

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2026.02.010

桉树化感作用下四种药用植物的响应差异 及林下适生性初筛

蓝玉宁¹, 冯景琳¹, 覃杨¹, 吴妮妮^{1,2}, 许亚楠^{1,2}

1. 广西医科大学药学院, 南宁 530021;

2. 广西生物活性分子研究与评价重点实验室, 南宁 530021

摘要: 筛选对桉树化感物质具有耐受性的药用植物, 为桉树林下间作模式提供候选物种依据。采用室内生物测定法, 研究了 5、10、20 g/L 桉树叶浸提液对决明、桔梗、益母草和穿心莲种子萌发、幼苗生长及生理生化指标的影响, 并结合化感综合效应指数(SE)评估不同药用植物的响应差异。结果表明, 桉树浸提液对不同药用植物的化感效应存在显著差异: 低浓度(5 g/L)显著促进益母草种子萌发($RI=0.20$), 但显著抑制桔梗和穿心莲种子的萌发($RI=-0.19$ 、 -0.38); 中高浓度(10、20 g/L)显著促进决明幼苗茎伸长、主根生长, 而对桔梗和穿心莲的根系生长则表现出明显抑制作用。生理指标分析显示, 决明的抗氧化系统响应积极, 受抑程度最小, 而桔梗的生理代谢受损最为显著。综上, 决明与益母草对桉树化感物质表现出较强的耐受与适应潜力, 其中决明在中高浓度胁迫下仍维持正向生长响应, 耐化感能力最强。研究为桉树林下药用植物的品种筛选提供了基于化感作用的生理生态学依据。

关键词: 桉树; 药用植物; 化感作用;
生理; 生化

中图分类号: S792.39; S567+Q948.12 文献标识码: A 开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文章编号: 2097-1354(2026)02-0088-09



Differential Responses of Four Medicinal Plants to *Eucalyptus urophylla* Allelopathy and Preliminary Screening for Understory Suitability

LAN Yuning¹, FENG Jinglin¹, QIN Yang¹,

收稿日期: 2025-09-05

基金项目: 广西自然科学基金项目青年基金项目(2023GXNSFBA026208); 广西自然科学基金项目面上项目(2025GXNSFAA069843); 广西医科大学大学生创新创业训练项目(S202510598134); 广西中药材品质创新研究团队项目(GZKJ2305)

作者简介: 蓝玉宁, 研究方向为药用植物活性成分开发与利用。

通信作者: 许亚楠, 博士, 副教授。

WU Nini^{1,2}, XU Yanan^{1,2}

1. Pharmaceutical College, Guangxi Medical University, Nanning 530021, China;

2. Guangxi Key Laboratory of Bioactive Molecules Research and Evaluation, Nanning 530021, China

Abstract: The purpose of this study was to screen medicinal plants that are resistant to *Eucalyptus urophylla* allelochemicals and provided candidate species basis for the intercropping mode of eucalyptus forest. Thus, the effects of *E. urophylla* leaf extracts (5 g/L, 10 g/L and 20 g/L) on germination, growth, and physiology of *Senna tora*, *Platycodon grandiflorum*, *Leonurus japonicus* and *Andrographis paniculata* were assessed using allelopathic effect index assay. Moreover, the response differences of different medicinal plants were evaluated by the comprehensive effect index (SE). The results showed that the allelopathic effects of eucalyptus extracts on different medicinal plants were significantly different. The low concentration (5 g/L) of *E. urophylla* leaf extracts significantly promoted the seed germination of *L. japonicus* ($RI=0.20$), but significantly inhibited the seed germination of *P. grandiflorum* and *A. paniculata* ($RI=-0.19$, -0.38). The medium and high concentrations (10 g/L and 20 g/L) of *E. urophylla* leaf extracts significantly promoted the stem elongation, and taproot growth of *S. tora* seedlings, but significantly inhibited the root growth of *P. grandiflorum* and *A. paniculata*. Physiological analysis indicated that *S. tora* exhibited a positive response to the antioxidant system and suffered the least degree of inhibition, whereas *P. grandiflorum* showed the most significant impairment in physiological metabolism. In conclusion, *S. tora* and *L. japonicus* exhibited high allelopathic tolerance, with *S. tora* being most tolerant. This study provides a physiological basis for species selection in *E. urophylla*-based agroforestry.

Key words: *Eucalyptus urophylla*; medicinal plants; allelopathy; physiology; biochemistry

桉树(*Eucalyptus* spp.)为桃金娘科常绿乔木^[1],自1890年引入中国后广泛种植,现已成为重要经济林种,满足了国内超过50%的纸浆需求。然而,其单一栽培模式导致生态退化与效益瓶颈,林下种植中药材可缓解该问题,实现生态与经济双赢。

植物化感作用(allelopathy)是指植物通过释放次生代谢物(如酚酸、萜类、黄酮等)到环境中,抑制或促进邻近植物生长和发育的生态现象^[2]。已有研究表明,桉树可通过凋落叶、根系分泌物和挥发物释放多种化感物质,如香豆素、桉叶油素和酚类化合物,对周围植物的种子萌发、根系发育和光合作用产生显著抑制效应^[3-5]。这些化感作用被认为是桉树林下植被稀疏、物种多样性降低的重要机制之一^[6]。目前,关于桉树化感作用的研究多集中于其对农作物或杂草的影响,涉及药用植物的研究较少且多为单一物种萌发试验^[7-8],而针对林下药用植物响应差异的系统研究仍较为缺乏,尤其在生理生化层面的响应机制尚不清晰。

本研究选取决明(*Senna tora*)、桔梗(*Platycodon grandiflorus*)、益母草(*Leonurus japonicus*)和穿心莲(*Andrographis paniculata*)4种具有较高药用价值且在华南地区广泛栽培的药用植物为对象,旨在评估其对桉树化感胁迫的耐受性差异,筛选适宜林下间作的候选物种。其中,决明是我国传统中药材,适宜华南亚热带季风气候,但现有研究集中于药用成分提取^[9],对化感物质响应的生理机制研究尚为空白;桔梗具有诸如止咳、抗肿瘤和抗肥胖等多重药理效果^[10],在华南丘陵地区广泛种植,耐贫瘠土壤,但化感胁迫对其影响尚未见报道;益母草是妇科常用中药材,主要以干燥地上部分入药,在华南地区种植较多^[11],但缺乏其对化感物质的响应研究;穿心莲在中国、印度及东南亚的传统医学中应用广泛,具有抗炎、抗氧化、抗过敏、降血糖、降血脂、保护心血管等作用,同时还具有保肝、保肾和抗疟等功效^[12],在福建、广东、广

西等地形成规模化种植。与以往研究多聚焦于根系分泌物或土壤浸提液不同,本研究选用桉树叶浸提液作为化感胁迫源,因其凋落叶分解过程中释放的酚类、萜烯类等水溶性次生代谢物是化感物质进入林下环境的主要途径,能通过模拟自然淋溶过程有效反映桉树对林下植物种子萌发与幼苗生长的典型化感胁迫特征,且制备方法稳定、重复性高,有利于实验的标准化操作。本研究系统比较了4种华南地区常用药用植物在桉树叶浸提液胁迫下的种子萌发、幼苗生长及抗氧化生理响应,并结合化感综合效应指数(SE)进行综合评价,从生理生态学角度为桉树林下药用植物适生性筛选提供科学依据。研究成果有望为构建“桉树—药用植物”复合种植模式、推动林药生态循环体系建设提供参考。

1 材料与方法

1.1 主要材料与仪器

桉树叶片采自广西都安瑶族自治县拉仁镇索潭村,经鉴定为桃金娘科桉属植物尾叶桉(*Eucalyptus urophylla*)。供试种子来源于药用植物决明、桔梗、益母草和穿心莲,购自安国市万草同源苗木花卉有限公司。高速冷冻离心机(德国艾本德公司);紫外可见分光光度计(上海元析仪器有限公司);酶标仪(美国伯腾仪器有限公司);数显恒温水浴锅(金坛市易晨仪器制造有限公司);立式压力蒸汽灭菌器(常州市衡正电子仪器有限公司)。

1.2 方法

1.2.1 桉树叶片浸提液的制备

参考文献[13-15],从无病虫害、生长状态一致的桉树采集上、中、下三层叶片,清洗后阴干。然后,对叶片进行如下处理:60℃烘干8h,粉碎混匀;精确称取40g叶片粉末,加入1000mL无菌水,浸泡24h,过滤得40g/L母液,分别稀释为5、10、20g/L工作液,4℃保存备用。

1.2.2 药用植物种子处理

选取籽粒饱满且大小一致的种子,经1%KMnO₄溶液消毒30min。灭菌水冲洗数次,晾干后用于萌发试验。

1.2.3 药用植物种子萌发试验

参考李文杨等^[16]的方法,采用培养皿滤纸法,设CK(RO水)、5、10、20g/L4个浓度处理,每皿放置50粒种子,各添加5mL对应浓度桉树叶片浸提液,于25℃、12h光/12h暗交替条件下培养,定期更换溶液以保持湿度。每处理重复3~4次。以胚根突破种皮1mm为发芽标准。每日观察记录,根据以下公式计算种子萌发率。

$$A = N/M \times 100\%$$

式中,N——萌发种子数;M——供试种子总数。

1.2.4 药用植物幼苗形态测量

在幼苗生长至15d时,使用游标卡尺测量4种药用植物幼苗的主根长及苗高,取平均值。

1.2.5 药用植物生理生化指标测定

按1.2.3的方法,将植物培养30d后,参照文献[17]的方法,提取药用植物光合色素样品液。取决明、桔梗、益母草和穿心莲幼苗新鲜叶片0.2g,加入80%丙酮研磨至组织变白,定容后常温12000r/min离心15min,取上清液测定光合色素含量;参照文献[18]的方法制备药用植物样品液:取4种药用植物幼苗新鲜叶片0.5g,加入预冷的磷酸缓冲液,在冰浴条件下研磨匀浆,定容至10mL后于4℃、10000r/min离心20min,收集上清液作为酶提取液。丙二醛

(MDA)含量和过氧化氢酶(CAT)活性参照文献[17]进行测定,过氧化物酶(POD)活性依据文献[19]进行测定,超氧化物歧化酶(SOD)活性则采用文献[20]的方法进行测定。

1.2.6 化感效应评价

参照文献[16],分别测定对照组的指标值(C)和处理组的指标值(T),根据 T 与 C 的相对大小选用相应公式计算化感效应指数(RI),其值为 $-1\sim 1$,正值表示促进效应,负值表示抑制效应;同时结合化感综合效应指数(SE)对化感效应进行综合评价。计算公式如下:

$$\text{当 } T \geq C \text{ 时, } RI = 1 - C/T$$

$$\text{当 } T < C \text{ 时, } RI = C/T - 1$$

$$SE = (RI_{\text{萌发率}} + RI_{\text{主根长}} + RI_{\text{苗高}} + RI_{\text{叶绿素}} + RI_{\text{MDA}} + RI_{\text{SOD}} + RI_{\text{POD}} + RI_{\text{CAT}}) / 8$$

1.3 数据分析

所有处理均重复3次,并用 Excel 2021 进行数据整理和图表制作,使用 SPSS 26.0 进行方差分析和多重比较等。

2 结果与分析

2.1 桉树叶片浸提液对药用植物种子萌发的影响

不同浓度的桉树叶片浸提液处理后,益母草种子萌发率均高于对照组(CK),而桔梗种子萌发率则显著低于CK(表1)。这表明桉树叶片浸提液能促进益母草种子萌发,同时显著抑制桔梗种子萌发。这种差异可能是由于桉树化感物质对不同药用植物的敏感性不同所致,即不同植物对化感物质的代谢途径或根际微环境响应差异相关^[16]。

在5、20 g/L 桉树叶片浸提液处理下,决明和穿心莲种子萌发率均低于CK。经10 g/L 桉树叶片浸提液处理后,决明和穿心莲种子萌发率高于CK,穿心莲的化感效应指数大于决明,表明该浓度下桉树叶片浸提液对穿心莲种子萌发具有更强的促进作用。究其原因,可能与桉树叶片中含有的萜类、脂肪族化合物、芳香族化合物等化感物质有关^[21]。根据化感效应指数均值绝对值排序,4种药用植物种子萌发对桉树叶片浸提液的敏感性依次为:益母草>桔梗>穿心莲>决明(表1)。这说明益母草种子萌发对桉树叶片浸提液最敏感,而决明种子萌发最不敏感。

表1 不同浓度桉树叶片浸提液对种子萌发的影响

植物种类	处理浓度/(g·L ⁻¹)	萌发率/%	化感效应指数(RI)	化感效应指数均值
决明	CK	31.00±1.00a	0.00	0.01
	5	30.67±2.08a	-0.01	
	10	32.67±2.08a	0.05	
	20	30.33±2.52a	-0.02	
桔梗	CK	26.33±2.31a	0.00	-0.19
	5	21.33±2.89b	-0.19	
	10	21.67±0.58b	-0.18	
	20	21.33±0.58b	-0.19	
益母草	CK	16.50±0.71b	0.00	0.21
	5	20.50±0.71b	0.20	
	10	26.33±3.06a	0.37	
	20	17.67±2.89b	0.06	
穿心莲	CK	10.50±0.71a	0.00	-0.12
	5	6.50±0.71b	-0.38	
	10	11.50±0.71a	0.09	
	20	9.67±1.15a	-0.08	

同列数据后不同小写字母表示组间差异显著($p < 0.05$)。 $RI > 0$ 表示化感促进作用, $RI < 0$ 表示抑制作用, $|RI|$ 值反映化感作用强度。

2.2 桉树叶片浸提液对药用植物幼苗生长的影响

不同浓度桉树叶片浸提液对4种药用植物幼苗的主根长和苗高表现出种间差异和浓度依赖性响应(表2)。在主根长方面,各浓度桉树叶片浸提液对决明幼苗主根长均表现显著促进作用,其中以5、10 g/L处理促进效果最显著,表明其根系生长对浸提液具有正向响应;对桔梗、益母草和穿心莲幼苗的主根长,各浓度均表现为抑制作用,且抑制强度随浓度升高而增强。根据主根长的化感效应指数均值的绝对值排序:穿心莲>桔梗>益母草>决明,表明穿心莲根系对桉树叶片浸提液最敏感,而决明最不敏感。在苗高方面,各浓度对决明苗高均有显著促进作用,10 g/L时最强,20 g/L时最弱,促进作用随浓度升高先增后减。益母草在各浓度下均受抑制,且抑制随浓度升高而加剧;桔梗在5、10 g/L时受抑制(浓度越高抑制越强),但在20 g/L时转为促进,表现出“低抑高促”效应;穿心莲在5、20 g/L时受抑制,10 g/L时则表现为促进作用。根据苗高的化感效应指数均值的绝对值排序:决明>益母草>穿心莲=桔梗,这说明决明具备较强的化感耐受潜力。

表2 桉树浸提液对药用植物幼苗的主根长、苗高及其化感效应指数的影响

植物种类	处理浓度/ (g·L ⁻¹)	主根长/ mm	化感效应 指数(RI)	化感效应 指数均值	苗高/ mm	化感效应 指数(RI)	化感效应 指数均值
决明	CK	26.43±2.52c	0.00	0.34	35.20±2.51c	0.00	0.18
	5	42.46±2.52a	0.38		42.76±2.66ab	0.18	
	10	41.87±3.18a	0.37		44.21±3.41a	0.20	
	20	36.94±1.87b	0.28		41.61±1.97b	0.15	
桔梗	CK	28.87±4.54a	0.00	-0.62	6.13±1.12ab	0.00	-0.05
	5	19.09±2.85b	-0.34		5.68±0.61bc	-0.07	
	10	11.17±1.64c	-0.61		5.30±0.40c	-0.14	
	20	2.85±0.56d	-0.90		6.45±1.11a	0.05	
益母草	CK	29.80±5.54a	0.00	-0.39	16.56±2.72a	0.00	-0.17
	5	27.44±5.04a	-0.08		15.97±3.13a	-0.04	
	10	17.36±3.25b	-0.42		12.77±2.28b	-0.23	
	20	10.03±2.00c	-0.66		12.70±1.86b	-0.23	
穿心莲	CK	42.36±2.14a	0.00	-0.63	16.91±1.49b	0.00	-0.05
	5	24.30±2.87b	-0.43		14.36±1.92b	-0.15	
	10	11.37±1.39c	-0.73		19.24±2.24a	0.12	
	20	10.88±1.09c	-0.74		14.74±1.74b	-0.13	

同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著($p<0.05$)。RI>0表示化感促进作用,RI<0表示化感抑制作用,|RI|值反映化感作用强度。

2.3 桉树叶片浸提液对药用植物幼苗光合色素含量的影响

桉树叶片浸提液对4种药用植物幼苗光合色素含量的化感效应,因植物种类和处理浓度而异(图1)。①4种药用植物幼苗的叶绿素a含量(图1a)与叶绿素总量(图1c)变化趋势基本一致:决明的叶绿素a及叶绿素总量在5 g/L处理下显著低于对照($p<0.05$),但在20 g/L处理下显著升高,表现为“低抑高促”;桔梗各处理组含量均显著低于CK,且随浓度升高抑制作用持续增强;益母草和穿心莲分别在20、10 g/L处理下含量达到最低。②叶绿素b含量(图1b),决明表现为“低抑高促”,在20 g/L处理下达到峰值,显著高于CK;桔梗各处理组均显著低于CK,且随浓度升高抑制作用变化幅度不大;益母草和穿心莲分别在20、10 g/L处理下,叶绿素b含量达到最低。③类胡萝卜素含量(图1d):决明表现为“持平后降再回升”的波动趋势,在20 g/L处理下达到最高值;桔梗各浓度处理组含量均显著低于CK,且20 g/L时受抑制作用最强;益母草和穿心莲分别在10、20 g/L处理下达峰值,其中益母草在20 g/L时略有下降但仍显著高于CK。

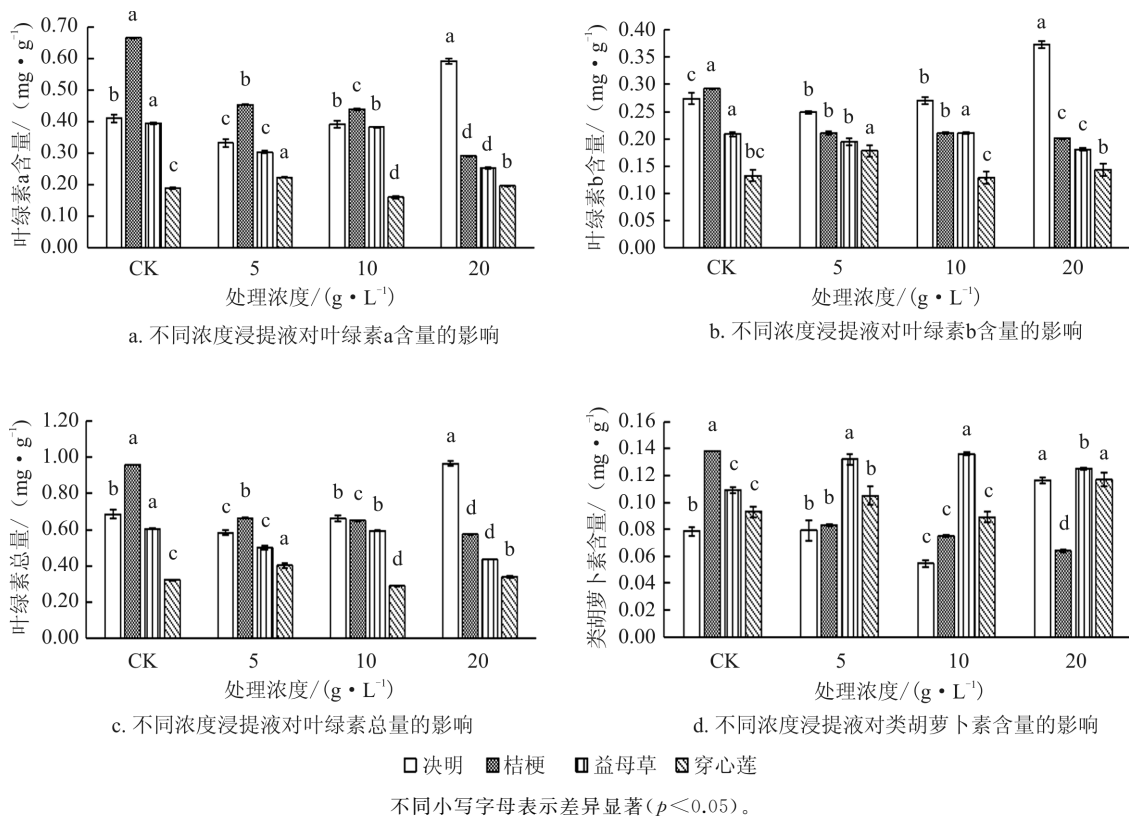


图1 桉树叶片浸提液对药用植物幼苗光合色素含量的影响

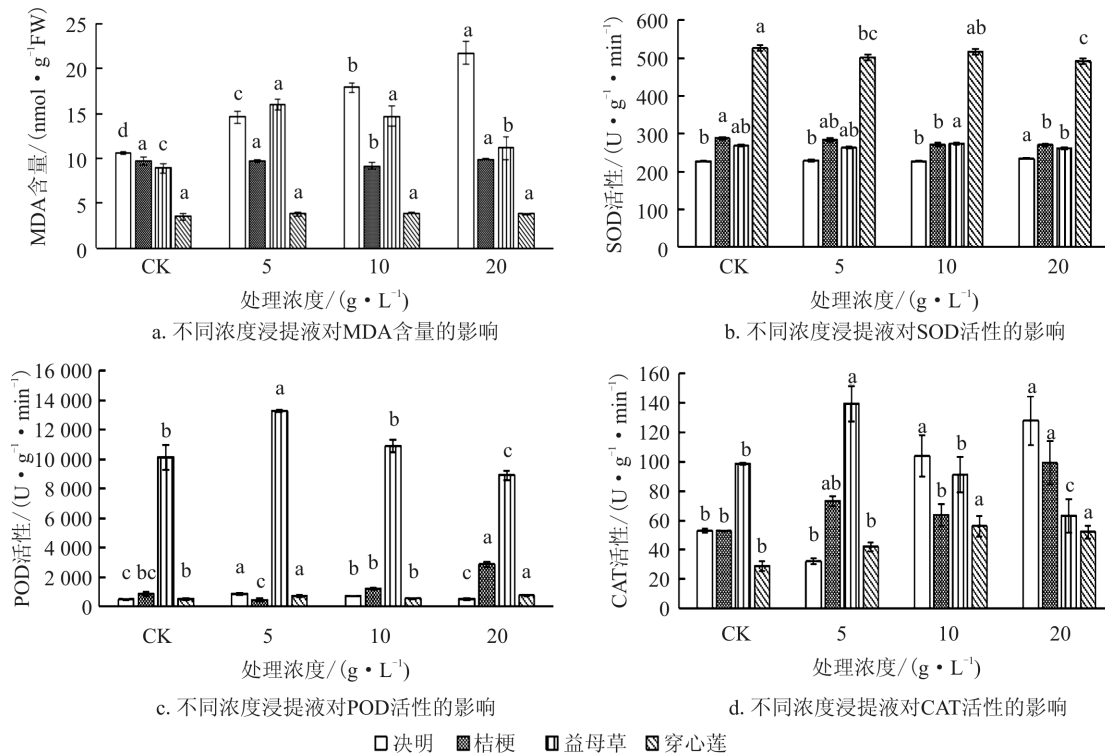
2.4 桉树叶片浸提液对药用植物生长过程中生理生化指标的影响

桉树叶片浸提液对药用植物生理生化指标的影响如图2所示。①MDA含量(图2a)。决明随浓度升高显著增加,20 g/L处理下达到峰值,表明其细胞膜损伤随胁迫加剧;桔梗在5、20 g/L处理下与对照无显著差异;益母草在各浓度处理下,相比对照均显著升高;穿心莲各处理与对照均无显著差异。②SOD(与抗逆相关^[6])活性(图2b)。决明在5、10 g/L处理下与对照无显著差异;桔梗在5 g/L处理下与对照无显著差异,在10、20 g/L处理下与对照相比显著下降;益母草5、10 g/L处理下与对照无显著差异;穿心莲在10 g/L处理下与对照无显著差异,在5、20 g/L处理下与对照相比显著下降。③POD活性(图2c)。决明在20 g/L处理下与对照无显著差异,在5、10 g/L处理下显著高于对照;桔梗在20 g/L处理时显著高于对照,这可能与浸提液中含有的糖类、多酚类物质的调控有关^[18];益母草表现为“低促高抑”,经5 g/L处理显著高于对照、20 g/L处理下显著低于对照;穿心莲在5、20 g/L处理下与对照相比显著升高。④CAT活性(图2d)。决明表现为“低抑高促”,即决明在10、20 g/L处理下CAT活性显著高于对照(“高促”),5 g/L处理下低于对照(“低抑”);桔梗在20 g/L处理下显著高于对照;益母草为“低促高抑”,5 g/L处理下显著高于对照、20 g/L处理下显著低于对照;穿心莲在10、20 g/L处理下显著高于对照,且随处理浓度增加呈现先升后趋于稳定的变化趋势。

2.5 桉树叶片浸提液对药用植物各指标化感效应指数的影响

综合各指标响应趋势(表3),决明在多数参数上表现为正向或适应性响应($RI > 0$),表明其对桉树化感胁迫具有较强的耐受潜力。桔梗多项指标持续受抑制($RI < 0$),敏感性高,抗逆

能力弱。益母草和穿心莲响应复杂，具一定适应性但稳定性较差。这说明不同药用植物对桉树化感物质的生理响应机制存在显著差异。其中，决明表现出最强的生理适应潜力。



不同小写字母表示差异有统计学意义($p < 0.05$)。

图2 桉树叶片浸提液对药用植物幼苗生理生化指标的影响

表3 不同浓度桉树叶片浸提液对药用植物各指标的化感效应指数的影响

植物种类	指标	不同处理的化感效应指数(RI)			化感效应指数均值
		5 g/L	10 g/L	20 g/L	
决明	叶绿素(a+b)	-0.15	-0.03	0.29	0.04
	MDA	0.27	0.41	0.51	0.40
	SOD	0.01	-0.001	0.03	0.01
	POD	0.46	0.35	0.08	0.30
	CAT	-0.40	0.49	0.59	0.23
桔梗	叶绿素(a+b)	-0.31	-0.32	-0.40	-0.34
	MDA	0	-0.06	0.02	-0.01
	SOD	-0.01	-0.06	-0.06	-0.04
	POD	-0.45	0.30	0.71	0.19
	CAT	0.27	0.17	0.46	0.30
益母草	叶绿素(a+b)	-0.17	-0.02	-0.28	-0.16
	MDA	0.44	0.39	0.20	0.34
	SOD	-0.02	0.02	-0.03	-0.01
	POD	0.24	0.07	-0.12	0.06
	CAT	0.29	-0.08	-0.36	-0.05
穿心莲	叶绿素(a+b)	0.20	-0.01	0.15	0.11
	MDA	0.06	0.10	0.06	0.07
	SOD	-0.04	-0.02	-0.06	-0.04
	POD	0.32	0.10	0.34	0.25
	CAT	0.31	0.48	0.44	0.41

$RI > 0$ 表示化感促进, $RI < 0$ 表示化感抑制, $|RI|$ 值反映化感作用强度。

2.6 桉树叶片浸提液对药用植物化感综合效应指数的影响

由表4可知,不同药用植物幼苗对桉树叶片浸提液的化感综合效应指数(SE)响应存在显著差异。决明在各浓度处理下 $SE > 0$,且随浓度升高而增加,表明其生长和生理状态受到持续

促进,表现出最强的化感耐受性与适应潜力。桔梗在所有浓度下 $SE < 0$,呈浓度依赖性抑制,表明其对桉树化感物质高度敏感,不适合作为林下间作品种。益母草在低、中浓度(5、10 g/L)下 $SE > 0$,仅在高浓度(20 g/L)转为抑制($SE < 0$),显示其在较低浓度胁迫环境下具有较好耐受性。穿心莲仅在10 g/L时 $SE > 0$,其余浓度均为负值,响应不稳定,耐受性较弱。

表4 不同浓度桉树叶浸提液对药用植物的化感综合效应指数

植物种类	不同处理的化感综合效应指数(SE)			化感综合效应指数均值
	5 g/L	10 g/L	20 g/L	
决明	0.09	0.23	0.24	0.19
桔梗	-0.11	-0.11	-0.04	-0.09
益母草	0.11	0.01	-0.18	-0.02
穿心莲	-0.01	0.02	-0.003	0.002

$SE > 0$ 表示化感促进, $SE < 0$ 表示化感抑制, $|SE|$ 值反映化感作用强度。

3 结论与讨论

化感作用效应具有显著的浓度依赖性和受体特异性。本研究发现,低浓度(5 g/L)桉树叶浸提液对4种药用植物种子萌发的影响呈现明显差异:促进益母草种子萌发($RI > 0$),对决明种子萌发无显著影响($|RI| = 0.01$),而显著抑制桔梗和穿心莲($RI < 0$)。这种“促一无变化一抑”的响应表明,不同药用植物对同一化感源的初始生理响应存在差异。该结果与李文杨等^[16]报道的油茶叶浸提液对藿香种子的抑制效应,以及朱艳霞等^[22]发现的穿心莲茎叶提取物对不同作物萌发的“抑一促”并存现象一致,进一步证实化感效应是供体浓度与受体种类共同作用的结果。

幼苗形态指标是化感胁迫响应的直观体现。本研究中,浸提液对桔梗、穿心莲及益母草主根生长的抑制随浓度升高而增强,尤以20 g/L处理最为显著,与白花丹参、紫花丹参对菘蓝的化感抑制趋势相似^[23]。相比之下,决明的主根长与苗高在各浓度下均呈促进趋势,提示其可能具备独特的代谢或耐受机制。已有研究指出,植物可将外源化感物质(如 α -松油醇、桉树脑等)转化为次生代谢产物或促生长信号^[24],推测决明可能通过此类途径缓解或利用桉树化感物质。

光合色素和生理生化指标进一步揭示了植物对化感胁迫的内在响应差异。叶绿素含量随桉树叶浸提液处理浓度升高而在桔梗中持续下降,表明其光合系统受到抑制,该现象与张如义等^[25]关于核桃凋落叶对蔬菜光合色素影响的研究相符。丙二醛(MDA)作为膜脂过氧化标志物,在决明中随浓度升高显著积累,反映其细胞膜系统承受较强氧化压力;益母草的MDA含量在胁迫下呈小幅度先升高后降低的趋势,可能与其在高浓度胁迫条件下激活了抗氧化系统,增强了对活性氧的清除能力有关。抗氧化酶系统(SOD、POD、CAT)是植物应对氧化胁迫的关键防线^[26-27]。本研究中,桉树叶浸提液对决明和穿心莲的POD活性略有提升,表明其启动了积极的抗氧化防御,而桔梗表现为低浓度抑制、高浓度促进,益母草则呈“低促高抑”趋势,说明不同药用植物在酶调控层面的响应策略存在显著分化。这种差异可能是决定其耐受性高低的重要生理基础。

综上,决明与益母草在化感胁迫下表现出较强的生理适应潜力,尤其是决明在多指标上呈现正向响应,耐化感能力最为突出。然而需要指出的是,二者对光照均有较高的要求,其实际林下适生性不仅取决于化感耐受性,还受光照、水分等环境因子制约。此外,本研究在室内条件下开展,与田间实际环境存在差异,如温度、湿度、生物群落等生态因子不同,因此,化感物质的释放动态及浓度变化也可能与自然条件存在偏差。未来研究可从以下几个方面展开:一是设置不同郁闭度梯度,探究光照调控对药用植物化感耐受性的影响;二是结合土壤微生物组学分析,揭示“化感物质—土壤微生物—药用植物”的互作机制;三是通过长期定位试验,验证候选物种在实际林分中的生长表现及药材质量稳定性。该研究成果有望为构建“桉树—药用植

物”复合种植模式、推动林药生态循环体系发展提供理论依据和实践参考。

参考文献:

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志-第四十二卷, 第一分册[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [2] 蒲旭斌. 泡核桃叶水浸提液对草珊瑚的化感作用研究[D]. 南宁: 广西大学, 2022.
- [3] 李奥欣, 侯新村, 曾加佳, 等. 桉树油化学成分分析及 α -松油醇的化感作用[J]. 应用生态学报, 2020, 31(7): 2195-2201.
- [4] 刘小香. 巨尾桉的化感作用研究[D]. 海口: 华南热带农业大学, 2005.
- [5] 唐凤鸾, 陈月圆, 赵健, 等. 不同树龄巨尾桉叶片挥发物及水提物的化感作用[J]. 贵州农业科学, 2019, 47(4): 8-12.
- [6] 周泽建, 刘妮妮, 伍冰倩, 等. 3种速生树种落叶水浸提液对走马胎幼苗生长的化感效应[J]. 植物研究, 2018, 38(4): 568-574.
- [7] 黄汉林, 曹思妮, 庞洁, 等. 入侵植物薇甘菊与菟丝子对桉树的化感作用[J]. 桉树科技, 2024, 41(3): 52-58.
- [8] 陈贤兴. 大叶桉树对几种农作物和杂草的化感作用研究[C]//中国植物学会. 生态文明建设中的植物学: 现在与未来—中国植物学会第十五届会员代表大会暨八十周年学术年会论文集—第4分会场: 资源植物学. 温州: 温州大学生命与环境科学学院, 2013: 36
- [9] 刘超祥, 王蓉. 决明子蒽醌类化学成分及药理活性研究进展[J/OL]. 辽宁中医药大学学报, 2025: 1-11[2025-11-23]. <https://link.cnki.net/urlid/21.1543.R.20251119.1604.006>
- [10] 李猛, 陈禹竹, 吴丹丹, 等. 桔梗化学成分、药理及毒理研究进展[J/OL]. 辽宁中医药大学学报, 2025: 1-23[2025-12-04]. <https://link.cnki.net/urlid/21.1543.R.20251120.1515.006>
- [11] 杨静静, 薛剑桥, 程珊珊, 等. 盐碱地药食同源益母草品质评价[J]. 现代食品, 2024, 30(19): 179-182.
- [12] 赵位昆, 徐彤彤, 吕祥威, 等. 基于网络药理学和分子对接探讨穿心莲改善心肌缺血再灌注损伤的潜在作用机制[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2025, 23(13): 1934-1949.
- [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.
- [14] 刘琴. 巨桉人工混交林凋落物分解及化感作用研究[D]. 成都: 四川农业大学, 2022.
- [15] ULLAH S, XU Y Y, LIAO C R, et al. Continuous Planting *Eucalyptus* Plantations in Subtropical China: Soil Phenolic Acid Accumulation and Adsorption Physiognomies[J]. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2023, 6: 1135029.
- [16] 李文杨, 王杨, 林玉等. 油茶叶片浸提液对三种药用植物的化感作用[J]. 中药材, 2023, 46(3): 570-575.
- [17] 高俊山, 蔡永萍. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2018.
- [18] 刘香. 超声对三叶木通叶片愈伤组织生长及代谢影响的研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2009.
- [19] 沈飞. 菠萝内生真菌 *Aspergillus niger* 对菠萝耐贮性的影响[D]. 广州: 华南农业大学, 2017.
- [20] 刘亚梅. 尾巨桉不同类型愈伤组织分化差异及 miRNA396 功能研究[D]. 喀什: 喀什大学, 2022.
- [21] 黄丽平, 伍影瑶, 赖俊杰, 等. 桉属挥发油化学成分及其生物活性研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2022, 34(3): 505-539.
- [22] 朱艳霞, 黄燕芬. 穿心莲茎叶水提液对 10 种农作物种子的化感效应研究[J]. 中药材, 2019, 42(5): 965-969.
- [23] 周洁, 王晓, 刘建华, 等. 白花丹参和紫花丹参对菘蓝化感效应比较研究[J]. 中药材, 2013, 36(9): 1389-1391.
- [24] 韦佼宏. 尾巨桉化学成分及化感活性研究[D]. 桂林: 广西师范大学, 2014.
- [25] 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.
- [26] 孟林宜. 美国薄荷水浸液对不同植物的化感作用研究[D]. 吉林: 北华大学, 2022.
- [27] 李明, 王根轩. 干旱胁迫对甘草幼苗保护酶活性及脂质过氧化作用的影响[J]. 生态学报, 2002, 22(4): 503-507.