

## 尾巨桉纯林土壤浸提液对 4 种作物的生理影响

郝建<sup>1,2</sup>, 陈厚荣<sup>2</sup>, 王凌晖<sup>1</sup>, 秦武明<sup>1</sup>, 曾冀<sup>2</sup>, 张明慧<sup>3</sup>

(1. 广西大学 林学院, 广西 南宁 530005; 2. 中国林业科学研究院 热带林业实验中心, 广西 凭祥 532600; 3. 广西国有派阳山林场, 广西 宁明 532500)

**摘要:** 用尾巨桉 *Eucalyptus urophylla* × *E. grandis* 纯林土壤水浸提液处理菜心 *Brassica parachinensis*, 早熟白菜 *Brassica pekinensis*, 水稻 *Oryza sativa* 和萝卜 *Raphanus sativus* 幼苗, 研究浸提液对这 4 种作物的化感作用。结果表明: 浸提液对菜心、早熟白菜、水稻和萝卜叶绿素质量分数、脯氨酸质量分数、可溶性糖质量分数均有显著影响。随着浸提液浓度的升高, 受体植物叶片的叶绿素质量分数均降低; 脯氨酸质量分数呈现先升高后降低的趋势; 菜心、早熟白菜、萝卜可溶性糖质量分数也是呈下降趋势, 而水稻的可溶性糖质量分数却先升高后降低。根据所测定指标综合判断, 水稻对尾巨桉纯林土壤水浸提液中化感物质的抗性比其他 3 种作物强。这说明尾巨桉纯林土壤中某些化感物质, 因受体植物种类不同其化感效应有所差别。表 3 参 23

**关键词:** 森林生态学; 尾巨桉; 化感作用; 生理特性; 土壤

中图分类号: S792.39 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2011)05-0823-06

## Physiological responses of four crops in aqueous extracts of soil from *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* forests

HAO Jian<sup>1,2</sup>, CHEN Hou-rong<sup>2</sup>, WANG Ling-hui<sup>1</sup>, QIN Wu-ming<sup>1</sup>, ZENG Ji<sup>2</sup>, ZHANG Ming-hui<sup>3</sup>

(1. College of Forestry, Guangxi University, Nanning 530005, Guangxi, China; 2. Experimental Center of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Pingxiang 532600, Guangxi, China; 3. State-Owned Paiyangshan Forest Centre of Guangxi, Ningming 532500, Guangxi, China)

**Abstract:** The allelopathic effect of *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* forest soil on the content of chlorophyll, proline, and soluble sugar was tested by treating growth medium of four crops: *Brassica parachinensis* (false pakchoi), *Brassica pekinensis* (Peking cabbage), *Oryza sativa* (rice), and *Raphanus sativus* (radish) with aqueous extracts of the soil. Results showed highly significant differences ( $P < 0.01$ ) on content of chlorophyll, proline, and soluble sugar for the four crop plants. With an increase in aqueous extract concentration, chlorophyll content in receptor plant leaves decreased. Also, proline content rose first and then decreased as did soluble sugar of rice. Soluble sugar content from the four crop plants also declined. Thus, allelochemical resistance of rice was stronger than the other crops, and it was certain that there were some allelochemicals in the soil that caused different effects on the four species. [Ch, 3 tab. 23 ref.]

**Key words:** forest ecology; *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis*; allelopathy; physiological characteristics; soil

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<sup>[1-2]</sup>。关于植物化感作用, 国内外学者做了大量研究, 油松 *Pinus tabulaeformis* 和辽东栎 *Quercus liaotungensis* 混交林中化感作用的作用机制研究<sup>[3]</sup>、马尾松 *Pinus massoniana* 根化感物质的生物

收稿日期: 2010-12-01; 修回日期: 2011-02-16

基金项目: 广西自然科学基金资助项目(桂科自 0728018)

作者简介: 郝建, 硕士, 从事森林培育研究。E-mail: xuzhouhaojian@126.com。通信作者: 王凌晖, 教授, 博士, 从事森林培育、园林绿化设计及园林植物栽培等研究。E-mail: wanglinghui97@163.com

活性评价与物质鉴定<sup>[4]</sup>、三裂叶蟛蜞菊 *Wedelia trilobata* 化感作用研究<sup>[5]</sup>、木麻黄 *Casuarina equisetifolia* 水浸液对其幼苗生长的影响<sup>[6]</sup>、落叶松 *Larix gmelinii* 水提物对胡桃楸 *Juglans mandshurica* 化感作用的生物测定<sup>[7]</sup>等。目前,桉树人工林的发展,在学术界和社会上存在许多争论,化感作用作为焦点之一受到广泛关注<sup>[8-9]</sup>。有关桉树化感作用方面已开展了一些研究,尾巨桉 *Eucalyptus urophylla* × *E. grandis* 叶片水浸液化感作用的生物评价<sup>[10]</sup>、尾叶桉 *Eucalyptus urophylla* 抑制银合欢 *Leucaena leucocephala* 幼苗生长<sup>[11]</sup>、巨尾桉 *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* 枝叶的水浸提物影响水稻 *Oryza sativa* 和菜心 *Brassica parachinensis* 种子萌芽<sup>[12]</sup>、巨尾桉影响小麦 *Triticum aestivum* 种子发芽及幼苗生长<sup>[13]</sup>、良叶山桉 *Eucalyptus pulverlenta* 抑制独行菜 *Lepidium apetalum* 萌发及幼苗的光合作用<sup>[14]</sup>。以往学者对桉树化感作用的研究大多停留在对受体植物种子萌发和幼苗生长的影响方面,而对受体植物的生理作用影响研究较少。本研究以尾巨桉为研究对象作用,研究尾巨桉纯林土壤水浸提液对广西主要4种作物:菜心 *Brassica parachinensis*, 早熟白菜 *Brassica pekinensis*, 水稻和萝卜 *Raphanus sativus* 幼苗生理指标的影响,对该树种化感作用作出探讨。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

供体材料:尾巨桉纯林土壤,采于广西林业科技示范园5年生尾巨桉纯林。

受体材料:菜心、早熟白菜、水稻和萝卜种子均购于南宁市农业科技市场。

### 1.2 试验方法

1.2.1 尾巨桉纯林土壤水浸提液的制备 所采土样风干后研磨过20目筛子,称取1.28 g材料与10 mL去离子水混合<sup>[15]</sup>,震荡浸提24 h,用双层滤纸过滤,制得土水比为1.28:10的土壤水浸提原液(处理A),然后稀释成4倍(处理B),16倍(处理C),64倍(处理D),256倍(处理E)的稀释液<sup>[16]</sup>,最后用0.1 mol·L<sup>-1</sup>的盐酸和0.1 mol·L<sup>-1</sup>的氢氧化钠溶液将各浸提液的酸碱度调至pH 6.5~7.0<sup>[17-18]</sup>,置于4℃冰箱中备用。

1.2.2 尾巨桉纯林土壤水浸提液对4种农作物生理的影响实验 将受体植物种子用10 g·L<sup>-1</sup>高锰酸钾消毒10 min,用30℃温水浸种1 h。然后分别点播在基质中(珍珠岩:砂子=3:1)。放在25℃,30 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup> 12 h光照条件下培养。萌发后,每周统一添加各浸提液。在受体植物长出第一对真叶之前,隔3 d统一定量喷施1/2 Hoagland营养液,之后隔2 d统一定量喷施Hoagland营养液,培养期间根据基质湿度隔2 d定量喷洒适量蒸馏水。处理20 d后取样测定叶绿素、脯氨酸、可溶性糖质量分数<sup>[19]</sup>。

1.2.3 数据分析 采用SAS软件对试验结果进行方差分析及LSD多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 尾巨桉纯林土壤水浸提液对4种农作物叶绿素质量分数的影响

从表1数据可以看出:各稀释倍数的土壤水浸提液处理的农作物叶片叶绿素质量分数均低于对照,且随着浸提液浓度的升高,叶绿素质量分数逐渐降低。经方差分析,各稀释倍数浸提液对白菜( $F=30.14$ ,  $P<0.0001$ )、菜心( $F=30.05$ ,  $P<0.0001$ )、水稻( $F=6.66$ ,  $P=0.0041$ )、萝卜( $F=24.95$ ,  $P<0.0001$ )叶片

表1 尾巨桉纯林土壤水浸提液对农作物叶绿素质量分数的影响

Table 1 Effect of aqueous extracts from soil of *E. urophylla* × *E. grandis* pure forests on chlorophyll content of 4 crop plants

处理	各农作物叶绿素质量分数/(mg·g <sup>-1</sup> )			
	白菜	菜心	水稻	萝卜
0(对照)	0.957 3 Aa	1.692 2 Aa	0.753 5 Aa	1.248 0 Aa
处理E	0.880 5 ABb	1.496 6 Bb	0.736 6 ABa	1.148 0 Bb
处理D	0.806 8 BCc	1.506 5 Bb	0.631 4 BCb	1.082 3 BCb
处理C	0.744 6 CDd	1.390 5 Bc	0.634 4 BCb	0.987 8 CDc
处理B	0.723 9 Dd	1.206 5 Cd	0.611 7 Cb	0.975 0 Dc
处理A	0.632 2 Ee	1.142 0 Cd	0.562 3 Cb	0.897 5 Dd
F值	30.14	30.05	6.66	24.95
P	<0.000 1	<0.000 1	0.004 1	<0.000 1

说明:同行数据后不同小写字母表示差异达到0.05显著水平,不同大写字母表示差异达到0.01极显著水平。

叶绿素质量分数的影响均极显著。除处理 E 处理的白菜、水稻与对照差异显著, 其余处理的各农作物与对照差异均极显著。

## 2.2 尾巨桉纯林土壤水浸提液对 4 种农作物叶片脯氨酸质量分数的影响

从表 2 可知: 各稀释倍数的尾巨桉纯林土壤水浸提液对 4 种农作物叶片脯氨酸质量分数均有促进作用, 且促进作用随着浸提液浓度的升高而增强, 当稀释倍数为 4 倍(处理 B)时, 水稻、萝卜和白菜 3 种作物叶片脯氨酸质量分数出现下降趋势, 当稀释倍数为 16 倍(处理 C)时, 菜心叶片脯氨酸质量分数呈下降趋势。

各稀释倍数尾巨桉纯林土壤水浸提液对白菜( $F=59.54$ ,  $P<0.000 1$ ), 菜心( $F=23.59$ ,  $P<0.000 1$ ), 水稻( $F=7.29$ ,  $P=0.002 9$ )及萝卜( $F=7.07$ ,  $P=0.003 2$ )叶片脯氨酸质量分数的影响极显著。

各稀释倍数土壤水浸提液处理的白菜叶片脯氨酸质量分数与对照差异均极显著; 除处理 E 和处理 A 的菜心叶片脯氨酸质量分数与对照差异不显著, 其余处理与对照差异均极显著; 除处理 E 和处理 D 的水稻叶片脯氨酸质量分数与对照差异显著, 其余处理与对照差异均极显著; 各稀释倍数的尾巨桉纯林土壤水浸提液极显著, 处理 E 和处理 D 对萝卜叶片脯氨酸质量分数影响不显著, 处理 A 影响显著, 其余稀释倍数均极显著。

## 2.3 尾巨桉纯林土壤水浸提液对 4 种农作物可溶性糖质量分数的影响

从表 3 可知: 水稻叶片可溶性糖质量分数随着土壤水浸提液浓度的升高逐渐增加, 当用浸提原液(处理 A)处理时, 可溶性糖质量分数下降; 白菜、菜心和萝卜叶片可溶性糖质量分数随着土壤水浸提液浓度的升高逐渐降低。各稀释倍数土壤水浸提液对白菜( $F=282.24$ ,  $P<0.000 1$ )、菜心( $F=55.87$ ,  $P<0.000 1$ )、水稻( $F=16.25$ ,  $P=0.000 1$ )及萝卜( $F=803.53$ ,  $P<0.000 1$ )叶片可溶性糖质量分数影响均极显著。各稀释倍数尾巨桉纯林土壤水浸提液处理白菜、菜心与萝卜叶片可溶性糖质量分数与各对照差异均极显著; 除浸提原液(处理 A)处理的水稻叶片可溶性糖质量分数与对照差异极显著, 其余稀释倍数处理与对照差异均不显著。

## 3 讨论

叶绿素质量分数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水稻、萝卜和白菜叶绿素质量分数均有显著的抑制作用, 且随着浸提液浓度的升高, 抑制作用增强, 这和前人的研究结果相似。化感物质对植物体光合作用的影响主要表现为叶绿素质量分数和光合速率的降低<sup>[20]</sup>, 如银胶菊 *Partheni-*

表 2 浸提液对农作物脯氨酸质量分数的影响

Table 2 Effect of aqueous extracts on proline content of 4 crop plants

处理	各农作物脯氨酸质量分数/(mg·g <sup>-1</sup> )			
	白菜	菜心	水稻	萝卜
0(对照)	0.003 46 Dd	0.005 38 Cd	0.008 07 Db	0.008 71 Cb
处理 E	0.005 73 Cc	0.005 82 Ccd	0.008 93 CDb	0.008 81 Cb
处理 D	0.005 84 Cc	0.007 27 Bb	0.009 26 BCDb	0.009 13 BCb
处理 C	0.007 12 Bb	0.008 21 Aa	0.011 82 ABCa	0.010 60 ABa
处理 B	0.008 55 Aa	0.007 21 Bb	0.012 73 Aa	0.011 56 Aa
处理 A	0.006 26 Cc	0.006 01 Cc	0.012 06 ABa	0.009 05 BCg
<i>F</i> 值	59.54	23.59	7.29	7.07
<i>P</i>	<0.000 1	<0.000 1	0.002 9	0.003 2

说明: 同行数据后不同小写字母表示差异达到 0.05 显著水平, 不同大写字母表示差异达到 0.01 极显著水平。

表 3 浸提液对农作物可溶性糖质量分数的影响

Table 3 Effect of aqueous extracts on soluble sugar content of 4 crop plants

处理	各农作物可溶性糖质量分数/(mg·g <sup>-1</sup> )			
	白菜	菜心	水稻	萝卜
0(对照)	6.848 5 Aa	4.255 6 Aa	13.755 7 Aa	6.329 9 Aa
处理 E	2.838 4 Bb	2.476 1 Bb	13.551 1 Aa	3.409 6 Bb
处理 D	2.196 9 Cc	1.938 4 Cc	14.248 1 Aa	2.409 6 Cd
处理 C	1.949 5 CDc	1.853 2 Ccd	14.313 6 Aa	2.575 5 Cc
处理 B	2.051 0 Cc	1.739 9 Ccd	14.905 7 Aa	2.397 8 Cd
处理 A	1.547 9 Dd	1.551 0 Cd	9.837 6 Bb	2.097 8 De
<i>F</i> 值	282.24	55.87	16.25	803.53
<i>P</i>	<0.000 1	<0.000 1	0.000 1	<0.000 1

说明: 同行数据后不同小写字母表示差异达到 0.05 显著水平, 不同大写字母表示差异达到 0.01 极显著水平。

*um hysterophorus* 倍半萜烯类化感物质处理胜红蓟 *Ageratum conyzoides* 幼苗后, 叶绿素质量分数显著降低<sup>[21]</sup>, Yang 等<sup>[22]</sup>研究表明: 阿魏酸和香豆酸处理水稻后, 水稻幼苗叶绿素合成过程中的镁-螯合酶受到抑制。

通常情况下, 脯氨酸被作为一个反映植物体抗性指标使用。从研究结果看: 尾巨桉纯林土壤水浸提液 4 种受体植物叶片的脯氨酸质量分数均有促进作用, 且促进作用随着浸提液浓度的升高而增强, 具有一定规律性, 与曹成有等<sup>[23]</sup>对瑞香狼毒 *Stellera chamaejasma* 根提取液的研究结果相似。当浸提液稀释为 4 倍时, 水稻、萝卜和白菜等 3 种作物叶片脯氨酸质量分数出现下降趋势; 当稀释倍数为 16 倍时, 菜心叶片脯氨酸质量分数呈下降趋势。这可能反映出, 在低浓度浸提液条件下, 几种受体植物体内产生脯氨酸抵抗化感物质的伤害, 而当化感物质浓度达到一定高度后, 受体植物体内脯氨酸的合成机制可能受到了破坏, 不能继续合成脯氨酸抗逆, 所以分别出现脯氨酸质量分数下降的趋势。从结果也可以反映出, 菜心的抗逆性可能弱于其他几种作物。

可溶性糖既是渗透调节剂, 也是合成其他有机溶质的碳架和能量的来源。白菜、菜心和萝卜叶片可溶性糖质量分数随着土壤水浸提液浓度的升高, 逐渐降低, 这与曹成有等<sup>[23]</sup>的研究结果相似; 但水稻叶片可溶性糖质量分数随着浸提液浓度的升高, 逐渐增加, 当用浸提原液处理时, 叶片可溶性糖质量分数下降。此结果可能表明水稻的抗化感物质的能力较强, 可溶性糖在水稻受到化感物质胁迫时起到一定的调节作用, 当化感物质浓度达到一定高度后, 合成机制同其他机能一样受到破坏, 从而导致可溶性糖质量分数降低; 其他几种作物对化感物质的抗性较差, 可溶性糖合成受阻, 从而质量分数下降。

由此可见, 尾巨桉纯林土壤水浸提液对不同作物的化感作用强度相异。从所测定的指标综合判断, 水稻比其他几种作物对尾巨桉纯林土壤水浸提液中化感物质的抗性要强。

#### 参考文献:

- [1] RICE E L. *Allelopathy* [M]. New York: 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 - 188.  
LIN Sizu, DU Ling, CAO Guangqiu. Advance and application prospects on allelopathy research in forestry [J]. *J Fujian Coll For*, 2002, 22 (2): 184 - 188.
- [3] 贾黎明, 翟明普, 冯长红. 化感作用物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.  
JIA Liming, ZHAI Mingpu, FENG Changhong. Effects of allelopathic substances on the growth and photosynthesis of *Pinus tabulaeformis* seedlings [J]. *J Beijing For Univ*, 2003, 25 (4): 6 - 10.
- [4] 曹光球, 林思祖, 王爱萍, 等. 马尾松根化感物质的生物活性评价与物质鉴定[J]. 应用与环境生物学报, 2005, 11 (6): 686 - 689.  
CAO Guangqiu, LIN Sizu, WANG Aiping, et al. Bioassay and identification of allelochemicals in *Pinus massoniana* root [J]. *Chin J Appl Environ Biol*, 2005, 11 (6): 686 - 689.
- [5] 聂呈荣, 曾任森, 黎华寿, 等. 三裂叶蟛蜞菊对菜心化感作用的生理机理[J]. 华南农业大学学报: 自然科学版, 2003, 24 (4): 106 - 107.  
NIE Chengrong, ZENG Rensen, LI Huashou, et al. Allelopathic potentials of *Wedelia trilobata* on *Brassica parachinensis* and its physiological mechanism of action [J]. *J South China Agric Univ Nat Sci Ed*, 2003, 24 (4): 106 - 107.
- [6] 林武星, 洪伟. 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 Wuxing, HONG Wei. Effects of water extract from *Casuarina equisetifolia* on its seedling growth [J]. *Acta Agric Univ Jiangxi*, 2005, 27 (1): 46 - 51.
- [7] 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 Lixue. Bioassay of allelopathical activity of larch (*Larix gmelinii*) aqueous extracts against *Juglans mandshurica* [J]. *J Northeast For Univ*, 2006, 34 (2): 15 - 17.
- [8] 沈国舫, 翟明普. 混交林研究——全国混交林与树种关系学术讨论会论文集[M]. 北京: 中国林业出版社, 1997.
- [9] 白嘉雨, 甘四明. 桉树人工林的社会、经济和生态问题[J]. 世界林业研究, 1996, 9 (2): 63 - 68.  
BAI Jiayu, GAN Siming. Social, economical and ecological significance of *Eucalyptus* plantation [J]. *World For Res*,

- 1996, **9** (2): 63 – 68.
- [10] 秦武明, 郝建, 王凌晖, 等. 尾巨桉叶片水浸提液化感作用的生物评价[J]. 福建林学院学报, 2008, **28** (3): 257 – 261.  
QIN Wuming, HAO Jian, WANG Linghui, *et al.* Bioassay of allelopathy of aqueous extracts from *Eucalyptus urophylla* × *E. grandis*'s leaves [J]. *J Fujian Coll For*, 2008, **28** (3): 257 – 261.
- [11] 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 Rensen, LI Pengwei. Allelopathic effects of *Eucalyptus exserta* and *E. urophylla* [J]. *J South China Agric Univ*, 1997, **18** (1): 6 – 10.
- [12] 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 Shaowen, WANG Linghui, JIANG Huanjun, *et al.* Effect of water extract of branches and leaves of *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* on seed germination of three kinds of crops [J]. *J Guangxi Acad Sci*, 2000, **16** (1): 14 – 17.
- [13] 廖建良, 宋冠华, 曾令达. 巨尾桉叶片水浸提液对小麦幼苗生长的影响[J]. 惠州大学学报, 2000, **20** (4): 50 – 52.  
LIAO Jianliang, SONG Guanhua, ZENG Lingda. Effect of extract from *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* leaves on the growth of wheat seedlings [J]. *J Huizhou Univ*, 2000, **20** (4): 50 – 52.
- [14] BOLTE M L, BOWERS J. CROW W D, *et al.* Germination inhibitor from *Eucalyptus pulverlenta* [J]. *Agric Biol Chem*, 1984, **48** (2): 373 – 376.
- [15] 孔垂华. 植物化感作用研究中应注意的问题[J]. 应用生态学报, 1998, **9** (3): 332 – 336.  
KONG Chuihua. Problems needed attention on plant allelopathy research [J]. *Chin J Appl Ecol*, 1998, **9** (3): 332 – 336.
- [16] WANG Dali, ZHU Xinru. Research on allelopathy of *Ambrosia artemisiifolia* [J]. *Acta Ecol Sin*, 1996, **20**(1): 11 – 19.
- [17] 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 Guangqiu, LIN Sizu, DU Ling, *et al.* The bioassay of ferulic acid and cinnamic acid allelopathic to Chinese fir [J]. *Chin J Eco-Agric*, 2003, **11**(2): 8 – 10.
- [18] 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 Longchi, LIAO Liping, WANG Silong, *et al.* Effect of vanillin and P-hydroxybenzoic acid on physiological characteristics of Chinese fir seedlings [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2002, **13** (10): 1291 – 1294.
- [19] 中国科学院上海植物生理研究所. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [20] HEJL A M, EINHELLIG P A, RASMUSSEN J A. Effects of juglone on growth, photosynthesis, and respiration [J]. *J Chem Ecol*, 1993, **19** (3): 559 – 568.
- [21] SINGH H P, BATISH D R, KOHLI R K, *et al.* Effect of parthenin-asesquiterpene lactone from *Parthenium hysterophorus*-on early growth and physiology of *Ageratum conyzoides* [J]. *J Chem Ecol*, 2002, **28** (11): 2169 – 2179.
- [22] YANG Chining, CHANG Ingfeng, LIN Shujin, *et al.* Effects of three allelopathic phenolics on chlorophyll accumulation of rice *Oryza sativa* seedlings ( II ) stimulation of consumption-orientation [J]. *Bot Bull Acad Sin*, 2004, **45**: 119 – 125.
- [23] 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 Chengyou, FU Yao, WANG Wenxing, *et al.* Inhibition influence of extraction liquids from *Stellera chamaejasme* root on seed germination [J]. *J Northeastern Univ Nat Sci*, 2007, **28** (5): 729 – 732.