

紫茎泽兰对三种岩溶地区木本植物 种子萌发的化感作用

贾海江¹, 李先琨^{2*}, 唐赛春², 唐绍清^{1*}, 吕仕洪², 许新丽¹

(1. 广西师范大学 生命科学学院, 广西 桂林 541004; 2. 广西壮族自治区 广西植物研究所, 广西 桂林 541006)
中国科学院

摘要: 采用生物测定法研究了紫茎泽兰叶和根水浸提液对任豆、香椿和龙须藤等三种岩溶木本植物种子萌发的化感作用。结果表明,除最低浓度(0.0125 g/mL)外,其它浓度的叶浸提液均能显著抑制香椿种子的萌发及幼苗生长,浓度越高抑制作用越大;对任豆和龙须藤种子萌发也有一定的化感作用,但抑制作用相对较弱,有时为促进作用。紫茎泽兰叶浸提液对受试植物的化感作用强于根水浸提液。

关键词: 紫茎泽兰; 化感作用; 种子萌发; 幼苗生长; 木本植物

中图分类号: Q945.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2009)05-0631-04

Allelopathic effects of *Eupatorium adenophorum* on seed germination of three woody plants in karst region

JIA Hai-Jiang¹, LI Xian-Kun^{2*}, TANG Sai-Chun²,
TANG Shao-Qing^{1*}, Lü Shi-Hong², XU Xin-Li¹

(1. College of Life Sciences, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China; 2. Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and the Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, China)

Abstract: The allelopathy of aqueous extract from leaves and roots of *Eupatorium adenophorum* on seed germination and growth of 3 native plant seedlings in karst area was determined with bioassay method. The results showed, except for the lowest concentration(0.0125 g/mL), the aqueous extract from leaves and roots of *E. adenophorum* could significantly inhibit the rate and speed of seed germination and growth of seedlings of *Toona sinensis*, and the higher of the concentration, the better effect of the inhibition. The aqueous extract also had effects of inhibition on rate and speed of seed germination and growth of seedlings of *Zenia insignis* and *Bauhinia championii*, but the effects were relatively weak, even sometimes were positive impacts. Otherwise, the allelopathy of aqueous extract from leaves of *E. adenophorum* were stronger than that from roots.

Key words: *Eupatorium adenophorum*; allelopathy; seed germination; seedling growth; woody plant

紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum*)是我国外来入侵物种中危害最为严重的植物之一,为菊科泽兰属多年生草本植物,原产于中美洲,作为一种有害外来物种,现已在夏威夷、澳大利亚、新西兰、泰国等地爆发式繁衍,广泛分布在世界热带、亚热带 30

多个国家和地区。该植物大约于 20 世纪 40 年代从中缅边境通过自然扩散传入我国云南,经半个世纪的扩散,现已蔓延到我国贵州、广西、四川、西藏、重庆、湖北、云南等地,对当地的自然和农业生态系统造成了严重危害(李振宇等,2002;鲁萍等,2005)。

收稿日期: 2008-04-14 修回日期: 2008-12-26

基金项目: 广西科技攻关项目(0719005-2-2G); 广西自然科学基金(0575116); 中国科学院“西部之光”人才培养计划项目(2005-404)[Supported by the Foundation of Scientific Research and Technology Development of Science and Technology Department of Guangxi(0719005-2-2G); Natural Science Foundation of Guangxi(0575116); Western Program for Fostering Personal Ability, CAS(2005-404)]

作者简介: 贾海江(1974-),男,河南安阳人,硕士研究生,主要从事外来植物化感作用研究,(E-mail)hj158@sina.com.cn.

* 通讯作者(Author for correspondence, E-mail:lixk@gxib.cn)

紫茎泽兰具有种子产量高(冯玉龙等,2006)、长久的土壤种子库(沈有信等,2004)、光强适应范围宽(王俊峰等,2004)等特点,入侵性极强。紫茎泽兰浸提液能抑制植物种子萌芽和幼苗生长(和爱军等,1990;宋启示等,2000;郑丽等,2005;张学文等,2007)。紫茎泽兰以其入侵优势并通过化感作用机制对入侵生境的植物群落构成威胁。

岩溶山区岩石裸露率高、土被不连续、土壤瘠薄、水肥涵养能力较差,岩溶植被受到干扰极易退化、生态系统较为脆弱(朱守谦,2003;杜毓超,2006)。在我国贵州、云南和广西的岩溶地区紫茎泽兰入侵的危害日趋严重(贾桂康,2007;卢志军等,2004);相关研究表明,紫茎泽兰不同发育期的叶片化感作用有显著的影响(韩利红等,2007),不同生境生长的紫茎泽兰植株茎和根的化感作用存在差异(于兴军等,2004),紫茎泽兰对岩溶木本植物的化感作用迄今未见报道。本研究选取广西岩溶山区的乡土木本植物作为受体植物,研究紫茎泽兰的化感作用,分析紫茎泽兰对岩溶地区木本植物的化感作用,进而揭示紫茎泽兰入侵对生态系统可能带来的危害。

1 材料与方 法

1.1 紫茎泽兰水浸提液的制备

2006年10月在广西靖西县紫茎泽兰形成的单优群落内采集新鲜的紫茎泽兰整株,植株高2m左右。将植株的叶、根部分类后,截成3~5cm片段,分别用蒸馏水进行鲜植物浸提24h,浸提比例1:10(相当于1g鲜植物活材料浸于10mL水中),四层滤纸过滤,作为母液保存于4℃冰箱中备用。发芽器皿和基质均用高温高压灭菌,置于温室内进行发芽试验。

1.2 受试植物

受试植物均为广西岩溶地区乡土植物:任豆(*Zenia insignis*)、香椿(*Toona sinensis*)、龙须藤(*Bauhinia championii*),任豆种子采集于广西平果县岩溶区,香椿、龙须藤种子采集于桂林市岩溶石山。

1.3 种子萌发试验

采用培养皿滤纸法(曾任森,1999)进行种子萌发试验。种子预先用0.5%的KMnO₄溶液表面消毒15min,蒸馏水冲洗4次,选取籽粒饱满、大小均匀的受体植物种子置于铺有两层滤纸的培养皿中,根据种子大小每皿放置20~50粒,分别加入一定量(以淹没种子的1/3为准)各浓度紫茎泽兰浸提液

(分别为0.1、0.05、0.025、0.0125g/mL,以蒸馏水为对照),在(24±2)℃、(75±2)%湿度、光照强度4.68mol·m⁻²·s⁻¹、12h光照条件下进行培养,每处理4个重复。每天记录发芽种子的数量,直到种子不再萌发时测量胚芽和胚根的长度。

发芽率=(发芽种子总数/供试种子总数)×100%;
发芽速度=Σ(Gt/Dt)。

式中,Gt为逐日发芽种子数,Dt为相应发芽天数。文中数据为4次测定的平均值。

1.4 统计分析

参照郑丽等(2005)的方法,计算化感效应敏感指数(the index of allelopathic effect,RI):RI=1-C/T(T≥C)或RI=T/C-1(T<C)。式中C为对照值,T为处理值。RI表示化感作用强度大小,正值表示促进效应,负值表示抑制效应。

利用SPSS11.5软件进行一维方差分析(LSD-Test)。

2 结 果

2.1 紫茎泽兰水浸液对三种木本植物种子的发芽率和发芽速度的影响

由表1可知,在0.1g/mL浓度时,紫茎泽兰叶片水浸提液显著降低了香椿和龙须藤种子的发芽率,显著降低了三种受试植物种子的发芽速率;在0.05g/mL浓度时,对香椿种子发芽有显著的抑制作用,对任豆和香椿种子的发芽速度有显著的抑制作用;在0.025g/mL浓度时,对香椿和龙须藤的发芽率有显著的抑制作用,对任豆和香椿的发芽速度有显著的抑制作用;在低浓度(0.0125g/mL)时,仅对龙须藤的发芽率有显著的抑制作用。

四种浓度的紫茎泽兰根部浸提液对任豆的发芽率及速度均有显著的促进作用;各浓度根部浸提液对香椿的发芽率和发芽速度均有明显的抑制作用;各浓度根部水浸提液对龙须藤的发芽率均有显著的抑制作用,在0.0125g/mL和0.025g/mL浓度时对龙须藤的发芽速率有促进作用,在0.0500g/mL和0.100g/mL的较高浓度时对龙须藤的发芽速率有抑制作用。

2.2 紫茎泽兰水浸提液对三种木本植物幼苗生长的影响

四种浓度的紫茎泽兰叶片水浸提液对三种受试植物幼苗的胚芽和胚根的生长影响情况见表2。在

表 1 紫茎泽兰水浸液对三种木本植物种子的发芽率和发芽速度的影响

Table 1 Effect of aqueous extract of *E. adenophorum* on germination rate and germination speed of three woody plants

处理 Treatment (mg · L ⁻¹)		任豆 <i>Z. insignis</i>	香椿 <i>T. sinensis</i>	龙须藤 <i>B. championii</i>
叶水浸提 Leaf aqueous extracts	0.0000	93.33/10.97	55.00/3.39	73.33/5.49
	0.0125	95.00/10.75	53.33/2.96	60.00** /5.92
	0.0250	95.00/8.65**	40.00* /1.97**	61.7** /4.86
	0.0500	93.33/8.58**	28.33** /1.38*	71.67/6.37*
	0.1000	90.00/6.12**	11.67** /0.30**	63.33** /4.4**
	0.1000	93.33/10.97	55.00/3.39	73.33/5.49
根水浸提 Root aqueous extracts	0.0000	93.33/10.97	55.00/3.39	73.33/5.49
	0.0125	100** /14.61**	58.33* /4.23**	70.00** /6.03
	0.0250	100** /13.83**	51.67** /2.85*	71.67/7.28**
	0.0500	100** /13.44**	45.00** /2.25**	66.67* /4.82*
	0.1000	98.33** /13.33**	48.33** /2.31**	65.00** /5.07

发芽率/发芽速度; * 和 ** 表示与对照比较在 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$ 水平上差异性显著,下同。

Note: Germination rate/Germination speed; * and ** mean significance difference at level $P < 0.05$ and $P < 0.01$ between treatment and control. the same below.

表 2 紫茎泽兰水浸液对三种木本植物幼苗生长的影响

Table 2 Effect of aqueous extracts of *E. adenophorum* on seedling growth of receptors

处理 Treatment (mg · L ⁻¹)		任豆 <i>Z. insignis</i>	香椿 <i>T. sinensis</i>	龙须藤 <i>B. championii</i>
叶水浸提 Leaf aqueous extract	0.0000	4.01/2.53	0.79/2.13	0.67/6.10
	0.0125	4.14/2.83	0.79/1.91	0.63/5.83
	0.0250	4.5* /3.10**	0.63/1.43**	0.69/6.01
	0.0500	4.30* /2.82	0.53* /1.08**	0.67/5.55
	0.1000	2.87** /1.39**	0** /0**	0.71/5.03
	0.1000	4.01/2.53	0.79/2.13	0.67/6.10
根水浸提 Root aqueous extract	0.0000	4.01/2.53	0.79/2.13	0.67/6.10
	0.0125	3.55** /1.88**	0.78/2.08	0.91/4.52
	0.0250	3.45** /1.84**	0.73/1.70	0.78/6.10
	0.0500	3.40** /1.77**	0.73/1.86	0.74/4.67
	0.1000	3.71** /2.19**	0.69/1.55*	0.82/5.87

0.1 g/mL 浓度时,对任豆的胚芽和胚根的生长有显著抑制作用(表 2),而其它浓度的浸提液能促进任豆的胚芽和胚根的生长;在 0.050 g/mL 和 0.1000 g/mL 浓度时,对香椿的胚芽和胚根的生长有显著抑制作用,0.025 g/mL 浓度的浸提液对香椿的胚根生长也有显著抑制作用;各浓度浸提液对龙须藤的胚芽和胚根生长均无显著影响。

紫茎泽兰根部浸提液各浓度对任豆胚芽和胚根生长均有显著抑制作用;但除高浓度(0.1000 g/mL)的浸提液对香椿的胚根生长有显著抑制作用外,根部各浓度浸提液对香椿和龙须藤的胚芽和胚根生长均无显著影响。

2.3 紫茎泽兰水浸提液的化感效应

不同浓度的紫茎泽兰叶、根的水浸提液对三种受试植物的化感敏感指数见表 3。结果表明,紫茎泽兰水浸提对香椿的化感抑制作用最强;不同浓度的浸提液,浓度越高抑制作用越大;叶浸提液的化感抑制作用强于根部。

3 讨论

本研究表明,除最低浓度(0.0125 g/mL)外,其它浓度的浸提液均能显著抑制香椿种子的萌发及幼苗生长,浓度越高抑制作用越大;对任豆和龙须藤的种子萌发化感抑制作用相对较弱,有时为促进作用。香椿、任豆和龙须藤对紫茎泽兰水浸液化感作用的敏感程度不同,也可能与种子特征相关,香椿种子小、种皮薄及种子营养成分含量少,化感物质对其更易产生抑制作用;任豆和龙须藤种子相对较大、种皮较厚及种子营养成分含量丰富,使该种子有较强的发芽势,可能会降低紫茎泽兰浸提液对受试种子的化感抑制作用。潘玉梅等(2008)的研究结果也表明外来入侵植物银胶菊对种子较大的岩溶植物茶条木种子萌发无明显的化感作用。

相关研究也表明,紫茎泽兰叶片水浸提液对 10 种草本植物的种子萌芽和幼苗生长具有不同程度的

化感作用(郑丽等,2005),其地上部分5%的榨取液对牧草发芽势有明显的化感抑制作用(钟声等,2007),紫茎泽兰叶和茎水浸提液对苦苣苔科植物的幼苗生长具有显著的化感作用(李渊博等,2007),紫

茎泽兰根分泌物在高浓度时对旱稻具显著的化感抑制效应(王紫娟等,2007),紫茎泽兰对草本植物具有较强的化感抑制效应。岩溶地区的生态系统功能脆弱、抗干扰能力低(李先琨等,2003),岩溶植被的演

表3 紫茎泽兰水浸提液对受体植物的化感效应

Table 3 Allelopathic effect of aqueous extract of *E. adenophorum* on three receptors(RI)

浸提液处理 Treatment (mg · L ⁻¹)	化感敏感指数 Index of allelopathic effect (RI)												
	发芽率 Germination rate			发芽速率 Germination speed			苗高 Seedling height			根长 Root length			
	任豆	香椿	龙须藤	任豆	香椿	龙须藤	任豆	香椿	龙须藤	任豆	香椿	龙须藤	
叶浸提液	0.0125	0.018	-0.030	-0.182	-0.020	-0.127	0.073	0.031	0	-0.060	0.106	-0.103	-0.044
Leaf	0.2500	0.018	-0.273	-0.158	-0.211	-0.419	-0.115	0.109	-0.203	0.030	0.184	-0.329	-0.015
	0.5000	0	-0.485	-0.022	-0.218	-0.593	0.138	0.067	-0.329	0	0.103	-0.493	-0.090
	0.1000	-0.037	-0.788	-0.136	-0.442	-0.912	-0.199	-0.284	-1.0	0.060	-0.451	-1.0	-0.175
根浸提液	0.0125	0.067	0.057	-0.045	0.249	0.199	0.090	-0.115	-0.013	0.358	-0.257	-0.023	-0.259
Root	0.2500	0.067	-0.061	-0.022	0.207	-0.159	0.246	-0.140	-0.076	0.164	-0.273	-0.202	0
	0.5000	0.067	-0.182	-0.090	0.184	-0.336	-0.122	-0.152	-0.076	0.104	-0.300	-0.127	-0.234
	0.1000	0.051	-0.121	-0.114	0.175	-0.319	-0.077	-0.075	-0.127	0.224	-0.134	-0.272	0.038

替和恢复更新对于生态系统的稳定极为关键,岩溶山区乡土植物种子萌芽率对物种延续十分重要,种子萌芽率的降低直接关系到本地植物在生态系统中对地上和地下资源与其它物种或入侵物种之间竞争利用能力(Weiner等,1997; Turk等,2003)。种子发芽率降低对于本来就脆弱的岩溶区生态系统是灾难性的。紫茎泽兰对有些岩溶木本植物种子萌芽和幼苗的生长有明显的化感抑制作用,将对部分岩溶植物构成危害和威胁,它将直接排挤或替换掉原生的植物群落达到其入侵的目的。

致谢 广西植物研究所叶锋同志为本文的撰写提供技术支持,谨致谢忱!

参考文献:

- 王紫娟,刘万学,蔡静萍,等. 2007. 紫茎泽兰根分泌物对旱稻的化感作用[J]. 现代农业科技, 16: 71-72
- 朱守谦. 2003. 喀斯特森林生态研究Ⅲ[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 30-37
- 和爱军,刘伦辉. 1990. 紫茎泽兰浸提液对几种植物发芽的影响[J]. 杂草学报, 4(4): 35-38
- 李振宇,解焱. 2002. 中国外来入侵种[M]. 北京: 中国林业出版社, 163
- 贾桂康. 2007. 外来入侵种紫茎泽兰在广西的分布与危害[J]. 百色学院学报, 20(3): 90-95
- Du RC(杜毓超), Li ZL(李兆林), Chen HF(陈宏峰), et al. 2006. Analysis on sensitivity of karst environment in Guanjiang basin, Guangxi(广西灌江流域岩溶生态环境敏感性分析)[J]. *Carsologica Sinica*(中国岩溶), 25(3): 220-227
- Feng YL(冯玉龙), Wang YH(王跃华), Liu YY(刘元元), et al. 2006. Karyotype of *Chromolaena odorata* and *Ageratina adenophora*(入侵物种飞机草和紫茎泽兰的核型研究)[J]. *Bull Bot*

Res(植物研究), 26(3): 356-360

- Han LH(韩利红), Feng YL(冯玉龙). 2007. The effects of growth and development stage on allelopathy of *Eupatorium adenophorum*(发育时期对紫茎泽兰化感作用的影响)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), 27(3): 185-191
- Li BY(李渊博), Xu H(徐晗), Shi L(石雷), et al. 2007. Allelopathic effects of *Eupatorium adenophorum* on five species of the family Gesneriaceae(紫茎泽兰对五种苦苣苔科植物化感作用的初步研究)[J]. *Biodiv Sci*(生物多样性), 15(5): 486-491
- Li XK(李先琨), He CX(何成新), Jiang ZC(蒋忠诚). 2003. Method and principles of ecological rehabilitation and reconstruction in fragile karst ecosystem(岩溶脆弱生态区生态恢复、重建的原理与方法)[J]. *Carsol Sin*(中国岩溶), 22(1): 12-17
- Lu P(鲁萍), Sang WG(桑卫国), Ma KP(马克平). 2005. Progress and prospects in research of an exotic invasive species, *Eupatorium adenophorum*(外来入侵种紫茎泽兰研究进展与展望)[J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), 29(6): 1029-1037
- Lu ZJ(卢志军), Ma KP(马克平). 2004. The influence of topographical factors on the invasion of the alien species, *Eupatorium adenophorum*(地形因素对外来入侵种紫茎泽兰的影响)[J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), 28(6): 761-767
- Pan YM(潘玉梅), Tang SC(唐赛春), Pu GZ(蒲高忠), et al. 2008. Allelopathic effects of *Parthenium hysterophorum* aqueous extract on germination of *Bidens pilosa* and *Delavaya toxocarpa*(外来入侵植物银胶菊水提物对三叶鬼针草和茶条木种子萌发的化感作用)[J]. *Guihaia*(广西植物), 28(4): 534-538
- Shen YX(沈有信), Liu WY(刘文耀). 2004. Persistent soil seed bank of *Eupatorium adenophorum*(长久性紫茎泽兰土壤种子库)[J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), 28(6): 768-772
- Song QS(宋启示), Fu Y(付昀), Tang JW(唐建维), et al. 2000. Allelopathic potential of *Eupatorium adenophorum*(紫茎泽兰的化学互感潜力)[J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), 24(3): 362-365

(下转第 639 页 Continue on page 639)

- 广西植物, 1(2):40-44
- Chu LY(初立业), Ning SJ(宁世江), Tang RQ(唐润琴). 2002. The rare and endangered plants and their conservation policies in Jiawan Mountain of Guangxi(广西九万山珍稀濒危植物及其保育对策)[J]. *Guihaia*(广西植物), 22(3):225-227
- Fang ZW(方志伟). 2003. Study on the anti-acid rain ability of landscape plants in Nanping(南平市园林绿化植物抗酸雨能力的研究)[J]. *J Fujian Coll Fore*(福建林学院学报), 23(1):9-13
- Huang RZ(黄仁征), Li XJ(李秀娟), Li GZ(李光照). 2003. Study on the resources of wild flowers in Guangxi(广西野生花卉资源的研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 23(5):414-419
- Jiang HW(姜红卫), Zhu XD(朱旭东), Sun ZH(孙志海). 2006. Study on dust blocking effect of Suzhou Highway greening(苏州高速公路绿化滞尘效果初探)[J]. *J Fujian Fore Sci Tech*(福建林业科技), 33(4):95-99
- Li XJ(李秀娟), Li H(李虹), Huang RZ(黄仁征). 2008. Prospects of research and exploitation of resources of Guangxi wild flower lily(Liliaceae)(广西百合科野生花卉资源的研究与应用)[J]. *J Hunan Agric Univ(Nat Sci)*(湖南农业大学学报), 34(4):443-449
- Li XK(李先琨). 1996. Evaluations on the ornamental characteristics and utilization of the rare and endangered plants in Guangxi(广西珍稀濒危植物观赏特性及其开发利用)[J]. *J Guangxi Academy Sci*(广西科学院学报), 12(3,4):22-29,53
- Liu JN(刘家女), Zhou QX(周启星), Sun T(孙挺), et al. 2007. Feasibility of applying ornamental plants in contaminated soil remediation(花卉植物应用于污染土壤修复的可行性研究)[J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 18(7):1617-1623
- Lu M(鲁敏), Jang FQ(姜凤岐). 2003. Reaction of trees planting to combined pollution of sulfur dioxide and lead(绿化树种对大气 SO₂、铅复合污染的反应)[J]. *Urban Environ Urban Ecol*(城市环境与城市生态), 16(6):23-25
- Lu M(鲁敏), Wang SY(王胜永), Yang XP(杨秀平), et al. 2003. Absorption and purification ability of garden plants to heavy metal Pb and Cd in the atmosphere(园林植物对大气铅、镉污染物吸滞能力的比较)[J]. *J Shandong Univ Architecture Engineering*(山东建筑工程学院学报), 18(2):12-14
- Schnoor JL. 1995. Phytoremediation of organic and nutrient contaminants[J]. *Environ Sci Tech*, 29(7):318-323
- Tang SB(唐世斌), Li Y(李悦). 2005. Rocky mountain plant landscape in the main city proper of Guilin city(桂林市主城区石山园林植物景观)[J]. *J Fujian Fore Sci Tech*(福建林业科技), 32(2):137-140,145
- Wang CM(王才明), Huang SX(黄仕训), Wang Y(王燕). 1994. The investigation and study on the germplasm resources of national precious, rare and endangered plants in Guangxi(广西国家级珍稀濒危保护植物种质资源调查研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 14(3):277-288
- Wei FN(韦发南). 1996. Studies on the resources and classification of the wild cycads from Guangxi(I)(广西野生苏铁资源及其分类研究 I)[J]. *Guihaia*(广西植物), 16(1):1-2
- Wei ML(韦美玲), Zhao RF(赵瑞峰), Huang QB(黄启斌), et al. 1994. Observation on biological characteristics of six species of golden camellias(六种金花茶生物学特性的观察)[J]. *Guihaia*(广西植物), 14(2):157-159
- Wen HQ(文和群), Zhong SH(钟树华), Wei YG(韦毅刚). 1998. The resources of ornamental plants in Gesneriaceae in Guangxi(广西苦苣苔科观赏植物资源)[J]. *Guihaia*(广西植物), 18(3):209-212
- Wen YG(温远光), Huang ZH(黄志辉). 1992. Investigation and analysis on the garden plants in Nanning, Liuzhou, Guilin cities in Guangxi(广西南宁、柳州、桂林城市园林植物的调查与分析)[J]. *Guihaia*(广西植物), 12(3):279-287

(上接第 634 页 Continue from page 634)

- Turk MA, Tawaha AM. 2003. Allelopathic effect of black mustard(*Brassica nigra*) on germination and growth of wild oat(*Avena fatua*)[J]. *Crop Protection*, 22:673-677
- Wang JF(王俊峰), Feng YL(冯玉龙). 2004. The effect of light intensity on biomass allocation, leaf morphology and relative growth rate of two invasive plants(光强对两种入侵植物生物量分配、叶片形态和相对生长速率的影响)[J]. *Acta Phytocool Sin*(植物生态学报), 28(6):781-786
- Weiner J, Wright DB, Castro S. 1997. Symmetry of below-ground competition between *Kochia scoparia* individuals[J]. *Oikos*, 79:85-91
- Yu XJ(于兴军), Yu D(于丹), Ma KP(马克平). 2004. Relationships between allelopathy and invasiveness by *Eupatorium adenophorum* at different sites(不同生境条件下紫茎泽兰化感作用的变化与入侵力关系的研究)[J]. *Acta Phytocool Sin*(植物生态学报), 28(6):773-780
- Zeng RS(曾任森). 1999. Review on bioassay methods for allelopathy research(化感作用研究中的生物测定方法综述)[J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 10(1):123-126
- Zhang XW(张学文), Liu WX(刘万学), Wan FH(万方浩), et al. 2007. Allelopathy of aqueous leachates of *Ageratina adenophora* and the identification of the allelochemicals(紫茎泽兰不同部位化感作用研究)[J]. *J Agric Univ Hebei*(河北农业大学学报), 30(6):68-76
- Zheng L(郑丽), Feng YL(冯玉龙). 2005. Allelopathic effects of *Eupatorium adenophorum* Spreng. on seed germination and seedling growth in ten herbaceous species(紫茎泽兰叶片化感作用对 10 种草本植物种子萌芽和幼苗生长的影响)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), 25(10):2782-2787
- Zhong S(钟声), Duan XH(段新慧), Kui JX(奎嘉祥). 2007. Allelopathy of *Eupatorium adenophorum* on germination and seedling growth of 16 pastures(紫茎泽兰对 16 种牧草发芽及幼苗生长的化感作用)[J]. *Acta Prata Sin*(草业学报), 16(6):81-87