

外来入侵植物紫茎泽兰化感作用研究进展

郭惠明, 程红梅

(中国农业科学院生物技术研究所, 北京 100081)

摘要:紫茎泽兰 (*Eupatorium adenophorum*) 是一种典型的恶性入侵杂草, 在全球很多国家和地区广泛分布, 并在这些地区造成了严重的经济和生物多样性损失。研究人员已经对其展开了广泛的研究, 本文对与紫茎泽兰化感作用相关的几个方面作一综述。

关键词:紫茎泽兰; 化感作用; 化感物质

中图分类号: Q948

文献标识码: A

文章编号: 1008-0864(2008)S1-0030-05

Progress in Research on Allelopathic Potential in an Exotic Invasive Plant, *Eupatorium adenophorum*

Guo Huiming, Cheng Hongmei

(Biotechnology Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: *Eupatorium adenophora* Sprengel (Asteraceae) is a noxious invasive alien weed, and it has become widespread in many countries and regions. In these invaded countries and regions, this weed has caused serious economic loss and threatened native biodiversity. Researchers have started their research extensively. In this paper, some aspects related to the allelopathy in *Eupatorium adenophorum* are summarized.

Key words: *Eupatorium adenophorum*; allelopathy; allelochemicals

起源于中美洲墨西哥和哥斯达黎加一带的菊科泽兰属植物紫茎泽兰 (*Eupatorium adenophorum*) 是一种典型的恶性入侵杂草, 在全球很多国家和地区广泛分布, 并在这些地区造成了严重的经济和生物多样性损失。因其分布广泛, 危害极大, 被列为《外来有害生物的防治和国际生防公约》中四大恶性杂草之一^[1]。在中国, 紫茎泽兰自 20 世纪 40 年代由中缅边境传入我国云南省以来, 已在西南地区的云南、贵州、四川、广西、重庆等省区广泛分布, 并仍不断地向东和北传播扩散^[2]。国家环保局首批定为最重要的 16 种外来入侵物种中, 紫茎泽兰名列首位, 是我国面临的重大生态灾害物种之一^[3]。紫茎泽兰生命力强, 传播速度快, 植株本身能分泌有害的化感物质, 可强烈抑制其他植物生长, 对食草的牲畜具有毒害作用, 对我国畜牧业生产以及森林和农田等生态系统也造成了越来越严重的危害, 因此紫茎泽兰受到了广泛

的关注与研究, 主要集中在入侵模式、生物学和生态学特性、防除方法和利用等方面, 关于化感作用的研究相对较少, 主要为化学活性物质的分离鉴定、化感作用的表现形式、化感作用的机理及影响因素等等。本文对紫茎泽兰化感作用相关的几个方面作一综述, 以期能对相关研究有所帮助。

1 化感作用

化感作用的英文为“Allelopathy”, 源于希腊语“Allelon (相互)”和“Pathos (损害、妨碍)”。1937 年 Molish^[4]首先将其定义为: 某种植物 (包括微生物) 生成的化学物质, 对其他植物产生某种作用的现象。1984 年, Rice^[5]在《Allelopathy》(第二版) 中将其较完整地定义为: 植物或微生物的代谢分泌物对环境其他植物或微生物的有利或不利的作用。在 1996 年, 国际化感学会 (Inter-

收稿日期: 2008-03-24; 修回日期: 2008-04-15

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30771422), 国家 973 计划项目 (2002CB111400) 资助。

作者简介: 郭惠明, 博士研究生, 研究方向为植物基因工程。通讯作者: 程红梅, 研究员, 博士生导师, 主要从事植物基因工程研究。

Tel: 010-62133685; E-mail: chenghm@caas.net.cn

national Allelopathy Society)为化感作用提出的最新定义是:由植物、真菌、细菌或病毒产生的化合物影响农业和自然生态系统中的一切生物生长发育的作用。对于化感作用的定义由最初的作用于其他植物,进而到作用于其他植物或微生物,再到作用于整个自然生态系统,由此可见,随着科学研究的迅速发展,人们对化感作用的认识也在不断深入和全面。

2 化学活性物质的分离鉴定

大多数学者认为,紫茎泽兰的化感物质主要是其次生代谢产物。目前,从紫茎泽兰的提取物中一共分离鉴定出数十种化合物。Bohmann等^[6]从紫茎泽兰中分离得到6种杜松烯衍生物;徐云龙等^[7]从紫茎泽兰的叶和花序中分离了9个化合物,并鉴定了其中5个化合物的结构;丁靖培等^[8]从紫茎泽兰的精油中定性定量的鉴定出45个化合物,但是并没有对其化学活性作进一步的分析;朱正方等^[9]从紫茎泽兰的茎、叶中分离出10种化合物,其中有8种为首次从该植物中分离得到;另外李蓉涛等^[10]、丁智慧等^[11]又陆续分离出20种化合物,这些化合物的种类存在一些重复,但主要化学结构类型有倍半萜类、甾体、三萜类、黄酮类和酚酸类等。这些化学物质虽然在当时被分离鉴定,但是其生物活性并未得到进一步分析,因此将这些化合物称之为化感物质还不够严谨。

国内外对于紫茎泽兰的化学活性物质的研究,大多集中在其植株的水提液或有机提取液对于昆虫的拒食或毒杀作用以及对于其他植物的生长调节作用,甚至对于土壤微生物的影响等方面^[12~19]。Bordoloi等^[20]从紫茎泽兰中分离得到5种倍半萜烯化合物,并对其立体化学结构做了详细研究,对其生物学活性的研究发现,这5种倍半萜烯化合物具有明显的昆虫拒食作用以及其他一些生物学特性。韩利红等^[21]利用生物检测法研究了不同发育时期紫茎泽兰叶片水提液对4种草本植物种子萌发和幼苗生长的影响,结果表明,高浓度的紫茎泽兰叶片水提液能显著抑制4种植物种子发芽率、发芽速度,但其低浓度时作用不一,对有的植物抑制作用不显著,有时甚至有促进作用。张培花等^[22]将紫茎泽兰汁液分别用石油

醚、氯仿、乙酸乙酯、正丁醇萃取得到的紫茎泽兰汁液提取物对马铃薯晚疫病病菌(*Phytophthora infestans*)的菌丝生长具有不同程度的抑制作用,其中石油醚提取物的抑制效果最好,抑制率达44.42%。李丽等^[23]研究发现紫茎泽兰的水提液对百合镰刀菌有明显地抑制作用。这些对紫茎泽兰活性物质的研究,严格讲是对于紫茎泽兰萃取出的混合物的研究,而针对具体某一种纯化出的单一化合物进行活性研究的工作开展得较少。杨国庆是少数对紫茎泽兰的提纯化合物进行化感活性研究的学者之一,他使用色谱分离和生物测定活性跟踪相结合的方法,采用核磁共振及气质联用的分析技术,对紫茎泽兰淋溶途径的主效化感物质进行了分离、筛选和结构鉴定,并测定了主效化感物质对旱稻和苜蓿根长50%的抑制浓度,结果表明:紫茎泽兰淋溶途径主要有两个化感物质,分别为4,7-二甲基-1-(丙烷-2-亚甲基)-1,4,4a,8a四氢萘-2,6(1H,7H)-二酮(泽兰二酮)和6-羟基-5-异丙基-3,8-二甲基-4a,5,6,7,8,8a六氢萘-2(1H)酮(羟基泽兰酮),其中泽兰二酮对旱稻和苜蓿幼苗根长50%的抑制浓度分别为0.979 mmol/L和0.714 mmol/L,羟基泽兰酮对旱稻和苜蓿幼苗根长50%的抑制浓度分别为0.680 mmol/L和0.660 mmol/L^[24]。

3 化感物质的释放途径

化感物质如何对农业和自然生态系统的一切生物生长发育产生作用,是当前研究的焦点之一。植物化感物质的释放存在很多途径,其中根系分泌即由根部组织向土壤中分泌化学活性物质,是一种很普遍的释放方式之一。如:除虫菊的根系可以分泌除虫菊酯,对昆虫有触杀和麻痹的作用^[25];万寿菊的根系可以分泌出倍半萜烯内酯等化合物,会抑制苜蓿、黑麦草等植物种子的萌发^[26]。另外,叶片淋溶也是植物化感物质释放的途径之一,通过自然界中雨水或露水等因素,植物叶片、花、茎、枝等器官的表面分泌出来的化学活性物质可溶解并渗入到土壤中或随水流转运到其他地方,从而作用于其他物种。研究发现,紫茎泽兰的叶片淋溶物对于水稻的生长具有抑制作用^[24]。残株分解而释放化感物质的过程则比较复杂,它是植物细胞在衰亡的过程中,细胞内溶物

直接释放到土壤中或同土壤微生物发生相互作用而产生化学活性物质。除了上述三种化感物质释放的主要途径外,还存在种子渗出、花粉化感和气体挥发等释放途径,但是紫茎泽兰到底是通过哪一种或哪几种途径来影响周围的植物,还需要进一步细致而周密的研究,因为前面提到的化感活性物质大多是通过萃取浓缩而来的,在自然界中通过某一种途径释放的化感物质很难达到这种浓度。因此,研究化感物质是如何自然条件下积累具有重要意义。

4 化感作用的机理

化感物质对于受体植物的化感作用是多方面的,可影响细胞的膨压和叶水势,可影响植物光合作用及相关过程,可影响植物多种代谢和酶活性,可影响细胞分裂增殖,可影响细胞和细胞器膜的完整性和渗透性,可影响根系生长和矿质元素的吸收。Booker等^[27]研究发现,用肉桂酸处理黄瓜幼苗降低了它的叶水势和细胞膨压,显著降低了黄瓜幼苗对水分的吸收。孔垂华等^[28,29]研究了胜红蓟(*A. conyzoides*)的化感物质早熟素(*precocene*)、早熟素(*precocene*)等,发现其能显著地降低受体植物的叶绿素含量、或叶绿素合成的酶系统,并且证实化感物质之间存在显著的协同作用。Bais等^[30]研究发现斑点矢车菊(*Centaurea aculosa*)根系分泌出的儿茶素可以激发拟南芥(*Arabidopsis thaliana*)体内的逆境信使(*stress messengers*),从而启动某些产生氧自由基基因的表达。产生氧自由基毒害根系细胞。Hejl等^[31]研究发现胡桃醌可以显著降低叶片的叶绿素含量和净光和速率,并可以刺激线粒体吸氧量增加。对于化感物质其他作用机理的报道还有很多^[32~35],紫茎泽兰化感作用也具有类似的机制。杨国庆^[24]对紫茎泽兰淋溶途径的两个萜类化感物质对于受体植株(旱稻)的研究比较全面地证明了上述化感作用的机制。该研究发现紫茎泽兰淋溶物的两个主效化感物质(羟基泽兰酮和泽兰二酮)处理旱稻幼苗,会导致其根部丙二醛(MDA)含量和过氧化物酶(POD)活性随着处理浓度增加和时间延长而显著增加,并且在高浓度(1.5 mmol/L)化感物质处理时,SOD活性在开始阶段上升,但在处理后48 h开始显著下降。丙二

醛含量的增加将使细胞的生物膜受到损伤,超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)活性的变化也会影响生物膜膜脂结构,因此上述实验结果表明紫茎泽兰化感物质会通过改变细胞和细胞器膜的结构来影响植物的生长发育。该研究还发现,随着两种化感物质对受体植株的处理时间的延长,植物体内脱落酸(ABA)含量会明显升高、吲哚乙酸(IAA)和玉米素核苷酸(ZR)的含量会明显下降,这三个主要的内源激素含量的显著变化会最终导致受体植株体内胁迫响应信号激素受到破坏,继而影响到植物体内的酶系统。此外,经这两种化感物质处理后幼苗的叶绿素含量也显著降低了,表明影响植物光合作用相关过程也是紫茎泽兰化感物质的作用途径之一^[25]。王一丁等^[36]从紫茎泽兰中纯化出的一种名为紫茎泽兰素A(3,5-二羟基雄甾-16内型[16,17-b]-1'-甲基吲哚, $C_{26}H_{35}NO$)的活性物质,对棉蚜虫乙酰胆碱酯酶具有强烈的抑制作用,可阻断昆虫的神经传导,破坏昆虫整个生理生化过程,并最终导致昆虫死亡。

紫茎泽兰化感物质的作用机理可能还会存在其他方式或途径,但是可以肯定的是:受到化感物质诱导后,每一种作用途径都不是孤立发生的,而是相互间存在密切的关联,它们会或早或晚地诱发其他的途径而产生一个协同作用,最终达到调节受体植物生长发育的目的。

此外,紫茎泽兰的化感活性物质大多是一些次生代谢物质,对这些次生代谢物产生的研究,也会对全面的解释化感作用的机理提供重要的依据。黄文坤^[37]成功克隆了紫茎泽兰细胞色素P450 CYP75家族中的类黄酮3'羟化酶(F3'H)基因,并通过Northern杂交证明了该基因的表达与紫茎泽兰化感物质羟基泽兰酮存在密切关系。当然,仅仅克隆个别基因很难揭示化感物质的来源,只有大范围、高通量地克隆化感物质相关的基因,才可能系统地揭示化感物质的次生代谢途径,这对于明确化感作用机理、综合治理这种外来入侵杂草具有重大意义。

5 问题与展望

目前,紫茎泽兰化感作用的研究多处于现象的阐述上,对于现象背后的分子基础的研究则需

要更多的关注。在化感物质的分离纯化方面,利用现有技术有针对性地分离鉴定植株不同组织器官的主效化感物质,比较其差别并研究其协同作用,将会对全面研究紫茎泽兰化感物质作用方式提供依据,为进一步研究如何阻断这一作用或者如何提高受之影响的植物的抗性有很大的帮助。在化感作用机理方面,针对从紫茎泽兰中分离纯化出来的特定的化学活性物质,除了要研究其对于受体植物的影响,如:细胞膨压、光合作用、代谢和酶活性、细胞分裂增殖等生理生化方面的影响之外,更要进一步探究在受化感物质影响后,受体植物哪些代谢调节的关键基因的表达发生了变化,才导致了上述生理生化变化。另外,大量克隆化感相关基因,进而研究它们的功能是必要的,因此构建紫茎泽兰的 cDNA 文库以及建立紫茎泽兰的遗传转化体系是必不可少的基础平台。鉴于紫茎泽兰在分子方面的研究背景还比较薄弱,利用诸如拟南芥这样分子背景清晰的模式植物来研究紫茎泽兰化感物质的次生代谢途径,也将是一种必要的手段。

紫茎泽兰化感作用研究的不断拓展与深入,将会为这种恶性杂草的综合治理提供理论基础,进而对畜牧业生产以及森林和农田等生态系统的改善起到重要作用。

参 考 文 献

- [1] 夏忠敏,金星,刘昌权. 紫茎泽兰在贵州的发生危害情况及防除对策[J]. 植保技术与推广, 2002, 22(12): 34 - 35.
- [2] 王银朝,赵宝玉,樊泽锋,等. 紫茎泽兰及其危害研究进展[J]. 动物医学进展, 2005, 26(5): 45 - 48.
- [3] 强胜. 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, 1998, 16(4): 354 - 365.
- [4] Molish H. Der Einfluss einer pflanze auf die andere-Allelopathie[M]. Jena: Gustav Fischer Verlag, 1937.
- [5] Rice E L. Allelopathy[M]. (2nd edition) New York: Academic Press, 1984, 23 - 28.
- [6] Bohmann F, Gupta R K. Six cadinene derivatives from *Ageratina adenophora* [J]. Phytochemistry, 1981, 20(6): 1432 - 1433.
- [7] 许云龙,单欣宙,王宗玉. 紫茎泽兰的化学成分初报[J]. 云南植物研究, 1988, 10(2): 238 - 240.
- [8] 丁靖埏,余珍. 紫茎泽兰精油的香气成分及应用研究[J]. 云南植物研究, 1991, 13(4): 441 - 444.
- [9] 朱正方,杨光忠,栗国强. 紫茎泽兰化学成分的研究(I)[J]. 天然产物研究与开发, 1997, 9(3): 35 - 39.
- [10] 李蓉涛,丁智慧,丁靖埏. 紫茎泽兰的化学成分[J]. 云南植物研究, 1997, 19(2): 196 - 200.
- [11] 丁智慧,郭玉彬,丁靖埏. 紫茎泽兰的化学成分[J]. 云南植物研究, 1999, 21(4): 505 - 511.
- [12] Tripathi R S, Singh R S, Rai J P N. Allelopathic potential of *Eupatorium adenophorum*, a dominant ruderal weed of Meghalaya[J]. Proc Ind Acad Sci, 1981, 47: 458 - 465.
- [13] Angiras N N, Singh S D, Singh C M. Allelopathic effects of some weeds on germination and growth of maize and soybean [J]. Ind J Weed Sci, 1988, 20(2): 82 - 87.
- [14] Angiras N N, Singh S D, Singh C M. Allelopathic effects of some weeds on germination and growth of chickpea (*Cicerariet*). Ind J Weed Sci, 1989, 21: 85 - 87.
- [15] 李云寿,邹华英,唐绍宗,等. 14种菊科植物提取物对菜青虫的杀虫活性[J]. 华东昆虫学报, 2000, 9(2): 99 - 101.
- [16] 和爱军,刘伦辉. 紫茎泽兰浸提液对几种植物发芽的影响[J]. 杂草学报, 1990, 4(4): 35 - 38.
- [17] Baruah N C, Sama J C, Sama S, et al. Seed germination and growth inhibitory cadinenes from *Eupatorium adenophorum* Spreng[J]. J. Chem. Ecol, 1994, 20: 1885 - 1892.
- [18] 宋启示,付昀,唐建维,等. 紫茎泽兰的化学互感潜力[J]. 植物生态学报, 2000, 24(3): 362 - 365.
- [19] 于兴军,于丹,马克平. 不同生境条件下紫茎泽兰化感作用的变化与入侵力关系的研究[J]. 植物生态学报, 2004, 28(6): 773 - 780.
- [20] Bordoloi M J, Shukla V S, Sharam R P. Absolute stereochemistry of the insect antifeedant cadinene from *Eupatorium adenophorum* [J]. Tetrahedron Lett, 1985, 26(4): 509 - 510.
- [21] 韩利红,冯玉龙. 发育时期对紫茎泽兰化感作用的影响[J]. 生态学报, 2007, 27(3): 1185 - 1191.
- [22] 张培花,罗文富,杨艳丽. 紫茎泽兰汁液及其萃取物对马铃薯晚疫病菌的抑制作用[J]. 西南农业学报, 2006, 19(2): 246 - 250.
- [23] 李丽,尹芳,张无敌. 紫茎泽兰液和沼液抑制百合镰刀菌的研究[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(3): 136 - 137.
- [24] 杨国庆. 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[D]. 中国农业科学院,博士学位论文, 2006.
- [25] Beres I, Kazinczi G. Allelopathic effects of shoot extracts and residues of weeds on field crops[J]. Allelopathy J., 2000, 7(1): 93 - 98.
- [26] Kiran K, Kaul K. Autotoxicity in *Tagetes erecta* L. on its own germination and seedling growth[J]. Allelopathy J., 2000, 7(1): 109 - 113.
- [27] Booker F L, Baum U, Fiscus E L. Short term effects of ferulic acids on ion uptake and water relations on cucumber seedlings [J]. J. Exp. Bot., 1992, 43: 649 - 655.
- [28] 孔垂华,徐涛,胡飞. 红红蓟化感物质之间相互作用的研究[J]. 植物生态学报, 1998, 22(5): 403 - 408.
- [29] 孔垂华,徐涛,胡飞. 红红蓟化感作用研究: 主要化感物质的释放途径和活性[J]. 应用生态学报, 1998, 9(3): 257 - 260.
- [30] 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: 1377 - 1380.
- [31] Hejla M, Einhellig F A, Rasmussen J A. Effects of juglone

- on growth, photosynthesis, and respiration [J]. *J. Chem. Ecol.*, 1993, 19(3): 559 - 568.
- [32] Merlo L., Ghisi R., Rascio N. Effects of humic substances on carbohydrate metabolism of maize leaves [J]. *Can. J. Plant Sci.*, 1991, 7(2): 419 - 425.
- [33] Cruz O R., Anaya A L., Ramos L. Effects of allelopathic compounds of corn pollen on respiration and cell division of watermelon [J]. *J. Chem. Ecol.*, 1988, 14(1): 71 - 86.
- [34] GattasHalik A K., Davide L C., Souza L F. Effects of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) root exudates on the cell cycle of the bean plant (*Phaseolus vulgaris*) root [J]. *Gen. Mol. Biol.*, 1999, 22(1): 95 - 99.
- [35] Brunner L., Luster J., Oche M., et al. Phytotoxic effects of the high molecular weight fraction of an aqueous leaf litter extract on barley root development [J]. *Plant and Soil*, 1996, 178(1): 83 - 93.
- [36] 王一丁, 高平, 张其红. 紫茎泽兰灭蚜活性物质的分离、纯化及其对棉蚜乙酰胆碱脂酶的影响 [J]. *高技术通讯*, 2002, 9: 21 - 23.
- [37] 黄文坤. 紫茎泽兰群体遗传变异及化感作用相关基因的克隆 [D]. 湖南农业大学, 博士学位论文, 2007.

中国植物病理学会 2008年学术年会通知

经中国植物病理学会第八届常务理事会研究决定,“中国植物病理学会 2008年学术年会”将于 2008年 7月 21~27日在广东省广州市召开,本次会议由中国植物病理学会主办、广东省植物病理学会等承办。有关事宜通知如下。

一、会议内容:

1. 大会报告:植物病理学新问题、新进展。
2. 专题报告。

二、时间、地点及规模:

1. 会议时间:2008年 7月 21~27日(21日报到,22~23日开会,24~27日生态考察)。
2. 会议地点:广州市,华泰宾馆。
3. 会议规模:500人左右。

三、会议费:

会务费每人 600元,学生会员 400元。
住宿费标准:标准间 200~220元/天;差旅、食宿费及生态考察费自理。

四、论文出版:

1. 论文内容:近年来植物病理学各领域的研究成果、新技术、新方法、研究进展综述等论文(全文、简报和摘要均可)。
2. 为满足会议学术交流,经组委会研究决定,会前将正式编辑出版《中国植物病理学会 2008年学术年会论文集》。版面费每版 100元。论文征集截止日期为 2008年 5月 31日。论文撰写请参照《植物病理学报》格式。
3. 论文请用 Word 处理。通过发送电子文

档投稿至 yunfengli@scau.edu.cn 和 zdjiang@scau.edu.cn。

4. 纸质论文请寄:广州市天河区华南农业大学植物病理学系(510642) 李云锋,姜子德。

五、生态考察路线(费用自理,由旅行社安排)

1. 广州地区。
2. 深圳、珠海经济特区。
3. 香港、澳门特别行政区。

六、联系方式

1. 中国植物病理学会:

联系人:邹菊华

地址:北京市圆明园西路 2号,中国农业大学植保楼 406室(100094)

电话:010-62731025

传真:010-62813785

E-mail: office@csp. org. cn

zoujuhua@cau.edu.cn

2. 华南农业大学植物病理学系

联系人:

李云锋 电话:020-85281469

E-mail: yunfengli@scau.edu.cn

姜子德 电话:020-85280307

E-mail: zdjiang@scau.edu.cn

会议筹备情况、有关事项和具体安排等已在网站上公布,请上网点击查询 <http://www.csp. org. cn>。