

文章编号: 1000-5692(2005)02-0170-06

木麻黄根系浸提液对幼苗营养吸收和生长的影响

林武星^{1,2}, 洪伟¹, 叶功富²

(1. 福建农林大学 林学院, 福建 福州 350003; 2. 福建省林业科学研究院, 福建 福州 350012)

摘要: 采用水培方法研究不同质量分数的 15 年生实生木麻黄 *Casuarina equisetifolia* 根浸液对木麻黄幼苗营养吸收、生长和根系活力的影响。结果表明, 木麻黄根浸液对其幼苗吸收钙、镁、锌元素有明显抑制作用。低质量分数根浸液促进木麻黄苗木根对钾、铁的吸收和茎对钾、铁、钙、镁的积累, 而高质量分数根浸液抑制苗木对钙、铁、铜、锰的吸收。木麻黄根浸液显著抑制木麻黄幼苗生长和根系活力, 说明木麻黄根浸液对木麻黄幼苗产生他感作用, 通过降低木麻黄苗木根系活力, 减少幼苗对营养元素的吸收, 进而影响木麻黄幼苗的生长。图 7 表 1 参 25

关键词: 植物生理学; 木麻黄; 营养吸收; 他感作用; 幼苗生长; 根系活力

中图分类号: S718.43 **文献标识码:** A

森林植物他感作用 (allelopathy) 很早就被国内外林学界所关注^[1~4]。目前有关森林植物他感作用的研究已从单纯的他感生态现象观察向他感作用机制研究方向发展^[5~7], 而他感物质对植物营养元素吸收的影响作为重要的机制得以比较深入的研究。已有的研究表明, 许多他感物质如苹果酸、肉桂酸、丁香酸、咖啡酸、原儿茶酸、酚酸及香草醛等均会对一些植物吸收营养元素造成影响, 其中, 苹果酸和肉桂酸可以抑制大麦 *Hordeum vulgare* 根对 PO_4^{3-} 和 K^+ 的吸收, 丁香酸、咖啡酸和原儿茶酸可以降低豇豆 *Vigna unguiculata* 对氮、磷、钾、铁和钼等主要元素的吸收能力^[8,9], 板栗 *Castanea mollissima* 叶片的水溶性浸提液中大分子物质显著抑制大麦根系的生长, 茎中的 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 浓度下降。200 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的酚酸可抑制黄瓜 *Cucumis sativus* 时土壤离子的吸收, 特别使 NO_3^- 的吸收受阻, 并可加速 K^+ 从根系中流失^[10]。肉桂酸能抑制黄瓜幼苗对 NO_3^- , SO_4^{2-} , K^+ , Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 等离子的吸收^[11]。大豆 *Glycine max* 连作产生的自身他感物质使植株组织的磷、钾等矿质元素单位含量下降, 吸收总量下降, 地上部分分配的养分比例下降。高浓度的香草醛显著抑制杉木 *Cunninghamia lanceolata* 幼苗对 NO_3^- , NH_4^+ , SO_4^{2-} 及 HPO_4^{2-} 离子的吸收和根系活力, 从而影响杉木幼苗的生长^[9]。木麻黄 *Casuarina equisetifolia* 连栽生产力下降是学术界和林业生产部门共同关注的生态问题^[12~17]。许多学者研究认为, 木麻黄品种退化、病虫害和土壤水肥缺乏是导致木麻黄连栽生长量降低的主要因素^[18~23]。对于木麻黄小枝能分泌他感物质抑制自身生长也已见报道^[24], 而木麻黄是否存在根系分泌他感物质残留在土壤中抑制自身对养分的吸收, 从而使木麻黄缺乏快速生长所必需的物质而导致连栽生产力下

收稿日期: 2004-08-31; 修回日期: 2004-11-03

基金项目: 福建省科学技术厅资助项目(2003Y028)

作者简介: 林武星, 高级工程师, 博士研究生, 从事森林生态学研究。E-mail: lwx188@tom.com。通讯作者: 洪伟, 教授, 博士生导师, 从事森林生态学、景观生态学和化学生态学研究。E-mail: fjhongwei@126.com

降的研究目前尚处于空白。由于实际工作中根系纯分泌物的获取难度较大, 而根系浸提液中包含有根系分泌物, 所以, 本文以 15 年生木麻黄根系浸提液作为他感作用物, 通过木麻黄苗木水培实验, 研究不同质量分数木麻黄根浸液对木麻黄幼苗生长、根系活力和养分吸收的影响, 为揭示木麻黄自身他感作用的作用机制提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供体: 从福建省惠安县赤湖林场赤湖工区木麻黄实生苗造林的 15 年生的林分中采集到平均木的根系, 带回室内放在阴凉处自然干燥至恒质量, 待用。

受体: 由福清三山苗圃提供的木麻黄实生苗。

1.2 方法

1.2.1 水浸液制备 将木麻黄根系剪碎, 然后用相当于根系质量 5 倍的蒸馏水浸泡, 浸泡时间 48h, 浸提液质量分数为 0.2。然后用新华滤纸过滤, 滤液装在塑料桶中并放入冰箱中低温保存。

1.2.2 苗木培养和处理 将大小尽可能一致的 5 个月生的木麻黄实生苗转入 Hewitt 营养液中恢复培养 1 个月, 然后在营养液中加入浸提液, 各培养液中浸提液质量分数设为 0.200, 0.100, 0.050, 0.025, 以不加浸提液为对照 (ck), 试验随机设计, 3 次重复。试验用的容器为外壁漆黑的小塑料桶, 每桶 3 株, 每桶装培养液 2 L。每 15 d 更换 1 次培养液, 每次更换培养液每桶含有等量的 Hewitt 营养成分。每天通气 1 h。浸提液处理 2 个月后测定苗木地径、苗高、根系活力和营养元素。

1.2.3 测定方法 分根、茎、小枝 (退化叶) 采样, 样品经 70 °C 烘干后粉碎, 供营养元素质量分数测定。根系活力采用 α -萘胺氧化法, 营养元素测定前样品先采用硝酸-高氯酸消煮, 然后用 HITACHI Z-6100 原子吸收分光光度计测定。

2 结果

2.1 根浸液对木麻黄幼苗营养吸收的影响

2.1.1 木麻黄根浸液对木麻黄幼苗吸收钾、钙、镁等大量营养元素的影响 钾对参与植物体内各种重要反应的酶起着活化剂的作用^[25]。在低质量分数的木麻黄根浸液作用下, 木麻黄幼苗根、茎中钾质量分数增加 (图 1)。当根浸液质量分数为 0.025 $\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 时, 幼苗根系的钾质量分数最大, 比对照增加了 11.4%。当根浸液质量分数大于 0.025 时, 木麻黄幼苗根系钾质量分数随根浸液质量分数的增加而降低; 茎中钾质量分数的最高值出现在根浸液为 0.05 时, 与对照相比增加了 7.5%, 当根浸液质量分数大于 0.05 时, 幼

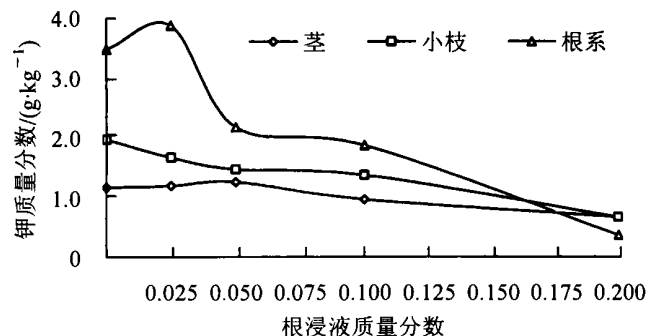


图 1 根浸液对木麻黄钾吸收的影响

Figure 1 Effect of water extract of *Casuarina equisetifolia* root on absorption of K by seedlings

苗茎中钾的质量分数随根浸液质量分数增加而下降, 说明低质量分数的木麻黄根浸液促进其幼苗根系、茎对钾元素吸收和积累, 而高质量分数木麻黄根浸液对幼苗根系、茎吸收和积累钾元素起抑制作用。幼苗小枝的含钾量随根浸液质量分数的增加而不断减小。与对照相比, 钾质量分数减少了 15.8% ~ 167.6%, 表明木麻黄根浸液阻碍幼苗小枝对钾的吸收和积累。

木麻黄根浸液质量分数越大, 幼苗钙、镁质量分数越小 (图 2~3)。在 4 种不同质量分数木麻黄根浸液作用下, 幼苗根、茎和小枝中钙质量分数与对照相比下降了 31.6% ~ 122.6%, 35.5% ~ 226.7% 和 34.0% ~ 176.8%。木麻黄幼苗根系、茎和小枝中镁质量分数与对照相比降低了 90.4% ~

180.2%，6.7%~31.4%和23.7%~176.7%。说明木麻黄根浸液抑制了幼苗对钙、镁的吸收，而且根浸液质量分数越大，抑制作用越强。

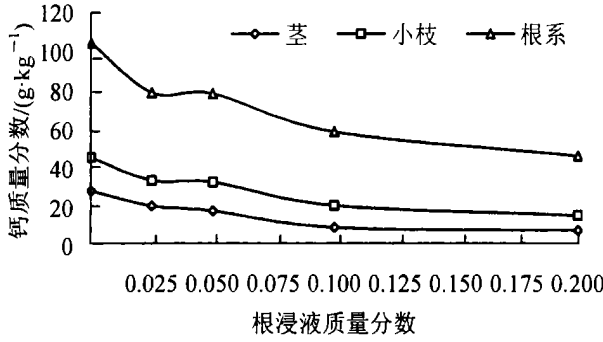


图2 根浸液对木麻黄钙吸收的影响

Figure 2 Effect of water extract of *Casuarina equisetifolia* root on absorbcenyof Ca by seedlings

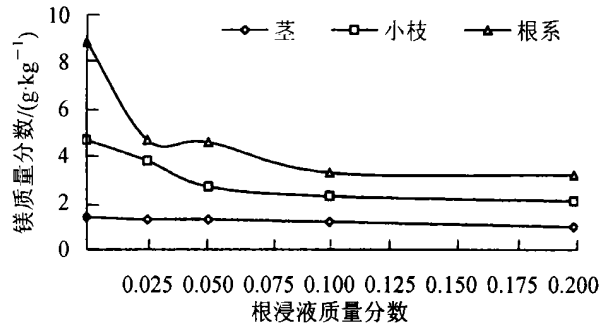


图3 根浸液对木麻黄镁吸收的影响

Figure 3 Effect of water extract of *Casuarina equisetifolia* root on absorbcenyof Mg by seedlings

2.1.2 木麻黄根浸液对其幼苗铁、铜、锌、锰等微量元素吸收的影响 植物内微量元素含量很少，但是它们在许多生理过程的活化剂和许多酶的重要组成部分，在植物体的生命活动过程中起着十分重要的作用，其含量的变化可引起植物代谢活动的变化。

木麻黄根浸液引起木麻黄幼苗小枝铁质量分数减少(图4)，与对照相比，质量分数为0.025~0.200的木麻黄根浸液作用下的苗木小枝中铁质量分数下降了4.0%~108.3%，说明根浸液对小枝铁吸收的抑制作用随其质量分数的升高而得到加强。低质量分数根浸液对幼苗根、茎吸收铁有一定的促进作用，根浸液质量分数≤0.025时，幼苗根、茎中铁质量分数呈增加趋势；当根浸液质量分数>0.025时，幼苗根、茎中铁质量分数随根浸液质量分数增大而显著降低，表明高质量分数根浸液抑制幼苗根、茎对铁的吸收，而且质量分数越高，抑制作用越强。

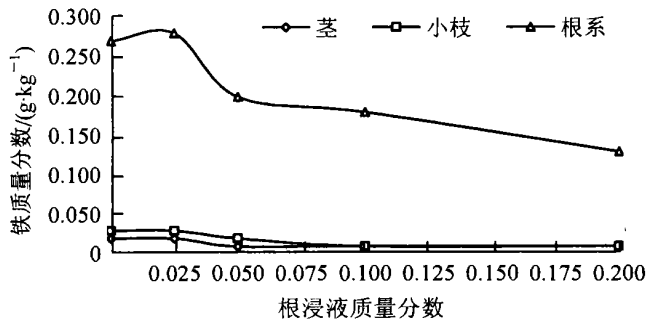


图4 根浸液对木麻黄铁吸收的影响

Figure 4 Effect of water extract of *Casuarina equisetifolia* root on absorbcenyof Fe by seedlings

低质量分数根浸液作用下，幼苗茎、小枝中铜质量分数增加(图5)。当根浸液质量分数≤0.05时，幼苗茎和小枝中铜质量分数与对照相比增加了33.8%~48.0%和38.4%~49.1%，表明低质量分数根浸液可促进幼苗茎、小枝对铜的吸收和积累。根浸液质量分数>0.05时，幼苗茎、小枝中铜质量分数下降，而且下降程度随根浸液质量分数增大而加强，说明高质量分数根浸液抑制幼苗茎、小枝对铜的吸收和积累。木麻黄根浸液作用下幼苗根系铜的质量分数减少，而且根浸液质量分数越高，下降越大。表明木麻黄根浸液抑制幼苗根对铜吸收。

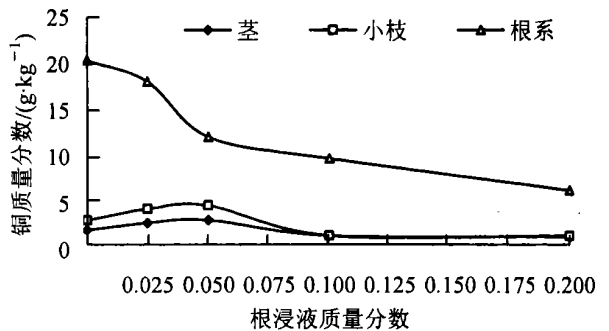


图5 根浸液对木麻黄铜吸收的影响

Figure 5 Effect of water extract of *Casuarina equisetifolia* root on absorbcenyof Cu by seedlings

根浸液对幼苗根系、小枝吸收和积累锰有明显抑制作用，并且这种抑制作用随根浸液质量分数增

大而增强 (图 6)。与对照相比, 幼苗根系和小枝中锰质量分数减少了 32.4%~212.1%和 22.3%~151.9%。而低质量分数根浸液对幼苗茎吸收锰有促进作用, 当根浸液质量分数为 0.025 和 0.050 时, 幼苗茎中锰质量分数比对照增加了 22.5%和 44.4%。而根浸液质量分数 > 0.05 时, 茎中锰质量分数减少, 说明高质量分数的木麻黄根浸液对幼苗茎吸收锰起抑制作用, 而且根浸液质量分数越大, 抑制作用越强。

根浸液处理下, 锌幼苗根、茎、小枝中锌质量分数都随根浸液质量分数增大而降低 (图 7)。根浸液处理下, 幼苗根、茎和小枝中锌质量分数与对照相比下降了 15.9%~276.3%, 31.6%~99.6%和 5.7%~110.2%。说明木麻黄根浸液抑制幼苗对锌的吸收。

2.2 木麻黄根浸液对其幼苗生长和根系活力的影响

不同质量分数的木麻黄根浸液都抑制了木麻黄幼苗生长, 而且随根浸液质量分数增大, 抑制作用增强 (表 1)。当根浸液质量分数为 0.025 时, 其对木麻黄幼苗生长的抑制作用就达到极显著水平, 幼苗高度和地径分别为对照的 87.35%和 85.92%。木麻黄幼苗在不同质量分数的根浸液处理下其苗高、地径生长差异均极显著。说明木麻黄根浸液对其幼苗产生他感作用, 能够降低苗木的生长量。表 1 还看出, 木麻黄根浸液抑制幼苗根系活力, 并且根浸液质量分数越高, 抑制作用越大。当根浸液质量分数为 0.025 时, 幼苗根系活力就受到极显著抑制。与对照相比较, 在 4 种不同质量分数的木麻黄根浸液处理下, 木麻黄幼苗根系活力下降了 20.37%~56.93%。根系活力是指根的吸收能力。根系活力的大小与吸收作用的强弱有直接的关系, 根系活力大则吸收能力强, 根系活力小则吸收能力弱。木麻黄根浸液降低了木麻黄幼苗的根系活力, 也就减弱了木麻黄苗木根系的吸收作用, 从而导致木麻黄苗木对养分吸收量的减少, 致使木麻黄苗木生长量下降。

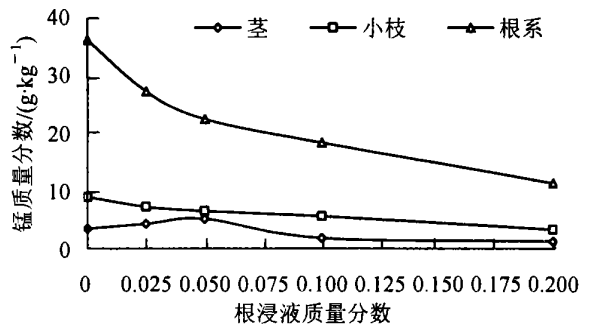


图 6 根浸液对木麻黄锰吸收的影响

Figure 6 Effect of water extract of *Casuarina aquisetifolia* root on absorbency of Mn by seedlings

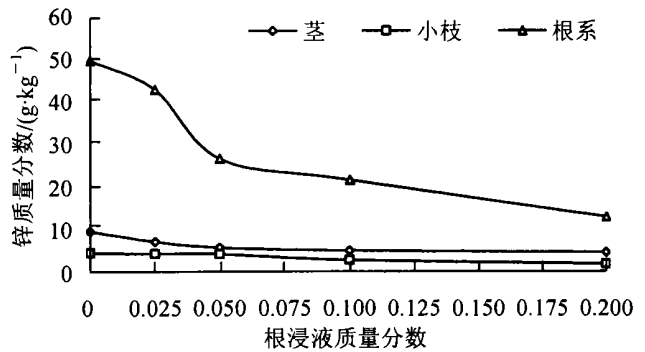


图 7 根浸液对木麻黄锌吸收的影响

Figure 7 Effect of water extract of *Casuarina aquisetifolia* root on absorbency of Zn by seedlings

表 1 木麻黄根浸提液对木麻黄幼苗生长和根系活力的影响

Table 1 Effect of water extract of *Casuarina aquisetifolia* root on the growth and root vitality of seedlings

处理	苗木高度/cm	苗木地径/mm	根系活力/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)
ck	89.3 ± 0.43Aa	8.17 ± 0.33Aa	72.35 ± 2.03Aa
0.025	78.0 ± 0.51Bb	7.02 ± 0.51Bb	57.61 ± 1.57Bb
0.050	65.7 ± 0.62Cc	6.19 ± 0.37Bc	49.84 ± 1.39Cc
0.100	50.5 ± 0.50Dd	5.36 ± 0.41Bd	38.57 ± 1.08Dd
0.200	43.3 ± 0.31Ee	4.05 ± 0.25Ce	31.16 ± 1.13Ee
F 值	37.06 **	47.94 **	85.52 **

说明: $F_{0.05} = 3.48$, $F_{0.01} = 5.99$. **表示 $P < 0.01$ 。同一栏内字母不同为差异显著, 大小写字母分别表示 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$ 的显著水平

3 结论和讨论

木麻黄是我国东南沿海地区沙质海岸主要的防风固沙树种。近年来,木麻黄连栽出现生产力下降问题已引起广泛重视^[13, 15, 16]。木麻黄更新障碍的原因是多方面的。本项研究表明,木麻黄更新困难的一个重要因素是木麻黄根系能分泌一些抑制自身生长的物质,其作用机制是木麻黄根系所产生的物质通过他感作用对自身产生毒害,致使根系活力下降,减少了对营养的吸收,从而使木麻黄缺乏快速生长所需的营养物质,而导致生长受到抑制。本研究中出现低质量分数根浸液促进幼苗对某些营养元素吸收现象,其产生的原因尚需继续探讨。

木麻黄这种自身他感作用是长期的缓慢的过程。当木麻黄年龄较小时,其根系分泌的他感物质少,浓度低,他感作用并不明显,因此常为人们所忽视。随着年龄的增长,木麻黄根系分泌物质达到抑制自我生长的时候,木麻黄就通过他感作用产生自毒。土壤条件对木麻黄自身他感作用的影响很大,粗粒沙土较为疏松,通透性好,木麻黄根系分泌的他感物质不容易积累于土壤,因此,选择粗沙土营造木麻黄有利于缓解木麻黄自毒作用。一代木麻黄林采伐后,将林地树根挖除干净可减少二代木麻黄遭受毒害。通过林地施肥,特别施加磷、钾、钼、硼等肥料,可增加土壤的有效养分,促进木麻黄生长。

参考文献:

- [1] 王子定. 森林植物之毒他作用[J]. 中华林学季刊, 1982, 15(4): 138-147.
- [2] 徐振邦. 主要伴生树种树叶对红松生长的影响[J]. 林业科学, 1992, 28(4): 357-360.
- [3] 翟明普, 贾黎明. 森林植物间的化感作用[J]. 北京林业大学学报, 1993, 15(3): 138-147.
- [4] Rice E L. *Allelopathy* [M]. Orlando: Academic Press, 1984. 422.
- [5] 林思祖, 曹光球, 黄世国, 等. 杉木经几种源植物水浸液处理后叶绿素、质膜透性及气孔的变化研究[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(3): 29-31.
- [6] 陈龙池, 廖利平, 汪思龙. 香草醛对杉木幼苗养分吸收的影响[J]. 植物生态学报, 2003, 27(1): 41-46.
- [7] 贾黎明, 翟明普, 冯长红. 化感作用对油松幼苗生长及光合作用的影响[J]. 北京林业大学学报, 2003, 25(4): 6-10.
- [8] Alsaadavi I S, Al-Hedithy S M, Arif M B. Effects of three phenolic acids on chlorophyll content and ion uptake in cowpea seedling [J]. *J Chem Ecol*, 1986, 12: 221-227.
- [9] Einhellig F A. Mechanism and mode of action of allelochemicals [A]. Putnam A R, Tang C S. *The Science of Allelopathy* [C]. New York: John Wiley and Sons, Inc. 1986.
- [10] Brummer E C, Nickell A D, Wilcox J R, et al. Mapping the Fan locus controlling linolenic acid content in soybean oil [J]. *J Hered*, 1995, 86: 245-247.
- [11] Yu J Q, Matsui Y. Effects of root exudates of cucumber (*Cucumis sativus*) and allelochemicals on ion uptake by cucumber seedling [J]. *J Chem Ecol*, 2003, 29: 817-827.
- [12] 郑达贤. 福建滨海风沙区木麻黄林带迹地土壤性质和林带更新问题[J]. 福建师范大学学报, 1998, 4(1): 103-110.
- [13] 郑达贤. 福建滨海木麻黄林下土壤性质的变化及其对林带更新的影响[J]. 地理学报, 1994, 49(4): 345-352.
- [14] 叶功富, 林武星. 试论南方木麻黄海岸防护林的更新改造[J]. 浙江林业科技, 1993, 13(1): 60-63.
- [15] 叶功富, 林武星. 木麻黄人工林地持续利用问题探讨[J]. 林业科技开发, 1994, (4): 18-19.
- [16] 叶功富, 黄宝龙. 木麻黄栽培生理生态学研究进展[J]. 防护林科技, 1997, (1): 31-35.
- [17] 张水松, 叶功富, 林武星, 等. 海岸带木麻黄防护林更新方式、树种选择和造林配套技术研究[J]. 防护林科技, 2000 (专刊): 51-63.
- [18] 陈小勇. 我国木麻黄林的衰退现象及其成因[J]. 福建环境, 1997, 14(5): 37-39.
- [19] 郭坚城. 风积滨海沙土木麻黄采伐迹地肥力问题的研究[J]. 热带林业科技, 1986(3): 41-46.
- [20] 沙济琴. 木麻黄林下pH值的下降及其有效态铜、锌、硼、铝质量分数的影响[J]. 福建师范大学学报, 1991, 7(4): 113-120.
- [21] 罗云裳. 滨海沙土微量元素与木麻黄生长的关系[J]. 华南农业大学学报, 1989, 10(1): 71-76.
- [22] Kaupenjohann M. Mineral nutrition on root development in stands of *Casuarina equisetifolia* of differing vigour on coastal stands of the people's Republic of Benin [J]. *West Afr Potash Rev*, 1990, (5): 5-10.
- [23] Puri G S. A contribution to the ecology of *Casuarina equisetifolia* [J]. *Indian For*, 1988, 88: 74-90.
- [24] 邓兰桂, 孔垂华, 骆世明. 木麻黄小枝提取物的分离鉴定及其对幼苗的化感作用[J]. 应用生态学报, 1996, 7(2): 145-149.
- [25] 潘瑞炽, 董思得. 植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1995. 14-15.

Effect of water extract of *Casuarina equisetifolia* root on nutrient absorption and growth of the seedlings

LIN Wu-xing^{1,2}, HONG Wei¹, YE Gong-fu²

(1. Forestry College, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, Fujian, China; 2. Fujian Academy of Forestry, Fuzhou 350012, Fujian, China)

Abstract: The study of effect of water extract of *Casuarina equisetifolia* root on nutrient absorption, growth and root vitality of *C. equisetifolia* seedlings was carried out with the method of water culture. The results showed that water extract of *C. equisetifolia* root obviously inhibited *C. equisetifolia* seedlings to absorb nutritious elements of Ca, Mg and Zn. Low mass fraction of water extract of *C. equisetifolia* root made the root of *C. equisetifolia* seedlings absorb more nutritious elements of K and Fe, and the stem accumulate more nutritious elements of K, Fe, Cu and Mn. But high mass fraction of water extract of *C. equisetifolia* root inhibited *C. equisetifolia* seedlings to absorb K, Fe, Cu and Mn. Water extract of *C. equisetifolia* root inhibited the growth and root vitality of *C. equisetifolia* seedlings. It could be concluded that water extract of *C. equisetifolia* root could have allelopathic effects on *C. equisetifolia* seedlings by decreasing activity of root system, resulting in inhibition of absorbency of nutritious elements and affection of the growth of *C. equisetifolia* seedlings. [Ch, 7 fig. 1 tab. 25 ref.]

Key words: phytophysiology; *Casuarina equisetifolia*; nutrient absorption; allelopathy; growth of seedlings; root vitality

向你推荐一本实用工具书——《英汉园艺学词汇》

上海科学技术出版社出版的《英汉园艺学词汇》汇集了与园艺学、农学、林学及植物学有关的生理、生化、生态、遗传、育种、繁殖等名词,也包括植物的英文名称、学名、科属名等,以及一些因学科发展而产生的新名词新术语,是一部综合性的英汉名词对译实用工具书。

这部工具书是台湾大学园艺学教授康有德先生“40年含辛茹苦,博览群书,汇多国园艺词典之大成”,经过3次修订、改正及试用而成。全书收词3.8万余条,按英文字母A, B, C, …顺序双栏编排。除词条外,这部工具书还像一些园艺学教科书一样,附有不少插图。中国科学院植物研究所余树勋教授为这部工具书作了序。余先生感慨地说:“每次查到一个难查的字(词),好像在摸黑走路时出现一盏明灯一样喜悦。”“工具书太重要了。”

16开本,380页,精装,定价78.00元。需要的读者可去当地新华书店购买,或与上海科学技术出版社农业编辑部金凤云联系。电话:021-64736937。