

尾巨桉纯林土壤化感效应的生物评价

郝建^{1,2}, 王凌晖², 秦武明^{2*}

(1. 中国林业科学研究院 热带林业实验中心, 广西 凭祥 532600; 2. 广西大学 林学院, 广西 南宁 530005)

摘要:用不同浓度的尾巨桉(*Eucalyptus urophylla* × *E. grandis*)纯林土壤水浸提液处理菜心(*Brassica parachinensis*)、白菜(*B. pekinensis*)、水稻(*Oryza sativa*)、萝卜(*Raphanus sativus*)的种子和幼苗,综合评价尾巨桉纯林土壤的化感作用。结果表明,尾巨桉纯林土壤对所选作物有化感作用,浸提液浓度不同,其化感效应不同,受体植物不同,化感效应差别也较大,浓度越低化感作用越小,而随着溶液浓度的增大化感抑制作用逐渐增强。

关键词:尾巨桉;土壤;化感作用;水浸提液

中图分类号:S792.39 文献标志码:A 文章编号:1001-7461(2011)04-0175-05

Bioassay of Allelopathic Effects of Pure Forest Soil of *Eucalyptus urophylla* × *E. grandis*

HAO Jian^{1,2}, WANG Ling-hui², QIN Wu-ming^{2*}

(1. Experimental Center of Tropical Forestry, CAF, Pingxiang, Guangxi 532600, China;
2. College of Forestry, Guangxi University, Nanning, Guangxi 530004, China)

Abstract: Solutions of water extract of the soil of pure *Eucalyptus urophylla* × *E. grandis* forest were applied on the seeds and seedlings of *Brassica parachinensis*, *B. pekinensis*, *Oryza sativa*, and *Raphanus sativus* to comprehensively evaluate the allelopathic effects of the soil. Allelopathic effects of the soil to the selected crops were found, and exhibited concentration dependency. Differences in the degrees of allelopathy among different crops were also found.

Key words: *Eucalyptus urophylla* × *E. grandis*; soil; allelopathy; aqueous extract

化感作用是指一种植物(包括微生物)产生并释放于环境的生化物质,对另一种植物产生直接或间接的相生或相克的作用^[1,2]。关于林木化感作用国外的研究起步较早,国内学者也做了大量研究,不少研究表明植物化感作用是影响林分生产力及生物多样性的因素之一,而化感作用方式及作用程度也随着供、受体植物种类的不同而异,因此不同受体植物被利用对许多林木的化感作用进行生物评价。如火炬树根、叶浸提液对紫穗槐、侧柏、火炬树种子萌发效应^[3],木麻黄水浸液对其幼苗生长的影响^[4],核桃鲜叶挥发油对小麦、绿豆、黄瓜、萝卜种子化感作用研究等^[5-9]。

随着桉树人工林的不断发展,学术界和社会上

引发了许多争论,争议的焦点是桉树人工林生态问题^[10,11],主要包括桉树是否过度消耗养分和水分、桉树化感作用是否会减少生物多样性。对桉树化感作用方面已开展了一些研究^[12-19]。但作为南方速生桉品种之一的尾巨桉(*Eucalyptus urophylla* × *E. grandis*)化感作用研究未见报道。因此本研究以选取生物测定常用的受体植物同时又是广西主要常见的几种作物作为受体材料:菜心(*Brassica parachinensis*)、白菜(*B. pekinensis*)、水稻(*Oryza sativa*)、萝卜(*Raphanus sativus*),分析尾巨桉纯林土壤水浸提液对受体植物种子的萌发、苗期生理、生长等指标影响,对尾巨桉纯林土壤的化感作用作出生物评价。

收稿日期:2010-05-10 修回日期:2010-09-15

基金项目:广西自然基金项目(桂科字 0728018);广西自治区林业局项目(林科字 0725)

作者简介:郝建,男,硕士,主要从事森林培育相关科研工作。E-mail: xuzhouhaojian@126.com

* 通讯作者:秦武明,男,教授,主要从事森林培育与生态方面的教学与研究。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供体材料:采用“S”型方法布设采样,在广西林业科技示范园取 5 a 生尾巨桉纯林的林下土壤。

受体材料:水稻、萝卜、白菜和菜心种子,均购于南宁市农业科技市场。

1.2 试验方法

本试验采用最接近自然状态的常温水浸提法^[20],将所采尾巨桉纯林土壤风干后研磨,过 20 目筛子,分别称取 1.28 kg 材料与 10 L 蒸馏水混合(直接制得浓度 12.8% 的原液),浸提 3 d。用双层滤纸过滤,制得浓度为 12.8% (质量浓度)的水浸提液,然后分别稀释成 0.05%、0.2%、0.8%、3.2%、12.8% 共 5 种浓度,用 0.1 N 的 HCl 和 0.1 N 的 NaOH 溶液调节浸提液的 pH 值在 6.5~7.0 之间^[21,22],于 4 ℃ 冰箱保存备用。

将受体植物种子用 45 ℃ 的热水浸泡 10 min,用 0.5% 高锰酸钾消毒 30 min,分别用各不同浓度的浸提液浸泡 60 min。在直径 10 cm 的培养皿中垫 2 张滤纸,选取浸泡过的饱满受试植物种子 50 粒,整齐排列于培养皿中的滤纸上,每个处理设 3 个重复,分别加入各供试液 5 mL,对照(CK)加蒸馏水 5 mL,置于 25 ℃、80% 相对湿度、光照强度 1 500 lx、光照 12 h 的条件下培养。试验过程中,及时补充相应的水浸提液,保持滤纸湿润。每天观察、记录其萌发情况,计算发芽率。

将受体植物种子用 1% 高锰酸钾消毒 10 min,用 30℃ 温水浸种 1 h 后,分别点播在基质中(珍珠岩:沙子=3:1)。放在 25℃,1 800~2 000 lx,12 h 光照条件下培养。受体植物长出第一对真叶前,每三天喷施 1/2 Hoagland 营养液,之后每 2 d 喷施 Hoagland 营养液。每周补充浸提液,蒸馏水作对照,根据基质湿度每 2 d 定量喷洒适量蒸馏水。

处理 40 d 后测定各作物叶片的叶绿素 a+b 含量、脯氨酸含量、可溶性糖含量、可溶性蛋白质含量。

实验结束后分别取整个植株在 80℃ 的烘箱内烘干至恒重,以 g 为单位计算单株生物量烘干重。

1.3 数据分析

采用 DPS V6.55 软件进行统计分析。

2 结果分析

2.1 纯林土壤水浸提液对作物种子发芽率的影响

由图 1~4 可知,尾巨桉纯林土壤水浸提液处理

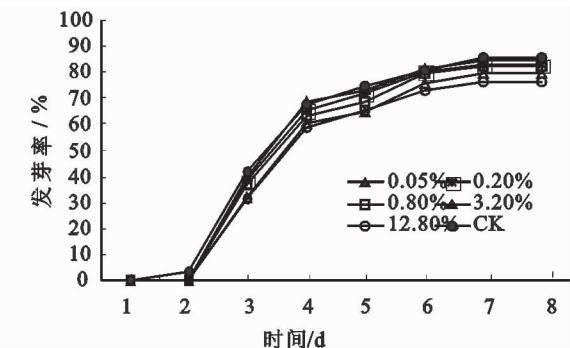


图 1 纯林土壤水浸提液对水稻发芽率影响

Fig. 1 Effect of pure forest soil water extract on seed germination of *O. sativa*

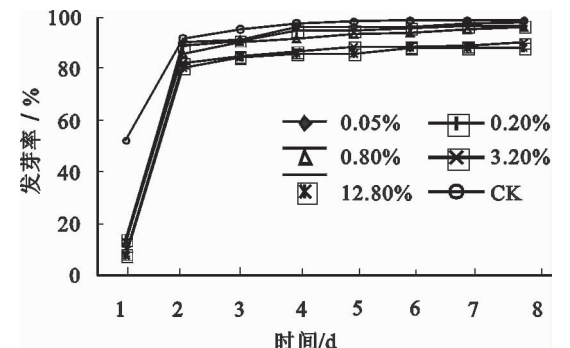


图 2 纯林土壤水浸提液对菜心发芽率影响

Fig. 2 Effect of pure forest soil water extract on seed germination of *B. parachinensis*

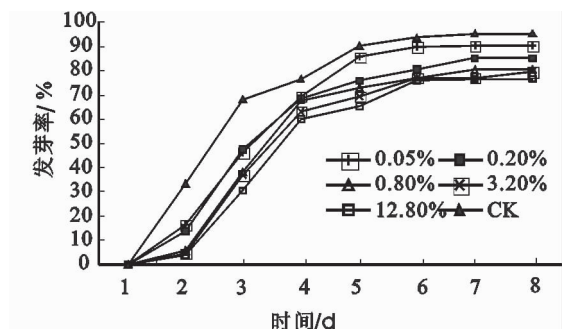


图 3 纯林土壤水浸提液对白菜发芽率影响

Fig. 3 Effect of pure forest soil water extract on seed germination of *B. pekinensis*

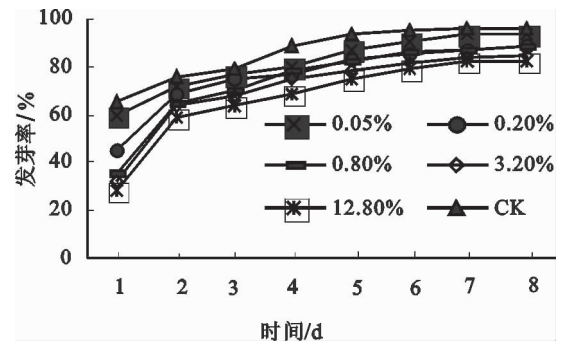


图 4 纯林土壤水浸提液对萝卜发芽率影响

Fig. 4 Effect of pure forest soil water extract on seed germination of *R. sativus*

的水稻、菜心、白菜、萝卜种子的萌发进程来看,在同一个时段内,随着浸提液浓度的升高,农作物种子的发芽率降低。方差分析表明,各浓度尾巨桉纯林土壤水浸提液对几种作物种子发芽率均有极显著地影响($p < 0.01$)。低浓度处理的水稻发芽率与对照相差较小,浓度越高抑制作用越明显。

2.2 纯林土壤水浸提液对作物蛋白质含量的影响

由图 5 可知,尾巨桉纯林土壤水浸提液处理的白菜、菜心、萝卜和水稻的蛋白质含量均随着浸提液浓度的增大而增加,当浸提液的浓度达到一定高度,其蛋白质含量相应的开始下降。方差分析结果表明,尾巨桉纯林土壤水浸提液处理及对照的白菜、菜心、萝卜和水稻的蛋白质含量之间分别存在极显著差异(p 均小于 0.000 1)。各作物对照处理的蛋白质含量均极显著低于浸提液处理。

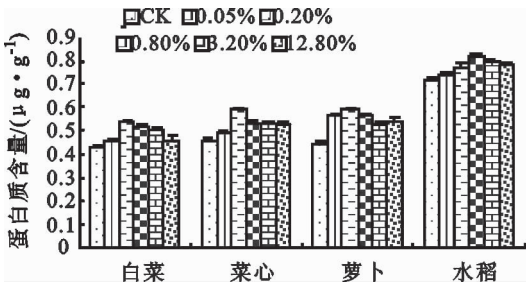


图 5 纯林土壤水浸提液对几种作物蛋白质含量影响
Fig. 5 Effect of pure forest soil water extract on the content of water-soluble protein of several crops

2.3 纯林土壤水浸提液对作物脯氨酸含量的影响

由图 6 可知,尾巨桉纯林土壤水浸提液处理的白菜、萝卜、菜心、水稻的脯氨酸含量均随浸提液浓度的增大呈现出先增加后下降的趋势。方差分析结果表明,尾巨桉纯林土壤水浸提液处理的白菜、萝卜、菜心、水稻的脯氨酸含量及对照之间存在极显著差异($p < 0.000 1$)。

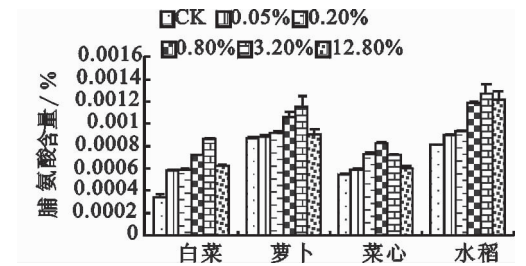


图 6 纯林土壤水浸提液对几种作物脯氨酸含量影响
Fig. 6 Effect of pure forest soil water extract on proline content of several crops

2.4 纯林土壤水浸提液对作物可溶性糖含量的影响

由图 7 可知,随着尾巨桉纯林土壤水浸提液浓度

的增加,浸提液处理的白菜、萝卜、菜心的可溶性糖含量总体呈下降趋势;水稻的可溶性糖含量均随浸提液浓度的增大而增加,当浸提液浓度为 3.2% 时,水稻的可溶性糖含量达到几个浓度处理中的最大值 1.49%,之后开始降低。方差分析表明,尾巨桉纯林土壤水浸提液处理的白菜、菜心、萝卜、水稻的可溶性糖含量及对照之间存在极显著差异。

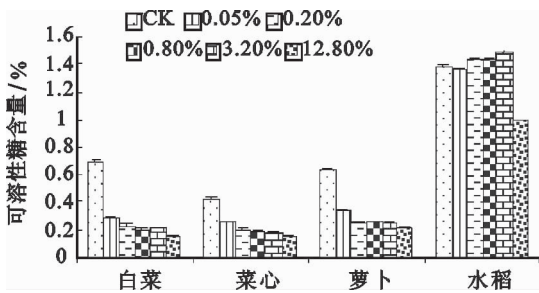


图 7 纯林土壤水浸提液对几种作物可溶性糖含量影响
Fig. 7 Effect of pure forest soil water extract on soluble sugar content of several crops

2.5 纯林土壤水浸提液对作物叶绿素含量的影响

由图 8 可知,尾巨桉纯林土壤水浸提液处理的白菜、菜心、萝卜、水稻的叶绿素含量随着浸提液处理浓度的增大而呈下降趋势,高浓度尾巨桉纯林土壤水浸提液处理的白菜、菜心、萝卜、水稻的叶绿素含量分别最低。方差分析结果表明,尾巨桉纯林土壤水浸提液处理的白菜、菜心、萝卜、水稻的叶绿素含量及对照之间存在极显著的差异。对照的叶绿素含量均极显著高于不同浓度浸提液处理的叶绿素含量。

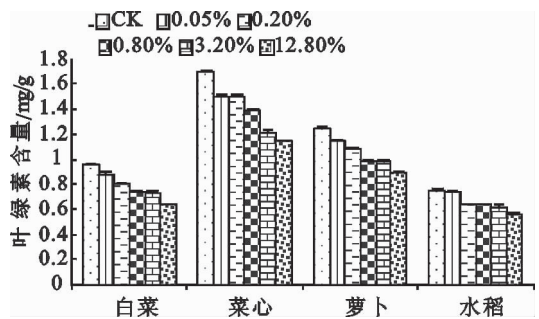


图 8 纯林土壤水浸提液对几种农作物叶绿素含量影响
Fig. 8 Effect of pure forest soil water extract on the chlorophyll content of several crops

2.6 尾巨桉纯林土壤水浸提液对作物生物量的影响

从表 1 所示,尾巨桉纯林土壤水浸提液处理的白菜、菜心、萝卜、水稻的生物量均小于对照处理,存在极显著的抑制作用,浓度越高抑制作用越强。

表 1 浸提液对几种苗木生物量影响的方差分析

Table 1 Variance analysis of extract on biomass of several trees

受体植物	处 理						方差分析	
	CK	0.05%	0.20%	0.80%	3.20%	12.80%	F 值	p 值
白菜	0.89Aa	0.87Aab	0.83ABb	0.77BCc	0.72CDcd	0.67Dd	23.80	0.000 1
菜心	1.02Aa	0.97ABb	0.94BCb	0.88CDc	0.83DEd	0.78Ee	33.16	0.000 1
萝卜	1.14Aa	1.10ABab	1.07Bb	1.00Cc	0.96CDc	0.9Dd	36.25	0.000 1
水稻	0.81Aa	0.80Aa	0.77ABa	0.70BCb	0.67Cbc	0.64Cc	16.99	0.000 1

3 结论与讨论

试验结果表明,尾巨桉纯林土壤水浸提液对菜心、白菜、萝卜、水稻的种子萌发及苗期生长具有不同程度的抑制。叶绿素含量是影响植物光合作用的重要因子,尾巨桉纯林土壤水浸提液对受体植物叶绿素含量具有抑制作用。前人研究表明化感物质对植物体光合作用的影响主要表现为叶绿素含量和光合速率的降低,如银胶菊倍半萜烯类化感物质处理胜红蓟幼苗后,叶绿素含量显著降低^[23];阿魏酸和香豆酸抑制水稻幼苗叶绿素合成过程中的镁螯合酶活性^[24]。

在光合作用的主要因子受到抑制的条件下,植物的其他生理机能肯定要相应的出现变化或异常现象,所以受体植物体内作为光合作用衍变的产物,既是渗透调节剂,也是合成其他有机溶质的碳架和能量的来源的可溶性糖含量相应的减少,而水稻的可溶性糖含量却表现出特殊的现象:随着浸提液浓度增加而增加,这是否与水稻相对于其他受体植物特殊的解剖结构对应激环境适应能力较强的缘故,还有待进一步研究其中的奥妙。

植物体新陈代谢的重要部分——蛋白质代谢同样受到影响。大多研究认为几乎所有的酚酸类物质都降低了磷向 DNA 和 RNA 的整合,除香豆酸和香草酸外的其它酚酸类物质还抑制甲硫氨酸向蛋白质整合。尾巨桉纯林土壤水浸提液处理的受体植物叶片的蛋白质含量均随着浸提液浓度的升高而升高,当浓度达到一定高度,含量开始下降,导致的原因可能是植物体内核酸代谢受到影响。

目前,植物体内脯氨酸含量被作为植物抗逆性指标利用,曹成有等的研究表明,瑞香狼毒根提取液促使被处理植物的脯氨酸升高^[25]。本研究中发现,受体植物的脯氨酸含量在处理液的作用下均呈现出随着浓度升高先增后降的趋势。已有研究表明桉树含有多种被认为是化感物质的化合物,包括醇、酸、酯和芳香族等化合物,酚类和萜类是高等植物主要的化感物质,酚类物质能够影响植物幼苗的多种生

理活动,前人在这方面做了大量研究^[16,18,26,27]。从试验的结果综合分析,尾巨桉纯林土壤可能具有化感作用的物质基础。

本试验仅在实验室条件下采用生物检测方法测定尾巨桉纯林土壤水浸提液对几种受体作物种子萌发和幼苗生长的影响,尚未涉考虑自然条件下,不同环境因子、林龄及无性系对尾巨桉他感作用的影响。因此,在下一步研究中,将结合光照、温度、空气及径流等因子对不同品系速生桉的化感作用进行综合评价,筛选出生长好、化感作用弱的桉树无性系。

参考文献:

[1] RICE E L. Allelopathy[M]. New Yoke: Academic Press, 1984: 422.

[2] 林思祖,杜玲,曹光球. 化感作用在林业中的研究进展及应用前景[J]. 福建林学院学报, 2002, 22(2): 184-88.

LIN S Z, DU L, CAO G Q. Advance and application prospects on allelopathy research in forestry[J]. Journal of Fujian College of Forestr, 2002, 22(2): 184-88.

[3] 吴长虹,翟明普. 火炬树化感作用的初步研究[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(6): 162-165.

WU C H, ZHAI M P. A preliminary study on allelopathy of *Rhus typhina*[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008,23(6):162-165.

[4] 林武星,洪伟,叶功富. 木麻黄水浸液对其幼苗生长的影响[J]. 江西农业大学学报, 2005, 27(1): 46-51.

LIN W X, HONG W, YE G F. Effects of water extract from *Casuarina equisetifolia* on its seedling growth[J]. Acta Agricu-hurae Universitatis Jiangxiensis, 2005, 27(1): 46-51.

[5] 张风云,翟梅枝,贾彩霞,等. 核桃鲜叶挥发油化感作用初步研究[J]. 西北林学院学报, 2005, 20(2): 144-146.

ZHANG F Y, ZHAI M Z, JIA C X, *et al.* Allelopathic study on volatile oil from fresh walnut leaf[J]. Journal of North-west Forestry University, 2005,20(2):144-146.

[6] 杨华庚,陈惠娟. 橡胶树他感作用初步研究[J]. 华南热带农业大学学报, 2005, 11(4): 1-4.

YANG H G, CHEN H J. Preliminary research on auelopathic effects of Rubber Trees[J]. Journal of South China University of Tropical Agriculture, 2005, 11(4): 1-4.

[7] 翟梅枝,张风云,田治国,等. 不同季节草地早熟禾的化感作用研究[J]. 西北林学院学报,2006,21(6):154-157.

ZHAI M Z, ZHANG F Y, TIAN Z G, *et al.* A study on the allelopathy of *Poa pratensis* from different season[J]. Journal

- of Northwest Forestry University, 2006, 21(6): 154-157.
- [8] 黄闽敏, 潘存德, 罗侠, 等. 天山云杉针叶提取物对种子萌发和幼苗生长的自毒作用[J]. 新疆农业大学学报, 2005, 28(3): 30-34.
- HUANG M M, PAN C D, LUO X, *et al.* Autotoxicity of *Picea schrenkiana* needles aqueous extracts on seed germination and seedling growth[J]. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2005, 28(3): 30-34.
- [9] 杨立学. 落叶松水提物对胡桃楸化感作用的生物测定[J]. 东北林业大学学报, 2006, 34(2): 15-17.
- YANG L X. Bioassay of allelopathical activity of Larch (*Larix gmelini*) aqueous extracts against *Juglans mandshurica* [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2006, 34(2): 15-17.
- [10] 侯元兆. 科学地认识我国南方发展桉树速生丰产林问题[J]. 世界林业研究, 2006(3): 54-61.
- Hou Y C. understanding scientifically the issue of developing fast-growing and high-yielding eucalypt plantation in South China[J]. World Forestry Research, 2006(3): 54-61.
- [11] 刘小香, 谢龙莲, 陈秋波, 等. 桉树化感作用研究进展[J]. 热带农业科学, 200(2): 71-76.
- LIU X X, XIE L L, CHEN Q B, *et al.* A review of allelopathic researches on *Eucalyptus* [J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 200(2): 71-76.
- [12] 黄卓烈, 林韶湘, 谭绍满, 等. 尾叶桉等植物叶提取液对几种植物插条生根和种子萌发的影响[J]. 林业科学研究, 1997, 10(5): 546-550.
- HUANG Z L, LIN S X, TAN S M, *et al.* Effects of leaf extracts of *Eucalyptus* and other plant species on the rooting of cuttings and seed germination of several plant species[J]. Forest Research, 1997, 10(5): 546-550.
- [13] 曾任森, 李蓬为. 窿缘桉和尾叶桉的化感作用研究[J]. 华南农业大学学报, 1997, 18(1): 6-10.
- ZENG R S, LI P W. Allelopathic effects of *Eucalytus exserta* and *E. urophylla* [J]. Journal of South China Agricultural University, 1997, 18(1): 6-10.
- [14] 赵绍文, 王凌晖, 蒋欢军, 等. 巨尾桉枝叶水浸提液对3种作物种子萌发的影响[J]. 广西科学院学报, 2000, 16(1): 14-17.
- ZHAO SH W, WANG L H, JIANG H J, *et al.* Effect of water extract of branches and leaves of *Eucalyptus grandis* \times *E. urophylla* on seed germination of three kinds of crops[J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2000, 16(1): 14-17.
- [15] 廖建良, 宋冠华, 曾令达. 巨尾桉叶片水提液对小麦幼苗生长的影响[J]. 惠州大学学报: 自然科学版, 2000, 20(4): 50-52.
- LIAO J L, SONG G H, ZENG L D. effect of extract from *Eucalyptus grandis* \times *E. urophylla* leaves on the growth of wheat seedlings[J]. Journal of Huizhou University: Natural Science Edition, 2000, 20(4): 50-52.
- [16] 王晗光, 张健, 杨婉身, 等. 巨桉根系和根系土壤化感物质的研究[J]. 四川师范大学学报: 自然科学版, 2006, 29(3): 368-371.
- WANG H G, ZHANG J, YANG W S, *et al.* a research on the allelopathic substances in root system and root system soil of *Eucalyptus Grandis* [J]. Journal of Sichuan Normal University: Natural Science Edition, 2006, 29(3): 368-371.
- [17] BOLTE M L, BOWERS J, CROW W D, *et al.* Germination inhibitor from *Eucalyptus pulverlenta* [J]. Agric Biol Chem, 1984, 48(2): 373-376.
- [18] 田玉红, 刘雄民, 周永红, 等. 邓恩桉叶挥发性成分的提取及分析[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2006, 30(2): 55-58.
- TIAN Y H, LIU X M, ZHOU Y H, *et al.* Extraction and Determination of Volatile Constituents of Leaves from *Eucalyptus dunnii* [J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Science Edition, 2006, 30(2): 55-58.
- [19] 陈秋波, 王真辉, 林位夫, 等. 刚果12号桉对4种豆科植物的化感作用[J]. 热带作物学报, 2003, 24(3): 67-72.
- CHEN Q B, WANG Z H, LIN W F, *et al.* Allelopathic effects of *Eucalyptus* 12ABL on four legume species [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2003, 24(3): 67-72.
- [20] JUAN JIMENEZ-OSORNIO F M V Z. Allelopathy activity of *Chenopodium ambrosioides* L [J]. Biochemical Systematics and Ecology, 1996, 24(3): 195-205.
- [21] 曹光球, 林思祖, 杜玲, 等. 阿魏酸与肉桂酸对杉木化感作用的生物评价[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(2): 8-10.
- CAO G Q, LIN S Z, DU L, *et al.* The bioassay of ferulic acid and cinnamic acid allelopathic to Chinese fir [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2003, 11(2): 8-10.
- [22] 陈龙池, 廖利平, 汪思龙, 等. 香草醛和对羟基苯甲酸对杉木幼苗生理特性的影响[J]. 应用生态学报, 2002, 13(10): 1291-1294.
- CHEN L C, LIAO L P, WANG S L, *et al.* Effect of vanillin and P-hydroxybenzoic acid on physiological characteristics of Chinese fir seedlings [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2002, 13(10): 1291-1294.
- [23] SINGH H P, BATISH D R, KOHLI R K, *et al.* Variance analyses of parthenin-asesquiterpene lactone from *Parthenium hysterophorus*-on early growth and physiology of *Ageratum conyzoides* [J]. Journal of Chemical Ecology, 2002, 28(11): 2169-2179.
- [24] YANG C M, CHANG I F, LIN S J, *et al.* Variance analysess of three allelopathic phenolics on chlorophyll accumulation of rice (*Oryzas ativa*) seedlings: II. Stimulation of consumption-orientation [J]. Bot. Bull. Acad. Sin, 2004, 45: 119-125.
- [25] 曹成有, 富瑶, 王文星, 等. 瑞香狼毒根提取液对植物种子萌发的抑制作用[J]. 东北大学学报: 自然科学版, 2007, 28(5): 729-732.
- CAO C Y, FU Y, WANG W X, *et al.* inhibition influence of extraction liquids from *stellera chamaejasme* root on seed germination [J]. Journal of Northeastern University: Natural Science Edition, 2007, 28(5): 729-732.
- [26] 田玉红, 刘雄民, 陶明有. 巨尾桉叶挥发性成分的提取及成分分析[J]. 广西科学院学报, 2006, 22(5): 466-468.
- TIAN Y H, LIU X M, TAO M Y. Extraction and determination of volatile constituents of leaves from *E. grandis* \times *E. urophylla* [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2006, 22(5): 466-468.
- [27] 王晗光, 张健, 杨婉身, 等. 气相色谱-质谱法分析巨桉叶的挥发性化感成分[J]. 四川农业大学学报, 2006, 24(1): 51-54.
- WANG H G, ZHANG J, YANG W S, *et al.* Analysis of volatile allelopathic constituents of leaf of *Eucalyptus Grandis* by gas chromatography-mass spectrometry [J]. Journal of Sichuan Agricultural University, 2006, 24(1): 51-54.