

文章编号:2095-7300(2015)04-029-05

# 外来入侵植物小飞蓬化感作用机理研究的进展

张海燕<sup>1</sup>, 罗鑫<sup>1,2</sup>, 张敏<sup>3</sup>

(1. 常州市环境监测中心, 江苏 常州 213001; 2. 南通市产品质量监督检验所, 江苏 南通 226000;

3. 江苏大学 化学化工学院, 江苏 镇江 212013)

**摘要:**入侵植物会损害环境生态系统, 影响生物的多样性, 给农业生产带来严重的经济损失。目前, 虽然入侵植物的化感作用研究较多, 但是很多缺乏对化感作用的深入研究。结合国内外入侵植物的研究进展, 该研究阐述了小飞蓬的研究现状、化感物质的分离鉴定方法以及入侵机理研究的进展。参 24。

**关键词:**入侵植物; 化感作用; 小飞蓬

**中图分类号:**X173      **文献标识码:**A

近年来, 生物入侵已成为全球关注的热门问题之一。生物入侵主要是指生物离开其原来生长地, 经自然(气流、风暴、海流等)或人为等途径传播到另一个生长环境中肆虐生长, 损害入侵地的生态系统, 影响生物多样性, 造成农作物减产等严重后果。很多研究表明入侵植物影响伴生植物的生长与化感作用有关, 入侵植物分泌的化感物质经过环境媒介进入伴生植物体内, 通过参与生理生化过程从而影响伴生植物的生长发育。

小飞蓬[ *Conyza Canadensis* (L.) Cronq. ] 为菊科飞蓬属越年生或一年生草本植物, 原产北美洲, 目前我国分布广泛, 已成为一种常见入侵植物, 现其已被列入国家环保局公布的入侵物种名单。通过揭示小飞蓬化感作用的主要有效成分及其入侵机理, 从而实现对该杂草的可持续控制。同时小飞蓬化感物质中具有生物活性的次生代谢产物可以开发植物源绿色除草剂, 减少化学除草剂的使用, 降低农药残留, 从而保护环境。小飞蓬作为一个成功的入侵种, 具有许多入侵植物的显著特征, 对其入侵机理的研究有助于其它有害入侵植物的研究,

丰富和发展入侵生态学理论, 最终达到保护生态环境和丰富物种多样性。

## 1 外来入侵植物化感作用研究的基本概况

入侵植物化感作用的研究很多采用入侵植物组织浸提液对受体植物进行萌芽率、根和幼苗生长生物量的测定等, 这些化感作用的研究水平相对较低<sup>[1-5]</sup>, 如用甲醇从黄瓜里提取到的木脂素对水芹[ *Oenanthe javanica* (Bl.) DC. ] 和稗草[ *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv. ] 的幼根和幼苗生长有抑制作用<sup>[6]</sup>。Vidotto<sup>[7]</sup>等利用豚草( *Ambrosia artemisiifolia* L.) 凋落物和根的提取液对苜蓿( *Medicago sativa* L.)、大麦( *Hordeum vulgare* L.)、番茄( *Lycopersicon esculentum* Mill.) 等农作物和稗草、龙葵( *Solanum nigrum* L.)、马唐[ *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. ] 等杂草的萌芽和生长进行研究, 结果表明番茄和马唐的生长受到最大的抑制作用, 但是稗草的生长不受影响。反枝苋( *Amaranthus retroflexus* L.)、假海马

收稿日期: 2015-06-25

基金项目: 江苏省青年科技基金资助项目(编号: BK20140536); 南通市科技项目(编号: HS2013057)

作者简介: 张海燕(1983-), 女, 江苏泰州人, 硕士, 研究方向: 环境生态学。

齿 (*Trianthema portulacastrum* L.) 根和叶子浸出物对小麦的生长有抑制作用<sup>[8]</sup>。这些结果对于揭示和证明外来入侵植物的化感作用是促进种群扩张的原因很牵强。但是,近些年国内外对外来入侵植物的研究逐步深入,对一些入侵植物的化感作用机理研究已经较为成熟。入侵植物化感作用机理研究主要集中在对受体植物作用的生理生化机理、间接化感作用和分子水平上的化感作用机理。其中生理生化机理研究主要包括对受体植物生物膜系统、酶和激素水平的影响;对受体植物呼吸和化合作用的影响;对受体植物蛋白和核酸的影响;对受体植物的形态结构机理。Baris<sup>[9]</sup>等应用活性氧荧光染色法标记发现,受矢车菊 (*Centaurea cyanus* Linn.) 根系化感物质(一)——儿茶素处理 10 s 后,拟南芥 [*Arabidopsis thaliana* (Linn.) Heynh.] 根尖分生组织细胞内出现了一股活性氧,在 30s 后拟南芥的分生组织出现了短暂的  $[Ca^{2+}]_{cyt}$  浓度的升高,最后导致细胞的死亡;在处理的 1 小时前后拟南芥 956 个基因复制成两倍甚至更多。薇甘菊 (*Mikania micrantha* Kunth) 的化感物质水提液可以显著改变土壤微生物群落、提高土壤氮硝化速率和养分含量,说明化感物质作为新式武器,可以改变土壤微生态环境以利于自身生长<sup>[10]</sup>。

## 2 外来入侵植物小飞蓬化感物质的提取、分离和鉴定

### 2.1 化感物质的提取和分离

化感物质分泌主要有地上部分挥发物、淋溶物、枯枝落叶淋溶和根系分泌四条路径。挥发性化感物质提取方法有水蒸气蒸馏、直接采集溶剂提取和固体吸附法等<sup>[11]</sup>。入侵植物挥发油的成分分析多数采用水蒸气蒸馏的方法。对于地上淋溶或枯枝落叶化感物质的提取,目前多采用溶剂提取法,该方法是利用合适的溶剂将有机物从待分离和结构鉴定的样品中提取出来。一般常用的溶剂有水和有机溶剂两种,考虑到化感作用研究的生态学意义,很多研究采用水作为提取溶剂,因为用有机溶剂提取会破坏植物细胞结构,破坏酶和蛋白质的结构,把

本身不会分泌到土壤中的化学物质提取出来。根际是一个很复杂的微环境,由于微生物的分解,土壤颗粒的吸附,植物的吸收,因此要收集根系所分泌的化感物质十分困难。目前根系分泌物的收集主要有两类方法,根渗出液循环培养法和固体培养法。根渗出液循环培养法其主要内容是疏水性根渗出液连续收集法,用树脂吸附砂培或水培中植物根部所释放的疏水性物质<sup>[12]</sup>。固体培养法主要是收集植物生长根际的土壤,利用溶剂提取根部分泌到土壤中的化感物质。

目前,对于小飞蓬化感物质的分析大多数采用水或有机溶剂对小飞蓬的地上部分进行提取, Sonia<sup>[13]</sup>利用二氯甲烷从小飞蓬的地上部分分离出毛叶醇内酯、母菊酯和母菊酸甲酯。杨莉<sup>[14]</sup>从小飞蓬挥发油中鉴定主要化感活性物质是柠檬烯,水提液中主要化感活性物质为苯甲酸类衍生物,如苯甲酸、苯乙酸、香草醛、香草酸、丁香醛、丁香酸等物质;黄酮类物质,如槲皮素和木犀草素。Lola<sup>[15]</sup>利用水提取的方法从小飞蓬的根际沙土中检测到香草酸、丁香酸、香豆酸和阿魏酸等。

### 2.2 化感物质的纯化和结构鉴定

小飞蓬分离纯化多采用色谱法,如高速逆流色谱、硅胶柱分离、薄层色谱法、制备色谱和液相色谱等。在化感物质的结构鉴定方面,应用红外光谱、紫外光谱、质谱和核磁共振谱等手段,来判断未知物质化学结构的官能团、分子量、氢原子个数、碳原子种类以及氢原子和碳原子在分子结构中的相对位置关系等信息,最终确定其化学结构。目前,从小飞蓬中分离鉴定的化感物质有萜类、酸、醇类、酚类、生物碱、生长激素、黄酮和甾类等<sup>[16]</sup>。

## 3 外来入侵植物小飞蓬化感作用的机理研究

许多有关小飞蓬的研究主要集中在对其化学成分的药值<sup>[17]</sup>、入侵现象的研究<sup>[18,19]</sup>以及对草甘膦的抗药性研究<sup>[20]</sup>。Pawlaczyk<sup>[21]</sup>等从小飞蓬中分离鉴定得到的多酚多聚糖可以作为一种更便

宜,更安全的硫酸皮肤素的替代物,尽管它的抗凝血活性比肝磷脂低,但是抗血小板活性却可以成为治疗静脉血栓患者的辅助剂。朱朝华<sup>[22]</sup>等以萝卜、柱花草和苋菜等为受体植物,测定小飞蓬的水浸液对受体植物种子萌发和幼苗生长的化感作用。唐吉和<sup>[20]</sup>初步研究了小飞蓬对草甘膦抗药性的生理生化机制机理,明确了小飞蓬对草甘膦抗药性的产生与其作用靶标酶 EPSPS 的活性以及对草甘膦的吸收与转移存在密切的关系。

### 3.1 小飞蓬化感物质的生理生化机理研究

化感物质可以通过对酶和膜的功能、激素代谢、呼吸作用、光合作用、蛋白质合成和基因表达的影响从而影响种子萌芽等生长过程。杨莉<sup>[13]</sup>研究发现加拿大蓬水提液影响了滞缓吸水阶段蛋白酶活性,导致可溶性蛋白含量降低,多种代谢活动受阻;低浓度的化感物质可促使 SOD 等保护酶活性升高,表明植物为免受逆境伤害做出了相应的适应性反应,而高浓度化感物质处理后,保护酶活性降低,丙二醛含量上升,说明产生的氧自由基已经超出了 SOD 等酶的清除能力,植物受到了逆境伤害;加入外源激素后,受体幼根生长产生抑制或缓解的效果;小飞蓬利用光合作用对成熟植株产生化感作用的一种重要方式是改变受体光合产物的分配。

### 3.2 小飞蓬化感物质的间接化感作用

间接化感作用指化感物质首先对土壤微生物群落发生作用,然后对受体植物产生影响的间接作用。杨莉<sup>[13]</sup>研究发现小飞蓬挥发油对受试食源性细菌和真菌有良好的广谱抗菌作用,其中对痢疾志贺氏菌、人参立枯病、人参黑斑病病原菌抑菌效果显著;Queiroz<sup>[23]</sup>等对小飞蓬地上部分提取物进行分离鉴定,得到的毛叶醇内酯对莴苣(*Lactuca sativa* L.)、匍匐剪股颖(*Agrostis gigantea* Roth)的萌芽有抑制作用,母菊内酯对草莓的三种刺孢盘属具有杀菌作用,其杀菌活性可以跟商用杀真菌剂啞菌酯和克菌丹相媲美。

### 3.3 分子水平上的化感作用机理

随着分子生物学技术和理论的日趋成熟,从分

子水平上揭示化感作用机理已逐渐成为国内外研究的一个趋势和热点。陈丽萍等<sup>[24]</sup>运用蚕豆根尖微核技术研究加拿大蓬水浸提液的遗传毒性,结果表明,加拿大蓬水浸提液干扰了细胞有丝分裂的正常进行,蚕豆根尖细胞出现染色体桥、染色体断片、染色体滞后、多极分裂等异常现象。

总的来说,对小飞蓬的化感作用研究主要集中在挥发油或浸提液对受体植物的萌芽抑制作用以及对主效化感物质的鉴定。小飞蓬入侵机理虽有少量研究涉及,但是研究的数量相对较少,且很多方面有待进一步的拓展研究(如形态结构的研究、分子水平上的机理研究),跟研究比较成熟的外来入侵植物矢车菊、加拿大一枝黄花(*Solidago canadensis* Linn.)等相比,还存在一定的差距。

## 4 结 论

目前对小飞蓬的化感作用多属于现象性研究,入侵机理研究相对较少。不同化感物质如酚类、萜类、黄酮类和生物碱等对受体植物的作用是自然状态下的混合作用所表现的作用机理,对于多种化感物质共同作用时是叠加还是拮抗效应以及小飞蓬分泌的化感物质对自身种群的影响未见研究报道。其次,小飞蓬浸提液对一些杂草的生长有化感抑制作用,如何将小飞蓬的化感物质开发成无污染的植物源除草剂、抑菌剂,实现对小飞蓬的资源化利用,是小飞蓬未来的科学研究方向。

### 参考文献:

- [1] Hisashi K N, Kobayashi A, Osamu Ohno, et al. Phytotoxic substances with allelopathic activity May be central to the strong invasive potential of *Brachiaria brizantha*[J]. *Journal of Plant Physiology*, 2014, 171: 525-530.
- [2] Yang X, Zhang L H, Shi C P. The extraction, isolation and identification of exudates from the root of *flaveria bidentis* [J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2014, 13 (1): 105-114.
- [3] Wang C M, Chen H T, Li T C, et al. The role of pentacyclic triterpenoids in the allelopathic effects of *alstonia scholaris* [J]. *Journal of Chemical Ecology*, 2014, 40: 90-98.

- [4] Deforest J C, Du L, Joyner P M. 4', 4'', 7, 7''-Tetra-O-methylcupressuflavone Inhibits Seed Germination of *Lactuca sativa* [J]. *Journal of Natural Products*, 2014, 77(4): 1 093-1 096.
- [5] 万欢欢, 刘万学, 万方浩. 紫茎泽兰叶片凋落物对入侵地 4 种草本植物的化感作用 [J]. *中国生态农业学报*, 2011, 19(1): 130-134.  
WAN Huan-huan, LIU Wan-xue, WAN Fang-hao. Allelopathic effect of *Ageratina adenophora* (Spreng.) leaf litter on four herbaceous plants in invaded regions [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2011, 19(1): 130-134
- [6] Noguchi H K, Thim H L, Sasaki H, et al. A potent allelopathic substance in cucumber plants and allelopathy of cucumber [J]. *Acta Physiol Plant*, 2012, 34: 2 045-2 049.
- [7] Vidotto F, Tesio F, Ferrero A, et al. Allelopathic effects of *Ambrosia artemisiifolia* L. in the invasive process [J]. *Crop Protection*, 2013, 54: 61-167.
- [8] Chauhan S, Chauhan S V S. Allelopathic influence of some common weeds on wheat [J]. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 2014; online.
- [9] Bais H P, Vepachedu R, Gilroy S, et al. Allelopathy and exotic plant invasion: from molecules and genes to species interactions [J]. *Science*, 2003, 301: 1 377-1 380.
- [10] Chen B M, Peng S L, Ni G Y. Effects of the invasive plant *Mikania micrantha* H. B. K. on soil nitrogen availability through allelopathy in South China [J]. *Biological Invasions*, 2009, 11: 1291-1299.
- [11] 孔垂华, 徐效华, 有机物的分离和结构鉴定 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003, 48.  
KONG Chui-hua, XU Xiao-hua, Isolation and Structure Identification of Organic Compounds [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2003, 48.
- [12] Tang C, Yong C C. Collection and identification of allelopathic compounds from the undisturbed root system of *Biealta limpogress* (*Hemarthria altissima*) [J]. *Plant Physiology*, 1982, 69: 155-160.
- [13] Sonia C N Q, Charles L C, Stephen O D, et al. Bioassay-Directed Isolation and Identification of Phytotoxic and Fungitoxic Acetylenes from *Conyza canadensis* [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2012, 60, 5 893 5 898.
- [14] 杨 莉, 加拿大蓬化感作用及抑菌活性研究 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2011.  
YANG Li, AlleloPathic Potential of *Erigeron Canadensis* and Its Antibacterial Activities [D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2011.
- [15] Lola D, Miroslava M, Gordana G, et al. An allelopathic investigation of the domination of the introduced invasive *Conyza canadensis* L. [J]. *Flora*. 2011, 206: 921-927.
- [16] 姚 伶, 何开跃, 郭丽君, 等. 植物化感作用研究进展 [J]. *安徽农业科学*, 2012, 40(36): 17 463-17 466.  
YAO Ling, HE Kai-yue, GUO Li-jun, et al. Research Progress of Plant Allelopathy [J]. *Journal of Anhui Agri. Sci.* 2012, 40(36): 17 463-17 466, 17 507
- [17] 吴珊珊, 郭 珺, 张丽红, 等. 小飞蓬活性成分对乳腺癌 MCF-7 细胞的作用 [J]. *中国实验诊断学*, 2011, 15(7): 1 066-1 069.  
WU Shan-shan, GUO Jun, ZHANG Li-hong, et al. Inhibitory effect of *Erigeron canadensis* L. on breast cancer cell [J]. *Chin J Lab Diagn*, 2011, 15(7): 1 066-1 069.
- [18] Djurdjević L D, Gajić G, Kostić O, et al. Seasonal dynamics of allelopathically significant phenolic compounds in globally successful invader *Conyza canadensis* L. plants and associated sandy soil [J]. *Flora*, 2012, 207: 812-820.
- [19] Hu G, Zhang, Z H. Aqueous tissue extracts of *Conyza canadensis* inhibit the germination and shoot growth of three native herbs with no autotoxic effects [J]. *Planta Daninha*, 2013, 31(4): 805-811.
- [20] 唐吉和. 小飞蓬对草甘膦的抗药性研究 [D]. 湖南: 湖南农业大学, 2012.  
TANG Ji-he. Study on glyphosate resistance of *Conyza Canadensis* (L.) Conq [D]. Hunan: Hunan Agricultural University, 2012.
- [21] Pawlaczyk I, Czerchawski L, Kuliczowski W, et al. Anti-coagulant and anti-platelet activity of polyphenolic-poly-saccharide preparation isolated from the medicinal plant *Erigeron canadensis* L. [J]. *Thrombosis Research*, 2011, 127: 328-340.
- [22] 朱朝华, 张 宇, 王 萌, 等. 热区小飞蓬水浸液化感作用的初步研究 [J]. *湖北农业科学*, 2011, 50(11): 2 254-2 258.  
ZHU Chao-hua, ZHANG Yu, WANG Meng, et al. Preliminary Study on Allelopathy of Aqueous Extracts from *Conyza canadensis* on Five Kinds of Receptor Plants in the Tropical Area [J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2011, 50(11): 2 254-2 258



- [23] Queiroz S C N, Cantrell C L, Duke S O, et al. Bioassay-Directed isolation and identification of phytotoxic and fungitoxic acetylenes from *Conyza canadensis* [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2012, 60(5): 893-5 898.
- [24] 陈丽萍, 曹慕岚, 马丹炜. 入侵植物加拿大蓬遗传毒性的初步研究[J]. 四川师范大学学报(自然科学版), 2008, 31(3): 372-375.
- CHEN Li-ping, CAO Mu-lan, MA Dan-wei. Primary Study on Genetic Toxicity of an Invasive Plant *Erigeron canadensis* L. [J]. Journal of Sichuan Normal University (Natural Science), 2008, 31(3): 372-375.

## The Progress of Studies on the Allelopathy Mechanism of Alien Invasive Plant *Conyza Canadensis* (L.) Cronq.

ZHANG Hai-yan<sup>1</sup>, LUO xin<sup>1,2</sup>, ZHANG Min<sup>3</sup>

(1. Changzhou Environmental Monitoring Center, Changzhou 213001, China; 2. Nantong products quality supervision and Inspection Institute, Nantong 226000, China; 3. School of Chemistry & Chemical Engineering of Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

**Abstract:** Alien invasive plants can damage the ecological environment system, have influence on the biological diversity and bring serious economic losses to the agricultural production. At present, there are many studies on the allelopathic effect of the invasive plants, but lack of deep research on the mechanism of allelopathy. Combined with the research progress of invasive plants at home and abroad, this paper introduces research actuality, methods of isolation, identification allelochemicals and the progress in the mechanism research of *Conyza Canadensis*. 24 refs.

**Keywords:** invasive plants; allelopathy; *Conyza Canadensis* (L.) Cronq.

**Biography:** ZHANG Hai-yan, female, born in 1983, M. S., research in environmental ecology.