



江蘇大學
JIANGSU UNIVERSITY

分子生药学

molecular pharmacognosy

主讲人：药学院 欧阳臻 闻崇炜 魏渊 陈红霞

第一章 概论

CONTENTS

内容

- ① 生药的概念
- ② 生药研究历史
- ③ 分子生药学的形成和含义
- ④ 分子生药学的研究内容和主要任务
- ⑤ 展望

导读

- ◆ 本章通过了解传统学科生药学的产生与发展，特别是近些年取得的研究成果，介绍分子生药学的产生与学科体系建立的重要意义
- ◆ 在传统中药学和生药学科建设框架基础上，阐明分子生药学在药用植物分子系统学、中药分子鉴定学、合成生物学、功能基因组学、道地药材形成机制和药用植物（菌物）的组织细胞培养等领域所形成的特色鲜明和目标明确的研究方向。

中医药作为中华民族的瑰宝，数千年来为中华民族的繁衍昌盛作出了不可磨灭的贡献。

近年来，中医药在回归自然的潮流中，再次焕发出强大的生命力，《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020年）》、《中医药健康服务发展规划(2015-2020年)》、《中药材保护和发展规划（2015—2020年）》等的发布实施，为中医药的发展提供了新的机遇。

第一节 生药的概念

1.1 中药的起源

- “神农尝百草始有医药”和“药食同源”的传说，是关于医药起源的概括。
- 《淮南子·修务训》关于“神农尝百草之滋味、水泉之甘苦，令民之所避就。当此之时，一日而遇七十毒”的记载。
- 早在远古时期，我们的祖先在采集食物的过程中，经过无数次的口尝身受，逐步认识到哪些植物可以食用，哪些植物可以治疗疾病，初步积累了一些关于植物药的知识，形成了原始的食物疗法和药物疗法。



炎帝神农

自春秋战国到今，历朝历史学家、历史文献作了肯定的记载，炎帝神农诞生於“湖北随州厉山”。如：春秋《礼记·祭法二十三》：“厉山氏之有天下也，其子曰农，能殖百谷”。东汉经学大师郑玄注：“厉山氏，炎帝也，起於厉山，或曰有烈山氏”。神农尝百草，一日而遇七十毒。

湖北随州厉山



1.2 定义

“生药”一词出现很早，它是相对“熟药”而来的，宋代官府设立“熟药所”等机构，负责炮制、修合、储藏、出售药物饮片或成药制剂。

生药就是药材，是指来源于**植物、动物和矿物**的新鲜品或经过简单的加工，直接用于医疗保健或作为医药用原料的天然药材。包括**中药材、民族药材和民间药材**，是制造天然药物的原料。在保证天然药物临床疗效、保证天然药物质量方面，起着重要的作用。

生药可以加工成天然药物，包括中药、民族药和民间药。

中药是指在中医药理论指导下、按中医治疗原则使用，并收载于我国历代诸家本草中的药物。

民族药是指少数民族聚居的地方习惯使用的天然药物，它们或是以当地民族的医药理论作为应用指导，或是当地医生依照传统经验加以使用。

民间药一般是指民间医生用以治病的药物，本草文献无记载，不以中医药理论指导的天然药物。中药、民族药和民间药皆在生药研究范围之内。

“生药”一词

- 我国明代太医院中规定“凡天下解纳药材，俱贮本院生药库”。
- “凡太医院所用药饵，均由……各地解来生药制造”。
- 清代太医院及御药房的医事制度中“凡遇内药房取用药材，……俱以生药材交进，由内药房医生切造炮制”

植物类生药： 全草——薄荷、益母草
部分——人参（根）、甘草（根和根茎）
渗出物——苏合香（树脂）、阿片

动物类生药： 全体——斑蝥、蛤蚧
部分——鹿茸、羚羊角
分泌物——蟾酥、牛黄

矿物类生药： 石膏、龙骨

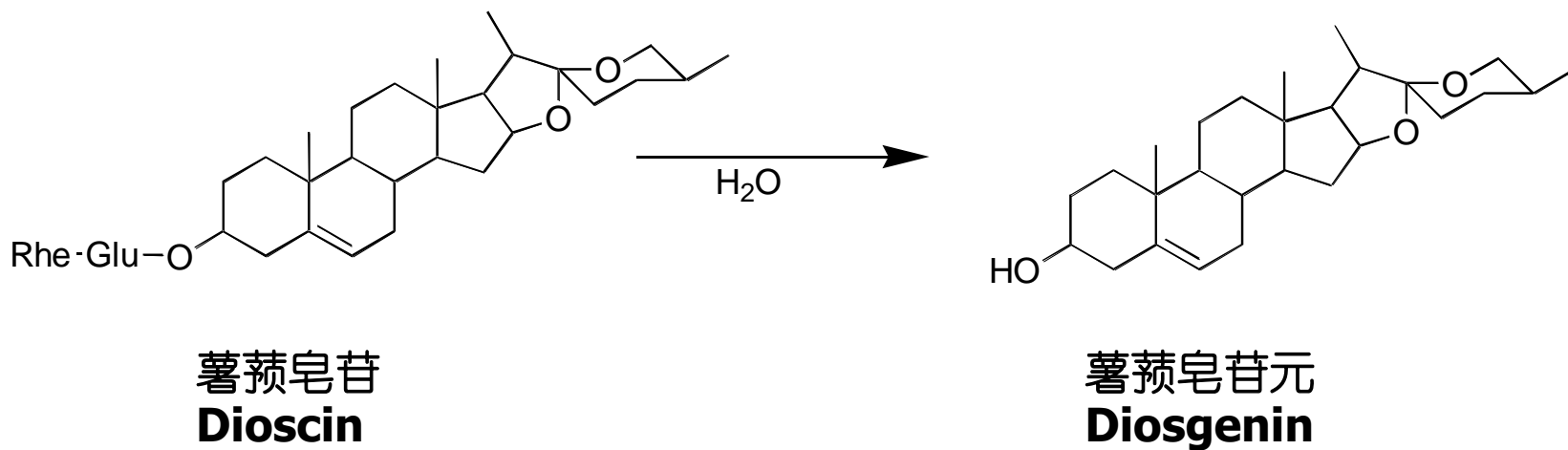
医药原材料:

薯蓣科(**Dioscoreaceae**)

穿山龙 *Dioscorea nipponica* 的根茎

提取薯蓣皂苷 **Dioscin**,

分解为薯蓣皂苷元 **Diosgenin**, 用于工业化
合成甾体激素类药物的原料。



第二节 生药研究历史

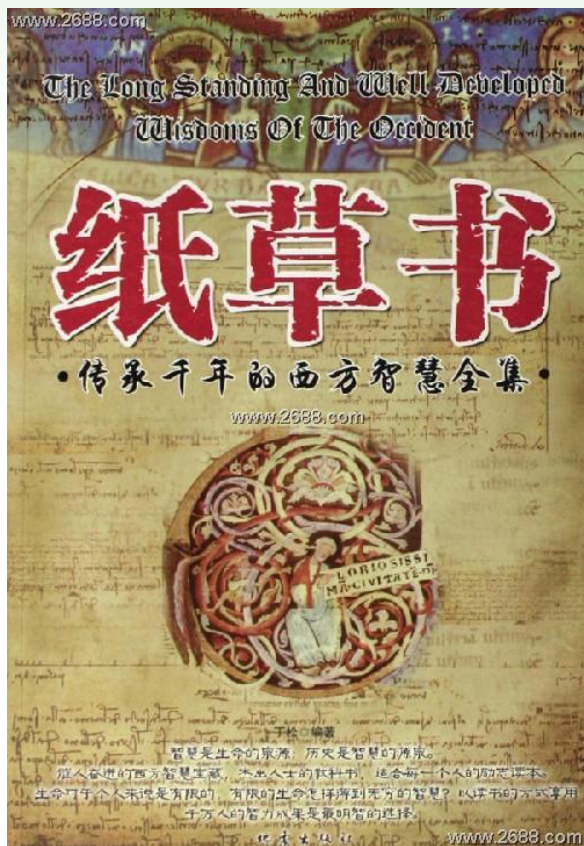
生药学发展的三个时期

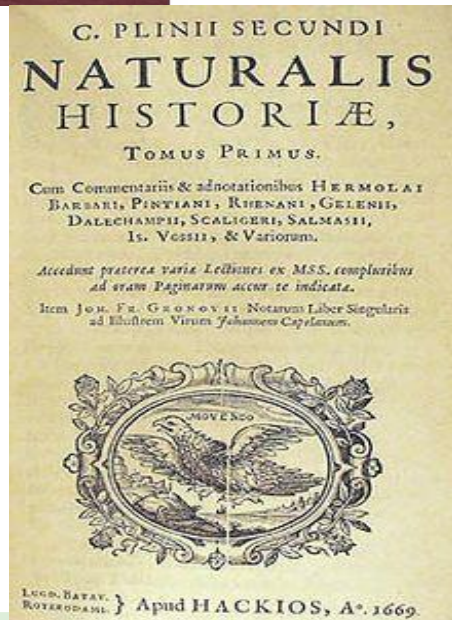
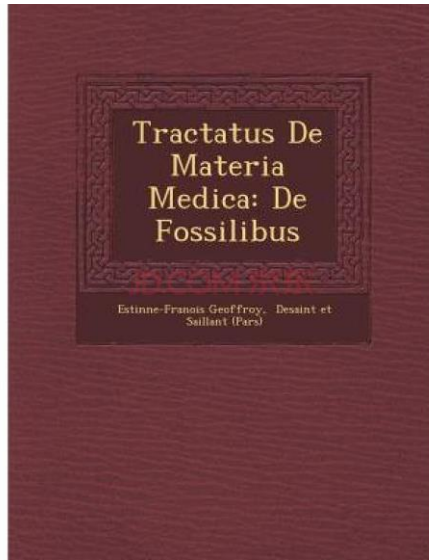
- ◆ 古代生药研究（1815年之前）
- ◆ 近代生药研究（1815～1930年）
- ◆ 现代生药研究（1930年以后）

2.1 古代生药研究（1815年之前）

国外天然药物以埃及与印度起源最早。

公元前1500年埃及的《纸草本》及其后印度的寿命吠陀经中均有药物的记载，在《纸草本》中记载的生药有番红花、牛胆汁、蓖麻油等。





- 公元77年前后，希腊医生Dioscorides编著“De Materia Medica”（药理学）一书，记载了约600种生药，此书直至15世纪在药理学及植物学上仍占重要地位。
- 古罗马的生药研究也很发达，Pliny（公元23～79年）所著“Historia”，记述了近1000种植物，其中很多可供药用。

我国古代在本草研究方面有着辉煌的成就，各个时期都有为数众多、内容各异的本草著作。

◆我国古代医学四大经典：

《黄帝内经》

《难经》

《伤寒杂病论》

《神农本草经》

◆《黄帝内经》、《难经》，阐发医理，为我国现存的两部权威理论医著；

◆《伤寒杂病论》论述内伤外感各证的辨证施治及处方用药，肇启我国临床医学之端；

◆《神农本草经》则载录药物性味功用，被后世奉为中药本草的祖书。

◆ 黄河文明是世界四大文明之一。

◆ 中国古代形成三大文化圈

黄河文化圈：黄河以北地区。气候变化激烈、寒冷的草原地带，风湿寒痹病较多发，天然医药原料不太丰富。

《黄帝内经》：汉武帝（B.C.141-87），确切年代不详。

全书包括2部分：

素问——人体生理、病理知识

灵枢——针灸术、解剖学

气为宇宙之本，从根源上考察阴阳五行学说，疾病是由于气的平衡被打破而形成的。因此，本书是追求不老不死，中国最早的基础医学书籍。



黄帝轩辕氏(熊氏)

籍贯：河南新郑县西北

朝代：上古

黄帝是传说中中华民族的始祖。姓公孙，居轩辕之丘，故号轩辕氏。国于有熊，亦称有熊氏。

历史上尧，舜，夏，商，周，都是黄帝的后裔，故称“轩辕后裔”，“炎黄子孙”。

最早发明中医中药的不是别人，正是我们的祖先——**轩辕黄帝**。是他，在**5000**年前就写下了**人类第一部中医中药著作——《祝由科》**。

“家有祝由科，害病不吃药”。后世人在这部医药著作的基础上去伪存真，不断增补，逐渐形成了后来的**《黄帝内经》**。这是我国现存最早的一部**医学理论著作**。



■ **扬子江文化圈**：长江与黄河之间。西部山岭地带，东部平原耕地，天然资源丰富，作为医药原料的药草丰富。

《神农本草经》：后汉时代（公元25-220）

作者不祥，传说名医张仲景、华佗等编著。

原文流失，中国最古老的本草学著作。

■ **江南文化圈**：扬子江以南地区。土地肥沃，草木丰富，高温多湿，热性病、流行病易发地区。

《伤寒杂病论》：张仲景，后汉200，16卷，处方120个。
中医学汤剂的最古老的医书。后分成：

《伤寒论》——急性病、传染病的治疗方法

《金匱要略》——慢性杂病的治疗方法

神医扁鹊



扁鹊画像（中国宫廷医学所收图）

扁 鹊 原名秦越人，战国初期齐国渤海郡郑州（今河北任丘北）人。

他创造了「望、闻、问、切」的诊断方法，对中医的发展作出了巨大贡献。

据说扁鹊给人看病，往往药到病除，因此名声大噪，各国驰名。后来，赵国人就把黄帝时传说的名医「扁鹊」的美名赠给他，而把他的真名忘却了。

扁鹊善于运用四诊，尤其是脉诊和望诊来诊断疾病。扁鹊不仅善于切脉和望诊，而且善于运用针灸、按摩、熨贴、砭石、手术和汤药等多种方法去治疗各种病症。

《史记·扁鹊仓公列传》中记述了与他有关的两个医案：一个是用脉诊的方法诊断赵子简的病，一个是用望诊的方法诊断齐桓侯的病。



华佗



东汉末年在我国诞生了三位杰出的医学家，史称“建安三神医”。华佗，字元化，出生在东汉末年豫州沛国谯县（今安徽亳县）的一个普通士族家庭，约生于汉冲帝永熹元年（公元145年），卒于汉献帝建安十三年（公元208年）。而华佗则深入民间，足迹遍于中原大地和江淮平原，在内、外、妇、儿各科的临证诊治中，曾创造了许多医学奇迹，尤其以创麻沸散（临床麻醉药）、行剖腹术闻名于世。后世每以“华佗再世”、“元化重生”称誉医家，足见其影响之深远。



医圣张仲景

张仲景，名机，东汉南阳郡涅阳人（今河南省邓县穰东镇），约生于公元150年，卒于219年。张仲景撰写《伤寒杂病论》，理法谨严，被后世誉为“医圣”；东汉末年，屡起大疫。张仲景博览群书，广采众方，系统地总结了汉代以前的医学精华，根据自己丰富的医疗实践经验，著《伤寒杂病论》合十六卷，后世医学者称张仲景为“医圣”，奉“伤寒”、“金匱”为医经（唐宋以后将《伤寒杂病论》分为《伤寒论》和《金匱要略》两部书）。从魏晋及今，一千六百多年来，一直是学习中医必读的经典著作。



孫
思
邈



药王孙思邈

孙思邈（581-682年），京兆华原人（今陕西耀县）。被称“圣童”。重视前人的宝贵经验，尊古而不泥古，创立了从方、证、治三方面研究《伤寒论》的方法。

非常重视妇、儿疾病，为妇、儿科的形成创造了条件。对防治癭病、雀目等营养缺乏性疾病有突出贡献。在用药方面重视综合治疗，注重辨证用药，被后世称为“**药王**”。使用硫磺伏火法，对火药的发明有不可磨灭的贡献，对养生学和老年病均有独到的见解。于公元625年写成了他的第一部医学著作《**备急千金要方**》三十卷。30年后，又写成《**千金翼方**》三十卷。二书被称为中国历史上最早的临床医学百科全书。公元628年，孙思邈以101岁的高龄去世。

李时珍



李时珍像

李时珍，字东璧，号濒湖，湖北蕲（今湖北省蕲春县）人，生于明武宗正德十三年（公元**1518**年），卒于神宗万历二十一年（公元**1593**年）。其父李言闻世当地名医。李时珍继承家学，尤其重视本草，并富有实践精神，肯于向劳动人民群众学习。李时珍三十八岁时，被武昌的楚王召去任王府“奉祠正”，兼管良医所事务。三年后，又被推荐上京任太医院判。太医院是专为宫廷服务的医疗机构，当时被一些庸医弄得乌烟瘴气。李时珍再此只任职了一年，便辞职回乡。李时珍曾参考历代有关医药及其学术书籍八百余种，结合自身经验和调查研究，历时二十七年编成《本草纲目》一书，是我国明以前药物学的总结性巨著。在国内外均有很高的评价，已有几种文字的译本或节译本。另著有《濒湖脉学》、《奇经八脉考》等书。

此阶段对于药物（生药）的认识主要依靠感官和实践经验，药物书籍记载的内容都以**功效为主**，生药的**名称、产地、形态和感官鉴别的特征为辅**。当时人们对药物的认识比较粗浅。而且由于地域不同和人们经验的差异，对药物的认识差异很大。

2.2 近代生药研究（1815～1930年）

- ◆ 1815年德国人C.A.Seydler发表了《Analectapharmacognostica》一文中首次出现了“**pharmakognosie**”，意为药物（生药）的知识。其后，德国学者Martius在大学课程中设立了“**pharmakognosie**”的科目，标志着在自然科学领域中产生了一个新的学科。
- ◆ 1880年，日本学者大井玄洞将“**pharmakognosie**”译为“生药学”。
- ◆ 1890年，下山顺一郎编著的第一版“生药学”出版。

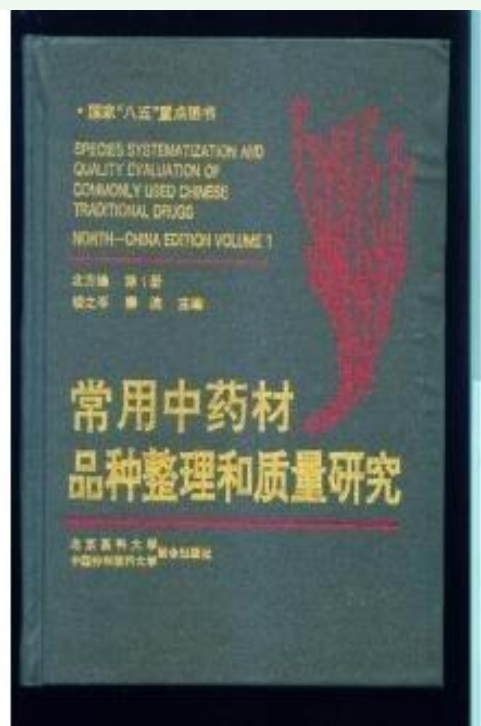
- ◆ 1806年德国人Serturmer发现细胞是植物体构造的基本单位以后，显微镜被用来研究生药的内部构造。
- ◆ 1857年发表的《Grudniss der Pharmakognosie des pflanzenreiches（植物性生药学基础）》一书中详细描述了许多生药的显微构造。其后Berg和Vogl先后发表了生药解剖图谱，使得利用显微镜鉴定生药的方法成为生药鉴定的重要手段之一。

- ◆ 19世纪后半叶至20世纪初相继出现了荧光分析和色层分析法，是生药研究的另一个突破。
- ◆ 1933年丁福保著的《中药浅说》，从化学角度分析和解释中药。
- ◆ 1934年赵燏黄与徐伯璠合编《现代本草生药学》上编
- ◆ 1937年出版了《生药学》下编，主要介绍供西医应用的生药，引进了现代生药鉴定的理论和方法，对后来应用现代知识和技术整理研究中药，起到了先导作用。

2.3 现代生药研究（1930年以后）

自20世纪30年代起，随着生物学和化学等学科的发展，生药研究的方法和手段发展很快。物理和化学分析方法，如比色法、分光光度法、荧光分析法等逐渐应用到生药鉴定工作中。生药学的研究沿着形态学和化学的两个方向发展。

“七五”、“八五”期间进行的
“常用中药材品种整理和质量研究”
课题,对220种(类)多来源中药材进行了包括本草考证和文献综述、药源调查、分类学鉴定、性状鉴定、显微鉴定、商品鉴定、理化分析、化学分析、采收加工、药理研究等方面的研究,即**基源鉴定**及**品质评价**两大部分,其中鉴定研究占较大部分。

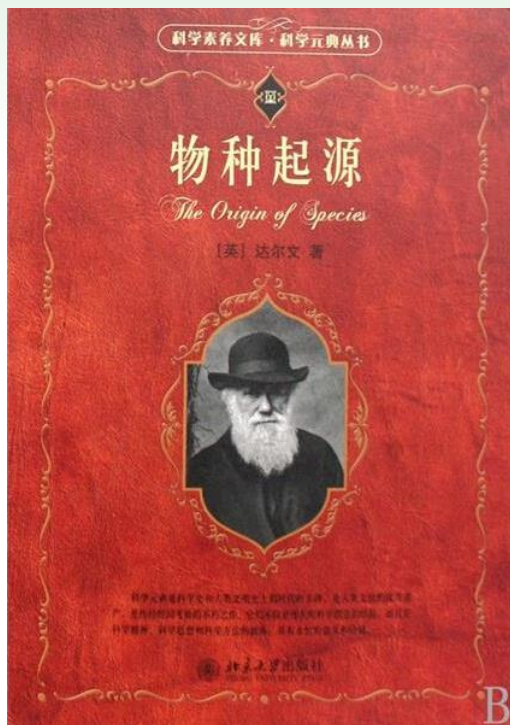


第三节 分子生药学的形成和含义

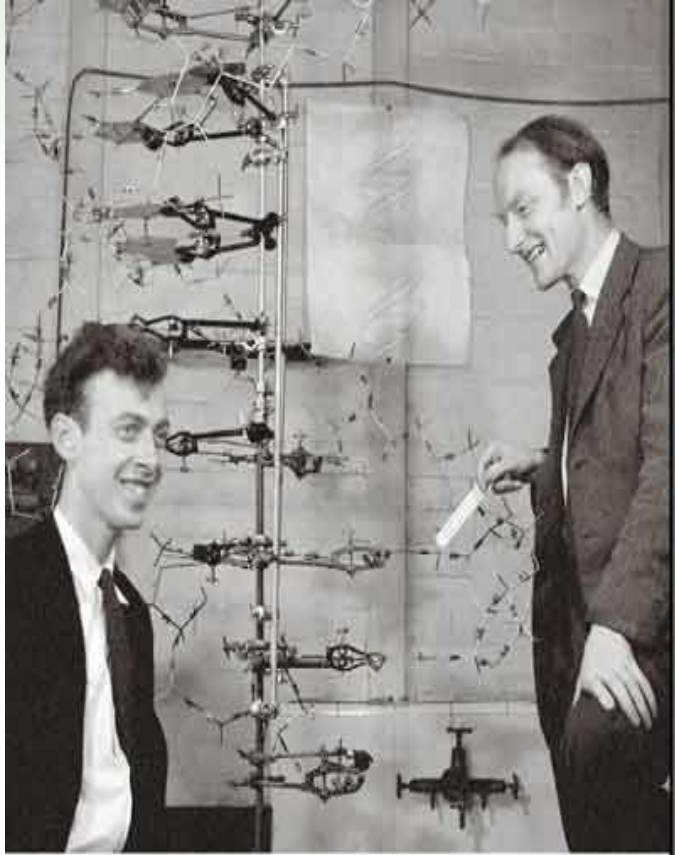
3.1 分子生药学产生背景

生药研究存在的问题：

- ▣ 如何认识生药(中药)的质量变异？其物质基础是什么？
- ▣ 中药优质药材（特别是道地药材）是如何形成的，其形成的分子遗传与环境机理是什么？
- ▣ 中药药效成分积累的生物学机理是什么？受什么因素影响？
- ▣ 如何提高药效成分的含量？



从1859年达尔文出版《物种起源》开始，人们对生命遗传物质的了解逐渐加深，先后提出了**基因学说**、“**一个基因一种酶**”的假说、**DNA双螺旋模型**、**中心法则**、“**三联密码子**”遗传密码等，并利用物理、化学等多种手段进行证明。



尤其是 1953 年 Watson 和 Crick 发现 **DNA 双螺旋结构** 后，分子生物学迅速成为 20 世纪里发展最快，对人类影响最大的学科之一。

作为现代生命科学的“共同语言”，分子生物学不断地与其他学科交叉融合，使得一大批新学科迅速产生，例如分子遗传学、植物分子遗传学、分子系统学、分子生态学、蛋白组学、基因组学、代谢组学、微生物分子生态学、生物信息学、分子药理学、分子肿瘤学、分子病毒学、分子细胞生物学等新学科。

分子生物学的飞速发展，极大地改变了人类对世界的认知，提高了人类改造自身和其他生物的能力。

分子生物学是通过研究**生物大分子**（核酸、蛋白质）的**结构、功能和生物合成**等方面阐明各种生命现象本质的科学，其目的是在**分子水平**上，对细胞的活动、生长发育、消亡、物质和能量代谢、遗传、衰老等重要生命活动进行探索。

随着分子生物学发迅速发展，人们逐渐认识到分子生物学技术有可能解决生(中)药研究中的难题。

3.2 分子生药学的形成与发展

- ◆ 1989年，有人采用免疫化学方法对虎骨、豹骨鉴定；
- ◆ 1990年，有人采用凝胶电泳技术对西洋参、人参及其伪品进行鉴定；
- ◆ 1993年，有人对柴胡进行RFLP分子鉴定，解决了一些疑难药材的鉴定问题。
- ◆ 1995年，黄璐琦提出“分子生药学”的概念，即采用生药学和和分子生物学的理论和方法，在分子水平上研究生药的鉴定、生产和成分。
- ◆ 1995年之后，分子生药学的理论和技术取得快速发展。

3.3 分子生药学的学科体系构成

学科建设是我国高等教育发展的一个重要任务，高等学校学科建设水平是衡量人才培养水平的一个重要评价指标。

传统中药学科的建设和发展，是以博大精深的传统中医药理论为基础的学科建设，涵盖了中药传统鉴定，中药制剂分析、中医药理论基础和中药炮制学等。

通过近20年的发展，“分子生药学”作为中药学的一个分支学科，形成了以“**基础研究为重点，以创新研究为核心，以应用研究为目标**”的学科建设思路，建立了稳定的人才培养目标和科学研究方向。

为了体现学科建设思路，突出人才培养的目的性和实用性，在传统中药学学科建设基础上，在**中药分子鉴定、中药品质形成机制和中药资源科学保护与加工**等方面，理论与实践紧密结合，突出了复合型高级人才培养的任务要求。

科学研究方向凝练为药用植物分子系统研究、中药分子鉴定研究、合成生物学、功能基因组学和药用植物（菌物）的组织细胞培养研究等领域，涉及药用植物遗传多样性、中药分子鉴定方法、珍稀濒危中药资源的保护、道地药材形成的分子机制、中药分子育种、有效成分的代谢调控及其生物合成途径研究，以及濒危和特色中药资源的组织细胞培养等特色鲜明和目标明确的优势研究方向。

3.4 分子生药学的含义

分子生药学（Molecular pharmacognosy）是在分子水平上研究中药的**鉴定、品质形成、资源保护**与生产的一门科学，是中药学领域一个新学科。

第四节 分子生药学的研究内容和主要任务

- ◆ 中药分子鉴定研究
- ◆ 药用植物亲缘关系研究
- ◆ 药用植物功能基因研究及对活性成分的调控研究
- ◆ 道地药材形成机制研究
- ◆ 珍稀濒危中药资源研究
- ◆ 中药药效成分的生物技术生产研究

4.1 中药分子鉴定研究

生药鉴定：综合利用传统的和现代科学技术，对生药进行真实性、纯度、及品质优良度的评价，最终确保生药的真实性、安全性和有效性。

传统
鉴定方法

基源鉴定

性状鉴定

显微鉴定

理化鉴定

- 传统的生药鉴定方法简便、直接，但是主观性强，跟鉴定者的经验有很大关系，而且许多药材亲缘关系较近，外形类似，或经过加工炮制后已不能辨别出原貌，此时传统的方法已不能满足需要



分子生物学

中药分子鉴定是利用分子生物学技术对中药进行鉴定的方法。

目前中药分子鉴定方法有两大类型。

- 《中国药典》收载的**特异引物PCR方法**
- 《中国药典》中的**中药材DNA条形码分子鉴定法**指导原则。

分子鉴定方法在近缘药材鉴定、贵重药材鉴定、动物药材鉴定等方面有较大的优势；在一定程度上提高了中药鉴定的准确性、客观性。

中药分子鉴定是分子生药学发展最为迅速的一个方向。

例如，蕲蛇和乌梢蛇、龟板和鳖甲、鸡内金和鸭内金、梅花鹿血、鹿鞭、鹿茸和牛鞭、驴鞭，蛇类药材等动物药的鉴定；人参（*Panax*）属、地胆草属（*Elephantopus*）、括楼属（*Trischosanthes*）、甘草属（*Glycyrrhiza*）、淫羊藿属（*Epimedium*）、细辛属（*Astragalus*）等近缘药材的鉴定；冬虫夏草等贵重药材的鉴定。

4.2 药用植物亲缘关系研究

植物分子系统学是分子生物学和植物系统学交叉后形成的一门新兴学科。是利用分子生物学技术获取分子性状，以探讨植物的分类、类群之间的系统发育关系、进化的过程及机制的学科。

随着从植物中寻找新中药资源的迅速发展，植物分子系统学技术被引入分子生药学研究。

例如：

采用**RFLP**对栝楼属进行分子系统分类研究；

利用**RAPD**技术对南北苍术不同居群间的亲缘关系进行研究；

利用**DNA**条形码技术对细辛属进行研究。

植物分子系统学研究能够更加客观、灵敏的分析药用植物的属下亲缘关系，为寻找中药新资源方法注入了新的活力。

4.3 药用植物功能基因研究及对活性成分的调控研究

- 目前已知的植物次生代谢产物超过20万种，主要包括包括**萜类、生物碱类、苯丙烷类及其相关酚类等**，是目前已知的中药有效成分类型。
- 这些成分的生物合成是在系列酶的催化下，经历一系列中间步骤才能完成，药用植物有效成分生物合成酶这是由相关基因转录、翻译的，特成为药用植物功能基因。

- 80年代后期，药用植物功能基因的克隆、分离、功能鉴定研究成为新的研究热点。例如，青蒿素、紫杉醇、丹酚酸等的功能基因研究都取得了显著的进步。
- 在获得功能基因的基础上，通过功能基因的过表达、基因敲除等技术研究功能基因对药用成分的调控作用是药用植物功能基因研究的一个重要方面；
- 另外，通过比较不同单株功能基因的变异，也能较好的解释药用植物单株变异的原因，为进一步优良品种选育奠定基础。

4.4 道地药材形成机制研究

道地药材指在特定自然条件、生态环境的地域内所产的药材，且生产较为集中，栽培技术、采收加工也都有一定的讲究，以致较同种药材在其他地区所产者品质佳、疗效好、为世所公认而久负盛名者。

分子生药学的**研究重点**，即内道地药材的植物居群产生的足以引起药材品质变化的遗传变异。

研究道地药材居群遗传变异的方法很多，例如，随机扩增多态性(RAPD)、扩增酶切片段多态性(AFLP)及简单重复序列区间(ISSR)等多种分子标记技术；DNA条形码技术；利用测序技术研究道地药材居群的功能基因变异等。

4.5 珍稀濒危中药资源研究

导致中药资源濒危的原因，在遗传上的表现主要是遗传多样性低，发生近交衰退等。

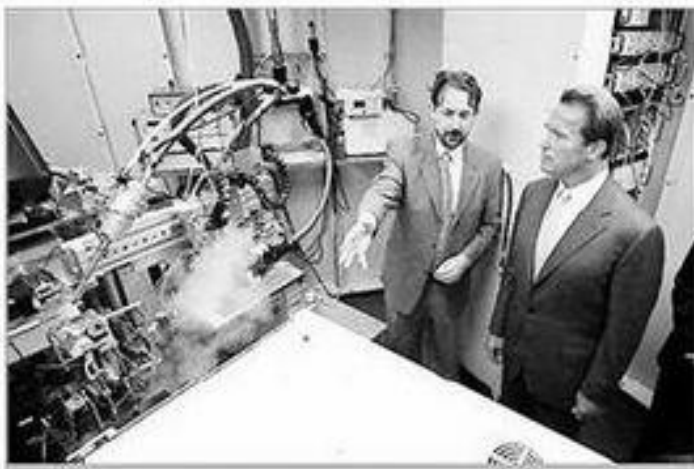
因此，分子生药学对珍稀濒危中药资源的研究有两个重点在于评价其遗传多样性，根据评价结果提出相应的保护措施。

例如，**银杉**遗传变异水平低，族群间又强烈分化，势必造成族群内严重近交，产生近交衰退等一系列后果，最终导致银杉的进一步濒危。因此对银杉保护应采取特殊策略，即应该保护较多族群，对于特定等位基因的单株和亚族也应予以保护。

4.6 中药药效成分的生物技术生产研究

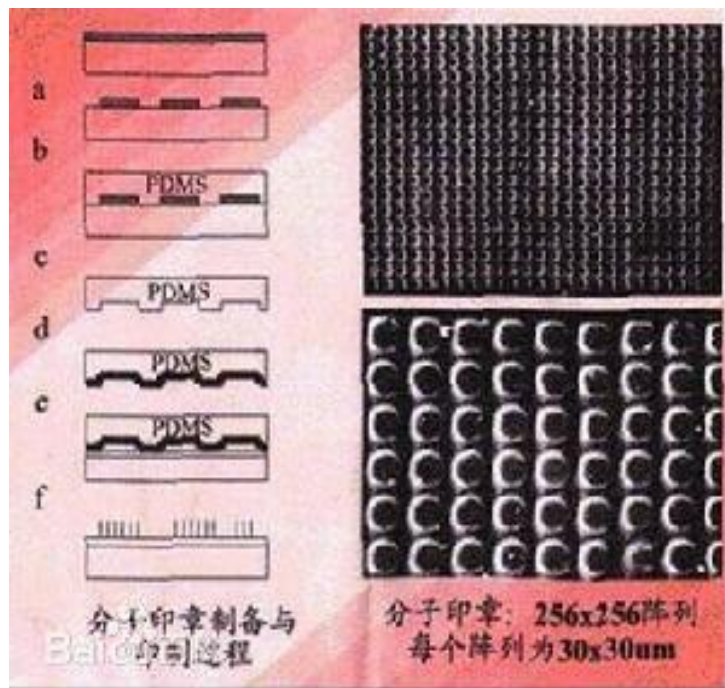
目前，中药药效成分多数来自于中药，是利用中药化学的技术提取、分离获得，由于在药用植物体内积累慢，积累时间长，生产效率低，而且还要利用化学试剂，容易产生环境污染。

为克服此问题合成生物学的思路、方法和技术也被引入分子生药学领域。**合成生物学**旨在阐明并模拟生物合成的基本规律，设计并构建新的、具有特定生理功能的生物系统，从而建立药物、功能材料、能源替代品等的生物制造途径。



合成生物学最初由Hobom B.于1980年提出来，2000年E. Kool重新定义为基于系统生物学的遗传工程。

合成生物学技术引入分子生药领域，最有前景的是在实验室生产中药活性成分。它具有不受自然环境影晌，生产周期短、质量稳定等优点，有望成为中药活性成分生产的一个新途径，对珍稀濒危中药资源保护利用具有重要意义。



第五节 展望

- 中药分子鉴定蓬勃发展
- 功能基因研究异军突起
- 组学研究结果的整合和分析成为新热点
- 中药活性成分生产前途光明

5.1 中药分子鉴定蓬勃发展

- 准确用药是保证中药质量和临床疗效的基础，由于社会的发展，能熟练进行植物分类和中药性状鉴定的专门人才越来越少，中药生产企业对中药制药原料的标化、准确化鉴定需求越来越大。

■ 随着分子生药学相关仪器及分子试剂成本的不断降低，分子生药学知识和技术将不断普及。作为分子生药学研究的核心和基础内容，分子鉴定将持续成为分子生药学的热点领域。



与此同时，人们对分子鉴别的速度及方便程度提出新的要求和目标。因DNA条形码技术在物种鉴定方面拥有巨大的潜力，有望实现中药的快速和标准化鉴别，因而会在一段时间内成为分子生药鉴定的热点。

5.2 功能基因研究异军突起

- **基因组学研究**主要包括以全基因组测序为目标的结构基因组学和以基因功能鉴定为目标的功能基因组学。
- 随着基因测序成本的降低，更多的药用植物全基因组测序将会开展；另外，转录组测序的成本也越来越低，大量的药用植物转录组测序将会开展，也成为揭示道地药材形成机制、有效成分生合成机理的重要工具，将会成为分子生药学研究的热点。

- 次生代谢及其调控的分子机理是分子生药学的特色领域，促进和调控次生代谢产物合成是分子生药研究的重要目标之一。
- 近年来，次生代谢途径的基础研究越来越受到重视，次生代谢产物的关键酶基因的研究取得积极进展。随着生药基因工程、组织培养、生物转化技术水平的整体提高，次生代谢产物相关的功能基因组研究异军突起，并将成为分子生药学研究中最富挑战和前景的方向之一。

5.3 组学研究结果的整合和分析成为新热点

基因组学、转录组学、蛋白质组学、代谢组学虽然均是在分子水平开展中药相关研究，但之间各有其优势和独特性。


基因组学主要研究功能基因等基因层面的内容；

转录组主要研究基因组表达；

蛋白质组学主要研究差异蛋白等蛋白质层面的内容；


代谢组学主要研究次生代谢物。

各个组学作用不同，在分子生药学研究中起着不同的作用。



次生代谢产物是典型的多基因性状, 其积累很大程度上受到环境, 尤其是环境胁迫的影响, 主要在基因表达和蛋白水平发生变异。

随着代谢组学、蛋白组学在分子生药研究中的不断拓展, 将基因组、转录组、蛋白质组和代谢组不同层次的研究结果进行整合分析, 从而获得新发现将成为一种研究趋势。



5.4 中药活性成分生产前途光明

随着中药现代化、组分中药等理念在中药领域逐渐被接受，中药活性成分作为一个独立单位进行新药研究将会越来越多。

随着合成生物学技术越来越成熟，青蒿素、紫杉醇等的成功示范，利用合成生物学技术生产中药活性成分将会是分子生药学的发展趋势。