目　录

序言 …… vii
绪论 …… 1
第一章　植物细胞 …… 7
第一节　植物细胞的化学成分 …… 7
一、糖类 …… 7
二、氨基酸和蛋白质 …… 10
三、核酸 …… 11
四、脂类 …… 12
第二节　植物细胞的结构和代谢的区域化 …… 13
一、光学显微镜下的植物细胞 …… 13
二、植物细胞的超显微结构 …… 13
三、组织化学和细胞化学 …… 16
四、细胞各部分的分级分离 …… 18
五、植物细胞中代谢功能的分布 …… 20
第三节　胶体和细胞质的胶体特性 …… 22
一、胶体 …… 22
二、溶胶和凝胶 …… 23
三、细胞质的胶体特性 …… 24
第四节　细胞的膜 …… 26
一、膜的特点 …… 26
二、膜的化学成分 …… 27
三、膜的结构 …… 28
第二章　呼吸作用 …… 31
第一节　呼吸作用的意义和特点 …… 31
一、呼吸作用的意义 …… 31
二、呼吸强度 …… 32
三、呼吸商 …… 33
四、呼吸作用的主要化学历程、研究方法和在细胞中的区域化 …… 34
第二节　呼吸作用中糖的分解过程 …… 38
一、糖酵解 …… 38
二、柠檬酸环 …… 41
三、磷酸己糖支路 …… 45
第三节　电子传递链和氧化磷酸化 …… 50
一、电子传递链 …… 50
二、氧化磷酸化作用 …… 55

需要全本请访问 www.ertongbook.com

三、电子传递的其它途径 ……59
第四节 呼吸作用的调节 ……62
一、呼吸作用反应的区域化 ……62
二、呼吸作用的调节 ……63
第五节 影响呼吸作用的因素 ……66
第六节 不同植物器官的呼吸作用 ……68
一、种子和幼苗的呼吸 ……68
二、根的呼吸 ……71
三、果实、块茎、块根等的呼吸作用 ……72
第三章 光合作用 ……75
第一节 光合作用的意义和特点 ……75
一、光合作用的意义和规模 ……75
二、光合作用的特点 ……77
三、光合作用的发现 ……79
第二节 叶绿体及其色素 ……79
一、叶绿体及其结构 ……79
二、叶绿体的化学成分 ……81
三、叶绿素类 ……83
四、类胡萝卜素类和藻色素类 ……85
第三节 光合作用的光反应 ……87
一、叶绿素在活体中的状态和光能的传递 ……87
二、光合作用中的两个色素系统 ……89
三、光合作用的原初过程 ……90
四、光合作用中的电子传递 ……91
五、光合磷酸化作用 ……94
六、光反应中能量利用的效率 ……95
第四节 光合作用中的碳代谢 ……96
一、卡尔文循环 ……96
二、C-4 途径 …… 102
三、景天酸代谢途径 (CAM 途径) …… 105
四、光呼吸 …… 105
第五节 细菌光合作用和化能合成作用 …… 109
第六节 环境条件对光合作用的影响 …… 112
一、植物的光合强度 …… 112
二、光对光合作用的影响 …… 113
三、二氧化碳对光合作用的影响 …… 115
四、温度和其它条件的影响 …… 118
第七节 植物群落和作物群体的光合作用 …… 120
一、光合作用与作物产量的关系 …… 120
二、植物的光能利用率 …… 121
三、植物群落或群体的光能利用率 …… 123

第四章　水分生理 …… 126
第一节　水在植物生命活动中的意义 …… 126
一、植物的含水量 …… 126
二、水的生理生态作用 …… 127
第二节　细胞的水分关系 …… 129
一、水势 …… 129
二、渗透势和压力势 …… 130
三、植物细胞的水势 …… 133
四、关于细胞水分关系的传统概念 …… 135
五、吸涨作用 …… 136
第三节　蒸腾作用 …… 137
一、土壤-植物-大气连续系统 …… 137
二、蒸腾作用及其指标 …… 137
三、蒸腾作用的生理意义 …… 138
四、蒸腾作用的气孔调节 …… 139
五、蒸腾作用的非气孔调节 …… 144
六、蒸腾作用的人工调节 …… 144
第四节　水分的吸收和运转 …… 145
一、土壤水分 …… 145
二、植物根系对水分的吸收 …… 147
三、植物体内水分的运输 …… 151
第五节　灌溉的生理基础 …… 153
一、作物的需水规律 …… 153
二、灌溉量和灌溉方法 …… 154
三、灌溉指标 …… 154
第五章　矿质营养 …… 157
第一节　植物的必要元素及其生理作用 …… 157
一、构成植物体的元素及其含量 …… 157
二、人工培养和必要元素的确定 …… 158
三、必要元素的生理作用及其缺乏病症 …… 161
第二节　植物对矿质元素的吸收 …… 168
一、植物吸收矿质盐的特点 …… 168
二、离子透过膜的原理 …… 171
三、离子的积累及其与呼吸作用的关系 …… 174
四、根吸收离子的过程 …… 176
五、离子和分子的主动转运 …… 177
六、主动转运的机理 …… 180
七、胞饮作用 …… 182
八、根在土壤中的吸收活动 …… 183
第三节　影响根部吸收矿质盐的条件 …… 184
一、温度的影响 …… 185

二、通气状况 …… 186
三、溶液浓度的影响 …… 187
四、氢离子浓度的影响 …… 187
五、微生物的影响；菌根 …… 188
第四节 矿质盐在植物体内的运输和再分配 …… 189
第五节 施肥的生理基础 …… 191
一、作物的需肥规律 …… 191
二、合理施肥的指标 …… 194
三、发挥和提高肥力的措施 …… 196
第六章 氮素代谢 …… 199
第一节 植物的氮源 …… 199
第二节 生物固氮作用 …… 200
一、固氮生物的类型 …… 200
二、固氮作用的生物化学 …… 203
三、研究生物固氮的意义 …… 206
第三节 硝酸盐的还原 …… 207
一、硝酸还原酶 …… 207
二、亚硝酸还原酶 …… 209
三、有机含氮化合物的形成 …… 209
第四节 氨基酸的合成 …… 211
一、脂肪族氨基酸的合成 …… 211
二、芳香族氨基酸的合成 …… 214
三、硫酸盐的还原和含硫氨基酸的合成 …… 215
第五节 蛋白质的合成 …… 217
第六节 自然界的氮素循环 …… 222
一、土壤中氮素的转化 …… 222
二、自然界的氮素循环 …… 225
第七章 植物体内的其它代谢过程 …… 227
第一节 寡糖与多糖的合成 …… 227
一、蔗糖和其它寡糖的合成 …… 227
二、淀粉和果聚糖的合成和分解 …… 229
三、细胞壁成分的合成 …… 230
第二节 脂类的代谢 …… 232
一、脂肪酸与真脂和磷脂的合成 …… 232
二、脂肪酸的氧化和乙醛酸环 …… 236
三、萜类化合物的合成 …… 238
第三节 芳香族化合物的生物合成 …… 240
一、莽草酸途径 …… 240
二、乙酸-丙二酸途径 …… 241
三、苯丙烷衍生物的合成 …… 242
四、黄酮类的生物合成 …… 243

第四节　含氮碱和卟啉环的合成 …… 245
一、生物碱的合成 …… 245
二、嘌呤碱、嘧啶碱和核苷酸的合成 …… 245
三、核酸的合成 …… 246
四、卟啉环和叶绿素的合成 …… 248

需要全本请访问 www.ertongbook.com

绪　论

一、植物生理学的研究对象和内容

植物生理学是研究植物生命活动规律的科学。植物生理学应该研究整个植物界中各种类型植物的生命活动，但由于和人类关系最密切的植物(包括农作物、林木、资源植物等)中大多是高等植物，所以植物生理学所研究的植物对象，更多是高等植物。

具体地说，植物生理学的研究对象是植物体内所进行的各种生理过程，以及作为这些生理过程基础的生物物理过程和生物化学过程，这些过程的机理及其与环境条件的关系，各种生理过程与形态结构的关系，以及细胞、组织、器官的生长和分化等等。研究的最终目的不仅是认识和解释这些现象，掌握它的规律性，而且要积极地、能动地运用这些规律性为农、林、牧等各方面的生产服务。因此，一般认为植物生理学是农业科学的理论基础。

一年生高等植物的生活史，始于种子的萌发，终于种子的形成。在这期间，它和一切生物一样，经过了胚胎、幼年、性成熟、繁殖和衰老死亡等一系列循序渐进的阶段。这一生命活动的整个过程中，有许许多多的问题，如种子是如何萌发的？幼苗是如何成长为成年植株的？性器官(花)是如何形成的？植物从外界环境中摄取哪些物质？如何摄取这些物质？这些物质在植物体内发生了哪些变化？不同的植物要求什么样的环境条件？为什么要求这些条件？环境条件对植物又有什么影响？为什么有这些影响？等等，等等。这些问题概括起来为三大类，即物质转化、能量转化和形态建成。这就是植物生命活动的三个大的方面。物质转化和能量转化往往是同时发生的，形态建成一般稍稍落后一些。

绿色植物重要的特点就是它的自养性，也就是绿色植物不需要任何现成的有机物，完全依靠无机物作为养料。在叶绿素的参与下，绿色植物能将二氧化碳和水以及其它无机物转变为有机化合物，同时将太阳的辐射能转变为化学能。这个过程就是光合作用。光合作用所合成的有机物，是植物体内进行所有其它物质转化和能量转化的基础。植物除去同化二氧化碳(即进行光合作用)外，还要吸收和利用水分(水是光合作用的原料之一)和矿质盐。所有这些代谢过程就是植物生长发育的基础，而生长发育过程则是各个代谢过程的综合表现。正如恩格斯所说：由于无休止的分子变化的总和，这些分子变化形成生命，而其总的结果则一目了然地出现于各个生命阶段——胚胎生命，少年，性成熟，繁殖过程，老年，死亡。

从本书的结构可以略窥植物生理学的内容。本书共分为十四章。第一章讲述植物在细胞水平上的结构与功能的关系，第二章至第七章为植物体内进行着的各种代谢过程，这些过程依次为呼吸作用(第二章)、光合作用(第三章)、水分生理(第四章)、矿质营养(第五章)、氮素代谢(第六章)和其它物质代谢(第七章)。这些代谢过程综合表现为植物的生长发育，包括种子萌发(第十章)、生长和分化(第十一章)、花的形成(第十二章)以及生殖、成熟和衰老(第十三章)。在

与化学上的成就关系特别密切。英国的普利斯特利(Priestley)发现氧气之后不久，于1779年就观察到植物的绿色部分有放氧的现象，同年荷兰的印根胡兹(Ingenhousz)指出植物的绿色部分只有在光下才能放出氧气，在黑暗中则放出CO_2。所以，印根胡兹不仅证实了光合作用的存在，而且也发现了呼吸作用。但是这些问题在1779年并未得到正确的认识。

总之，十八世纪末期，植物营养生理的研究发展迅速，1804年德·索苏尔(de Saussure)的著作《对于植物的化学分析》，可以代表当时的水平。他根据精密设计的定量分析，正确地指出水参与光合作用，并且指出植物不能同化空气中的氮素，必须供给植物以硝酸盐作为氮源。

科学的发展除了受生产力发展的影响和其它学科发展的影响外，各种思想体系也起着很大作用。尽管十九世纪植物生理学已经有了上述那些成就，但当时在生物学界盛行的"活力论"，却使得植物生理学的发展中断了差不多二十年之久。根据"活力论"的观点，植物的生命活动是被一种模糊而又神秘的"活力"所主宰的，也是无从研究的。可是1820～1840年之间，各方面的研究结果，都与"活力论"不相符合，这使人们逐步摆脱了神秘的"活力论"的羁绊，为植物生理学的发展铺平了道路。

在结束植物生理学发展第一阶段的讨论之前，应当追溯一下十九世纪的时代背景。从十七世纪中叶英国资产阶级革命起，到十九世纪七十年代是资本主义形成和成熟时期。十九世纪在西欧广泛进行的资产阶级产业革命，造成了社会生产力的高涨，出现了资本主义的农场主。机器和化学肥料的应用，促进了农业生产的发展，同时也要求对植物的内部活动过程进行深入的研究，因此，在十九世纪中叶以后，植物生理学逐渐形成了独立的体系。这就是植物生理学发展的第二个阶段。

这一阶段起始的标志，是1840年李比希出版的《化学在农学和生理学上的应用》一书，他根据植物灰分的分析结果和农业中物质循环的一般见解，认为植物体内碳素是从大气中获得的，而所有的矿物质都是从土壤中获得的，并对植物营养的原理作了如下论断：只有无机物质才能供给植物以原始材料。于是李比希的矿质营养学说问世了。

和李比希同时代的法国学者布森格(Boussingault)，对于植物营养问题也进行了一系列的研究，他用实验的方法证明植物不能利用空气中的氮素。1859年克诺普(Knop)和费弗尔(Pfeffer)在无土条件下，成功地使植物在成分已知的溶液中生长，并且开花结实，这是关于植物营养理论的重大贡献。

十九世纪后半期，不仅是植物生理学飞跃发展的阶段，也是生物科学的其它分支取得重大成就的时期。在十九世纪三十至四十年代细胞学说的基础上，费弗尔等人开展了关于原生质的研究，费弗尔和樊特·霍夫(Van't Hoff)对渗透现象进行了全面的研究，并提出了关于渗透的理论，欧维尔顿(Overton)也对物质进入植物细胞进行了比较详细的研究。

1859年，达尔文(Darwin)的《物种起源》一书出版，这部著作对植物生理学的进一步发展产生了巨大的影响。此后，不仅展开了对植物生命活动中物质转变方面的研究，也展开了关于能量转变方面的研究；形态转变方面的生理学的研究，也有了良好的开端。

1842年确定了能量守恒定律之后三年，即1845年，罗伯特·迈尔(Robert Meyer)就把这一定律应用于植物生理学，确定了光合作用也服从于这一定律。光合作用中所形成的有机

物中所积累的能量就是日光能，因此，光合作用的基本特点，就是把光能转变为化学能。但是迈尔并没有用实验证明他的理论。俄国科学家季米里亚捷夫（Timiriazev）于十九世纪六十年代，根据物理学原理，设计了比较精密的仪器，研究叶绿素的吸收光谱，证明光合作用所利用的光，就是叶绿素所吸收的光，因此，光合作用符合于能量守恒定律。能量转化方面的另一项重大的进展，是关于呼吸作用的研究，即确认呼吸作用是一种"生物燃烧"，其所释放的能量来自呼吸底物中所贮藏的能量。在这方面俄国科学家巴赫(Bach)、巴拉琴(Palladin)和科斯梯切夫(Kostychev)有过重要的贡献。在形态转变方面，二十世纪初期开始了实验形态学的研究。

在教学方面，十九世纪末叶萨克斯(Sachs)的著作《植物生理学讲义》问世(1882年)，随后费弗尔又写了一部三卷本的《植物生理学》，比萨克斯的著作更为详尽。这两部著作实际上就是十九世纪末植物生理学的总结。它们标志着植物生理学已达到成熟阶段，成为一门独立的科学。这两部著作对于植物生理学的发展起了很大的推动作用。

以上事实说明植物生理学在十九世纪末二十世纪初，已经有了本身的体系，并且在自然科学其它部门发展的影响下，不断成长壮大。这一时期的发展形成了植物生理学史上的第二个高峰。

二十世纪初期直到现在，是植物生理学发展的第三个阶段。而本世纪中叶直到现在，则是植物生理学发展的第三个高峰。这是由于物理学和化学的发展，以及先进技术的应用，尤其是原子物理、固体物理、电子学技术和计算机技术的进展，引起生物学实验技术的重大变革，从而使植物生理学也有了突飞猛进的发展。生物科学领域内兄弟学科的发展，如细胞学、遗传学、分子生物学、生物化学、生物物理学的发展，也大大促进了植物生理学的发展。植物生理学的生命力，在于它吸取了兄弟学科(特别是生物化学和生物物理学)中所积累的知识和思想，从而深入研究植物生命活动的作用机理、机能和结构的关系，以及植物对变化着的环境条件的反应等方面的问题。目前，在植物生理学的研究中，广泛应用了同位素示踪、各种分离分析的技术、电子显微镜技术、人工气候室等等。各项问题的研究都在向分子水平深入，而且在深入分析的基础上，又不断地进行综合，提出了不少新概念，例如细胞全能性的概念、土壤-植物-大气连续系统的概念等等。

我国植物生理学的概况　前已提及，我国劳动人民在生产实践中积累起来的经验，有不少是包含了植物生理学的某些原理的，但是，这些经验没有得到理论上的概括和提高。

据文献记载，我国第一位发表植物生理方面科学论文的是钱崇澍，他于1917年在国外的杂志上发表了一篇有关离子吸收的论文，但是以后没有再从事植物生理方面的研究。二十年代末，罗宗洛、李继侗和汤佩松分别从日本和美国留学归来，在我国开展植物生理方面的工作，并作了很大的贡献，为中国的植物生理学打下了基础。

解放以后，植物生理学也象其它自然科学一样得到了发展的机会。各个大学理科的生物学系以及农林院校等普遍开设了植物生理学课程，有的还设置了植物生理学专业；中国科学院设立了专门研究植物生理学的研究所和研究室；农林研究部门也纷纷设立了植物生理生化方面的研究机构。解放以后，已培养了一大批专门从事植物生理方面的工作人员，发表了很多论

文。在光合作用、呼吸作用、植物激素、物质运输、组织培养等方面都作出了不少的贡献，有的曾接近当时国际的先进水平，甚至居于领先的地位。随着我国工农业科学技术的发展，植物生理学必将得到蓬勃的发展，也必将为实现我国社会主义四个现代化作出应有的贡献。

三、对于植物生理学的展望

从植物生理学的发展简史可以看出，植物生理学的产生和发展，决定于生产的发展和其它学科的发展，而植物生理学的发展又促进了农、林业等生产部门的进步。展望植物生理学的前景，也要从这两方面来考虑，一方面是植物生理学本身的发展，另一方面是植物生理学的应用。

植物营养的研究导致了植物生理学的建立。溶液培养法(或称无土栽培法)在阐明植物对养分的要求方面曾起过决定性的作用，并且奠定了施用化肥的理论基础，而化肥的使用对于作物的增产起了巨大的作用。近年来，无土栽培法在世界各国重新受到重视，已成为一种切实可行的农业生产手段，美国已把无土栽培法列为当代十大技术发展之一。在美国已广泛使用无土栽培法生产蔬菜，苏联在西伯利亚用无土栽培法生产饲料，英国用此法生产花卉，在阿拉伯国家的沙漠地带已用此法在室内种植蔬菜和谷物。估计这种方法在生产上的应用将日益广泛，这是植物营养的基本原理在生产应用上的新进展。

植物激素的发现和深入研究，导致和促进了大量的生长调节物质的人工合成。目前，生长调节物质已广泛应用于农业生产，例如在插条生根、防止脱落、打破休眠、延长贮藏期、人工催熟、化学除草等方面，都取得了显著成果。生长调节物质和除草剂的生产，在农药生产中所占的比重越来越大。目前，在国外推广的免耕法就是以除草剂的施用为基础的。

组织培养技术原来只是一种实验技术，但是近年来在理论上和应用上都有很大发展。继1935年无限期地培养离体根成功以后，各种器官、组织和细胞都可离体培养，并且可以将一个细胞培养成为一个完整的植株。组织和器官培养技术的建立和发展，在理论上阐明了细胞的全能性。在应用上如单倍体植株、试管苗等，都为组织培养的应用开辟了新的途径。1964年又从烟草小孢子得到了单倍体植株，为育种工作提供了一种新的手段。由营养芽脱分化为愈伤组织，愈伤组织经过大量繁殖再分化出许许多多的芽或根，成为许许多多的小苗，称为"试管苗"。这种繁殖方法可以大大提高繁殖系数和缩短育苗时间。例如新西兰利用组织培养法快速繁殖杨树，一年内由一个芽可繁殖一百万棵小苗。多种植物均可用此法进行快速无性繁殖。这些都是组织培养法的新应用。随着细胞分化和脱分化的机理的进一步阐明，不仅在细胞分化的理论上会取得新进展，细胞培养一定也会得到新的应用。例如在人工条件下，大量繁殖绿色细胞或其它类型的细胞，不仅有可能生产某些特殊的物质，而且甚至可能产生人工培养的食物。

光合作用的研究不仅是植物生理学中的重大研究课题，而且也是物理学家、化学家注意的问题。这个问题的突破，不仅将为人工模拟这一过程提供理论依据，而且将为太阳能的利用提供新的途径。光合作用的研究，在解决粮食问题和能源问题两个方面，都将发生巨大作用。

随着环境科学的进展和生态学的发展，植物生理学的研究也出现了新的领域。这方面的

工作包括电子计算机的应用、遥感遥测技术的研究、数学模型的研究等等。这些研究将使植物生理学在更大规模上控制植物的生长和更大规模地利用自然和改造自然方面作出新的贡献。

植物生理学的新发展不仅将使农业生产的面貌发生深刻变革，也会对工业的发展产生深远的影响。植物生理学的发展前景是令人鼓舞的，植物生理学工作者应该加倍努力。

参 考 资 料

此处所列为全书的参考资料，各章之后另附有分属于各章的参考资料。

1. 汤佩松，现代中国植物生理学工作概述。上海中国科学图书仪器公司，1955。
2. 索尔兹伯里、罗斯著，北京大学生物系等译，植物生理学，科学出版社，1979。
3. 古谷雅树等主编，植物生理学讲座，共五卷。科学出版社，1975—。
4. Bidwell, R. G. S., Plant Physiology, 1974. Macmillan Co., New York.
5. Bonney, J. and Varner, E (ed.). Plant Biochemistry, 3rd. ed., 1976. Academic Press, New York.
6. Devlin, R., Plant Physiology, 3rd. ed., 1975. Van Norstrand, New York.
7. Greulach, V. A., Plant Function and Structure, 1973. Macmillan Co., New York.
8. Hess, D., Pflanzenphysiologie. 4te. Auf. 1976. Ulmer, Stuttgart.
9. Kindl, H. und Wöber, G. Biochemie der Pflanzen. 1975. Springer, Berlin.
10. Leopold, A. C. and P. E. Kriedmann, Plant Growth and Development, 2nd. ed., 1975, McGraw-Hill, New York.
11. Meyer, B. S. et al. Introduction to Plant Physiology, 2nd. ed., 1973. Van Norstrand, London.
12. Noggle, G. R. and G. J. Fritz, Introductory Plant Physiology. 1976. Printice-Hall.
13. Thomas, M. Plant Physiology, 5th. ed., 1974. Churchill, London.
14. Steward, F. C. (ed.), Plant Physiology. A Treatise. Vols. I—VI. 1960—1972. Academic Press, New York.
15. Ruhland, W. (ed.), Encyclopedia of Plant Physiology. Vols. I—XVIII. 1955—1967. Springer-Verlag, Berlin.
16. Pirson, A. and M. H. Zimmermann, (ed.), Encyclopedia of Plant Physiology, New Series. Vols. 1—5. 1975—1977. Springer-Verlag, Berlin.

第一章　植物细胞

高等植物是由亿万个细胞组成的。细胞既是植物体的结构单位，又是功能单位。植物的各项生理生化变化，都是在各个细胞中发生的，这些细胞彼此联系又互相制约，组成一个有机的整体，就是植物体。植物体并不是亿万个细胞机械的总和，而是许许多多细胞组成的辩证统一体。各个细胞、各个组织、各个器官之间既互相联系，又互相制约，其结果便是整株植物生长发育的全部过程。因此，我们学习和研究植物生理学，有必要从细胞开始。

第一节　植物细胞的化学成分

组成植物细胞的物质，占比例最大的往往是水，除水以外，绝大部分是有机物质，另外还有少量无机物。植物细胞中的有机物质，种类繁多，不可胜数。目前已从植物体内发现的小分子有机物质，估计已有十万种以上。但组成植物细胞的有机物，则主要有四大类，即糖类，蛋白质和氨基酸，核酸和核苷酸，以及脂类。细胞中的无机物，或者以离子状态而存在，或者与某种有机分子相结合而存在。

一、糖　　类

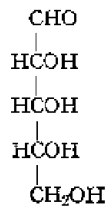
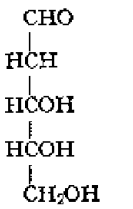
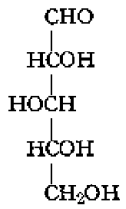
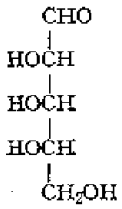
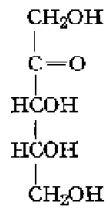
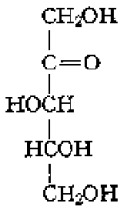
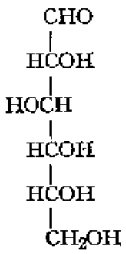
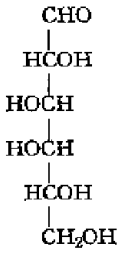
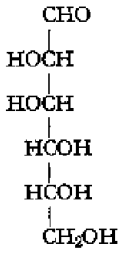
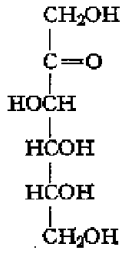
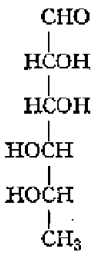
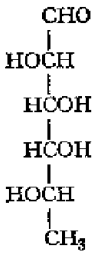
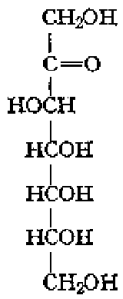
植物体中含有单糖、寡糖和多糖。植物体中所含的单糖，主要是六碳糖，此外，还有五碳糖、四碳糖和七碳糖。表 1-1 所列为植物体中重要的单糖。

表 1-1　植物体中重要的单糖

三碳糖	CHO | HCOH | CH_2OH D-甘油醛	CH_2OH | C=O | CH_2OH 二羟丙酮
四碳糖	CHO | HCOH | HCOH | CH_2OH D-赤藓糖	

需要全本请访问 www.ertongbook.com

（续表）

五碳糖	 D-核糖  2-脱氧-D-核糖  D-木糖  L-阿拉伯糖  D-核酮糖  D-木酮糖
六碳糖	 D-葡萄糖  D-半乳糖  D-甘露糖  D-果糖  L-鼠李糖  L-岩藻糖
七碳糖	 D-景天庚酮糖

植物体中重要的双糖为蔗糖和麦芽糖，它们都可能以游离状态而存在。

植物界存在最普遍的叁糖、肆糖和伍糖，分别为棉子糖（半乳糖-1:6-葡萄糖-1:2-果糖，即半乳糖＋蔗糖）、水苏糖（半乳糖-1:6-半乳糖-1:6-葡萄糖-1:2-果糖，即半乳糖＋棉子糖）、毛蕊草糖（半乳糖-1:6-半乳糖-1:6-葡萄糖-1:2-果糖，即半乳糖＋水苏糖）。

多糖中最重要的是淀粉和纤维素，前者是植物主要的贮藏食物，后者是细胞壁的主要成分。这两类多糖都是由葡萄糖组成的。仅由 α 葡萄糖以 1:4 糖苷键连接而成的淀粉是直链淀粉，带有侧链的淀粉是支链淀粉。支链淀粉中分支发生在主链中葡萄糖的第六个碳原子上，这个 C-6 与分支上第一个葡萄糖的 C-1 形成 1:6 键，侧链上的葡萄糖分子仍是 1:4 相连。纤维素则是由 β-葡萄糖以 1:4 糖苷键相连而形成的长链。淀粉和纤维素的分子量都很大，直链淀粉通常由 200 至 1,000 个葡萄糖单位组成，支链淀粉大约由 2,000 到 200,000 个葡萄糖单位组成。纤维素分子则由 3,000 到 10,000 个葡萄糖单位组成。

除淀粉和纤维素外，植物体中多糖的种类很多，有的是由一种单糖组成的，有的是由两种甚至两种以上单糖组成的，有的是由糖的衍生物组成的，植物体中一些重要的多糖，如表 1-2 所列。

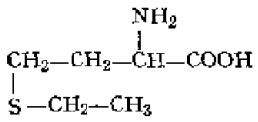
表 1-2　植物体中某些重要的多糖

种　　类	功　　能
1. 由一种单糖组成的	
五碳聚糖	
阿拉伯聚糖，木聚糖	结构物质
六碳聚糖	
葡聚糖	
淀粉（α-1:4 与 α-1:6）	贮藏物质
纤维素（β-1:4）	结构物质
果聚糖	
菊粉（1:2-β-呋喃果糖）	贮藏物质
梯牧草粉（主要为 2:6-β-呋喃果糖）	贮藏物质
半乳聚糖	结构物质
甘露聚糖	贮藏物质（坚果中）
昆布多糖（β-1:3 葡萄糖）	贮藏物质（海藻中）
2. 由一种以上单糖组成的	
五碳聚糖，如阿拉伯-木聚糖	
六碳聚糖，如半乳-甘露聚糖	
混合聚糖，如半乳-阿拉伯聚糖	
3. 由糖醛酸组成的	
多聚糖醛酸	
果胶酸（1:4α-D-半乳糖醛酸）	结构物质
藻酸（葡萄糖醛酸和甘露糖醛酸）	结构物质和贮藏物质（藻类中）
4. 由糖和糖醛酸组成	
树胶和粘胶	
5. 由糖的其它衍生物组成	
基丁质（2-乙酰氨基葡萄糖组成）	结构物质（真菌中）
岩藻多糖（岩藻糖的硫酸酯组成）	结构物质（藻类中）
琼胶（半乳糖的硫酸酯组成）	贮藏物质和结构物质（藻类中）

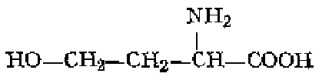
二、氨基酸和蛋白质

虽然多糖类是植物细胞中主要的贮藏物质和结构物质，但并不是最重要的生物大分子。细胞中最重要的生物大分子是蛋白质，几乎目前我们已了解的生命现象的各种特性，都和蛋白质分子有关系。

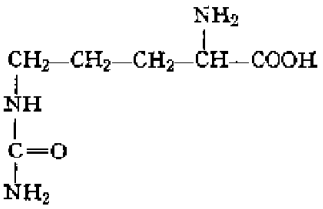
植物体内所含的蛋白质，种类极多，但它们都是由二十种左右的氨基酸和酰胺所组成的，这种情况和动物及微生物类似。但除这些组成蛋白质的氨基酸外，植物体内还可能含有许多种不是蛋白质正常组分的氨基酸，例如乙硫氨酸(ethionine)、高丝氨酸、瓜氨酸、铃兰氨酸(azetidine-carboxylic acid)等。



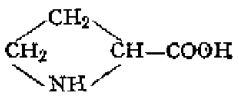
乙硫氨酸



高丝氨酸



瓜氨酸



铃兰氨酸

到目前为止，已提纯了许多种植物蛋白，有不少已分析其氨基酸组成，但只有少数已确定其一级结构，例如菠菜和苜蓿中的铁氧还蛋白。前者分子量约为 11,500，每分子中含有两个铁原子，由 19 种氨基酸组成，氨基酸残基的总数为 97。精氨酸、组氨酸、蛋氨酸、色氨酸在一个分子中仅出现一次，天冬氨酸与谷氨酸的含量则较高。苜蓿铁氧还蛋白是由 18 种氨基酸组成的(没有蛋氨酸)，总数为 101 个，其它方面与菠菜的铁氧还蛋白几乎一样。

含血红素铁的蛋白质(血红蛋白、细胞色素类)是研究得比较详细的蛋白质。下面举一个小麦胚中细胞色素 c 的一级结构为例。这种蛋白质是由 112 个氨基酸残基组成的，基中各个氨基酸排列的顺序如下：

乙酰基丙-丝-苯丙-丝-谷-丙-脯-脯-甘-天冬胺-脯-天冬-丙-甘-甘-赖-异白-苯丙-赖-苏-赖-半胱-丙-谷胺-半胱-组-苏-缬-天冬-丙-甘-丙-甘-组-赖-谷胺-甘-脯-天冬胺-白-组-甘-白-苯丙-甘-精-谷胺-丝-甘--苏-苏-丙-甘-酪-丝-酪-丝-丙-丙-天冬胺-赖-天冬胺-赖-丙-缬-谷胺-色-谷胺-谷-天冬酰-苏-白-酪-天冬-酪-白-白-天冬酰-脯-赖-赖-酪-异白-脯-甘-苏-赖-蛋-缬-苯丙-脯-甘-白-赖-赖-脯-谷-天冬-精-丙-天冬-白-异白-丙-酪-白-赖-赖-丙-苏-丝-丝-COOH

上列分子中由乙酰基丙氨酸开始的八个氨基酸是动物的细胞色素 c 中所没有的，以后的104个氨基酸则与动物的基本相同。

蛋白质在植物细胞中，一部分是形成各种各样细微结构的基础，另一部分则起着重要的生物催化剂——酶的作用。即使是作为某些结构(例如膜)的组成成分的蛋白质，仍可能起着特殊的催化作用(如物质转运，能量转化等，将在以后各章中分别讨论)。

三、核　酸

核酸是由核苷酸组成的大分子。共有两大类，即核糖核酸(RNA)和脱氧核糖核酸(DNA)，二者的区别除去所含的五碳糖不同外，含氮碱也不同(表 1-3)。

表 1-3　DNA 和 RNA 的组分

核　酸	含　氮　碱		五　碳　糖
	嘌　呤　碱	嘧　啶　碱	
DNA	腺嘌呤(A) 鸟嘌呤(G)	胞嘧啶(C) 胸腺嘧啶(T)	D-2-脱氧核糖
RNA	腺嘌呤(A) 鸟嘌呤(G)	胞嘧啶(C) 尿嘧啶(U)	D-核糖

DNA 具有双螺旋结构，其中鸟嘌呤的含量与胞嘧啶的含量相等，腺嘌呤的含量与胸腺嘧啶的含量相等。高等植物中 DNA 的碱基组成，也符合这一规律(表 1-4)，不过由于高等植物的 DNA 中含有 5-甲基胞嘧啶，其在遗传上的作用相当于胞嘧啶，所以鸟嘌呤的含量应与胞嘧啶和 5-甲基胞嘧啶含量之和相等。

表 1-4　几种植物 DNA 的碱基组成

植　物	克　分　子　%				
	A	T	G	C	5-甲基C
蚕　豆	30.8	30.5	19.2	13.5	5.0
大　豆	25.6	26.0	23.8	18.2	6.4
菜　豆	29.7	29.6	20.6	14.9	5.2
花　生	29.3	29.8	20.3	14.4	6.1
小　麦	25.6	26.0	23.8	18.2	6.4
棉　花	32.8	33.0	17.0	12.7	4.6
烟　草	29.6	30.7	19.8	14.0	5.6

植物细胞中DNA的含量，因植物种类而异，每个细胞中DNA的含量在 $10\sim100\times10^{-12}$ 克之间。在许多细胞中，DNA主要集中在细胞核中，很少量存在于线粒体和叶绿体中。据测定每个线粒体只含有 $10^{-4}\times10^{-12}$ 克 DNA，每个叶绿体只含有 $5\times10^{-3}\sim10^{-12}$ 克DNA。

RNA 共有三种，即核糖体 RNA(rRNA)、转移 RNA(tRNA)和信使 RNA(mRNA)。高等植物细胞中，既有存在于 80S 核糖体(见第六章)中的 rRNA，又有存在于 70S 核糖体中的 RNA。80S 核糖体存在于细胞质中，70S 的核糖体存在于叶绿体和线粒体中。因为核糖体有大小两种亚基，所以存在于其中的 rRNA 也不相同。根据现有资料，80S 核糖体大亚基中的 rRNA 分子量在 1.3×10^6 道尔顿左右内，比动物(如小鼠)的相应 rRNA 分子量略小(小鼠的这种 rRNA 分子量为 1.75×10^6 道尔顿)。至于植物的核糖体(80S)小亚基中的 rRNA，其分子量则与动物的相差不大。70S 核糖体大、小亚基中的 tRNA 分子量均比 80S 核糖体中的小一些。

tRNA 分子大约由 75 个核苷酸组成，分子量约为 25,000～30,000。关于高等植物中 tRNA 的分离和研究工作较少。

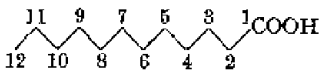
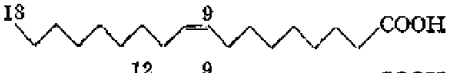
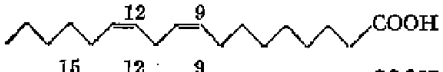
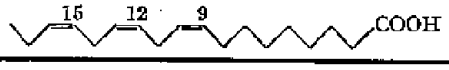
mRNA 的分离，在植物方面也作了一些工作，例如从豌豆下胚轴中曾初步分离出其中的 mRNA。

四、脂　　类

脂类包括许多种化合物，主要有真脂、磷脂、糖脂等。真脂是植物的主要的贮藏物质之一，磷脂和糖脂等则是形成原生质中各种膜结构的重要成分。

真脂是甘油三酯，即甘油的三个醇基都被脂肪酸所酯化的产物。天然的真脂分子中通常含有三种不同的脂肪酸，但也有仅含两种甚至一种脂肪酸的。在植物油脂中常见的重要脂肪酸见表 1-5。甘油三酯分子中，有三个长碳链，其中具有极性的酯键隐藏在分子之中，所以在水中溶解度极小。

表 1-5　植物油脂中几种常见的脂肪酸

名　　称	结　　构　　式
月 桂 酸	
豆 蔻 酸	
棕榈酸(软脂酸)	
硬 脂 酸	
油 (脂) 酸	
亚 油 酸	
次亚油酸	

磷脂也是甘油的酯。含有甘油、脂肪酸、磷酸和含氮的碱。最简单的磷脂是磷脂酸，即甘油中的三个醇基中，两个被脂肪酸所酯化，一个被磷酸所酯化。磷脂酸一般不存在于植物体内，植物所含的磷脂主要有卵磷脂、脑磷脂等。这两种磷脂的特点都是磷脂酸中的磷酸根又被一含氮的醇所酯化。在卵磷脂中，这种含氮的醇是胆碱，在脑磷脂中是丝氨酸或氨基乙醇。

需要全本请访问 www.ertongbook.com