



面向 21 世纪 课 程 教 材  
Textbook Series for 21st Century

# 烟 草 化 学

王瑞新 主编

中 国 农 业 出 版 社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

烟草化学/王瑞新主编. —北京: 中国农业出版社,  
2003.6

面向 21 世纪课程教材

ISBN 7-109-08201-6

I. 烟... II. 王... III. 烟草质量化学-高等学校-  
教材 IV. TS41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 042636 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 毛志强

---

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2003 年 7 月第 1 版 2003 年 7 月北京第 1 次印刷

---

开本: 787mm×960mm 1/16 印张: 20

字数: 348 千字

定价: 26.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

# 烟草专业“面向 21 世纪课程教材”编委会

主 任 韩锦峰

副主任 王彦亭 陈海如

委 员 (以姓氏笔画为序)

于建军 马继盛 王彦亭 王瑞新

刘国顺 闫克玉 孙新雷 杨铁钊

李正跃 吴元华 陈海如 赵献章

官长荣 谈 文 韩锦峰

**主 编** 王瑞新 (河南农业大学)  
**副主编** 韩富根 (河南农业大学)  
          卢 红 (云南农业大学)  
          闫克玉 (郑州轻工业学院)  
**参 编** 杨素勤 (河南农业大学)  
          周 焱 (贵州大学)  
          朱国成 (驻马店卷烟厂)

# 总 序

“烟草”在我国是一个大行业。我国烤烟种植面积和总产量都居世界首位，发展优质烟叶不管是对烟农还是对卷烟工业都是十分重要的。

但是，烟草又是一种备受争议的作物，吸烟对人体健康未必有什么好处。因此，生产出优质低害的烟叶尤其重要，培养解决这些问题的人才自然是迫切的任务了。长期以来国内还没有全国性的烟草类规划教材，在国家烟草专卖局科技司与中国农业出版社教材中心的大力支持下，全国 11 所高等院校的 60 多位专家教授，在原有自编教材的基础上，进行整合与创新，合作编写了这套烟草专业“面向 21 世纪课程教材”。

这套教材共 10 册，包括河南农业大学韩锦峰主编的《烟草栽培生理》，河南农业大学刘国顺主编的《烟草栽培学》，河南农业大学杨铁钊主编的《烟草育种学》，河南农业大学谈文、沈阳农业大学吴元华主编的《烟草病理学》，河南农业大学马继盛、云南农业大学李正跃主编的《烟草昆虫学》，河南农业大学官长荣主编的《烟草调制学》，郑州轻工业学院闫克玉、河南农业大学赵献章主编的《烟叶分级》，河南农业大学于建军主编的《卷烟工艺学》，河南农业大学王瑞新主编的《烟草化学》、郑州大学孙新雷主编的《烟草商品学》，内容基本涵盖了烟草行业的方方面面。

书中的很多数据与理论既是我国广大师生、科技人员的研究成果，同时也是当今国内外烟草领域最新的科技成果与现代技术。该系列教材不但科学地定了单本教材的内容，又注重单本教材之间的承启关系。所以，该系列教材不但可以作为普通高等院校本科教材，也可作为烟草行业的技术培训教材，既可以整套选用，也可根据需要选择单本或其中几本使用。

韩锦峰

2003 年 4 月

# 前 言

烟草是世界上最广泛种植的商业性非食物叶用经济作物，卷烟是嗜好性消费品，世界贸易对烟草市场的竞争焦点是烟草及其制品的质量。烟草及其制品的质量，是一个复杂的综合性概念，包括外观质量、内在质量、物理特性、化学成分和安全性等诸多方面，各方面质量指标间的协调平衡程度决定着其使用价值，即可用性。因此，研究其质量和可用性要综合考虑多方面的因素。外观质量用分级因素来鉴定，内在质量用评吸来鉴定，这些感官鉴定经验性和技术性强，难免存在一定的主观性和随意性。而外观质量和内在质量又都是烟草化学成分在外观特征和烟气特征上的表现，这种表现具有一定规律性和普遍性。人们在吸食卷烟的同时，也或多或少地摄取了某些烟草化学成分，而作为具有生物活性的天然化合物，它们会对人类的健康产生一定影响。因此，无论从用化学成分评价烟草及其制品质量和安全性考虑，还是从可再生资源的利用角度看，烟草化学成分均是很值得人们关注、研究和开发利用的天然化合物。加之分析化学的理论和技术的迅速发展，烟草化学很快发展成为一门新兴的学科。同时，现代测试技术的飞速发展和烟草行业的巨大变革，既为烟草化学的发展提供了条件，又给烟草化学提出了新的要求。

本书围绕烟草及其制品化学成分的种类这个中心内容编写而成，叙述了相关化学成分的结构、性质及其影响因素；论述了有关化学成分对烟质的影响；介绍了化学成分在烟草发酵、陈化过程中有可能发生的化学变化及其变化机制；收录了烟草主要化学成分的测定方法；适当介绍了一些相关交叉学科的研究动向。这对于以烟草化学成分检测为手段，来检验提高烟草及其制品质量和安全性的相关技术措施的有效性；以烟草化学研究为依据，指导工农业生产，提高烟草及其制品质量和安全性的目的具有重要的学术价值和实践意义。这正是本书尽力追求的目标。

本书除绪论外共十一章。绪论由河南农业大学王瑞新编写；第一章、第二章由郑州轻工业学院闫克玉编写；第三章、第四章、第六章由河南农业大学韩富根编写；第五章、第九章、第十章由云南农业大学卢红编写；第七章由驻马店卷烟厂朱国成编写；第八章由贵州大学周焱编写；第十一章由河南农业大学杨素勤编写。全书由王瑞新审阅统稿。

编写本书过程中参阅了许多专家、学者的研究成果，在此谨向有关专家和学者致以衷心感谢。

烟草化学涉及学科面较广，其知识体系和内容尚在完善之中，由于作者水平有限，书中错误和不当之处在所难免，敬请读者指正。

编者

2003年2月于郑州

# 目 录

总序

前言

绪论	1
一、烟草化学的形成和发展	1
二、烟草化学的研究内容	3
三、烟草化学研究的重要意义	4
第一章 烟草水分	6
第一节 烟叶水分的存在形态	6
一、烟叶水分的来源	6
二、烟叶水分的存在形态	7
第二节 烟叶的吸湿性和平衡水分	8
一、烟叶的吸湿性	8
二、烟叶的平衡水分	10
三、烟叶吸湿性和平衡水分的影响因素	10
第三节 烟草水分的表示方法	13
第四节 烟叶水分对加工质量的影响	14
思考题	15
第二章 烟草糖类	16
第一节 单糖	17
一、单糖的结构	17
二、单糖的性质	21
第二节 低聚糖	23
一、低聚糖的结构	23
二、一般性质	24
三、常见的二糖	24



第三节 多糖 .....	26
一、淀粉 .....	26
二、纤维素 .....	29
三、半纤维素 .....	32
四、果胶质 .....	32
五、烟草细胞壁物质 .....	34
第四节 烟草中糖类物质的变化 .....	34
一、在生长发育过程中的变化 .....	34
二、在调制过程中的变化 .....	36
第五节 烟草中糖类物质的分布 .....	37
一、烟草种子和烟叶中的糖类 .....	37
二、水溶性总糖和还原糖 .....	38
三、不同类型烟草的含糖量 .....	38
四、不同部位烟叶的含糖量 .....	40
五、不同等级烟叶的含糖量 .....	40
第六节 糖类物质对烟质的影响 .....	42
一、水溶性糖的影响 .....	42
二、淀粉的影响 .....	44
三、纤维素的影响 .....	44
四、果胶质的影响 .....	44
思考题 .....	44
<b>第三章 烟草含氮化合物</b> .....	<b>46</b>
第一节 烟草氨基酸 .....	46
一、氨基酸的结构和性质 .....	46
二、烟草中的氨基酸 .....	47
第二节 烟草蛋白质 .....	50
一、蛋白质的结构和性质 .....	50
二、烟草中的蛋白质 .....	51
第三节 烟草氨、酰胺、胺类 .....	55
一、氨 .....	55
二、酰胺 .....	55
三、胺类 .....	56
第四节 烟草其他含氮化合物 .....	57

一、硝基化合物 .....	57
二、腈和异腈 .....	58
三、含氮农药 .....	60
第五节 主要含氮化合物对烟质的影响 .....	60
一、氨基酸对烟质的影响 .....	60
二、蛋白质对烟质的影响 .....	62
三、氨、酰胺、胺类对烟质的影响 .....	63
思考题 .....	64
<b>第四章 烟草生物碱 .....</b>	<b>65</b>
第一节 生物碱概述 .....	65
第二节 烟草中的生物碱 .....	67
一、烟草生物碱的种类 .....	67
二、烟草生物碱的存在状态与影响因素 .....	68
第三节 烟草主要生物碱的结构和性质 .....	68
一、烟碱的结构和性质 .....	68
二、其他烟草生物碱的结构和性质 .....	71
第四节 我国烟叶和卷烟主要生物碱含量及组成比例 .....	72
一、不同类型烟叶主要生物碱含量及组成比例 .....	72
二、不同类型卷烟主要生物碱含量及组成比例 .....	75
第五节 烟草主要生物碱对烟质的影响 .....	77
一、烟碱对烟质的影响 .....	77
二、烟草特有亚硝胺 .....	79
思考题 .....	83
<b>第五章 烟草色素 .....</b>	<b>84</b>
第一节 烟草绿色素 .....	84
一、叶绿素的结构 .....	84
二、叶绿素的性质 .....	86
三、叶绿素对烟质的影响 .....	86
第二节 烟草黄色素 .....	88
一、类胡萝卜素的结构 .....	88
二、类胡萝卜素的性质 .....	90
三、类胡萝卜素对烟质的影响 .....	91

第三节 烟草黑色素 .....	96
一、多酚类色素 .....	96
二、烟草类黑素 .....	97
思考题 .....	98
第六章 烟草香味物质 .....	99
第一节 烟草有机酸 .....	99
一、羧酸的结构和性质 .....	99
二、烟草中主要的有机酸 .....	100
三、有机酸对烟质的影响 .....	104
第二节 烟草酚类化合物 .....	106
一、酚的结构和性质 .....	107
二、烟草中的酚类化合物 .....	107
三、酚类化合物对烟质的影响 .....	112
第三节 烟草脂质类化合物 .....	114
一、烟草石油醚提取物 .....	114
二、油脂和脂肪酸 .....	114
三、类脂 .....	115
四、烟草中主要脂质类化合物 .....	118
五、脂质类化合物对烟质的影响 .....	121
第四节 烟草甾醇类化合物 .....	121
一、甾醇的结构和性质 .....	121
二、烟草中的甾醇类 .....	123
三、甾醇类化合物对烟质的影响 .....	124
第五节 烟草萜类化合物 .....	124
一、烟草中的萜类化合物 .....	125
二、萜类化合物对烟质的影响 .....	128
第六节 烟草杂环类化合物 .....	128
一、吡咯类 .....	129
二、吡啶类 .....	129
三、咪唑类 .....	130
四、吡嗪类 .....	130
五、稠环类 .....	131
六、主要杂环类化合物对烟质的影响 .....	132

第七节 烟草醇类化合物 .....	134
一、烟草中的醇 .....	134
二、醇类化合物对烟质的影响 .....	134
第八节 烟草酯类和内酯化合物 .....	136
一、烟草中的酯和内酯 .....	136
二、酯类和内酯化合物对烟质的影响 .....	137
第九节 烟草羰基类化合物 .....	139
一、烟草中的醛和酮 .....	139
二、醛和酮对烟质的影响 .....	141
思考题 .....	144
<b>第七章 烟草矿质元素 .....</b>	<b>145</b>
第一节 烟草的元素组成 .....	145
第二节 矿质元素的吸收 .....	145
第三节 我国烤烟元素组成状况 .....	146
一、大量元素含量 .....	146
二、中量元素含量 .....	148
三、微量元素含量 .....	149
四、其他元素 .....	151
第四节 烟草灰分 .....	152
一、烟草灰分的概念 .....	152
二、烟草灰分与烟草类型的关系 .....	152
三、烟草灰分与烟叶部位等的关系 .....	153
第五节 烟草燃烧性 .....	156
一、烟草燃烧性 .....	156
二、影响因素 .....	156
思考题 .....	158
<b>第八章 烟草的质量与化学指标 .....</b>	<b>159</b>
第一节 烟草的质量概念 .....	159
一、外观质量 .....	159
二、内在质量 .....	162
三、物理特性 .....	163
四、化学成分 .....	165

五、安全性 .....	168
第二节 化学指标 .....	170
一、主要化学指标 .....	170
二、评定烟质的经验指标 .....	171
思考题 .....	174
第九章 烟叶发酵的化学原理 .....	175
第一节 烟叶发酵概述 .....	175
一、烟叶发酵的重要意义 .....	175
二、烟叶发酵的概念 .....	175
三、烟叶发酵机理 .....	176
四、烟叶发酵技术 .....	178
第二节 烟叶发酵过程中的变化 .....	180
一、发酵过程中干物质的损耗 .....	180
二、发酵过程中糖类化合物的变化 .....	182
三、发酵过程中含氮化合物的变化 .....	183
四、发酵过程中其他化学成分的变化 .....	184
第三节 烟叶发酵过程中的非酶棕色化反应 .....	186
一、非酶棕色化反应机理 .....	187
二、影响非酶棕色化反应的条件 .....	193
三、非酶棕色化反应产物中的代表性香味物质 .....	195
第四节 烟叶发酵过程中萜烯类化合物的降解和香气物质的形成 .....	196
一、类胡萝卜素降解机制和香气物质的形成 .....	196
二、西柏烷类化合物降解机制和香气物质的形成 .....	202
三、赖百当类化合物降解机制和香气物质的形成 .....	204
思考题 .....	205
第十章 卷烟烟气的形成及其理化性质 .....	207
第一节 烟支的燃烧 .....	207
一、主流烟气和侧流烟气 .....	207
二、烟支燃烧时的温度分布 .....	209
三、烟支燃烧特性 .....	212
四、主要化学反应 .....	214
五、烟气气溶胶的形成 .....	216

第二节 标准吸烟条件和烟气的收集 .....	218
一、标准吸烟条件 .....	218
二、主流烟气的收集 .....	220
三、侧流烟气的收集 .....	225
第三节 烟气气溶胶的物理特性 .....	227
一、粒子大小 .....	227
二、粒数浓度 .....	228
三、粒子电荷 .....	228
第四节 卷烟烟气的主要化学成分 .....	229
一、主流烟气的化学成分 .....	229
二、气相组分的化学成分 .....	230
三、粒相组分的化学成分 .....	231
四、侧流烟气和主流烟气中化学成分的比较 .....	234
第五节 烟气化学成分与烟叶化学成分的关系 .....	235
一、烟叶主要成分在高温下的变化 .....	235
二、烟叶和烟气中化学成分比较 .....	241
思考题 .....	242
<b>第十一章 烟草化学分析 .....</b>	<b>244</b>
<b>实验一 烟草样品的采集和制备 .....</b>	<b>244</b>
一、烟叶的采样方法 .....	244
二、分析样品的制备 .....	245
三、分析样品的保存 .....	246
<b>实验二 烟叶样品水分的测定 .....</b>	<b>246</b>
一、常压恒温干燥法 .....	247
二、减压低温干燥法 .....	247
三、注意事项 .....	248
<b>实验三 烟叶中总灰分的测定 .....</b>	<b>248</b>
<b>实验四 烟叶中钾的测定 .....</b>	<b>250</b>
一、四苯硼钠重量法 .....	250
二、火焰光度法 .....	252
<b>实验五 烟叶中钙、镁的测定 .....</b>	<b>253</b>
一、EDTA 容量法 .....	253
二、原子吸收分光光度法 .....	255

实验六 烟草中氯含量的测定 .....	256
实验七 烟草中总氮的测定 .....	258
实验八 烟草中水溶性糖的测定 .....	260
一、还原性糖测定——伯川法 .....	260
二、还原性糖测定——苦味酸比色法 .....	268
三、烟叶中总糖量的测定 .....	269
实验九 烟叶中蛋白质的测定 .....	269
一、间接计算法 .....	270
二、间接测定法 .....	270
实验十 烟草中总烟碱的测定 .....	271
一、紫外分光光度法 .....	271
二、硅钨酸重量法(沉淀法) .....	272
三、提取脱色法测定烟叶中烟碱 .....	274
四、烟碱测定方法比较 .....	275
实验十一 烟叶中挥发性碱的测定 .....	275
实验十二 烟草中有机酸总量的测定 .....	277
一、酸碱中和法 .....	278
二、自动电位滴定法 .....	279
实验十三 烟叶中挥发酸的测定 .....	279
实验十四 烟叶中酚类物质的测定——福林法 .....	280
实验十五 烟叶中叶绿素和类胡萝卜素的测定 .....	281
实验十六 烟叶中脂肪的测定 .....	283
一、油重法 .....	283
二、残余法 .....	285
实验十七 烟叶中挥发油的测定 .....	286
实验十八 卷烟烟气分析 .....	287
一、卷烟烟气分析的准备 .....	287
二、烟气中总凝聚物的测定 .....	289
三、总粒相物中水分的测定 .....	291
四、总粒相物中烟碱的测定 .....	294
五、卷烟烟气中 CO 的测定 .....	295
主要参考文献 .....	298

# 绪 论

烟草是世界上最广泛种植的商业性非食物叶用经济作物，它是嗜好性消费品。许多国家的财政和经济政策中烟草所占的地位引人注目。在世界贸易竞争日益激烈和不断遭到危害健康的谴责声中，烟草的消费量依然稳定在一定水平上。

## 一、烟草化学的形成和发展

烟草化学的形成与人们对烟草及其制品的质量意识不断增强密不可分，烟草化学的发展又几乎是和其他科学领域的发展过程及新仪器、新的检测技术的应用与发展同步的。传统的烟草及其制品的质量概念包括色、香、味三个方面，即色泽美观，香气浓郁，吃味醇和，无杂气和刺激性。这实际是感官质量的两个方面，即从外观质量和内在质量（评吸质量）评价烟草及其制品质量的优劣程度。20世纪初，已对烟草的化学组成和大类的划分有了基本的了解，到了20世纪30年代，一些研究工作者试图从烟草化学成分与烟质的关系探讨能够评定烟质的客观指标。1936年布吕克纳尔（H.Bruckner）根据烟草中各种成分对烟质的影响提出了烟草品质指数计算公式，1948年底利基（C.Pyrki）又在此基础上进行了简化。这两种烟草品质指数计算公式均是把对烟草品质起好作用的化学成分作为分子，起坏作用的化学成分作为分母，比值大表示烟叶质量好，比值小表示烟叶质量差。1953年施木克（Schmuck）提出以水溶性糖和蛋白质含量之比衡量烤烟和香料烟质量，称其比值为施木克值，在一定范围施木克值大，烟叶质量好。他们提出的表示烟叶质量的经验式对评价烟叶质量具有一定参考价值，又有很大的局限性。烟草品质指数似乎仅是有利成分和不利成分量的简单叠加，而忽视了不同化学成分对烟质影响的大小。施木克值实际上是一个酸碱平衡协调性的指标，而忽视了无论糖和蛋白质含量过高或过低，都会影响调制和陈化过程中糖类和氨基酸所进行的非酸棕色化反应正常进行，该反应过程的产物的一部分是致香物质。尽管如此，这些研究工作还是为烟草化学的形成奠定了一定的基础。

烟草的化学组成复杂，仅以某些化学成分作为评价烟草品质指标难以全面



反映烟草及其制品的质量，烟草经过燃烧产生的烟气才能最终反映烟质。早在20世纪30年代，烟气化学成分与烟草制品质量的关系也受到了重视，然而由于当时缺乏先进测试仪器和技术，研究进展缓慢。20世纪50年代“吸烟与健康”问题提出以后，在时起时伏的反吸烟浪潮冲击下，许多国家的卫生部门、医学团体和科研单位都开展了吸烟与健康问题的广泛研究，与此同时，由于烟草工业的变革和烟草科技进步，许多新工艺、新技术、新材料、卷烟新产品的出现，精密吸烟机的诞生，标准吸烟条件的确定，分离技术的改进，先进检测仪器的使用，测试分析灵敏度、准确度和检测速度的提高，都为进行烟草和烟气的化学成分研究创造了条件。化学、生物、医学和烟草等学科的科学家们一起，运用当代最新的测试技术和方法，比较全面地分析了烟叶和烟气的化学成分，探讨了相应的化学反应机制，使人们对烟草和烟气成分与烟质关系有了比较全面的认识，至此，烟草化学才发展成为一门独立的学科。

目前，科学家们利用色谱、光谱、质谱、气质联用等现代分析技术和检测手段，经过各方科学家的不懈努力，已经鉴定出烟草和烟气中的数千种化学成分及其含量。对于卷烟的燃烧机制和复杂的化学反应也有了新的认识。随着现代分析技术的飞跃发展和科学家的创新研究工作的深入，烟草和烟气中的化学成分还将有新的发现，这些研究都已为还将为烟草化学的发展做出重大的贡献。

烟草的香味是评定烟草及其制品质量的重要指标，也是烟草消费群体一直追求的。研究烟草香味形成的化学过程的本质又是烟草科学工作者最感兴趣的问题。由于形成烟草香味的物质种类繁多，每种香味成分含量极微，各种致香成分间又存在极其复杂的相互作用，直到20世纪60年代初，对此只有肤浅的认识，而进行系统和深入的研究则在20世纪70年代以后。关于烟草香味成分的研究进展，史宏志等（1998）在他的著作《烟草香味学》已作了详尽说明。在这里我们对一些重要的发现给予介绍，这对认识烟草香味和将来的研究可能有所启迪。从遗传背景和区域不同进行研究，对不同品种类型和不同区域的烟草香气类型进行了划分，从而找出了烟草香味成分的影响因素为：①烟草的遗传背景；②烟草的生长条件；③采收后的调制方法；④烟叶调制后的发酵、陈化过程。从烟草与烟气质量和香味化学成分的关系研究，J.C. Leffingwall（1976）将烟叶中形成香气物质的前体物归纳为5类：①异戊间二烯类和降异戊间二烯类；②苯丙氨酸和木质素代谢产物；③类脂的代谢产物；④糖和氨基酸反应产物；⑤生物碱及其转化产物。这些物质的转化是烟草香味物质的主要提供者。烟草在农业生产和工业加工中形成香味物质的机制可能涉及：①酶的水解；②氧化转化；③常温非酶的转化；④因热引起的非酶转化，形成吡嗪的