

# 植物化感作用研究概况\*

李寿田 周健民 王火焰 陈小琴

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

**摘要** 近年来植物化感物质的提取、纯化、鉴定及其生物检测方法的研究取得很大进展。化感作用物质主要来自植物的次生代谢产物,它通过影响植物膜系统、激素水平、矿质吸收、呼吸和光合作用等对植物的生长产生影响。并阐述了植物化感作用及其机理、化感作用的研究方法,指出植物化感作用研究中存在的问题和研究方向。

**关键词** 化感作用 植物 研究方法

**Research surveys of allelopathy in plants.** LI Shou-Tian, ZHOU Jian-Min, WANG Huo-Yan, CHEN Xiao-Qin (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008), *CJEA*, 2002, 10(4): 68~70

**Abstract** Plant allelopathy is a favorable or harmful effect produced by one plant on another through production of chemical compounds that escape into the environment. In recent years, much progress has been made on distillation, purification, identification, and bioassay of allelochemicals. Allelochemicals are mainly secondary substances of plant, which can influence plants growth by affecting membrane system, hormone level, minerals uptake, photosynthesis, and respiration. In this article, plant allelopathy is summarized, and research methods and mechanisms of allelopathy are mainly introduced, problems and trends in plant allelopathy research are discussed too.

**Key words** Allelopathy, Plant, Research method

## 1 化感作用研究方法及存在问题

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,长链脂肪酸和多炔,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,内萜,氨基酸和多肽,生物碱和氰醇,硫化物和芥子油苷,嘌呤和核苷等14类,其中低分子量有机酸、酚类和内萜类化合物最为常见,植物主要化感物质种类及生物合成途径<sup>[3]</sup>见图1。化感作用研究方法主要包括化感物质的收集、分离、定性和定量鉴定以及化感物质的生物测定。

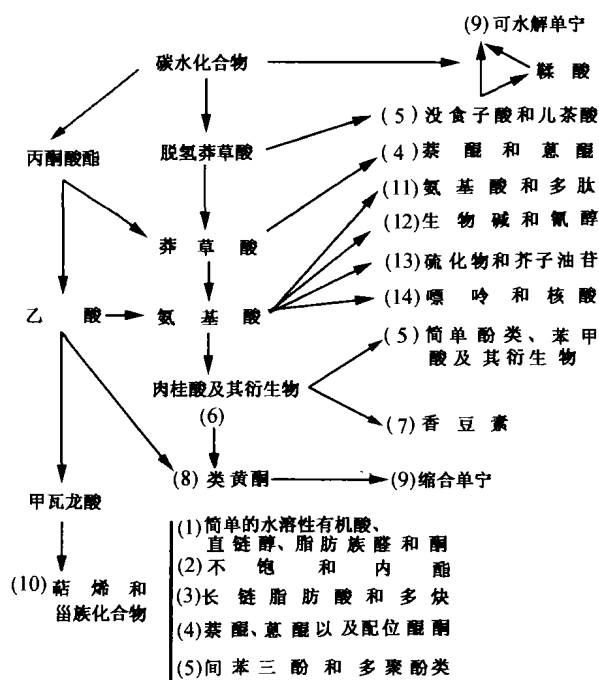


图1 主要化感物质的生物合成途径

Fig.1 The biological synthetic pathway of major allelochemicals

### 1.1 化感物质的提取与纯化

化感物质的提取现主要采用夹层法、常温吸附法、浸提法或腐解法、疏水性根渗出液连续收集法(CRETS)等。一般化感物质主要采用浸提法获得,但应避免用研碎或处理后的植物材料提取化感物质,因为自然状态下不释放的酶、氨基酸等物质在研碎和处理过程中释放出来,影响化感作用的实际状态,而化感物质的提取源应是待测的植物材料或土壤。浸提剂分为有机和无机2类化合物,主要为H<sub>2</sub>O、NaOH、Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>和氯仿、甲醇、

\* 中国科学院南京土壤研究所土壤圈物质循环开放研究实验室基金项目(5015103)资助

收稿日期: 2001-11-26 改回日期: 2001-12-28

丙酮、乙醚、乙醇等,其中最能表现自然状态的为常温下的水提取。在砂培或水培中,利用 XAD-4 树脂收集未受干扰的根系分泌物,并用甲醇洗脱研究其根系分泌物种类和活性的方法得到广泛应用,但 XAD-4 树脂所吸附的有机物质为疏水性根系分泌物,一些可能具有化感作用的可溶性低分子量有机物质等则有可能未被吸附。

化感物质的纯化主要采用萃取法、树脂法和层析法,萃取法是根据化感物质在 2 个溶剂相中的溶解度不同而进行分离的方法,该方法很难提取出全部化感物质;层析法是利用化感物质各组分在固定相和流动相中的分配常数不同,经多次平衡,使各组分在固定相中得到分离的方法,一般常用纸层析、柱层析、GC、HPLC 等方法分离纯化化感物质,其中 HPLC 分离提纯方法近年来较常用;树脂法则是近期发展的 1 种方法,分为交换法和吸附法,交换法利用阳离子或阴离子树脂吸附阴、阳离子,而使无极性或极性较弱的有机分子通过,吸附法则利用吸附树脂如 XAD-4 吸附含有化感物质的有机化合物,从而得到分离和纯化<sup>[1,4]</sup>。

### 1.2 化感物质的鉴定与生物测定

近年来化感物质鉴定广泛应用紫外、红外、核磁共振、质谱等方法,其原理是通过这些方法鉴定各种化感物质中包含的功能团、分子量、结构及 C 和 H 原子在分子中的排列方式,确定其化学结构并用已知标准样品来鉴定所得结果。生物测定是利用生物材料检测化感物质的活性并与已知物质的活性进行对比。种子萌发是常用的生物测定方法之一,主要利用化感物质对种子发芽的抑制或促进作用测定化感物质的生物活性;根长的测定适于研究化感物质对植物激素的影响,研究表明萝卜等植物的幼苗根对化感物质的敏感性大于苗和种子;用生物量测定(干物质量)确定化感作用的大小敏感性好,是将幼苗培养一定时期后测定幼苗的干物质量表示化感作用对植物的全面影响,也可用幼苗鲜物质量作为测定指标,此外利用组织培养法和循环培养液法进行化感物质的实时测定行之有效。生物检测过程中应根据生产实际需要确定所要采用的靶植物。

### 1.3 化感作用研究存在的问题

化感物质生物测定过程中应尽可能地模仿自然状态条件,如植物材料的化感物质不能通过磨碎破坏植物组织来提取,现行的研究方法均或多或少地改变了化感物质的自然状态;目前化感作用的这些研究方法尚缺乏标准化,今后应确立 1 个适宜于比较和通用的研究方法;且化感作用生物检测体系尚缺乏规范标准,应建立 1 套操作简单、检测快速、能够批量检测及检测结果可比性好的生物检测体系;此外化感物质分离和鉴定分析手段亟需提高也是化感作用研究中尚待解决的一大问题。

## 2 化感作用机理研究

已有研究表明,化感作用物质影响植物生长的途径一是增强或减弱细胞器的膜透性,使细胞生理活动和物质运输发生紊乱,化感物质增加植物根中离子的渗漏在黄瓜<sup>[4,5]</sup>、芦笋和大豆<sup>[6]</sup>等许多植物研究中已有报道,黄瓜根系分泌物和根提取物能增加根中离子的渗漏及黄瓜根中 MDA(丙二醛)含量;二是降低植物激素的活性或使其失去活性以抑制植物生长,研究结果表明植物激素水平受化感物质的强烈影响,如黄瓜苗经阿魏酸(Ferulic acid)处理后 7h 内 ABA(Abscisic acid)水平急剧升高,这在黄瓜和番茄的根系分泌物上均得到证实;三是通过抑制或促进植物的呼吸作用对植物的生长产生影响;四是对光合作用产生影响;五

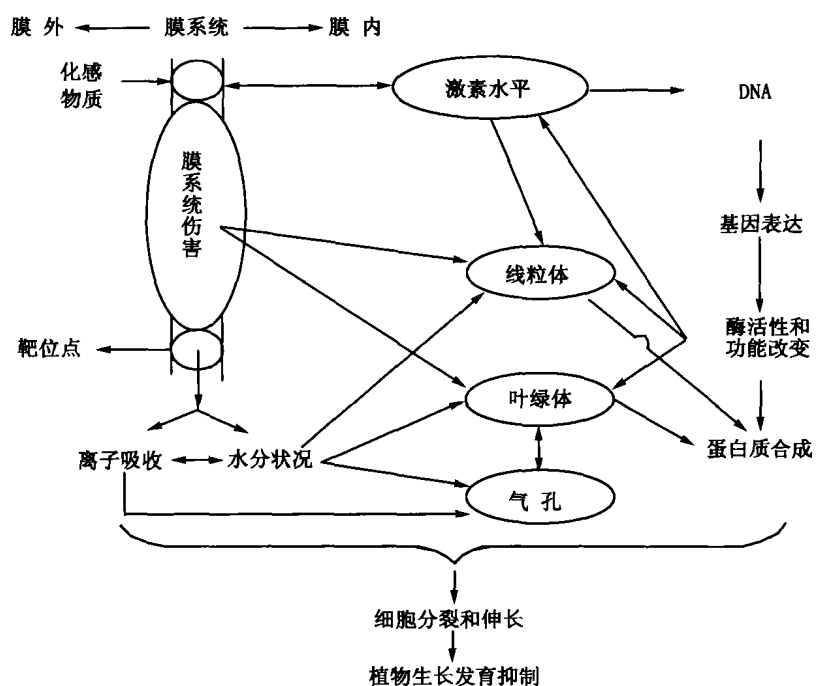


图2 植物化感作用机理示意图

Fig. 2 Model figure of allelopathy mechanism of plant

是抑制根对 K、Ca、P 等离子体的吸收,使植物生长受到抑制,科学家在酚酸类物质对离子吸收的影响方面进行的大量研究表明,根系分泌物和酚酸类物质抑制根系对离子的吸收,抑制程度受物质浓度和 pH 影响,且抑制离子吸收的程度与根同酚酸类物质的接触面大小呈直线相关<sup>[7]</sup>;六是改变脂肪酸、有机酸的代谢途径;七是通过改变酶系统抑制受体植物的生长,Politycka B. 指出,酚酸类物质可影响黄瓜根系中苯丙氨酸解氨酶、苯基- $\beta$ -葡糖基转移酶和  $\beta$ -葡糖苷酶的活性<sup>[5]</sup>,且用化感物质处理能明显增加 POD 和 SOD 的活性<sup>[2]</sup>;八是抑制土壤中亚硝化单孢菌属和硝化菌属,使土壤硝化过程减弱, $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_3^-$  增多,从而影响喜  $\text{NO}_3^-$ -N 植物对 N 素营养的吸收利用;九是对蛋白质合成及基因表达的影响;十是对细胞分裂、伸长和亚显微结构的影响,这些研究表明植物化感作用首先是对膜的伤害,通过细胞膜上的靶位点将化感物质胁迫信息传送到细胞内,对激素、离子吸收等产生影响,引起植物细胞分裂、光合作用等的变化,从而对植物的生长发育产生抑制作用。植物化感作用机理见图 2。

近年来国内外对植物化感作用进行了大量研究,加深了对植物化感作用的认识和利用,今后重点研究方向一是应加强化感作用分子生物学水平上的研究,研究和开发化感作用在作物生产中的应用,选择和培育抗化感植物品种等;二是加强大气中  $\text{CO}_2$  浓度升高对植物化感作用影响的研究, $\text{CO}_2$  浓度升高对大气温度、植物的次生代谢及植物根系分泌物均产生影响,进而对植物化感作用产生巨大影响;三是加强农作物化感育种和秸秆的生物利用研究,利用作物化感作用可控制农田杂草、减少农药施用量,秸秆还田可适量控制杂草生长、提高土壤肥力,对农业可持续发展和生态环境保护具有重要意义;四是加强土壤中化感作用机制及利用微生物分解化感物质的研究;五是加强化感作用机制及化感作用物质的实时监测研究,特别要重视根际周围化感物质行为的研究。

#### 参 考 文 献

- 1 刘秀芬,马瑞霞,孙思恩. 根际他感化学物质的分离鉴定与生物活性的研究. 生态学报,1996,16(1):1~10
- 2 Politycka B. Peroxidase activity and lipid peroxidation in roots of cucumber seedlings influenced by derivatives of cinnamic and benzoic acids. Acta Physiol Plantarum, 1996, 18(4):365~370
- 3 Rice E. L. Allelopathy. Academic Press, 1984
- 4 Yu J. Q., Yoshihisa M. Effects of root exudates of cucumber (*Cucumis sativus* L.) and allelochemicals on ion uptake by cucumber seedlings. Chem. Ecol., 1997, 23(3):817~827
- 5 Politycka B. Phenolics and the activities of phenylalanine ammonia-lyase, phenol-beta-glucosyltransferase and beta-glucosidase in cucumber roots as affected by phenolic allelochemicals. Acta Physiol Plantarum, 1998, 20(4):405~410
- 6 Baziramakenga R., Leroux G. D., Simard R. R. Effects of benzoic and cinnamic acid on growth, mineral composition and chlorophyll content of soybean. Chem. Ecol., 1995, 20:2821~2833
- 7 Blum U., Shafer R., Lehman M. Evidence for inhibitory allelopathic interactions involving phenolic acids in field soils: Concepts vs. an experimental model. Crit. Rev. in Plant Sci., 1999, 18:673~693