

辣子草水浸提液对蚕豆幼苗生长和光合特性的化感效应

黄素¹,李小琼^{*},周健¹,李洁^{2**},胡小琼¹,
何友花¹,阿体阿呷¹,张红¹,马丹炜^{**}

(1. 四川师范大学生命科学院,四川 成都 610101;2. 四川省农业科学院农业信息与农村经济研究所,四川 成都 610066)

摘要:为了深入探讨辣子草的化感作用机制,本研究采用盆栽试验,研究了辣子草水浸提液对蚕豆幼苗生长和光合特性的影响。结果表明:辣子草水浸提液对蚕豆幼苗叶面积影响较小,但对地上部分的高度和生物量积累具有显著的抑制效应,不同处理之间浓度效应不明显。在辣子草水浸提液作用下,蚕豆幼苗叶片的叶绿素含量、实际光化学效率($\Phi\text{Ps II}$)以及最大光化学效率(F_v/F_m)和蒸腾速率(T_r)等与对照无显著差异,但净光合速率(P_n)随着处理浓度的增加而降低,表现出显著的浓度依赖效应,但随着处理时间进一步延长,浓度依赖效应逐渐减弱。本研究结果揭示辣子草水浸提液对光能吸收、电子传递等光反应过程影响不明显,主要是通过影响 CO_2 同化能力而减少积累有机物质,导致植物生长受阻。

关键词:辣子草;化感作用;幼苗生长;光合特性

中图分类号:S451 文献标识码:A

Allelopathic Effect of Aqueous Extract from *Galinsoga parviflora* on Seedling Growth and Photosynthesis of *Vicia faba*

HUANG Su¹, LI Xiao-qiong^{*}, ZHOU Jian¹, LI Jie^{2**}, HU Xiao-qiong¹, HE You-hua¹, Ati Aga¹, ZHANG Hong¹, MA Dan-wei^{**}
(1. College of Life Science, Sichuan Normal University, Sichuan Chengdu 610101, China; 2. Agricultural Information and Rural Economy Institute of Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Sichuan Chengdu 610066, China)

Abstract: To explore the effect of *Galinsoga parviflora* Cav., an invasive plant on seedling growth and photosynthetic physiological characteristics of broad bean (*Vicia faba* L.), the pot experiments were conducted to study the effects of plant heights, leaf areas, biomass, chlorophyll contents, chlorophyll fluorescence parameters and gas exchange parameters of broad bean seedlings. The results showed that, after treating with the aqueous extracts of *G. parviflora*, the results showed that leaf areas had little change, and the plant heights and the biomass were dramatically inhibited by the aqueous extracts in a time-dependent but not concentration-dependent manner. And net photosynthetic rate (P_n) were decreased markedly ($P < 0.05$). The chlorophyll contents, chlorophyll fluorescence parameters ($\Phi\text{Ps II}$ and F_v/F_m) and transpiration rates (T_r) were not inhibited by the aqueous extracts of *G. parviflora* significantly ($P > 0.05$). These results suggested that the aqueous extracts of *G. parviflora* inhibited the growth of recipient plants by inhibiting the ability of assimilation of CO_2 and reducing the biomass.

Key words: *Galinsoga parviflora* Cav.; Allelopathy; Seedling growth; Photosynthesis characteristics

辣子草(*Galinsoga parviflora* Cav.)又名向阳花、铜锤草、牛膝菊等,为菊科牛膝菊属的一年生草本植物,原产南美洲^[1]。辣子草适应能力强,发生量大,与农作物竞争资源而抑制农作物的生长,目前已经成为世界范围内20多个国家的恶性杂草^[2]。1915年在我国四川省木里县和云南省宁蒗县首次采集到

标本,随后在我国西南、东南地区呈现爆发式增长,并向北方迅速扩散,现已成为我国具有严重威胁性的外来入侵植物^[4-5]。化感作用是入侵植物成功入侵的机制之一^[6],扩散到新入侵地的入侵植物比原产地的个体具有更强的化感作用,使其在竞争中占有优势^[5]。前人研究发现^[8-12],辣子草对多种农作物和乡土植物的种子萌发和幼苗生长具有化感抑制效应,其水浸提液具有明显的遗传毒性和细胞毒性,可使受体植物的根尖细胞有丝分裂指数下降,微核率和畸变率增大^[13],叶保卫细胞活性降低,细胞核出现固缩、降解或拉长等典型的凋亡特征^[14]。光

收稿日期:2016-08-15

基金项目:四川省教育厅一般项目(16ZB0058);四川师范大学第十二批学生科研创新重点项目

作者简介:黄素(1993-),女,贵州安顺人,硕士生,主要从事细胞生物学研究,*为并列第一作者,**为通讯作者,E-mail: danwei10ma@163.com。

合作用是植物的基本生理过程,对环境胁迫非常敏感,阐明辣子草化感物质对受体植物光合作用的影响有助于解析其化感作用机制和入侵机制,但相关研究却鲜有报道。本研究以蚕豆(*Vicia faba* L.)为受体,用不同浓度的辣子草水浸提液浇灌其幼苗,定期测定幼苗的株高、叶面积、生物量、叶绿素含量、气体交换参数和叶绿素荧光参数,探讨辣子草化感作用对受体植物生长和光合作用的影响,以期进一步揭示辣子草的化感机制和入侵机制,为防治辣子草进一步蔓延提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

蚕豆种子(成胡 14[#])购买于成都市龙泉驿区大面镇种子市场;供体植物辣子草采集于四川师范大学成龙校区;供试土壤取自四川师范大学成龙校区生物园,类型为黄壤。

1.2 试验方法

1.2.1 辣子草水浸提液的制备 采集辣子草地上部分用蒸馏水洗净置于通风处阴干后,剪碎,按 1:20 的比例加入蒸馏水,混匀后置于恒温摇床中,25 °C、120 r/min 震荡 48 h 后,4 层纱布过滤 2 次,得到质量浓度为 50 mg/mL 的辣子草水浸提液母液,4 °C 保存备用。

1.2.2 材料培养及其化感胁迫处理 材料培养:选取颗粒饱满、大小均一的蚕豆种子,用 0.5% 的 KMnO_4 浸泡 15 min,蒸馏水清洗干净,置于 25 °C 暗培养箱中 24 h,转移至盛有石英砂的白瓷盘中催芽 48~72 h,待种子露白后播种于盛有土壤的花盆中(盆高 6.8 cm,直径 7.6 cm),每盆 1 粒种子。

化感胁迫处理:取辣子草水浸提液母液配制成 12.50 和 25.00 mg/mL 的处理液,待蚕豆生长 1 周后,将种植有蚕豆的花盆随机分为 3 组,每组 10 盆。分别将 12.50 和 25 mg/mL 的处理液浇灌到花盆中,每周浇灌 1 次,每次 20 mL,共处理 4 次,以蒸馏水作对照。

1.2.3 参数测定 株高测定:每周定期用尺子测量 1 次幼苗地上部分高度,每处理测量 10 株。

叶面积测定:处理结束后,每株选取顶端第 2 层的 1 片叶片,采用 AM300 叶面积测定仪测其叶面积,每处理测定 10 株。

生物量测定:处理结束后,剪取蚕豆幼苗地上部分称鲜重后,置于烘箱中烘干至恒重,然后称取干重,每处理测定 10 株。

叶绿素含量的测定:处理结束后,每处理称取 0.2 g 蚕豆新鲜叶片置于研钵中,加入少量石英砂和

CaCO_3 以及 85% 丙酮 2 mL,充分研磨,然后加入适量的 80% 丙酮反复清洗研钵,过滤,将滤液定容至 20 mL 后,充分混匀,在 646 和 663 nm 测定吸光值。根据公式计算叶绿素的含量(mg/g)。

$$C = 8.05 \times A_{663} + 20.29 \times A_{646}$$

$$\text{叶绿素含量} = C \times V \times N / W \times 1000$$

式中, C 为叶绿素浓度(mg/L), V 为溶液体积(mL), N 为稀释倍数, W 为叶片的鲜重(g)。

气体交换参数测定:每周定期选取每株幼苗顶端第 2 层的 1 片叶片,采用 TPS-2 便携式光合测定系统测定净光合速率和蒸腾速率,每处理测定 10 株。

叶绿素荧光参数:每周定期选取幼苗顶端第 2 层的 1 片叶片,暗处理 30 min 后,采用 FMS-2 便携式荧光测定仪测定叶片实际光化学效率($\Phi\text{Ps II}$)和最大光化学效率(F_v/F_m),每处理测定 10 株。

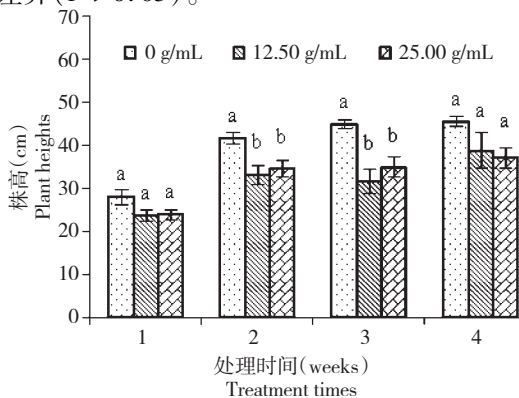
1.3 数据分析

采用 SPSS17.0 对数据进行处理分析,并用 Duncan 法进行多重比较(LSD),Microsoft Excel 2007 作图。

2 结果与分析

2.1 辣子草水浸提液对蚕豆幼苗生长的影响

辣子草水浸提液对蚕豆幼苗地上部分的生长具有抑制效应并具有时间依赖效应(图 1)。处理第 1 周株高与对照差异不显著,当处理时间延长到第 2 周和第 3 周时,处理组的株高明显小于对照组($P < 0.05$),但随着处理时间进一步延长(第 4 周),对照组和处理组之间的株高没有明显差异;图 1 显示,两个处理组之间的株高在不同处理时间段都没有显著的差异($P > 0.05$)。



不同字母表示不同处理间在 0.05 水平上的显著差异性;下同
Different letters above the bars indicate significant differences among treatments at the $P < 0.05$ level. The same as below

图 1 辣子草水浸提液对蚕豆植株高度的影响

Fig. 1 Effects of the aqueous extracts from *Galinsoga parviflora* Cav. on the plant heights of *Vicia faba* seedling

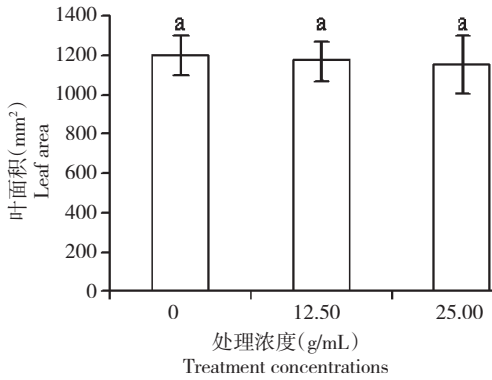


图2 辣子草水浸提液对蚕豆幼苗叶面积的影响

Fig. 2 Effects of the aqueous extracts from *Galinsoga parviflora* on the leaf areas of *Vicia faba* seedling

图2显示,经辣子草水浸提液处理4周后,蚕豆幼苗的叶面积随着水浸提液浓度增大逐渐缩小,但在不同处理之间无显著差异($P > 0.05$)。

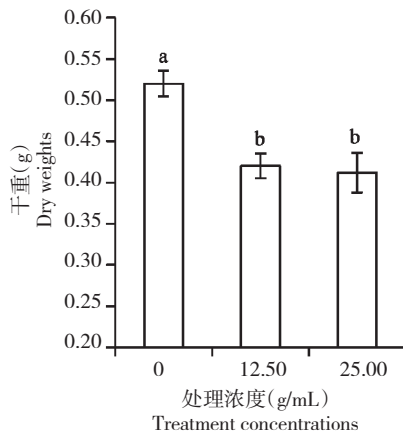
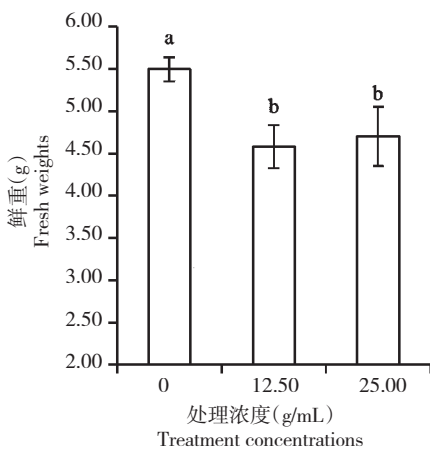
据图3可见,辣子草水浸提液显著降低了蚕豆幼苗地上部分的生物量($P < 0.05$)。与对照相比,处理组蚕豆幼苗地上部分的鲜重和干重均不同程度地降低,但不同处理间的鲜重和干重均无显著差异($P > 0.05$)。

2.2 辣子草水浸提液对蚕豆光合特性的影响

随着辣子草水浸提液浓度增加,蚕豆幼苗叶绿素叶片叶绿素含量逐渐降低(图4),但与对照相比,其降低的程度并未达到显著程度($P > 0.05$)。

由图5可见,与对照相比,辣子草水浸提液对蚕豆幼苗叶片的叶绿素荧光参数最大光化学效率(F_v/F_m)和实际光化学效率($\Phi P_s II$)均未造成显著影响。

与对照相比,在辣子草水浸提液作用下,蚕豆幼苗的净光合速率发生了显著变化(图6),表明辣子草水浸提液对蚕豆幼苗光合作用具有一定显著的影响



A 为鲜重, B 为干重 A is fresh weight; B is dry weight

图3 辣子草水浸提液对蚕豆幼苗地上部分生物量的影响

Fig. 3 Effects of the aqueous extracts from *Galinsoga parviflora* Cav. on the above-ground biomass of *Vicia faba* seedling

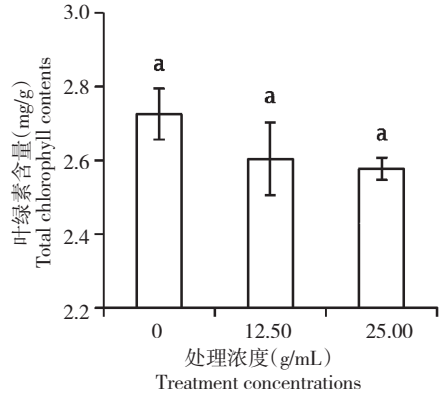


图4 辣子草水浸提液对蚕豆幼苗叶绿素含量的影响

Fig. 4 Effects of the aqueous extracts from *Galinsoga parviflora* on the chlorophyll content of *Vicia faba* seedling

响($P < 0.05$)。其中,处理初期幼苗的净光合速率随着处理浓度的增加而降低,表现出显著的浓度依赖效应,但随着处理时间进一步延长,这种效应逐渐浓度依赖效应减弱。

2.3 辣子草水浸提液对蚕豆幼苗蒸腾速率的影响

与对照相比,在辣子草水浸提液作用下,蚕豆幼苗的蒸腾速率发生了不同程度的变化(图7)。但经显著性检验发现,这种变化没有达到显著程度($P > 0.05$)。

3 讨论

3.1 辣子草水浸提液对蚕豆幼苗生长的影响

化感物质可以通过改变受体植物的水分吸收、激素代谢、呼吸作用、光合作用、酶功能、信号转导以及基因表达等多种生理过程,从而抑制了植物生长^[15-16]。酚酸类化感物质肉桂酸和咖啡酸能对莴苣(*Lactuca sativa*)幼苗根长、茎长及鲜重产生明显的抑制作用;入侵植物肿柄菊(*Tithonia diversifolia*)叶片凋落物水浸液对高丹草(*Sorghum sudanense*)幼

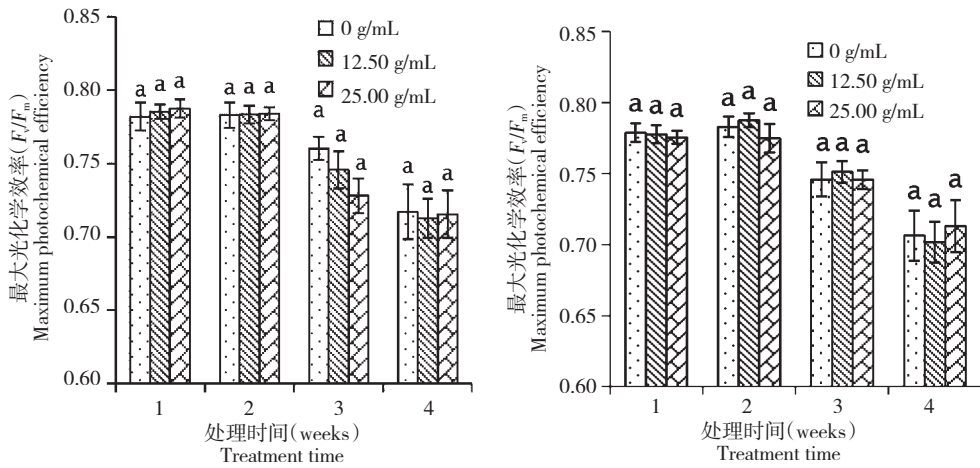


图 5 辣子草水浸提液对蚕豆叶绿素荧光参数 F_v/F_m (左) 和 $\Phi P_s II$ (右) 的影响

Fig. 5 Effects of the aqueous extracts from *Galinsoga parviflora* on the F_v/F_m (left) and $\Phi P_s II$ (right) of *Vicia faba* seedling

苗根长和黑麦草 (*Lolium perenne*) 幼苗茎高有显著的抑制作用^[17]; 本研究结果表明, 不同浓度辣子草水浸提液对蚕豆幼苗的株高以及地上部分的鲜重和干重均产生了显著的抑制效应, 但对叶面积影响不大。这一结果与其他学者的研究结果基本类似^[8-12]。

3.2 辣子草水浸提液对蚕豆幼苗光合特性的影响

光合作用是植物生长的基本物理-化学过程, 涉及多种复杂的生理生化过程, 其中任何一个环节受到影响均都有可能抑制植物的光合作用。许多环境因素都会影响到植物的光合作用, 目前已经发现, 植物释放到环境中的化感物质, 对受体植物的光合作用过程具有较大的影响^[18]。化感胁迫对受体植物的光合速率具有明显的抑制效应^[19-20]。Huang et al.^[21] 研究表明, 香樟 (*Cinnamomum septentrionale* Hand. -Mazz) 落叶水浸提液导致巨桉 (*Eucalyptus grandis*) 幼苗净光合速率显著降低, 幼苗生长受到明显抑制。本研究结果表明, 在辣子草水浸提液作用

下, 虽然幼苗叶片的叶绿素含量、实际光化学效率 ($\Phi P_s II$) 以及最大光化学效率 (F_v/F_m) 等光合作用参数以及蒸腾速率变化不明显, 但净光合速率却显著被抑制, 尤其是在处理初期阶段, 这种抑制效应最为明显。由此可见, 辣子草水浸提液对蚕豆幼苗光能吸收、电子传递等光反应过程影响不大, 其抑制蚕豆幼苗生长的原因可能是降低了受体同化 CO_2 的能力, 进而导致生物量减少, 植物生长受阻。

4 结 论

辣子草水浸提液对蚕豆幼苗生长具有显著的化感抑制效应。在辣子草水浸提液作用下, 蚕豆幼苗的叶面积、叶片叶绿素含量、实际光化学效率 ($\Phi P_s II$)、最大光化学效率 (F_v/F_m) 和蒸腾速率 (T_r) 等参数变化不大, 而净光合速率和有机物质积累量显著减少, 地上部分生长受到抑制。本研究结果表明, 辣子草水浸提液对受体植物的光能吸收、电子传递等光反应过程影响不大, 其抑制植物生长受阻的主要

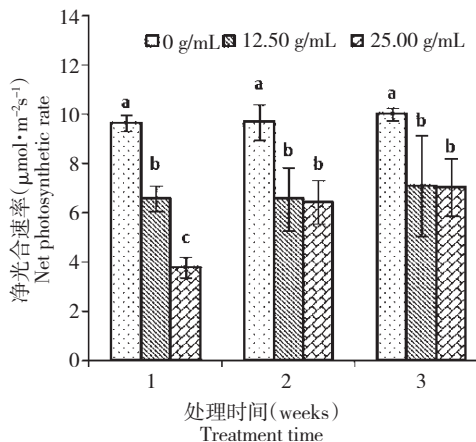


图 6 辣子草水浸提液对蚕豆幼苗净光合速率 (P_n) 的影响

Fig. 6 Effects of the aqueous extracts from *Galinsoga parviflora* on the net photosynthetic rate (P_n) of *Vicia faba* seedling

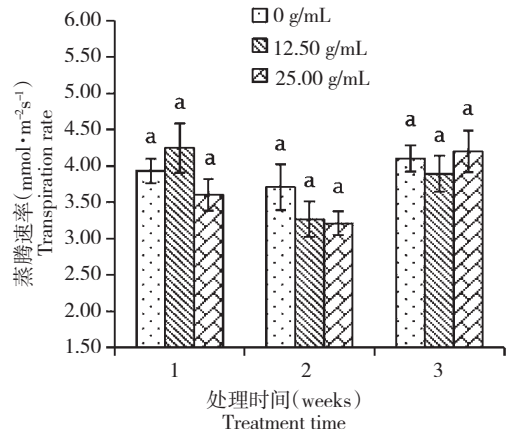


图 7 辣子草水浸提液对蚕豆幼苗蒸腾速率 (T_r) 的影响

Fig. 7 Effects of the aqueous extracts of *Galinsoga parviflora* on the transpiration rate (T_r) of *Vicia faba* seedling

原因是降低了 CO₂ 同化能力,从而导致有机物质积累量减少。

参考文献:

- [1] 齐淑艳,段继鹏,郭婷婷,等. 入侵植物牛膝菊种子萌发对 PEG 模拟干旱胁迫的响应[J]. 生态学杂志, 2014, 33(5):1190 - 1194.
- [2] Espinosa-García FJ, Vázquez-Bravo R, Martínez-Ramos M. Survival, germinability and fungal colonization of dimorphic achenes of the annual weed *Galinsoga parviflora*, buried in the soil [J]. Weed Research, 2003, 43(4):269 - 275.
- [3] 林敏,郝建华. 苏州外来植物入侵风险评估体系及牛膝菊的入侵风险[J]. 生态科学, 2011, 30(5):507 - 511.
- [4] 强胜,曹学章. 中国异域杂草的考察与分析[J]. 植物资源与环境学报, 2000, 9(4):34 - 38
- [5] 高凯悦,林耀光,杨吉刚,等. 入侵植物辣子草的生态适应性研究[J]. 广东农业科学, 2015, 42(17):76 - 81.
- [6] Cipollini K, Titus K, Wagner C. Allelopathic effects of invasive species (*Alliaria petiolata*, *Lonicera maackii*, *Ranunculus ficaria*) in the Midwestern United States [J]. Allelopathy Journal, 2012, 29(1): 63 - 76.
- [7] Callaway R M, Waller L P, Diaconu A, et al. Escape from competition: neighbors reduce *Centaurea stoebe* performance at home but not away[J]. Ecology, 2011, 92(12): 2208 - 2213.
- [8] 范雪涛,马丹炜,于树华,等. 辣子草对3种农作物的化感作用[J]. 环境科学与技术, 2007, 30(10): 7 - 9.
- [9] 郭振清,赵永光,张风娟,等. 入侵植物牛膝菊对白菜、萝卜、生菜、油菜种子和幼苗的化感作用[J]. 河北科技师范学院学报, 2008, 22(3):13 - 16.
- [10] 汪小飞,钱倩媛,汪传友,等. 牛膝菊对黄山乡土植物柔毛水杨梅的化感作用[J]. 南京林业大学学报, 2012, 36(4): 145 - 148.
- [11] 姚静,齐淑艳,李晓春,等. 入侵植物牛膝菊与白车轴草之间化感互作研究[J]. 广东农业科学, 2015(10):70 - 75.
- [12] 董红云,李亚,汪庆,等. 外来入侵植物牛膝菊和野苘蒿水浸提液化感作用的生物测定[J]. 植物资源与环境学报, 2010, 19(2):48 - 53.
- [13] 马丹炜,范雪涛,葛方兰,等. 低温胁迫对辣子草水浸提液化感作用的影响[J]. 热带亚热带植物学报, 2008, 16(6): 526 - 530.
- [14] 周健,栾威,黄雪婷,等. 辣子草水浸提液对蚕豆叶保卫细胞的影响[J]. 西南农业学报, 2016, 29(4):800 - 804.
- [15] Baerson S R, Sánchez-Moreiras A, Pedrol-Bonjoch N, et al. Detoxification and transcriptome response in *Arabidopsis* seedlings exposed to the allelochemical benzoxazolin-2 (3H)-one[J]. Journal of Biological Chemistry, 2005, 280(23): 21867 - 21881.
- [16] Yang C Y, Liu S J, Zhou S W, et al. Allelochemical ethyl 2-methyl acetoacetate (EMA) induces oxidative damage and antioxidant responses in *Phaeodactylum tricornutum* [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2011, 100(1): 93 - 103.
- [17] 李军,王瑞龙. 入侵植物肿柄菊叶片凋落物化感潜力的研究[J]. 生态科学, 2015, 34(6): 100 - 104.
- [18] Reigosa M J, Pedrol N, González L. Allelopathy: a physiological process with ecological implications[M]. Netherlands; Springer Science & Business Media, 2006.
- [19] Lorenzo P, Palomera-Pérez A, Reigosa M J, et al. Allelopathic interference of invasive *Acacia dealbata* Link on the physiological parameters of native understory species [J]. Plant Ecology, 2011, 212(3): 403 - 412.
- [20] Arora K, Batish D R, Singh H P, et al. Allelopathic Potential of Essential Oil from Wild Marigold (*Tagetes minuta* L.) Against Some Invasive Weeds [J]. Journal of Environmental and Agricultural Sciences, 2015(3): 56 - 60.
- [21] Huang W, Hu H, Hu T, et al. Impact of aqueous extracts of *Cinnamomum septentrionale* leaf litter on the growth and photosynthetic characteristics of *Eucalyptus grandis* seedlings [J]. New Forests, 2015, 46(4): 561 - 576.

(责任编辑 李洁)