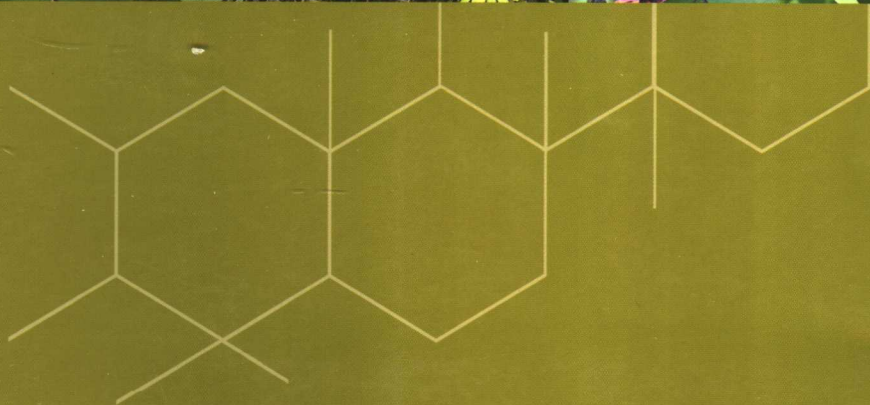




研究生用书

植物抗菌化合物

周立刚 编著



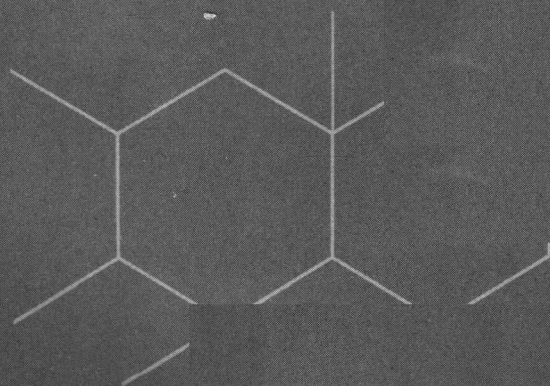
中国农业科学技术出版社



研究生用书

植物抗菌化合物

周立刚 编著



中国农业科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

植物抗菌化合物/周立刚编著. —北京:中国农业科学技术出版社, 2005. 10

ISBN 7-80167-838-9

I. 植... II. 周... III. 植物—抗微生物性—化合物 IV. Q946. 887

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 095662 号

责任编辑
责任校对
出版发行

周立刚
马丽萍

中国农业科学技术出版社

(北京市海淀区中关村南大街 12 号 邮编:100081 电话:010-62187620)

经 销
印 刷
开 本
印 数
版 次
定 价

新华书店北京发行所

北京鑫海达印刷有限公司

787mm × 1092mm 1/16 印张:19.25

1~1000 册 字数:468 千字

2005 年 10 月第 1 版 2005 年 10 月第 1 次印刷

28.00 元

前 言

我国的研究生教育正处于发展迅速、深化改革时期,研究生教育要在研究生规模和结构协调发展的同时,加快研究生教育教学改革步伐,以培养高质量的创新人才。为加强和改进研究生培养工作,改革教学内容和教学方法,充实高层次人才培养的基本条件和手段,建设研究生培养质量基准平台,促进研究生教育整体水平的提高,中国农业大学采取立项建设的方式进行了研究生重点课程建设、教材建设,以及教学方式方法的改革。通过一系列的改革、建设工作,形成了一批特色鲜明的研究生教学用书,本书是其中之一。特别值得提出的是本项目得到了“北京市教育委员会共建经费研究生教育项目”资助。

建设一批研究生教学用书,是研究生教育教学改革的一次尝试,这批研究生教学用书,以突出研究生能力培养为出发点,引进和补充了最新的学科前沿进展内容,强化了研究生用书在引导学生扩充知识面、采用研究型学习方式、提高综合素质方面的作用,必将对提高研究生教育教学质量产生积极的促进作用。

中国农业大学研究生院
2005 年 9 月

序

本书是周立刚博士在原中国农业大学研究生课程《植物抗菌化合物》讲义的基础上,整理出来的一本教材,对其基本概念、基本原理、试验方法、研究进展进行了详细的介绍。书中还反映了植物抗菌化合物方面的最新研究成果。

植物抗菌化合物的研究是多学科综合交叉的研究领域。近十年来,这方面的研究十分迅速,许多低分子量的植物次生代谢产物在植物的生长、发育、信号识别与转导、抵抗病虫等各种胁迫方面所起的重要作用,不断被揭示,尤其是近年来分子遗传学、生物信息学与植物次生代谢进行全方位的融合,导致新兴学科次生代谢组学(Metabolomics)的诞生,这将有助于全面揭示植物次生代谢产物的生理和生态功能。

本书作者周立刚博士,于1986年录取为中国科学院昆明植物研究所的研究生,此后一直从事植物和微生物次生代谢的研究;1998年于华中理工大学药学院毕业获博士学位后,进入中国农业大学分子植物病理学实验室,从事博士后研究,主要开展水稻诱导性抗菌化合物-色胺植保素的研究工作;2000年博士后研究结束,并继续留在中国农业大学植物病理学系工作,从事与植物抗菌化合物相关的教学和科研工作,为研究生开设《植物抗菌化合物》课程,并招收该领域的研究生。他广泛收集资料,并结合自己的研究成果,积极撰写讲义,教学效果良好。周立刚博士在该领域孜孜以求,勇于创新的精神与成就令我深感良久。

本书既重视基础理论知识,又紧密联系实际应用。植物抗菌化合物最明显的应用前景,是可开发为农用或医用抗(杀)菌剂,为新药的创制提供先导结构。由于国内尚未见类似的教材和专著出版,相信此书的出版有望进一步推动相关学科的相互渗透和发展,为植物资源的科学利用和植物抗菌化合物的生理生态作用的探讨提供理论指导。

此书可作为植物病理学、植物学、药理学、农药学、农学、植保、食品科学等专业科研人员、研究生和高年级本科生的参考教材,谨在此向读者推荐。

彭友良

中国农业大学植物病理学系教授
中国植物病理学会理事长

2005年6月23日于北京

编者的话

植物抗菌化合物是植物产生的具抗菌活性的化合物,它是天然杀菌剂或抑菌剂中最重要、来源最广的一大类。许多公认的化学合成的杀菌剂如稻瘟灵(Isoprothiolane)、乙蒜素(Ethylicin)等,其合成的先导化合物就来自植物。一些植物抗菌化合物如染料木黄酮(Genistein)、白藜芦醇(Resveratrol)对人体具有多种有益的生理影响(如有抗氧化活性等),主要表现在对癌肿、艾滋病、心血管和内分泌疾病的防治方面。我国植物资源丰富,种类繁多,抗菌植物的应用历史悠久,植物抗菌化合物的开发有广阔前景。

目前,国际上有专门反映植物抗菌化合物的期刊,如《Fitoterapia》、《Phytotherapy Research》、《Journal of Antimicrobial Agents》、《The Journal of Infectious Diseases》、《Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials》、《Journal of Ethnopharmacology》、《Pharmacological Research》、《International Journal of Pharmaceutics》、《Phytomedicine》、《International Food Control》、《Journal of Pesticide Science》、《Journal of Phytopathology》、《Crop Protection》、《Phytochemistry》、《Journal of Essential Oil Research》、《Journal of Chemical Ecology》等,而且有关植物抗菌化合物的专著也在不断推陈出新。研究植物抗菌活性的成果不但丰富和发展了传统植物学、植物化学和植物病理学的基本知识和基本理论,它赋予植物学、植物化学和植物病理学新的活力,而且对相关学科如农药学、植物生理学与分子生物学、药理学的发展,产生了深刻影响。

本书编者从20世纪80年代中期开始从事植物次生代谢的研究,90年代中期开始涉足植物抗菌化合物的研究领域,承蒙导师宋佩伦教授、郑光植教授、杨崇仁教授、王君健教授、彭友良教授、曾士迈教授和郝小江教授的关心、支持和鼓励,取得一些研究进展。从2001年起,笔者在中国农业大学植物病理学系正式为研究生开设了相应的课程,同时招收植物抗菌化合物研究方向的研究生。编辑本书的目的一方面是系统介绍植物抗菌化合物领域的新进展、新概念、新思路和新技术,以提高我国在植物抗菌化合物方面的研究水平;另一方面也藉此对我们过去的工作进行回顾和检查。

值此本书出版之际,感谢中国农业大学研究生院给予的关心和出版资助,感谢国家自然科学基金(编号 30270020、30370907、30470038)、中国博士后科学基金(编号 8463)、高等学校博士学科点专项科研基金(编号 20010019006)、国家高技术研究发展计划(编号 2002AA245081)、国家科技攻关计划课题(编号 2004BA521B04)、教育部留学回国人员科研启动基金、云南省应用基础研究基金(编号 95B087Q、97C037Q)和云南省重点实验室基金(编号 200101)的资助。

本书在编写过程中,研究生宋素琴、李端、曹晓冬、谈满良、唐静、徐利剑、龚佑文、赵爽、张瑞芬、赵江林、周亚明、李静、杜华等付出了大量辛勤的劳动,中国科学院植物研究所张明理研究员审定植物学名,中国科学院沈月毛研究员和中国农业大学王明安教授审定了植物化学方面的名词,武汉大学李家儒教授和中国农业大学李健强教授对本书提出了许多宝贵的意见,特表衷心感谢。

有关植物抗菌化合物方面的内容极为广泛,发展迅速。本书是在中国农业大学研究生课程《植物抗菌化合物》讲义的基础上,结合笔者的研究工作和相关的文献资料编写而成,力求反映植物抗菌化合物研究方面的新知识和新成就。书中有些观点只是一家之言,仅供大家讨论。由于编者水平有限,书中肯定有许多不足之处和错误,恳请读者批评指正。

周立刚
2005 年 6 月 23 日

内容提要

本书为中国农业大学研究生试用教材,共分 23 章。第一章为绪论,介绍植物抗菌化合物的概念、研究历史和现状;第二章至第六章简要介绍植物抗菌化合物的提取、分离、结构测定、类型和分析;第七章介绍抗菌化合物的活性测定;第八章简要介绍抗菌化合物的作用方式和作用机理;第九章介绍组成性植物抗菌化合物;第十章着重介绍诱导性抗菌化合物植保素的概念、分类和结构以及在植物抗病过程中的作用和应用前景;第十一章介绍光活化植物抗菌化合物;第十二章至第二十二章分别介绍豆科、茄科、十字花科、菊科、楝科、旋花科、蔷薇科、锦葵科、桃金娘科、伞形科和禾本科植物的抗菌化合物;第二十三章简要介绍中国的抗菌植物资源。

本书内容丰富、新颖,可供植物学、植物病理学、植物化学、植物生理学、植物生态学、微生物学、农药学、药理学、资源植物学、食品科学等领域的科研工作者和高等院校相关专业的师生参考。

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 引 言	(1)
第二节 植物抗菌化合物的研究历史与现状	(3)
第三节 与植物抗菌化合物研究紧密相关的学科	(6)
第二章 植物抗菌化合物的提取	(8)
第一节 引 言	(8)
第二节 结构与极性的关系	(9)
第三节 各种溶剂的性能	(10)
第四节 化合物极性与溶解性	(12)
第五节 浸出及影响浸出的因素	(13)
第六节 常用的提取溶剂	(14)
第七节 常用的提取方法	(16)
第八节 几种杂质的去除	(19)
第三章 植物抗菌化合物的分离	(21)
第一节 引 言	(21)
第二节 根据化合物溶解度不同进行分离	(21)
第三节 根据化合物分配比不同进行分离	(24)
第四节 根据化合物吸附能力不同进行分离	(26)
第五节 根据化合物分子量差别进行分离	(26)
第六节 根据化合物离解度不同进行分离	(27)
第七节 常用的层析分离方法	(28)
第四章 植物抗菌化合物的结构测定	(36)
第一节 引 言	(36)
第二节 结构研究的一般程序与方法	(36)
第三节 结构测定中常用的化学方法	(38)
第四节 结构测定中常用的光谱与波谱	(40)
第五章 植物抗菌化合物的类型	(42)
第一节 引 言	(42)
第二节 生物碱	(42)
第三节 甾体类	(45)



第四节 萜类	(45)
第五节 黄酮类	(47)
第六节 醌类	(50)
第七节 苯丙素类	(51)
第八节 单宁	(52)
第九节 甙类	(53)
第六章 植物抗菌化合物的分析	(54)
第一节 引言	(54)
第二节 气相色谱法	(54)
第三节 高效液相色谱法	(58)
第四节 酶免疫测定法	(62)
第七章 植物抗菌化合物的活性测定	(63)
第一节 引言	(63)
第二节 体外抗菌活性测定的准备	(63)
第三节 植物抗菌化合物体外活性测定	(74)
第四节 植物抗菌化合物活体活性测定	(83)
第八章 植物抗菌化合物的作用方式与作用机理	(86)
第一节 作用方式	(86)
第二节 作用机理	(87)
第九章 组成性植物抗菌化合物	(90)
第一节 引言	(90)
第二节 在植物中的分布	(90)
第三节 结构类型	(94)
第四节 展望	(95)
第十章 诱导性植物抗菌化合物——植保素	(96)
第一节 引言	(96)
第二节 分布和结构	(97)
第三节 在植物抗病过程中的作用	(99)
第四节 植保素的分子生物学	(103)
第五节 应用前景	(104)
第十一章 光活化植物抗菌化合物	(109)
第一节 引言	(109)
第二节 植物中的光活化抗菌化合物	(109)
第三节 光活化植物抗菌化合物的分离与活性	(110)

第四节	光活化植物抗菌化合物的特性分析	(114)
第五节	展 望	(116)
第十二章	豆科植物抗菌化合物	(117)
第一节	引 言	(117)
第二节	具抗菌活性的豆科植物	(117)
第三节	豆科抗菌化合物	(121)
第四节	展 望	(124)
第十三章	茄科植物抗菌化合物	(125)
第一节	引 言	(125)
第二节	茄科抗菌化合物的种类和分布	(125)
第三节	茄科抗菌化合物提取、分离与检测	(127)
第四节	茄科抗菌化合物的诱导形成因素	(128)
第五节	展 望	(129)
第十四章	十字花科植物抗菌化合物	(131)
第一节	引 言	(131)
第二节	化学结构、诱导及生物活性	(131)
第三节	检测、分离和高效液相色谱法(HPLC)分析	(136)
第四节	化学合成	(137)
第五节	生物合成	(142)
第六节	微生物的生物转化	(145)
第七节	展 望	(149)
第十五章	菊科植物抗菌化合物	(150)
第一节	引 言	(150)
第二节	具抗菌活性的菊科植物	(150)
第三节	展 望	(157)
第十六章	楝科植物抗菌化合物	(158)
第一节	引 言	(158)
第二节	印 楝	(158)
第三节	苦 楝	(163)
第四节	其他具抗菌活性的楝科植物	(165)
第五节	展 望	(166)
第十七章	旋花科植物抗菌化合物	(167)
第一节	引 言	(167)
第二节	甘薯植保素的合成和分布	(167)



第三节	甘薯植保素的分离和特性	(168)
第四节	甘薯植保素的生物合成途径	(170)
第五节	甘薯植保素的诱导	(171)
第六节	甘薯植保素对微生物的抑制作用	(172)
第七节	甘薯植保素对动植物的生理作用	(173)
第八节	甘薯酮合成前阶段中 HMG-CoA 还原酶的调控	(173)
第九节	甘薯酮合成后阶段中 P-450 的代谢调控	(175)
第十八章	蔷薇科植物抗菌化合物	(179)
第一节	引言	(179)
第二节	具抗菌活性的蔷薇科植物	(179)
第三节	蔷薇科抗菌化合物	(181)
第十九章	锦葵科植物抗菌化合物	(183)
第一节	引言	(183)
第二节	棉花抗菌化合物	(183)
第二十章	桃金娘科植物抗菌化合物	(185)
第一节	引言	(185)
第二节	具抗菌活性的桃金娘科植物	(185)
第三节	桃金娘科植物抗菌化合物	(188)
第四节	展望	(190)
第二十一章	伞形科植物抗菌化合物	(191)
第一节	引言	(191)
第二节	具抗菌活性的伞形科植物	(191)
第三节	伞形科抗菌化合物	(194)
第四节	展望	(196)
第二十二章	禾本科植物抗菌化合物	(197)
第一节	水稻抗菌化合物	(197)
第二节	禾本科异羟肟酸类抗菌化合物	(206)
第二十三章	中国的抗菌植物资源	(210)
第一节	中国的抗菌植物资源	(210)
第二节	植物抗菌化合物作为药物开发和利用的前景	(224)
附录	抗菌植物名录	(226)
参考文献		(261)

第一章 绪 论

第一节 引 言

植物抗菌化合物 (Antimicrobial compounds from plants 或 Plant antimicrobial compounds) 是植物产生的具有抗菌活性的化合物。包括低分子量的次生代谢产物和分子量较高的蛋白质、多肽。和植物抗菌化合物相关的名称有: 植物抗真菌化合物 (Plant antifungal compounds)、植物抗菌化合物 (Plant antibacterial compounds)、植物抗病毒化合物 (Plant antiviral compounds)、植物抗真菌蛋白 (Plant antifungal proteins)、植物抗菌肽 (Plant antimicrobial peptides)、组成性抗真菌化合物 (Constitutive antifungal compounds)、诱导性抗真菌化合物 (Induced antifungal compounds)、植保素 (Phytoalexins)、植物抑制素 (Phytoanticipins) 等。本书所讨论的植物抗菌化合物是指具抗菌活性的植物次生代谢产物, 对植物抗菌蛋白和抗菌肽未作讨论, 读者可参考其他有关的书籍。

一、植物次生代谢与次生代谢产物

代谢 (Metabolism) 是所有生物所共有的过程, 从碳代谢流来看, 植物、动物和微生物的代谢过程是一样的。我们可以把植物的代谢分为初生代谢 (Primary metabolism) 与次生代谢 (Secondary metabolism)。从底物 (如六碳糖) 开始, 经糖酵解 (EMP) 和三羧酸 (Tricarboxylic acid, TCA) 循环, 包括戊糖支路 (HMP) 进行的底物降解和末端氧化, 从关键中间产物出发, 与蛋白质代谢、脂肪代谢和核酸代谢相联结, 与植物的生长发育和繁殖直接相关的代谢过程, 通常称为初生代谢。初生代谢为生物体的生存、生长、发育、繁殖提供能源和中间产物。

植物的次生代谢是相对于初生代谢而言, 它与植物的生存、生长、繁殖通常认为并无直接的关系。植物不同于动物的显著特点之一是次生代谢产生多种多样的次生代谢产物 (Secondary metabolites)。植物次生代谢产物, 如生物碱、萜类、甾体、芳香化合物等与工、农、医、国防等方面都有密切的关系, 从代谢角度来看, 次生代谢是总代谢的重要组成部分, 它的生物合成、代谢调控的研究、关键酶及其相关基因的克隆在理论上和实践上都具有重要意义。从代谢的控制和被控制观点来看, 植物次生代谢是多途径 (Multi pathway) 的。

1. 初生代谢与次生代谢的关系

由于发酵工业的兴起和发展, 人们对发酵产物, 尤其是抗生素 (Antibiotic) 的需要, 在微生物研究方面, 很多次生代谢产物在经过分离、鉴定和生物合成之后, 逐渐转向调节控制的研究。大概是由于多数植物次生代谢产物大多与植物生长、发育无直接的关系, 又不参与主要代谢过程和代谢中不起主导作用, 同时由于它的代谢途径、产物种类和结构的复杂性和多样性, 次生代谢的研究远不如初生代谢深入和清楚。目前的研究主要着重于生物合成途径、中间产物分析、关键酶的基因克隆等方面, 许多方面的研究还不够深入。关于次生代谢



产物的分解代谢、生理和生态功能方面的研究就更少。

从生物合成途径看,植物次生代谢产物大致分为萜类、芳香族化合物和生物碱三大类,它们与初生代谢的关系如图 1-1 所示,萜类化合物是从乙酰辅酶 A 出发,经由二羟甲戊二酸、戊二酸焦磷酸而分支生成各类群化合物;芳香族化合物五碳糖支路(HMP)途径生成的 4-磷酸赤藓糖与糖酵解(EMP)途径生成的磷酸烯醇式丙酮酸缩合形成 7-磷酸庚酮糖,再经过一系列转化进入莽草酸途径而发生许多分支生成芳香族氨基酸,再合成芳香族次生代谢产物。生物碱是经 TCA 途径合成氨基酸,再转化为各种生物碱。此外,由莽草酸途径合成色氨酸,再转化为吲哚类生物碱。

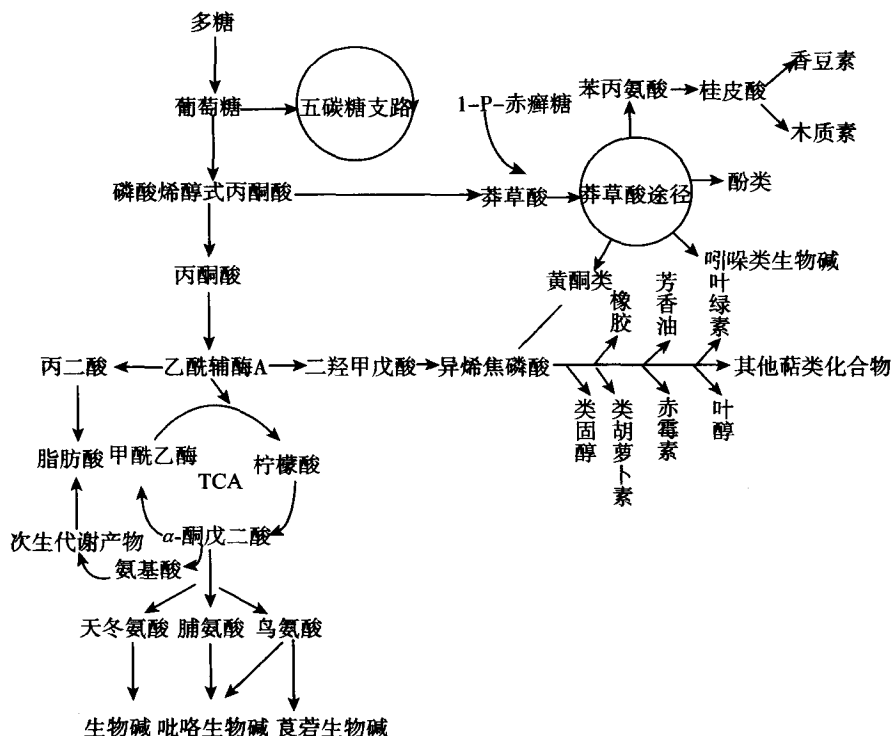


图 1-1 高等植物初生代谢和次生代谢相互关系图解

2. 初生代谢对次生代谢的调节

初生代谢中的许多重要的中间产物,是次生代谢的起始点。所以,次生代谢由初生代谢所调节。

3. 次生代谢的酶促调节

如苯丙氨酸解氨酶(Phenylalanine ammonia lyase, PAL)是从初生代谢过渡到次生代谢过程中的一个关键酶,因此,常常需要开展针对 PAL 酶的调控研究。

4. 各种因素对次生代谢的调节

对植物次生代谢调节的因素很多,包括物理、化学和生物因素,下面简要加以说明。

(1)激素 在高等植物次生代谢研究中,激素常作为外环境因素用于诱导愈伤组织、调节愈伤组织和细胞的生长、次生代谢产物的合成。

- (2)光 光是植物生长发育的重要环境因素,作为一种信号调节植物的各种生理过程。
- (3)温度 如高温导致某些植物(杨树)产生甜菜甙。
- (4)氧 影响细胞的呼吸。
- (5)诱导子 诱导植物产生各种次生代谢产物。
- (6)酸碱性 使次生代谢产物形成某种离子状态,影响酶的活性。
- (7)金属离子 作为次生代谢酶促反应过程中的辅酶。
- (8)微生物 与植物可形成寄生、互生和共生关系。

二、组成性植物抗菌化合物

组成性(型)抗菌化合物(Constitutive antimicrobial compounds, Phytoanticipins)是植物体内本来就存在的化合物。或者称为抑制素(Inhibitin)。有人把抑制素分为前抑制素(Pro-inhibitin)和后抑制素(Post-inhibitin)。前抑制素在正常情况下以较高浓度存在,足以抵抗大多数微生物(主要是真菌)。后抑制素在正常情况下浓度是比较低的,当微生物入侵后,浓度便迅速增加,这类化合物在植物体内的形成并非通过一个完整的生物合成途径。如氰甙(Cyanogenic glycosides)的水解反应,一旦植物受到真菌的侵染或叶片受到伤害,生氰配糖体即可酶解,释放出有毒的氰化氢(HCN),由于催化该反应的酶早已存在于细胞中,只是与底物分开存在于不同的细胞器中,故该酶促反应只需很短一段时间,植物体受损伤或受侵染导致酶催化无抗菌活性的化合物(前体)为有抗菌活性的后抑制素。

三、诱导性植物抗菌化合物

诱导性(型)抗菌化合物(Induced antimicrobial compounds)是通过生物或非生物因子诱导植物产生的抗菌化合物。诱导性抗菌化合物又称为植保素(Phytoalexin)、植物防卫素、植物保卫素、植物抗毒素,一般称为植保素。植保素的合成需要2~3天,因为植物体首先要合成特殊的酶系统,然后再合成植保素。

第二节 植物抗菌化合物的研究历史与现状

一、研究历史

1. 组成性植物抗菌化合物

最早植物组成性抗菌化合物的利用主要是作为生物农药。凡具有杀虫、杀菌、除草、杀(驱)鼠以及调节生物生长和发育等活性的植物的某些部位,或提取其有效成分,并加工而成的药剂称为植物农药。

植物农药有着悠久的历史,早在公元前7~5世纪,中国就使用莽草、嘉草等植物进行杀虫。在19世纪中期,除虫菊、鱼藤和烟草这三大植物农药开始在世界市场上销售。这可称为最早的农药商品。

中国幅员辽阔,地形及气候复杂多样,这种得天独厚的地理和气候条件,为各种植物的生长、繁衍提供了适宜的场所。我国现有种子植物约25 700种,蕨类植物2 400余种,苔藓植物2 100多种,合计有高等植物30 000多种。其中有毒植物约3 000余种,这些有毒植物



大多具有杀虫和杀菌效果。一些种类长期以来一直被我国劳动人民作为防治病虫害的农药应用于农业生产。在化学合成农药应用于农业生产之前的数千年中,人类主要利用植物农药防治和控制农作物的病虫害,植物性农药还为近代化学农药的合成提供了线索和途径。由于植物性农药具有残毒低、污染少、药害小的特点,因此,直到今天还一直应用于农业生产中,并随着科学技术的进步和发展,其种类和应用范围还在不断的增加和扩大。以下是通过组成性植物抗菌化合物开发成商品的植物源杀菌剂例子。

(1) 乙蒜素

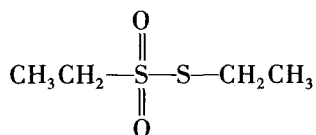
英文通用名称: Ethylicin;

其他中文名称: 抗菌剂 402;

化学名称: 乙基硫代磺酸乙酯;

分子式: $C_4H_{10}O_2S_2$ 。

化学结构式:



理化性质: 乙蒜素纯品为无色油状透明液体, 沸点为 $81^\circ\text{C}/66.6612\text{Pa}$, 密度 $d^{22}_4 = 41.1987$, 折光率为 $n^{20}_D = 1.5120$, 加热至 $130 \sim 140^\circ\text{C}$ 分解, 它易溶于乙醚、氯仿、乙醇、冰醋酸等有机溶剂, 在室温水中的溶解度为 1.2% 。工业品为微黄色油状透明液体, 具有大蒜臭味。

毒性: 按照我国农药毒性分级标准, 乙蒜素为中等毒性农药, 小白鼠急性经口 LD_{50} 为 80mg/kg 。对家兔和豚鼠皮肤有刺激作用。以 140mg/kg 饲喂大白鼠 3 个月, 未见中毒症状。无致畸、致癌和致突变作用。

作用特点: 乙蒜素是一种广谱杀菌剂, 主要用于种子处理, 可有效地防治棉花苗期病害、棉花枯萎病、棉花黄萎病、甘薯黑斑病、水稻烂秧病、水稻恶苗病、大麦条纹病等。其杀菌机制是

分子结构中的 $\text{O}=\text{S}-\text{S}-$ 基团与菌体分子中所含的 $-\text{SH}$ 基的反应, 从而抑制菌体的正常代谢。乙蒜素对植物生长具刺激作用, 经它处理的种子出苗快、幼苗生长健壮。

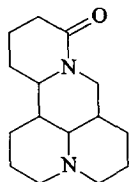
(2) 苦参碱

英文名称: Matrine;

化合物类别: 喹诺里西啶类生物碱 (Quinolizidines);

分子式: $C_{15}H_{24}N_2O$ 。

化学结构式:



理化性质: 白色针晶。

毒性: LD_{50} 苦参碱小鼠腹腔注射 150mg/kg 。

作用特点: 具有杀虫和杀菌活性。对蔬菜霜霉病的防治有特效。还能有效地防治: 苹

果、梨、桃的黑星病、炭疽病、褐斑病、轮纹病；小麦白粉病、锈病；水稻稻瘟病；葡萄、西瓜的白粉病、霜霉病、炭疽病；辣椒等蔬菜的立枯、白粉病、炭疽病等。苦参碱能提高植物的抗病免疫能力，促进植株生长，提高果品质量。

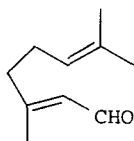
(3) 柠檬醛

英文名称: Citral;

化合物类别: 单萜类化合物 (Monoterpenoid);

分子式: $C_{10}H_{16}O$ 。

化学结构式:



理化性质: 易挥发。

毒性: 对人畜安全。

作用特点: 具有杀菌活性。柠檬醛对西瓜枯萎病菌、豇豆枯萎病菌、曲霉有明显的抑制作用。我国已注册企业一家。

(4) 烟碱

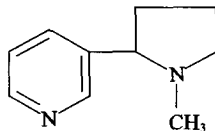
英文名称: Nicotine;

其他中文名称: 尼古丁;

化学名称: 3-(1-甲基-2-四氢吡咯烷)吡啶 [3-(1-methyl-2-pyrrolidyl)pyridine];

分子式: $C_{10}H_{14}N_2$ 。

化学结构式:

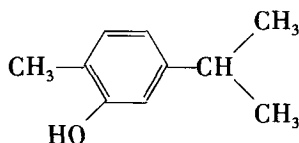


理化性质: 为无色油状液体, 熔点 80°C , 沸点 246.1°C (9.7kPa), 比重 $D^{20}_4 = 1.00925$, 旋光度 $[\alpha]^{20} = -168.66$ 。稍有气味, 易溶于水、乙醇、乙醚、苯及轻质石油中。水溶液中呈碱性, 它的有机酸盐和无机酸盐均溶于水。

毒性: 烟碱对人的致死量为 50mg/kg。

作用特点: 具有杀菌活性。我国已注册企业一家。

(5) 香芹酚 (Carvacrol): 它是存在于百里香 (*Thymus mongolicus*) 等油中的化合物。香芹酚被用于防治苹果、桃、梨、柑橘、花生、棉花的曲霉病及果实、薯块的木霉病。对人畜比较安全, 对大鼠急性经口 LD_{50} 为 810mg/kg。



香芹酚 (Carvacrol)

(6) 大豆卵磷脂 (Lecithin): 由下述 4 种化合物和大豆油所组成。它是一种植物杀菌