

角茴香根和地上部水浸液对杂草反枝苋的化感作用

陈礼玲¹, 庞珂佳¹, 李同臣², 李西柳³, 王俊儒^{3*}

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西 杨陵 712100;
3. 西北农林科技大学 理学院, 陕西 杨陵 712100)

摘 要:以常见杂草反枝苋为受体植物,采用培养皿滤纸法,通过测定角茴香根水浸液和地上部水浸液对杂草反枝苋的种子萌发和幼苗生长的影响。结果表明:不同浓度的角茴香根和地上部水浸液均对反枝苋种子的萌发和幼苗的根长产生了明显的抑制作用,且随着浓度的增加抑制作用增强,当各水浸液的浓度大于 $0.030\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,即可对反枝苋种子 72 h 萌发的抑制率达到 50% 以上;当各水浸液处理浓度大于 $0.010\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,反枝苋幼苗的根长便低于对照的 50%。角茴香根水浸液对反枝苋幼苗的下胚轴产生低促高抑的浓度双重效应,当根水浸液浓度小于 $0.030\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,促进反枝苋下胚轴的生长;当根水浸液浓度大于 $0.030\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,抑制反枝苋下胚轴的生长。研究发现,角茴香根和地上部水浸液均对反枝苋表现出明显的化感作用。

关键词:角茴香;水浸液;反枝苋;化感作用

中图分类号:X173 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2011)01-0138-05

Allelopathy of the Aqueous Extracts from the Root and Aerial Part of *Hypecoum erectum* L. on *Amaranthus retroflexus* L.

CHEN Li-ling¹, PANG Ke-jia¹, LI Tong-chen², LI Xi-liu³, WANG Jun-ru^{3*}

(1. College of Natural Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2. College of Life Sciences, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
3. College of Science, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The allelopathy of the aqueous extracts from the root and aerial part of *Hypecoum erectum* L. on seed germination and seedling growth of *Amaranthus retroflexus* L. were studied by adopting petridish bioassay. The primary results showed that the aqueous extracts from the root and aerial part of *Hypecoum erectum* L. with different concentrations inhibited the seed germination and root length of *A. retroflexus* L., and the suppression increased with the increase of the concentration of aqueous extracts. Furthermore, there were dual effects on hypocotyl length of *A. retroflexus* L.: As the concentration of aqueous extracts from the root of *H. erectum* was lower than $0.030\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$, the growth of hypocotyls was promoted, while higher than $0.030\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ could restrain the growth.

Key words: *Hypecoum erectum* L.; aqueous extracts; *Amaranthus retroflexus* L.; allelopathy

植物之间的化感作用(allelopathy)是当前化学生态学的研究热点。植物通过淋溶、挥发、残体分解和根系分泌向环境中释放化学物质,对周围植物(包括微生物)产生间接或直接的有害或有利的作用^[1]。植物的化感作用广泛地存在于自然界中,在外来物

种入侵、种间互作、农田杂草控制、作物的虫害和病害的防治、减少连作障碍危害以及在调节植物生长和发育等方面起着重要的作用^[2-4]。

角茴香(*Hypecoum erectum*)为罂粟科角茴香属植物,别名山黄连、咽喉草、麦黄草、黄花草、雪里

收稿日期:2010-03-08 修回日期:2010-04-30
基金项目:教育部新世纪优秀人才支持计划项目(NCET20520855);2005 年西北农林科技大学青年学术骨干支持计划项目
作者简介:陈礼玲,女,在读硕士,主要从事药用植物化学成分和环境生物学的研究。E-mail: xiaolingziell@163.com
* 通讯作者:王俊儒,男,教授,主要从事药用植物化学与环境生物学教学与研究。

青等,全草入药,性寒,味苦,具有清热解毒止痛等作用,民间常用于治疗急性咽喉炎、目赤肿痛和肝炎等症^[5]。迄今国内外对角茴香及角茴香属植物的研究报道非常有限,且多集中在生药学、药理学、化学成份、栽培引种等方面,而对角茴香的化感作用的研究较少,仅王俊儒等^[6]测定了角茴香根水浸液对生菜的种子萌发和幼苗生长的影响,初步研究了角茴香根水浸液的化感作用及其可能的作用机理。本试验采用培养皿滤纸法,以常见杂草反枝苋为受体植物,通过测定角茴香根水浸液和地上部水浸液对杂草反枝苋的种子萌发和幼苗生长的影响,初步探讨了角茴香根和地上部水浸液的化感作用,为角茴香植物资源的开发利用和在角茴香中寻找作为除草剂的先导化合物提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

- 1.1.1 供体材料 罂粟科角茴香属植物角茴香,2006 年 5 月采自河南新乡黄河故道自然保护区。
- 1.1.2 受体材料 反枝苋(*Amaranthus retroflexus*),2006 年 10 月采自于西北农林科技大学北校区北门实验田。

1.2 方法

- 1.2.1 角茴香根水浸液、地上部水浸液的制备 将角茴香置于阴凉处风干后,把根和地上部分分开,分别粉碎后于阴凉通风处保存。取 25 g 角茴香根的粉末,用 500 mL 的蒸馏水室温浸泡 24 h,过滤,收集滤液,即为浓度 0.050 g·mL⁻¹的角茴香根水浸液母液。取相应体积的角茴香根水浸液母液,加入蒸馏水分别稀释成为 0.005、0.010、0.020、0.030 和 0.040 g·mL⁻¹,和原母液 0.050 g·mL⁻¹一起构成 6 个浓度梯度的角茴香根水浸液,置于冰箱中,4℃保存备用。

取 25 g 角茴香地上部分的粉末,其水浸液的制备同上。置于冰箱中,4℃保存备用。
- 1.2.2 受体种子的预处理 选择籽粒饱满的反枝苋种子,用 0.2% 的 NaClO 溶液表面消毒 10 min,再用蒸馏水冲洗干净,供试验用。
- 1.2.3 生物测定 采用培养皿滤纸法。将经过预处理的反枝苋种子播于培养皿(直径为 9 cm)中,每皿 50 粒。皿盖和皿底各铺一层滤纸,皿盖用 2 mL 蒸馏水浸湿,皿底加入上述不同浓度的角茴香根水浸液或地上部水浸液 4 mL,对照为等量的蒸馏水,每个浓度处理 3 个重复。然后置于电热恒温培养箱中,在 28℃下黑暗中培养。从 0~72 h 观察记录反

枝苋的萌发率,72 h 后测量反枝苋的根长、下胚轴长,并计算萌发率、萌发指数和抑制率^[7-9]。种子萌发的标准是胚根突破种皮 1~2 mm。

萌发率(G)=(种子的萌发数/ 培养皿中种子总数) $\times 100\%$

萌发指数(GI)= $\Sigma(G_i/D_i)=G_1/1+G_2/2+G_3/3$

其中, G_i 为在 t 日内的萌发率, D_i 为第 t 天。

抑制率(I)=($C-T$)/ C

其中, T 为受到处理的反枝苋的各项指标的值, C 为对照的值。

1.2.4 数据分析方法 使用 DPS2000 软件进行分析数据处理。

2 结果与分析

2.1 不同浓度角茴香根水浸液、地上部水浸液对反枝苋种子萌发的影响

从不同浓度角茴香根和地上部水浸液处理的反枝苋种子的萌发情况见表 1 和图 1。由表 1 可以看出,随着角茴香根水浸液和地上部水浸液浓度的增加,反枝苋种子的 72 h 萌发率降低,抑制率增高。不同浓度的角茴香根水浸液和地上部水浸液均抑制了反枝苋种子的萌发,并且抑制作用呈现出浓度依赖的特征,即随着水浸液处理浓度的增大,反枝苋种子 72 h 萌发的抑制率逐渐增高。当处理浓度为 0.005、0.010 g·mL⁻¹时,角茴香根水浸液和地上部水浸液对反枝苋种子 72 h 萌发率的影响均不显著;而当处理浓度大于 0.010 g·mL⁻¹时,角茴香根水浸液和地上部水浸液对反枝苋种子 72 h 萌发率的影响均为显著或者极显著。对于角茴香根水浸液处理的反枝苋种子,当处理浓度为 0.040、0.050 g·mL⁻¹时,反枝苋种子的 72 h 萌发率分别为对照的 31.25%和 10.42%,达到 50%以上的抑制率。对于角茴香地上部水浸液处理的反枝苋种子,当处理浓度为 0.040、0.050 g·mL⁻¹时,反枝苋种子的 72 h 萌发率分别为对照的 9.13%和 1.63%,达到 90%以上的抑制率。

萌发指数反应不同浓度角茴香根和地上部水浸液对反枝苋种子 72 h 萌发的影响的累积效应。由图 1 可以看出,随着各水浸液处理浓度的增加,反枝苋种子的 72 h 萌发指数逐渐降低,表明不同浓度角茴香根和地上部水浸液对反枝苋种子 72 h 萌发的影响的累积效应随着浓度的增大而增强。

由表 1 和图 1 还可看出,72 h 时不同浓度的角茴香根水浸液处理的反枝苋种子萌发率和萌发指数

均高于同等浓度的地上部水浸液处理,当处理浓度小于 $0.030\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,角茴香根水浸液对反枝苋种子 72 h 萌发的抑制率要高于同等浓度的地上部水浸液,而当处理浓度大于或者等于 $0.030\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,角茴香根水浸液对反枝苋种子 72 h 萌发的抑制率则低于同等浓度的地上部水浸液,尤其是当地上部水浸液浓度为 $0.050\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,对反枝苋种子的 72 h 萌发几乎达到了完全抑制,所以整体而言,角茴香地上部水浸液对反枝苋种子 72 h 萌发的化感效应要强于角茴香根水浸液。

表 1 角茴香根和地上部水浸液对反枝苋种子的 72 h 萌发率和抑制率的影响

Table 1 Inhibition of the aqueous extracts from the root and aerial part of *H. erectum* on 72 hour-germination rate and inhibition rate of *A. retroflexus* /%

处理浓度 ($\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)	根水浸液		地上部水浸液	
	72h 萌发率	抑制率	72h 萌发率	抑制率
CK	96.0 aA	—	80.0 aA	—
0.005	92.0 aA	4.2	78.0 aA	2.5
0.010	86.7 aA	9.7	79.3 aA	0.8
0.020	62.0 bB	35.4	64.0 bB	20.0
0.030	56.0 bB	41.7	42.0 cC	47.5
0.040	30.0 cC	68.8	7.3 dD	90.8
0.050	10.0 dC	89.6	1.3 dD	98.3

注:表中数字后小写和大写英文字母分别表示 Duncan’s 新复极差测验 5%和 1%水平的差异显著性。

图 1 角茴香根和地上部水浸液对反枝苋种子萌发指数的影响

Fig. 1 Effect of the aqueous extracts from the root and aerial part of *H. erectum* on germination index of *A. retroflexus*

2.2 不同浓度角茴香根水浸液、地上部水浸液对反枝苋幼苗生长的影响

在培养 72 h 后测定反枝苋幼苗的根和下胚轴的长度,不同浓度角茴香根水浸液和地上部水浸液对反枝苋幼苗的根长和下胚轴长的影响由图 2 和图 3 可看出,角茴香根水浸液和地上部水浸液对反枝苋幼苗的根和下胚轴的生长均产生了显著影响,并且分别呈现出不同的特点。

2.2.1 不同浓度角茴香根水浸液、地上部水浸液对

反枝苋幼苗根长的影响 从图 2 和图 3 可看出,当角茴香根和地上部水浸液浓度为 $0.005\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,反枝苋幼根的生长便已经受到了抑制作用,并且随着各水浸液处理浓度的增大,抑制作用增强(当浓度为 0.040 、 $0.050\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,因为萌发率极低,根生长长度极短,故没有测量)。当各水浸液处理浓度大于 $0.010\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,反枝苋幼苗的根长便低于对照的 50%;当角茴香根水浸液浓度为 0.020 、 $0.030\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,反枝苋幼苗的根长分别为 0.31 ± 0.12 、 $0.17\pm0.49\text{ cm}$,是对照($3.03\pm0.44\text{ cm}$)的 10.23%和 5.50%,差异显著;当角茴香地上部水浸液浓度为 0.020 、 $0.030\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,反枝苋幼苗的根长分别为 1.37 ± 0.40 、 $0.77\pm0.06\text{ cm}$,是对照($2.89\pm0.14\text{ cm}$)的 47.29%和 26.53%,差异显著。由此可以看出,当各水浸液处理浓度大于 $0.010\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,角茴香根水浸液对反枝苋幼苗根的生长的影响大于角茴香地上部水浸液。

图 2 角茴香根水浸液对反枝苋种子幼苗生长的影响
Fig. 2 Effect of the aqueous extracts from the root of *H. erectum* on seedling growth of *A. retroflexus*

图 3 角茴香地上部水浸液对反枝苋种子幼苗生长的影响
Fig. 3 Effect of the aqueous extracts from the aerial part of *H. erectum* on seedling growth of *A. retroflexus*

2.2.2 不同浓度角茴香根水浸液、地上部水浸液对反枝苋幼苗下胚轴生长的影响 从图 2 和图 3 可看出,不同浓度角茴香根水浸液和地上部水浸液对反枝苋幼苗的下胚轴的生长的影响则呈现出不同的特点。

对角茴香根水浸液处理的反枝苋幼苗来说,0.005、0.010和0.020 g·mL⁻¹ 3个测试浓度均不同程度的促进了反枝苋幼苗的下胚轴的生长,下胚轴长度分别为3.66±0.53、3.68±0.36和2.30±0.49 cm,是对照(1.79±0.39 cm)的204.47%、205.59%和128.68%,表明随着角茴香根水浸液处理浓度的增加,对反枝苋幼苗下胚轴生长的促进作用减弱。角茴香根水浸液处理浓度从0.030 g·mL⁻¹开始,其生长才受到抑制,该处理的下胚轴长度为1.30±0.06 cm,是对照的72.81%。所以角茴香根水浸液对反枝苋幼苗下胚轴生长的作用特点为:低促高抑,即低浓度促进,但是随着浓度的增大,促进的程度逐渐减弱,浓度高到一定程度时便开始出现抑制作用。

对于角茴香地上部水浸液处理的反枝苋幼苗来说,0.005、0.010、0.020和0.030 g·mL⁻¹ 4个测试浓度均对反枝苋幼苗的下胚轴长产生了不同程度的促进作用,其下胚轴长分别为3.49±0.35、3.00±0.10、2.86±0.52和2.57±0.21 cm,为对照(1.57±0.07 cm)的222.77%、191.08%、182.17%和163.69%,同样,随着处理浓度的增大,促进的程度逐渐减弱。

3 讨论与结论

3.1 角茴香根和地上部水浸液对反枝苋种子的萌发和幼苗的生长均有抑制作用

研究表明,不同浓度的角茴香根和地上部水浸液均不同程度的抑制了反枝苋种子的萌发和幼苗根的生长,当处理浓度达到一定水平时,对反枝苋下胚轴的生长也会产生抑制作用。其中,对于角茴香地上部水浸液处理的反枝苋幼苗来说,随着处理浓度的增大,对反枝苋幼苗下胚轴生长的促进程度逐渐减弱,由此可以推测,当处理浓度高到一定程度时,促进作用可能会消失,最终可能将对幼苗下胚轴的生长产生抑制作用。

3.2 角茴香的化感作用具有低促高抑的浓度双重效应

植物的化感作用具有低促高抑的浓度双重效应^[10-11]。这种现象表明化感物质的作用与浓度密切相关。孔垂华等^[12]人指出,这种不同浓度表现出的差异说明化感物质在生态功能上普遍存在着一物多用的现象,各功能之间很可能通过化感物质不同的作用浓度来协调。本研究结果也证实了这一点,角茴香根水浸液对反枝苋幼苗的下胚轴的生长产生低浓度促进,高浓度抑制的浓度双重效应,即当角茴香根水浸液浓度低于0.030 g·mL⁻¹时,促进反枝苋幼苗下胚轴的生长,随着浓度的增大,促进作用减

弱,当浓度增大到0.030 g·mL⁻¹时,开始对其下胚轴的生长产生抑制作用。除此之外,还有对番茄化感作用研究^[13],对李子叶水浸液化感作用研究^[14],对百合地上部水浸液的化感作用研究^[15]中也有同样的结果。由此可认为这种低促高抑的现象可能是由于较低浓度时,水浸液中的化感物质含量太少而不足以产生化感效应,但其中的其他浸提物则含有比纯净水较多的养分而促进了受体作物的生长,而较高浓度下的化感物质含量则达到了抑制作物生长的浓度。

3.3 角茴香的化感作用存在器官差异性

试验结果表明,角茴香根和地上部水浸液对同一受体植物的不同部位有不同的化感效应,0.005、0.010和0.020 g·mL⁻¹ 3个处理浓度对反枝苋幼苗的根的生长产生抑制作用,而对其下胚轴生长产生促进作用。童晓翠等^[16]对卷丹鳞茎的化感作用研究表明,25 g·L⁻¹的卷丹鳞茎水提液处理对根和下胚轴的效果不同,使根生长受抑制,而下胚轴生长被促进。张远莉^[17]等对薄荷化感作用研究表明,薄荷根分泌物促进幼苗生长,而抑制幼根的生长。沈平等^[14]对李子叶水浸液化感作用研究表明,在李子叶水浸液的处理下,受体作物的幼根比幼苗表现敏感。王婷等^[18]对核桃青皮水提液的各萃取物及水相萃取物的化感作用研究表明,不同萃取物对小麦、绿豆等4种植物幼根生长的抑制作用均大于对幼芽生长的抑制作用。这些现象均表明,植物的化感作用存在器官差异性,可能是由于受体植物的不同器官对同一种化感物质的敏感性不同,一般表现为,根比下胚轴敏感,幼根比幼苗敏感。

3.4 角茴香中的化感物质具有作为除草剂的先导化合物而进行开发利用的可能性

反枝苋是一种常见的恶性杂草,经试验表明,角茴香根水浸液和地上部水浸液对反枝苋的种子萌发和幼苗生长均有明显的抑制作用,说明角茴香水浸液中可能含有某些化感物质,影响受体植物种子的萌发和幼苗生长,预示着角茴香中的化感物质具有作为除草剂的先导化合物而进行开发利用的可能性。至今已发现的化感物质主要有酚类、萜类、糖和糖苷、生物碱和非蛋白氨基酸等^[19]。角茴香中主要含多种生物碱成分,还含有酚类、糖和糖苷等成分,但角茴香中的化感物质有待于进一步的分离和鉴定,从而有可能为角茴香植物资源的利用提供更多新的依据。

参考文献:

[1] RICE E L. Allelopathy[M]. 2nd ed. New York: Academic

Press Inc, FL. , 1984: 267-290.

[2] 张 燕,慕小倩. 外来杂草反枝苋对农作物的化感作用及其风险评价[J]. 西北植物学报, 2008, 28(4): 4771-4776.
ZHANG Y, MU X Q. Allelopathic effects of *Amaranthus retroflexus* L. and its risk assessment[J]. Acta Bot. Boreal. -Occident . Sin, 2008, 28(4): 4771-4776.

[3] HARSH P B, RAMARAO V, SIMON G, *et al.* Allelopathy and exotic plant invasion: From molecules and genes to species interactions[J]. Science, 2003, 301(5638): 1377-1380.

[4] ALASTAIR F. Making allelopathy respectable[J]. Science, 2003, 301(5638): 1337-1338.

[5] 江苏中医学院. 中药大辞典(上) [M]. 上海: 上海人民出版社, 1998: 1153.

[6] 王俊儒, 庞珂佳, 张跃进, 等. 角茴香根水浸液对生菜的化感潜力及机理初探[J]. 西北植物学报, 2008, 28(9): 1893-1898.
WANG J R, PANG K J, ZHANG Y J, *et al.* Allelopathic potential and its mechanism of *Hypocoum erectum* L. on Lettuce [J]. Acta Bot. Boreal.-Occident. Sin, 2008, 28(9): 1893-1898.

[7] 种子工作手册编写组. 种子 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1979: 425.

[8] *International Seed Testing Association* (ISTA). International rules for seed testing [J]. Seed. Sci. and Technol. , 1999, 27 (Sup): 27-32.

[9] 赵红梅, 杨顺义, 郭鸿儒, 等. 黄花蒿对 4 种受体植物的化感作用研究[J]. 西北植物学报, 2007, 27(11): 2292-2297.
ZHAO H M, YANG SH Y, GOU H R, *et al.* Allelopathy of *Artemisia annua* on 4 receptor plants[J]. Acta Bot . Boreal. -Occident . Sin, 2007, 27(11): 2292-2297.

[10] 邓明华, 文锦芬, 邹学校, 等. 辣椒植株水浸提液对生菜和大白菜化感作用的初步研究[J]. 云南农业大学学报, 2007, 22(3): 452-455.
DENG M H, WEN J F, ZOU X X, *et al.* Allelopathic study on aqueous extract from hot pepper plant on Lettuce and Chinese cabbage[J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 2007, 22(3): 452-455.

[11] 刘荷芬, 樊金献, 侯 双. 香丝草对几种杂草的化感作用研究 [J]. 河南科技学院学报:自然科学版, 2008, 36(1): 14-16.
LIU H F, FAN J X, HOU SH. Study on allelopathy of *Conyza bonariensis* on several weeds[J]. Journal of Henan Institute of Science and Technology: Natural Science Edition, 2008, 36(1): 14-16.

[12] 孔垂华, 徐 涛, 胡 飞, 等. 环境胁迫下植物的化感作用及其诱导机制[J]. 生态学报, 2002, 20(5): 849-854.
KONG CH H, XU T, HU F, *et al.* Allelopathy under environmental stress and its induced mechanism[J]. Acta Ecologica Sin Ica, 2002, 20(5): 849-854.

[13] 周志红, 骆世明, 牟子平. 番茄(*Lycopersicon*)的化感作用研究[J]. 应用生态学报, 1997, 8(4): 445-449.
ZHOU ZH H, LUO SH M, MOU Z P. Allelopathic effect of tomato[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1997, 8(4): 445~449.

[14] 沈平, 彭晓邦, 仲崇高, 等. 李子叶水浸液对 5 种作物的化感效应[J]. 西北林学院学报, 2009, 24(4): 151-155.
SHEN P, PENG X B, ZHONG CH G, *et al.* Allelopathy effects of water extracts of *Prunus salicina* cotyledon on five crops[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(4): 151-155.

[15] 董沁方, 程智慧. 百合地上部分水浸液的化感效应研究[J]. 西北农业学报, 2006, 15(2): 144-147, 151.
DONG Q F, CHENG ZH H. Study on allelopathy of top part aqueous extracts of Lily plant[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sin Ica, 2006, 15(2): 144-147, 151.

[16] 童晓翠, 庞珂佳, 王俊儒, 等. 卷丹鳞茎水浸提液对生菜化感作用的研究[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(5): 154-156.
TONG X C, PANG K J, WANG J R, *et al.* Allelopathic effect of the aqueous extracts from the bulbs of *Lilium lancifolium* on Lettuce[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008, 23(5): 154-156.

[17] 张远莉, 陈建群, 卫 春, 等. 薄荷化感物质的作用及其初步分离[J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9(6): 611-615.
ZHANG Y L, CHEN J Q, WEI CH, *et al.* Effects of mint allelochemicals and its preliminary isolation[J]. Chin. J. Appl. Environ Biol. , 2003, 9(6): 611-615.

[18] 王婷, 翟梅枝, 贾彩霞, 等. 核桃青皮中次生代谢物质的化感活性研究[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(3): 160-162.
WANG T, ZHAI M Z, JIA C X, *et al.* Study on the allelopathic activity of secondary metabolites from walnut green husk[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008, 23(3): 160-162.

[19] 赵福庚, 何龙飞, 罗庆云. 植物逆境生理生态学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 15-24.