

# 桉树凋落物浸提液对任豆种子萌发及幼苗生长的影响

罗春宇, 马秋妮, 覃宝山\*, 覃勇荣\*

河池学院化学与生物工程学院, 广西 宜州

收稿日期: 2023年7月10日; 录用日期: 2023年8月22日; 发布日期: 2023年8月30日

## 摘 要

为了说明桉树凋落物浸提液对任豆种子萌发及幼苗生长的影响, 为桉树人工林改造和林分结构优化提供理论依据, 通过室内人工模拟试验, 选择了5个不同浓度梯度的桉树凋落物浸提液进行培养皿发芽和盆栽试验。结果表明: 1) 桉树凋落物浸提液对任豆种子萌发及幼苗生长的化感作用具有“低促高抑”的浓度效应: 在质量浓度为0 g/mL~0.05 g/mL的范围内, 对任豆种子萌发和幼苗生长具有一定的促进作用; 当浓度超过0.10 g/mL时, 对任豆种子萌发和幼苗生长具有明显的抑制作用。2) 根据综合化感指数的计算结果判断, 桉树凋落物浸提液对任豆种子萌发的化感作用, 大于其对任豆幼苗生长的化感作用。因为桉树凋落物浸提液化感物质对任豆种子萌发及幼苗生长的影响作用相对较小, 所以, 将任豆作为桉树人工林的混交树种进行林分改造, 在理论上是可以尝试的。

## 关键词

桉树人工林, 凋落物浸提液, 任豆, 种子萌发, 幼苗生长, 化感作用

## Effects of *Eucalyptus* Litter Extract on Seed Germination and Seedling Growth of *Zenia insignis* Chun

Chunyu Luo, Qiuni Ma, Baoshan Qin\*, Yongrong Qin\*

School of Chemistry and Bio-Engineering, Hechi University, Yizhou Guangxi

Received: Jul. 10<sup>th</sup>, 2023; accepted: Aug. 22<sup>nd</sup>, 2023; published: Aug. 30<sup>th</sup>, 2023

\*通讯作者。

文章引用: 罗春宇, 马秋妮, 覃宝山, 覃勇荣. 桉树凋落物浸提液对任豆种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 植物学研究, 2023, 12(5): 257-268. DOI: 10.12677/br.2023.125034

## Abstract

To demonstrate the influence of *Eucalyptus* litter extract on the germination and seedling growth of *Zenia insignis* for a providing theoretical basis for *Eucalyptus* plantation reconstruction and optimization of forest stand structure, an indoor artificial simulation experiment was conducted using five different concentration gradients of *Eucalyptus* litter extracts for petri dish germination and potted experiments. The results showed that: 1) *Eucalyptus* litter extract had a concentration effect of “low promotion and high inhibition” on the allelopathy of seed germination and seedling growth of *Z. insignis*. In the mass concentration range of 0 g/mL~0.05 g/mL, it had a certain promoting effect on the seed germination and seedling growth of *Z. insignis*; When the concentration exceeds 0.10 g/mL, it has a significant inhibitory effect on the germination and seedling growth of *Z. insignis* seeds. 2) According to the calculation results of the comprehensive allelopathy index, the allelopathy of *Eucalyptus* litter extract on the seed germination of *Z. insignis* is greater than its allelopathy on the seedling growth of *Z. insignis*. Due to the relatively small impact of liquefied substances extracted from *Eucalyptus* litter on seed germination and seedling growth of *Z. insignis*, it is theoretically feasible to use *Z. insignis* as a mixed tree species in *Eucalyptus* plantations for stand transformation.

## Keywords

*Eucalyptus* Plantation, Litter Extract, *Zenia insignis* Chun, Seed Germination, Seedling Growth, Allelopathy

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

化感作用普遍存在于自然界中，主要是指植物的次生代谢产物对其他植物及自身产生的一系列有益或有害的影响。1937年，H. Molisch首次提出化感作用的概念[1]，1984年，Rice对该概念进行了进一步修改和完善[2]。20世纪90年代，我国学者逐步开展该领域的研究，关注的问题主要是生物入侵[3]、种间互作[4]、杂草去除[5]及减少连作障碍[6]等方面，涵盖了农业、林业和牧业等多个领域。

桉树(*Eucalyptus spp*)是桃金娘科桉属、伞房桉属和杯果木属植物的统称，原产澳大利亚，19世纪90年代引入我国。当初，只将其作为庭院观赏树种[7]，后来发现其具有可观的经济效益，因此在我国南方地区大面积推广种植[8]。据报道，我国桉树人工林面积占全球的11%，位列第三[9]。广西气候地理条件优越[10]，桉树人工林面积达256.05万 $\text{hm}^2$ ，居全国首位[11]。虽然，桉树具有较高的经济效益，桉树人工林种植对当地经济发展具有一定的促进作用，但是，其对生态环境的影响也饱受争议。基于以上原因，有必要对桉树栽培过程中的环境影响问题进行深入的调查研究。

目前，关于桉树化感作用的研究，主要集中在化感物质对受体植物种子萌发[12] [13]、幼苗生长[14] [15]、生理生态特性影响等方面[16] [17]。任豆(*Zenia insignis* Chun)是中国特有树种，国家二级保护珍稀植物[18]，也是岩溶地区石漠化治理的优良乡土树种，其用途广泛，具有良好的生态-经济效益[19] [20] [21]，但是，迄今为止，关于桉树凋落物对任豆种子萌发及幼苗生长发育影响的相关研究，鲜有文献报道。因此，根据受体植物对桉树化感作用抵抗能力的差异，筛选适合与桉树伴生的树种，通过

科学引种, 实现林分结构的优化、林内生态环境改善的目标, 降低桉树人工林对土壤环境的不良影响, 是值得关注的问题。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 样品的采集及处理

任豆种子采自广西河池市宜州区退耕还林的任豆人工林, 因为人为干扰较少, 所以属于自然和半自然状态。采集地的任豆树龄均大于 15 a, 树高 10 m 以上, 胸径大于 20 cm。将野外采集的豆荚带回实验室, 自然晾干后, 剥出种子, 选取干净饱满的任豆种子, 用塑料自封袋密封, 做好相应标记和记录, 置于 4℃ 冰箱中保存, 备用。

桉树凋落物采集于广西河池市宜州区的速生桉人工林, 将凋落物装入塑料编织袋中带回实验室, 清除石块及其他植物的凋落物, 自然风干, 阴凉干燥处保存, 备用。

### 2.2. 浸提液的制备

将风干的桉树凋落物充分混匀, 用四分法取适量, 剪成 3 cm~5 cm 的小段, 混匀, 随机称量 100 g 放入烧杯, 加入 500 mL 蒸馏水浸泡 24 h, 间隔 6 h 搅拌 1 次。浸泡结束后, 先用折叠 4 层的纱布初步过滤, 再用定性滤纸过滤, 即得到质量浓度 0.2 g/mL 的桉树凋落物水提液, 然后分别用蒸馏水稀释成质量浓度为 0.1 g/mL、0.05 g/mL、0.01 g/mL 的处理液, 置于 4℃ 冰箱中保存, 备用。

### 2.3. 种子萌发试验

选取大小均匀一致、颗粒饱满的任豆种子, 用质量浓度为 0.5% 的高锰酸钾溶液浸泡消毒 15 min, 再用去离子水反复冲洗干净, 备用。用 80℃ 的热水浸种, 待水自然冷却至室温, 重复两次, 继续浸泡 24 h, 以破除种子硬实。

种子萌发试验用培养皿滤纸法。在经过灭菌处理的培养皿底部放置 2 层滤纸, 构成发芽床。将经过预处理的种子按 5 × 5 规格摆放在发芽床中, 用移液枪分别将不同浓度梯度的桉树凋落物水提液加入到培养皿中(以去离子水处理作为实验对照), 直至滤纸完全湿润, 置于 28℃ 恒温培养箱内培养, 光照和黑暗处理的时间均为 12 h, 以胚根突破种皮长度 1 mm~2 mm 为种子萌发标准, 间隔 24 h 观察种子萌发情况, 并统计发芽种子数, 每个处理组均设 3 个重复。在培养期内, 每日按时定量添加相应浓度的桉树凋落物水提液和去离子水, 定时打开培养皿盖进行通风, 每 3 d 更换一次滤纸, 防止受试种子发霉。

### 2.4. 幼苗盆栽试验

将经过预处理的任豆种子播种在聚乙烯塑料盆中, 常规管理培养 10 d, 待幼苗长成合适的高度后, 选取长势相近的幼苗并将其小心取出, 尽量保证植株不受损伤, 再将其移植到规格为 15 cm × 13 cm 的育苗杯中, 每杯移植幼苗 4 株, 每个处理设 6 个重复。幼苗移植后, 先让其定根 1 d, 再用不同质量浓度的桉树凋落物水提液浇淋幼苗, 连续处理 10 d, 幼苗生长的时间共 20 d。

### 2.5. 检测指标

#### 2.5.1. 种子萌发指标

##### 1) 种子发芽

将种子放入培养箱培养为发芽第 1 d, 以连续 3 d 无种子萌发为标准, 结束发芽试验。试验期间记录各种处理每天的发芽数, 根据统计结果, 在种子萌发第 3 d 起计算发芽势, 6 d 后测定发芽率、发芽速率、

发芽指数。计算公式如下：

$$\text{发芽势}(\%) = \frac{\text{3d内发芽种子数}}{\text{供试种子总数}} \times 100\%$$

$$\text{发芽率}(\%) = \frac{\text{6d内发芽种子数}}{\text{供试种子总数}} \times 100\%$$

$$\text{发芽速率} = \left( N_1 + \frac{N_2 - N_1}{2} + \frac{N_3 - N_2}{3} + \dots + \frac{N_i - N_{i-1}}{N} \right) \times 100\%$$

( $N_i$ 和 $N$ 分别指第 $i$ 天相应的发芽数和发芽天数)

$$\text{发芽指数}(\text{CI}) = \sum \frac{G_i}{D_i}$$

( $G_i$ 和 $D_i$ 分别为第 $i$ 天的发芽数和发芽天数)

## 2) 胚根及胚轴长度

要测定任豆种子的胚根与胚轴长度，发芽试验结束后，以5粒为一组，每种处理随机选出3组发芽种子，共15粒，用数显游标卡尺进行长度测量。

### 2.5.2. 幼苗形态指标

#### 1) 株高与根长

从每个处理中随机选取5株任豆幼苗，将植株上附带的泥土用清水反复冲洗干净，在滤纸上吸干水分后，用数显游标卡尺测定其株高与根长，结果取平均值。

#### 2) 鲜重与干重

取出5株幼苗，用自来水将表面的泥土冲洗干净，用吸水纸吸干其表面的水分，将其置于电子天平上称量鲜重，将称量后的幼苗装入干净牛皮纸袋中，放入已预热至105℃的烘干箱内杀青0.5 h，随后调节温度至70℃，直至幼苗烘干至恒重，用电子天平称量其干重。

### 2.5.3. 幼苗生理指标

任豆幼苗叶片叶绿素含量的测定用浸提法[22]，可溶性糖含量的测定用蒽酮比色法[23]。

### 2.5.4. 化感效应指数和化感综合效应指数

用化感效应指数(RI) [24]表示不同质量浓度桉树凋落物浸提液对任豆种子萌发和幼苗生长的影响，计算公式如下：

$$\text{当 } T > C \text{ 时: } \text{RI} = 1 - \frac{C}{T}$$

$$\text{当 } T \leq C \text{ 时: } \text{RI} = \frac{T}{C} - 1$$

式中 $C$ 为对照值， $T$ 为处理值； $\text{RI} > 0$ 表示促进作用； $\text{RI} = 0$ 无化感效应； $\text{RI} < 0$ 为抑制作用； $\text{RI}$ 绝对值越大表示化感作用强度越大。

综合化感效应综合指数(SE)为化感效应指数的算术平均值。

## 2.6. 数据处理分析

数据整理用Excel 2021进行，方差分析(ANOVA)和多重比较(Duncan)用SPSS 21.0进行；绘图用Origin 2018进行。

### 3. 结果与分析

#### 3.1. 桉树凋落物浸提液对任豆种子萌发的影响

##### 3.1.1. 对种子萌发的影响

不同浓度桉树凋落物浸提液对任豆种子萌发影响的结果见表 1。与对照组相比，随着浸提液浓度的增加，任豆种子的发芽率、发芽势、发芽速率、发芽指数均呈先增后降的趋势。当桉树浸提液浓度为 0.01 g/mL 时，各监测指标的数值最高；当桉树凋落物浸提液的浓度为 0.20 g/mL 时，各监测指标的数值最低，部分处理组之间的差异显著( $p < 0.05$ )。

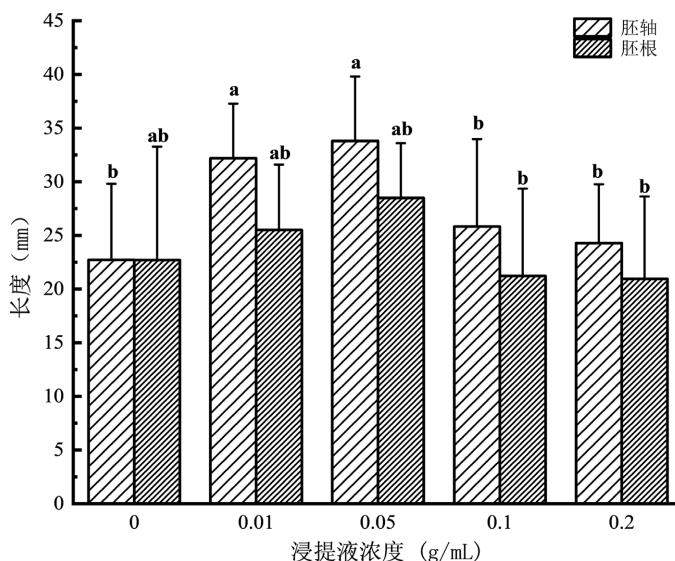
**Table 1.** Effects of different concentrations of *Eucalyptus* litter extracts on seed germination of *Z. insignis*

**表 1.** 不同浓度桉树凋落物浸提液对任豆种子萌发的影响

浓度(g/mL)	发芽率(%)	发芽势(%)	发芽速率	发芽指数
0	80.67 ± 1.15 <sup>b</sup>	82.67 ± 4.62 <sup>ab</sup>	8.58 ± 0.30 <sup>ab</sup>	24.26 ± 1.03 <sup>ab</sup>
0.01	90.67 ± 2.31 <sup>a</sup>	89.33 ± 2.31 <sup>a</sup>	9.64 ± 0.56 <sup>a</sup>	27.76 ± 1.62 <sup>ac</sup>
0.05	85.33 ± 2.31 <sup>ab</sup>	80.00 ± 6.93 <sup>ab</sup>	7.83 ± 0.34 <sup>b</sup>	22.53 ± 0.78 <sup>b</sup>
0.10	80.00 ± 8.00 <sup>b</sup>	72.00 ± 13.86 <sup>ab</sup>	7.69 ± 1.22 <sup>b</sup>	21.83 ± 3.74 <sup>bc</sup>
0.20	78.67 ± 2.31 <sup>b</sup>	70.67 ± 6.11 <sup>b</sup>	7.06 ± 0.13 <sup>c</sup>	19.94 ± 0.53 <sup>c</sup>

注：在每列数据中，不同小写字母表示差异显著( $p < 0.05$ )，下同。

##### 3.1.2. 对种子胚轴和胚根伸长的影响



**Figure 1.** Effect of *Eucalyptus* litter extract on the elongation of seed hypocotyl and radicle of *Z. insignis*

**图 1.** 桉树凋落物浸提液对任豆种子胚轴和胚根伸长的影响

不同浓度的桉树凋落物浸提液对任豆种子胚轴的伸长均具有促进作用，而且部分处理组之间差异显著；与对照组相比，处理组的胚轴长度增加了 6.88%~48.77%，但是，随着桉树凋落物浸提液浓度的增大，种子胚轴的伸长呈逐渐减少的趋势。桉树凋落物浸提液对任豆种子胚根的伸长有一定的影响，但不同处

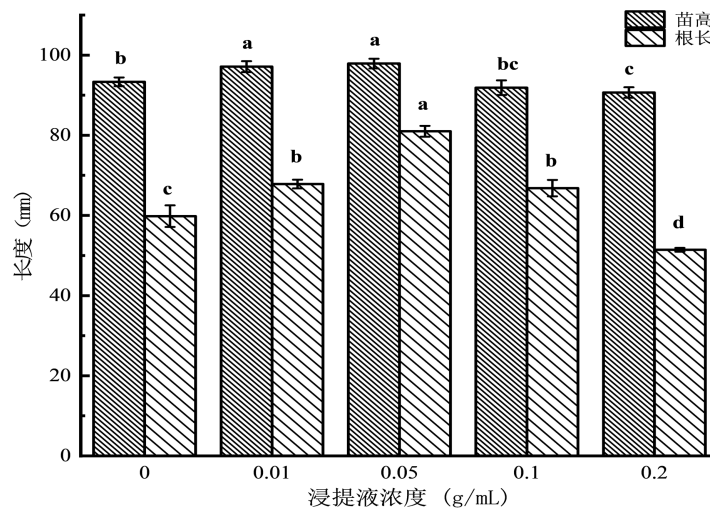


理组之间的差异不显著，其影响效果表现为低促高抑；与对照组相比，浓度为 0.01 g/mL 和 0.05 g/mL 的处理组，其胚根长度分别增加了 12.29% 和 25.41%；浓度为 0.10 g/mL 和 0.20 g/mL 的处理组，其胚根长度分别减少了 6.56% 和 7.75%，具体结果见图 1。

### 3.2. 桉树凋落物浸提液对任豆幼苗生长的影响

#### 3.2.1. 对苗高和根长的影响

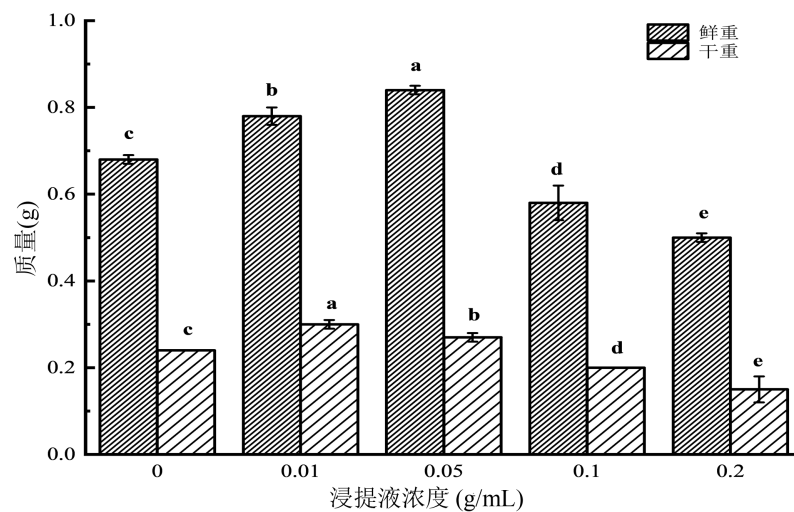
桉树凋落物浸提液对任豆幼苗的高度和根长均有显著影响。在浓度为 0.05 g/mL 的范围内，桉树凋落物浸提液对任豆苗高和根长有一定的促进作用；当浓度超过 0.05 g/mL 时，桉树凋落物浸提液对任豆苗高和根长有一定的抑制作用，其中根长的受抑情况更为明显，具体见图 2。



**Figure 2.** Effect of different concentrations of *Eucalyptus* litter extracts on the height and root length of *Z. insignis* seedlings

**图 2.** 不同浓度桉树凋落物浸提液对任豆苗高和根长的影响

#### 3.2.2. 对生物量的影响



**Figure 3.** Effect of different concentrations of *Eucalyptus* litter extracts on fresh and dry weight of *Z. insignis* seedlings

**图 3.** 不同浓度桉树凋落物浸提液对任豆幼苗鲜重和干重的影响

不同浓度的桉树凋落物浸提液对任豆幼苗的鲜重和干重均有显著影响。与对照组相比,在一定浓度范围内,任豆幼苗的鲜重和干重增加;当桉树凋落物浸提液的浓度超过一定范围时,任豆幼苗的鲜重和干重减少。具体情况见图 3。

### 3.3. 桉树凋落物浸提液对任豆幼苗生理的影响

#### 3.3.1. 对幼苗叶绿素含量的影响

桉树凋落物浸提液对任豆幼苗叶绿素含量有显著影响。在浓度为 0 g/mL~0.10 g/mL 的范围内,不同浓度桉树凋落物浸提液处理的任豆幼苗叶绿素 a、叶绿素 b 及总叶绿素含量均高于对照组;在浓度为 0.05 g/mL 的范围内,桉树凋落物浸提液可使任豆幼苗叶绿素 a 含量和总叶绿素含量显著增加;当浸提液浓度高于 0.01 g/mL 时,任豆幼苗的叶绿素含量呈逐渐下降的趋势;当桉树凋落物浸提液浓度达到 0.20 g/mL 时,任豆幼苗的叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素含量显著低于对照组。具体情况见图 4。

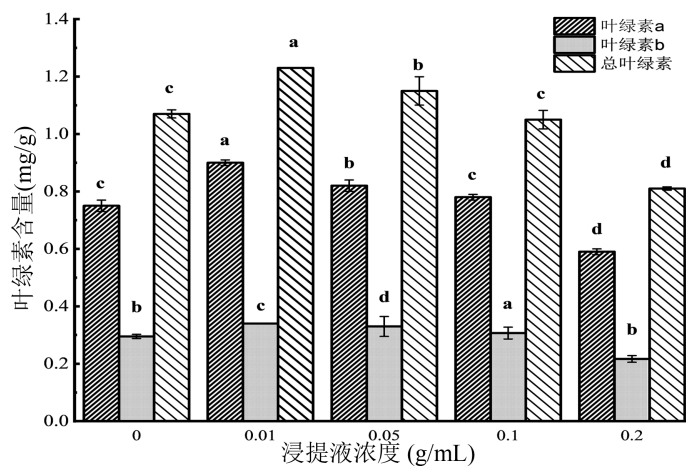


Figure 4. Effect of different concentrations of *Eucalyptus* litter extracts on chlorophyll content of *Z. insignis* seedlings

图 4. 不同浓度桉树凋落物浸提液对任豆幼苗叶绿素含量的影响

#### 3.3.2. 对幼苗可溶性糖含量的影响

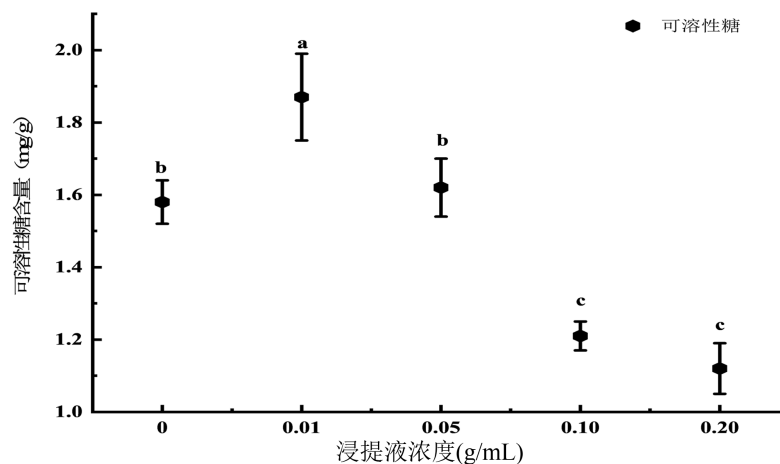


Figure 5. Effect of different concentrations of *Eucalyptus* litter extracts on soluble sugar content of *Z. insignis* seedlings

图 5. 不同浓度桉树凋落物浸提液对任豆幼苗可溶性糖含量的影响

不同浓度桉树凋落物浸提液对任豆幼苗可溶性糖含量的影响, 结果见图 5。由此可知, 其影响作用表现为低促高抑。与对照组相比, 在低浓度桉树凋落物浸提液处理时, 任豆幼苗叶片中的可溶性糖增加; 而在高浓度的桉树凋落物浸提液处理时, 处理组的任豆幼苗可溶性糖含量减少。

### 3.4. 化感指数

#### 3.4.1. 任豆种子的化感效应指数

桉树凋落物浸提液对任豆种子萌发的化感效应指数大小, 因处理浓度不同而有一定的差异, 化感作用对任豆种子萌发的影响作用强弱排序为: 发芽速率 > 发芽势 > 发芽指数 > 发芽率, 具体情况见表 2。

**Table 2.** Allelopathic effects of different concentrations of *Eucalyptus* litter extracts on the germination of *Z. insignis* seeds  
**表 2.** 不同浓度桉树凋落物浸提液对任豆种子萌发的化感效应

发芽指标	处理浓度(g/mL)				化感综合指数
	0.01	0.05	0.10	0.20	
发芽率	0.110	0.055	-0.008	-0.025	0.033
发芽势	0.075	-0.032	-0.129	-0.145	-0.058
发芽速率	0.110	-0.087	-0.104	-0.177	-0.065
发芽指数	0.126	-0.071	-0.100	-0.178	-0.056

在种子萌发时, 桉树凋落物浸提液对任豆种子胚轴和胚根的伸长均具有一定的促进作用。与胚根相比, 桉树凋落物浸提液对胚轴伸长的促进作用更加明显, 具体见表 3。

**Table 3.** Allelopathic effects of different concentrations of *Eucalyptus* litter extracts on the seed hypocotyl and radicle of *Z. insignis*

**表 3.** 不同浓度桉树凋落物浸提液对任豆种子胚轴和胚根的化感效应

测量指标	浓度(g/mL)				化感综合指数
	0.01	0.05	0.10	0.20	
胚轴	0.294	0.328	0.120	0.064	0.202
胚根	0.110	0.203	-0.066	-0.077	0.042

#### 3.4.2. 任豆幼苗的化感效应指数

桉树凋落物浸提液对任豆幼苗生长具有一定的影响, 随着处理浓度的增大, 其影响效果更加明显。从综合化感效应指数的计算结果可知, 其对任豆的苗高和根长的增加有一定的正效应, 而对任豆幼苗鲜重和干重的增加则有负效应, 作用大小(强弱)排序为: 根长 > 干重 > 鲜重 > 苗高, 具体情况见表 4。

**Table 4.** Allelopathic effects of different concentrations of *Eucalyptus* litter extracts on the growth of *Z. insignis* seedlings

**表 4.** 不同浓度桉树凋落物浸提液对任豆幼苗生长的化感效应

生长指标	浓度(g/mL)				化感综合指数
	0.01	0.05	0.10	0.20	
鲜重	0.129	0.190	-0.150	-0.265	-0.024



Continued

干重	0.194	0.103	-0.183	-0.367	-0.063
苗高	0.039	0.047	-0.016	-0.029	0.010
根长	0.118	0.261	0.105	-0.141	0.086

与幼苗生长情况相似, 桉树凋落物浸提液对任豆幼苗生理的影响, 随着处理浓度的增大, 其影响效果也愈加明显, 各生理指标受影响的大小低排序为: 可溶性糖 > 叶绿素 a > 总叶绿素 > 叶绿素 b, 具体情况见表 5。

**Table 5.** Allelopathic effects of different concentrations of *Eucalyptus* litter extracts on the physiology of *Z. insignis* seedlings

**表 5.** 不同浓度桉树凋落物浸提液对任豆幼苗生理的化感效应

生理指标	浓度(g/mL)				化感综合指数
	0.01	0.05	0.10	0.20	
叶绿素 a	0.167	0.085	0.038	-0.213	0.019
叶绿素 b	0.132	0.106	0.038	-0.265	0.003
总叶绿素	0.130	0.070	-0.019	-0.243	-0.016
可溶性糖	0.155	0.025	-0.234	-0.291	-0.086

### 3.4.3. 任豆种子萌发期和幼苗生长期的综合化感效应指数

桉树凋落物浸提液对任豆种子萌发和幼苗生长的化感作用, 均表现为低浓度促进和高浓度抑制的效应。在任豆种子萌发及幼苗生长时期, 当桉树凋落物浸提液的浓度高于 0.10 g/mL 时, 其化感效应指数均为负值, 化感指数的绝对值随着处理浓度的增大而不断增大, 其抑制作用也随着浸提液浓度的升高而逐步增强, 具体结果见表 6。

**Table 6.** Comprehensive allelopathic effects of *Eucalyptus* litter extract on seed germination and seedling growth of *Z. insignis*

**表 6.** 桉树凋落物浸提液对任豆种子萌发及幼苗生长的综合化感效应

处理时期	浓度(g/mL)				化感综合指数
	0.01	0.05	0.10	0.20	
种子萌发	0.126	0.059	-0.060	-0.078	0.012
幼苗生长	0.133	0.111	-0.053	-0.227	-0.009

## 4. 讨论

### 4.1. 桉树凋落物浸提液对任豆种子萌发的影响

桉树凋落物浸提液对任豆种子萌发的影响, 不仅有一定的浓度效应(低促高抑), 而且还可能因受体植物组织器官及其生长发育阶段不同而有差异, 该情况与王宁和 Fozia 等人的相关研究结果相似[25] [26] [27]。种子萌发是植物生命周期中至关重要的起始环节, 不同植物种子对桉树凋落物浸提液的敏感程度不同。贾朋等人研究发现, 尾巨桉叶片水提液能显著抑制木荷、火力楠种子的萌发和幼苗生长,

而红锥、樟树等树种受桉树化感作用的影响不大[15]。刘忠玲等人的研究表明,植物不同器官对化感物质的响应存在一定的差异[28];孟林宜发现,美国薄荷水浸提液的化感作用具有选择性,其对植物根系的影响,大于其对胚轴的影响[29]。本研究结果与上述研究结果相似。

#### 4.2. 桉树凋落物浸提液对任豆幼苗生长的影响

幼苗生长形态的变化,可以反映化感作用的外在效果。苗高和根长作为幼苗生长状况的评价指标,能够直接反映化感作用的强度。蒲旭斌发现,在泡核桃水浸提液处理下,草珊瑚的苗高和根长均表现出低促高抑的化感效应[30]。万欢欢发现,紫茎泽兰叶片凋落物浸提液对辣子草、白三叶、紫花苜蓿的幼苗生长也具有类似的化感效应[31],本研究结果与之相似。生物量是判断植物生长状况的重要指标,在低浓度桉树凋落物浸提液的作用下,实验处理组的任豆幼苗生物量显著增加;当桉树凋落物浸提液浓度增大到一定水平时,其对任豆苗高和根长的抑制作用也随之增强。

#### 4.3. 桉树凋落物浸提液对任豆幼苗生理的影响

叶绿素是光合色素,其含量高低直接影响植物光合作用的效率[29]。黄雁飞发现,盆栽玉米叶片中的叶绿素 a 和叶绿素 b 含量,随桉叶添加量的增加而减少[32]。陈洪和汪虎等人的实验结果表明,随着蓝桉凋落叶添加量的增加,受体植物叶绿素的合成有低促高抑的现象,其叶绿素含量呈先升后降的变化趋势[33][34]。本研究所得结果与之相似。

可溶性糖是植物细胞的渗透调节剂,对细胞膜和原生质胶体起稳定作用。王文萱[35]等人发现,托鲁巴姆叶片水浸提液对香菜叶片可溶性糖含量的影响,有低促高抑的浓度效应;沙俊涛发现,随着茶树凋落叶浸提液浓度的升高,菘蓝幼苗的可溶性糖含量有先升后降的趋势[36]。从本研究的实验结果可知,中低浓度的桉树凋落物浸提液,可增加任豆幼苗可溶性糖的积累;高浓度的桉树凋落物浸出液,其作用效果则与之相反。究其原因,可能是因为桉树凋落物浸提液的浓度过高时,已经超出了任豆幼苗的耐受范围,使任豆幼苗的自我调节能力下降,甚至受到伤害,具体原因有待进一步分析。

#### 4.4. 桉树凋落物浸提液的主要化感物质及作用机制

据相关文献报道,化感物质种类繁多,Rice 将其大致分为 14 类[1]。实验研究结果表明:不同植物(甚至同一植物的不同器官)所含的化感物质有差异[37];植物次生代谢释放的化感物质主要是萜类和酚类化合物[38],化感物质可以影响植物的细胞分裂、保护酶活性、根系活力、光合作用、呼吸作用等生理过程。巨桉凋落物中的酚类、萜类和酯类化合物均是重要的化感组分[16],速生桉的凋落物是否也含有与之相似的化感组分,具体问题有待深入研究。桉树凋落物化感物质的释放是一个持续过程[39],通常受温度、湿度、降雨、光照等气象条件及采集地土壤微生物群落结构等诸多因素的影响,因为本研究为室内人工模拟试验,其结果可能与野外实验的结果有一定差异。因此,在条件许可的情况下,有必要通过野外试验,对室内人工模拟实验的结果进行验证。

### 5. 结论

1) 桉树凋落物浸提液对任豆种子萌发及幼苗生长的化感作用表现为低促高抑的浓度效应:在浓度为 0 g/mL~0.05 g/mL 的范围内,对任豆种子萌发和幼苗生长具有一定的促进作用;当浓度超过 0.10 g/mL 时,对任豆种子萌发和幼苗生长具有明显的抑制作用。

2) 根据综合化感指数的分析结果判断,桉树凋落物浸提液对任豆种子萌发的化感作用,大于其对任豆幼苗生长的化感作用。

3) 桉树凋落物浸提液化感物质对任豆种子萌发及幼苗生长的影响作用相对较小,因此,将任豆作为

桉树人工林的混交树种进行林分改造，理论上是可行的。

## 基金项目

广西自然科学基金(桂科自 0832273), 桂西北地方资源保护与利用工程中心(桂教科研[2012]9 号), 河池学院高层次人才科研启动费项目(XJ2018GKQ016)。

## 参考文献

- [1] Rice, E.L. (1995) *Biological Control of Weeds and Plant Diseases: Advances in Applied Allelopathy*. Norman University of Oklahoma Press, Norman.
- [2] Rice, E.L. (1984) *Allelopathy*. 2nd Edition, Academic Press, New York, 422.
- [3] 贾海江, 李先琨, 唐赛春, 等. 紫茎泽兰对三种岩溶地区木本植物种子萌发的化感作用[J]. 广西植物, 2009, 29(5): 631-634, 639.
- [4] 李春霞, 吴凤芝. 根系分泌物的收集及其介导的种间互作[J]. 西北农业学报, 2016, 25(6): 795-803.
- [5] 闫程铭. 蓝蓟(*Echium vulgare* L.)浸提液对四种杂草的发芽和生长的化感作用[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林农业大学, 2022.
- [6] 王艳芳, 潘凤兵, 展星, 等. 连作苹果土壤酚酸对平邑甜茶幼苗的影响[J]. 生态学报, 2015, 35(19): 6566-6573.
- [7] 田雪晨, 陈贤兴. 大叶桉树对几种农作物和杂草的化感作用[J]. 浙江农业科学, 2014, 343(4): 530-532, 535.
- [8] 郑嘉琪, 陈少雄. 我国桉树用途概述[J]. 桉树科技, 2017, 34(3): 42-46.
- [9] 温远光, 刘世荣, 陈放, 等. 桉树工业人工林植物物种多样性及动态研究[J]. 北京林业大学学报, 2005, 27(4): 17-22.
- [10] 凤鸿丽. 广西桉树人工林可持续发展中存在的问题及对策分析[J]. 中国林副特产, 2022, 180(5): 92-94.
- [11] 彭杏冰, 胡刚, 任世奇, 等. 广西桉树人工林林下植物的物种和谱系多样性及其影响因素[J]. 植物科学学报, 2022, 40(6): 771-781.
- [12] 曹潘荣, 骆世明. 柠檬桉的他感作用研究[J]. 华南农业大学学报, 1996, 17(2): 7-11.
- [13] 丘娴, 余世孝, 方碧真, 等. 尾叶桉对四种豆科植物的化感作用[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2007, 46(3): 88-92.
- [14] 方碧真, 余世孝, 王永繁, 等. 尾叶桉 *Eucalyptus urophylla* 对 8 种乡土树种的化感作用[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2010, 49(5): 113-117.
- [15] 贾朋, 沈汝彬, 陈勇, 等. 尾叶桉叶片水提液对 8 种乡土树种的化感作用[J]. 中南林业科技大学学报, 2021, 41(11): 27-34.
- [16] 吴秀华, 李羿桥, 胡庭兴, 等. 巨桉凋落叶分解初期对菊苣生长和光合特性的影响[J]. 应用生态学报, 2013, 24(7): 1817-1825.
- [17] 朱宇林, 谭萍, 陆绍锋, 等. 桉树叶水浸提液对 4 种植物种子化感作用的生物测定[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(1): 134-137.
- [18] 何小勇, 袁德义, 柳新红, 等. 珍稀速生树种翅荚木的特性及开发利用(综述) [J]. 亚热带植物科学, 2007, 94(1): 75-78, 84.
- [19] 侯伦灯, 李玉蕾, 李平宇, 等. 任豆树综合利用研究[J]. 林业科学, 2001, 37(3): 139-143.
- [20] 侯远瑞. 桂西南石漠化治理造林树种选择研究[D]: [硕士学位论文]. 长春: 中南林业科技大学, 2014.
- [21] 覃勇荣, 赵贞涛, 刘旭辉, 等. 重金属胁迫对不同种源任豆种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(12): 156-162.
- [22] 徐琳煜, 刘守赞, 白岩, 等. 不同光强处理对三叶青光合特性的影响[J]. 浙江农林大学学报, 2018, 35(3): 467-475.
- [23] 张晓利, 刘崇怀, 刘强, 等. 不同葡萄种质果实可溶性糖组分特征分析[J]. 中国果树, 2023(4): 56-62.
- [24] Bruce, W.G. and Richardson, D. (1988) Bioassays for Allelopathy: Measuring Treatment Responses with Independent Controls. *Journal of Chemical Ecology*, **14**, 181-187. <https://doi.org/10.1007/BF01022540>
- [25] 李梦琪, 赵冲, 罗航, 等. 不同凋落物水浸提液对杉木种子萌发和幼苗早期生长的化感作用[J]. 江苏农业科学,

- 2023, 51(7): 138-146.
- [26] Fozia, S., Shahid, I. and Shakirullah, K.S. (2020) Comparative Allelopathic Effects of Different Parts of *Parthenium-hysterophorus* L. on Seed Germination and Biomasses of *Cicer arietinum* L. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, **16**, 64-75.
- [27] 马银山, 常妍, 王含睿, 等. 天仙子种子浸提液对黑麦草种子萌发和幼苗生长的化感作用[J]. 草地学报, 2021, 29(8): 1697-1703.
- [28] 刘忠玲, 王庆成, 郝龙飞. 白桦、落叶松不同器官水浸液对种子萌发和播种苗生长的种间化感作用[J]. 应用生态学报, 2011, 22(12): 3138-3144.
- [29] 孟林宜. 美国薄荷水浸液对不同植物的化感作用研究[D]: [硕士学位论文]. 吉林: 北华大学, 2022.
- [30] 蒲旭斌. 泡核桃叶水浸提液对草珊瑚的化感作用研究[D]: [硕士学位论文]. 南宁: 广西大学, 2022.
- [31] 万欢欢, 刘万学, 万方浩. 紫茎泽兰叶片凋落物对入侵地 4 种草本植物的化感作用[J]. 中国生态农业学报, 2011, 19(1): 130-134.
- [32] 黄雁飞, 陈桂芬, 熊柳梅, 等. 速生桉叶片对盆栽玉米抗性生理的影响[J]. 西南农业学报, 2018, 31(3): 483-487.
- [33] 陈洪, 周光良, 胡庭兴, 等. 蓝桉凋落叶分解对菠菜生长及光合特性的影响[J]. 生态学报, 2015, 35(7): 2146-2154.
- [34] 汪虎, 王晗光. 蓝桉叶对黑麦草化感作用及其机理的初步研究[J]. 河北师范大学学报(自然科学版), 2013, 37(2): 186-192.
- [35] 王文萱, 李秋鸿, 李云鹏, 等. 托鲁巴姆叶片水浸提物对几种蔬菜的化感作用[J]. 种子, 2020, 39(11): 88-92.
- [36] 沙俊涛, 姚浩铮, 周庄煜, 等. 茶树凋落叶浸提液对菘蓝种子发芽的化感作用[J]. 中药材, 2019, 42(7): 1471-1477.
- [37] 张如义, 胡红玲, 胡庭兴, 等. 核桃凋落叶分解对 3 种作物生长、光合及抗性生理特性的影响[J]. 生态与农村环境学报, 2016, 32(4): 595-602.
- [38] 孔垂华, 胡飞. 植物化感(相生相克)作用及其应用[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- [39] Vidal, R.A. and Bauman, T.T. (1997) Fate of Allelochemicals in the Soil. *Ciência Rural*, **27**, 351-357. <https://doi.org/10.1590/S0103-84781997000200032>