苗高均不同程度的提高, SOD 和 CAT 活性, 以及丙二醛含量均没有显著变化。当硒的质量体积浓度 ≥ 25 mg/L 时, 硒表现出离子毒害, 造成萌发和生长胁迫, 抑制湿地松种子的萌发和幼苗生长。综合各指标, 10 mg/L 硒溶液浸种可以更好的促进湿地松种子的萌发和幼苗生长。

关键词 硒; 萌发; 幼苗生长; 种子; 湿地松

中图分类号: S722.5 文献标识码: A 文章编号: 2096-2053 (2018) 02-0064-05

Effects of Selenium (Se) on Seed Germination and Seedling Growth of *Pinus elliottii*

ZHOU Shijun GU Qiaoyun LIU Shan

(General Administration Station of Forestry Seed and Seedling of Guangdong Province, Guangzhou, Guangdong 510173, China)

Abstract In order to study the effects of Selenium (Se) soaking on seed germination and seedling growth of *Pinus elliottii*, the seeds were soaked in Se concentration of 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 mg/L for 24 h, and the process of seed germination and seedling growth were measured and the key enzymes of SOD and CAT, and the malondialdehyde contents were also determined of the seedling. The results showed that the germination percentage, seedling length and root length were significantly higher in the treatment of 5~20 mg/L Se concentration than in the control. Furthermore, the activities of SOD and CAT, the malondialdehyde contents were also not significantly varied within the concentration of 5~20 mg/L Se concentration. The inhibitor effect were showed as the Se concentration ≥ 25 mg/L. Based on this study, 10 mg/L Se concentration soaking was the best method in enhancing seed germination and seedling growth of *P. elliottii*.

Key words Selenium; germination; seedling growth; seed; *Pinus elliottii*

湿地松 (*Pinus elliottii*) 是松科松属常绿乔木, 原产美国的东南部, 我国引种栽培的面积较大, 木材多用于建筑、造纸和人造板等, 已经成为我国重要的人工林培育树种^[1]。近年来, 我国

对湿地松种子的需求越来越多, 湿地松种子在我国造林过程中越来越重要, 一些针对性的技术包括提高湿地松种子直播造林萌发速率及在育苗过程中促进苗壮苗齐的技术受到关注^[1-2]。

* 第一作者: 周世均 (1976—), 男, 工程师, 主要从事林木良种管理及种苗质量检验工作, E-mail: 89475248@qq.com。

硒 (Selenium) 是一种比较稀有的准金属元素^[3]。研究表明硒参与植物的生物抗氧化、新陈代谢等^[4], 并改变酶活性。有研究证明硒能显著促进大豆 (*Glycine max*)^[5]、小麦 (*Triticum aestivum*)^[6]、芸豆 (*Phaseolus vulgaris*)^[7]、花生 (*Arachis hypogaea*)^[8] 等作物种子的萌发, 显著促进白菜 (*Brassica pekinensis*)^[9]、番茄 (*Lycopersicon esculentum*)^[10]、胡萝卜 (*Daucus carota*)^[11] 等蔬菜种子萌发和幼苗生长。具体表现为较低浓度的硒浸种能促进种子萌发和幼苗生长, 超过某一临界浓度时, 则抑制种子萌发和幼苗生长。这种影响作用因物种、浸种时间的不同而变化^[6,12]。目前的研究表明, 硒促进种子萌发与种子内相关酶的活性和物质代谢相关, 硒处理增加了花生脂肪酶活力, 且脂肪酶活力大小与种子发芽状况一致^[9], 硒影响种子萌发过程中超氧化物歧化酶、过氧化氢酶、过氧化物酶活性的表达, 影响脂质过氧化物丙二醛的变化^[4,13]。关于硒对林木种子萌发的影响报道较少, 仅见沙棘 (*Hippophae rhamnoides*) 种子萌发^[8]。林木种子植苗造林是目前造林的主要途径, 而种子萌发与幼苗生长是植物生活史中最重要的环节, 因此早期种子快速萌发和一致性生长可以为苗壮苗齐打下坚实的基础^[14]。

因此, 试验以自采的湿地松种子为材料, 研究了不同质量体积浓度硒浸种对湿地松种子萌发和幼苗生长的影响, 同时研究了几种关键的酶活性, 探究硒提高种子萌发和幼苗生长的作用机制, 为硒更好的在林木种子萌发中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

湿地松种子于 2015 年 4 月从广东省台山红岭种子园采集获得, 采集后选取均匀一致、饱满、无病虫的种子室温下保存备用。种子千粒重 32.02 g, 含水量 13.3%, 初始发芽率 65%。

亚硒酸钠 (Na_2SeO_3), 化学纯, 美国 sigma 公司生产。

1.2 试验方法

硒促进萌发的浓度范围在不同种子间存在着差异, 促进萌发的质量体积浓度一般在 5~15 mg/L, 超过 25~30 mg/L 则对种子萌发有不同程度的抑制作用^[9]。因此本试验选择 0 (对照), 5, 10, 15, 20, 25, 30 mg/L 共 7 个硒浓度 (Na_2SeO_3 形

式加入)。每处理 100 粒湿地松种子, 4 个重复。各处理种子分别用纱布包裹后, 投入到 500 mL 各处理浓度的硒溶液中浸种。根据林木种子检验规程^[15], 浸种时间统一选择 24 h, 浸种温度约 25 °C。浸种完成后, 解开纱布, 去离子水冲洗 2~3 次, 然后纸盘 (培养皿直径 11.5 cm) 摆盘光照培养箱培养。发芽条件根据中华人民共和国国家标准——林木种子检验规程 (GB2772—1999)^[15]: 恒温 25 °C 光照 8 h, 黑暗 16 h。初次计数 14 d, 统计发芽势, 末次计数 28 d, 统计发芽率。发芽结束后每盘选择 10 株幼苗测定苗高、根长。

发芽势 (%) = 规定时间内种子发芽数 / 供试种子数 × 100%。

发芽率 (%) = 萌发终止时期全部正常萌发的种子数 / 供试种子数 × 100%。

1.3 酶活性和丙二醛测定

超氧化物歧化酶 (SOD) 采用氮蓝四唑改良法测定^[15], 过氧化氢酶 (CAT) 采用紫外吸收法测定^[10], 丙二醛采用硫代巴比妥酸法测定^[16]。

1.4 数据测定与统计

发芽势、发芽率选择反正玄处理后, 进行显著性 F 检验, 多重比较选用 LSD 法, 显著临界水平选择 $\alpha=0.05$ 。根长、苗高、SOD、CAT、丙二醛含量均先进行正太分布检验, 然后进行显著性分析和多重比较。图制作通过 Microsoft Excel 2007 完成。

2 结果与分析

2.1 硒浸种对湿地松种子发芽势和发芽率的影响

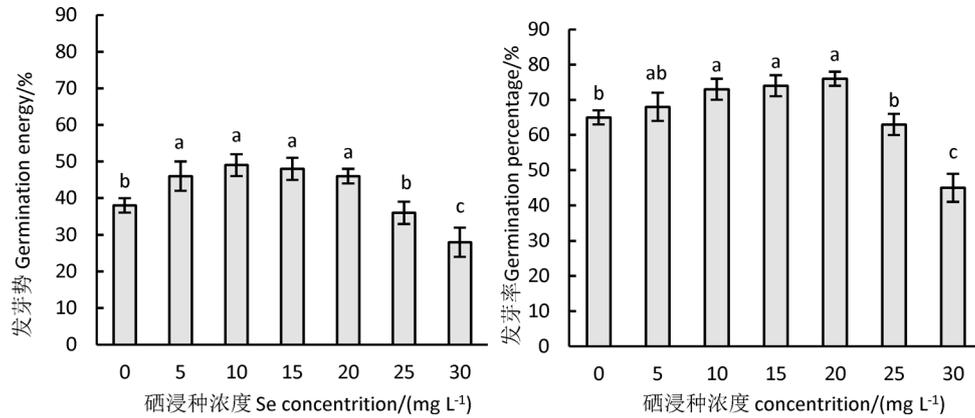
硒浓度在 5~20 mg/L 时, 种子发芽势显著高于对照, 且该浓度范围内发芽势无显著差异 (图 1)。当浓度增加至 30 mg/L 时, 种子发芽势显著性降低, 由对照的 38% 降至 28%, 降幅达 26.3%。说明当硒浓度达到 30 mg/L 时, 湿地松种子发芽势受抑制。

硒浓度在 10~20 mg/L 时, 种子发芽率显著高于对照, 且此范围内发芽率无显著差异 (图 1)。当浸种浓度为 30 mg/L 时, 种子发芽率显著性降低, 降幅达 30.8%。

综合发芽势和发芽率结果可知, 低浓度的硒浸种 (≤ 20 mg/L), 可以促进湿地松种子萌发, 而高浓度 (≥ 30 mg/L) 则起抑制作用。

2.2 硒浸种对湿地松种子根长和苗高的影响

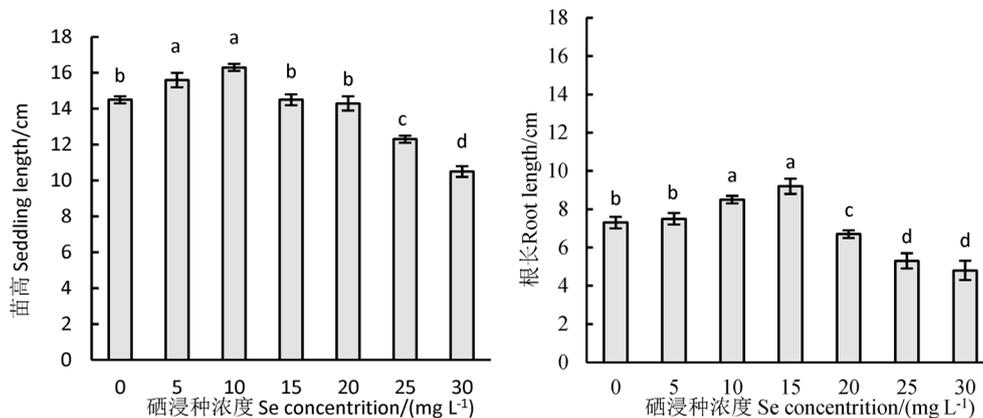
随硒浓度的增加, 湿地松苗高呈现先升高再



注：图中相同小写字母表示 $\alpha=0.05$ 水平差异不显著。 Note: The same lower case letters indicate no significant difference at $\alpha=0.05$ level.

图 1 不同硒浓度对湿地松种子发芽势和发芽率的影响

Fig.1 Effects of Se concentration on seed germination percentage and germinating energy of *Pinus elliottii*



注：图中相同小写字母表示 $\alpha=0.05$ 水平差异不显著。 Note: The same lower case letters indicate no significant difference at $\alpha=0.05$ level.

图 2 不同硒浸种浓度对湿地松种子幼苗生长的影响

Fig.2 Effects of Se concentration on seedling growth of *Pinus elliottii*

下降的趋势。统计分析显示在 5~10 mg/L 时，苗高显著性高于对照，且两个浓度间无显著性差异；在 25~30 mg/L 时，苗高显著性低于对照，且 30 mg/L 显著低于 25 mg/L，说明浓度超过 25 mg/L 时，浓度越高，硒对苗的生长抑制就越强（图 2）。

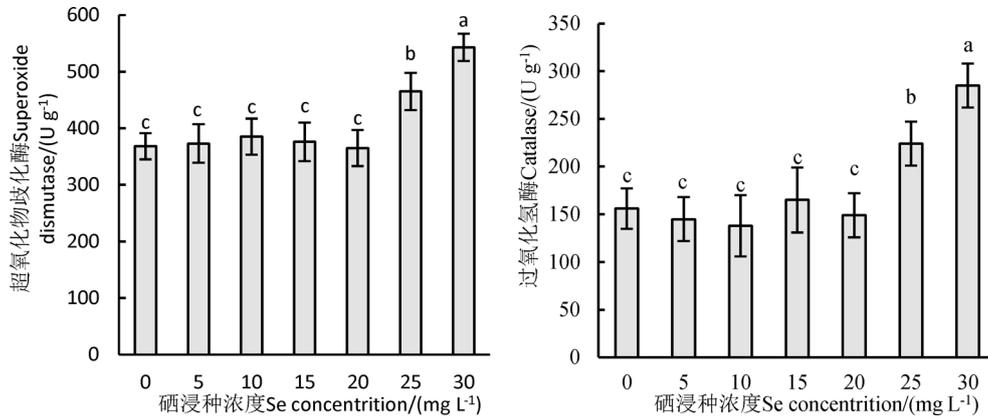
湿地松根长随硒浓度的变化趋势与苗高相似，也是随着浸种浓度升高根长先升高后降低。当硒浸种浓度在 10~15 mg/L 时，湿地松根长显著高于对照，当浓度高于 20 mg/L 时，根长显著低于对照，且随着硒浓度的升高，根长降低，抑制作用增强（图 2）。

综合硒浸种浓度对根长和苗高的影响，对苗高和根长的抑制浓度均出现在 25 mg/L。一定程度上说明了苗和根对硒的耐受性基本一致。

2.3 硒浸种对湿地松抗氧化酶的影响

种子萌发过程中，抗氧化酶系统起重要作用，酶活性的高低不仅反映种子代谢活性，也反映种子受胁迫的程度^[10]。硒浓度较低时，超氧化物歧化酶 SOD 活性没有显著变化；当硒浓度升高到 25 mg/L 时，SOD 活性显著高于对照；当硒浓度增加到 30 mg/L 时，SOD 酶活性继续显著升高，显著高于对照和 25 mg/L（图 3）。SOD 酶活性在植物代谢中主要起清除超氧阴离子（O₂⁻）的作用，SOD 酶活性的提高，说明有更多的 O₂⁻ 产生，说明植物受到的胁迫程度越来越强。

在抗氧化系统中，过氧化氢酶 CAT 主要起清除过氧化氢（H₂O₂）的作用，低浓度的 H₂O₂ 起信号转导的作用；浓度高时，表现为胁迫产物，



注：图中相同小写字母表示 $\alpha=0.05$ 水平差异不显著。Note: The same lower case letters indicate no significant difference at $\alpha=0.05$ level.

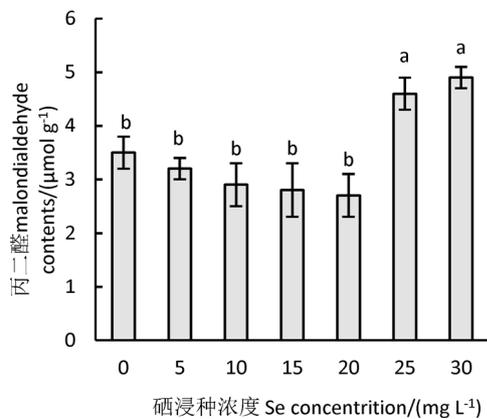
图 3 不同硒浸种浓度对湿地松种子酶活性的影响

Fig.3 Effects of Se concentration on enzymic activities of *Pinus elliottii*

会撞击蛋白等大分子，影响植物的正常代谢^[10]。随着浸种硒浓度的提高，CAT 酶活性表现出和 SOD 酶活性一致的规律，在 5~20 mg/L 硒浓度浸种时，与对照没有显著差异，当硒浓度升高到 25 和 30 mg/L 时，显著高于对照（图 3）。

2.4 硒浸种对湿地松丙二醛的影响

丙二醛是脂质过氧化物，是评价植物胁迫程度的主要指标。丙二醛含量越高，说明植物胁迫程度越高，反之胁迫程度越低^[10]。随着硒浸种浓度的增加，在浓度 ≤ 20 mg/L 时，丙二醛的含量均略有下降，但是没有达到统计上的显著水平。随着硒浸种浓度增加到 25 和 30 mg/L，丙二醛含量显著高于对照和低浓度，说明湿地松幼苗受到的胁迫程度增加（图 4）。



注：图中相同小写字母表示 $\alpha=0.05$ 水平差异不显著。Note: The same lower case letters indicate no significant difference at $\alpha=0.05$ level.

图 4 不同硒浸种浓度对湿地松种子丙二醛的影响

Fig.4 Effects of Se concentration on malondialdehyde contents of *Pinus elliottii*

3 结论与讨论

3.1 浓度在 5~20 mg/L 时，硒浸种显著提高了湿地松种子的发芽势，在 10~20 mg/L 时，显著提高了湿地松种子的发芽率。在 5~10 mg/L 时，显著增加了湿地松种子的苗高，在 10~15 mg/L 时，显著增加了湿地松种子的根长。综合各发芽指标，硒的浸种浓度在 10 mg/L 时，可以提高湿地松种子的发芽势、发芽率、根长和苗高。因此，生产中选择 10 mg/L 作为湿地松种子硒浸种的浓度。

3.2 在 5~20 mg/L 时 SOD 和 CAT 酶活性与对照无显著差异，脂质过氧化物丙二醛含量亦没有显著变化。因此，当浓度 ≤ 20 mg/L 时，硒浓度对植物没有形成胁迫，当硒浓度大于等于 25 mg/L 时，SOD 和 CAT 酶活性显著提高，丙二醛含量显著增加，高浓度的硒浸种对湿地松种子产生了胁迫。

3.3 较低浓度的硒浸种可以促进种子萌发，提高发芽势、发芽率，促进幼苗生长，这与硒在一些作物种子、蔬菜种子的作用结果一致（见前言）。而每个物种最适宜萌发的硒浓度不同，这与物种间的遗传性质有关^[6-7]，也与物种的萌发过程中相关酶的活性表达有关^[4,8]。环境因子影响植物种子的活力，种子在贮藏过程中也会有相应的生理变化，因此，针对每个物种最适宜浓度的筛选时，尚需结合不同种源和不同活力水平的种批进行试验。结合木本植物种子浸种过程，用低浓度硒溶液浸种，可以促进种子萌发和幼苗生长，对湿地松的育苗和直播造林均有重要意义。育苗时，可以促进苗壮苗齐。不同物种的浓度选择存在着差

异,因此在选择硒的浸种浓度时,需要经过梯度筛选后获得,浓度太低,浸种效果不显著,浓度过高,则会抑制萌发和幼苗生长。

3.4 抗氧化系统酶活性的改变可以验证植物是否受到胁迫,以及受胁迫的相对程度。低浓度硒浸种时,抗氧化酶 SOD 和 CAT 均没有显著变化,说明低浓度的硒浸种不会对湿地松种子的萌发和幼苗生长造成胁迫。硒提高萌发和幼苗生长或许积极参与了相应的生物学过程,如一些研究指出的硒可以促进根系活力,提高叶绿素含量等^[4,8]。随着硒浸种浓度的增加,种子萌发和幼苗生长受到抑制,生理方面表现为抗氧化酶活性的增加和脂质过氧化物丙二醛含量的增加,说明过量的硒对植物造成离子胁迫,影响了种子萌发和幼苗生长时的代谢过程。硒影响种子萌发以及幼苗生长中酶活性变化,或许与种子对硒的吸收和运输能力有关,以后的研究应该结合根和芽内硒的浓度与酶活性的相关性,进一步探索硒影响种子萌发的作用机制和机理。

参考文献

- [1] 胡继文, 代莹, 李振, 等. 加勒比松、湿地松苗期生长及叶绿素荧光特性[J]. 林业与环境科学, 2017, 33(4): 1-8.
- [2] 李义良, 赵奋成, 林昌明, 等. 湿地松、加勒比松人工林优树选择研究[J]. 广东林业科技, 2015, 31(6): 29-34.
- [3] 邵志慧, 林匡飞, 徐小清, 等. 硒对小麦和水稻种子萌发的生态毒理效应的比较研究[J]. 生态学杂志, 2005, 24(12): 1440-1443.
- [4] 韩广泉, 李俊, 宋曼曼, 等. 硒对盐胁迫下加工番茄种子萌发及抗氧化酶系统的影响[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2010, 28(4): 422-426.
- [5] 何士敏, 秦家顺, 吴刚. 硒浸种对大豆种子萌发的生理生化效应[J]. 大豆科学, 2011, 30(1): 158-160.
- [6] 缪淑寅, 梁东丽, 赵文龙, 等. 稀酸盐和亚硒酸盐对7种不同基因型小麦种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 农业环境科学学报, 2013, 32(10): 1934-1940.
- [7] 周大寨, 朱玉昌, 张弛, 等. 硒浸种对芸豆种子萌发的影响[J]. 湖北民族学院学报(自然科学版), 2007, 25(1): 91-93.
- [8] 张弛, 刘信平, 周大寨, 等. 硒对花生种子萌发和脂肪酶活力的影响[J]. 湖北农业科学, 2003, 42(3): 36-37.
- [9] 彭诚, 丁莉, 王军. 硒对白菜种子发芽率及幼苗生长的影响[J]. 湖北民族学院学报(自然科学版), 2006, 24(1): 91-93.
- [10] 王玉凤, 徐暄, 孙其文. 硒浸种对番茄种子萌发的影响[J]. 湖北农业科学, 2009, 48(10): 2461-2463.
- [11] 罗金梅, 杜洪波. 硒对胡萝卜发芽率以及苗期生长的影响[J]. 作物研究, 2017, 31(7): 747-748.
- [12] 毛晖, 王朝晖. 硒的价态与浓度水平对6种植物种子发芽和根际生长的影响[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(10): 1958-1965.
- [13] 何士敏, 杨振东. 硒浸种对沙棘种子活力及萌发期几种酶活性的影响[J]. 种子, 2014, 33(2): 39-43.
- [14] 陈鄂, 付朝晖. 不同预处理对湿地松种子活力的影响[J]. 湖南林业科技, 2009, 36(3): 22-24.
- [15] 国家林业局. 林木种子检验规程: GB2772-1999[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [16] LIU Y, HOU L Y, LI Q M, et al. The effects of exogenous antioxidant germanium (Ge) on germination and growth of *Lycium ruthenicum* Murr seedlings subjected to NaCl stress [J]. Environmental Technology, 2016, 37(8): 909-919.