

植物化感物质及其释放途径

张学文^{1,2}, 刘亦学¹, 刘万学², 万方浩², 张惟¹, 杨秀荣¹

(¹天津市植物保护研究所, 天津 300112;

²农业部外来入侵生物预防与控制研究中心, 中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100081)

摘要: 生物体产生生物活性物质即化感物质在生物体之间传递信息并导致生物体相互作用, 这称为化感作用。植物化感作用的研究近年来十分活跃, 化感作用物质主要来自植物的次生代谢产物。该文介绍了化感作用的定义、化感物质种类及化感物质释放的途径。

关键词: 化感作用; 化感物质; 释放途径

中图分类号: Q591 文献标识码: A

Allelochemicals and Its Releasing Modes

Zhang Xuewen^{1,2}, Liu Yixue¹, Liu Wanxue², Wan Fanghao², Zhang wei¹, Yang Xiurong¹

(¹Tianjin Institute of Plant Protection, Tianjin 300112;

²Center for Management of Invasive Alien Species, ministry of agriculture, Plant Protection Institute of CAAS, Beijing 100081)

Abstract: Allelopathy is the way in which organisms transmit message among them. It results in mutual promotion and restrain between living things. In recent years, much progress has been made on plant allelopathy research. Allelopathemicals are mainly secondary substances of plant. Basic definition of allelopathy, main allelochemicals and its releasing modes were introduced in this paper.

Key words: Allelopathy, Allelochemicals, Releasing mode

植物化感作用(Allelopathy)已经被发现有两千多年,但是真正深入、系统的研究却仅仅是最近三十年的事情。1937年奥地利科学家 Molish 首次提出了化感作用这一概念,指出化感作用是指植物之间(包括微生物)作用的相互生物化学关系,这种生物化学关系包括有益和有害的两个方面。1984年 Rice 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^[1]。国外在这一领域的研究日趋活跃,1974年《Journal of Chemical Ecology》创刊,Rice 的专著《Allelopathy》第1版和第2版相继问世,1994年《Allelopathy Journal》创刊。近年来,中国学者对化感作用的研究越来越多,中国生态学会成立了化学生态学专业委员会,中国植物保护学会成立了植物化感专业委员会。

1 植物化感物质(Plant Allelochemicals)

植物中所发现的化感物质(Allelochemical)主要来源于植物的次生代谢产物,分子量较小,结构简单,主要分为水溶性有机酸、直链醇、脂肪族醛和酮,简单不饱和内脂,长链脂肪酸和多肽,醌类,苯甲酸及其衍生物,肉桂酸及其衍生物,香豆素类,类黄酮类,单宁,内酯,氨基酸和多肽,生物碱和甾醇,硫化物和芥子油苷,嘌呤和核苷等 14 类^[1]。其中酚类和类萜类化合物是高等植物的主要化感物质。它们分别是水溶性和挥发性物质的典型,这恰恰与雨雾淋溶和挥发是化感物质的主要释放方式相吻合。

1.1 酚类化感物质

酚类化感物质是指分子结构中至少含有一个羟基直接连接到苯环上的芳基化合物,主要包括苯酚类、羟基苯甲酸和肉桂酸衍生物、黄酮类、醌类和单宁

基金项目:国家重点基础研究发展规划资助项目“农林危险生物入侵机理与控制基础研究”(G2002CB111407)。

第一作者简介:张学文,女,1974年出生,助理研究员,硕士,主要从事杂草防治研究。通信地址:300112天津市西外环39公里处天津植物保护研究所。Tel: 022-27795514, E-mail: zhangxuewen018@126.com。

通讯作者:万方浩,男,博士生导师,研究员, E-mail: wanfh@cjac.org.cn。

收稿日期:2007-05-08,修回日期:2007-06-05。

五大类。水溶性是化感物质能在自然条件下显示化感效应的重要因素,但并不是水溶性的酚类物质都具有化感效应,过高的水溶性反而不能在自然条件下显示化感效应,尤其在良好的灌溉农业生态系统。只有那些有一定水溶性且具有较高生物活性的酚类分子才能表现出优良的化感效应^[2]。酚类物质不仅构成植物化学物质的一大类,而且也是一类主要的化感物质,至今证明的酚类化感物质数量比所有其它类型化感物质的总量还要多,而且酚类化感物质的水溶性和成盐性,使得它们很容易在自然条件下被雨雾淋溶和土壤吸收^[3]。

1.2 萜类化感物质

萜类是第二大类化感物质,广泛存在于高等植物的叶和皮细胞中。萜类是自然界存在的具有(C₅H₈)_n通式的碳氢化合物及其含氧饱和程度不等衍生物的总称,其分子结构的碳架可看作是异戊二烯的聚合体。单萜和倍半萜多具有挥发性,它们不仅具有昆虫的引诱、忌避和传递信息等效应,而且也能杀菌和抑制临近植物。灌木显示的化感效应主要是由于挥发性的单萜和倍半萜引起的。华南地区重要杂草胜红蓟能向环境释放单萜和倍半萜类化感物质从而导致了化感效应^[4]。

1.3 其它

少数植物如菊科植物能生物合成多炔类次生物质,它们对防御动物的取食具有重要意义,一些研究也发现多炔类次生物质具有化感潜力^[5,6]。

1.4 化感物质间的相互作用

任何植物都不只合成一种化感物质,植物化感作用是众多化感物质共同作用的结果。一方面,植物生成的化感物质不论多少,都存在着高活性和低活性或无活性的差异。另一方面,在自然状态下多种来源的化感物质间的共同作用形成了有序但却十分复杂的相互作用。化感物质间存在协同、加合、拮抗的作用。化感物质间协同作用的机制有四个方面:抑制了受体对化感物质的解毒机制^[7];改变了非活性化感物质的结构,激活了其活性;增强了化感物质穿透能力、运输能力以更易接近其受体结构^[8];同时影响两个或两个以上植物生物合成的过程^[9]。

1.5 胁迫下化感物质的变化

植物化感物质的产生和释放是植物在环境胁迫的选择压力下形成的。植物化感作用是植物在进化过程中产生的一种对环境的适应性机制^[10]。植物在胁迫条件下,化感物质产生量与释放量增加,植物释放的酚类和其他一些化感物质,在环境胁迫时化感作用明

显增强,这种增强作用对产生化感物质的植物而言是有利的,对受化感作用植物影响的受体植物而言则是雪上加霜,这提高了化感作用植物在资源胁迫时的竞争能力是具有化感作用植物往往具有较强侵占能力的重要原因^[11]。

2 化感物质的释放途径

植物化感物质必须是那些能够通过有效途径释放到环境中的次生物质,这是化感物质区别于植物与昆虫、植物与其他动物之间相互化学作用物质的惟一特征^[12,13]。

2.1 雨雾淋溶

雨雾等自然水分因子能够从活体植物的茎、叶、枝、干等器官表面将化感物质淋溶出来,对于水溶性的化感物质是很容易被淋溶到环境中的,一些油溶性的化感物质虽然在水中的溶解度很小,但在一些其他物质的共溶情况下,也可以被雨雾淋溶到环境中。植物组织的死亡和损伤可以加速化感物质的淋溶。植物体中含有许多对其他有机体的毒素,这些植物毒素在其活体中往往很难被淋溶出来,当植株死亡后,这些植物毒素特别是亲水性的毒素,可以迅速地被淋溶出来^[14]。

2.2 自然挥发

许多植物都可以向环境释放挥发性物质,尤其是在干旱和半干旱地区的植物。许多挥发物质能够抑制或促进临近植物的生长发育。Muller等通过对南加州海岸灌木释放的挥发物质的研究,从而揭示了挥发性化感物质在化感作用中的价值^[15]。在澳大利亚,桉树释放挥发性萜类物质的化感功能也被进行了深入的研究。

许多化感物质时可以同时通过雨雾淋溶和自然挥发两种途径进入环境的。对一些植物而言,这两种途径是可以相互转化和共同发生的。当干旱、高温条件出现时,挥发途径是化感物质释放的主要方式,但当多降水、高湿度情况出现时,淋溶成为化感物质释放的主要方式。

2.3 根系分泌和残根的分解

根分泌是指那些健康完整的活体植物根系由根组织向土壤中释放化学物质。一般而言,新根和未木质化的根是分泌化学物质的主要场所。温带谷类植物每天根分泌的化学物质都在每克根干重的50~150mg范围内^[16]。谷类作物的化感作用主要是通过根分泌的途径进入土壤的,用XAD-4树脂采集根分泌物的技术,可以采集黑麦不同品种通过根分泌的羟基脂肪酸。谷类作物通过根分泌羟基脂肪酸的量与环境

和自身的生长阶段有关,环境胁迫和成熟的作物能从根分泌较多的羟基脲酸^[17]。根部除了能直接分泌化感物质外,另一个释放化感物质的途径是植物残根在土壤中分解而释放化感物质。死亡和损坏的植物根组织能被土壤中的水分淋溶或经土壤微生物或其他物理化学因子的作用而产生和释放化感物质到土壤环境中。

2.4 植株的分(降)解

植物残株能释放化感物质已被普遍研究证实,许多作物,水稻、小米、玉米、向日葵等残株都能产生大量的化感物质影响自身或其他作物或杂草的生长发育。植物通过残株分(降)解途径释放的化感物质是复杂的。通常可以认为有以下几类:直接从植物残株释放出活性化感物质;从残株释放的非活性化感物质经微生物作用而转化成活性物质;微生物自身产生的活性化感物质;植物残株释放的物质与土壤中原有化学物质相互作用而生成的活性化感物质。

2.5 种子萌发和花粉传播

当种子开始萌发时,许多次生物质将进入环境土壤中,这些次生物质对种子临近的土壤微生物或其他植物种子必将产生影响^[18]。种子萌发过程中释放的化感物质能够在微环境中维持一定的浓度,大多数植物的种子从母体植物中成熟会脱落在母体植物的周围,植物产生的大量种子不仅能增加自身萌发和产生幼苗的机会,也可以通过释放化感物质而对微生物和其他植物显示化感作用,而保证自身的萌发生长和空间资源。这些种子扩散的范围在一定程度上可以认为是植物显示化感作用的范围。

传统认为花粉仅仅是为了完成植物的生殖,但现代研究发现,一些植物,如 *Phleum pretense*, 在授粉期间可以产生大量的花粉,花粉中含有大量的化感物质,这些化感物质可以有效地抑制临近竞争植物的萌发、生长和发育^[19]。许多杂草如 *Parthenium ragweed* 的花根能扩散到作物的叶斑孔表面释放化感物质,抑制作物果实的发育。同样,一些作物的花粉也能扩散而影响临近杂草和作物的生长发育。玉米是一个产生大量花粉的作物,玉米花粉的化感作用已有较多的研究,在许多玉米主产区,研究者发现^[20],玉米对一些伴生杂草,如三叶鬼针草、*Cassia jalapensis* 和 *Rumex crispas* 等有显著的化感抑制效应。

- 1984.23-28.
- [2] Weidenhamer J D, Macias F A., Fischer N H, et al. Just how insoluble are monoterpenes [J]. *Journal of Chemical Ecology*, 1993, 19: 1799-1970.
 - [3] Inderjit, Dakshini K M M. *Principles and Plant Ecology: Allelochemical interactions*[M]. CRC Press, Boca Raton, FL, 1999:28-44.
 - [4] 孔垂华,黄寿山,胡飞. 胜红蓟化感作用研究 挥发油对真菌、昆虫和植物的生物活性及其化学成分 [J]. *生态学报*, 2001, (21): 584-587.
 - [5] 祝心如,王威,赵国镇,等. 三裂叶豚草对大豆根系生长及其结瘤的影响[J].*生态学报*,1997,(17):407-411.
 - [6] Stevens K L. Allelopathic polyacetylenes from *Centaurea repens* (Russian knapweed)[J]. *Journal of Chemical Ecology*, 1986, 12:1205-1211.
 - [7] Berenbaum M R, Zangerl A R. Furanocoumarin metabolism in *Papilio polyxenes*: biochemistry, genetic variability, and ecological significance[J]. *Oecologia*, 1993, 95:370-375.
 - [8] Kubo I, Taniguchi M. Polygodial, an antifungal potentiator [J]. *J.Nat. Prod.*,1988,53:1615-1618.
 - [9] Deminie C A, Bechtold C M, Stock D, et al. Evaluation of reverse transcriptase and protease inhibitors in two-drug combinations against human immunodeficiency virus replication [J]. *Antimicrob. Agents Chemother*, 1996, 40:1346-1351.
 - [10] 孔垂华,徐涛,胡飞,等. 环境胁迫下植物的化感作用及其诱导机制[J].*生态学报*,2000,(20):849-854.
 - [11] 胡飞,孔垂华.胜红蓟研究 水溶物的化感作用及其化感物质分离鉴定[J].*应用生态学报*,1997,(8):304-308.
 - [12] 孔垂华.植物化感作用研究中应注意的问题[J].*应用生态学报*,1998,(9):332-336.
 - [13] Tang C S, Cai W F, K., Nishimoto, R K. Plant stress and allelopathy[J]. *ACS Symp. Ser*,1995, 582:142-157.
 - [14] 孔垂华.植物化感(相生相克)作用及其应用[M].中国农业出版社,2001,126-129.
 - [15] Muller C H, Muller W H, Haines B L. Volatile Growth inhibitors Production by Shrubs[J]. *Science*, 1964,143: 471-473.
 - [16] Tang, C S, Zhang B. Qualitative and quantitative determination of the allelochemical sphere of germinating mung bean.The Science of Allelopathy (by Putnam, A.R. and Tang, C S). John Wiley & Sons[M]. New York, 1986, 229-242.
 - [17] Niemeyer H M, Perez F J. Potential of hydroxamicacids in the control of cereal pests, diseases, and weeds [J]. *ACS Symp. Ser*,1995, 582: 260-270.
 - [18] Komai K, Iwamrua J, Ueki, K. Plant growth inhibitor in the seed of catchweed[J]. *Weed Res*, (Japan) 1983,28:205-209.
 - [19] Murphy S D. Pollen Allelopathy. In: *Principles and practices in plant ecology: Allelochemical interactions* (Ed by Inderjit et al)[M]. CRC Press, 1999, 129-146.
 - [20] Jimenez-Osornio, Skultz J, Anaya K, et al. Allelopathic potential of corn pollen. *Journal of Chemical Ecology*,1983, 9:1011-1025.

(责任编辑:李碧鹰)

参考文献

- [1] Rice E L. *Allelopathy* (2ed edition) [M].New York: Academic Press,