中国生态农业学报 2008 年 3 月 第 16 卷 第 2 期
Chinese Journal of Eco-Agriculture, March 2008, 16(2): 391-395

入侵杂草五爪金龙的除草剂植物筛选*

马瑞君 朱 慧 陈丹生 徐国熙 吴干添

(韩山师范学院生物系 潮州 521041)

摘 要 本文报道了具有化感作用或潜在抑草活性的 17 种植物叶片水浸液对华南地区入侵杂草五爪金龙幼苗生长的化感作用,以期获得对五爪金龙有较强抑制作用的植物种类,为植物源除草剂的开发奠定基础。结果显示,17 种供体植物中有 12 种能够抑制五爪金龙幼苗生长,抑制强度依次为假臭草 > 飞机草 > 黄帚橐吾 > 艾蒿 > 披针叶黄华 > 微甘菊 > 马缨丹 > 鸡矢藤 > 牧荆 > 南美蟛蜞菊 > 胜红蓟 > 隆缘桉。且假臭草、艾蒿、飞机草、黄帚橐吾和披针叶黄华 5 种供体植物对五爪金龙的 4 项生长指标均产生显著或极显著影响,其中假臭草、飞机草、黄帚橐吾作用浓度较低,且资源丰富,可成为天然除草剂主要的资源植物。

关键词 化感作用 入侵植物 五爪金龙 植物源除草剂

中图分类号:Q948.12 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3990(2008)02-0391-05

Screening botanical herbicide for invasive plant *Ipomoea cairica*

MA Rui-Jun, ZHU Hui, CHEN Dan-Sheng, XU Guo-Xi, WU Gan-Tian

(Department of Biology, Hanshan Normal University, Chaozhou 521041, China)

Abstract Allelopathy of aqueous extracts from the leaves of 17 plant species (reported with allelopathy or potential activity of weed inhibition) on *Ipomoea cairica* (L.) Sweet, a main invasive weed in South China, was used to screen botanical herbicide of invasive weeds. Twelve species are found to be effective inhibitors of *I. cairica* seedling growth, and the order of their inhibiting strength is *Eupatorium catarium* (Veldkamp) > *Eupatorium odoratum* L. > *Ligularia virgaurea* (Maxim.) Mactf > *Artemesia annua* L. > *Thermopsis lanceolata* R. Br > *Mikania micrantha* Kunth > *Lantana camara* L. > *Paederia scandens* (Lour.) Merr > *Vitex negundo* L. > *Wedelia trilobata* L. > *Ageratum conyzoides* L. > *Eucalyptus exserta* F. T. Muell. *E. catarium*, *E. odoratum*, *L. virgaurea*, *A. annua* and *T. lanceolata* have significant inhibiting effect ($P < 0.01$, $P < 0.05$) on *I. cairica* seedling growth. *E. catarium*, *E. odoratum* and *L. virgaurea* are important potential botanical resources of natural herbicide due to their lower concentration effect and wide availability.

Key words Allelopathy, Invasive plant, *Ipomoea cairica*, Botanical herbicide

(Received Sept. 2, 2006; accepted March 14, 2007)

外来物种的入侵已成为国际社会和学术界共同关注的问题。入侵杂草是外来物种中危害最为严重的类群之一。目前,我国已知入侵杂草百余种,遍布全国绝大多数地区[1]。广东省特殊的地理位置和适宜的气候条件,已成为入侵杂草危害的重灾区。适应性广、繁殖力强的恶性杂草薇甘菊(*Mikania micrantha*)、五爪金龙(*Ipomoea cairica*)、南美蟛蜞菊(*Wedelia trilobata*)等已肆意入侵这一地区的自然生态系统和农田、果园、茶园等人工生态系统,蔓延成灾,给农林牧渔以及旅游业造成巨大的损失,甚至威胁人类的健康[2]。

目前,控制入侵杂草最直接和有效的方法仍是大量使用化学除草剂。但化学除草剂不仅会导致降解残毒,在环境中累积并通过物质循环进入生物链[3],而且,长期使用化学除草剂往往会使杂草产生抗性,这就迫使人们越来越关注天然除草剂的开发[4]。研究表明,植物中存在种类繁多、数量庞大的天然克生化合物(化感物质),它们是生态系统中的植物经自然和人工选择而发展起来的排它性化学武器。广泛筛选这类植物,进而对其化感物质分离鉴定,是植物源除草剂开发的重要途径。目前世界上已发现 30 多个科的植物含有近百种具有杀

* 广东省科技厅计划项目(2005B33302002)资助
马瑞君(1956~),女,回族,博士,教授,从事植物生态学研究与教学工作。E-mail:ruijunma2003@yahoo.com.cn
收稿日期:2006-09-02 接受日期:2007-03-14

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

草作用的天然化合物，其中有些已被开发成专一性或广谱性天然除草剂，并得到专利保护和推广应用[5]。

本研究从不同生态系统中选择了已报道具有较强化感作用或潜在抑草活性的 17 种植物作为供体，针对华南地区的主要入侵杂草五爪金龙进行生物测定，以期获得对五爪金龙有较强抑制作用的植物种类，为植物源除草剂的开发奠定基础。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供体植物包括已报道有明显化感作用的植物[6-15]、有毒植物和在野外呈斑块分布并不被五爪金龙所缠绕的植物，共 17 种，隶属于 7 个科(表 1)，分别采自甘肃省合作市和广东省潮州市。甘肃合作市位于 34°50′～35°2′N，102°46′～103°4′E，海拔 2 700～2 900 m，年降雨量 558 mm，年均气温 2.0 ℃，无霜期 3 个月，植物生长季雨水充沛。潮州市位于广东省东部，23°26′～24°14′N，116°22′～117°11′E，濒临南海，属海洋性季风气候，日照充足，雨量充沛，气候温和。年均气温 21.4 ℃，极端最高气温 39.6 ℃，极端最低气温 -0.5 ℃，年均降雨量 1 685.8 mm。

受体植物五爪金龙[*Ipomoea cairica* (L.) Sweet]种子采自韩山师范学院校园及周边地区，种子秋季成熟，从 9 月至次年春季均可采集。种子暗褐色至黑色，不规则卵型，表面覆盖一层绒毛。因其种皮坚硬致密，当年到第 2 年的萌发率均不足 20%，但经机械处理后，萌发率可提高至 60%左右。

表 1 供体植物种类

Tab. 1 Donor plant species

科名 Family	序号 Code	供体植物 Donor plant
菊科 Compositae	1	▲△三叶鬼针草 *Bidens pilosa* Linn.
	2	* △南美蟛蜞菊 *Wedelia trilobata* L.
	3	* △小飞蓬 *Conyza canadensis* (L.) Cronq
	4	▲假臭草 *Eupatorium catarium* (Veldkamp)
	5	▲艾蒿 *Artemesia annua* L.
	6	* △薇甘菊 *Mikania micrantha* Kunth
	7	* △飞机草 *Eupatorium odoratum* L.
	8	* △胜红蓟 *Ageratum conyzoides* L.
	9	▲金腰箭 *Synedrella nodiflora* (Linn.) Gaertn.
	10	* 黄帚橐吾 *Ligularia virgaurea* (Maxim.) Mactf
马鞭草科 Verbenaceae	11	▲牧荆 *Vitex negundo* L.
	12	* △马缨丹 *Lantana camara* L.
苋科 Amaranthaceae	13	* △空心莲子草 *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Gris
茜草科 Rubiaceae	14	▲鸡矢藤 *Paederia scandens* (Lour.) Merr
雨久花科 Pontedriaceae	15	* △水葫芦 *Eichhornia crassipes* Solm
豆科 Leguminosae	16	#披针叶黄华 *Thermopsis lanceolata* R. Br.
桃金娘科 Yrtaceae	17	* 窿缘桉 *Eucalyptus exserta* F. T. Muell

▲:常形成单优势种群落并与五爪金龙同域分布 Species usually grows in mono-dominant community, and distributes in same area with *Ipomoea cairica*; * :已报道的有化感作用 Species is reported to be allelopathic; △:入侵植物 Invading species; #:有毒植物 Poisonous plant.

1.2 试验方法

于 2006 年 6 月在甘肃省合作市采集黄帚橐吾和披针叶黄华叶片，在当地晒干后携回实验室；其余植物于 2005 年、2006 年 3～5 月在广东潮州采集。在实验室中将新鲜的供体植物叶片取下，剪成 <2 cm 的小段，放入锥形瓶，加蒸馏水配成 0.20 g (FW)·mL^{-1}的溶液(两种干叶材料以失水量 75%计算)，在室温 (23～28 ℃) 下放置 48 h(每隔 12 h 摇动 5 min)，用两层滤纸抽滤 2 次后，得到供体水浸液，用于初步生物测定。对抑制效果明显的假臭草、艾蒿、黄帚橐吾、飞机草和披针叶黄华 5 种供体植物用同样的方法配制了 0.1 g(FW)·mL^{-1}、0.05 g (FW)·mL^{-1}和 0.025 g(FW)·mL^{-1} 3 个浓度的水浸液，用于分浓度测定。

受体植物五爪金龙的种子经机械处理后(用刀片削去珠孔周围的种皮)，在培养箱中大批萌发。萌发 3～5 d 后，选取根长 0.5 cm 的萌发种子，移种至装有沙土的一次性纸杯中(杯底打孔)，每杯 5 株，每种植物 3 杯。首先在杯中加入 10 mL 改良 Hoagland 完全营养液，24 h 后在处理组均匀加入

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

10 mL供体植物的 0.20 g(FW)·mL^{-1}水浸液,对照组则加入 10 mL 蒸馏水。移种后的第 5 d、8 d 对处理组分别补浇 10 mL 水浸液,对照组仍浇等量蒸馏水。试验过程中适时转动纸杯,尽量使幼苗受光均匀、直立生长。当幼苗长至第 10 d,全部拔起,清洗干净,测定根长、苗高、鲜重、干重。干重是将幼苗放入 80 ℃干燥箱中 48 h 后的重量。每项指标重复 3 次。对抑制作用明显的供体植物,再进行 0.1 g(FW)·mL^{-1}、0.05 g(FW)·mL^{-1}和 0.025 g(FW)·mL^{-1}水浸液的生物测定。水浸液的配制、处理方法和处理时间同前,生长至第 10 d 测量其幼苗干重。

1.3　数据处理

先用 SPSS 软件的独立样本 t 检验对每组对照(组 1)和处理(组 2)的数据进行差异显著性检验。只要有一项指标的差异达到显著水平且均值之差为正值时,则进一步根据 Williamson 等[16]敏感指数计算方法求出 RI 值,并根据 RI 值计算物种水平的化感效应值(M_R,$R=4$)[14],评价其综合化感效应。

2　结果与分析

2.1　不同供体植物水浸液对五爪金龙幼苗化感效应比较

五爪金龙幼苗经 0.2 g(FW)·mL^{-1}的 17 种供体植物水浸液处理后,三叶鬼针草、小飞蓬、金腰箭、空心连子草和水葫芦等 5 种供体植物水溶液对五爪金龙无显著抑制作用,有的甚至能轻微的促进生长(表 2);有 12 种供体植物至少能够显著抑制五爪金龙幼苗的一项测定指标;其中假臭草、艾蒿、飞机草、黄帚橐吾和披针叶黄华 5 种供体植物对其 4 项指标均产生显著或极显著影响(表 2)。这 12 种植物 RI 值和其物种水平的综合化感效应 M(表 3)均为负值,说明这 12 种植物能够抑制五爪金龙幼苗生长,其抑制强度从强至弱依次为假臭草 > 飞机草 > 黄帚橐吾 > 艾蒿 > 披针叶黄华 > 微甘菊 > 马缨丹 > 鸡矢藤 > 牧荆 > 南美蟛蜞菊 > 胜红蓟 > 隆缘桉。

表 2　各处理组与对照组间五爪金龙幼苗生长指标的差值及 t 检验结果

Tab. 2　Growth index difference of *I. cairica* seedling between control and treatment groups and t test results

植物种 Species	根长 Root length(cm)	苗高 Shoot height(cm)	鲜重 Fresh weight(g·株$^{-1}$)	干重 Dry weight(g·株$^{-1}$)
三叶鬼针草 *B. pilosa*	0.47 ± 0.19	0.33 ± 1.37	0.01 ± 0.03	−0.002 ± 0.01
南美蟛蜞菊 *W. trilobata*	0.51 ± 1.50	−0.56 ± 2.97	0.02 ± 0.05	0.003 ± 0.02 *
小飞蓬 *C. Canadensis*	−0.15 ± 1.70	0.20 ± 1.94	−0.01 ± 0.07	−0.001 ± 0.01
假臭草 *E. catarium*	2.63 ± 1.23 **	1.88 ± 1.08 **	0.07 ± 0.05 *	0.005 ± 0.02 **
艾蒿 *A. annua*	1.11 ± 2.00 *	1.52 ± 2.16 *	0.12 ± 0.05 *	0.006 ± 0.03 **
微甘菊 *M. micrantha*	1.56 ± 2.20 *	1.72 ± 1.16 *	0.02 ± 0.04	0.003 ± 0.01 *
飞机草 *E. odoratum.*	2.43 ± 1.14 **	2.28 ± 1.58 **	0.11 ± 0.03 **	0.007 ± 0.01 *
胜红蓟 *A. conyzoides*	0.41 ± 1.50	−0.22 ± 2.66	0.02 ± 0.02	0.006 ± 0.02 *
金腰箭 *S. nodiflora*	−0.33 ± 1.10	0.21 ± 1.44	0.01 ± 0.07	−0.007 ± 0.01
黄帚橐吾 *L. virgaurea*	2.73 ± 0.53 **	1.59 ± 1.12 *	0.09 ± 0.06 **	0.006 ± 0.02 **
牧荆 *V. negundo.*	0.61 ± 1.50 *	0.26 ± 2.12	0.01 ± 0.05	0.001 ± 0.02
马缨丹 *L. camara*	1.32 ± 2.05 **	0.77 ± 2.85 *	0.01 ± 0.04	0.002 ± 0.01 *
空心莲子草 *A. philoxeroides*	−0.25 ± 1.20	0.30 ± 1.87	−0.01 ± 0.08	−0.003 ± 0.02
鸡矢藤 *P. scandens*	1.43 ± 1.14 **	1.58 ± 1.48 *	0.02 ± 0.03	0.001 ± 0.02
水葫芦 *E. crassipes*	0.49 ± 0.12	0.53 ± 0.37	0.01 ± 0.04	−0.002 ± 0.02
披针叶黄华 *T. lanceolata*	1.93 ± 0.23 **	1.59 ± 1.02 *	0.05 ± 0.06 *	0.040 ± 0.02 **
窿缘桉 *E. exserta*	0.03 ± 2.045	0.68 ± 2.722	0.04 ± 0.05 *	0.001 ± 0.017

* 差异在 $P<0.05$ 水平上显著 Significant difference at $P<0.05$; ** 差异在 $P<0.01$ 水平上显著,Significant difference at $P<0.01$。

2.2　初选供体植物不同浓度水浸液对五爪金龙幼苗生长的抑制作用

根据高浓度[0.2 g(FW)·mL^{-1}]生物测定结果和试验过程中五爪金龙幼苗的形态反应(叶片明显干枯或植株矮小),对抑制作用较为明显的假臭草、飞机草、黄帚橐吾、艾蒿和披针叶黄华 5 种供体植物不同浓度水浸液对五爪金龙幼苗干重的影响进行了进一步测定,结果均表现为一定的浓度依赖(表 4)。在 0.025 g(FW)·mL^{-1}浓度下,除假臭草外,其余 4 种均无明显抑制作用,其中艾蒿和披针叶

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

表 3 不同供体植物 *RI* 值和对五爪金龙的化感效应

Tab. 3 Allelopathic potentials and *RI* values of different donor plants to *I. cairica* seedling

植物种 Species	根长 Root length	苗高 Shoot height	鲜重 Fresh weight	干重 Dry weight	综合化感效应(*M*)
南美蟛蜞菊 *W. trilobata*	-0.092	0.063	-0.013	-0.161	-0.051
假臭草 *E. catarium*	-0.596	-0.410	-0.241	-0.247	-0.374
艾蒿 *A. annua*	-0.190	-0.152	-0.140	-0.172	-0.164
微甘菊 *M. micrantha*	-0.324	-0.251	-0.025	-0.124	-0.156
飞机草 *E. odoratum*	-0.574	-0.303	-0.312	-0.221	-0.353
胜红蓟 *A. conyzoides*	-0.064	0.024	0.012	-0.058	-0.022
黄帚橐吾 *L. virgaurea*	-0.478	-0.265	-0.033	-0.188	-0.214
牧荆 *V. negundo*	-0.116	0.045	-0.044	-0.125	-0.060
马缨丹 *L. camara*	-0.250	-0.008	0.031	-0.020	-0.062
鸡矢藤 *P. scandens*	-0.131	-0.108	-0.002	-0.001	-0.061
披针叶黄华 *T. lanceolata*	-0.265	-0.221	-0.057	-0.091	-0.159
窿缘桉 *E. exserta*	-0.008	-0.096	-0.027	0.052	-0.020

表 4 不同浓度供体植物水浸液对五爪金龙幼苗干重的影响

Tab. 4 Effects of different concentrations aqueous extracts of donor plants on dry weight of *I. cairica* seedling

浓度 Concentration [g(FW)·mL^{-1}]	假臭草 *E. catarium*	艾蒿 *A. annua*	飞机草 *E. odoratum*	黄帚橐吾 *L. virgaurea*	披针叶黄华 *T. lanceolata*
0.2	0.005 ±0.02 **	0.006 ±0.03 **	0.007 ±0.01 **	0.006 ±0.02 **	0.040 ±0.02 **
0.1	0.004 ±0.01 **	0.007 ±0.05 *	0.011 ±0.01 **	0.007 ±0.03 *	0.002 ±0.02 *
0.05	0.003 ±0.01 *	0.002 ±0.04	0.004 ±0.02 *	0.002 ±0.01 *	0.001 ±0.005
0.025	0.002 ±0.02 *	-0.001 ±0.03	0.003 ±0.02	0.001 ±0.001	-0.0006 ±0.007

黄华尚有一定的促进作用,但未达到显著水平;飞机草和黄帚橐吾在其余 3 个浓度处理后抑制作用达到显著或极显著差异水平;假臭草在 4 个浓度水平均有明显的抑制作用。

3 讨论

化感作用(植物间的相生相克)在自然界普遍存在,化感作用的强度、作用对象和作用时间存在着明显的种间差异[3],这种差异为不同类型除草剂的筛选奠定了基础。本试验所选择的具化感作用的 10 种植物中,除黄帚橐吾和窿缘桉外,其余 8 种均为入侵植物[2]。以往研究表明,这 8 种植物对农作物、本土植物和多种杂草的种子萌发和幼苗生长可产生抑制[6-15]。但对五爪金龙的生物测定结果差异较大,其中飞机草的抑制作用很强,0.2 g(FW)·mL^{-1}的浸提液即对五爪金龙的 4 项生长指标均产生极显著的抑制作用,而空心莲子草和水葫芦对五爪金龙则几乎无作用。桉树属植物叶中含有桉树脑,其衍生物具有良好的除草活性[17],窿缘桉是华南地区重要的人工桉林树种,其水溶性物质有较强的化感作用[15],也被认为是有希望开发为天然除草剂的植物种类[17],但对五爪金龙的影响较小。

供体植物化感作用效力综合分析表明,抑制作用较强($M>0.1$)且能使五爪金龙幼苗有明显形态反应的 5 种供体植物中,有 4 种为菊科植物,其中抑制作用最强且作用浓度最小的假臭草,野外与五爪金龙相邻生长,但较少被其缠绕,这一自然现象很可能与其化感作用有关。菊科植物的化感作用已有许多报道[18],周凯等[19]统计我国菊科植物约有 37 个属存在化感作用,表明菊科植物具有较大化感作用潜力,是新型除草剂开发的重要资源。

对初选的 5 种植物分浓度生物测定结果显示,假臭草在 0.025 g(FW)·mL^{-1}浓度下即表现出抑制活性,飞机草和黄帚橐吾最低浓度为 0.05 g(FW)·mL^{-1},而艾蒿和披针叶黄华作用浓度相对较高。前 3 种均为杂草,其中黄帚橐吾是对高寒草场危害严重的杂草,其水浸液对多种牧草产生抑制作用[14];假臭草和飞机草作为入侵植物大量分布于广东、广西、海南等地,危害多种作物,并侵犯牧场[2,20]。因此,这 3 种植物作为天然除草剂植物,不仅资源丰富,且可变害为宝,更具开发价值。

化感物质是开发植物源除草剂的基础,目前已

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

报道的具除草活性的化感物质包括酚酸类、萜类和生物碱等多种类型[21],其中萜类是最具开发潜力的化感物质[22],如单萜 1,8 - 桉树脑就具极强的除草活性,以其作为结构模型人工合成的衍生物环庚草醚(Cinmethylin)已经开发为除草剂[23]。飞机草 95% 乙醇提取物的石油醚和氯仿部分进行色谱分离得到了萜类、甾体化合物和多种黄酮[24],黄帚橐吾体内也含有多种萜类、生物碱和黄酮[25],这些物质均有抑草活性的报道[3,4]。但在本项试验中,哪些物质是主要活性成分有待进一步研究。

参考文献

[1] 李振宇,解焱著. 中国外来入侵种[M]. 北京:中国林业出版社,2002

[2] 刘红卫,林志凌,苏华轲,等. 广东省外来物种入侵现状及其生态环境影响调查[J]. 生态环境,2004,13(2):194-196

[3] 孔垂华, 胡飞. 植物化感作用及其应用[M]. 北京: 中国农业出版社,2001

[4] Bhowmik P. C., Inderjit. Challenges and opportunities in implementing allelopathy for natural weed management[J]. Crop Protection,2003,22(4):661-671

[5] 操海群, 岳永德, 花日茂, 等. 植物源农药研究进展[J]. 安徽农业大学学报,2000,27 (1):40-44

[6] 陈贤兴,丁炳扬, 沈夕良,等. 南美蟛蜞菊对几种经济作物的生化他感作用[J]. 甘肃科学学报,2005,17(4):15-17

[7] 高兴祥, 李美,于建垒,等. 小飞蓬提取物除草活性的生物测定[J]. 植物资源与环境学报,2006,15(1):18-21

[8] 梁斌,袁亚莉,谷文祥,等. 薇甘菊化感作用的初步研究[J]. 江西植保,2006,29(1):20-23

[9] 谷文祥,何庭玉,张茂新,等. 飞机草化感作用的初步研究[J]. 华南农业大学学报,2002,23(3):60-62

[10] 胡飞, 孔垂华. 胜红蓟化感作用研究. Ⅰ. 水溶物的化感作用及其化感物质分离鉴定[J]. 应用生态学报,1997,8(3):304-308

[11] 刘少群,贾正晖. 马缨丹叶片水提物与挥发油的生物活性及化学成分研究[J]. 广西植物,2002,22(2):185-188

[12] 苏丽, 朱金松. 空心莲子草地下茎浸提液对几种常见杂草种子萌发率的影响[J]. 杂草科学,2003 (4):7-9

[13] 唐萍, 吴国荣,陆长梅,等. 太湖水域几种高等水生植物的克藻效应[J]. 农村生态环境,2001,17(3):42-44

[14] 马瑞君, 王明理, 赵坤, 等. 高寒草场优势杂草黄帚橐吾水浸液对牧草的化感作用[J]. 应用生态学报,2006,17(5):845-850

[15] 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):6-11

[16] Williamson G. B., Richardson D. Bioassays for allelopathy:Measuring treatment responses with independent controls[J]. Chem. Ecol.,1988,14(1):181-187

[17] 颜桂军,朱朝华. 可以开发为植物源除草剂的十种植物[J]. 广西热带农业,2005 (4):22-25

[18] 慕小倩,罗玛霞,段琦梅,等. 10 种菊科植物水浸液对小麦幼苗生长的影响[J]. 西北植物学报,2003,23(11):2014-2017

[19] 周凯,郭维明,徐迎春. 菊科植物化感作用研究进展[J]. 生态学报,2004,24(8):1780-1788

[20] 李光义,喻龙,邓晓,等. 假臭草化感作用研究[J]. 杂草科学,2006 (4):19-20,49

[21] Duke S. O., Dayan F. E., *et al*. Natural products as sources of herbicides: current status and future trends[J]. Weed Res.,2000,40:90-111

[22] 谷文祥,段舜山,骆世明,等. 萜类化合物的生态特性及其对植物的化感作用[J]. 华南农业大学学报,1998,19(4):108-112

[23] Duke S. O., Abbas H. K. Natural products with potential use as herbicide[J]. ACS Symp. Ser.,1995,582:348-364

[24] 袁经权,杨峻山,缪剑华. 飞机草化学成分研究[J]. 中草药,2005,36(12):1771-1773

[25] Wu Q. X., Shi Y. P., Yang L. Three novel eremophilanolides from *Ligularia virgaurea* spp. oligocephala[J]. Chinese Chemical Letters,2004,15(12):1441-1444

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn