

## 紫茎泽兰与伴生植物小藜的竞争效应及其生理生化特征

雷桂生<sup>1</sup>, 王五云<sup>1</sup>, 蒋智林<sup>1, 2\*</sup>, 邓丹丹<sup>1</sup>, 刘万学<sup>3</sup>, 桂富荣<sup>1</sup>, 李正跃<sup>1</sup>

1. 云南农业大学植物保护学院, 农业生物多样性与病虫害控制教育部重点实验室, 昆明 650201;

2. 普洱学院, 云南 普洱 665000; 3. 植物病虫害生物学国家重点实验室/中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100094

**摘要:**外来入侵物种紫茎泽兰 (*Ageratina adenophora* Sprengel) 是一种世界性入侵杂草, 其与本地物种的竞争会对生态系统结构和演替造成严重影响, 带来较大经济损失; 拟通过分析紫茎泽兰与本地物种小藜的竞争效应及生理生化特征, 以探讨外来入侵物种紫茎泽兰的竞争机理。在温室条件下, 设置紫茎泽兰、小藜 (*Chenopodium serotinum*) 的种内和种间竞争盆栽试验, 测定了两种植物不同处理下的植株生物量; 并通过氮蓝四唑光化还原法、紫外吸收法、三氯乙酸法和酸性茚三酮法, 分别测定了功能叶片的超氧化物歧化酶活性、过氧化氢酶活性、丙二醛含量、脯氨酸含量。结果表明: 紫茎泽兰与小藜混种时, 紫茎泽兰的单株生物量、相对产量 (RY) 均显著高于小藜对应指标, 其竞争平衡指数 (CB) 显著大于 0, 而相对产量总和 (RYT) 显著小于 1。混种与单种的结果比较表明, 紫茎泽兰的混种生物量比在单种时显著增高, 增幅达 22.01%; 而小藜的混种生物量比在单种时显著降低, 降低了 44.81%。在混种中, 紫茎泽兰功能叶片的丙二醛、脯氨酸含量均比在单种时显著降低, 而超氧化物歧化酶、过氧化氢酶活性均比在单种时显著升高; 小藜功能叶片的丙二醛含量显著高于单种, 而脯氨酸含量、超氧化物歧化酶活性、过氧化氢酶活性与单种无显著变化。这说明紫茎泽兰的相对竞争能力比小藜强, 紫茎泽兰通过调整生理生化特征来应对种间竞争可能是其竞争取胜的重要策略。

**关键词:** 紫茎泽兰; 植物入侵; 生理生化特征; 竞争反应和竞争影响

中图分类号: Q948

文献标志码: A

文章编号: 1674-5906 (2014) 01-0016-06

**引用格式:** 雷桂生, 王五云, 蒋智林, 邓丹丹, 刘万学, 桂富荣, 李正跃. 紫茎泽兰与伴生植物小藜的竞争效应及其生理生化特征[J]. 生态环境学报, 2014, 23(1): 16-21.

LEI Guisheng, WANG Wuyun, JIANG Zhilin, DENG Dandan, LIU Wanxue, GUI Furong, LI Zhengyue. Competitive effects and physiological and biochemical properties of *Ageratina adenophora* and its associated species *Chenopodium serotinum* [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2014, 23(1): 16-21.

入侵植物对许多生态系统造成严重的威胁, 它们引起生态系统结构和功能、生物多样性和农业生产的巨大变化 (Vitousek等, 1997; 万方浩等, 2005; Miller等, 2011)。外来植物成功入侵的机制和防御入侵植物入侵的研究已成为世界各国科学家关注的重要领域和热点问题, 许多学者对外来植物成功入侵的特征和机理进行了研究, 但是大多都停留在对入侵特征和机制的一般性总结 (Mack, 1996); 其实, 由于外来植物与其它植物和其所处生境存在着复杂的相互作用关系 (Radford和Cousens, 2000; Perry等, 2004; Griffin等, 2011; Ablasse等, 2012), 任何单一的特征都不可能完全解释和预测其入侵性 (Thompson等, 1995; Pysek等, 2004)。因此, 研究具体外来植物对于特定环境的特征反应是理解其入侵机制和策略的重要途径。

紫茎泽兰 (*Ageratina adenophora* Sprengel) 是一种世界性的恶性杂草, 约 20 世纪 40 年代从中缅边境传入我国云南后, 已传播扩散至广西、四川、贵州、重庆、西藏等地, 成为我国西南地区的主要外来入侵植物之一 (强胜, 1988; Sun 等, 2004)。紫茎泽兰入侵后, 同土著植物争水、肥和光照等 (刘伦辉等, 1989; 万方浩等, 2005), 且其植株具有很强的化感作用, 能够抑制植物种子发芽和幼苗生长 (杨国庆, 2006; Yang 等, 2006), 从而导致很多土著植物衰退甚至消失, 形成紫茎泽兰单种优势群落, 给当地自然生态系统和农业生态系统造成了极大的破坏。近些年来, 诸多学者对紫茎泽兰的控制也进行了较多研究, 如利用昆虫泽兰实蝇 (*Procecidochares utilis*) (陈旭东和何大愚, 1990; 刘文耀等, 1991) 和真菌飞机草菌绒孢菌

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31360456; 31060252); 云南省自然科学基金项目 (2011FB050); 教育部博士点基金项目 (20115302110003); 云南省科技创新团队项目 (2011HC005)

作者简介: 雷桂生 (1989 年生), 男, 硕士研究生, 主要研究外来植物竞争机制与替代控制技术。E-mail: 657850759@qq.com

\*通信作者: 蒋智林 (1977 年生), 男, 副教授, 博士, 研究方向为生物安全。E-mail: zhilin\_jiang@126.com

收稿日期: 2013-11-20

(*Mycovellosiella eupatorioides*) (杨宇容和郭光远, 1991)、链格孢菌 (*Alternaria alternata*) (万佐玺等, 2001) 等生物防除方法对紫茎泽兰的生长发育具有一定的抑制作用, 但控制效果并不理想。用皇竹草 (*Pennisetum sinense* Roxb.) (葛盛军等, 2003)、湿性臂形草 (*Brachiaria Subquadripara* (Trin.) Hitchc.) (何大愚和梁家社, 1988)、三叶豆 (*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh) (Suwanketnikom, 1992)、非洲狗尾草 (*Setaria sphacelata* (Schum) Stapf ex Massesey cv. Narok) (周泽建等, 2006; 蒋智林等, 2008) 等替代控制紫茎泽兰取得了一定的成效; 但是对于紫茎泽兰与伴生植物之间的竞争效应, 尤其是其在竞争过程中的生理生化特征反应尚少见报道。在紫茎泽兰入侵云南撂荒地的地区, 小藜 (*Chenopodium serotinum*) 为其撂荒地的主要先锋植物和伴生植物。本研究选取紫茎泽兰与伴生植物小藜, 对两物种种内和种间的竞争效应及其生理生化特征进行综合研究, 为探讨紫茎泽兰入侵的机制和替代控制技术提供理论基础和科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试土壤与试验材料

供试土壤: 2013年5月从云南昆明市北郊黑龙潭云南农业大学后山撂荒地 (N: 25°08', E: 102°45', 海拔1966 m) 采集表层以下5~25 cm的土壤, 土壤属于典型南方红壤, 是滇中高原主要的土壤类型, 其土壤理化性状见表1。采回的土壤在室内自然风干后过2 mm的筛子, 为温室大棚相关盆栽试验备用。

供试物种: 试验物种紫茎泽兰、小藜的种子均采自云南昆明市郊区撂荒地自然植物种群, 种子在实验室风干后, 将其分装于纸袋储藏保存在暗处。这2种植物在云南昆明地区 (特别是撂荒地) 属于常见的草本植物, 其幼苗期生活史要求的气候类型和土壤类型基本相似; 紫茎泽兰在研究地区撂荒地容易入侵, 小藜在该撂荒地属于主要先锋植物。

表1 试验中土壤介质的理化性状  
Table 1 Physical and Chemical characteristics of the soil used in the study

土壤特征	特征值
全氮/(g·kg <sup>-1</sup> )	1.07
全磷/(g·kg <sup>-1</sup> )	1.62
全钾/(g·kg <sup>-1</sup> )	2.47
铵态氮(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N)/(mg·kg <sup>-1</sup> )	10.23
硝态氮(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N)/(mg·kg <sup>-1</sup> )	13.85
有效磷/(mg·kg <sup>-1</sup> )	26.60
有效钾/(mg·kg <sup>-1</sup> )	195.07
有机碳/(g·kg <sup>-1</sup> )	22.12
酸碱度 pH (soil: water 1:2.5)	7.37
最大持水量(WHC)/%	35.2

### 1.2 试验设计与处理

试验在云南农业大学周边试验温室大棚进行, 在试验过程中温室的最高和最低温度分别为 29.2 和 15.5 °C, 空气相对湿度在 50%~85% 之间。试验分为紫茎泽兰、小藜单种和两物种混种盆栽处理, 每个处理各 15 盆, 每个塑料盆 (顶部直径为 22.0 cm, 底部直径为 16.0 cm, 高 20.0 cm) 中装供试土壤 3.5 kg, 在每个塑料盆下面垫 1 个塑料盘, 采用随机区组排列。

每盆中, 单种分别为紫茎泽兰、小藜植株各 4 株, 种植于塑料盆中央边长为 7.5 cm 左右正方形的顶角; 混种为紫茎泽兰和小藜植株各 2 株, 分别种植于塑料盆中央边长为 7.5 cm 左右正方形的两个对角。2013年6月下旬, 以供试土壤为种子发芽床, 在温室大棚育苗, 在种子发芽后 7~10 d, 将幼苗按照试验设计进行移栽。在整个试验中, 视其土壤干燥情况约每隔 3 d 加水 1 次, 每次在每盆中施加水 100 mL, 在整个生长过程中不施任何肥料。每隔 2 天重新排列各试验盆的位置以消除不同位置条件可能存在的差异。

### 1.3 生理生化指标和生物量测定

在植物生长到 70 d 左右, 对单、混种处理植株功能叶片过氧化氢酶 (CAT)、超氧化物歧化酶 (SOD) 比活力的测定分别采用紫外吸收法和氮蓝四唑 (NBT) 光化还原法 (陈建勋和王晓峰, 2006); 丙二醛 (MDA)、脯氨酸 (Pro) 含量的测定分别采用三氯乙酸法和酸性茚三酮法 (高俊凤, 2006)。在植物生长到 80 d 左右, 对所有植株进行收获; 收获时用流水将植物根系泥土轻轻地冲洗干净后用毛巾或吸水纸吸干, 将每株植株对应分装纸袋标号后将其置于烘箱在 80 °C 烘干后称量。

### 1.4 数据处理与统计分析

采用相对产量 (RY) (de Wit, 1960)、相对产量总和 (RYT) (Owler, 1982) 和竞争平衡指数 (CB) (Wilson, 1988) 来测度物种间资源竞争利用效应和竞争影响。

$$(1) RY_a = \frac{Y_{ab}}{Y_a}, RY_b = \frac{Y_{ba}}{Y_b};$$

$$(2) RYT = \frac{RY_a + RY_b}{2}; (3) CB_a = \ln \frac{RY_a}{RY_b}$$

式中: a、b 代表两物种名称; RY<sub>a</sub>、RY<sub>b</sub> 分别为物种 a 和物种 b 在混种时的相对产量; Y<sub>a</sub>、Y<sub>b</sub> 分别为物种 a 和物种 b 在单种时的单株产量 (或单位面积产量); Y<sub>ab</sub>、Y<sub>ba</sub> 分别为物种 a 和物种 b 在混种时的单株产量 (或单位面积产量)。RY<sub>a</sub>=1.0, 说明两

物种种内、种间竞争相等,即两个物种竞争力相同; $RY_a > 1.0$ ,说明物种 a 对物 b 的竞争力大于对物种 a 本身的竞争力,即种内竞争大于种间竞争; $RY_a < 1.0$ ,说明物种 a 对物种 b 的竞争力小于对物种 a 本身的竞争力,即种间竞争大于种内竞争。

$RYT < 1.0$ ,说明两物种间具有竞争作用; $RYT > 1.0$ ,说明两物种之间没有竞争作用; $RYT = 1.0$ ,说明两物种需要相同的资源,且一种可以通过竞争将另一种排除出去。

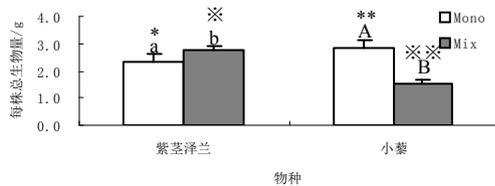
$CB_a > 0$ ,说明物种a的竞争能力比物种b强; $CB_a = 0$ ,说明物种a和物种b竞争能力相等; $CB_a < 0$ ,说明物种a的竞争能力比物种b弱; $CB_a$ 越大,说明物种a的竞争能力越强。

紫茎泽兰和小藜在单种与混种不同处理间的植株生物量、生理生化指标的差异采用单因子方差分析(SPSS, One-Way ANOVA: LSD Test);紫茎泽兰和小藜在混种中的竞争影响采用单一样本T测验(SPSS, One Samples T Test)分别比较RY、RYT与1、CB与0的差异性。

## 2 结果与分析

### 2.1 紫茎泽兰与小藜单、混种条件下的生物量产量

紫茎泽兰、小藜在单种与混种不同处理条件下植株间生物量差异显著( $F=30.531, P<0.05$ ),紫茎泽兰和小藜单种、混种的植株生物量分别为2.31、2.74、2.82、1.51 g·株<sup>-1</sup>(图1)。在单种时,紫茎泽兰植株生物量显著比小藜的低( $P=0.014$ ),比小藜植株生物量低15.49%;而在混种时,紫茎泽兰的植株生物量显著比小藜的高( $P<0.05$ ),比小藜植株生物量高86.83%。紫茎泽兰在单种与混种时的植株生物量差异显著( $P=0.004$ ),在混种时其生物量比在单种时增高22.01%,而小藜在混种时植株生物量显著比在单种时的低( $P<0.05$ ),其生物量降低了44.81%。这表明在混种中小藜的生长受到严重的竞争抑制作用,相反紫茎泽兰的生长具有显著的促进作用。



Mono、Mix: 单种和混种;小写和大写字母分别表示紫茎泽兰和小藜在单种与混种间在 0.05 水平的差异;\*号数和※号数分别表示紫茎泽兰和小藜单种间和混种间在 0.05 水平的差异。

图1 紫茎泽兰和小藜在单种和混种处理条件下单株生物量

Fig.1 Total biomass per plant of *A. adenophora* and *C. serotinum* in monoculture and mixture

### 2.2 紫茎泽兰与小藜单、混种条件下的竞争能力分析

如表2所示,从相对产量总和来看,紫茎泽兰和小藜的相对产量总和(RYT)显著小于1( $P=0.004$ ),这表明紫茎泽兰和小藜存在竞争作用。紫茎泽兰的相对产量( $RY_A$ )显著大于1( $P=0.003$ ),而小藜的相对产量( $RY_C$ )显著小于1( $P<0.05$ ),这表明紫茎泽兰与小藜的单混种竞争处理中,紫茎泽兰种内竞争显著大于种间竞争,而小藜相反。紫茎泽兰的竞争平衡指数( $CB_A$ )显著大于0( $P<0.05$ ),这表明紫茎泽兰相对竞争力比小藜强。

表2 紫茎泽兰和小藜的相对产量、相对产量总和及竞争平衡指数

Table 2 The relative yield (RY), relative yield total (RYT) and competitive balance index (CB) of *A. adenophora* and *C. serotinum* in mixture

物种	相对产量 RY	相对产量总和 RYT=RY <sub>A</sub> +RY <sub>C</sub>	竞争平衡指数 CB
紫茎泽兰 <i>A. adenophora</i>	1.23±0.08*	0.89±0.04*	0.80±0.09*
小藜 <i>C. serotinum</i>	0.55±0.03*	0.89±0.04*	-0.80±0.09*

\*: 表示  $RY_A$ 、 $RY_C$ 、RYT 与 1 比较、CB 与 0 比较分别在  $P<0.05$  水平的差异显著性。Note: \*:  $<1$  ( $RY_A, RY_C$ ) or different from 1 (RYT) or 0 (CB) at  $P<0.05$  respectively.

### 2.3 紫茎泽兰与小藜单、混种条件下的生理生化特征

如表3所示,紫茎泽兰、小藜在单种与混种不同处理条件下植株功能叶片丙二醛含量差异显著( $F=859.07, P<0.05$ ),紫茎泽兰在单、混种处理时其功能叶片丙二醛含量为22.63 mmol·g<sup>-1</sup> FW和12.44 mmol·g<sup>-1</sup> FW,均显著比小藜在对应处理时的高( $P<0.05$ ),分别为小藜的17.96和4.68倍;紫茎泽兰在混种时其功能叶片丙二醛含量相对单种时显著下降( $P<0.05$ ),比在单种时下降45.03%,而小藜则相反,其功能叶片丙二醛含量在混种时相对单种时显著上升( $P=0.01$ ),比在单种时升高111.11%。紫茎泽兰、小藜在单种与混种不同处理条件下植株功能叶片脯氨酸含量差异显著( $F=28.126, P<0.05$ ),紫茎泽兰在单、混种处理其功能叶片的含量分别为17.37和13.62 μg·g<sup>-1</sup>,均显著比小藜对应处理时的低( $P<0.05$ ),比小藜单、混种时低4.31和4.48 μg·g<sup>-1</sup>;紫茎泽兰和小藜在混种时其功能叶片的含量均比各自在单种时显著降低( $P<0.05$ ),分别降低了21.59%和16.51%。

紫茎泽兰、小藜在单种与混种不同处理条件下植株功能叶片超氧化物歧化酶活性和过氧化氢酶活性均差异显著( $F=38.375, P<0.05$ ;  $F=964.615, P<0.05$ )。紫茎泽兰在混种处理时其超氧化物歧化酶活性和过氧化氢酶活性比活力分别为8.69和599.52 U·mg<sup>-1</sup>,相比在单种处理时均显著

表3 紫茎泽兰和小藜在单种和混种处理条件下的生理生化特征

Table 3 The physiological and biochemical properties of *Ageratina adenophora* and *Chenopodium serotinum* in monoculture and in mixculture

种群类型	丙二醛含量/(mmol·g <sup>-1</sup> FW)	脯氨酸含量/(μg·g <sup>-1</sup> )	超氧化物歧化酶比活力/(U·mg <sup>-1</sup> )	过氧化氢酶比活力/(U·mg <sup>-1</sup> )
紫茎泽兰单种	22.63±1.13d	17.37±1.60b	6.25±0.58a	452.59±19.13b
小藜单种	1.26±0.18a	21.68±1.10c	7.96±0.50bc	52.95±3.66a
紫茎泽兰混种	12.44±0.99c	13.62±0.66a	8.69±0.38c	599.52±34.59c
小藜混种	2.66±0.16b	18.10±1.23b	8.41±0.35b	55.19±6.25a

同一列数据后小写字母不同表示不同处理间在  $P<0.05$  水平差异显著 (SPSS, One-Way ANOVA, LSD test)。

升高 ( $P<0.05$ ), 其酶活性比活力分别在单种升高 39.04% 和 32.46%。而小藜在单、混种间其植株功能叶片超氧化物歧化酶活性和过氧化氢酶活性均差异显著 ( $P=0.143$ ;  $P=0.862$ )。

### 3 讨论

外来植物的成功入侵可能包括多种相互作用的影响及其生理生态策略。如一些外来植物具有很强的生长竞争能力, 具有快速生长能力而株型高大或枝繁叶茂在形态上表现出很强的竞争优势 (Garten 等, 2008; 蒋智林等, 2008); 一些外来植物具有很强的竞争资源的能力或耐受胁迫环境的能力 (Perry 等, 2004; Jennifer 等, 2011); 也有一些外来植物能够与入侵地生境一些菌落形成协同 (Niu 等, 2007; Ablasse 等, 2012; 柏艳芳等, 2012) 或分泌化感物质改变生态系统微环境而竞争取胜 (Yang 等, 2006; Cummings 等, 2007)。在其入侵过程, 外来植物通常会在形态上和生理上产生反应来适应新的环境, 对环境的生理生态反应特征及其生态效应在很大程度上能够体现出其入侵的能力及其策略。

植株生物量、相对产量或竞争平衡指数越大的物种其竞争能力越强, 该物种取代邻体植物的可能性越大 (Williams 和 McCarthy, 2001)。本研究对紫茎泽兰和其伴生植物小藜的竞争作用研究发现, 紫茎泽兰在与小藜混种的时候相对在单种时其生物量升高, 而小藜的生物量下降。这说明紫茎泽兰的生长竞争能力可能比小藜的强。另外, 紫茎泽兰相对产量和竞争平衡指数均显著大于小藜相应指数, 这进一步说明紫茎泽兰竞争能力强于小藜, 在长期的竞争演替过程中, 紫茎泽兰能够将小藜从生境中排斥。这与对紫茎泽兰和非洲狗尾草竞争效应 (周泽建等, 2006; 蒋智林等, 2008) 以及与黑麦草的竞争效应 (赵林等, 2007, 2008) 相反, 说明物种间竞争能力的差异会导致生态演替的方向发生变化。

除了植株生物量等形态指标变化之外, 植物在竞争过程中或者应对生长环境会采取不同的生理生化策略进行应对 (Pysek 等, 2004; Griffin 等, 2011), 如随环境变化其光合生理作用、生理酶活性和生化成分等发生变化 (Brady 等, 2009; Varela 等, 2012)。植物功能叶片中丙二醛和脯氨酸的含量是

植物在环境胁迫下膜脂过氧化而产生的一种具有细胞毒性的物质, 其含量高低常用作膜脂过氧化强弱和质膜破坏程度的重要指标 (郭水良等, 2003; 李明和王根轩, 2002)。在正常生理条件下, 植物体内活性氧处于不断产生和清除的动态平衡之中, 而一旦遭受逆境胁迫, 这种平衡就会被破坏, 活性氧水平上升 (杨淑慎等, 2001); 在这种情况下, 细胞中清除自由基的 POD 等保护性酶的活性往往会增高, 抑制氧自由基的积累, 减轻质膜的损害 (杨淑慎等, 2001; 胡天印等, 2008)。本研究中, 紫茎泽兰在混种中的丙二醛和脯氨酸含量相对在单种均显著降低, 而小藜则相反, 在混种时其丙二醛含量显著升高和脯氨酸含量无显著变化, 说明紫茎泽兰在混种时受到的种间竞争作用比种内竞争影响要小。同样, 对相关保护酶比较研究发现, 紫茎泽兰混种时其功能叶片的超氧化物歧化酶和过氧化氢酶活性相比在单种时均显著升高, 而小藜则无显著变化, 这说明紫茎泽兰在种间竞争过程中其植株会采取强烈的生理反应来应对环境变化, 通过提高植株体内酶活性来保护细胞生长免受影响和破坏, 从而使其在入侵过程中保持较强的竞争能力和正常的生长。

### 4 结论

紫茎泽兰与伴生植物小藜竞争效应研究表明, 紫茎泽兰竞争能力比小藜强。在两者的种间竞争中, 紫茎泽兰会表现为: 生物量增大, 功能叶片丙二醛和脯氨酸的含量降低, 其超氧化物歧化酶和过氧化氢酶活性会显著增强。而其伴生植物小藜相反或者没有变化。在紫茎泽兰入侵先锋植物为小藜的撂荒地生境时, 紫茎泽兰将会竞争排斥小藜, 其原因之一就是紫茎泽兰相对小藜具有较强的生长竞争能力和具有较强的应对环境变化的生理生化相应机制。

### 参考文献:

- Ablasse B, Sheikh K S, Jean T, et al. 2012. Response of native soil microbial functions to the controlled mycorrhization of an exotic tree legume, *Acacia holosericea* in a Sahelian ecosystem[J]. *Mycorrhiza*, 22: 175-187.
- Brady W A, Samuel D F, Thomas A M, et al. 2009. Morphological and

- physiological traits in the success of the invasive plant *Lespedeza cuneata*[J]. *Biol Invasions*, 5: 567-6572. DOI 10.1007/s10530-009-9476-6.
- Cummings D C, Fuhlendorf S D, Engle D M. 2007. Is altering grazing selectivity of invasive forage species with patch burning more effective than herbicide treatments? [J]. *Rangeland Ecol Manag*, 60: 253-260.
- de Wit C T. 1960. On Competition[J]. *Verslagen Landbouwkundige Onderzoekingen*, 66: 1-82.
- Fowler N. 1982. Competition and coexistence in a North Carolina grassland[J]. *Journal of Ecology*, 70: 19-82.
- Garten C T, Classen A T, Norby R J, et al. 2008. Role of N<sub>2</sub>-fixation in constructed oldfield communities under different regimes of [CO<sub>2</sub>], temperature, and water availability[J]. *Ecosystems*, 11: 125-137.
- Griffin A R, Midgley S J, Bush D, et al. 2011. Global plantings and utilisation of Australian acacias—past, present and future[J]. *Diversity and Distributions*, 17: 837-847.
- Jennifer M F, Michael S S, Ashley D K, et al. 2011. Nitrogen uptake and preference in a forest understory following invasion by an exotic grass[J]. *Oecologia*, 167: 781-791.
- Mack R N. 1996. Predicting the identity and fate of plant invaders: emergent and emerging approaches[J]. *Biol Conserv*, 78: 107-121.
- Miller J P, Murphy D J, Brown G K, et al. 2011. *Gonza'lez-Orozcol CE. The evolution and phylogenetic placement of invasive Australian Acacia species*[J]. *Diversity and Distributions*, 17: 848-860.
- Niu H B, Liu W X, Wan F H, et al. 2007. An invasive aster (*Ageratina adenophora*) invades and dominates forest understories in China: altered soil microbial communities facilitate the invader and inhibit natives[J]. *Plant Soil*, 294: 73-85.
- Perry L G, Galatowitsch S M, Rosen J R. 2004. Competitive control of invasive vegetation: a native wetland sedge suppresses *Phalaris arundinacea* in carbon-enriched[J]. *Journal of Applied Ecology*, 41: 151-162.
- Pysek P, Richardson D M, Williamson M. 2004. Predicting and explaining plant invasions through analysis of source area floras: some critical considerations[J]. *Diversity and Distributions*, 10: 179-197.
- Radford I J, Cousens R D. 2000. Invasiveness and comparative life-history traits of exotic and indigenous *Senecio* species in Australia[J]. *Oecologia*, 125: 531-542.
- Sun X Y, Lu Z H, Sang W G. 2004. Review on studies of *Eupatorium adenophorum*—an important invasive species in China[J]. *Journal of Forestry Research*, 15(4): 319-322.
- Suwanketnikom R. 1992. Effect of surfactants and temperature on trielopyr activity in *Eupatorium adenophorum* Kasetsart[J]. *Journal of Natural Sciences*, 26(2): 195-202.
- Thompson K, Hodgson J G, Rich T C G. 1995. Native and alien invasive plants: more of the same? [J]. *Ecography*, 18: 390-402.
- Varela S A, Fernandez M E, Gyenge J E, et al. 2012. Physiological and morphological short-term responses to light and temperature in two *Nothofagus* species of Patagonia, South America[J]. *Photosynthetica*, 50 (4): 557-569.
- Vitousek P M, Dantonio C M, Loope L L, et al. 1997. Introduced species: a significant component of human-caused global change[J]. *N Z J Ecol*, 21: 1-16.
- Williams A C, McCarthy B C. 2001. A new index of interspecific competition for replacement and additive designs[J]. *Ecological Research*, 16: 19-40.
- Wilson J B. 1988. Shoot competition and root competition[J]. *Journal of Applied Ecology*, 25: 279-296.
- Yang G Q, Wan F H, Liu W X, et al. 2006. Physiological effects of allelochemicals from leachates of *Ageratina adenophora* (Spreng.) on rice seedlings[J]. *Allelopathy Journal*, 18(2): 237-246.
- 柏艳芳, 李敏, 刘润进, 等. 2012. 入侵植物大花金鸡菊与伴生植物须苞石竹的互作效应及其对 AM 真菌的影响[J]. *青岛农业大学学报*, 29(1): 1-5.
- 陈建勋, 王晓峰. 2006. *植物生理学实验指导*[M]. 广州: 华南理工大学出版社: 2.
- 陈旭东, 何大愚. 1990. 利用泽兰实蝇控制紫茎泽兰的生防策略研究[J]. *应用生态学报*, 1(4): 315-321.
- 高俊凤. 2006. *植物生理学实验指导*[M]. 北京: 高等教育出版社: 2.
- 葛盛军, 金海平, 杨德志, 等. 2003. 种植王草防制紫茎泽兰的技术研究[J]. *四川草原*, (2): 23-24.
- 郭水良, 方芳, 强胜. 2003. 不同温度对七种外来杂草生理指标的影响及其适应意义[J]. *广西植物*, 23(1): 73-76, 82.
- 何大愚, 梁家社. 1988. 紫茎泽兰防治的研究进展[J]. *生态学进展*, 5(3): 63-68.
- 胡天印, 王勇, 印丽萍, 等. 2008. 入侵植物春一年蓬对不同环境的生理适应性研究[J]. *浙江大学学报*, 34(4): 395-400.
- 蒋智林, 刘万学, 万方浩, 等. 2008. 非洲狗尾草与紫茎泽兰的竞争效应[J]. *中国农业科学*, 27(5): 1347-1354.
- 李明, 王根轩. 2002. 干旱胁迫对甘草幼苗保护酶活性及脂质过氧化作用的影响[J]. *生态学报*, 22(4): 503-507.
- 刘伦辉, 刘文耀, 郑征, 等. 1989. 紫茎泽兰个体生物及生态学特性研究[J]. *生态学报*, 9(1): 66-70.
- 刘文耀, 刘伦辉, 何爱军. 1991. 泽兰实蝇对紫茎泽兰生长发育及生物量分配影响[J]. *生态学报*, 1(3): 291-293.
- 强胜. 1988. 世界性恶性杂草—紫茎泽兰研究的历史及现状[J]. *武汉植物学研究*, 16(4): 366-372.
- 万方浩, 郑小波, 郭建英. 2005. 重要农林外来入侵物种的生物学与控制[M]. 北京: 科学出版社.
- 万佐玺, 朱晶晶, 强胜. 2001. 链格孢菌毒素对紫茎泽兰的致病机理[J]. *植物资源与环境学报*, 10 (3): 47-50.
- 杨国庆. 2006. 紫茎泽兰淋溶主效化感物质的分离鉴定及其对旱稻幼苗的作用机理[J]. 中国农业科学院博士论文.
- 杨淑慎, 高俊凤, 李学俊. 2001. 高等植物叶片的衰老[J]. *西北植物学报*, 21(6): 127-1277.
- 杨宇容, 郭光远. 1991. 飞机草菌绒孢菌对紫荆泽兰生长及其生理影响的研究[J]. *杂草学报*, 5(1): 6-11.
- 赵林, 李保平, 孟玲, 等. 2008. 不同氮、磷营养水平下紫茎泽兰和多年黑麦草苗期的相对竞争力[J]. *草业学报*, 17(1): 145-149.
- 赵林, 孟玲, 李保平. 2007. 施肥对苗期紫茎泽兰和黑麦草相对竞争力的影响[J]. *生态学杂志*, 26(11): 1743-1747.
- 周泽建, 周美兰, 刘万学. 2006. 三种植物在不同肥力下对紫茎泽兰的生态控制效果[J]. *中国农学通报*, 22(6): 361-364.

## Competitive effects and physiological and biochemical properties of *Ageratina adenophora* and its associated species *Chenopodium serotinum*

LEI Guisheng<sup>1</sup>, WANG Wuyun<sup>1</sup>, JIANG Zhilin<sup>1,2\*</sup>, DENG Dandan<sup>1</sup>,  
LIU Wanxue<sup>3</sup>, GUI Furong<sup>1</sup>, LI Zhengyue<sup>1</sup>

1. Key Laboratory for Agricultural Biodiversity and Pest Management Ministry of Education, Plant Protection College, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 2. Puer university, Yunnan Puer 665000, China; 3. The State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests; Institute of Plant Protection/Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094, China

**Abstract:** Alien invasive species *Ageratina adenophora* is a worldwide invasion weeds. The competitions between *Ageratina adenophora* and native species can cause serious influence on ecosystem structure and succession, and result in larger economic losses. Studied in this paper through the analysis of *Ageratina adenophora* compete with native species of *Chenopodium serotinum* effect and physiological and biochemical characteristics, in order to investigate the competition mechanism of invasive species *Ageratina adenophora*. A pairwise competitive design was used to evaluate the intra- and inter-specific competition interaction between *Ageratina adenophora* and *Chenopodium serotinum* in a greenhouse experiment. By nitroblue tetrazolium photochemical reduction method, ultraviolet absorption method, method of trichloroacetic acid and indene three method, respectively, to determine the functional leaves of superoxide dismutase, catalase activity and content, proline content. Competitive effect and response were measured as the relative yield (RY) and relative yield total (RYT) and competitive balance index (CB), and physiological and biochemical properties for each target-neighbor species combination. The results show that the total biomass and RY and CB of *A. adenophora* were significant higher than those of *C. serotinum*, the CB of *A. adenophora* were significant higher than 0, the RYT was significant lower than 1. The total biomass of *A. adenophora* in mixture increased significantly by 22.01% compared to those in monoculture. However, the total biomass of *C. serotinum* in mixture decreased significantly by 44.81% compared to those in monoculture. Anymore, the malondialdehyde content (MDA) and proline content (Pro) in the leaves of *A. adenophora* in mixture decreased significantly compared to those in monoculture, respectively. However, the MDA and Pro in the leaves of *C. serotinum* in mixture increased significantly or showed no significant difference compared to those in monoculture. The superoxide dismutase (SOD) activities, catalase (CAT) activity in the leaves of *A. adenophora* in mixture were significant higher than those in monoculture. However, the SOD activities, CAT activity in the leaves of *C. serotinum* between in monoculture and in mixture were no significant difference. Together, the relative competitive ability of *A. adenophora* was higher than that of *C. serotinum*. In competition, *A. adenophora* showed stronger adjusting mechanism in the change of physiological and biochemical properties in the leaves compared to *C. serotinum*, which may be a potential important strategy for *A. adenophora* out-competed *C. serotinum* in mixture.

**Key words:** *Ageratina adenophora*; Plant invasion; Physiological and biochemical properties; Competitive response and competitive effect