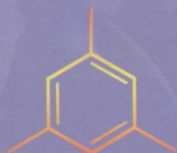


TOBACCO ALKALOIDS

烟草生物碱

史宏志 张建勋 著

Dr. Hongzhi Shi & Dr. Jianxun Zhang



 中国农业出版社
China Agriculture Press

TS41

35

烟草生物碱

Tobacco Alkaloids

史宏志 张建融 著

Dr. Hongzhi Shi 史 Dr. Jianrong Zhang 张

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国农业出版社
China Agriculture Press

图书在版编目 (CIP) 数据

烟草生物碱/史宏志, 张建勋著. —北京: 中国农业出版社, 2004.10

ISBN 7-109-09257-7

I. 烟... II. ①史...②张... III. 烟草-生物碱
IV. S572.01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 096386 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 徐建华

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2004 年 11 月第 1 版 2004 年 11 月北京第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 7

字数: 168 千字 印数: 1~2 000 册

定价: 40.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

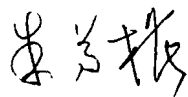
本书系统论述了烟草生物碱的种类和含量,生物碱的生物合成、代谢、转化过程及调节机理,遗传、化学、生态和栽培因素对生物碱形成、积累和代谢转化的影响等。本书共分八章,第一章阐述了烟草生物碱对人体的作用和进行生物碱研究的意义;第二章为烟草生物碱的种类以及烟草不同种、不同栽培类型生物碱含量的差异及在植株不同部位的分布;第三章论述了烟草生物碱的生物合成过程和调节机理;第四章为生物碱在植株体内的代谢和转化,重点讨论了烟碱去甲基向降烟碱转化;第五章专题讨论了生物碱的亚硝化反应和烟草特有亚硝胺的形成;第六章论述了生物碱在烟草生长发育、烟叶调制和陈化过程中的变化;第七章和第八章主要讨论了生物碱的遗传及化学因素、生态和栽培因素对生物碱合成、代谢和积累的调节。

本书主要适用于从事烟草科研、教学、推广和加工的专业人员、研究生以及烟草生产和经营部门领导和技术人员,也可作为大、中专学生和烟草种植专业户的参考书。

序 一

生物碱是烟草及其制品中一类重要的化学成分，烟碱是最重要的生物碱。人们喜欢烟草制品主要原因很可能就是烟碱所起的作用。生物碱的含量和组成对烟叶的生理强度、香味、刺激性等感官品质及烟叶有害物质含量有重要影响，因此一直是世界各国烟草科学界的研究焦点。保持烟叶生物碱的合理组成和适宜含量是生产优质烟叶的必然要求和所追求的目标。

《烟草生物碱》一书以丰富翔实的内容系统论述了烟草生物碱的种类和含量，生物碱的生物合成、代谢、转化过程及调节机理，遗传、化学、生态和栽培因素对生物碱形成、积累和代谢转化的影响。特别是本书第一作者近些年来在美国肯塔基大学国际著名的烟草生理生化实验室和美国菲利普莫瑞斯烟草公司研究中心从事烟草生物碱研究，取得了丰富的研究成果，多篇研究论文在国际杂志、烟草科学大会（CORESTA）、世界烟草科学研究会（TSRC）等发表或宣读。该书溶入了本人及国内外烟草生物碱研究领域同仁最新研究成果，具有一定的理论和实用价值。该书的出版将对我国烟草科学研究和生产优质低害烟叶产生指导作用，是一本值得推荐的好书。



中国工程院资深院士
中国烟草总公司郑州烟草研究院名誉院长

序 二

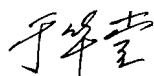
《烟草生物碱》一书的问世，对我国烟草科学的进步，技术发展方向和烟叶品质的提高具有重要意义。众所周知，烟草生物碱是烟草化学成分中最至关重要的成分，可以说烟草中无生物碱，就失去其存在的意义，人们吸烟的生理需求，在某种意义上说就是因为有生物碱的存在，特别是烟碱的存在。但烟草的生物碱具有双重性，一是有害吸烟者的健康，二是吸烟者赖以需求的成分，无烟碱的烟，则失去其吸食的意义。如何科学、合理的解决其矛盾，做到使吸烟者少受害或不受害，而使生物碱保持在合理的水平上，这就是今后必须继续研究的课题。大量的研究和实践表明，生物碱的组成和含量直接影响烟叶及其制品品质 and 安全性，它影响烟叶的生理强度、香味和刺激性，以及对烟叶综合品质降烟碱和一些仲胺类生物碱的积累增多则影响烟叶的香味并造成有害的亚硝氨含量的增加。合理的生物碱组成和适宜的烟碱含量是生产优质低害烟叶的途径之一。

本书第一作者是我国烟草行业首批培养的烟草专业的博士，20 世纪末留学美国，先后在美国肯塔基大学农学系和世界著名的美国菲利普莫瑞斯烟草公司研究中心做博士后研究，从事烟草生物碱的代谢、转化及调节等方面的研究。作者为将烟草生物碱领域的知识介绍给国内从事烟草工作的广大读者，付出了艰辛的劳动，全面系统的总结了前人的研究成果，并融入了作者及其同事新的研究成果，展现给广大读者。

该书以大量的研究资料和实践资料为依据，系统全面地阐明了烟草生物碱存在的意义，生物碱烟草的代谢过程中的动态变化，以及如何进行调控，以达到人们需要的境界，除其害而利其

2 烟草生物碱

质，全面地整体地提高烟叶的质量。该书的参考价值无可置疑，适宜于从事烟草的研究者、育种工作者、技术工作者及大专院校的教师与学生、烟草技术决策部门。凡关心中国未来烟草事业发展和提高烟叶质量的人员，阅读该书，相信会有不凡的启示和提高。

A handwritten signature in black ink, consisting of the characters '于' and '华' followed by a stylized '堂'.

中国烟草总公司郑州烟草研究院高级工程师

前 言

生物碱是烟草最重要的一类化学成分之一，也正是生物碱的存在赋予了烟草作为一种嗜好作物的独特魅力。生物碱的组成和含量直接影响烟叶及其制品的品质和安全性。烟碱是栽培烟草中最主要的生物碱，其含量高低对烟叶的生理强度有决定性的影响，同时对烟叶的香味和刺激性也有显著影响；降烟碱和其他仲胺类生物碱的积累增多不仅影响烟叶的香味，而且可造成有害物质如烟草特有亚硝胺含量的攀升。因此，合理的生物碱的组成、适宜的烟碱含量是优质低害烟叶生产的必然要求，也是摆在烟草科技工作者面前的一项紧迫任务。

由于生物碱对人体的独特生理作用，自烟草被发现以来，就备受人们的关注，一直是各国生物学家、化学家、医学家等的研究对象。自 1828 年 Posselt 和 Reimann 从烟草中分离出了烟碱以来，人们对生物碱的合成、代谢、转化以及遗传、生理、生态和栽培因素对生物碱合成和积累的影响等方面做了大量研究，积累了浩瀚的知识。特别是近些年来，随着科学的发展，生物碱与品质和有害物质形成的关系被进一步揭示，成为国际烟草化学、生物等领域的研究焦点，对生物碱形成、转化的有效调节，成为实现烟叶增质减害的重要途径。本书撰写的主要目的就是 will 烟草生物碱领域的研究成果系统化，为优质低害烟叶生产实践提供新的理论指导和技术支持。

本人 1998 年到 2003 年先后在美国肯塔基大学（University of Kentucky）农学系和美国菲利普莫瑞斯烟草公司（Philip Morris USA）研究中心做博士后研究，从事烟草生物碱的代谢、转化及调节等方面的研究，积累了大量资料，取得了许多新的研究

2 烟草生物碱

结果。本书在系统总结归纳前人研究成果的基础上,还重点融入了近年来本人及同仁们新的研究结果,以充分反映烟草生物碱研究领域的最新进展。

本书共分八章,第一章阐述了烟草生物碱对人体的作用和进行生物碱研究的意义;第二章为烟草生物碱的种类以及烟草不同种、不同栽培类型生物碱含量的差异及在植株不同部位的分布;第三章论述了烟草生物碱的生物合成过程和调节机理;第四章为生物碱在植株体内的代谢和转化,重点讨论了烟碱去甲基向降烟碱转化;第五章专题讨论了生物碱的亚硝化反应和烟草特有亚硝胺的形成;第六章论述了生物碱在烟草生长发育、烟叶调制和陈化过程中的变化;第七章和第八章主要讨论了生物碱的遗传及化学因素、生态和栽培因素对生物碱合成、代谢和积累的调节。

本书在编写过程中参阅了国内外同仁们在烟草生物碱研究方面的研究成果,特对他们表示感谢。本人在美国肯塔基大学和菲利普莫瑞斯烟草公司从事博士后研究期间,得到 Lowell Bush 博士、Harold Burton 博士、Gary Palmer 博士、Neil Fannin 博士、Walter Hempfling 博士、Gordon Bokelman 博士、Mark Krauss 博士、Jia Wang 博士、Geoffrey Chen 博士、Mingwu Cui 博士等大量无私无价的指导和帮助,使本人在生物碱领域的研究得以顺利进行,也为本书的撰写打好了铺垫,奠定了基础。德高望重的老前辈左天觉博士和朱尊权院士不仅对本人在烟草生物碱领域的研究进行指导和帮助,还对本人的工作和生活给予莫大的关怀,特对他们表示诚挚的谢意。本书编写过程中得到了郑州烟草研究院闫亚明院长、谢剑平副院长、高学林副院长、赵继先副院长、付清波副书记、于华堂高级工程师、尹启生研究员、周国柱高级农艺师以及国家烟草生理生化研究基地刘国顺教授等领导和专家的鼓励和支持,朋友们提供了大量无私的帮助,在本书出版之际,特向他们及一切关心、支持、爱护和帮助我的领导、老师、同仁和朋友们表示诚挚的感谢!

本书是首次将烟草生物碱领域的研究成果进行系统的整理,经验尚不丰富,而且时间紧,工作量大,尤其是本人学识有限,水平不高,书中不当和错误之处在所难免,敬请各位读者批评指正。愿与烟草界各位同仁一起共同为烟草科学的发展和优质低害烟叶的生产作出贡献。

史宏志

2004年2月于郑州

目 录

序一

序二

前言

第一章 绪论	1
第一节 生物碱的作用	1
一、对人体的作用	1
二、在植物体内的作用	6
第二节 研究生物碱的意义	7
一、生物碱与品质的关系	7
二、生物碱与烟叶有害性的关系	9
第二章 烟草生物碱种类与分布	12
第一节 烟草生物碱的种类	12
一、主要碱	12
二、微量碱	15
第二节 生物碱含量与分布	19
一、烟属不同种生物碱的差异	19
二、不同烟草类型生物碱的差异	23
三、烟株不同器官生物碱的差异	37
四、不同部位烟叶生物碱的差异	38
五、不同叶点生物碱含量的差异	39
第三章 生物碱的生物合成	41
第一节 生物碱的合成部位	41
一、烟碱的合成部位	41

2 烟草生物碱

二、其他生物碱的合成部位	44
第二节 生物碱的合成	44
一、烟碱的合成	44
二、新烟碱的合成	49
三、假木贼碱的合成	49
四、降烟碱的形成	51
第三节 生物碱合成的生理调节	56
一、烟碱合成的调节	57
二、降烟碱合成的调节	65
三、假木贼碱合成的调节	69
第四章 生物碱的代谢积累与转化	71
第一节 烟草体内生物碱的代谢	72
一、生物碱代谢的周转速率	72
二、生物碱代谢的途径与产物	73
第二节 烟碱向降烟碱转化	77
一、烟碱向降烟碱转化对烟叶化学成分和品质的影响	78
二、烟碱转化株的比例和转化程度	82
三、烟碱转化的时期	86
四、烟碱转化株的鉴别	89
第五章 生物碱的亚硝化反应	94
第一节 烟草特有亚硝胺的种类及含量	94
一、烟草特有亚硝胺的种类	94
二、烟草特有亚硝胺的含量	96
第二节 烟草特有亚硝胺与前体物的关系	106
一、TSNA 的前体物	106
二、TSNA 与前体物之间的关系	108
第三节 烟草特有亚硝胺的形成	112
一、烟草特有亚硝胺的生物合成	112
二、烟草特有亚硝胺的形成时期	115

第六章 生物碱含量的动态变化	121
第一节 种子萌发过程中生物碱含量的变化	121
一、种子萌发过程中幼苗生长的基本过程	121
二、生物碱含量的变化	121
第二节 烟叶生长成熟过程中生物碱含量的变化	123
一、烟叶生长和成熟的基本过程	123
二、生物碱含量的变化	126
第三节 烟叶调制和陈化过程中生物碱的变化	129
一、烟叶调制和陈化的基本过程	129
二、生物碱含量的变化	135
三、微量碱含量的变化	139
第七章 生物碱的遗传与化学调节	145
第一节 生物碱的遗传	145
一、普通烟草的进化与生物碱	145
二、总生物碱含量的遗传	147
三、烟碱去甲基化的遗传	151
第二节 化学调节	153
一、生长素类	153
二、茉莉酸	157
三、多胺代谢抑制剂	164
四、乙烯	166
五、激素类物质的互作	167
第八章 生态和栽培因素对生物碱的影响	169
第一节 生态因素对生物碱的影响	169
一、光照	169
二、温度	172
三、土壤	174
四、水分	176
第二节 栽培因素对生物碱和品质的影响	177

4 烟草生物碱

一、施肥	178
二、灌水	187
三、打顶除芽	189
四、密度	192
五、培土	194
 参考文献	 195

第一章 绪 论

生物碱是存在于动植物体内含有氮杂环的碱性有机化合物。生物碱在烟草及其制品中有特殊的地位，它不仅是烟草重要的品质要素，而且规定了烟草作为一种商品的特质。烟碱是烟草中最重要生物碱，它的存在赋予烟草及其制品以独特的魅力。自从1492年烟草在美洲大陆被发现以后，逐渐传遍欧洲及世界各地。数百年来，人们吸食烟草，形成了一种丰厚的文化，烟草业虽历经磨难，然经久不衰。人们之所以对烟草情有独钟，与烟碱的独特作用是密不可分的。

第一节 生物碱的作用

一、对人体的作用

烟草是富含生物碱的植物，烟草中有多种生物碱。栽培烟草属于烟碱积累型，烟碱占总生物碱的比例一般在92%以上。人们吸食烟草主要是为了获取烟碱，生物碱对人体的作用也主要体现在烟碱上，主要包括以下几方面：

（一）生理作用

人体具有多种烟碱结合位点，特别是在神经系统。烟碱胆碱能受体（nicotinic cholinergic receptor）是主要的烟碱作用位点，作为一种多重离子通道，其结构十分复杂，包括许多突触前和突触后位点，尤其是在中枢神经系统。烟碱结合后，受体失去极性，导致细胞内 Ca^{++} 、 Na^{+} 离子的流入，为多种化学信使的释放提供了离子基础。此外，烟碱与大脑中存在的重要神经递质乙酰胆碱在结构和功能上具有很大的相似性，可代替乙酰胆碱的作

用。因此，烟碱对人体的重要生理作用是使人的神经系统兴奋。

当吸烟时，烟碱挥发后与口腔和鼻腔黏膜接触，进而进入血液，与人体的烟碱受体结合，引起生理反应，主要表现为：

提神：吸烟后吸烟者感到精神饱满，精神振奋。

醒脑：提高人的反应能力，增强记忆力，促进思维活跃，增加灵感。

镇静：缓和紧张、焦虑、不安情绪和恐惧感。

（二）医疗作用

烟草的医药用途和治疗作用在我国和西方医学与药物学中都有记载。我国明末张景岳著《本草纲目拾遗》一书中提到烟草流行过程时说：“征滇之役，师旅深入瘴地，无不染病，独一营安然无恙。问其故，则众皆服烟。”明末人姚旅《露书》卷十“错篇”烟草载“……烟从管中入喉，能令人醉，可避瘴气”。

烟草在吸味上，有苦、辣、酸、甘、涩五味。烟气吸入腹内，有温、热的感觉。据清朝黄宫绣所著《本草求真》所述，烟草“性温、性热。在表则能散阴助阳。如山巅恶毒瘴湿，而致腠理闭塞，筋骨痹痛，服此可以见效。在里则能开胃和中”。凡因风寒食滞而致霍乱呕吐，宿食难消，鼓胀郁结，下陷后坠，吸烟即可有所好转。又因烟草性温、性热，当烟气入口后，即能令人全身舒适。

烟草还可作镇痛剂。将鼻烟用胶布贴于脚趾、体侧、面部和漆盖表面，镇痛十分有效。烟草治疗风寒、骨节炎、关节炎、偏头痛也有一定效果。1559年驻葡萄牙宫廷的法国大使尼古特让王后服用烟草后，头痛病大轻，对烟草的传播发展起到了很大作用。1666年英国伦敦发生瘟疫，烟草被用作预防药品，让儿童携带上学，老师教他们如何抽烟。德国汉堡的一次霍乱流行中，该城烟厂的工人无一得病。

现代医学证明烟草对防治帕金森病、阿尔茨海默病（老年痴呆症）和溃疡性结肠炎等老年病有一定的作用。流行病学家是在

20 世纪 60 年代末期发现吸烟有助于防病的。当时的研究报告表明，美国的退役军人中很少有人患帕金森病。1975 年瑞典研究人员发现吸烟可提高人的大脑功能。到 80 年代中期，流行病学家又发现吸烟者不易得阿尔茨海默病，尤其是能减少患遗传性阿尔茨海默病的风险。据英国《新科学家》周刊 1993 年 10 月 9 日报道，一些流行病学研究表明，吸烟者患帕金森病、阿尔茨海默病和溃疡性结肠炎的比例明显低于不吸烟者。吸烟似乎还能预防风湿性关节炎、某些癌症和其他一些疾病。

这些发现促使流行病学家、分子生物学家和神经病学家寻找新的理论来解释。一种理论认为，帕金森病是由环境中的毒性物质引起的，卷烟中的成分可以抵消这些毒性物质的危害。有人认为烟碱对帕金森病的防治机理是烟碱对大脑中的多巴胺生神经细胞有直接的保护作用；或者烟碱可刺激多巴胺生神经细胞的产生；或者可直接活化这些细胞。美国克利夫兰医院阿尔茨海默病中心主任纳德·怀特豪斯认为：烟草中的某些物质与脑细胞的死亡方式有直接关系，它不仅能改善脑细胞的活动能力，而且能延缓脑细胞的死亡。另一种理论认为，烟碱与乙酰胆碱之间的关系也许能解释为什么吸烟者不易得阿尔茨海默病。乙酰胆碱是把神经冲动从一个脑细胞传向另一个脑细胞的重要化学物质之一，它可以刺激细胞中的两种不同的“接收元”，其中的一种接收元还可用曹毒碱给予刺激，而另一种可以用烟碱刺激。阿尔茨海默病患者大脑中的乙酰胆碱明显减少。研究人员认为，烟碱的作用也许能阻止脑功能的恶化。

美国杜克大学的研究人员发现，烟碱有助于治疗注意力分散病。注意力分散病的表现为多动、易冲动和在执行某项任务或进行某项活动时不能集中注意力，它影响到数百万小学生的行为状态。药物学家的动物实验表明，用烟碱处理过的动物的记忆力和注意力均比不用烟碱的动物好。

美国加利福尼亚大学的一项研究表明，一些人在戒烟后体重增