

植物生物化学

● 郭 定 成 主 编

● ZHI WU SHENG WU HUA XUE



山西科学教育出版社

植物生物化学

郭定成 主编

(学大西山西) 黄慧琳

(学大西山西) 黄慧琳

(学大西山西) 黄慧琳

(学大西山西) 黄慧琳

(学大西山西) 黄慧琳

(学大西山西) 黄慧琳

(学大西山西) 黄慧琳

(学大西山西) 黄慧琳

(学大西山西) 黄慧琳

山西科学教育出版社

158347-5377-0102-3
TJ·S 定价: 7.30元

主 编 郭定成

参加编写人员 (按姓氏笔划为序)

王向阳 (河南农业大学)

刘卫群 (河南农业大学)

孙瑞泉 (西南林学院)

陈玉惠 (西南林学院)

何自珍 (云南农业大学)

陈文铨 (山西农业大学)

张慧贞 (山西大学)

郭定成 (山西农业大学)

郭栋生 (山西农业大学)

袁小瑛 (山西农业大学)

绘 图:

冀满祥 (山西农业大学)

植物生物化学

郭定成 主编

山西科学教育出版社出版发行 (太原并州北路十一号)

山西新华印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 24.25 字数: 537千字

1988年12月第1版 1988年12月太原第1次印刷

印数: 1—7,740册

ISBN 7—5377—0105—9

TQ·2 定价: 7.50元

前 言

编写这部教材总的指导思想是：根据农林院校农学类专业对生物化学的要求，结合本学科领域内的最新成就，并根据各学科间既互相渗透而又各有侧重的精神，既考虑到学生必须掌握的基础知识、基本理论和基本生物化学实验技术，又考虑到便于学生自习，开拓学生的思路 and 知识领域。在这些原则指导下，对教材内容的深度和广度进行了认真的精选和安排。

作为一部教材，它的作用应当是在教师重点讲授的基础上，便于学生自习，通过听课与自习，不断培养学生独立思考和独立解决问题的能力，因而在考虑教材内容时，根据教学大纲要求，试图分为三个档次。首先是教师在课堂教学中必须重点讲授的内容；第二档次是教师不进行讲授，而是指定学生必须自习或结合实践的内容。这两个档次构成教学大纲的基本要求。第三档次则是根据学生的实际情况，选择阅读的内容。目的是想运用教材这个重要工具，充分调动教师和学生在学习和主动学习中的两个积极性，并使教材能够更好地启发学生，使其有更广泛的适应性。

生物化学是一门边缘科学，学科间的互相渗透和互相交叉非常突出。因而，它的内容不仅要考虑到和其它课程间的重复和衔接问题，还必须充分注意到有关课程间互相补充与互相加强的问题。至于简单的重复则坚决取消，使之在有限的学时内，尽可能地让学生学到丰富的、关键性的生物化学的基本理论和基础知识。

本书的主要内容包括以下五个方面：(1)从分子水平深入研究生物大分子化合物如蛋白质、酶、核酸的结构与功能；(2)从超分子水平学习生物膜的结构与功能和细胞生物化学；(3)遗传信息的贮存、传递和表达；(4)生物体内能量的转换及生物系统中的能流；(5)物质代谢及其调节。

由于编者的水平及时间所限，书中定有不少的缺点或错误，诚恳希望读者予以指正。

编 者

一九八八年六月

绪 论

一、植物生物化学的目的与任务

生物化学是研究生命现象化学本质的科学。说得更完善一些,生物化学是用物理的、化学的和生物学的原理与技术,从分子水平来研究生物体的化学组成、生命活动的基本规律及其调节方式,从而阐明生命现象化学本质的一门科学。

根据研究对象的不同,生物化学又可分为人体生物化学、动物生物化学、植物生物化学、微生物生物化学等。显然,植物生物化学是研究植物体的化学组成及其生命活动规律与调节方式的一门科学。

生物化学是在19世纪末20世纪初才发展起来的一门新兴学科。植物生物化学无论在植物学或是在生物化学的分支中都比较更年轻一些,因而生物化学中很多理论和基本反应历程是用动物或微生物作研究材料而取得的。尔后的研究证实,不少理论和基本反应历程在植物体内同样存在,表现了动物、植物和微生物在某些方面的同一性。但也有很多是植物体内特有的新陈代谢途径。因而,作为一门植物生物化学,必须在阐述基本的、同一的理论和代谢途径的同时,突出地描述植物体新陈代谢的特殊规律,尽可能真实地反映植物体生命活动的化学本质。

二、生物机体的分子特征

组成生物体的基本物质是极其复杂的,除了蛋白质(包括酶)、核酸、碳水化合物、糖脂、糖蛋白等生物大分子化合物外,还有维生素、可溶性糖、植物次生物质、有机酸、无机盐类及水等。这些物质以不同的方式、不同的层次互相作用,互相结合,并不断地进行着物理化学变化。这些变化综合起来表现为生活机能或生命现象。在彻底批判了“活力论”之后,人们已经认识到,生物与非生物之间,并不存在不可逾越的鸿沟,生物为物质发展的高级阶段。生命现象既是以物质为基础,那就必然受自然界普遍规律所支配,物理的、化学的和生物学的规律同样适用于生物界。这就为我们通过物理化学与生物学的原理与技术去探讨生命现象的本质与生命活动的规律创造了可能性。这也就是生物化学这门学科产生和发展的理论基础。但是,决不能因此而忽视了生物与非生物间存在着某些根本性的区别,那就是生命物质及其代谢方式具有某些和非生物界截然不同的特征。学习生物化学就必须紧紧抓住并深入研究这些特征,从中找出规律性的东西,逐步敲开“生命奥秘”之门,进而运用这些规律去改造生物界,使之进一步满足人类物质生活的需要。这些特征主要表现为以下几个方面:

(一)生物机体必须不断地与周围环境进行物质交换与能量交换

即不断地从周围环境中摄取它们所需要的物质或营养,同时把不需要的东西或某些代谢产物排出体外,而完成生命物质所特有的新陈代谢过程。生物机体是一个开放系

统，体内进行的一系列物理化学过程，从总体上看必须是非平衡反应。假如反应处于平衡状态时，从热力学观点来看有两个特点，一是正反应和逆反应的速率相等，尽管反应仍在进行，但没有任何物质的净生成；二是正反应中吸收的能量，在逆反应中全部释放出来，并可用来做功。也就是说，没有能量的净生成。上述两种情况的出现，对生物机体来说，将是毫无意义的，最终将导致生物的死亡。因此，整个反应过程必须处于非平衡状态，而非平衡状态的维持只能依赖同周围环境不断地进行物质交换与能量交换。

生物机体把从外界摄取的营养物质，经过加工和改造，转变为自身的组成成分，这一过程叫做合成代谢（anabolism），或同化作用（assimilation）。绿色植物和光合细菌通过光合作用，利用太阳的辐射能，把 CO_2 和 H_2O 转变为碳水化合物或其它形式的化学能，不仅用来滋养植物体本身，也用来滋养动物和大多数微生物。

另一方面，生物体原有的物质和摄取的营养成分，又经常不断地进行分解，转变为较简单的化合物，并释放出部分能量。这些化合物或者作为最终产物排出体外，或者作为中间体重用来合成生物体的组成成分。这一过程称为分解代谢（catabolism），或异化作用（dissimilation）。合成代谢和分解代谢，或同化作用和异化作用，在整个生命活动中构成了对立的统一，二者互相依存，又不断斗争，而在一定条件下可以相互转化。这就是有机体生命活动的物质基础，也是遗传性和变异性的物质基础。

（二）生物分子的特征

构成生物体的基础物质虽然是象蛋白质、核酸、多糖和核蛋白、糖脂、糖蛋白等那样一些大分子化合物，但任何分子单独存在时都不能表现完整的生命现象，只有当它们处在“细胞”这样的特定系统中，才表现出典型的生命现象。生物大分子研究的现代成就告诉我们：生物大分子在细胞内是以极其复杂的、多层次结构而存在的。例如，天然蛋白质分子的结构可描述为一级结构、二级结构、结构域、超二级结构、三级结构、四级结构，以及超分子集结体。因而天然大分子化合物可以出现多种“构象”（conformation）。可是生物体内的各种大分子化合物只有以特定的构象存在时，才具有生物学活性。换言之，每种生物大分子只有一种或少数几种活性构象，而在执行功能的过程中又要求它的构象发生某些微妙的变化。这就是书中将要重点介绍的一个基本原理——变构效应或别构效应（allosteric effect）。它是生物机体调节大分子化合物功能的一种最普遍、最重要的方式。这是生物分子的第一个特征。

生物分子的另一个重要特征是能够进行自组装，就是说，它们能按一定的工序把不同“组件”装配起来，形成超分子或各种细胞器。如多酶复合体、简单的病毒、核糖体等，都可看作是超分子体系的不同层次；更复杂一点可构成各种细胞器，如细胞核、线粒体、叶绿体等；最后是细胞以及细胞集合形成分化的组织。目前关于自组装的详细过程，研究得还不很清楚，但通过对烟草花叶病毒（TMV）、噬菌体以及细菌鞭毛体外组装的研究，已提出了一些控制机理与组装模型。

可见，细胞是按照特定的信息或指令，把多种生物分子组装起来的生物超分子集结体，而决不是多种分子的简单堆砌。生物分子只有在这样的体系中，才能表现出一定的生物学功能。

因此，有些学者认为：当前生物科学的研究水平正朝向两极分化。大约从20世纪40

年代起，它的研究主要是在分子水平上进行。分子水平的研究，无疑将继续一个很长的时间，但超分子水平和亚分子水平的研究，现在已经初露苗头，开始向两极分化了。

如上所述，生命现象决不单纯是分子间相互作用的结果，而是涉及到许多复杂的因素，因此，也就不可能只靠分子水平研究的成果来认识生命现象的本质。生物化学工作者就不得不从超分子集结体和细胞水平去研究细胞的生命现象。

进入本世纪70年代以来，由于物质结构学和量子化学的发展，使生物化学中某些从分子水平上难以圆满解释的反应机理，如键能转移的反应，蛋白质和酶的变构现象，以及生物能的转移等，在原子结构理论和量子理论的基础上，获得了较满意的解释。因此，生物能力学和量子生物学就应运而生了，使生物化学朝向亚分子水平这个极端开始发展。总之，两极分化是当前生物科学发展的新趋势或新动向。

(三)生物化学进行过程及代谢反应

生物化学过程是在常温下，接近中性的生理 pH 下、有条不紊地、高效地进行的，而且在每个细胞内，同时进行着一系列复杂的代谢反应，这些反应沿着各自的代谢途径，协调地进行，彼此不发生干扰。这是细胞新陈代谢的显著特点之一。

酶催化动力学的研究表明，酶通过多种催化方式指向一个总的目标，就是降低反应的活化能，从而使许多反应能在生理条件下高速进行。催化不同代谢过程的各个酶系，可以通过细胞内部的空间隔离，形成多酶复合体或组成超分子集结体，使酶与底物经常保持紧密的联系，通过一定的中间过程，直至形成最终产物。从酶与底物的初始反应开始，到最终产物的形成，包括每个小的反应步骤及有关的酶，就组成了一条代谢途径（简称代径）。在每条代谢途径中，有关的酶与其底物保持着紧密的接触，从而避免了其它代谢途径的干扰。因此，研究酶催化的动力学，酶作用的机理，和酶在细胞内的定位及其聚集状态，对深入了解细胞的代谢反应具有重要的理论意义和实践意义。

细胞内代谢反应的另一显著特点是受到严格的自我调控。它能根据生物体物质和能量的供求关系，迅速地、准确地、有效地调节各条代谢途径进行的速率和方向，从而使物质和能量既满足供应，又不致因过剩而造成浪费，保证各种代谢反应能协调地进行。

(四)生物分子的自我复制

生物大分子的特征之一是能够准确地进行自我复制，以保证生物机体能不断繁殖，产生与该物种相同的后代。因此，自我复制是生物遗传和繁殖的物质基础，也是生物变异的物质基础。现代分子生物学和分子遗传学的研究证实，从根本上讲，自我复制的信息，来自细胞核 DNA（简称核 DNA）的核苷酸序列。DNA 分子严格遵循碱基互补原理，能准确地进行自我复制，浇铸出和亲代 DNA 碱基序列完全相同的子代 DNA，并以 DNA 分子作为基础模板，通过“转录”和“翻译”等复杂程序指导蛋白质的生物合成，其中包括全部酶类。然后再由蛋白质和酶类，控制并确定生物机体的代谢类型。根据这种理论，DNA 是存在于细胞中的基础模板，遗传信息的流动方向是：由 DNA 流向 RNA，再流向蛋白质（包括酶）。因此，研究核酸和蛋白质的性质、结构及其在细胞代谢中的功能，是生物化学的重要内容之一。

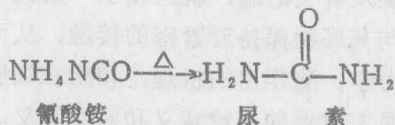
上述四个方面是生物机体重要的分子特征。提出这个问题是为了强调生物化学研究对象的某些特殊性，便于在后面的学习中有意地研究这些特点，从中找出细胞代谢中

的特殊规律，推动生物科学的不断发展。

三、生物化学的进展

生物化学是19世纪末20世纪初才发展成为一门独立的新兴学科。由于社会发展和人类对食品、医药的需求，人们早已广泛应用了生物制品，并积累了不少关于生物化学的知识。例如，我国古代劳动人民已广泛应用并发展了酿酒、制醋和生产饴糖等技术，这些在古书里都有详细的记载。显然，这些技术都是酶和发酵过程的实际应用。此外，还广泛利用了动物脏器和植物材料为医药来治疗疾病；在临床诊断中，对代谢产物如粪、尿、血液等变化，都有较详细的观察。时至今日，我国古代有关生物化学的著作和记述，仍有发掘、整理和进行科学分析的价值。但是，生物化学也和其它学科一样，由于受封建统治和保守思想的长期束缚，一直处于停滞不前的状态。

西方各国在15、16世纪，由于发明了机器，科学技术和生产力都有了较大发展。但到18世纪，“活力论”的观点给生物化学的发展设置了很大障碍。活力论者认为，生命现象是由某种超自然的、不可认识的“活力”所支配，因而生物体内的物质变化，不服从于一般的物理、化学规律。而且，生物体内存在的天然化合物，不能用普通的化学方法在实验室里合成出来。这样就在生物与非生物间划了一道鸿沟。到18世纪中叶，拉瓦锡 (Lavoisier) (法) (1775) 证实了呼吸过程是一个氧化过程；一年后，普里斯特利 (Priestley) (英) (1776) 发现了光合作用；19世纪初，味勒 (wöhler) (德) 用人工方法把氰酸铵合成尿素：



而尿素则是当时已知的有机化合物，充分说明在一定条件下，有机物和无机物之间是可以相互转化的，并没有不可逾越的鸿沟。这一发现给活力论者以沉重的打击。

德国的Liebig在1840年出版了著名的《有机化学在农业和生理学中的应用》一书，对当时的科学界有很大影响。书中详细描述了自然界的物质循环：植物通过光合作用合成的有机物不仅滋养着植物自己，也滋养着动物和一切生物；动物的排泄物及死亡后的残骸经腐烂分解产生的简单化合物，又可以被植物利用。植物除需要CO₂和水外，还要不断从土壤中吸收必需的养分，因此需要进行施肥。

19世纪中叶，巴斯德 (Pasteur, 1857, 1860) (法) 对发酵作用本质进行了深入的研究后指出，发酵是由酵母菌或细菌引起的。这在生物化学发展中是一个重大贡献。但当时他误认为发酵是由于活体酶所引起，没有生物，便没有发酵。这就意味着：生命只能从生命来。其后，布希纳 (Buchner) (德) 通过实验证明，不含细胞的酵母浸提液也能使糖发酵，活体酶的概念才被摒弃，为近代酶学和代谢研究奠定了基础。

19世纪末，20世纪初，在生物化学领域内有三大发现：酶、维生素和激素。

1926年，美国的萨姆纳 (Sumner) 首先制得了脲酶结晶，并证明酶的化学本质是蛋白质。继动物体内发现激素之后，1926年，Went 又从燕麦芽鞘中分离出了生长素，开始了对植物激素的研究。

自1920年以来,生物主要的代谢途径如糖酵解、三羧酸循环、氧化磷酸化、磷酸戊糖途径、脂肪酸代谢和光合磷酸化作用等都先后被阐明。

1935年,德国的舍恩海默(Schoenheimer)和里肯伯格(Riccenberg)开始应用同位素示踪原子研究代谢机理,在阐明复杂的代谢反应中发挥了重要作用。

进入20世纪50年代之后,Calvin(美)在光合碳循环的研究方面,Arnon(美)在光合磷酸化的研究方面,瓦特森(Watson)和克里克(Crick)在确立DNA的双螺旋结构模型方面,肯德鲁(Kendrew)和佩鲁茨(Perutz)用X-射线衍射技术测定蛋白质的三维结构方面,都取得了重大突破。1977年英国的桑格(Sanger)完成了噬菌体 ϕ -174 DNA一级结构的测定,该DNA分子由5375个碱基对(base pair)组成。1981年,在同一实验室里又完成了人线粒体DNA分子中碱基序列的测定,共有碱基对16,569个。

生物化学的重大进展,主要是在近30年内取得的。除了正确的指导思想外,不同学科间的互相渗透,和各项新技术的综合应用,对生物化学的迅速发展起了积极的推动作用。如同位素示踪原子技术、X-射线衍射技术、电子显微技术、核磁共振、顺磁共振、光谱法、超速离心法、电泳法、荧光法、分光光度法、凝胶层析和凝胶过滤技术、氨基酸自动分析仪等,这些新技术的应用,使人们能够从亚细胞或分子水平深入研究细胞的组成和结构、超分子集结体的结构和功能、变构效应,以及细胞内进行的一系列代谢过程。

在我国,解放后在党和政府的正确领导和重视下,生物化学也得到了突飞猛进的发展。中国科学院成立了生物化学研究所,开展了大量理论性和实际问题的研究,取得了不少辉煌成就。1965年,完成了全合成牛的胰岛素;1972年,又用X-射线衍射法测定了猪胰岛素的空间结构;1979年底完成了由41个核苷酸组成的酵母丙氨酸tRNA(简称tRNA^{Ala}) 3'一端半分子的人工合成;1981年底又继续完成了该tRNA^{Ala}的人工全合成,共76个核苷酸。其中除了4种通常的核苷酸外,还有7种稀有核苷酸,难度是较大的。达到了世界先进水平。

归结起来,当前生物化学的发展集中在以下六个方面,这本教材的内容也将紧紧围绕这六个方面来安排。

(一)生物大分子的结构与功能及生物工程的发展

目前很多生物大分子如蛋白质(或多肽)和核酸的分离、结晶,一级结构及其活性构象的测定,已取得成功;某些较简单蛋白质(或多肽)及多核苷酸的人工合成,也已实现。大分子化合物结构的多层次性及其聚集状态,不同层次的超分子集结体在细胞中的存在与功能等,也日益受到科学工作者的重视。这些都为深入揭示大分子化合物结构与功能的关系,进一步实现人工模拟,开拓了广阔的前景。酶催化作用的机理、酶的变构效应以及代谢过程的调控等,也都取得了很大进展。这个领域内进一步的研究和发展,将使人类对生命活动本质的认识和人工模拟,进入一个崭新的阶段和更高的水平。

生物工程是一个潜在的生产力。它是利用生物技术与工程思想对细胞进行修饰和扩增,使其朝着设计要求的方向发展,或生产出人们预期得到的产物。20世纪80年代以来,植物生物工程也有了飞跃的发展。它的出现和发展,不仅对植物科学基础理论的研究

究具有强大的推动力，而且势必改变以植物为材料的生产和加工产业的面貌。当前，在植物细胞培养技术方面，已取得了显著进展。

(二) 遗传的分子基础

从分子水平研究遗传物质基础的分子遗传学，近30年来有了突飞猛进的发展。已经清楚，DNA（某些微生物中为RNA）是遗传的分子基础，它的性质、结构模型以及在细胞中的模板功能等各个方面的研究，都已取得了辉煌成就。在基因表达、生物遗传信息的传递和中心法则的建立、蛋白质的合成程序以及基因表达的调控等方面，也都取得重大突破。现代分子遗传学的光辉成就，有力地推动了整个生物科学向前发展。

由于质粒（Plasmid）和限制性核酸内切酶这两把“手术刀”的发现，和基因重组理论与技术的广泛应用，所以遗传工程这门新兴学科，汹涌澎湃，迅猛发展，很多研究成果，已逐渐由试验型转向生产型。

然而，在这一领域内，许多问题尚待进一步研究解决。例如，DNA分子除典型的双螺旋结构模式外，其它结构形式的DNA分子已有发现，DNA的复制机理还不很清楚，基因表达及其调控方式，在真核细胞内还很不清楚，遗传工程作为一种现实的生产力，还有一段较长的距离，等等。总之，遗传的物质基础和遗传信息的流动，是生物科学中两个带根本性的问题，它的深入研究需要各学科的密切配合和共同努力。

(三) 生物膜的结构与功能

生物膜是指存在于细胞及各种细胞器表面的薄膜。关于生物膜结构与功能的研究，近年来取得很大进展，提出了多种关于生物膜结构的模式。利用脂质体模拟生物膜的研究工作逐渐深入。生物膜是多种生物分子的超分子集结体。它的结构的复杂性，导致了功能的多样性，如物质的选择性通透、能量的转换、受体和识别等。在生理状态下，生物膜是以液晶态存在的，关于生物液晶的结构、存在条件及其生物功能等，也已引起科学工作者极大的重视。随着研究工作的不断深入，生物膜的重要性，也被人们认识得越来越清楚。它已成为生物化学、生物物理学和分子生物学的重要内容之一。科学工作者正在从不同角度，在这个领域开展广泛的研究。

(四) 生物能力学

生物能力学是研究细胞内能量转换的科学。它是生物化学、生物物理学中一个最核心的问题。生物能力学应用物理化学和量子生物学的原理与方法，来研究生物系统中能量的流动与转换过程，如光合生物对太阳辐射能的固定及光合磷酸化作用；能量在生物系统中的转换与利用，其中包括高能磷酸键及ATP的生物学功能；进入细胞内的营养成分，一部分作为合成其它生物分子的材料，另一部分进入分解代谢，把蕴藏的化学能释放出来，并转换为更通用的能量形式（“通货”）——ATP。显然，在这些转换过程中，部分能量不可避免地将以热的形式散失。

在这个领域内，还有许多问题急待进一步阐明，如光合电子链的组成、光合磷酸化和氧化磷酸化的偶联机理、生物膜在能量转换与传递中的重要功能等。

(五) 生物固氮作用

农业生产的最终目的是提高产量和改善品质。然而高产带来的问题之一是土地肥力消耗很大。要想保持持续高产，必须增加施肥量，这样势必加大投资。生物固氮则是一

种既能肥田，而又不增加投资的极好方法，因此理当引起人们的重视。近年来，固氮生物化学有了突飞猛进的发展，对固氮微生物的开发利用、固氮酶的组成、结构、催化动力学，以及固氮作用的机理等方面的研究，都取得了可喜成果。

(六) 代谢化学及其调节机理

由于酶学的发展和新技术的应用，很多复杂的中间代谢历程已经阐明。酶在细胞内的定位及酶的空间隔离、多酶复合体的组成及催化机理、同功酶的性质及其功能等的研究，都取得了重大进展。体内各种物质的相互转化、生物信息的传递和代谢调节等，也已阐明。但由于新陈代谢的化学本质及其调节机理是生物化学的中心内容，所以在当前和今后仍是生物化学的主攻方向之一。

总之，现代生物化学的光辉成就，使过去分散的、孤立的生化知识和概念综合为一整套“生命物质组织化”原理，从而使生命现象本质的认识向前迈进了一大步。近年来，分子生物学的一系列重大发现深刻地说明，虽然生命现象在表现形式上是多种多样的，但最本质的东西在不同生物体中却高度一致。例如，DNA是一切生物的遗传物质基础；不少代谢途径在各种生物细胞内（包括动物、植物和微生物）是完全相同或非常近似的；各种生物细胞都有结构相同或相似的质膜（或细胞膜）。因而，通过各学科间的紧密协作，和现代实验技术的综合应用，对许多生化课题进行深入探索，必将对新陈代谢规律和生命现象的本质认识得越来越深刻。

四、生物化学与其它学科及生产实践的关系

近代科学发展的总趋势是各学科间互相渗透。随着每个学科的研究范围日益扩大，研究的问题日益深化，单凭本学科积累的知识与研究手段，已远远不能适应，必须依赖多种学科密切配合，从不同角度上打攻坚战，才有可能在最关键的问题上有所突破。这是科学发展的必然趋势。而在生物科学中，学科间的互相渗透，表现得尤为突出。生物化学是一门新兴的边缘科学，它研究的对象是生物，影响生命活动的因子特别复杂，又很难控制，因而揭露“生命的奥秘”这个最终目标的实现，必须依赖各学科间的密切配合，协同作战。所以，生物化学和很多学科都有密切的关系，例如，研究生物体的化学成分，必须应用化学方法或物理化学方法把它分离、提纯，研究它的性质，确定它的组成和结构，并进一步把它合成出来。因此，生物化学与分析化学及有机化学有着密切的关系。近年来，随着物理化学的发展，在物质代谢和能量代谢的研究上，已广泛应用了物理化学的理论与技术。生理学主要研究生物体各类细胞、组织和器官的功能，以及生物体对内外环境变化的反应，它和机能生物化学有着紧密的联系。生物物理学是近年来发展起来的一门边缘学科，它是用物理学的理论与方法，研究生命活动的物质基础及其反应机理的。分子生物学则是从分子水平，通过对生物分子的结构及其运动规律的研究，深入探讨生命现象的本质的学科。可见，任何一门科学的发展都不是孤立的，而是互相渗透、互相促进、互相加强的。其中任何一方的重大突破，都极大地鼓舞和推动其它有关学科的飞跃发展。

生物化学向其它学科的渗透也非常明显。就当前来说，它几乎渗透到了一切生命科学领域，如胚胎发生学、生理学、细胞学、遗传学、微生物学、医学和作物栽培学等。可以说，绝大多数生物学问题都需要从生化角度和用生化方法才可能较深入地得到解

决。至少可以说,生物化学的原理与技术是研究现代生物科学的重要手段之一。

生物化学的原理与技术在生产实践中也得到了广泛的应用。在轻工生产方面,如食品工业、抗生素制造工业、发酵工业、制药工业以及皮革工业等,无一不借助于生物化学的原理和方法。生物化学的进展,不但为这些工业提供了越来越先进的理论依据,而且为其技术改造和工艺革新创造了极有利的条件。

植物生物化学对农业生产有重要的实际意义。在作物生长发育的全过程中,细胞内进行着复杂的代谢转变,有机物的合成、转移、积累、分配等规律,与农业生产中很多关键性问题有关,如禾谷类作物的穗大粒多、防止倒伏;棉花的增蕾保铃、提高纤维品质;提高油料作物种子的含油量等等。代谢规律的研究,可以为合理的栽培措施提供可靠的理论依据。

随着农业的现代化,人们不仅要求提高产量,而且要求改善农产品的品质,如提高谷类种子中蛋白质的含量;改变蛋白质中氨基酸的组成;进一步提高油料种子中油脂和蛋白质的含量;改变禾谷类种子中直链淀粉与支链淀粉的比例等。所有这些都必须在充分研究和掌握各类作物代谢规律的前提下,创造性地运用这些规律来指导育种方向,改革栽培措施,以达到既提高产量又改善品质的目的。生物工程进一步的发展,将为定向育种开辟更广阔的前景。

在农业获得丰收后,农产品的贮藏和加工就成为亟待解决的问题,而在科学的贮藏和加工中,将会涉及到一系列复杂的生物化学问题。

(郭定成)

目 录

绪论	(1)
第一章 蛋白质	(1)
第一节 蛋白质的存在及其重要性	(1)
第二节 蛋白质的化学组成	(2)
第三节 氨基酸的分类及非蛋白质氨基酸	(2)
第四节 氨基酸的理化性质	(8)
第五节 氨基酸的分离和分析鉴定	(16)
第六节 蛋白质结构的多层次性和一级结构	(20)
第七节 蛋白质的三维结构	(27)
第八节 蛋白质结构和功能的关系	(36)
第九节 蛋白质的重要理化性质	(42)
第十节 蛋白质的分类	(49)
第十一节 蛋白质的分离、提纯和鉴定	(51)
第十二节 植物蛋白	(55)
复习思考题	(59)
主要参考资料	(61)
第二章 酶化学	(62)
第一节 酶的概念及其化学本质	(62)
第二节 酶作用的特点	(63)
第三节 酶作用的机理	(67)
第四节 影响酶活力的因素	(75)
第五节 别构酶	(86)
第六节 同功酶	(88)
第七节 酶的命名和分类	(91)
第八节 辅基或辅酶	(93)
第九节 酶的分离、提纯及活力测定	(99)
第十节 固化酶	(100)
第十一节 酶工程	(101)
复习思考题	(103)

主要参考资料.....	(103)
第三章 核酸及蛋白质的生物合成.....	(104)
第一节 核酸的组成和种类.....	(105)
第二节 DNA 的结构.....	(109)
第三节 RNA 的结构.....	(113)
第四节 核酸的理化性质.....	(117)
第五节 遗传信息的传递及核酸的生物合成.....	(120)
第六节 蛋白质的生物合成.....	(130)
复习思考题.....	(139)
主要参考资料.....	(139)
第四章 生物膜的结构与功能.....	(141)
第一节 概述.....	(141)
第二节 生物膜的功能.....	(142)
第三节 生物膜的组成.....	(143)
第四节 生物膜的结构.....	(148)
第五节 细胞膜与物质的运送.....	(154)
第六节 细胞的内膜体系.....	(160)
第七节 线粒体和叶绿体.....	(164)
复习思考题.....	(166)
主要参考资料.....	(167)
第五章 植物的细胞壁及其代谢.....	(168)
第一节 植物细胞壁的化学组成.....	(169)
第二节 植物细胞的初生壁.....	(170)
第三节 次生壁.....	(178)
第四节 细胞壁对物质的透性.....	(179)
复习思考题.....	(179)
主要参考资料.....	(180)
第六章 生物能力学.....	(181)
第一节 生物能的转换及生物系统中的能流.....	(181)
第二节 自由能和平衡常数.....	(182)
第三节 ATP 的结构、性质及特殊功能.....	(184)
第四节 生物氧化.....	(187)
第五节 线粒体内膜的传送系统.....	(200)
第六节 光合作用中能量的转换.....	(203)

第七节 高能化合物经叶绿体膜的运转	(209)
第八节 能荷的概念	(211)
复习思考题	(211)
主要参考资料	(212)
第七章 寡糖及多糖的代谢及糖类的相互转变	(213)
第一节 二氧化碳的固定与还原	(213)
第二节 寡糖的生物合成与降解	(218)
第三节 多糖的生物合成与降解	(223)
第四节 碳水化合物的相互转化	(228)
复习思考题	(234)
主要参考资料	(234)
第八章 植物的呼吸代谢	(235)
第一节 糖酵解	(236)
第二节 无氧呼吸和发酵作用	(241)
第三节 糖的有氧氧化, 三羧酸循环	(244)
第四节 磷酸戊糖途径	(253)
复习思考题	(260)
主要参考资料	(260)
第九章 有机酸及其代谢	(261)
第一节 植物体内有机酸的种类与分布	(261)
第二节 植物中有机酸的主要生理功用	(262)
第三节 高等植物的有机酸代谢	(264)
第四节 氮素营养与有机酸含量的关系	(269)
复习思考题	(270)
主要参考资料	(270)
第十章 脂类的代谢	(272)
第一节 脂类在植物体内的存在	(272)
第二节 脂类的生理功能	(278)
第三节 油脂的分解代谢	(279)
第四节 油脂的合成代谢	(284)
第五节 乙醛酸循环	(291)
第六节 磷脂的合成与降解	(293)
复习思考题	(297)
主要参考资料	(297)

第十一章 生物固氮及成氮作用	(298)
第一节 自然界的氮素循环.....	(298)
第二节 生物固氮的生物化学.....	(299)
第三节 含氮化合物在土壤中的转化及植物的摄取.....	(307)
第四节 硝酸的还原作用.....	(310)
复习思考题.....	(313)
主要参考资料.....	(313)
第十二章 氨基酸及蛋白质的代谢	(315)
第一节 氨基酸和酰胺的形成.....	(315)
第二节 各别氨基酸的合成.....	(318)
第三节 一碳基团和氨基酸代谢.....	(324)
第四节 蛋白质的生物合成.....	(326)
第五节 蛋白质的降解.....	(326)
第六节 氨基酸的一般分解代谢.....	(328)
第七节 氮的代谢转变.....	(331)
第八节 α -酮酸的代谢.....	(334)
第九节 胺类的代谢途径.....	(336)
复习思考题.....	(338)
主要参考资料.....	(338)
第十三章 核苷酸的代谢	(339)
第一节 核酸的降解.....	(339)
第二节 嘌呤碱的分解代谢.....	(339)
第三节 嘧啶碱的分解代谢.....	(341)
第四节 核苷酸的生物合成.....	(342)
第五节 核苷酸辅酶的合成.....	(349)
复习思考题.....	(353)
主要参考资料.....	(353)
第十四章 新陈代谢的调节	(354)
第一节 代谢途径的组成和酶的空间隔离.....	(354)
第二节 平衡调节、非平衡调节及恒态.....	(357)
第三节 底物供应量的调节.....	(358)
第四节 酶水平的调节.....	(359)
复习思考题.....	(372)
主要参考资料.....	(372)

第一章 蛋 白 质

第一节 蛋白质的存在及其重要性

构成生物体的物质是极其复杂的，在机体内，许多重要的生命现象都离不开复杂的分子体系，这种复杂的分子组织，一般都基于不同种类的生物大分子（如蛋白质、核酸、多糖、脂类等）以不同层次的结合，诸如多酶复合体，简单的病毒，核蛋白体，生物膜和各种细胞器等。蛋白质和核酸最为重要，是构成生命现象的物质基础。核酸是生物遗传信息的携带者，蛋白质则负责遗传信息的表达，是生命活动的主要执行者和生命现象的主要体现者。在植物体内，虽然蛋白质的含量通常比糖类少，但它的生理功用是任何别的营养成分所不能代替的。

首先，蛋白质和核酸是构成细胞核和原生质的基本成分，而细胞核和原生质是细胞结构的重要组成部分，是生物细胞进行新陈代谢、遗传、繁殖的主要机构。细胞核与原生质的生理机能主要是由这两类生物大分子体现的。

其次，酶是一类具有催化活性的蛋白质，它催化、调节新陈代谢过程中各种生物化学反应。生物体内一切反应都能在常温、接近中性环境里、高效率地沿着一定的方向进行，并根据生物体的供求关系经受着严格的调控，主要在于酶的催化功能。

此外，感染病害的病毒，免疫作用中的抗原、抗体，运输离子和某些物质的离子导体或载体也都是蛋白质。近来，分子生物学的研究还表明，蛋白质在控制遗传信息的表达，调节细胞膜的透性，以及细胞膜受体和识别等方面也具有重要的作用。

在生物体内，蛋白质不仅单独发挥其重要的生物学功能，而且在很多情况下是和它物质相结合，以结合蛋白质的形式而发挥其特殊功能的。例如，蛋白质和脂类结合成脂蛋白，它是构成生物膜的重要成分。很多糖蛋白具有抗原特异性和细胞膜受体的作用。蛋白质和色素形成的叶绿体蛋白质，具有捕获光能并把光能变为化学能的功用。

蛋白质也是动植物体营养物质的一种贮藏形式。禾谷类种子如小麦、水稻、玉米、高粱等的蛋白质含量，一般在10%左右。豆科作物及油料作物种子如大豆、豌豆、向日葵、花生等，其蛋白质含量极为丰富，有些高达30—40%。随着现代农业的发展，大力发展高蛋白作物，或者通过品种选育，改革栽培措施，以提高现有品种的蛋白质含量，对满足人民生活需要，改善与提高健康水平，具有极其重要的意义。

综上所述，蛋白质的生物学功能是极其广泛的，而广泛的功能是与蛋白质结构的复杂性和多样性紧密相关的。一定的结构或构象，决定其具有一定的功能。大量有关蛋白质结构与功能间相互关系的研究，将为我们探索生命活动的基本规律提供丰富的资料。