

## 几种菊科入侵植物和非入侵植物的化感作用比较

李富荣<sup>1,2</sup>, 黄莹<sup>1</sup>, 梁士楚<sup>1,2\*</sup>, 周巧劲<sup>1,2</sup>

1. 广西师范大学生命科学学院, 广西 桂林 541004; 2. 广西师范大学珍稀濒危动植物生态与环境保护省部级共建教育部重点实验室, 桂林 541004

**摘要:**以萝卜为受体, 采用培养皿法比较研究了四种菊科入侵种和非入侵种的化感潜力。结果表明: 入侵种和非入侵种都具有化感作用, 且入侵种在高浓度下的化感抑制作用强度不一定都大于非入侵种。在  $0.2 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$  浓度时, 艾蒿和黄鹌菜的综合化感作用强度分别是小飞蓬的 2.5 和 3.1 倍; 而紫茎泽兰和银胶菊则是小飞蓬的 3.8 和 3.5 倍。而不同植物浸提液对萝卜的不同检测指标影响不同。其中, 紫茎泽兰对萝卜种子发芽和幼苗生长的影响主要表现为化感抑制作用。银胶菊和除  $0.025 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$  外的黄鹌菜各浸提液都使萝卜种子萌发受较强的抑制, 且抑制强度随浸提液浓度的升高而增大, 而对幼苗生长则表现为“低促高抑”的规律。小飞蓬和苦苣菜对萝卜种子萌发和幼苗根长为抑制作用, 但对其苗高和鲜质量为促进作用。除  $0.025 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$  外, 艾蒿对萝卜种子萌发和幼苗根长有较强的抵制, 对其苗高和鲜质量则呈“低促高抑”的规律。

**关键词:** 生物入侵; 化感机制; 紫茎泽兰; 银胶菊; 小飞蓬

**中图分类号:** Q948

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1674-5906 (2011) 05-0813-06

生物入侵作为全球变化的主要内容之一, 严重地威胁着入侵地生态系统的结构和功能<sup>[1]</sup>, 给当地造成了巨大的经济损失, 已成为影响全球的重大环境问题和经济问题<sup>[2,3]</sup>。而生物入侵是一个相当复杂的过程, 目前有不少假说和理论对其机制进行了解释, 如“天敌逃避假说”<sup>[4]</sup>、“资源机遇假说”<sup>[5]</sup>、“生态位机遇假说”<sup>[6]</sup>、“氮分配进化假说”<sup>[7]</sup>等。还有学者提出了“新奇武器”假说, 赋予了化感作用新的内涵和研究内容, 认为某些入侵植物能够通过分泌入侵地周围植物所不适应的化感物质, 从而影响周围植物的生长, 或者通过影响周围环境再间接影响周围植物生长, 帮助自身进一步入侵<sup>[8]</sup>。该假说指出了化感在生物入侵过程中的重要作用, 丰富了外来植物入侵机制理论, 并受到生态学研究者的日益重视。不少学者的研究表明外来入侵种在其入侵过程中向其周围环境释放了化感物质, 是导致其入侵成功的一个重要因素<sup>[9-11]</sup>。尽管化感作用作为外来植物入侵的机制逐渐得到认同, 但是对它的理论和应用等方面还有很多问题有待解决<sup>[5]</sup>。在揭示生物入侵机制的研究中, 许多学者试图通过比较入侵种与本地种或外来非入侵种的特性来验证这些假说<sup>[12-16]</sup>, 目前普遍认为比较研究亲缘关系较近但在同一生境中表现不同入侵性的物种很有必要<sup>[17,18]</sup>。

菊科作为被子植物最大的一个科, 也是入侵植物最重要的来源。其中, 紫茎泽兰 (*Eupatorium adenophorum*) 原产地为中美洲, 银胶菊 (*Parthenium*

*hysterophorus*) 原产地为中、南美洲, 小飞蓬 (*Conyza canadensis*) 原产地为北美洲。这三种外来植物作为恶性杂草, 在我国大部分地区特别是广西、云南等地大量分布, 在入侵地生态系统中常形成大面积单优势种群落, 给当地的农、林、牧、副业造成重大危害<sup>[19-21]</sup>。在现有的研究中已发现这三种入侵植物具有一定的化感作用<sup>[20,22,23]</sup>, 但目前尚未有研究将其与同科的非入侵植物的化感作用强度进行直接比较。因此, 在本实验中同时还选取了三种同为菊科植物的常见非入侵种苦苣菜 (*Ixeris chinensis*)、艾蒿 (*Artemisia argyi*)、黄鹌菜 (*Youngia japonica*) 来测定其化感作用潜力。本研究试图通过对菊科的几种典型的入侵植物和非入侵植物的化感作用进行比较, 探讨其化感作用潜力的强弱, 可揭示外来植物的生长、繁殖和蔓延成灾的化学物质基础, 为我们制定危险性入侵植物的防治策略提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 植物浸提液抽取

紫茎泽兰和银胶菊植株采自广西植物研究所内, 小飞蓬、苦苣菜、艾蒿、黄鹌菜植株采自广西师范大学校园内。取这几种植株新鲜的茎叶部分, 用清水洗净后自然风干, 剪成约 1 cm 的小段, 分别称取 50 g, 放入 250 mL 蒸馏水, 于常温下浸提 48 h, 期间不定时进行震荡, 用滤纸滤过残渣后得到浸提液原液的浓度为  $0.2 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 。浸提液设 4 个处理浓度, 分别为  $0.2 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 、 $0.1 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 、 $0.05$

**基金项目:** 珍稀濒危动植物生态与环境保护省部级共建教育部重点实验室研究基金 (桂科能 1001Z015); 广西师范大学 2010 年度博士启动基金; 广东省自然科学基金博士启动项目 (9451027501002460)

**作者简介:** 李富荣 (1984 年生), 女, 博士, 研究方向为全球变化生态学及入侵生态学。E-mail: muziwuxin7@yahoo.com.cn

\*通信作者: 梁士楚 (1965 年生), 男, 教授, 博士。E-mail: gxslsc@sina.com

**收稿日期:** 2011-04-03

$\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 、 $0.025\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ ，设蒸馏水为对照，放入冰箱中  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  保存备用。

### 1.2 化感作用的测定

以萝卜 (*Raphanus sativus*) 的种子作为受体进行化感作用的测定。选取籽粒饱满及大小较一致的种子经  $0.5\%\text{NaClO}$  溶液消毒、晾干后备用。本实验采用培养皿滤纸法<sup>[24]</sup>。在洗净、烘干的  $9\text{ cm}$  培养皿中垫入双层滤纸，加入  $10\text{ mL}$  不同处理浓度的植物提取液，每个培养皿分别放入萝卜种子  $20$  粒，置于光照培养箱中，设置温度为  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，光照强度  $2000\text{ lx}$ ，光照时间  $16\text{ h}/8\text{ h}$  的条件培养。实验过程中适当补充相应浓度浸提液，使滤纸保持湿润。每天记录各皿种子萌发数量，萌发标准为胚根或胚轴突破种皮达  $1\sim 2\text{ mm}$ 。7 天后测量并记录每株苗长、根长和鲜质量。

### 1.3 数据分析方法

本实验中各植物的化感强度以受体植物萝卜种子的萌发率、根长、苗高及鲜质量来表示。其中，萌发率( $\%$ )=(萌发种子数/供试种子数) $\times 100\%$ ，化感作用效应指数 (RI) 采用 Williamson 和 Richardson<sup>[25]</sup>提出的对化感效应检验的方法：

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

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

式中， $C$  为对照值， $T$  为处理值，RI 示化感作用强度大小，其为正值时表示促进效应，负值表示抑制效应，其绝对值大小反映化感作用的强弱。实验数据用 SPSS13.0 (SPSS Inc, USA) 进行统计分析，用 Duncan 新复极差法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 植物水浸提液对萝卜种子萌发率的影响

除当植物浸提液质量浓度为  $0.025\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$  时，非入侵种艾蒿和黄鹌菜对萝卜种子的萌发率无化感作用外，其它不同植物的浸提液对萝卜种子的萌发率均表现出抑制作用，且抑制程度大致随浸提液质量浓度的增加而增大 (表 1)。在  $0.2\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$  质量浓度下，各植物浸提液处理均显著地降低了萝卜种

子的萌发率。其中，入侵种紫茎泽兰、银胶菊、小飞蓬浸提液使萝卜种子萌发率比对照分别降低了  $94.7\%$ 、 $74.5\%$  和  $46.8\%$ 。而非入侵种苦苣菜、艾蒿和黄鹌菜浸提液对萝卜种子萌发的抑制率分别是  $43.6\%$ 、 $43.3\%$  和  $66.0\%$ 。且紫茎泽兰和银胶菊的抑制程度明显高于其它植物。随着浸提液质量浓度的降低，萝卜种子萌发受到的抑制效应逐渐减弱。在  $0.1\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$  质量浓度下，入侵种紫茎泽兰和银胶菊分别使萝卜种子的萌发率显著下降  $73.4\%$  和  $38.3\%$ ，而非入侵种只有黄鹌菜在该浓度下使其萌发率显著下降  $24.5\%$ ，其它植物影响都不显著。当植物浸提液质量浓度为  $0.05\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$  时，仅紫茎泽兰和苦苣菜的化感抑制效应作用显著。在  $0.025\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$  低浓度处理下，各植物浸提液虽使萝卜种子萌发率下降，但均未达到差异显著水平。

RI 值的正负反映化感促进或抑制作用，而其绝对值可以反映化感强度的大小。从表 1 可见，在浸提液为高质量浓度 ( $0.2$  和  $0.1\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ ) 的处理下，入侵植物紫茎泽兰浸提液对萝卜种子萌发的化感抑制 ( $\text{RI}<0$ ) 强度最大，其次是银胶菊。在  $0.2\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$  质量浓度处理下，紫茎泽兰浸提液的 RI 绝对值是同浓度下其它浸提液的  $1.3\sim 2.2$  倍；在  $0.1\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$  浓度下，其 RI 绝对值是同浓度下其它浸提液的  $1.9\sim 18.3$  倍。而当浸提液为较低质量浓度 ( $0.05$  和  $0.025\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ ) 时，苦苣菜对萝卜种子萌发的化感抑制强度最大。

### 2.2 植物水浸提液对萝卜幼苗根长的影响

当植物水浸提液为  $0.2\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$  时，三种入侵种和三种非入侵种均对萝卜幼苗的根长产生显著抑制作用，其 RI 均  $<0$  (表 2)。其中紫茎泽兰浸提液使萝卜幼苗根长下降最多，抑制率为  $94.7\%$ ，其次是银胶菊使萝卜幼苗根长降低了  $90.0\%$ 。当植物水浸提液为  $0.1\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$  时，除苦苣菜外，其它植物浸提液均对萝卜幼苗根长产生显著的抑制作用。该质量浓度下，紫茎泽兰浸提液同样具有最强的化感抑制强度，其 RI 绝对值达  $0.92$ ，使萝卜幼苗根长下降了  $92.3\%$ ，其次为黄鹌菜和银胶菊，其抑制率为

表 1 几种菊科植物浸提液对萝卜种子萌发率的影响

Table 1 Effects of plant aqueous extracts on the seed germination of radish

处理 质量浓度 ( $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ )	入侵种						非入侵种					
	紫茎泽兰		银胶菊		小飞蓬		苦苣菜		艾蒿		黄鹌菜	
	萌发率/ $\%$	RI	萌发率/ $\%$	RI	萌发率/ $\%$	RI	萌发率/ $\%$	RI	萌发率/ $\%$	RI	萌发率/ $\%$	RI
0.2	1.25 $\pm$ 1.50d	-0.95	6.00 $\pm$ 4.97c	-0.74	12.50 $\pm$ 2.08b	-0.47	13.25 $\pm$ 1.89b	-0.44	13.33 $\pm$ 2.08b	-0.43	8.00 $\pm$ 1.00c	-0.66
0.1	6.25 $\pm$ 2.99c	-0.73	14.50 $\pm$ 6.56b	-0.38	22.00 $\pm$ 2.94a	-0.06	22.50 $\pm$ 3.42a	-0.04	22.25 $\pm$ 3.59a	-0.05	17.75 $\pm$ 2.63b	-0.24
0.05	16.25 $\pm$ 2.63b	-0.31	21.50 $\pm$ 5.26ab	-0.09	19.00 $\pm$ 7.39a	-0.19	14.25 $\pm$ 2.87b	-0.39	21.50 $\pm$ 4.51a	-0.09	21.25 $\pm$ 2.50a	-0.10
0.025	22.50 $\pm$ 4.12a	-0.04	22.50 $\pm$ 5.07a	-0.04	21.25 $\pm$ 2.06a	-0.10	20.00 $\pm$ 1.83a	-0.15	23.50 $\pm$ 4.04a	0.00	23.50 $\pm$ 0.58a	0.00
CK	23.50 $\pm$ 2.08a		23.50 $\pm$ 2.08a		23.50 $\pm$ 2.08a		23.50 $\pm$ 2.08a		23.50 $\pm$ 2.08a		23.50 $\pm$ 2.08a	

\*表中数值为平均值 $\pm$ 标准差，数值后的小写字母表示进行多重比较 (Duncan 法) 时在  $\alpha=0.05$  水平上的差异显著性，同一列中具不同字母表示差异显著，下同



分别为-0.67和-0.40)外,其它浸提液均表现出促进作用,其中苦苣菜在两种浓度下都与对照产生了显著差异,且其促进作用最强,RI分别为0.56和0.77。在0.025 g·mL<sup>-1</sup>浓度处理下,除紫茎泽兰和小飞蓬化感作用不显著外,其它植物的浸提液都对萝卜幼苗鲜质量产生了明显的促进作用,其中苦苣菜的作用最强,RI值最大。

### 2.5 菊科植物浸提液的综合化感效应

由表5可见,6种植物的综合化感抑制效应强度均随浸提液浓度的降低而减小,而综合化感促进效应变化规律相对复杂,其强度并不随浸提液浓度的降低而升高。根据RI绝对值大小可见,在0.2 g·mL<sup>-1</sup>质量浓度下,各浸提液对萝卜的化感抑制强度从大到小依次是紫茎泽兰、银胶菊、黄鹌菜、艾蒿、小飞蓬和苦苣菜。当浸提液浓度为0.1 g·mL<sup>-1</sup>时,紫茎泽兰对萝卜的化感抑制作用强度仍为最大。此时,小飞蓬和苦苣菜开始表现出促进作用。在0.05和0.025 g·mL<sup>-1</sup>质量浓度下,紫茎泽兰仍然对萝卜产生一定程度的抑制作用,反映出紫茎泽兰具有较强的化感抑制作用。而在该两种浓度下,其它物种均表现为综合化感促进效应。其中,当浸提液浓度为0.05 g·mL<sup>-1</sup>时,植物浸提液综合化感促进效应强度从大到小的顺序为苦苣菜 > 银胶菊 > 黄鹌菜 > 小飞蓬 > 艾蒿;浸提液浓度为0.025 g·mL<sup>-1</sup>时,促进强度为黄鹌菜 > 银胶菊 > 苦苣菜 > 艾蒿 > 小飞蓬。

## 3 讨论

由于植物化感作用对受体的影响主要表现为对种子萌发率、根长、苗高及生物量的影响<sup>[26-28]</sup>,本研究以这四个方面作为几种菊科植物化感作用强度的检测指标,并以综合化感效应来进行评价,这较只研究受体植物的其中两个或三个指标的诸多研究更为全面。而由于萝卜对化感物质作用敏感,因此常被用作化感潜力测试研究的受体<sup>[29]</sup>。植物的化感作用普遍具有低促高抑的现象<sup>[30,31]</sup>,三种菊科入侵植物和三种菊科非入侵植物不同浓度水浸提液对萝卜的发芽和生长的影响大致能体现这一规律。不过,不同植物浸提液对受体植物的不同检测指标的具体影响又有所差异。

从本研究中紫茎泽兰不同质量浓度的浸提液

对萝卜种子发芽和幼苗生长的影响及其综合化感效应来看,该入侵种主要表现为化感抑制作用,其浸提液随质量浓度的增加对受体植物的种子萌发及幼苗生长的抑制强度增大。相关研究也表明,紫茎泽兰对一些豆科、十字花科和禾本科草本植物以及入侵地的伴生植物都具有化感抑制效应<sup>[21,32-34]</sup>。说明紫茎泽兰对周围植物的生长具有明显的化感作用潜力。这种化感潜力将严重影响周围植物对地上和地下资源的竞争能力,导致植物吸水、吸肥、争取阳光的能力降低,这也许是紫茎泽兰成功入侵和迅速蔓延的原因之一。

入侵植物银胶菊各浓度的水浸提液处理下,萝卜种子的萌发都受到较强的抑制,且随水浸提液浓度的升高而抑制强度越大,而对萝卜幼苗的生长则表现“低促高抑”的规律。此结果与曾东强等<sup>[19]</sup>的研究结果一致,说明银胶菊化感物质的作用与浓度密切相关。而不同植物水浸提液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<sup>[35]</sup>。

关于入侵种小飞蓬化感作用的研究报道不多。许桂芳等<sup>[36]</sup>测定了小飞蓬水浸提液对小麦、油菜和白菜种子萌发及幼苗根长和苗高的影响,发现其对小麦具有显著抑制作用,而对油菜和白菜则为“低促高抑”的化感作用。另外,高兴祥等<sup>[20]</sup>用离体生测法测定了小飞蓬浸提液对马唐、稗草、反枝苋、黄瓜和油菜种子萌发和幼苗根长和苗高的影响,表现出较强的抑制作用,但不同的受体植物对小飞蓬浸提液的敏感度不同。而本研究的小飞蓬对萝卜种子萌发和幼苗根长具有抑制作用,但对萝卜幼苗的苗高和鲜质量具有促进作用,这可能与不同受体植物的种子特征及其对化感物质的敏感性有关<sup>[32,37]</sup>。

尽管许多研究表现外来植物在其入侵过程中通过向本地群落环境中释放化感物质,抑制临近植物生长,通过不断扩张自己的领地,使得土著种的种群数量不断减少萎缩,从而成为排挤和绞杀土著物种的有力武器,这也是外来植物成功入侵的重要机制<sup>[38,39]</sup>。但是在本研究中,非入侵植物也普遍具有化感作用,且入侵种在高浓度下的化感抑制作用强度不一定都大于非入侵种,不同入侵种和非入侵

表5 几种菊科植物浸提液的综合化感效应

Table 5 The synthetic allelopathic effects of plant aqueous extracts

浸提液质量浓度/(g·mL <sup>-1</sup> )	入侵种			非入侵种		
	紫茎泽兰	银胶菊	小飞蓬	苦苣菜	艾蒿	黄鹌菜
0.2	-0.808	-0.733	-0.212	-0.176	-0.526	-0.649
0.1	-0.756	-0.138	0.152	0.215	-0.036	-0.159
0.05	-0.438	0.286	0.127	0.287	0.095	0.172
0.025	-0.006	0.272	0.137	0.217	0.150	0.319

种的化感作用强度差别较大。如在水浸提液为  $0.2 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$  质量浓度下, 艾蒿和黄鹌菜的综合化感作用强度分别是小飞蓬的 2.5 和 3.1 倍; 而银胶菊和紫茎泽兰的化感作用强度则约是小飞蓬的 3.8 和 3.5 倍。说明在外来种的入侵过程中, 化感作用的影响可能并非所有外来种成功扩张的普遍机制, 不同的外来种的化感作用对其入侵的重要性有所差别。而非入侵种具有较高的化感作用, 可能在群落演替过程中有重要作用, 并可维持自身种群在群落中的优势度以及生态系统的稳定性。

几种菊科植物水浸提液对种子的萌发和幼苗的根长都有较强的化感抑制作用。由于种子萌发对物种更新至关重要, 在化感作用过程中, 降低受体种子的发芽率和发芽速度将降低其在群落中的多度和早期竞争力, 相应提高供体植物对地上和地下资源的竞争能力<sup>[40-42]</sup>。而化感物质对受体植物幼苗根长的抑制能使其根系变小, 养分吸收能力下降进而抑制植株生长, 降低光合能力和资源的有效利用, 最终直接影响其在群落中的地位和作用<sup>[22]</sup>。可能在生物入侵或群落演替过程中, 植物的化感作用主要在对周围植物萌发和根的生长产生影响, 通过降低其它植物的萌发率和干扰其它植物对营养物质的吸收, 使自身得到更多资源, 进而排挤竞争能力差的物种, 成为优势种。而比较各植物浸提液对萝卜幼苗根长和苗高的影响可见, 较高浓度的浸提液对根长的抑制比对苗高的更强, 这与前人研究结果一致<sup>[22,43]</sup>, 这可能与通常植物的幼根最先接触化感物质有关。植物的化感抑制效应可用于杂草的生物控制, 将其作为天然的除草剂资源进行研究, 进而研究其植株内部化感物质的成分、含量及其作用机理, 将其分离纯化后用于杂草的防除, 是减少对人工化学除草剂依赖的一个重要策略<sup>[44]</sup>, 可为杂草治理提供一些新的途径和方法, 并且对进一步比较研究入侵种与非入侵种的是否存在不同的化感作用机制有重要意义。

#### 参考文献:

- [1] Mack R N, Simberloff D, Lonsdale W M, et al. Biotic invasions: causes, epidemiology global consequences and control[J]. *Ecological Applications*, 2000, 10(3): 689-710.
- [2] Pimentel D, Lach L, Zuniga R, et al. Environmental and economic costs of non-indigenous species in the United States[J]. *Bioscience*, 2000, 50: 53-65.
- [3] 王伯荪, 郝艳茹, 王昌伟, 等. 生物入侵与入侵生态学[J]. *中山大学学报: 自然科学版*, 2005, 44(3): 75-77.  
WANG Bosun, HAO Yanru, WANG Changwei, et al. *Biological Invasion and Invasion Ecology*[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 2005, 44(3): 75-77.
- [4] Maron JL, Vilà M. When do herbivores affect plant invasion? Evidence for the natural enemies and biotic resistance hypotheses[J]. *Oikos*, 2002, 95: 361-373.
- [5] Davis M A, Grime J P, Thompson K. Fluctuating resources in plant communities: a general theory of invisibility[J]. *Journal of Ecology*, 2000, 88: 528-534.
- [6] Shea K, Chesson P. Community ecological theory as a framework for biological invasions[J]. *Trends in Ecology & Evolution*, 2002, 17(4): 170-114.
- [7] Feng Y L, Lei Y B, Wang R F, et al. Evolutionary tradeoffs for nitrogen allocation to photosynthesis versus cell walls in an invasive plant[J]. *PANS*, 2009, 106: 1853-1856.
- [8] Callaway R M, Cipollini D, Barto K, et al. Novel weapon: invasive plant suppresses fungal mutualists in America but not in its native Europe[J]. *Ecology*, 2008, 89: 1043-1055.
- [9] Mangla S, Inderjit, Callaway R M. Exotic invasive plant accumulates native soil pathogens which inhibit native plants[J]. *Journal of Ecology*, 2008, 96: 58-67.
- [10] 王伯荪, 王勇军, 廖文波, 等. 外来杂草薇甘菊的入侵生态及其治理[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 41-122.  
WANG Bosun, WANG Yongjun, LIAO Wenbo, et al. *The invasion ecology and management of alien weed Mikania micrantha H.B.K.*[M]. Beijing: Science Press, 2004: 41-122.
- [11] 沈荔花, 郭琼霞, 熊君, 等. 不同供氮水平下加拿大一枝黄花的化感作用与资源竞争分析[J]. *中国生态农业学报*, 2008, 16(4): 900-904.  
SHEN Lihua, GUO Qionxia, XIONG Jun, et al. *Solidago canadensis L. allelopathy and resource competitiveness under different nitrogen supply*[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2008, 16(4): 900-904.
- [12] Brian A H, Aloyzas B, Francesca G, et al. Invasive species of crayfish use a broader range of predation-risk cues than native species[J]. *Biological Invasions*, 2003, 5: 223-228.
- [13] Morales CL, Traveset A. A meta-analysis of impacts of alien vs. native plants on pollinator visitation and reproductive success of co-flowering native plants[J]. *Ecology Letters*, 2009, 12: 716-728.
- [14] Song L Y, Wu J R, Li C H, et al. Different responses of invasive and native species to elevated CO<sub>2</sub> concentration[J]. *Acta Oecologica*, 2009, 35: 128-135.
- [15] Amy M M, Karen G. Plant-pollinator interactions between an invasive and native plant vary between sites with different flowering phenology[J]. *Plant Ecology*, 2011, 212(6): 1025-1035.
- [16] Oscar G, José P L, Fernando V. Invasive species can handle higher leaf temperature under water stress than Mediterranean natives[J]. *Environmental and Experimental Botany*, 2011, 71(2): 207-214.
- [17] Mack R N. Predicting the identity and fate of plant invaders: emergent and emerging approaches[J]. *Biological Conservation*, 1996, 78: 107-121.
- [18] Apler P, Bone E, Holzapfel C. Invasiveness, invisibility and the role of environmental stress in the spread of non-native plants[J]. *Perspective in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 2000, 3(1): 52-66.
- [19] 曾东强, 韦家书, 张国良, 等. 银胶菊植株水浸提液对几种植物的化感作用[J]. *杂草科学*, 2008, 3: 34-36.  
ZENG Dongqiang, WEI Jiashu, ZHANG Guoliang, et al. *Allelopathic study on aqueous extract from Parthenium hysterophorus L. plant on several plants*[J]. *Weed Science*, 2008, 3: 34-36.
- [20] 高兴祥, 李美, 高宗军, 等. 外来物种小飞蓬的化感作用初步研究[J]. *草业科学*, 2009, 18(5): 46-51.  
GAO Xingxiang, LI Mei, GAO Zongjun, et al. *Research on allelopathic effects of Conyza canadensis-an invasive species*[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2009, 18(5): 46-51.
- [21] 孙运刚, 刘济明, 蒙剑, 等. 紫茎泽兰化感作用对 6 种贵州本地植物种子萌发的影响[J]. *贵州农业科学*, 2010, 38(3): 162-165.  
SUN Yungang, LIU Jiming, MENG Jian, et al. *Allelopathic effect of Eupatorium adenophorum on seed germination of six local plants in Guizhou*[J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2010, 38(3): 162-165.
- [22] 郑丽, 冯玉龙. 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]. *生态学报*, 2005, 25(10): 2782-2787.  
ZHENG Li, FENG Yulong. *Allelopathic effects of Eupatorium adenophorum Spreng. on seed germination and seedling growth in ten herbaceous species*[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(10): 2782-2787.
- [23] 陈业兵, 王金信, 吴小虎, 等. 银胶菊的花对稗草的化感作用及其化感物质分离与鉴定[J]. *植物保护学报*, 2010, 37: 73-77.  
CHEN Yebing, WANG Jinxin, WU Xiaohu, et al. *Allelopathy of flower of Parthenium hysterophorus L. on Echinochloa crusgalli (L.) Beauv. and the isolaton and identification of allelochemicals*. *Acta*

- Phytophylacica Sinica, 2010, 37: 73-77.
- [24] Leather G R, Einhelling F A. Biosddsys in the study of allelopathy // Putnam A R, Tang C S, eds. The Science of Allelopathy[M]. New York: John Wiley & Sons, 1986: 133-145.
- [25] William G B, Richardson D. Bioassays for allelopathy: measuring treatment responses within dependent controls[J]. Journal of Chemical Ecology, 1988, 14(1): 181-187.
- [26] Patterson D T. Effects of allelopathic on growth an physiological responses of soybean (*Glycine max*) [J]. Weed Science, 1981, 29: 53-59.
- [27] Chon S U, Cho I S K, Jung S, et al. Effects of alfalfa leaf extracts and phenolic allelochemicals on early seedling growth and root morphology of alfalfa and banyard grass[J]. Crop Protection, 2002, 21: 1077-1082.
- [28] Vyvyan J R. Allelochemicals as leads for new herbicides and agrochemicals[J]. Tetrahedron, 2002, 58: 1631-1646.
- [29] 廖周瑜, 侯玉平, 赵则海, 等. 五爪金龙化感效应研究 II. 凋落物的化感潜力[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2008, 47(4): 63-67. LIAO Zhouyu, HOU Yuping, ZHAO Zehai, et al. Study on allelopathy effects of *Ipomoea cairica* II. allelopathic potentials of litters[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2008, 47(4): 63-67.
- [30] 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. LI Guangyi, YU Long, DENG Xiao, et al. Studies on the allelopathic effects of *Eupatorium catarium* Veldkamp[J]. Weed Science, 2006, 4: 19-20.
- [31] 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 Minghua, WEN Jinfen, ZHOU Xuexiao, 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.
- [32] 贾海江, 李先琨, 唐赛春, 等. 紫茎泽兰对三种岩溶地区木本植物种子萌发的化感作用[J]. 广西植物, 2009, 29(5): 631-634. JIA Haijiang, LI Xiankun, TANG Saichun, et al. Allelopathic effects of *Eupatorium adenophorum* on seed germination of three woody plants in karst region[J]. Guihaia, 2009, 29(5): 631-634.
- [33] 李惠敏, 陈丽羽, 秦新民. 紫茎泽兰对 6 种豆科植物的化感作用[J]. 湖北农业科学, 2010, 49(8): 1856-1858. LI Huimin, CHEN Liyu, QIN Xinmin. Allelopathic effects of *Eupatorium adenophorum* Spreng on six species of Leguminosae[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2010, 49(8): 1856-1858.
- [34] 李惠敏, 汤冬娥, 杨柳叶, 等. 紫茎泽兰对 10 种植物的化感作用研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(8): 4412-4413, 4416. LI Huimin, TANG Donge, YANG Liuye, et al. Study on the allelopathy of *Eupatorium adenophorum* Spreng. on ten species of plants[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2010, 38(8): 4412-4413, 4416.
- [35] 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 Chuihua, XU Tao, HU Fei, et al. Allelopathy under environmental stress and its induced mechanism[J]. Acta Ecologica Sinica, 2002, 20(5): 849-854.
- [36] 许桂芳, 刘明久, 晁慧娟. 入侵植物小蓬草化感作用研究[J]. 西北农业学报, 2007, 16(3): 215-218. XU Guifang, LIU Mingjiu, CHAO Huijuan. Study on allelopathy of the invasive plant *Conyza canadensis*[J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2007, 16(3): 215-218.
- [37] 张中信, 张小平, 刘慧君, 等. 加拿大一枝黄花和一枝黄化感作用比较研究[J]. 武汉植物学研究, 2010, 28(2): 191-198. ZHANG Zhongxin, ZHANG Xiaoping, LIU Huijun, et al. Comparative study on the allelopathy of invasive species *Solidago canadensis* L. and native species *Solidago decurrens* Lour[J]. Journal of Wuhan Botanical Research, 2010, 28(2): 191-198.
- [38] Bais H P, Vepachedu R, Gilroy S. Allelopathy and exotic plant invasion: from molecules and genes to species in teractions[J]. Science, 2003, 301(5): 1377-1380.
- [39] Hierro J L, Callaway R M. Allelopathy and exotic plant invasion[J]. Plant and Soil, 2003, 256: 29-39.
- [40] Fowler N. The role of competition in plant communities in arid and semiarid regions[J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1986, 17: 89-110.
- [41] Weiner J, Wright D B, Castro S. Symmetry of below-ground competition between *Kochia scoparia* individuals[J]. Oikos, 1997, 79: 85-91.
- [42] Turk M A, Tawaha A M. Inhibitory effects of aqueous extracts of black mustard on germination and growth of lentil[J]. Pakistan Journal of Agronomy, 2002, 1(1): 28-30.
- [43] Turk M A, Tawaha A M. Allelopathic effect of black mustard (*Brassica nigra* L.) on germination and growth of wild oat (*Avena fatua* L.)[J]. Crop Protection, 2003, 22: 673-677.
- [44] Duke S O, Dayan F E, Romagn I J G, et al. Natural products as sources of herbicides: Current status and future trends[J]. Weed Research, 2000, 10: 99-111.

## Compare the allelopathy of some invasive and non-invasive Compositae species

LI Furong<sup>1,2</sup>, HUANG Ying<sup>1</sup>, LIANG Shichu<sup>1,2\*</sup>, ZHOU Qiaojin<sup>1,2</sup>

1. College of Life Science, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China; 2. Key Laboratory of Ecology of Rare and Endangered Species and Environmental Protection (Guangxi Normal University), Ministry of Education, Guilin 541004, China

**Abstract:** To compare the allelopathy of invasive and non-invasive species, the allelopathic potential of aqueous extracts of some Compositae plants to radish were studied by using indoor Petri dish bioassay method. The results showed that both invasive and non-invasive species had allelopathic potential. And the allelopathic inhibition effect of invasive species wasn't entirely stronger than that of non-invasive species. When the concentration of aqueous extracts was 0.2 g·ml<sup>-1</sup>, the synthetical allelopathic effect indices of *Artemisia argyi* and *Youngia japonica* were 2.5 and 3.1 times that of *Conyza canadensis*, while those indices of *Eupatorium adenophorum* and *Parthenium hysterophoru* were 3.8 and 3.5 times that of *Conyza canadensis*, respectively. And besides, it varied from the effects of different plant aqueous extracts on the different examination indexes of radish. Concretely, *Eupatorium adenophorum* mainly had significantly inhibitory effects on the radish seed germination and seedling growth. The aqueous extracts of *Parthenium hysterophoru* and *Youngia japonica* mostly exhibited inhibitory effects on the radish seed germination, while they accelerated the radish seedling growth with low volatile concentration and inhabited it with high concentration. *Conyza canadensis* and *Ixeris chinensis* inhabited the radish seed germination and root growth but accelerated its seedling height and fresh weight. For *Artemisia argyi*, its effects on radish seed germination and root growth were similar to the preceding two, but it exhibited allelopathic inhibition under high concentration and allelopathic stimulation under low concentration to radish seedling height and fresh weight.

**Key words:** biological invasion; allelopathic mechanism; *Eupatorium adenophorum*; *Parthenium hysterophorus*; *Conyza Canadensis*