

大学生村干部现代农业技术培训教材

农业生物技术

NONGYE SHENGWU JISHU

总主编 ● 白选杰



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

大学生村干部现代农业技术培训教材

农业生物技术

总主编 ○ 白选杰

主 编 ○ 上官建宗 王军英 蒋春涛



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

图书在版编目 (C I P) 数据

农业生物技术 / 白选杰总主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2011.9
ISBN 978-7-5643-1429-3

I. ①农… II. ①白… III. ①农业生物工程—高等学校—教材 IV. ①S188

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 191991 号

农业生物技术

总主编 白选杰

责任编辑	邹蕊
特邀编辑	邱一平
封面设计	何东琳设计工作室
出版发行	西南交通大学出版社 (成都二环路北一段 111 号)
发行部电话	028-87600564 87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	成都蜀通印务有限责任公司
成品尺寸	175 mm×250 mm
印 张	34.625
字 数	658 千字
版 次	2011 年 9 月第 1 版
印 次	2011 年 9 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-1429-3
定 价	69.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

《农业生物技术》编写委员会

编委会主任、总主编：白选杰

主 编：（以姓氏笔画为序）

上官建宗 王军英 蒋春涛

副主编：（以姓氏笔画为序）

万会利 马延光 王小娟 王庆安 王红波
王晓燕 王霞辉 卢伯承 皮小丽 曲新生
刘铁群 杨 华 李现合 李建杰 李建锋
张立萍 张光宏 周小辉 金赞霞 钟会盘
秦传锋 郭建新 聂志愿 耿振国 韩秀英
舒友菊 霍军平

参编人员：（以姓氏笔画为序）

卫银花 王军武 叶志军 曲长征 朱艳峰
郭海军 潘秋勤

主 审：张赞平

前 言

从中共中央组织部、国家财政部、人力资源和社会保障部联合颁发的《关于选聘高校毕业生到村任职的意见（试行）》中了解到，我国从 2008 年开始，每年选拔 2 万名高校毕业生到村任职，目的是加强农村基层组织建设，培养有知识、有文化的新农村建设带头人，形成来自农村基层和生产一线的党政干部培养链，造就对人民群众有深厚感情的有知识有文化的党政干部后备人才。一大批高校毕业生到村任职，担任村干部，是当前我国加强农村经济社会建设的一项重要举措，这一举措必将为推动我国农村的经济社会发展做出重要贡献。

高校毕业生担任村干部的重要性是显而易见的，主要表现在两个方面：一是大批受过高等教育的大学毕业生充实到村干部队伍之中，必将为改变现有村干部的文化学历构成，进而从整体上提高村干部的文化知识水平做出贡献。二是必将为农村带去先进的科技文化知识，从而提高农村的科技文化水平，加快农村科技文化事业发展做出贡献。高校毕业生担任村干部的重要性是不言而喻的，同样道理，所产生的深远影响也是无容置疑的，但是，我们还必须看到问题的另一个方面，那就是：这些到农村担任村干部的高校毕业生所从事的工作主要是与农产品的现代化生产、现代化加工和现代化市场销售密切联系在一起的。在这些工作中，无论是涉及到种植业，还是涉及到林业、畜牧业以及渔业，无一不与生物有关，尤其是在当前讲求高产、优质、低成本、低污染和高效益的情况下，所有这些与生物有关的工作，更是与现代农业生物技术密切地联系在一起。完全可以这样说：一个优秀的大学生村干部，应该是一个掌握了高水平现代农业生物技术的村干部。也完全可以这样设想：一个不具备现代农业生物技术的村干部，肯定难以做好与现代农业生物技术密切联系在一起的本职工作。这就随之给我们提出了如此一个问题：这些大学生村干部具备做好高产、优质、低成本、低污染和高效益本职工作所应该具备的现代农业生物技术知识吗？而要回答这个问题，首先需要我们了解自 2008 年以来到农村任职的大学生村干部的专业教育背景。调查结果显示：在大学期间接受专门生物教育的大学生村干部仅占现在职大学生村干部总数的 0.005%。调查结果还显示：大学期间接受与生物有关的农业技术知识教育的大学生村干部仅占现在职的大学生村干部总数的 4.5%。这就告诉我们如此一个事实：95%以上的大学生村干部

是不具备做好本职工作所必须具备的现代农业生物技术知识的。这就不得不使我们思考如此一个问题：如何让这些大学生村干部掌握他们做好本职工作必须具备的现代农业生物技术知识？答案只有一个，那就是：对他们进行现代农业生物技术知识教育。而要满足这种教育的要求，就必须得有一本理想的教材，这，正是我们编写这本教材的目的所在。

大学生村干部是一个特殊的群体，之所以这样讲，是因为这一群人具有以下三个特别之处：其一，他们受过系统的高等教育，他们对知识的分析能力、理解能力和掌握运用能力的水平相当高。其二，他们有为农村经济社会发展做出奉献的满腔热情和认真准备。他们毕业之后不留在大城市，而是到农村担任村干部，其目的就是要把自己的学识献给农村，为加快农村的经济社会发展做出自己的贡献。为此，他们做好了包括学习掌握现代农业生物技术知识所需要的刻苦钻研、吃苦耐劳的准备。其三，他们中的绝大多数人不是学农业的，不具备做好农业工作所必须具备的现代农业生物技术知识，但是，他们不怕吃苦，下决心要学习掌握做好本职工作所需的一切现代农业技术。

大学生村干部的上述特点，决定了我们编写农业生物技术教材时应该遵从的如下原则：其一，专业基础性原则。之所以要遵从这个原则，重要的原因在于，现在职的大学生村干部 95%以上大学期间学的不是生物类专业，他们虽有一定的生物学基础知识，但距离掌握现代生物技术知识尚有较大的差距。农业生物技术是建立在很高生物学基础之上的一门科学，要系统的掌握这门科学，必须具备高水平的生物学基础知识。基于这个原因，我们在编写这本教材的过程中特意安排了农业生物技术的分子生物学基础、细胞学基础、植物代谢基础和环境生态基础等内容。其二，专业系统性原则。现代农业生物技术是涉及多学科多领域的一门综合性、系统性科学，现代农业生物技术基础科学领域中每一项研究的突破、以及在此基础上研制产生的每一项应用技术，和建立在新技术基础之上的每一种产品，都给农业生产、农产品深加工及整个农村的经济社会发展带来了深远的影响。所以，作为一个大学生村干部应该掌握的现代农业生物技术不应该是少量的和支离破碎的，而应该是系统的、全面的和丰富的。基于如此原因，我们在本教材中，比较系统全面的介绍了现代农业生物技术知识。其三，现代先进性原则。包括农业生物技术在内的现代生物技术的发展变化是非常迅速的，随着生物技术基础科学领域的研究接连取得突破，随之诞生了一系列技术经济效益大幅度跃升的现代应用型生物技术，而每一项现代生物应用技术的诞生，又都催生了给人类社会发展带来极大经济社会效益产品的问世。近些年来，农业产品的生产和深加工之所以迅速发展，并产生极大的经济社会效益，最大的推动因素之一就是现代农业生物技术的推广应用。作为一本针对大学生村干部学习掌握现代农业生物技术的教材，理应体现出学科理论的现代性和应用技术的先进性。所以，我们在编写这本教材的时候，始终把学科

理论的现代性和应用技术的先进性作为我们遵从的重要原则。其四，技术实用性原则。虽然农业生物技术的基础理论是非常重要的，但考虑到大学生村干部工作在农村的最基层，他们对现代农业生物技术主要的不在于基础性研究，而主要的在于推广应用，基于这一点，我们在编写本教材时把如何应用农业生物技术放在了比较重要的地位，以使大学生村干部能够应用教材中介绍的实用农业生物技术解决农业生产中遇到的实际问题，或把教材中的实用农业生物技术传授给广大农民，提高农民的科技文化素质，并进一步提高农业生产水平。

本教材的最大特点之一是“编”，而不是“编著”，更不是“著”。之所以如此说，原因有二：其一，本书中所阐述的农业生物技术，无论是基础原理，还是应用技术，都不是本书作者自己的发明创造，而是前人的研究成果。所以，本书只是一本教材，而不是一本学术专著。其二，本教材中的一些内容很多采撷于前人的论文论著，所以，本书仅仅是根据对大学生村干部进行农业生物技术教育的需要而采众家之长，撷众家之果编录而成的一本教材。基于此，作者很想把本教材比喻为一蓝插花，这蓝插花之所以有欣赏价值，主要的不在于插花者的贡献，而在于蓝中鲜花的美丽给人们带来的享受，至于本教材作者的作用，仅仅是把美丽的鲜花插放在了花篮之中供大家欣赏。如此这样说的原因在于：期请所有被采纳应用其成果的论文论著的作者理解本教材标示为“编著”（而不是“著”）的初衷，并敬请被采纳应用其成果的论文论著的各位作者接受本教材作者的由衷感谢。在这里尤其想对下列论文著作的作者表示特别的感谢，这些作者及著作分别是：宋思杨：生物技术概论；尹长民：生物奥林匹克教程；刘佳佳：生物技术原理与方法；乐毅全：环境微生物学；张松：食用菌学；刘爱民：生物肥料应用基础；刘丽丽：微生物肥料的生物学及生产技术；葛诚：微生物肥料及其产业化；倪慎军：沼气生态农业理论与技术应用；李昌：生物柴油；付玉杰：生物柴油；孔健：农业微生物技术；吴文君：生物农药及其应用；杨家新：微生物生态学；葛程：微生物肥料的生产及其发展；葛程：微生物肥料生产应用基础；马大龙：生物技术药物；王恩德：环境资源中的微生物技术；田波：植物基因工程；马文漪：环境微生物工程；张石诚：农用微量元素与微肥使用技术。以上所列写的仅仅是应该感谢的作者的一部分，其实，本教材还借鉴吸收了很多作者的研究成果。在此，再一次对本教材借鉴吸收了研究成果的所有的作者表示真挚的谢意。

白选杰同志是本教材的总体策划和总主编，主笔撰写的章节是：第一章、第七章、第八章、第九章、第十章。由于各位参与本教材编写的作者的表述方法不同，文风各异，故在书的初稿汇集之后，白选杰同志对全书进行了统稿定稿。张赞平同志是本教材的主审并主笔撰写了其中的第五章和第六章。上官建宗同志主笔撰写了第四章、第十二章。王军英同志主笔撰写了第十三章、第十五章。蒋春涛同志主笔撰写了第十一章、第十四章。舒友菊同志是本教材的副

主编之一，主笔撰写了第一章、第二章，并参与撰写了第四章，除此之外，舒友菊同志还参与了本教材的总体策划和统稿定稿工作。各位副主编和参编人员按照总主编的安排，承担了相应章节的撰写，并出色地完成了任务。

高校毕业生到村任职担任村干部，是自 2008 年始在我国诞生的一件新事物。如何对大学生村干部进行包括农业生物技术在内的农业技术教育是一项全新的工作。本书的作者很想编写一本令大学生村干部满意的农业生物技术教材，但由于可借鉴的同类教材太少，更由于作者自身的专业素养有限，估计很难达到理想的预期，只好献此粗陋之作，以应急需。书中定有诸多谬误之处，敬请读者批评指正。

白选杰

2011 年 8 月于洛阳理工学院

目 录

第一章 农业生物技术的分子生物学基础	1
第一节 蛋白质与核酸的分子组成与空间结构	1
第二节 酶与维生素的分子组成与空间结构	9
第三节 生物的生物氧化	12
第四节 生物的糖代谢	16
第五节 生物的脂类代谢	20
第六节 生物的蛋白质代谢	24
第七节 生物的核酸代谢	28
第二章 农业生物技术的细胞学基础	33
第一节 细胞的基本概念	33
第二节 细胞膜及细胞外基质	35
第三节 细胞质	43
第四节 细胞核	50
第五节 细胞骨架	53
第六节 细胞增殖及调控	57
第七节 细胞分化与癌细胞	62
第八节 细胞衰老与凋亡	65
第三章 农业生物技术的植物代谢基础	67
第一节 植物的水分代谢	67
第二节 植物的矿质营养	73
第三节 植物的光合作用	84
第四节 植物的生长和发育生理	99
第四章 农业生物技术的环境生态基础	125
第一节 农业环境生态的基础知识	125
第二节 农业生物技术的动物环境生态	152

第三节	农业生物技术的植物环境生态	172
第四节	农业生物技术的微生物环境生态	179
第五章	农业生物技术中的植物组织与细胞培养技术	193
第一节	植物组织与细胞培养技术的研发状况	193
第二节	植物组织培养技术及其在农业中的应用	195
第三节	植物细胞培养技术及其在农业中的应用	207
第六章	农业生物技术中的动物细胞与组织培养技术	218
第一节	动物细胞与组织培养技术的研究进展状况	218
第二节	动物细胞的体外培养生长特性	219
第三节	动物细胞与组织培养技术及其在农业中的应用	222
第七章	农业生物技术中的细胞融合技术	242
第一节	细胞融合概述	242
第二节	细胞融合的材料获得	243
第三节	细胞融合的技术类型	245
第四节	影响细胞融合的基本因素	248
第五节	融合细胞的选择	249
第六节	细胞融合技术在农业中的应用	251
第八章	农业生物技术中的染色体人工诱变技术	260
第一节	染色体人工诱变技术的理论基础	260
第二节	多倍体育种技术及其在农业中的应用	262
第三节	单倍体育种技术及其在农业中的应用	270
第四节	人工诱导动植物雌核发育技术及其在农业中的应用	271
第五节	染色体转移技术及其在农业中的应用	275
第九章	农业生物技术中的动物克隆技术	278
第一节	动物克隆概述	278
第二节	动物克隆的技术方法	281
第三节	动物克隆技术在农业中的应用	289
第四节	对动物克隆技术有关问题的理性认识	291
第十章	农业生物技术中的转基因技术	295
第一节	转基因技术的理论基础	295

第二节	转基因植物技术及其在农业中的应用	298
第三节	动物转基因技术及其在农业中的应用	317
第四节	农业转基因技术存在的问题及进展	329
第十一章	农业生物技术中的微生物肥料技术	334
第一节	微生物肥料研发的进展及重要意义	334
第二节	微生物肥料的生物学基础	336
第三节	微生物肥料促进作物增产的机理	351
第四节	微生物肥料的类型	358
第五节	微生物肥料的施用技术	374
第十二章	农业生物技术中的微生物农药技术	389
第一节	微生物农药的理论基础	389
第二节	微生物活体农药及其应用	398
第三节	微生物源农药及其应用	430
第十三章	农业生物技术中的新能源沼气技术	444
第一节	生物能源的含义及类型	444
第二节	沼气的特性及在我国的发展历程	448
第三节	生产沼气所利用的微生物及发酵原料	457
第四节	沼气发酵的基本原理与生产沼气的工艺流程	464
第五节	沼气在农业其他领域中的应用	470
第十四章	农业生物技术中的新能源生物柴油技术	477
第一节	应用农业生物技术开发利用农村新能源 生物柴油的重要性	477
第二节	现代农业生物技术在提高燃料油植物含 油量中的应用	478
第三节	应用农业生物技术加快农村新能源生物柴油开发利用的 主要措施	487
第十五章	农业生物技术中的食用菌技术	492
第一节	利用先进的农业生物技术深层次开发利用食用菌的 理论基础	492
第二节	利用先进的农业生物技术提高食用菌良种选育的 技术经济效果	497

第三节	利用先进的农业生物技术提高食用菌菌种生产的 技术经济效果·····	504
第四节	利用先进的农业生物技术提高食用菌深层发酵的 技术经济效果·····	518
第五节	利用先进的农业生物技术提高食用菌贮藏保鲜的 技术经济效果·····	525
第六节	利用先进的农业生物技术提高对毒菌利用的 技术经济效果·····	532
参考文献	·····	538

第一章 农业生物技术的分子生物学基础

农业生产是一种生物生产，对于作物、蔬菜、水果等植物生产而言，其生产的过程就是利用光能把水、二氧化碳和矿物质等转化为糖、脂肪、核酸、蛋白质等生命物质的过程。同样道理，对于牲畜、家禽、鱼等动物生产而言，其生产的实质也就是把饲草、饲料等物质转化为糖、脂肪、核酸、蛋白质等生命物质的过程。以糖、脂肪、核酸、蛋白质等生命物质为产品的农业生产有其自身的生命规律。为了提高农业生产的产品数量和质量，进而提高农业生产的经济技术效益，必须首先了解糖、脂肪、核酸、蛋白质等生命物质的形态结构和代谢规律，为推广农业生物技术打下基础，进而为提高农业生产产品的数量和质量及经济技术效益打下基础。

第一节 蛋白质与核酸的分子组成与空间结构

无论是农作物，还是畜禽，其生物体的基本结构单位都是细胞。细胞原生质组分中最重要的是蛋白质、核酸等生物高分子物质。这些生物高分子物质，一部分溶解于胞液中，一部分则组装成超分子装置（如膜、核蛋白体、染色质等）并构成各种亚细胞结构。所以，蛋白质、核酸等物质既是生物体的重要组分，又是生命活动中最重要的物质基础。研究农业生物技术，首先必须了解这些生物高分子的化学成分、结构及其功能。

一、蛋白质

（一）蛋白质的分子组成

1. 组成蛋白质分子的基本单位——氨基酸

蛋白质水解的最终产物是氨基酸，氨基酸是组成各种蛋白质分子的基本单位。组成不同蛋白质分子的氨基酸，在数量上可以是几十、几百、几千甚至更

多，但就氨基酸种类而言，主要有 20 种，分别是：甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、蛋氨酸、脯氨酸、苯丙氨酸、色氨酸、丝氨酸、苏氨酸、天冬酰胺、谷氨酰胺、酪氨酸、半胱氨酸、天冬氨酸、谷氨酸、赖氨酸、精氨酸和组氨酸。

组成蛋白质分子的 20 种氨基酸在结构上有一个共同点，即 α -碳原子上都结合有氨基，所以称为 α -氨基酸。不同氨基酸的 R 基因是不同的，如甘氨酸的 R 就是一个氢原子，丙氨酸的 R 是一个甲基。除甘氨酸外，所有氨基酸分子中的 α -碳原子都是不对称的，因此有 D 型和 L 型两种构型。



在天然蛋白质中存在的氨基酸都属于 L 型。

2. 组成蛋白质分子的元素特点

组成蛋白质分子的元素除碳、氢、氧外，还含有氮原子。生物组织中的氮元素绝大部分存在于蛋白质分子中，蛋白质的种类虽多，但含氮量都很相近，一般说来，每 100 g 蛋白质平均含氮 16 g。因此，一般生物样品中每含 1 g 氮，大约相当于含 6.25 g 蛋白质。只要测定生物样品中的氮含量，就可以推算出其蛋白质的大约含量。

$$\text{每克样品中含氮的质量} \times 6.25 = \text{蛋白质含量}$$

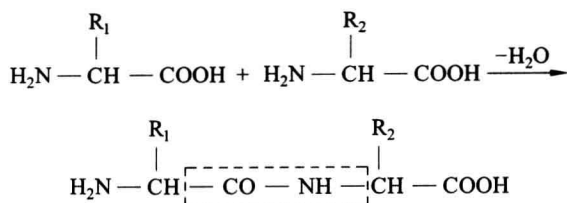
另外，半胱氨酸和甲硫氨酸是含硫的氨基酸，大多数蛋白质含有这两种氨基酸，故其分子中含有少量的硫。

(二) 蛋白质的分子结构

蛋白质是由许多氨基酸组成的生物高分子物质之一，具有三维空间结构。

1. 蛋白质的一级结构

蛋白质一级结构是指分子内氨基酸残基的排列顺序，它是高级结构的基础。蛋白质分子中的氨基酸主要通过肽键相互连接。肽键是一个氨基酸的羧基与另一个氨基酸的氨基，脱去一分子水结合而成的键。



式中，CO—NH 即是肽键。两个氨基酸借一个肽键相连构成的化合物称二肽。二肽还可借肽键连接氨基酸因而构成三肽、四肽……由多个氨基酸通过多个肽键相连接形成的链状结构，称为多肽链。多肽链中的每一个氨基酸，在相互缩合时失去了一分子水，因此称为氨基酸残基。在多肽链中一端仍保留着一个 α -氨基，另一端则保留着一个 α -羧基，带 α -氨基的末端称为肽链的氨基末端，带 α -羧基的末端称为肽链的羧基末端。多肽链是蛋白质分子的基本结构。有些蛋白质分子就是一条多肽链，有些蛋白质分子是由两条或多条多肽链构成的。

2. 蛋白质的空间构型

组成蛋白质的多肽链既不是全部以伸展状态展开，也不是以任意曲折的状态存在，而是具有一定的空间构型。多肽链中一个肽键的 >N-H （氢原子显正电性）和相隔三个氨基酸残基的另一个肽键的 >C=O （氧原子显负电性）在空间位置上相互靠近，因此相互吸引形成氢键，这些氢键使蛋白质分子中的部分多肽链保持呈螺旋状。这种多肽链的螺旋体是蛋白质的基本空间构型。

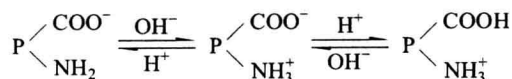
多肽链的螺旋体还可以借助氢键和其他化学键（如离子键等）进一步卷曲、折叠，成为一种更复杂的空间构型。所以三级结构实际上是指将蛋白质分子中一条多肽链内全部原子的空间排列，即多肽链在二级结构的基础上，进一步折叠盘曲，所形成的空间结构，称为蛋白质的三级结构。有些蛋白质分子是由两条以上具有独立三级结构的多肽链通过次级键相互结合而构成的，这就成为具有四级结构的蛋白质。其中，每个具有独立三级结构的多肽链称为亚基。

（三）蛋白质的理化性质

1. 蛋白质是两性电解质

蛋白质分子中，氨基酸的 α -氨基和 α -羧基虽然大部分被结合成为肽键，但是蛋白质分子内仍含有各种酸性和碱性基团，如肽链末端的 α -氨基或 α -羧基；天门冬氨酸和谷氨酸残基中的羧基；赖氨酸和组氨酸残基中的各种碱性基团，所以，蛋白质是两性电解质。在酸性溶液中碱性基团的解离增大，使蛋白

质带正电荷；在碱性溶液中酸性基团的解离加强，蛋白质带负电荷。而当溶液达到某一 pH 时，蛋白质分子可因内部酸性基团和碱性基团的解离度相等而呈等电状态，这时的溶液 pH 叫做蛋白质的等电点。



不同的蛋白质具有不同的等电点。一般含碱性氨基酸较多的蛋白质，其等电点较高；含酸性氨基酸较多的蛋白质，其等电点较低。多数蛋白质的等电点近于 5.0。

不处于等电状态的蛋白质分子的正、负电荷量是不相同的，因而在电场中可向相反的电极移动，这种现象称为电泳。蛋白质分子电泳的方向和速度决定于其所带电荷的性质（带正电的向负极移动，带负电的向正极移动）、电荷的数量（电荷量大者移动速度快）、相对分子质量的大小（相对分子质量小者移动速度快）及电场强度（电场强度大移动速度快）。蛋白质混合液中各蛋白质的等电点和相对分子质量大小不同，所以在同一 pH 溶液及同一电场强度中，它们的移动速度是不相等的。根据这一原理就可以用电泳法使混合的蛋白质分离。

2. 蛋白质是高分子化合物

蛋白质是由许多氨基酸分子组成的高分子化合物，就其分子量而言，大者可达数千万道尔顿，一般也在一万以上。蛋白质能溶解于水，构成稳定的高分子溶液。使蛋白质溶液稳定的因素有二，即水化膜和电荷。由于蛋白质的分子表面有许多亲水基团（如 $-\text{NH}_2$ ， $-\text{COOH}$ ， $-\text{OH}$ ， $>\text{CO}$ ， $>\text{NH}_2$ 等），在水溶液中均能与水起水合作用，于是在分子表面构成一层水化膜，因而能防止许多分子聚合成为一团；再则由于蛋白质分子在一定的 pH 溶液中都带有同性的电荷，同性电荷是互相排斥的，所以蛋白质分子在水溶液中，由于水化膜及电荷两种因素的作用，不会互相凝集、聚沉。

3. 蛋白质的沉淀

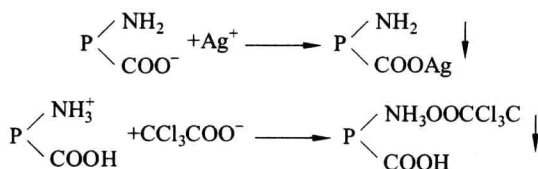
分散在溶液中的蛋白质分子发生凝集，并从溶液中沉淀、析出现象，称为蛋白质的沉淀。除去蛋白质的水化膜和表面电荷，可以使蛋白质从溶液中沉淀。如将蛋白质溶液的 pH 调整至等电点，这时蛋白质分子呈等电状态，虽不很稳定，但还有水化膜的保护作用，一般不会沉淀，如果这时加入脱水剂除去蛋白质分子的水化膜，则蛋白质分子互相凝聚、沉淀析出。先脱水，后调节 pH 到等电点，也同样可使蛋白质沉淀。

使蛋白质沉淀常用的方法有下列几种：

(1) 盐析。如果加入大量中性盐（如硫酸铵）于蛋白质溶液中，由于高浓度盐离子的水化作用，使蛋白质分子脱水，失去水化膜而沉淀，这种沉淀过程称为盐析。不同蛋白质盐析时所需盐类浓度不同，因此可以用逐渐加大盐溶液浓度的办法使蛋白质分段析出加以分离，这种操作称为分段盐析。

(2) 加入有机溶剂。酒精、丙酮等有机溶剂对水的亲和力很大，因此也能破坏蛋白质分子的水化膜。如果在等电点时加入这些有机溶剂即可使蛋白质沉淀析出。

(3) 加入可与蛋白质结合成不溶解物质的化合物。有些重金属离子，如 Cu^{2+} 、 Hg^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Ag^+ 等能与带负电荷的蛋白质结合成不溶性的蛋白质盐，加入可与蛋白质结合成不溶解物质的化合物使蛋白质沉淀，此时溶液的 pH 必须稍高于蛋白质的等电点；还有些酸，如钨酸、苦味酸、三氯醋酸等的酸根能与带正电荷的蛋白质结合成不溶性的蛋白盐，这时溶液的 pH 必须稍低于蛋白质的等电点。



用上述盐析方法，或在低温条件下用酒精或丙酮的方法沉淀出来的蛋白质，仍然保持着天然蛋白质的一切特性，如原来的生物活性、重新溶解构成稳定的高分子溶液等。但如用重金属离子的方法，或加入某些酸的方法，或在温度较高的情况下用酒精或丙酮等方法沉淀蛋白质，则蛋白质原来的性质会发生改变。

4. 蛋白质的变性

蛋白质因受物理或化学因素的影响，使其分子的空间构型改变，导致其理化性质、生物活性都发生改变，这种现象称为蛋白质的变性。能使蛋白质变性的化学因素有强酸、强碱、重金属离子、尿素、酒精、丙酮等；能使蛋白质变性的物理因素有加热、振荡或搅拌、超声波、紫外线及 X 射线照射等。具有生物活性的蛋白质变性后即失去其原有的生物活性。例如，酶失去其催化活性，激素失去其激素活性，细菌蛋白质失去其致病性。蛋白质生物活性的丧失是蛋白质变性的主要特性。变性后的蛋白质最明显的理化性质改变是溶解度降低。有些在等电点时能溶于水的蛋白质，变性后就不能溶解而沉淀析出。

一般认为，天然蛋白质分子中的氢键、离子键等，使多肽链盘曲、折叠，形成一定的空间构型。而促使变性的理化因素则可使氢键、离子键等断裂，多