

教育部“十一五”规划重点子课题（DEA060107-C-0256）资助

植物农药

◎ 李少华 著



中国农业科学技术出版社

教育部“十一五”规划 (2006-2010) (2006-0256) 资助

植物农药

◎ 李少华 著



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

植物农药 / 李少华著. —北京: 中国农业科学技术出版社,
2012. 10

ISBN 978 - 7 - 5116 - 0774 - 4

I. ①植… II. ①李… III. ①植物农药 IV. ①S482.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 268764 号

责任编辑 张孝安
责任校对 贾晓红

出版者 中国农业科学技术出版社
北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081
电 话 (010) 82109708 (编辑室) (010) 82109704 (发行部)
(010) 82109709 (读者服务部)
传 真 (010) 82109708
网 址 <http://www.castp.cn>
经 销 者 各地新华书店
印 刷 者 北京科信印刷有限公司
开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 12.375
字 数 180 千字
版 次 2012 年 10 月第 1 版 2013 年 5 月第 2 次印刷
定 价 30.00 元

— 版权所有 · 翻印必究 —



李少华

1965 年生于山西省太原市。1985 年大学毕业后一直致力于生物教育教学研究工作,并于 2008 年获得中国农业大学农业硕士学位。

自 2004 年被评为生物学副教授以来,主持并参加了多项国家级和省级课题的研究工作,其中有 2 项国家级和 3 项省级课题已顺利结题,并在国家一级和省级期刊上发表多篇专业学术论文。

课题:获得教育部“十一五”规划重点课题《生态体验式德育案例和问题研究》的子课题《植物农药在农业可持续发展中的应用研究》(编号:DEA060107-C-0256)资助。

前 言

在当前世界所面临的“人口、粮食、环境、能源”四大危机中，农药的研究、生产和应用有着重要的作用。尤其在我国，要想在节约能源、保护环境、保持农业可持续发展的前提下，保证十几亿人口的粮食供应，就必须尽量减少农业有害生物为害所造成的损失，农药的作用和功能是显而易见的。但随着化学农药越来越广泛的使用，也不可避免的带来了许多负面效应，如农药的残留、害虫的抗性及害虫再猖獗，这不仅造成了环境的污染，也使得病虫害防治更加困难。

因此，化学农药在当今的社会倍受争议。但与此同时，由于化学农药的双重作用，也迫使人们对农药进行更加理性的认识，寻找和开发具有高度的选择性，对有害生物防效优良，但对人畜、害虫天敌及其他非靶标生物安全，在自然条件下容易降解而不会明显影响环境质量的生物合理性农药已成为农药研究的重点和热点。

植物农药便是其中一个重要的研究方向。植物是人类和其他生物在地球上赖以生存的基础，它们在千百万年甚至上亿年的不断进化过程中，为了生存，形成了很多抵御其他生物为害的方式，其中之一就是产生有毒的次生代谢产物，如昆虫取食蓖麻叶后会中毒，这就使植物做为农药成为了可能。植物作为最早为人类服务的农药之一，和运用于中医的中草药一样，已有几千年的历史，直到20世纪40年代初，植物性农药仍是防治病虫害的有利武器之一。

但由于近代化学农药的冲击，植物农药的研究受到了很大的限制，直到现代，人们才又重新认识到了它在有害生物综合治理中所发挥的不可替代的作用。植物本身就是自然界的组成部分，把它运用到生产中，它会自然的参与物质和能量的代谢，与环境相和谐，

这是化学农药所无可比拟的。随着植物源农药研究重新成为新农药研究的一个重心，相信会有更多的有效植物和活性成分被发现，更好的为农业生产服务。

本书主要介绍了植物农药的历史、种类、部分研究进展及研究方法，旨在让更多的人认识和了解植物农药，并去发现和利用这一资源，也让我们的食品和环境更加安全。

在此感谢本书参考文献的作者，是你们的努力推动了植物农药的向前发展。

由于作者的水平有限，书中难免有不足和错误之处，欢迎读者批评指正。

作者

2012年8月

目 录

第一章 植物源农药概述	(1)
第一节 植物源农药的定义、分类及发展简史	(4)
一、植物源农药的定义	(4)
二、植物源农药分类	(4)
第二节 植物源农药的特点	(7)
一、植物源农药的优点	(7)
二、植物源农药的弱点	(8)
第三节 植物源农药的发展历史及现状	(9)
一、植物源农药的早期利用	(9)
二、植物农药的初步研究	(9)
三、植物农药的系统研究	(9)
第二章 植物杀虫	(12)
第一节 植物对害虫的作用特点	(12)
一、植物源杀虫剂的作用方式	(12)
二、植物源杀虫剂的作用机制	(16)
第二节 植物杀虫活性成分	(19)
一、生物碱类化合物	(20)
二、萜类化合物	(21)
三、酮类化合物	(22)
四、除虫菊素	(23)
五、光活化毒素类化合物	(23)
六、植物精油	(23)
七、番荔枝内酯类化合物	(24)
八、其他	(24)

第三节 常见的杀虫植物·····	(25)
一、楝科植物·····	(27)
二、豆科植物·····	(32)
三、卫矛科植物·····	(37)
四、菊科植物·····	(40)
五、瑞香科植物·····	(43)
六、柏科植物·····	(44)
第三章 植物杀螨·····	(46)
第一节 主要杀螨活性成分·····	(46)
一、生物碱类·····	(46)
二、柠檬素类·····	(47)
三、黄酮类化合物·····	(48)
四、植物精油·····	(48)
五、其他类·····	(49)
第二节 主要杀螨植物·····	(49)
一、楝科植物·····	(49)
二、茄科植物·····	(51)
三、豆科植物·····	(51)
四、菊科植物·····	(52)
五、瑞香科植物·····	(54)
六、藜科植物·····	(55)
七、蒺藜科植物·····	(57)
八、胡桃科植物·····	(57)
九、唇形花科植物·····	(58)
十、伞形花科植物·····	(59)
十一、姜科植物·····	(59)
十二、木樨科植物·····	(59)
十三、桃金娘科植物·····	(60)
十四、其他杀螨植物·····	(60)

第四章 植物杀菌	(63)
第一节 植物活性物质防治病害的特点	(63)
第二节 植物杀菌活性成分	(65)
一、生物碱	(66)
二、黄酮类	(67)
三、萜类	(68)
四、醌类	(69)
五、挥发油	(69)
六、壳聚糖	(71)
第三节 植物抗病毒活性成分	(72)
一、抗病毒蛋白	(73)
二、黄酮类	(74)
三、有机酸类	(74)
四、生物碱类	(74)
第四节 常见的杀菌植物	(75)
一、伞形科植物	(75)
二、卫矛科植物	(76)
三、樟科植物	(76)
四、菊科植物	(77)
五、百部科植物	(80)
六、木樨科植物	(81)
七、蓼科植物	(82)
八、银杏科植物	(83)
九、瑞香科植物	(84)
十、马兜铃科植物	(85)
十一、豆科植物	(87)
十二、马齿苋科植物	(89)
十三、百合科植物	(90)
第五章 植物杀线虫	(93)
第一节 植物杀线虫主要活性成分	(93)

一、生物碱类	(93)
二、萜类化合物	(94)
三、光活化毒素类	(96)
四、异硫氰酸酯 (Lsothiocyanates) 与芥子油苷 (Glucosinolates) 类化合物	(97)
五、脂肪酸 (Fatty acids) 及其衍生物	(97)
六、苦木素类 (Quassinoids)、甾类 (Steroids) 及三萜系 化合物 (Triterpenoids)	(98)
七、酚类化合物 (Phenolics)	(99)
八、生氰糖苷	(102)
九、其他活性化合物	(102)
第二节 主要杀线虫活性植物	(103)
一、菊科植物	(103)
二、豆科植物	(107)
三、大戟科植物	(108)
四、三尖杉科植物	(109)
第六章 植物除草	(111)
第一节 植物间的相互影响及化感作用	(111)
一、生态系统中的化感效应	(112)
二、作用机理	(114)
三、化感作用的影响因素	(116)
第二节 植物在防除杂草中的应用	(118)
一、利用植物化感作用控制杂草的方法	(118)
二、植物防除杂草的前景展望	(121)
第七章 植物源活性成分的分离、鉴定	(123)
第一节 植物活性成分理化性质简介	(123)
一、生物碱	(124)
二、苷类	(124)
三、醌类化合物	(125)
四、苯丙素类化合物	(125)

五、黄酮类化合物	(125)
六、萜类和三萜类化合物	(126)
七、甾体类化合物	(126)
八、有机酸	(126)
九、树脂	(127)
十、挥发油	(127)
十一、糖类	(127)
十二、氨基酸、蛋白质和酶	(128)
十三、鞣质	(128)
十四、植物色素	(129)
十五、油脂	(130)
第二节 植物化学成分的提取方法	(130)
一、溶剂提取	(131)
二、水蒸汽蒸馏法	(135)
三、超临界流体萃取法	(135)
四、其他方法	(137)
第三节 植物化学成分的分离方法	(138)
一、溶剂分离法	(139)
二、色谱分离法	(142)
三、其他方法	(149)
第四节 植物化学成分的鉴定和结构研究	(152)
一、化合物纯度的判断	(152)
二、已知化合物的鉴定	(154)
三、未知化合物的鉴定	(155)
第八章 植物源农药存在问题及发展前景	(158)
第一节 植物源农药存在的问题	(158)
一、植物中活性成分复杂,含量不一,难以标准化	(158)
二、活性成分的含量的不稳定性	(159)
三、活性成分活性强度的不稳定性	(159)
四、植物资源分布的地域性和采集的季节性	(159)

五、制剂加工的特殊性	(159)
六、植物源农药自身特点	(160)
七、作用机理与活性成分的构效关系	(160)
八、研究开发与生产脱节 科研成果转化率低	(160)
第二节 植物源农药的机遇与挑战	(161)
一、新技术新方法的应用为植物源农药的研究提供了 基础	(161)
二、生物技术的应用为植物源农药的生物合成提供了 可能	(162)
三、基因工程为植物源农药新的利用提供支持	(163)
四、市场需求为植物源农药的发展提供了动力	(163)
第三节 植物源农药的发展建议	(164)
一、加大政策支持力度	(164)
二、处理好资源开发与保护的关系	(165)
三、提高资源综合利用率	(165)
四、仿生合成及结构修饰	(165)
五、加强杀虫(菌)植物作用机理研究	(165)
六、增强天然植物提取液的稳定性及提高药效	(165)
七、利用生物技术对药用植物进行改造	(166)
八、开发利用杀菌植物资源	(166)
九、加强对西部地区杀虫植物的研究	(166)
参考文献	(168)

第一章 植物源农药概述

农药是指用于预防、消灭或者控制为害农业、林业的病、虫、草害等有害生物，以及有目的地调节植物、昆虫生长的化学药品，或者来源于生物、其他天然物质的一种物质或者几种物质的混合物及其制剂。

农药的使用可追溯到公元前 3 000 多年，古希腊《荷马史诗》中已有用硫磺熏蒸杀虫防病的记载。中国是最早应用杀虫剂、杀菌剂防治植物病虫害的国家之一，成书于战国时代（公元前 475 年至公元前 221 年）的《周礼》，已有用嘉草、莽草、牡菊、蜃炭黑杀虫的记述，以后的《山海经》《齐民要术》《本草纲目》和《天工开物》等古籍中，均有使用植物性、动物性、矿物质药物防治农业有害生物的记载。其中生物体和源于生物的天然产物应当是最原始的生物农药。直到 20 世纪 40 年代初，植物性农药和无机农药仍是防治病虫害的有力武器。

20 世纪 40 年代发明有机化学农药之后，极大地增强了人类控制病虫害为害的能力，为我们挽回农作物产量损失作出了重大的贡献。自从化学农药问世以来，农业生产发生了巨大的变化。农药不仅使农作物增产，而且成功地预防和控制了人类的传染病。联合国粮农组织（FAO）的历年统计资料表明，全球每年因病虫害损失的谷物占收成的 20% ~ 30%，由此造成的经济损失达 1.200 亿美元。过去一百多年中，农药和化学防治法为世界农业生产作出了重大贡献。甚至连滴滴涕因能有效防治疟蚊，也挽救了数以千万计疟区居民的生命，尽管在农业害虫防治上它已被禁用，但滴滴涕至今仍被世界卫生组织（WHO）特许在疟区使用。1949 年以来，中国农业生产量的大幅度增长与大力扶持发展农药生产，采用化学防治法有效控制农

作物病虫害是密不可分的。在全国农业有害生物防治中，化学防治法约占全部防治面积的90%多。特别是在一些重大病虫害的防治中，如水稻螟虫、稻飞虱、棉花蚜虫和棉铃虫、小麦锈病和小麦蚜虫、地下害虫，以及飞蝗、黏虫、禾谷类作物的种传病害等，发挥了巨大的作用。美国赫逊世界粮食问题研究所的阿弗雷指出，自1960年以来，在没有增加耕地面积的情况下，世界农业生产提高了三倍，因此得以养活已猛增了80%的世界人口，这主要是依靠了农作物新品种，化肥和农药的使用所作出的贡献。

尽管化学农药是防治有害生物的主要手段，但它带给人类的破坏也是日趋严重。直接的为害是引起人、畜中毒。据统计，全世界每年约有200万人农药中毒，其中约有4万人死亡。其次，长期使用化学农药使害虫产生抗药性，20世纪50年代有抗药性的害虫10种，而目前已增加到几百种，并且害虫产生抗药性越来越快，使化学农药（包括某些进口化学农药）杀虫效率降低，为此不得不加大农药用量。化学农药杀死害虫的同时，也杀死害虫的天敌，破坏了生态平衡，形成恶性循环。更让人担忧的是，残存的农药散布在田野上，渗透到土壤里，侵入作物的秸秆和果实中，并由此进入食物链循环，这种长期的慢性积累构成了对子孙后代的潜在威胁。面对这一严重问题，有识之士发出了“绿色革命”的呼吁。因此，中国和世界各国都逐渐停止很多化学农药品种的使用，但以往在环境中积累的农药仍然在相当长的时间内产生不良副作用。

中国每年农药使用量达30多万t，集约化农区施用水平低则 $20\text{kg}/667\text{m}^2$ ，高则超过 $50\text{kg}/667\text{m}^2$ ，除30%~40%被作物附着和吸收外，大部分进入了水体和土壤，使全国933.33万 hm^2 （1.4亿亩）耕地遭受了不同程度的污染。据农业部门1992~1993年对全国主要农畜产品质量（化学农药残留）调查分析表明，上海市近郊常年蔬菜中敌敌畏最大检出值为 $8.53\text{mg}/\text{kg}$ ，超标8.53倍。部分地区生产的蔬菜、水果中的硝酸盐、农药和重金属等有害物质残留量超标，农药残留污染已经对人类健康造成极大为害。并且随着环保因素在国际贸易中日趋重要，中国农产品出口因农药残留受到严重影响，

仅 1998 年因此被国外进口国退货已达 74 亿美元。

随着国际市场和国内消费者对农副产品的品质和质量要求的提高,人们对应用有毒化学品造成农副产品污染所导致的直接或间接的危险和潜在的为害越来越重视。同时,由于地球人口不断增加,而可耕地面积不断减少,粮食问题仍是 21 世纪的突出问题。只有不断提高农作物产量,减少农作物损失,才能满足人类的需要。要实现人类可持续发展,又要保证人类生活的质量提高,作为人类生存和发展不可缺少的救灾物资的农药,其生产和应用领域必然产生某些变化,高效、安全、经济、使用方便是农药追求的目标和发展方向,符合健康、环保、持续发展概念的农药开发成为当今以及今后农药研究的主题。因此,寻找与开发效益和环境合理型生物农药已经迫在眉睫。

生物农药是指利用生物活体或其代谢产物对害虫、病菌、杂草、线虫和鼠类等有害生物进行防治的一类农药制剂,或者是通过仿生合成具有特异作用的农药制剂,主要包括生物化学农药(信息素、激素、植物生长调节剂、昆虫生长调节剂)和微生物农药(真菌、细菌、昆虫病毒、原生动物,或经遗传改造的微生物)两个部分。中国生物农药按照其成分和来源可分为微生物活体农药、微生物代谢产物农药、植物源农药、动物源农药四个部分。

在人类越来越关注环境质量的今天,发展和应用生物农药已逐渐成为一种趋势。近几年来,虽然生物农药的全球销售额每年仅为 3 亿美元,占整个农药市场的 1%,但却以 10%~20% 的速度上升,发展势头迅猛。另外,从某种意义上讲,生物农药是生态系统的调节者,生态系统的协调发展是保证农业可持续发展的前提,所以发展生物农药是环境及农业可持续发展的需要。

植物源农药是生物农药的一类,它的研制是在发扬中华民族传统中医学的基础上发掘中国自己的植物资源,按照农药工艺的要求所创制的一类新型农药,特别是直接利用植物材料生产农药制剂,这类农药的作用靶标、作用机理均较特殊,且无化学农药的副作用,符合绿色、环保的要求。

中国拥有 5 000 年的文明史,农业生产史灿烂辉煌,多种栽培植物

同繁多的原始天然植物一脉相承，使中国成为世界上植物资源最丰富的国家之一。而植物是生物活性物质的天然宝库，从植物中开发农药已有悠久历史，三大植物性杀虫剂〔除虫菊（酯）、鱼藤（精）和烟草〕已被应用数百年。《中国土农药志》一书中记载着分布于86个科中的220种植物性农药，《中国有毒植物》一书列入有毒植物1300多种，其中许多种类具有杀虫抑菌作用或已被作为植物源农药利用。

第一节 植物源农药的定义、分类及发展简史

一、植物源农药的定义

植物源农药是指直接利用植物产生的天然活性物质或植物的某些部位而制成的农药。由于植物源农药的有效成分是自然存在的，一般易于降解，在环境中积累毒性的可能性不大，同时人和动物与这类植物长期处于同一环境中，这些植物又是生态环境的组成部分，因而植物源农药被认为对人和动物的毒性比较低，对生态环境影响小。

植物是生物活性化合物的天然宝库，其产生的次生代谢产物已超过40万种，其中的大多数化学物质如萜烯类、生物碱、类黄酮、甾体、酚类、独特的氨基酸和多糖等均具有杀虫或抗菌活性。据统计，地球上的植物有35万种之多，但迄今只有约10%的植物经过化学成分的研究，从已研究的植物中发现约有2400种植物具有控制有害生物的活性。从植物中探寻新的活性先导物或新的作用靶标，通过类推合成或生物合理设计进行新农药的开发已成为当前农药化学和农药毒理学研究的热点。

二、植物源农药分类

1. 植物源农药按其防治对象划分

可以分为以下6种类型。

(1) 植物源杀虫剂

植物源杀虫剂是一类利用含有杀虫活性物质的植物的某些部分，

提取其有效成分而制成的杀虫剂，是植物源农药中研究最多的一类。对其研究一般集中在楝科、卫矛科、柏科、豆科、菊科、唇形科、蓼科等植物上，据有关资料不完全统计，已经明确具有杀虫作用的植物大约有 30 多个科 100 多种。植物源杀虫剂作用方式有毒杀、忌避、拒食、麻醉及抑制生长发育等。具有不污染环境，对人、畜较安全，害虫不易产生抗性等特点。

(2) 植物源杀菌剂

植物源杀菌剂是利用植物中的抗毒素、类黄酮、特异蛋白、有机酸、皂角苷类、酚类化合物等抗菌物质或诱导产生的植物防御素，杀死或有效抑制某些病原菌生长发育的一类杀菌剂。

(3) 植物源除草剂

植物源除草剂主要是利用植物产生的某些次生代谢物质，释放到环境中能影响附近同种或异种植物的生长，包括刺激或抑制作用。目前已在 30 多个科的植物中发现了上百种具有除草活性物质，主要是肉桂酸衍生物、香豆素类、醌酚酸、鞣酸、类黄酮、萜类、甾类、脂肪酸及生物碱等。

(4) 植物源杀鼠剂

鼠类在以植物的果实、种子、根为食物时使植物受到为害，但许多植物本身产生某种具有特殊生物活性的次生物质，能抵御害鼠的侵袭，对害鼠有毒杀、拒食（驱避）、抗生育等作用。利用植物进行杀鼠在中国早有记载，《中国土农药志》记载的 403 种植物和《中国有毒植物》记载的 943 种植物，均具有杀鼠作用。

(5) 植物源抗病毒剂

目前植物源抗病毒剂的研究工作主要集中在花叶病毒方面，林存奎等发现小黎和玉簪的抽提液对番茄花叶病有一定的治疗作用。朱水方等报道，连翘、大黄、板蓝根的提取液对 TMV 具有稳定的疗效；侯玉霞等采用病毒、细胞高效同步侵染体系对 3 种植物提取物抗 TMV 的活性及对叶绿体的保护作用进行了研究，其中射干抽提物对病毒增殖抑制率为 76.04%，而吴茱萸抽提物抑制病毒对叶绿体的破坏作用达到 89.58%。