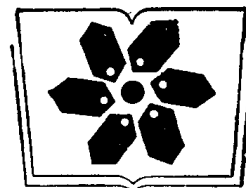


# 天然产物化学

徐任生 主编

科学出版社





中国科学院科学出版基金资助项目

# 天然产物化学

徐任生 主编

科学出版社

1997

## 内 容 简 介

本书扼要叙述各类主要天然产物的化学结构、特征,其结构的近代研究方法及其某些全合成与生物合成途径。内容包括植物与中草药的各类化学成分,也包括海洋生物、昆虫激素及信息素;不仅有常见的天然产物成分分离方法与结构测定,也包括立体化学和化学反应;还收录了近几年的最新资料与质谱、核磁共振等新技术在结构研究中的应用;同时尽量采纳我国科学家的研究成果为资料。因此,本书是一本具有我国特色的较新颖的天然产物化学参考书,可供天然有机化学、天然药物化学、中草药化学及植物学与昆虫学等有关专业的研究生与科研及教学人员参考。

## 天 然 产 物 化 学

徐任生 主编

责任编辑 杨淑兰 胡华强 尚久方

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1993年12月第一版 开本: 787×1092 1/16  
1997年6月第二次印刷 印张: 61 1/4 插页: 1  
印数: 701—2700 字数: 1 406 000

ISBN 7-03-002505-9/O·469

定价: 98.00元

# 天然产物化学

主 编

徐 任 生

编著人员(按姓氏笔画为序)

方圣鼎	孔繁华	刘嘉森	应百平
陈仲良	周炳南	胡昌奇	徐任生
贺贤国	潘德济		

## 编 者 的 话

我国地域辽阔,动物、植物、微生物等天然产物资源十分丰富,且中草药应用历史悠久,因而天然产物化学研究有着得天独厚的基础,天然产物已成为我国有机化学与药物化学研究的重要对象。许多高等院校与研究机构都设置了天然药物化学、天然产物化学、中草药化学或植物化学研究室或教研室,先后招收了研究生,我国天然产物化学的研究成果愈来愈引起国际上的重视。然而到目前为止有关的中文参考书籍却很少,已出版的几本“中草药化学”仅用作大学教材,1977年科学出版社出版的林启寿先生的《中草药成分化学》虽然具有较大参考价值,但亦已显得不足,因此迫切需要一本能反映最新资料并能包括核磁共振等新技术在天然产物化学中应用的中文参考书籍,供研究生与有关科研与教学人员参考。为适应这一需要,在科学出版社倡议下,我们根据国内外有关资料结合自己的科研与教学经验总结编写了这本书。天然产物内容十分广泛,我们没有打算收集所有资料,编写所有各类天然产物,只求主要能反映常见的各类化合物的分离、结构、特征,其结构的近代研究方法,包括立体化学、化学反应、各种谱学方法以及一些全合成与生物合成。内容力求简洁、扼要,又能提供一些有关的基本资料与原始文献,在可能情况下尽量采纳我国科学家自己的研究成果,使本书具有中国的特色,使读者掌握天然产物化学研究的基本要领。本书除编写了中草药中常见的生物碱等各类化合物外,还编写了海洋生物、昆虫激素、信息素及生物合成与生物转化等章节,同时编写了结构研究中常用的化学方法,还以中西香爾的“Natural Products Chemistry”(天然产物化学)一书中常用光谱与波谱的章节为蓝本,编写了一些近代谱学技术的应用与主要数据一节,以便于读者参考。本书各章节编写人员均为对该章节内容比较熟悉、掌握资料较多或研究较多的研究人员或教学人员,都是中国科学院上海药物研究所与上海医科大学药学院的正副研究员与副教授。为便于作者能独立发挥,不加过多限制,本书未强求全书统一,亦未作过多删节,各章可自成体系,因此难免有些地方重复,但侧重的方面不同,资料来源不同,仍具有不同的参考价值。由于编写时间匆促,而质谱、核磁共振二维谱等新技术的发展日新月异,编写出版时间也拖得较长,因此当本书出版发行时许多内容可能又不够新颖,此外不少地方可能有错误,万望读者给予批评、指正,以便今后有机会再版时修改与补充。本书承中国科学院学部委员、上海有机化学研究所周维善先生审校与推荐,承中国科学院学部委员、上海药物研究所名誉所长高怡生先生书写前言,编写出版过程中得到科学出版社与中国科学院上海药物研究所有关领导与工作人员及上海药物研究所植物化学研究室科技人员与研究生们的大力支持,索引由叶阳统一编排,在此一并致谢。

徐任生

1989.5.1.

## 前 言

有机化学起源于研究天然产物。天然产物化学研究不仅对建立有机化学学科起了奠基的作用,而且对发展该学科仍在不断地作出巨大的贡献。以后的煤焦油、合成有机化学、理论有机化学等研究陆续兴起和发展,有机化学范围与内容乃日渐扩充,分支学科遂相继形成,其中天然产物化学已是公认的一个分支学科。

天然产物化学虽常被认为是理论研究,但推动本学科发展的主要动力应该仍是实际应用。如人们设想能否以人工合成自古以来应用的天然染料,如靛蓝、花青素,天然药物,如喹啉、吗啡,以及以后发现的甾体激素、维生素等,以满足人类的大量需要。当然要合成这些物质,首先就要阐明它们的化学结构,20世纪上半叶即集中于此一项目研究。在此期间很多出色的科学家付出艰巨努力,主要利用经典的化学方法,终于解决了不少结构复杂的天然产物结构。50年代前后合成工作蓬勃发展,不久,结构已知的、特别是有实用价值的天然产物得以合成成功,甚至从结构改造出发而合成了有用的代替品。应该说天然产物化学研究主要仍是提取与结构阐明两大范围。有机全合成工作实际乃属于和有机合成化学家所共有的研究领域,而结构改造多为药物化学家与应用化学家的领域了。随着时间的推移,提取工作的探索从高含量成分逐步发展到微量成分,结构的阐明也是从简单到复杂。为了解决这些难度逐步提高的问题必然要求发现新方法、新技术和新理论,而所获得的新成就又反过来丰富了有机化学学科,也丰富了物理学科和技术学科。

生物化学建立后,已将大分子天然产物如蛋白质、多肽、核酸、多糖等纳入其学科范围。目前所研究的天然产物一般包括分子量一千以下或一千左右的化合物。但事实上所谓大分子也多系小分子重复叠加化合而成。所以凡来源于生物体的分子均应属近年来出现的生命科学范围。可以说天然产物化学研究不但对医用、日用等方面有贡献,而且其更远大的作用还是对生物的生命起源和生理活动作用的解释作出应有的贡献。它的前途是不可限量的。

我国有机化学研究的创立与发展过程也与天然产物化学学科有密切的关系。20年代后期国内方有现代有机化学研究,从西方留学归来的少数有机化学工作者多半首先投入天然有机化学研究,特别是中草药化学成分的提取与鉴定。原因或许是中草药原料国内易于获得,同时所需化学试剂种类简单之故。虽经解放前20余年的政局混乱,外侮频仍,而这一领域的研究尚断续进行着,解放后才逐渐发展扩大。工作方法仍从提取开始,不久结构研究也相继进行。由于提倡理论联系实际同时重视了与生物作用配合,使此项研究获得前进的更大动力。几十年来成果在增加,队伍在壮大,看来它已成为我国有机化学研究中的一个传统领域。进一步的要求是使我们的工作达到国际上同类工作的水平,并保持我国自己的特色,为我国的丰富资源获得经济效益,并为国际上共同关心的生命科学作出应有的贡献。

要实现这些要求,首先要在人力的数量与质量上加以提高,从理论和实验方面给予培养的机会,而提供必要的参考书则是培养的必要手段之一。当然现在国际上已有不少文

献资料可以利用,但以中文写作者甚少.徐任生教授主编的这本《天然产物化学》在安排写作方面有不同于现有国外同类书籍之处。这是一本理论与实验受到同等重视的参考书,其目的在于使初学和初次投入本领域研究的工作者,不但能初窥本领域的理论知识面貌,同时还能开始进行一定的实验室工作。本书第一章对提取工作加以择要介绍,其目的或在于此。

本书对提取、结构研究叙述较丰富。分别由本领域有多年研究经验的科学工作者执笔,并多处利用我国自己的研究工作为例,有些是作者们本身经历的工作,故具有可靠性和实用性。从写作内容也可看出我国天然有机化学研究的传统是以本国生物资源为原料,有一定目的地从提取某种生物的化学成分开始,主要寻找有生理作用的物质,也兼寻找某一化学结构类型的新化合物。这种工作路线的前途将是宽广的。近年来分离提纯与结构鉴定工作的速度均在增加。当然从大量的提取中获得已知化合物的机会也要多于未知化合物。这些已知物,特别是含量较高的,可以对它们作生物作用的筛选,也可作其他有效化合物的半合成原料。例如延胡索乙素(四氢巴马汀)是已知物,经过药理研究,已成为有经济效益的临床用药,很多甾体皂甙能作为合成有用的甾体激素的原料。虽然在国外多视此类工作方式为技术性工作,但我国工作者常乐此不疲,实系一种好的现象,愿此一传统能继续发扬光大,而本书的出版将有助于推动本项工作的顺利进行。

本书还涉及海洋天然产物、生物合成、生物转化等方面的最新进展。这些都是推动天然产物化学的理论与实践的发展所必需探索的。本领域的研究在国内外均在继续发展,相信本书在不久的将来还会经过修改补充而再版。

本书作者大都是与我相处或共同工作二三十年的同志,能为我国天然产物化学研究贡献这样一本参考书使我感到十分欣慰,同时为能写此短文作为本书的前言而深感荣幸。

高怡生

1988年2月

## 缩 写 表

Ac	acetyl	乙酰基
Am	amyl	戊基
Aq	aqueous	水
Ar	aryl	芳基
Bu	butyl	丁基
Bz	benzoyl	苄基
Chf	chloroform	氯仿
DCC	dicyclohexylcarbodiimide	二环己基碳二亚胺
DDQ	2,3-dichloro-5,6-dicyano-1,4-benzoquinone	2,3-二氯-5,6-二氰-1,4- 苯醌
dil	dilute	稀
Diox	dioxane	二氧六环
DMF	dimethylformamide	二甲替甲酰胺
DMSO	dimethylsulfoxide	二甲亚砜
Et	ethyl	乙基
LAH	lithium aluminium hydride	氢化铝锂
liq.	liquide	液体
Me	methyl	甲基
NBS	<i>N</i> -bromosuccinimide	<i>N</i> -溴代丁二亚胺
PCC	pyridine chlorochromate	氯铬酸吡啶
Ph	phenyl	苯基
Pr	propyl	丙基
PVP	polyvinylpyrrolidone	聚乙烯吡咯烷酮
Py	pyridine	吡啶
RT	room temperature	室温
t	tertiary	叔基
TFA	trifluoroacetic acid	三氟乙酸
THF	tetrahydrofuran	四氢呋喃
Tol	toluene	甲苯
Ts	<i>p</i> -toluenesulfone (PTS <i>p</i> -toluenesulfonic acid)	对甲苯磺基 对甲苯磺酸



$\Delta$	reflux or heat	回流或加热
ara	arabinose	阿拉伯糖
gal	galactose	乳糖
glu	glucose	葡萄糖
man	manose	甘露糖
rha	rhamnose	鼠李糖
xyl	xylose	木糖

# 目 录

编者的话

前言

概论.....徐任生 (1)

第一章 植物成分分离法.....方圣鼎 (4)

第一节 经典的提取和分离方法..... (4)

(一) 溶剂法 ..... (5)

1. 基本概念..... (5)

2. 提取方法..... (5)

(二) 水蒸气蒸馏法 ..... (8)

(三) 分馏法 ..... (8)

(四) 吸附法 ..... (8)

(五) 沉淀法 ..... (8)

(六) 盐析法 ..... (9)

(七) 透析法 ..... (10)

(八) 升华法 ..... (10)

第二节 结晶和重结晶.....(10)

(一) 结晶的条件 ..... (11)

(二) 结晶溶剂的选择 ..... (11)

(三) 制备结晶的方法 ..... (11)

(四) 不易结晶或非晶体化合物的处理 ..... (12)

(五) 结晶纯度的判断 ..... (12)

第三节 层析分离方法.....(13)

(一) 基本原理 ..... (14)

(二) 层析法的分类 ..... (17)

(三) 常用的层析方法 ..... (17)

1. 硅胶层析..... (17)

2. 氧化铝层析..... (20)

3. 活性炭层析..... (23)

4. 离子交换层析..... (23)

5. 大孔吸附树脂层析..... (25)

6. 凝胶层析..... (27)

7. 聚酰胺层析..... (29)

8. 高效薄层层析..... (31)

9. 快速层析..... (32)

10. 干柱层析 ..... (33)

11. 液相层析预制柱 .....	(34)
12. 离心液相层析 .....	(34)
13. 逆流分溶层析 .....	(35)
14. 真空液相层析 .....	(38)
15. 制备型全程加压板层析 .....	(39)
16. 高效液相层析 .....	(40)
17. 补遗 .....	(45)
参考文献 .....	(46)
<b>第二章 结构研究中常用的化学方法</b> .....徐任生	(48)
第一节 引言 .....	(48)
第二节 化学结构的鉴定 .....	(48)
第三节 锌粉蒸馏与碱裂解 .....	(50)
第四节 霍夫曼降解与有关反应 .....	(53)
(一) 霍夫曼降解 .....	(53)
(二) 布朗反应 .....	(55)
(三) 埃姆特降解 .....	(55)
(四) 还原裂解 C—N 键 .....	(55)
(五) 其他脱氮烷基反应 .....	(56)
第五节 脱氢反应 .....	(57)
第六节 氧化反应 .....	(58)
(一) 高锰酸钾及二氧化锰 .....	(58)
(二) 铬酸及其有关化合物 .....	(62)
(三) 臭氧(O <sub>3</sub> ) .....	(64)
(四) 四乙酸铅与过碘酸 .....	(65)
(五) 二甲亚砷 .....	(67)
(六) 四氧化钨 .....	(67)
(七) 2,3-二氯-5,6-二氧基苯醌(DDQ) .....	(68)
(八) 其他氧化试剂 .....	(68)
第七节 还原反应 .....	(68)
(一) 氢化锂铝 .....	(68)
(二) 硼氢化合物 .....	(71)
(三) 金属还原试剂 .....	(72)
(四) Kishner-Wolf-黄鸣龙还原 .....	(75)
(五) 催化氢化作用 .....	(75)
第八节 水解 .....	(78)
(一) 碱水解 .....	(78)
(二) 醚键水解 .....	(79)
(三) 酶解 .....	(81)
第九节 官能团的保护 .....	(82)
(一) 羟基的保护 .....	(82)
(二) 酚羟基的保护 .....	(83)
(三) 羧基的保护 .....	(83)

(四) 醛和酮的保护 .....	(83)
参考文献 .....	(84)
<b>第三章 结构研究中常用的光谱与波谱</b> .....徐任生	(86)
<b>第一节 红外光谱</b> .....	(86)
(一) 基团振动 .....	(86)
(二) 特征基团的频率 .....	(86)
1. 烯烃 .....	(86)
2. 芳香化合物 .....	(87)
3. $X \equiv Y$ 及 $X = Y = Z$ 基团 .....	(87)
4. 醇和酚 .....	(88)
5. 醚 .....	(88)
6. 胺 .....	(88)
7. 羰基 .....	(89)
8. 其他基团 .....	(91)
<b>第二节 紫外光谱</b> .....	(92)
(一) Beer 定律 .....	(92)
(二) 溶剂 .....	(92)
(三) 各类发色团的吸收值 .....	(93)
<b>第三节 核磁共振谱</b> .....	(99)
(一) $^1\text{H}$ -核磁共振谱 .....	(99)
(二) $^{13}\text{C}$ -核磁共振谱 .....	(101)
1. 正常 $^{13}\text{C}$ 和 $^1\text{H}$ 谱 .....	(102)
2. 偏共振异核去偶 .....	(102)
3. 门控异核去偶 ( $^{13}\text{C}$ - $^1\text{H}$ 自旋-自旋偶合) .....	(103)
4. 反转门控异核去偶(无 NOE) .....	(103)
5. 选择性质子去偶 .....	(104)
6. 选择性激发 .....	(104)
7. 去偶重聚非灵敏核极化转移技术 .....	(105)
8. $J$ -调控自旋回波谱 .....	(105)
(三) 二维核磁共振 .....	(108)
1. 同核 $J$ 分解谱 .....	(108)
2. 同核相关谱 .....	(109)
<b>第四节 质谱</b> .....	(110)
(一) 电子轰击质谱 .....	(110)
(二) 场解吸质谱 .....	(112)
(三) 快原子轰击法 .....	(112)
<b>第五节 旋光谱和圆二色谱</b> .....	(112)
(一) 旋光谱 (ORD) .....	(112)
(二) 圆二色谱 (CD) .....	(112)
(三) 绝对构型的推定 .....	(113)
(四) 酮的八区律 .....	(113)
(五) 象限行为和反象限行为 .....	(113)

参考文献	(118)
<b>第四章 生物碱</b>	徐任生 (119)
第一节 概论	(119)
第二节 生物碱的性质与鉴别	(120)
第三节 生物碱的提取与分离	(121)
第四节 生物碱的分类	(123)
第五节 异喹啉类生物碱	(124)
(一) 结构特征与谱学特征	(124)
1. 异喹啉类生物碱	(124)
2. 苄基异喹啉类生物碱	(124)
3. 双苄基异喹啉类生物碱	(124)
4. 阿扑芬类生物碱	(127)
5. 原小檗碱类生物碱	(127)
6. 普罗托品类生物碱	(128)
7. 吐根碱类生物碱	(128)
8. $\alpha$ -萘菲啶类生物碱	(128)
9. 吗啡类生物碱	(129)
(二) 阿片生物碱	(132)
1. 阿片生物碱的分离	(133)
2. 吗啡与可待因的性质与结构	(134)
3. 吗啡的甲基化	(139)
4. 吗啡的波谱数据	(140)
5. 吗啡的全合成	(141)
6. 吗啡的生物合成路线	(143)
(三) 防己碱与清风藤碱	(144)
(四) 莲心碱	(146)
(五) 大叶唐松草碱	(150)
第六节 喹啉类生物碱	(151)
(一) 金鸡纳生物碱	(151)
1. 化学结构	(153)
2. 辛可宁与奎宁的立体化学	(153)
3. 奎宁类生物碱的旋光性与 $^{13}\text{C}$ -NMR 数据	(156)
4. 奎宁的全合成	(158)
5. 奎宁的生物合成路线	(159)
(二) 喜树碱及其类似物	(159)
1. 喜树碱的全合成	(160)
2. 喜树碱的生物合成	(162)
第七节 唑啉类生物碱	(162)
常山碱、异常山碱及常山新碱	(162)
第八节 吡咯烷类生物碱	(165)
(一) 概述与分类	(165)
(二) 吲哚里西定类生物碱	(167)

1. 一叶萩碱 .....	(167)
(三) 莨菪烷类生物碱 .....	(169)
1. 莨菪碱与阿托品 .....	(171)
2. 樟柳碱与山莨菪碱 .....	(173)
3. 包公藤甲素 .....	(175)
(四) 百部生物碱类 .....	(177)
1. 滇百部碱与异滇百部碱 .....	(178)
2. 细花百部碱 .....	(180)
第九节 喹诺里西定类生物碱 .....	(185)
(一) 结构特征与光谱特征 .....	(185)
(二) 羽扇豆碱与表羽扇豆碱 .....	(188)
(三) 无叶豆碱 .....	(189)
(四) 狮足草碱 .....	(192)
第十节 二萜生物碱——乌头生物碱类 .....	(193)
第十一节 吲哚生物碱 .....	(201)
(一) 蛇根草生物碱类 .....	(202)
利血平 .....	(202)
(二) 长春花生物碱 .....	(208)
1. 长春碱与长春新碱 .....	(210)
2. 柳诺西亭与柳诺新 .....	(213)
(三) 钩吻生物碱 .....	(215)
1. 钩吻子素 .....	(216)
2. 钩吻戊素 .....	(218)
第十二节 大环生物碱——美登素类化合物 .....	(219)
参考书目 .....	(227)
参考文献 .....	(227)
<b>第五章 单萜化合物</b> .....	周炳南 (230)
第一节 单萜化合物的提取与分离 .....	(230)
(一) 单萜化合物的提取 .....	(230)
1. 水蒸气蒸馏法 .....	(230)
2. 溶剂萃取法 .....	(230)
3. 直接压榨法 .....	(230)
(二) 精油的初步分离 .....	(230)
1. 酸、酚性物质的分离 .....	(230)
2. 酮、醛类精油的分离 .....	(231)
3. 醇的分离 .....	(231)
(三) 精油的分离和纯化 .....	(231)
1. 直接结晶法 .....	(232)
2. 真空分馏法 .....	(232)
3. 层析分离法 .....	(232)
4. 结构改造 .....	(233)
(四) 实例 .....	(233)

月桂油中萜烯成分的分离.....	(233)
第二节 薄荷醇及其类似物.....	(234)
(一) 薄荷醇 .....	(234)
(二) 以 <i>l</i> -薄荷醇进行的不对称合成.....	(235)
1. 不对称苯基乳酸的合成.....	(236)
2. 烯胺烷基化.....	(236)
3. 丙氨酸的不对称合成.....	(236)
4. 碳烯加成.....	(237)
5. (+)羽扇豆烯的合成.....	(237)
(三) 薄荷醇的类似物 .....	(237)
第三节 樟脑、龙脑及其类似物 .....	(238)
第四节 环戊烷单萜化合物.....	(239)
(一) 木天蓼醚与新木天蓼醇 .....	(240)
1. 木天蓼醚结构的证明.....	(240)
2. 新木天蓼醇.....	(241)
(二) 环戊烷单萜化合物的合成 .....	(242)
第五节 除虫菊酯.....	(244)
(一) 除虫菊酯的分离 .....	(244)
(二) 除虫菊酯类化合物的结构证明 .....	(245)
1. 除虫菊酸的结构研究.....	(245)
2. 除虫菊醇的结构研究.....	(246)
3. 除虫菊醇的合成.....	(247)
4. 反式-白除虫菊酸的合成 .....	(248)
(三) 除虫菊酯的 <sup>1</sup> H-NMR 谱 .....	(249)
参考文献.....	(250)
<b>第六章 倍半萜类.....</b>	<b>陈仲良 (252)</b>
第一节 倍半萜的化学类型及结构关系.....	(252)
第二节 倍半萜类的生理作用.....	(256)
(一) 植物生长发育的控制物质 .....	(256)
(二) 昆虫保幼激素 .....	(256)
(三) 昆虫性引诱剂及昆虫驱避物质 .....	(257)
(四) 抗菌素类和细菌代谢产物 .....	(257)
(五) 细胞毒倍半萜内酯 .....	(258)
(六) 驱虫杀虫作用 .....	(258)
(七) 神经系统作用 .....	(259)
第三节 一般性质与提取分离.....	(259)
第四节 倍半萜的立体化学——十元环的构象分析.....	(263)
第五节 倍半萜的化学反应.....	(265)
(一) 硒脱氢 .....	(265)
(二) 氢化 .....	(266)
(三) 水解与内酯再环合 .....	(268)
(四) 重排转化 .....	(268)

(五) Cope 重排	(270)
(六) 牻牛儿苗二烯系统的跨环重排	(271)
第六节 倍半萜的光谱解析	(275)
(一) 紫外和红外光谱	(275)
(二) 倍半萜类的质谱	(276)
(三) 倍半萜类的 <sup>1</sup> H-NMR	(277)
(四) 倍半萜类的 <sup>13</sup> C-NMR	(286)
第七节 结构研究实例	(288)
(一) Jaschkeanadiol 的结构	(289)
(二) 莽草素的结构	(291)
(三) <i>Helianthus ciliaris</i> 中倍半萜的结构	(294)
(四) Spathulenol 的结构	(296)
参考文献	(301)
<b>第七章 二萜类化合物</b>	周炳南 (303)
第一节 瑞香二萜	(305)
(一) 瑞香二萜的分离	(305)
(二) 瑞香二萜结构证明	(306)
(三) 瑞香二萜的波谱特性	(308)
1. 质谱	(308)
2. <sup>1</sup> H-NMR 谱	(312)
(四) 瑞香科二萜的生理活性	(312)
第二节 穿心莲内酯	(313)
(一) 穿心莲二萜成分的分离	(315)
(二) 穿心莲二萜的结构研究	(316)
1. 穿心莲内酯的结构	(316)
2. 穿心莲内酯的降解产物的合成	(317)
3. 穿心莲内酯立体化学	(318)
4. 异穿心莲内酯的结构	(320)
5. 穿心莲新甙的结构	(321)
6. 14-去氧穿心莲内酯甙结构的证明	(322)
(三) 穿心莲的组织培养	(323)
第三节 丹参二萜	(323)
(一) 丹参醌二萜成分的分离	(324)
(二) 丹参酮的结构	(324)
(三) 丹参酮 -I 丹参酮 IIA 及隐丹参酮的合成	(330)
(四) 丹参新酮的结构与合成	(330)
1. 丹参新酮的结构	(330)
2. 丹参新酮的合成	(331)
(五) 丹参酮型化合物的质谱	(331)
第四节 雷公藤二萜	(334)
(一) 雷公藤二萜的分离	(335)
(二) 雷公藤二萜的结构研究	(335)



1. 雷公藤内酯	(335)
2. 雷公藤羟内酯	(336)
3. 雷公藤羧内酯与雷醇内酯的结构	(336)
4. 其他雷公藤二萜成分	(336)
(三) 雷公藤内酯的全合成	(337)
1. A. Berchtold 法	(337)
2. E.E. Van Tamelen 法	(338)
第五节 金钱松二萜	(339)
(一) 土槿皮酸的分离	(339)
(二) 土槿皮酸的结构	(339)
1. 土槿皮乙酸的结构	(339)
2. 土槿皮甲酸的结构	(343)
3. 土槿皮甲酸- $\beta$ -D-葡萄糖甙及土槿皮乙酸- $\beta$ -D-葡萄糖甙的结构	(344)
(三) 土槿皮酸类化合物的质谱	(345)
第六节 香茶菜二萜	(347)
(一) 延命草素的结构	(357)
(二) 延命草素的立体化学	(359)
(三) 香茶菜二萜化合物的结构	(361)
1. D 环的取代与波谱特征	(361)
2. 对映贝壳杉烷型二萜的结构	(361)
3. 对映贝壳杉烷型二萜的核磁共振谱	(363)
4. 6, 7 开环对映贝壳杉烷型二萜及螺旋开环贝壳杉烷二萜的结构	(365)
5. 延命草素型化合物中常见的反应	(367)
6. 8, 9 开环对映贝壳杉烷型化合物的结构	(369)
(四) 香茶菜二萜的化学	(370)
参考文献	(372)
第八章 氨基酸	胡昌奇 (375)
第一节 概述	(375)
(一) 氨基酸的分类	(375)
1. 蛋白质组分氨基酸	(375)
2. 非蛋白质组分氨基酸	(375)
(二) 氨基酸的命名	(379)
(三) 氨基酸的生理活性及其应用	(379)
第二节 氨基酸的物理性质和谱学特征	(382)
(一) 一般性状	(382)
(二) 电离性	(382)
(三) 旋光性和构型测定	(384)
(四) 紫外光谱	(385)
(五) 红外光谱	(385)
(六) 质谱	(386)
第三节 氨基酸的化学反应	(387)
(一) 颜色反应	(387)