

入侵植物肿柄菊对三叶鬼针草的化感作用

田学军¹, 沈云玫¹, 陶宏征¹, 沈登荣², 何超²

1. 红河学院生物系, 云南 蒙自 661100; 2. 红河学院农学系, 云南 蒙自 661100

摘要: 肿柄菊 (*Tithonia diversifolia* A. Gray) 和三叶鬼针草 (*Bidens pilosa* L.) 同属菊科外来入侵植物。采用培养皿培养法用前者不同含量 (0.8%, 1.6%, 2.4%, 3.2%) 的叶片提取液胁迫处理后的种子和幼苗, 通过测定后者种子活力及幼苗生长量、抗氧化酶活性和细胞膜透性, 探讨肿柄菊对三叶鬼针草的化感作用, 进而为前者用于后者防控提供理论依据。结果表明, 随着肿柄菊叶片提取液含量的提高, 三叶鬼针草种子发芽指数和种子活力及幼苗生长量逐渐下降, 化感效应指数小于 0; 相对电导率逐渐提高, 幼苗细胞膜的完整性下降; 而超氧化物歧化酶 (SOD)、过氧化氢酶 (CAT) 和过氧化物酶 (POD) 的活性则随之提高, 化感效应指数大于 0。肿柄菊叶提取含量达 3.2% 时, 鬼针草种子发芽指数、活力指数和幼苗生长量分别为对照的 25.7%、2.1% 和 9.4%。对照的 SOD、CAT 和 POD 活性分别为 68.3 ± 2.3 、 0.6 ± 0.0 和 0.5 ± 0.1 , 而提取液含量 3.2% 时则分别为 117.2 ± 3.2 、 1.2 ± 0.1 和 0.9 ± 0.2 。显然, 肿柄菊对鬼针草产生强烈化感作用, 且随浓度的增加而加强。

关键词: 肿柄菊 (*Tithonia diversifolia* A. Gray); 三叶鬼针草 (*Bidens pilosa* L.); 入侵植物; 化感效应; 种子活力; 抗氧化酶; 细胞膜透性

DOI: 10.16258/j.cnki.1674-5906.2015.07.008

中图分类号: Q948

文献标志码: A

文章编号: 1674-5906 (2015) 07-1128-04

引用格式: 田学军, 沈云玫, 陶宏征, 沈登荣, 何超. 入侵植物肿柄菊对三叶鬼针草的化感作用[J]. 生态环境学报, 2015, 24(7): 1128-1131.

TIAN Xuejun, SHEN Yunmei, TAO Hongzheng, SHEN Dengrong, HE Chao. Allelopathy of Invasive *Tithonia Diversifolia* on *Bidens Pilosa* [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2015, 24(7): 1128-1131.

三叶鬼针草 (*Bidens pilosa*) (以下简称“鬼针草”) 和肿柄菊 (*Tithonia diversifolia*) 同为菊科外来入侵植物。前者原产于热带美洲, 目前我国主要分布在包括云南各地在内的南方地区 (陈亮等, 2011; 申时才等, 2012), 它在荒地形成大面积单优群落, 给生物多样性带来严重影响, 是许多农作的恶性杂草, 产生强烈化感作用 (抑制作用) (Stevens et al., 1985; Deba et al., 2007), 还明显影响蚕豆的遗传稳定性及细胞结构 (杜凤移等, 2007)。肿柄菊又称墨西哥向日葵, 原产于墨西哥及中美洲 (徐成东等, 2006), 是一种世界性广布杂草 (徐成东等, 2007)。对肿柄菊的研究过去主要集中在药物、肥料、饲料等方面 (李晓霞等, 2013), 它曾作为观赏植物被我国引种, 而今在粤、桂、闽、滇、台有逃逸种群分布, 给农业生产带来一定危害, 并威胁生物多样性 (王四海等, 2008)。肿柄菊能抑制多种农作物及田稗和鳢肠等杂草的种子萌发和幼苗生长 (王丽等, 2012; 李晓霞等, 2013; 梁晓华等, 2013), 但对鬼针草化感作用的研究报道不多。

对田间杂草的防控多采用化学除草剂。但除草剂的使用产生了包括环境危害在内的广泛毒副作用,

而开发天然他感物质 (allelochemicals) 是解决这些问题的办法之一 (Meksawat et al., 2010)。肿柄菊的除草活性已有学者研究过, 如王丽等 (2012) 研究了肿柄菊茎叶提取物的除草活性, 并证实活性物质为肿柄菊内酯 A。Manobjyoti et al. (1996) 研究表明, 肿柄菊含有的青蒿酸、青蒿素等多种物质, 可作为天然植物生长调节物质, 直接用作除草剂或用作天然除草剂合成的模型物 (徐成东等, 2007)。鉴于鬼针草对生物多样性的威胁和对农业生产的影响及肿柄菊对其他植物的化感作用, 本研究以肿柄菊为供体植物, 鬼针草为受体植物, 研究前者对后者种子活力、幼苗抗氧化酶活性和细胞膜透性的影响, 为肿柄菊用于鬼针草的防控提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 鬼针草和肿柄菊

鬼针草和肿柄菊均采自红河学院荒地。老熟肿柄菊叶片洗净晾干粉碎, 按 10% (质量分数, w/w) 加蒸馏水常温振荡提取 24 h, 过滤得含量为 10% (w/w) 的原液, 4 °C 保存备用。老熟鬼针草种子晾干, 用于肿柄菊叶水提取液胁迫种子, 测定其活力及幼苗抗氧化酶活性和细胞膜透性。

基金项目: 云南省硕士点建设备案学科植物保护和云南省教育厅重点项目 (2013Z148)。

作者简介: 田学军 (1962 年生), 男, 教授, 主要从事植物逆境生理学和外来有害入侵生物防控研究。E-mail: txj_biology2@126.com

收稿日期: 2014-12-29

1.2 鬼针草种子活力和幼苗生长量的测定

鬼针草种子放在铺有双层滤纸的培养皿中(每皿30粒),用蒸馏水润湿,放在4℃冰箱春化24h。春化后,每皿分别添加5mL 0.8%、1.6%、2.4%和3.2%(w/w)(对照用蒸馏水代替)肿柄菊叶片水提取液,在室温下培养,每天定时置换提取液,至对照组不再萌发时仿田学军等(2013)方法计算种子发芽指数(GI)、活力指数(VI)、幼苗生长量及化感效应指数(RI)。每个浓度3个重复。

1.3 鬼针草幼苗超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)活性和细胞膜透性测定

在培养皿中春化(方法同上)后的种子分别加入5mL 0.8%、1.6%、2.4%和3.2%肿柄菊叶片提取液(对照用蒸馏水代替),每天定时置换提取液,培养10d后进行各指标测定。仿Dhindsa et al.(1981)测定CAT活性和幼苗细胞膜的透性(相对电导率),仿陈建勋等(2006)测定SOD和POD活性,并计算化感效应指数(RI)。每个处理3个重复。

1.4 化感效应指数计算

采用Williamson et al.(1988)方法计算上述所测各项指标的化感效应指数(RI): $RI=1-C/T$ 。

式中,C为对照值;T为处理值;RI为化感效应指数,正值表示促进效应,负值表示抑制效应,其绝对值大小反映化感作用的强弱。

1.5 统计分析

用DPS 13.5统计软件进行方差分析,以检验处理效果(LSD法,显著水平为0.05)。

2 结果与分析

2.1 肿柄菊对鬼针草种子活力有强烈抑制作用

结果表明,在肿柄菊叶水提取液胁迫下,鬼针草种子GI($F=145.405, P=0.003$)、VI($F=136.104, P=0.000$)和幼苗生长量($F=643.214, P=0.000$)均小于对照(0.8%处理的GI与对照差异不明显),且随浓度的增加而逐渐下降。肿柄菊叶提取液含量达3.2%时,鬼针草种子发芽指数、活力指数和幼苗生

长量仅分别为对照的25.7%、2.1%和9.4%。RI值小于0,表明肿柄菊对鬼针草种子活力和幼苗生长有明显的抑制作用(化感效应)(表1)。

表1 肿柄菊叶水提取液对鬼针草种子活力和幼苗生长的化感效应

Table 1 Allelopathic effects of the aqueous extract of *Tithonia diversifolia* leaves on seed vigor and seedling growth of *Bidens pilosa*

提取液含量/%	种子发芽指数(GI)		种子活力指数(VI)		幼苗生长量(根+茎)	
	数值/%	RI	数值	RI	长度/cm	RI
CK	10.5±0.2a		70.0±5.0a		6.4±0.2a	
0.8	9.8±1.0ab	-0.1	48.4±6.4b	-0.5	4.9±0.4b	-0.7
1.6	8.7±0.2b	-0.2	24.6±2.5b	-1.9	2.8±0.3c	-2.5
2.4	4.4±1.0c	-1.6	5.6±2.9c	-14.6	1.2±0.4d	-6.7
3.2	2.7±0.2d	-3.0	1.5±0.2c	-45.4	0.6±0.1e	-29.2

$n=30, \bar{x} \pm SD, 3$ 个重复。同列不同字母表示差异显著($P<0.05$),下同

2.2 肿柄菊促进鬼针草幼苗抗氧化酶活性提高,同时导致细胞膜损伤

在各浓度肿柄菊提取液胁迫下,鬼针草SOD活性随胁迫浓度的提高而逐渐提高,且与对照差异明显,但提取液含量达3.2%则呈现较低浓度时有所下降的趋势,不过仍高于对照($F=78.034, P=0.007$)(表2)。CAT($F=16.251, P=0.001$)和POD($F=13.116, P=0.000$)活性亦随肿柄菊含量的提高而提高(表2)。CAT活性各处理均高于对照,且与后者差异明显。当提取液含量为0.8%和1.6%时,POD活性与对照差异不明显,2.4%和3.2%时与对照差异明显。抗氧化酶的RI值均大于0,且随浓度的提高而增大,表明肿柄菊胁迫促使鬼针草提高抗氧化酶活性。显然,鬼针草为应对肿柄菊胁迫可能诱发的氧化损伤,提高了抗氧化酶的活性以降低氧化损伤。

细胞膜透性方面,在肿柄菊提取液胁迫下,相对电导率增加,且与对照差异显著($F=11.302, P=0.002$)(表2),这表明,肿柄菊胁迫导致鬼针草幼苗细胞膜损伤,使胞内电解质外渗。

3 讨论

植物化感物质存在于植物的各个器官,分成包括萜类化合物在内的14种类型,其中酚类和类萜类化合物是主要化感物质(Rice, 1984)。化感作用

表2 肿柄菊叶水提取液对鬼针草幼苗抗氧化酶活性和细胞膜透性的影响

Table 2 Effects of the aqueous extract of *Tithonia diversifolia* leaves on the activity of antioxidases and permeability of plasma membranes of *Bidens pilosa* seedlings

提取液含量/%	SOD活性		CAT活性		POD活性		相对电导率	
	数值/(U·g ⁻¹ ·min ⁻¹)	RI	数值/(U·g ⁻¹ ·min ⁻¹)	RI	数值/(U·g ⁻¹ ·min ⁻¹)	RI	数值	RI
CK	68.3±2.3a		0.6±0.0a		0.5±0.1a		2.8±0.2a	
0.8	156.9±2.4b	0.6	0.7±0.1b	0.4	0.6±0.1a	0.1	5.1±0.2b	0.5
1.6	192.4±2.0c	0.6	0.8±0.1c	0.7	0.6±0.0a	0.1	4.8±0.3b	0.7
2.4	217.8±1.6d	0.7	1.0±0.1d	0.7	0.7±0.1b	0.2	4.9±0.1b	0.8
3.2	117.2±3.2e	0.4	1.2±0.1e	0.8	0.9±0.2b	0.4	5.3±0.1b	0.9

$n=30, \bar{x} \pm SD, 3$ 个重复

机制包括改变膜透性抑制植物养分吸收,抑制细胞分裂、伸长和改变亚显微结构,影响植物呼吸与光合作用及各种酶的功能和活性,影响内源植物激素合成代谢及蛋白质合成等(陈业兵等,2009)。其释放途径有挥发、淋溶、分泌和分解等(Rice,1984;Reigosa et al.,1999)。本研究通过浸提将肿柄菊叶片中的水溶性化感物质提取出来对鬼针草进行胁迫处理,从种子活力、幼苗抗氧化酶活性和细胞膜完整性初步探讨了前者对后者的化感作用。

作为主要化感物质的萜类化合物广泛存在于菊科植物中(周凯等,2004),抑制植物发芽和生长(Fischer et al.,1994)。隶属于菊科的肿柄菊,从中分离出约150种化学成分(Chagas-Paula et al.,2012),主要化学成分是倍半萜化合物(赵贵钧等,2010)。其抑制作物种子萌发的物质是两种倍半萜烯内酯即肿柄菊内酯A,肿柄菊内酯C(tagitinin A, tagitinin C)及粗毛豚草素(flavonoid hispidulin),后者对作物种子毒性最强(Baruah et al.,1994)。李晓霞等(2013)研究表明,肿柄菊挥发油中主要含有 α -蒎烯、柠檬烯、 β -石竹烯、双环大香烯、香桉烯、斯巴醇等萜类和醇类化合物,其中挥发油对受试植物种子萌发和幼苗生长均产生抑制作用。本研究中,在肿柄菊水提取液胁迫下,鬼针草种子活力和幼苗生长量下降,细胞膜受到损伤,这可能与前者所含各种化合物有密切关系。

如前所述,化感物质能影响受体植物各种酶的功能和活性。例如,水稻化感物质降低周围杂草的SOD和POD的活性(林文雄等,2001);桉树叶水提取液降低小米种子CAT和 α -淀粉酶的活性并提高POD活性(Padhy et al.,2000)。本研究中,在肿柄菊水提取液化感作用下,鬼针草幼苗的SOD、CAT和POD活性明显提高。当肿柄菊提取液含量达3.2%时,SOD活性表现出比低浓度胁迫下降的趋势,这可能是由于胁迫达到一定量时,受体植物难以再进一步提高酶活性。本研究由于最高含量设置为3.2%,下降趋势有待进一步研究。

纵观国内外研究结果,植物化感物质作为天然除草剂毋庸置疑。美国、日本等国家正在利用化感物质开发除草剂,有些具除草活性的天然化合物已被开发为除草剂推广应用(陈业兵等,2009)。如利用某些菊科植物的化感作用、通过轮作、间作、覆盖等栽培措施,减少甚至逐步代替化学除草剂(Nagabhushana et al.,2011)。我国学者研究表明,肿柄菊对鳢肠、稗草、假臭草、巴西含羞草、含羞草、蝶豆和鬼针草等杂草的种子萌发和幼苗生长均产生明显的抑制作用(王丽等,2011,2012;李晓霞等,2013)。本研究表明,肿柄菊明显降低了鬼

针草种子活力和幼苗生长,将其用于后者控制有一定可行性。王丽等(2011)指出,施用适量的肿柄菊茎叶既可促进水稻生长,又可有效控制稻田稗草。

虽然肿柄菊也是外来入侵植物,但它具有以下特征和用途:不像鬼针草种子有刺毛而易于散布,且较后者高大,有一定遮阴争夺阳光的作用;其提取物具有抗炎症、抗癌、护肝、清除活性氧消除氧化胁迫等功能(Juang et al.,2014)及降血糖作用(季梅等,2013);落叶含有大量植物营养成分,能以植物可利用的方式分解释放出这些营养物质,并明显增加土壤中P和K含量(Mustonen et al.,2014)。因此,在鬼针草泛滥成灾的地方,作为一种综合防控措施,可适当套种肿柄菊或铺盖其茎叶,以防控之。鉴于肿柄菊有重要利用价值,只要进行必要的砍伐和开发利用,用于鬼针草防控时其泛滥成灾应是可控的。

4 结论

肿柄菊对鬼针草有较强的化感作用。既降低后者的种子活力和幼苗生长,破坏细胞膜的完整性,又刺激后者抗氧化酶活性的提高。鉴于鬼针草种子活力下降、幼苗生长受抑制及细胞膜完整性破坏,作为一种辅助措施,在其泛滥成灾的区域可尝试同域播种肿柄菊,但要做好后者的资源利用。

致谢: 感谢马明波、张冲参加部分研究工作。

参考文献:

- BARUAH N C, SARMA J C, BARUA N C, et al. 1994. Germination and growth inhibitory sesquiterpene lactones and a flavone from *Tithonia diversifolia* [J]. *Phytochemistry*, 36(1): 29-36.
- CHAGAS-PAULA D A, OLIVEIRA R B, ROCHA B A, et al. 2012. Ethnobotany, Chemistry, and Biological Activities of the Genus *Tithonia* (Asteraceae) [J]. *Chemistry and Biodiversity*, 9(2): 210-235.
- DEBA F, XUAN T D, YASUDA M, et al. 2007. Herbicidal and fungicidal activities and identification of potential phytotoxins from *Bidens pilosa* L. var. *radiata* Scherff [J]. *Weed Biology and Management*, 7(2): 77-83.
- DHINDSA R S, PLUMB-DHINDSA P, THORPE T A. 1981. Leaf senescence: Correlated with increased leaves of membrane permeability and lipid peroxidation and decreased levels of superoxide dismutase and catalase [J]. *Journal of Experimental Botany*, 32(1): 93-101.
- FISCHER N H, WILLIAMSON G B, WEIDENHAMER J D, et al. 1994. In search of allelopathy in the Florida scrub: The role of terpenoids [J]. *Journal of Chemical Ecology*, 20(6): 135-138.
- JUANG C L, YANG F S, HSIEH M S, et al. 2014. Investigation of anti-oxidative stress in vitro and water apparent diffusion coefficient in MRI on rat after spinal cord injury in vivo with *Tithonia diversifolia* ethanolic extracts treatment [J]. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 14: 447
- MANOBYOTI B, NABIN C B, Anil C G. 1996. An Artemisiic acid analogue from *Tithonia diversifolia* [J]. *Phytochemistry*, 41(2): 557-559
- MEKSAWAT S, PORNPROM T. 2010. Allelopathic effect of itchgrass

- (*Rottboellia cochinchinensis*) on seed germination and plant growth [J]. *Weed Biology and Management*, 10(1):16-24.
- MUSTONEN P S J, OELBERMANN M, KASS D C L. 2014. Response of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to *Tithonia diversifolia* (Hansl.) Gray biomass retention or removal in a slash and mulch agroforestry system [J]. *Agroforestry Systems*, 88(1): 1-10.
- NAGABHUSHANA G G, WORSHAM A D, YENISH J P. 2001. Allelopathic cover crops to reduce herbicide use in sustainable agricultural systems [J]. *Allelopathy Journal*, 8(2): 133-146.
- PADHY B, PATNAIK P K, TRIPATHY A K. 2000. Allelopathic potential of *Eucalyptus* leaf litter leachates on germination and seedling growth of finger millet [J]. *Allelopathy Journal*, 7(1): 69-78.
- REIGOSA M J, SANCHEZ-MOREIRAS A, GONZALEZ. 1999. Ecophysiological approach in allelopathy [J]. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 18(5): 577-608.
- RICE E L. 1984. *Allelopathy* [M]. 2nd ed. New York: Academic Press Inc.
- STEVENS JR G A, TANG C S. 1985. Inhibition of seedling growth of crop species by recirculating root exudates of *Bidens pilosa* L. [J]. *Journal of Chemical Ecology*, 11(10): 1411-1425.
- WILLIAMSON G B, RICHARDSON D. 1988. Bioassays for allelopathy: Measuring treatment responses with independent controls [J]. *Journal of Chemical Ecology*.
- 陈建勋, 王晓峰. 2006. 植物生理学试验指导[M]. 第二版. 广州: 华南理工大学出版社: 68-77.
- 陈亮, 李会娜, 杨民和, 等. 2011. 入侵植物薇甘菊和三叶鬼针草对土壤细菌群落的影响[J]. *中国农学通报*, 27(8): 63-68
- 陈业兵, 王金信, 孙健, 等. 2009. 利用化感物质开发除草剂的应用前景[J]. *山东农业大学学报: 自然科学版*, 40(4): 659-662.
- 杜凤移, 于树华, 马丹炜, 等. 2007. 三叶鬼针草对蚕豆根尖遗传毒性的研究[J]. *生态环境*, 16(3): 944-949.
- 季梅, 泽桑梓, 杨斌, 等. 2013. 热区两种菊科入侵植物精油化学成份的GC-MS分析[J]. *中国农学通报*, 29(16): 135-138
- 李晓霞, 沈奕德, 范志伟, 等. 2013. 肿柄菊挥发油的化学成分分析及其化感作用[J]. *广西植物*, 33(6): 878-882.
- 梁晓华, 李璐, 王波, 等. 2013. 肿柄菊水浸液对5种植物的化感作用[J]. *江苏农业科学*, 41(1): 99-103.
- 林文雄, 何华勤, 郭玉春, 等. 2001. 水稻化感作用及其生理生化特性的研究[J]. *应用生态学报*, 12(6): 871-875.
- 申时才, 张付斗, 徐高峰, 等. 2012. 云南外来入侵农田杂草发生与危害特点[J]. *西南农业学报*, 25(2): 554-561.
- 田学军, 袁寒, 沈云玫, 等. 2013. 马缨丹(*Lantana camara* L.)对豌豆(*Pisum sativum* L.)的化感作用[J]. *西南师范大学学报*, 38(5): 63-67.
- 王丽, 范志伟, 李晓霞, 等. 2011. 肿柄菊对鳢肠、稗草及水稻的化感作用[J]. *中国第五届植物化感作用学术研讨会论文摘要集*
- 王丽, 范志伟, 沈奕德, 等. 2012. 肿柄菊茎叶提取物除草活性的研究[J]. *热带作物学报*, 33(5): 919-923.
- 王四海, 孙卫邦, 成晓, 等. 2008. 外来植物肿柄菊(*Tithonia diversifolia*)的繁殖特性及其地理扩散[J]. *生态学报*, 28(3): 1308-1313.
- 徐成东, 陆树刚. 2006. 云南的外来入侵植物[J]. *广西植物*, 26(3): 227-234.
- 徐成东, 杨雪, 陆树刚. 2007. 中国的外来入侵植物肿柄菊[J]. *广西植物*, 27(4): 564-569.
- 赵贵钧, 郑友兰, 陆方铨, 等. 2010. 肿柄菊的化学成份及药理学研究进展[J]. *现代药物与临床*, 25(2): 102-108.
- 周凯, 郭维明, 徐迎春. 2004. 菊科植物化感作用研究进展[J]. *生态学报*, 24(8): 1776-1784.

Allelopathy of Invasive *Tithonia Diversifolia* on *Bidens Pilosa*

TIAN Xuejun¹, SHEN Yunmei¹, TAO Hongzheng¹, SHEN Dengrong², HE Chao²

1. Department of Biology, Honghe University, Mengzi 661100, China; 2. Department of Agronomy, Honghe University, Mengzi 661100, China

Abstract: *Tithonia diversifolia* A Gray and *Bidens pilosa* L were exotic invasive species (Compositae). The objective of the study was to explore the allelopathy of *T. diversifolia* on *B. pilosa* and the later controlling possibility by the former. The seeds and seedlings of the latter were treated by different contents (0.8%, 1.6%, 2.4% and 3.2%) of the aqueous extract of the former leaves in a Petri dish, and seed vigor and length, antioxidase activity, permeability of plasma membrane of *B. pilosa* seedling leaves were determined. The results showed that seed germination index and vigor index, and seedling length decreased with the increase of the aqueous extract contents, and allelopathic index (RI) < 0; and relative conductivity increased, and the integrity of seedling cell membrane decreased. But catalase (CAT), superoxide dismutase (SOD) and peroxidase (POD) activities increased with increase of the aqueous extract contents, and allelopathic index (RI) > 0. When the content of the aqueous extract of *T. diversifolia* leaves reached to 3.2% the seed germination index, vigor index and seedling length of *B. pilosa* was 25.7%, 2.1% and 9.4% of control respectively. CAT, SOD and POD activity of controls was 68.3±2.3, 0.6±0.0 and 0.5±0.1 respectively, but the activity of 3.2% content group was 117.2±3.2, 1.2±0.1 and 0.9±0.2 respectively. So *T. diversifolia* had a strong allelopathy on *B. pilosa*, and the degree of the activity was increased with content increase of the aqueous extract.

Key words: *Tithonia diversifolia* A Gray; *Bidens pilosa* L.; invasive plants; allelopathy; seed vigor; antioxidases; permeability of plasma membrane