

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2014.04.004

唐凤鸾, 陈月圆, 李典鹏, 等. 巨尾桉叶片挥发物对 3 种植物种子萌发及幼苗生长的化感效应[J]. 广西植物, 2014, 34(4): 450–454

Tang FL, Chen YY, Li DP, et al. Allelopathic effects of *Eucalyptus grandis* × *E. urophlla* leaf volatile on seed germination and seedling growth[J].*Guihaia*, 2014, 34(4): 450–454

# 巨尾桉叶片挥发物对三种植物种子萌发及幼苗生长的化感效应

唐凤鸾, 陈月圆, 李典鹏\*, 黄宁珍

(广西植物功能物质研究与利用重点实验室, 广西植物研究所, 广西 桂林 541006)

**摘要:** 为探讨人工巨尾桉林叶片挥发物对周边农作物的化感作用, 采用不同质量新鲜巨尾桉叶片及由新鲜叶片提取的桉叶油对玉米、辣椒、西红柿等三种植物种子进行处理, 观测其种子萌发和幼苗生长状况。结果表明: (1) 在三种被测植物中, 桉树叶挥发物对玉米种子萌发影响最小, 对辣椒影响最大; (2) 当叶片用量小于 200 g 时, 桉树叶挥发物对三种植物种子萌发影响不明显, 当叶片用量达 400 g 时, 能完全抑制辣椒、西红柿种子萌发, 并能极显著降低玉米种子萌发 ( $P < 0.01$ ); (3) 玉米幼苗芽生长随叶片用量的增加呈现先促进后抑制现象, 对芽高、鲜重、干重的促进和抑制均达到显著 ( $P < 0.05$ ) 或极显著水平 ( $P < 0.01$ ); (4) 当叶片用量小于或等于 100 g 时, 桉树叶挥发物对辣椒、西红柿幼苗生长影响不明显, 当用量达到 200 g 时则能极显著抑制辣椒、西红柿幼苗生长; (5) 桉叶油对三种测试植物的抑制效果与叶片自然挥发物相似, 且效果更显著。

**关键词:** 巨尾桉; 挥发物; 化感效应; 种子萌发

中图分类号: Q945.7 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2014)04-0450-05

## Allelopathic effects of *Eucalyptus grandis* × *E. urophlla* leaf volatile on seed germination and seedling growth

TANG Feng-Luan, CHEN Yue-Yuan, LI Dian-Peng\*, HUANG Ning-Zhen

(Guangxi Key Laboratory of Functional Phytochemicals Research and Utilization,

Guangxi Institute of Botany, Guilin 541006, China)

**Abstract:** The allelopathic effects of *Eucalyptus grandis* × *E. urophlla* plantation leaf volatile on surrounding crop were investigated, and seedling growth of three plants such as *Zea mays*, pepper, tomatoes were studied by using different quality fresh eucalyptus leaves and the eucalyptus essential oil from fresh leaves, the seed germination. The results showed that: (1) In three kinds of tested plants, *E. grandis* × *E. urophlla* leaf volatiles had little effect on *zea mays* seed germination, great effect on pepper; (2) When the amount was less than 200 g, *E. grandis* × *E. urophlla* leaf volatiles had no obvious effect on seed germination of three tested plants; When the dosage was 400 g, it could completely inhibit seed germination of peppers, tomatoes, and could reduce seed germination significantly ( $P < 0.01$ ); (3) With an increase of the dosage of leaf, the *Zea mays* growth first promoted and then suppressed, and it was significant ( $P < 0.05$ ) or extremely significant level ( $P < 0.01$ ) to bud height, fresh weight, dry weight; (4) when the amount was less than or equal to 100 g, the *E. grandis* × *E. urophlla* leaf volatiles was not obvious effect on seed-

收稿日期: 2013-12-21 修回日期: 2014-02-16

基金项目: 国家自然科学基金(31100473); 广西重大专项(桂科重 1347001); 广西自然科学基金(1123014, 2010GXNSFD169007)。

作者简介: 唐凤鸾(1978-), 女, 广西全州县人, 助理研究员, 主要从事生物技术与生态学研究工作, (E-mail) tfl7288@163.com。

\*通讯作者: 李典鹏, 博士, 研究员, 主要从事植物次生代谢产物的提取分离、结构鉴定及其活性研究, (E-mail) ldp@gxib.cn。

ling growth of peppers and tomatoes; when the amount reached 200 g, it could significantly inhibit the seedling growth peppers and tomatoes; (5) The eucalyptus essential oil had similar inhibitory effect on the 3 plants species with leaf natural volatile, and the effect was more significant.

**Key words:** *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla*; volatile; allelopathic effect; seed germination

桉树是热带和亚热带地区的主要造林树种,目前已有的人工林 1 700 万公顷,主要分布在亚洲、南美洲、非洲、欧洲和大洋州,占热带地区每年造林面积的 40%~50%。近年来由于优良品种的大面积推广及栽培技术的提高,种植区域不断扩大,已成为我国华南地区最重要的速生用材林树种。然而,随着桉树人工林的大面积营造,一些生态问题日益突出,甚至直接或间接地影响到人们的日常生活、农业生产及生存环境。前人已对桉树人工林进行了研究,其中 Shive *et al.* (1983, 1985) 对印度 Karnataka 地区的桉树人工林进行研究的结论为,桉树在该地区的种植并没有带来良好的社会效益,反而对该地区的生态造成了不良影响;而 Davidson (1993) 的研究结论则认为桉树种植后所导致的生态问题并不如我们想象的那么严重。

目前,对于桉树人工林生态问题的研究,其热点之一就是桉树代谢产物对桉树林下及其周边地区其它物种及农业生产的影响。叶片作为桉树主要的代谢产物加工器官,富含挥发性化感物质,对其开展化感效应有举足轻重的作用(陈月圆等, 2010; 刘真一等, 2012)。巨尾桉(*Eucalyptus grandis* × *E. urophylla*) 是广西普遍种植的一种优良桉树品种,本文以其为研究对象,初步研究不同用量桉树叶自然挥发物和由新鲜叶片提取的桉叶油对种植区域内主要农作物种子萌发和幼苗生长的影响,为科学开展桉树林种植区内的农业生产提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料准备

1.1.1 叶样采集和处理 2012 年 4—6 月,于广西国有黄冕林场随机采集 8 年生,长势均匀、生长良好、无病虫害的巨尾桉枝叶,带回实验室后,摘取每条枝条的第 6~15 片成熟功能叶(从顶端开始数),并将叶片剪成 2 cm 大小后备用。

1.1.2 桉叶油制备 称取适量处理好的新鲜桉树叶,加入蒸馏水,用挥发油提取器按常规水蒸气蒸馏法加热微沸 4 h,得到油状物经分液漏斗分离、无水硫酸钠干燥 24 h,称重(得油率 0.95%,以鲜重计)。

1.1.3 受试物种准备 通过实地调查,选择桉树林种植区周围常见作物玉米、辣椒、西红柿为受试植物,并从广西桂林市种子分公司购买种子。

### 1.2 受试植物种子预处理

1.2.1 玉米种子处理 选取大小、形状、色泽基本一致且饱满无病虫害的种子,用自来水清洗干净后,在 26 °C 左右的培养室内用冷水浸泡 24 h,之后清洗两遍,再用 50 °C 左右的温水浸泡 1 h,捞出晾干水分,再用 1 000 mg · L<sup>-1</sup> 的农用链霉素处理 3~4 min,于室内通风处晾干水分后待播。

1.2.2 西红柿、辣椒种子处理 选取大小、形状、色泽基本一致饱满无病虫害的种子,用自来水清洗干净后,于 55~60 °C 的温水中浸泡 18~20 min,并不断搅拌,后清洗干净,再用 1 000 mg · L<sup>-1</sup> 的农用链霉素浸泡 2~3 min,洗净晾干待播。

### 1.3 生物测试

#### 1.3.1 叶片自然挥发物化感效应的生物测试

(1) 播种:选取直径为 60 mm、高 90 mm 的无色透明玻璃瓶和直径为 90 mm 的培养皿,清洗干净后在底部垫 5 层滤纸,并用无菌去离子水充分湿润。将预处理好的玉米种子点播于玻璃瓶中,每瓶 10 粒,每处理 10 瓶,重复 3 次;西红柿、辣椒种子点播于培养皿中,每皿 50 粒,每处理 3 皿,重复 3 次。在播种后的玻璃瓶和培养皿上部覆盖 2 层用清水湿润过的纱布,以保持湿度。

(2) 萌发培养:将处理好的新鲜桉树叶片按所需用量装于直径为 20 cm、高为 40 cm 的无色透明广口玻璃瓶中,并用铁丝支架使材料尽量蓬松透气,在离材料 5 cm 处的上方做一个平台,将播种好的玻璃瓶和培养皿置于平台上,每个广口瓶放 3 个玻璃瓶或 2 个培养皿,及时密封瓶口避免挥发气体散失。将处理好的广口玻璃瓶置于(28±2)°C 左右的培养室,先进行避光培养,待大部份种子萌芽后再在光照时间 12 h · d<sup>-1</sup>、光照强度 25 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup> 的日光灯下培养,每 3 d 更换一次新鲜桉树叶片。以不加叶片的广口瓶中的种子萌发情况为对照。

#### 1.3.2 桉叶油化感效应的生物测试

(1) 测试溶液制备:由于桉叶油不溶解于水,而将其溶解于 3% 的丙酮溶液(水:丙酮为 97:3)中,

配成浓度为 5、10、20  $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  测试溶液。为了验证丙酮溶液对试验结果的影响,我们以无菌水为对照,测试 3% 的丙酮溶液对三种植物种子萌发的影响,结果差异非常小(介于 1.25%~4.67% 之间)。

(2) 播种及萌发培养:在直径为 90 mm 的培养皿底部垫 5 层滤纸,将预处理好的玉米、西红柿、辣椒种子点播于培养皿中,其中玉米种子为每皿 15 粒,每处理 10 皿,重复 3 次;西红柿、辣椒种子为每皿 50 粒,每处理 3 皿,重复 3 次。向播种后的培养皿中加入 7 mL 无菌水(做为对照)和测试溶液,并迅速盖好培养皿,培养 3 d 后每隔 1 d 向培养皿中添加 2 mL 无菌水和测试溶液,以保证滤纸湿润。将培养皿置于  $(28 \pm 2)^\circ\text{C}$  的培养箱进行暗培养。

#### 1.4 统计分析

每天观测记录发芽情况,计算其发芽势、发芽率。自然挥发物测试试验结束时,将每个处理的幼苗分成 3 个等级,每个等级取 10 株,用刻度尺测量幼苗芽及根的长度;并将测量过的植株的根和芽分开,分别称量其鲜重;之后置于烘箱中  $105^\circ\text{C}$  杀青 0.5 h,  $80^\circ\text{C}$  烘至恒质量,分别称量其干重。用 Ex-

cel 2003 和 SPSS 13.0 软件进行数据统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 桉树叶片自然挥发物对三种植物种子萌发的影响

从表 1 可以看出,在一定用量范围内(小于 200 g),桉树叶片挥发物对三种植物种子的发芽势和发芽率的影响不明显,随着叶片用量进一步增加抑制作用加强,但具体影响效果因物种不同存在一定差异。在三种被测植物中,桉树叶片挥发物对玉米、西红柿种子萌发的影响较辣椒小,当叶片用量小于等于 200 g 时,玉米、西红柿种子的发芽势和发芽率均未受到明显影响;但当用量增加到 400 g 时,桉树叶片挥发物则能完全抑制西红柿种子萌发,而玉米种子的发芽势和发芽率下降也均达到极显著水平( $P < 0.01$ ),与对照相比分别下降了 15.27% 和 22.54%。桉树叶片挥发物对辣椒种子萌发的影响相对较大,200 g 时能极显著降低其发芽势和发芽率( $P < 0.01$ ),当用量达到 400 g 时则能完全抑制辣椒种子萌发。结果分析可见,桉树叶片挥发物对辣

表 1 桉树叶片挥发物对三种植物种子萌发的影响

Table 1 Effect of *E. grandis* × *E. urophlla* leaf volatile on the seed germination of 3 plants species

叶片用量 Leaf dosage (g)	发芽势 Germination energy			发芽率 Germination rate (%)		
	玉米 (3 d) <i>Zea mays</i>	辣椒 (7 d) Pepper	西红柿 (5 d) Tomatoes	玉米 (7 d) <i>Zea mays</i>	辣椒 (14 d) Pepper	西红柿 (7 d) Tomatoes
0	48.12 ± 1.70	90.05 ± 1.85	74.65 ± 1.85	68.12 ± 0.85	92.08 ± 1.63	92.05 ± 1.05
50	43.67 ± 1.56	82.32 ± 1.76 *	76.42 ± 2.11	65.42 ± 1.52	88.66 ± 1.70	94.36 ± 1.33
100	46.50 ± 1.62	88.76 ± 1.12	82.56 ± 1.33 *	65.42 ± 2.0	96.50 ± 2.23	90.34 ± 2.00
200	45.00 ± 1.79	4.52 ± 1.25 **	70.32 ± 1.63	70.16 ± 2.17	52.46 ± 1.94 **	92.67 ± 1.05
400	32.85 ± 1.56 **	0	0	45.5 ± 1.81 **	0	0

注:表中数据为平均值 ± 标准差;\* 和 \*\* 分别表示同列数据在 0.05 和 0.01 水平上差异显著。下同。

Note: The values in the table were Mean ± SD. \* and \*\* Significantly different at the 0.05 and 0.01 probability levels in the same column, respectively. The same below.

椒、西红柿种子萌发的影响虽然存在一定差异,但叶片用量为 400 g 时均能完全抑制两种植物种子的萌发,而此用量只分别抑制玉米种子发芽势和发芽率 15.27% 和 22.54%。因此,桉树叶片挥发物对双子叶植物辣椒、西红柿种子萌发抑制作用较单子叶植物玉米种子大,但是否存在双子叶植物较单子叶植物对桉树叶片挥发物敏感还需进一步研究。

### 2.2 桉树叶片自然挥发物对三种植物种子幼苗生长的影响

表 2 结果表明,桉树叶片挥发物对玉米、辣椒、西红柿三种植物种子萌发后幼苗生长的影响有较大差异,对单子叶植物玉米的影响表现为低用量叶片

挥发物促进幼苗芽的生长,高用量时则显著抑制芽和根的生长。当叶片用量小于等于 100 g 时,叶片挥发物能极显著增加玉米幼苗芽的高度、鲜重( $P < 0.01$ ),分别比对照提高 41.86%~46.51% 和 25.0%~31.73%,并能显著增加芽的干重( $P < 0.05$ ),比对照提高 28.07%~31.04%,但对幼苗根的生长影响不明显;当叶片用量达到 200 g 时,玉米幼苗生长出现明显的抑制作用,芽的高度和鲜重、根的长度和干重均受到显著( $P < 0.05$ )抑制,芽的干重和根的鲜重则受到极显著抑制( $P < 0.01$ );当用量达到 400 g 时则能严重抑制玉米幼苗生长。

与单子叶植物玉米不同,桉树叶片挥发物对双

表 2 桉树叶片挥发物对三种植物种子萌发后幼苗芽和根生长的影响

Table 2 Effect of *E. grandis* × *E. urophlla* leaf volatile on the seedling growth of 3 plant species after seed germination

受试植物 Tested plants	叶片用量 Leaf dosage (g)	芽 Bud			根 Root		
		高 (cm) Height	鲜重 (mg) Fresh weight	干重 (mg) Dry weight	长 (cm) Length	鲜重 (mg) Fresh weight	干重 (mg) Dry weight
玉米 <i>Zea mays</i>	0	4.3±0.38	79.38±1.68	11.79±0.39	6.4±0.74	43.39 ± 0.63	2.10 ± 0.06
	50	6.3±0.42 **	104.57±2.08 **	15.4±0.25 *	6.3±0.92	40.99 ± 1.41	1.94 ± 0.05
	100	6.1±0.65 **	99.2±0.39 **	15.1±0.11 *	6.8±0.54	45.85 ± 1.56	2.31 ± 0.06
	200	3.6±0.23 *	70.05±1.51 *	9.5±0.24 **	4.9±0.68 *	30.33 ± 0.44 **	1.54 ± 0.10 *
	400	2.4±0.25 **	42.6±1.42 **	6.8±0.33 **	2.7±0.35 **	21.66±0.97 **	0.82±0.03 **
辣椒 Pepper	0	4.8±0.80	33.09±1.05	4.72±0.81	3.3±0.92	15.36±0.12	1.21±0.02
	50	5.2±0.72	35.23±1.67	4.93±0.15	3.0±0.85	16.01±0.34	1.29±0.05
	100	4.7±0.25	32.89±1.56	4.03±0.62	3.7±0.41	17.13±0.92 *	1.27±0.11
	200	2.8±0.66 **	26.22±0.45 *	2.80±0.09 **	2.4±0.22 *	10.65±0.78 **	0.85±0.06 **
	400	—	—	—	—	—	—
西红柿 Tomatoes	0	3.6±0.35	18.65±1.27	1.26±0.04	4.2±0.55	7.02±0.32	0.55±0.01
	50	3.8±0.30	19.01±0.79	1.32±0.01	4.8±0.65	6.85±1.02	0.48±0.06
	100	2.9±0.41 *	16.23±0.25	1.14±0.08	3.5±0.42	5.72±0.56 *	0.43±0.08 *
	200	2.1±0.66 **	11.05±0.12 **	1.02±0.02 *	1.2±0.32 **	3.10±0.61 **	0.35±0.02 **
	400	—	—	—	—	—	—

表 3 不同浓度桉叶油对三种植物种子萌发的影响

Table 3 Effect of different concentration of eucalyptus essential oil on the seed germination of 3 plants species

浓度 Concentration ( $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ )	发芽势 Germination energy			发芽率 Germination rate (%)		
	玉米 <i>Zea mays</i> (5 d)	辣椒 Pepper (8 d)	西红柿 Tomatoes (7 d)	玉米 <i>Zea mays</i> (9 d)	辣椒 Pepper (16 d)	西红柿 Tomatoes (9 d)
CK	52.37±0.85	89.65±1.32	71.33±1.80	73.24±1.56	91.97±1.35	91.67±1.85
5	43.50±1.68	34.32±1.06 **	52.56±1.57 *	54.16±1.03 *	63.5±1.87 **	86.79±1.65
10	14.52±1.70 **	17.56±2.48 **	29.46±1.75 **	20.75±2.18 **	36.82±0.96 **	63.52 ± 2.1 **
20	10.63±1.52 **	4.78±1.25 **	0	15.11±1.45 **	6.35±1.14 **	0

子叶植物辣椒、西红柿幼苗生长的影响主要表现为, 低用量叶片挥发物对两种植物幼苗生长的影响不明显, 高用量时则表现出普遍抑制效应。当叶片用量为 100 g 时, 挥发物能显著抑制辣椒幼苗根鲜重, 西红柿幼苗芽高和根的鲜重、干重 ( $P < 0.05$ ); 200 g 时能严重抑制辣椒、西红柿幼苗生长。

### 2.3 桉叶油对三种植物种子萌发的影响

从表 3 可以看出, 桉叶油能显著或极显著降低玉米、辣椒、西红柿 3 种植物种子的萌发势和萌发率。与叶片自然挥发物相似, 桉叶油对辣椒种子萌发的抑制效果较玉米、西红柿强, 当浓度为  $5 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  时就能极显著降低辣椒种子的萌发势和萌发率, 分别较对照下降达 55.33% 和 26.17%; 当浓度提高到  $10 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  时, 三种测试植物种子萌发势、萌发率出现大幅下降, 下降幅度均达到极显著水平 ( $P < 0.01$ )。此外, 桉叶油能延长三种测试植物种子的萌发时间, 具有较强的化感作用。

## 3 讨论与结论

本研究结果表明, 三种植物不同生长阶段、不同组织器官对尾巨桉叶片挥发物的敏感程度存在较大差异, 其原因可能是挥发物中各种化合物作用对象具有选择性和专一性, 及化感作用的强弱还与受体植物不同或同一受体的不同组织有关, 因此表现为同一种化感物质对不同植物种子萌发及幼苗生长的作用效果不同 (杨期和等, 2005; Jqbal, 2004); 也有研究者认为可能是与各物种不同的进化历史有关 (郑丽等, 2005), 入侵群落中入侵种化感物质的积累比在原群落中多 (Molly *et al.*, 2002), 其具体原因有待进一步研究。

从表 1 和表 2 可以看出, 桉树叶片挥发物对玉米种子萌发、幼苗芽和根的影响存在很大差异, 其中芽的生长随着叶片用量的增加 (即挥发物浓度的增

加)呈现出先促进后抑制的现象,而对种子发芽势、发芽率及幼苗根系生长的影响则是低浓度不明显、高浓度抑制。这与前人的研究结果一致(Turk *et al.*, 2002; Chung *et al.*, 1995),可能与玉米种子、芽和根系结构有关,因为玉米种子萌发形成的幼芽叶片及叶鞘较嫩,表层尚未形成保护组织,再加上叶片表层强大的气孔等通气组织,桉树挥发物较易被吸收,从而表现出敏感现象;而玉米种子的种皮和根系表面致密的根毛能有效阻止对挥发物的吸收,因此表现为低浓度影响不明显,而只有在高浓度下才能表现出抑制效果。当桉树叶片用量小于 200 g 时,叶片挥发物对玉米种子萌发、幼苗根系生长的化感作用不明显。然而,在桉树林中单位空间的叶片容量远低于试验用量(石忠强等, 2009; 肖文光等, 1999),因此我们推测桉树林叶片挥发物对种植区内玉米种子萌发和幼苗期生长化感作用不明显。

桉树叶片挥发物对辣椒、西红柿两种双子叶植物种子萌发和幼苗生长的影响基本相似,主要区别在于使用浓度的高低。当桉树叶片为 200 g 时,能极显著抑制辣椒种子的萌发,而对西红柿种子的萌发影响不明显;100 g 桉树叶挥发物能显著降低西红柿幼苗芽的高度、根的鲜重和干重,而只能有效降低辣椒幼苗的根鲜重。这与朱宇林等(2011)的研究结果相似。本研究认为人工桉树林叶片挥发物有可能对种植区内辣椒、西红柿幼苗产生化感作用,而对其种子萌发影响的可能性则较低。

从表 1 和表 3 可以看出,桉树叶片自然挥发物与由桉树叶片提取的桉叶油具有相似的化感作用,它们均能抑制所选测试物种的种子萌发,且抑制效果随使用浓度增加而加强,区别在于桉叶油较叶片自然挥发物效果更明显。因为化感物质的一种主要释放方式就是叶片挥发(Ahmed *et al.*, 2008),桉树叶片自然挥发物与桉叶油具有相同的化合物成分,因此可以利用叶片提取物代替叶片自然挥发物开展试验,以提高试验的操作性和试验数据的准确性。

## 参考文献:

Ahmed R, Hoque ATM, Hossain MK. 2008. Allelopathic effects of leaf litters of *Eucalyptus camadulensis* on some forest and agricultural crops[J]. *J Fore Res*, **19**(1):19-24

- Chung IM, Miller DA. 1995. Effect of alfalfa plant and soil extracts on germination and seedling growth[J]. *Agron J*, **87**(4):762-767
- Chen YY(陈月圆), Lu FL(卢凤来), Li DP(李典鹏), *et al.* 2010. Analysis of volatile constituents of different types of *Eucalyptus* leaf by GC-MS(不同品种桉树叶挥发性成分的 GC-MS 分析)[J]. *Guihaia* (广西植物), **33**(4):482-487
- Davidson J. 1993. Ecological aspect of eucalyptus plantation[C]//proc. Regional expert consultation eucalyptus. RAPA/FAO, Bangkok, Thailand
- Iqbal Z, Furubayashi A, Fujii Y. 2004. Allelopathic effect of leaf debris, leaf aqueous extract and rhizosphere soil of *Ophiopogon japonicus* Ker-Gawler on the growth of plants[J]. *Weed Biol Manag*, **4**(1):43-48
- Liu ZY(刘真一), Chen YY(陈月圆), Li DP(李典鹏). 2012. Analysis of volatile constituents of different years old of *E. grandis* × *E. urophlla* by GC-MS(不同生长年限巨尾桉叶挥发性成分 GC-MS 分析)[J]. *Guihaia* (广西植物), **32**(5):701-705
- Molly EH, Eric SM. 2002. Allelopathic effects and root distribution of *Ceratiola ericoides* (*Empetraceae*) on seven rosemary scrub species[J]. *Am J Bot*, **89**(7):1113-1118
- Shi ZQ(石忠强), Zhang RG(张荣贵), Jiang YD(蒋云东), *et al.* 2009. Study on oil production performance of eucalyptus cultivated in Yunnan Province(云南栽培的材油兼用型桉树的桉叶油产油性研究)[J]. *J West Chin For Sci* (西部林业科学), **38**(3):45-52
- Shiva S, Bandyopadhyay J. 1983. Eucalyptus - a disastrous tree for India[J]. *Ecologist*, **13**(5):184-187
- Shiva V, Bandyopadhyay J. 1985. Ecological Audit of *Eucalyptus* cultivation[M]. Dehradun: The English Book Depot
- Turk MA, Tawaha AM. 2002. Inhibitory effects of aqueous extracts of black mustard on germination and growth of lentil[J]. *Pak J Agron*, **1**(1):28-30
- Xiao WG(肖文光), Wang SM(王尚明), Chen X(陈孝). 1999. Study of biomass and soil impact of *Eucalyptus* with *Acacia crassicaarpa* mixed forest(桉树与厚荚相思混交林的生物量及对土壤影响研究)[J]. *Guangdong For Sci Tech* (广东林业科技), **1**:8-16
- Yang QH(杨期和), Ye WH(叶万辉), Liao FL(廖富林), *et al.* 2005. Effects of allelochemicals on seed germination (植物化感物质对种子萌发的影响)[J]. *Chin J Ecol* (生态学杂志), **24**(12):1459-1465
- Zheng L(郑丽), Feng YL(冯玉龙). 2005. Allelopathic effects of *Eupatorium adenophorum* on seed germination and seedling growth in ten herbaceous species(紫茎泽兰叶片化感作用对 10 种草本植物种子萌发和幼苗生长的影响)[J]. *Acta Ecol Sin* (生态学报), **25**(10):2782-2787
- Zhu YL(朱宇林), Tan P(谭萍), Lu SF(陆绍锋), *et al.* 2011. Bioassay of allelopathic activity of water extract of *Eucalyptus* leaves on seed germination of different kinds of plants(桉树叶水浸提液对 4 种植物种子化感作用的生物测定)[J]. *J Northwest For Univ* (西北林学院学报), **26**(1):134-137