

主 编 姜成后 (北京农业大学)
副 主 编 阎隆飞 (北京农业大学)
编写人员 胡笃敬 (湖南农学院)
卓仁松 (福建农学院)
石大伟 (河北农业大学)
祝宗岭 (北京农业大学)
李明启 (华南农学院)
饶立华 (浙江农业大学)
汪佩洪 (西北农学院)
韩碧文 (北京农业大学)

全国高等农业院校试用教材

植 物 生 理 学

北京农业大学主编

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 27.75 印张 603 千字
1980 年 2 月第 1 版 1980 年 2 月北京第 1 次印刷
印数 1—31,000 册

统一书号 16144·2000 定价 2.85 元

前 言

植物生理学在高等农业院校是一门重要的基础课。很多专业的学生都要学习这门课程。为了适应我国农业现代化的发展,编写这本书,除了加强植物生理的基础知识外,并适当地增加了生物化学的内容。为了配合课堂讲授,在实验方面另由山东农学院和西北农学院合编了一本《植物生理学实验指导》,作为本教材的补充部分。本书共分十四章,分别由北京农业大学、湖南农学院、福建农学院、西北农学院、华南农学院、河北农业大学及浙江农业大学等十位同志编写。初稿审查时得到全国各农业院校有关同志的热情帮助,提供不少宝贵意见,特致以深切的谢意。因限于水平,内容有不妥或错误之处,欢迎读者予以指正。

1979年2月

目 录

绪言	1
一、植物如何生活, 营养与代谢	2
二、植物如何生长, 生长与发育	2
三、植物如何生存, 适应与变异	3
四、植物生理学如何发展, 分析与综合	3
第一章 植物细胞的结构与功能	6
第一节 植物细胞的物理化学特性	6
一、生物化学特性 (6)	
二、胶体特性 (8)	
第二节 植物细胞内的按室分工	9
一、胞核与细胞质 (9)	
二、细胞器的几种类型 (10)	
三、胞壁和液泡 (12)	
四、细胞各部位的分工协作 (13)	
第三节 生物膜与细胞的内膜体系	14
一、生物膜的分子结构 (14)	
二、生物膜的透性 (15)	
三、细胞的内膜体系 (15)	
四、细胞内小囊泡的形成与转移 (16)	
第四节 细胞间通道的形成	17
一、胞间连丝 (17)	
二、共质体与质外体 (18)	
第五节 物质扩散与原生质运动	19
第六节 小结	19
第二章 植物的生物高分子的结构与功能	21
第一节 组成植物体的生物分子	21
第二节 核酸的结构与功能	22
一、核酸的化学结构 (23)	
二、核酸的空间结构 (24)	
三、核酸在细胞中的定位 (27)	
四、核酸的性质 (28)	
五、核酸的功能 (28)	
六、DNA的复制 (30)	
七、DNA的转录成RNA (31)	
八、核苷酸的功能 (32)	
第三节 蛋白质的结构与功能	36
一、蛋白质的化学组成 (36)	
二、蛋白质的结构 (39)	
三、植物病毒的结构 (42)	
四、蛋白质的性质 (43)	
五、植物中蛋白质的种类 (45)	
六、蛋白质的功能 (46)	
第四节 小结	47
第三章 酶	49
第一节 酶的概念及化学本质	49
一、酶的概念及特征 (49)	
二、酶的化学本质及组成 (50)	
第二节 酶作用的特点	52
一、酶的高效催化性 (52)	
二、酶的专一性 (或特异性) (54)	
三、酶促反应的可逆性 (55)	
第三节 酶作用的机理	56

一、酶与底物之间的作用 (56)	二、辅基与辅酶的作用 (63)	三、金属离子的作用 (71)	
第四节 影响酶促反应的因素			72
一、温度对酶促反应的影响 (73)	二、pH对酶促反应的影响 (74)		
三、底物与酶浓度对酶促反应的影响 (75)	四、抑制剂对酶促反应的影响 (75)		
五、激活剂对酶促反应的影响 (77)			
第五节 酶的命名、分类及其生物学			78
一、酶的命名及分类 (78)	二、酶的生物学 (81)		
第六节 小结			85
第四章 呼吸作用			87
第一节 呼吸作用在生命活动中的意义			87
第二节 呼吸强度、呼吸底物和呼吸商			88
一、植物的呼吸强度 (88)	二、呼吸底物 (90)	三、呼吸商 (90)	
第三节 植物的有氧呼吸			91
一、糖酵解途径 (92)	二、三羧酸循环 (97)	三、呼吸链的电子传递及氧化磷酸化作用 (100)	四、磷酸戊糖途径 (102)
第四节 植物的无氧呼吸			105
一、酒精发酵途径 (105)	二、高等植物的无氧呼吸 (106)		
第五节 细胞色素系统以外的其他氧化酶类			107
一、抗坏血酸氧化酶 (108)	二、乙醇酸氧化酶 (108)	三、黄素氧化酶 (108)	
四、酚酶 (109)	五、抗坏血酸氧化酶 (109)	六、吡啶乙酸氧化酶 (110)	
第六节 影响呼吸作用的条件			110
一、内部条件 (110)	二、外界条件 (112)		
第七节 呼吸知识在农业上的应用			115
一、植物染病时所表现的呼吸作用 (115)	二、果实成熟与呼吸跃变现象 (117)		
三、呼吸控制在农产品贮藏中的应用 (120)			
第八节 小结			122
第五章 光合作用			123
第一节 高等植物进行光合作用的细胞器——叶绿体			123
一、叶绿体的结构 (123)	二、叶绿体的色素 (124)		
第二节 光合作用的机理			127
一、光能的吸收与传递 (127)	二、光化学反应及电子传递 (129)	三、光合磷酸化作用 (133)	
四、二氧化碳固定和还原 (134)			
第三节 C_3 植物和 C_4 植物			141
一、光呼吸 (141)	二、 C_3 植物及 C_4 植物的二氧化碳补偿点与光合效率 (143)	三、 C_3 植物及 C_4 植物叶的解剖特征 (144)	四、控制光呼吸与提高作物光合效率的探讨 (146)
第四节 光合作用与作物产量			147
一、控制环境条件, 提高群体的光合强度 (148)	二、提高群体光能利用率 (153)	三、调节光合产物的分配与利用 (156)	
第五节 小结			157
第六章 水分生理			159
第一节 植物生命活动和农业生产中水分的重要性			159
一、水分的理化特性 (159)	二、植物体内水分状况及生理作用 (161)		

第二节 根的水分生理活动	164
一、根是植物吸水的器官 (164) 二、影响根系活动的条件 (165) 三、土壤的保水力 (165)	
第三节 植物的水分平衡与水势	166
一、细胞如何吸收水分 (167) 二、根系对水分的吸收 (170) 三、植物体内水分的传导 (173)	
四、水分的散失——蒸腾 (175)	
第四节 合理灌溉的生理基础	181
第五节 小结	183
第七章 植物的矿质营养	185
第一节 植物的矿质营养元素	185
一、植物的必要营养元素 (185) 二、不同种植物必要元素多样化 (187)	
第二节 植物对矿质元素的吸收和运输	189
一、矿质元素通过细胞壁 (190) 二、细胞液中无机离子的积累 (190) 三、影响离子积累的因素 (191)	
四、对离子吸收的机理 (195) 五、离子运输与元素再利用 (199)	
第三节 矿质元素的生理作用	200
一、矿质元素的一般生理作用 (200) 二、各种矿质元素的生理功能 (201) 三、缺素症状 (207)	
第四节 如何根据生理学原理施肥	208
第五节 小结	211
第八章 植物的有机物代谢	214
第一节 碳水化合物代谢	214
一、植物体内的碳水化合物 (214) 二、碳水化合物的合成 (216) 三、碳水化合物的分解 (219)	
四、碳水化合物的互相转化 (221) 五、碳水化合物代谢与植物的生长发育 (222)	
第二节 脂类代谢	225
一、植物体内的脂类 (225) 二、脂肪的合成和分解 (226) 三、磷脂的合成和分解 (232)	
四、脂类代谢与植物的生长发育 (233)	
第三节 蛋白质代谢	235
一、氨基酸和酰胺的合成和分解 (235) 二、蛋白质的合成和降解 (244) 三、蛋白质代谢与植物的生长发育 (253)	
第四节 植物体内的碳水化合物、脂类、蛋白质代谢的相互关系	257
一、葡萄糖生成作用的调节 (258) 二、氮代谢与碳水化合物代谢的调节 (259)	
第五节 小结	259
第九章 植物体内同化物的运输与分配	261
第一节 维管束是贯穿高等植物周身的运输系统	262
一、同化物运输的通道 (262) 二、维管束的结构与功能 (263) 三、韧皮部运输率与运输速度 (266)	
四、韧皮部运输的动力 (267)	
第二节 叶片中同化物的输入与输出	271
一、幼嫩叶片中同化物的双向运输 (272) 二、成长叶片光合产物的向外运输 (272) 三、衰老叶片中内含物的撤退 (272)	
四、叶片中矿物质元素的输入与输出 (273)	
第三节 同化物的分配与再分配	273
一、供过于求时，同化产物的囤积对叶片光合的抑制 (273) 二、求过于供时，叶片光合率的补偿与植株的早衰 (274)	
三、生殖体在发育中对营养体细胞内含物的动员与征调 (274)	
第四节 外源物质的进入与转移	276

第五节 气体的传导	277
第六节 小结	277
第十章 植物生长和发育的一般特征	279
第一节 植物的生长发育和细胞生理	279
第二节 植物的生长发育与营养生理	280
第三节 植物及其器官的生长进程	282
一、新老部位间的顺序交替 (283) 二、生长进程与作物产量 (284) 三、栽培作物生长发育的特点 (285)	
第四节 高等植物的生长区域与生长方式	286
一、茎与根的尖端生长及其与次级生长的关系 (286) 二、单秆与分枝, 一次开花与多次开花 (288)	
三、次级生长与再发生长 (289)	
第五节 环境条件对萌发与幼苗生长的影响	290
一、温度 (291) 二、水分 (292) 三、通气 (293) 四、光照 (294)	
第六节 植物在生长发育中对环境变化的适应——植物的运动	295
第七节 植物器官、组织和细胞的人工培养	298
第八节 小结	300
第十一章 植物激素和植物生长调节剂	301
第一节 生长素	301
一、生长素的发现 (301) 二、生长素在植物中的分布 (302) 三、生长素的运输 (303)	
四、生长素的生物合成 (304) 五、生长素的代谢和分解 (304) 六、生长素的生理效应 (306) 七、生长素的作用机理 (307)	
第二节 赤霉素	308
一、赤霉素发现的历史 (308) 二、赤霉素的化学 (308) 三、赤霉素的生物合成与分布 (309)	
四、赤霉素的运输 (310) 五、赤霉素的生理作用 (310) 六、赤霉素的作用机理 (312)	
第三节 细胞分裂素	313
一、细胞分裂素发现的历史 (313) 二、细胞分裂素的化学结构 (314) 三、细胞分裂素的存在 (315)	
四、细胞分裂素的生理作用 (315) 五、细胞分裂素的作用机理 (316)	
第四节 脱落酸	316
一、脱落酸的发现 (316) 二、脱落酸的化学 (316) 三、脱落酸在植物中的存在 (317)	
四、脱落酸的生物合成 (317) 五、脱落酸的生理作用 (318) 六、脱落酸的作用机理 (319)	
第五节 乙烯	320
一、乙烯发现的历史 (320) 二、乙烯的生物合成 (320) 三、乙烯的生理作用 (321)	
四、乙烯作用的机理 (322)	
第六节 人工合成的生长调节剂及其在农业上的应用	323
一、生长素类药剂及其应用 (323) 二、赤霉素的应用 (325) 三、生长延缓剂及其在农业上的应用 (326)	
四、乙烯利的应用 (330)	
第七节 除草剂	331
一、除草剂的种类 (332) 二、除草剂对生长的影响 (332) 三、除草剂的选择性机理 (332)	
四、除草剂的类型 (334) 五、除草剂的作用机理 (337)	
第八节 小结	338
第十二章 植物各部位生长的相互关系	342

第一节 极性	342
第二节 顶端优势	344
第三节 主茎和分蘖	345
第四节 地上部分与地下部分	345
第五节 营养体与生殖体	348
一、一次开花植物与多次开花植物 (348) 二、棉花的蕾铃脱落 (349) 三、果树的大小年 和疏花疏果 (349)	
第六节 生殖体间的相关	349
一、授粉与受精 (349) 二、果实与种子 (352)	
第七节 小结	352
第十三章 周期性现象	354
第一节 近似昼夜节奏——生物钟	355
一、昼夜节奏在植物正常生长发育中的重要性 (355) 二、植物体内生昼夜节奏的表现 (355)	
三、近似昼夜节奏的特征 (356) 四、近似昼夜节奏作为植物体内节奏性计时器 (358)	
第二节 春化现象	359
一、对低温的感受部位 (360) 二、解除春化 (360) 三、春化效应的传递问题 (361)	
四、春化过程的性质问题 (361)	
第三节 光周期现象	362
一、光周期现象的发现与类型 (362) 二、光周期现象的适应性及其与地理上起源与分布的关 系 (363) 三、光周期现象在生产上的应用 (364) 四、光周期现象的内部生理过程 (365)	
第四节 植物色素及有关问题	370
一、植物色素的发现及其所参加的光反应 (371) 二、植物色素的分布、吸收光谱与化学结 构 (372) 三、关于植物色素作用机理的可能解释 (374) 四、关于植物色素和近似昼夜节 奏在开花诱导中作为计时器的问题 (375)	
第五节 休眠现象	377
一、种子的休眠 (377) 二、营养器官的休眠 (379) 三、解除休眠与延长休眠 (379)	
第六节 衰老与脱落	380
一、衰老时的生理生化变化 (380) 二、关于衰老的内部原因 (382) 三、脱落 (384)	
第七节 小结	387
第十四章 植物的抗逆性	389
第一节 旱害与抗旱性	389
一、干旱对作物的影响 (390) 二、作物抗旱的生理基础 (393) 三、提高抗旱性的途径 (394)	
第二节 热害与抗热性	396
一、高温破坏代谢过程 (397) 二、高温的直接伤害 (398) 三、抗热性的机理 (398)	
四、提高抗热性的途径 (399)	
第三节 盐害与抗盐性	400
一、土壤盐分过多的危害 (400) 二、抗盐性的生理基础 (401) 三、提高作物抗盐性的措 施 (403)	
第四节 涝害与抗涝性	404
一、土壤水分过多的危害 (404) 二、作物的抗涝性 (405) 三、抗涝的措施 (406)	
第五节 寒害与抗寒性	407
一、冻害与霜害 (407) 二、寒害或冷害 (408) 三、防止寒冻的办法 (412)	
第六节 酸害、风害、烟害及污水害	413

一、酸害 (414)	二、风害 (415)	三、烟害 (416)	四、污水害 (417)	
第七节 抗病性与抗虫性	419			
一、病虫害与抗性 (419)	二、免疫性 (420)	三、感染、侵入与毒素 (421)	四、寄生	
菌引起的生理反应 (422)	五、环境的反应、创伤及寄主病原体间关系 (424)			
第八节 小结	425			
中英名词对照表	427			

绪 言

植物生理学是研究植物生命活动原理的一门科学，是生物科学的一个分支。植物的生命活动主要包括植物如何生活，植物如何生长，植物如何生存等问题。这些问题都是和植物所处的环境分不开的。和一切生物一样，植物维持生活与进行生长所需要的能量与物质完全要取自周围的环境。植物只有在与外界不断地进行物质交换（即新陈代谢）、不断地吸收新的物质同化为自己的一部分，而将一部分原有的陈旧物质通过分解的异化过程而排出体外，它才能生活。在适宜的季节与合宜的光、热、水、肥的条件下，它才能生长。不同的作物在生产中保持它的遗传特性大量繁殖自己，它还能通过遗传的变异与生理的适应来应付旱、涝、寒、热等逆境以及抵抗病、虫、草、兽害的侵袭，它才能生存下去。

农业生产中人们的多种努力，总结为毛主席提出的农业“八字宪法”，主要的目的无非是在调节作物与环境的关系：或是利用栽培耕作的方法来改良环境条件，借以满足作物在持续获得高产与优质中的要求；或是利用育种、选种、引种改良作物的遗传本性，利用人为的措施来增强作物本身的抗逆性，借以适应当地的生产环境，从而保证高产与优质。这两条途径都需要深刻了解植物与环境间的相互关系。虽然植物生理的知识，关于不同植物对环境条件中水、肥、气、热、光等的要求，从长期的农业生产的实践中逐渐累积起来，在大田管理上已经根据这些知识来指导生产，可是这些知识的系统整理与理论概括使之成为一门学科却有待于近代自然科学的兴起。现代植物生理学正是在植物与环境的关系上依据自然科学的基础知识，进一步地作出较为系统的总结、深入的了解与重要的发现，因而它能在生产技术革新与提高单位面积产量上作出一定的贡献。例如，根据植物矿质营养需要的化肥施用和根据植物光合生产的密植、配合与良种的选育、病虫害的防除等，使得本世纪以来作物单位面积的平均产量增长了将近十倍。

恩格斯把物质与能量守恒定律、进化论的建立与细胞的发现认为是19世纪自然科学中的三项重大发现。植物生理学就是在这三大发现的引导下发展起来的。总的看来，植物生理学主要探讨的内容不外乎是物质的转变、能量的转变与形态的转变。没有物质与能量守恒定律，植物生理学就不会认真地追究植物生命活动中物质与能量的形式与来源。细胞的发现与进化论的建立才使得植物生长发育中形态的建成有了共同基础。而最近分子生物学的重大发现，核酸是一切生物遗传信息的载体，每个生物中，特异蛋白质结构是按照核酸作为最终的样版来合成的，于是生理学的内容在上述三项转变之外，又增添了信息的转变。

一、植物如何生活，营养与代谢

已知道植物是一个能够利用阳光能量制造多种有机物的绿色工厂，而细胞是一切生物的基本结构单位。绿色植物的一切功能，诸如阳光能量的利用，养料的吸收、运转和一系列的加工过程，基本上都可在一个单细胞（如绿藻）里实现。这些功能是由细胞内部的一些固定的细微结构来分工承担的。一旦这些细微结构遭到破坏，植物的功能也就受到阻挠。适当的温度、湿度、酸碱度、盐含量等就是维持细胞结构与正常活动所必须的条件，许多农作物中发生的问题（如霜冻、干旱、盐碱为害等）需要从这个角度来理解。

一个工厂的生产要考虑：各车间应有的设备，需用的原料和消耗的动力这三方面的问题。一个单细胞的低等植物，细胞本身就是一个完整的绿色工厂，它内部的一些细胞器就是它的车间，在其中分别执行着生命活动所需的物质与能量转变。而一般农作物属于高等植物，是由许多细胞组成的，它们生长在陆地上还需要根、茎、叶等营养器官来完成各车间的任务。只有靠植物各部位间的通力协作，才能完成植物生产的总任务。近百余年来，通过长期农业生产经验的总结 and 现代自然科学知识的发展，人们才确定下来：植物的根和叶分别从土壤与空气中吸收的原料与能量究竟是些什么以及怎样才能满足它们营养上的需要和提高对能量利用的效率。这些知识就是当前农业生产中施肥、灌溉、种植密度、栽培耕作制度上发生巨大变革的依据。

二、植物如何生长，生长与发育

绿色植物不仅是自力更生有机物的制造者，同时它又是它自身的建造者，以及更多植物的创始者。这些工作都是植物在生长发育中完成的。植物在生长发育中，躯体在增长，形态在转变。这只是在植物的各种营养物质适当与及时供应的基础上才能顺利地进行的。反过来说，植物若处在休眠状态，不扎根生叶，植物对外界物质与能量的利用也就无法实现。

植物的生长发育，虽然实质上不外乎是细胞的分生与分化，可是比起它的营养生理来，却是更为复杂的过程。因之，植物的生长发育所需要的条件也比单纯营养所需要的条件更为严格与特殊。这首先是因为根、茎、叶分别在土壤与大气中执行营养功能各有所需。各种环境条件必须适合各方面的需要，才能使各种营养相互配合来满足整株植物生长发育的需要。其次是植物的主要发育过程，诸如种子的萌发，主茎的拔节，开花结实等时常带有量变进入质变的过程。这种质变往往要靠特殊环境条件的长期诱导或临时激发才能出现。这种特殊的要求乃是植物对当地环境条件变化在长期培育下获得的适应性。没有这种适应，该植物就不能在当地生存下去。例如北方果树上的芽和种子需要经过一段冬季的低温，到来年春暖时才能正常的萌发；秋收的作物（如晚稻）需要在初秋每天的日照时数逐渐缩短的诱导下才能开花。两者若不是这样，果树种子在秋天尚暖时在湿土里已经萌发，水稻进入深秋才迟迟开花，那么两者都会遭到冬季严寒的危害而绝种。在远地引种与一年多茬的安排中，必须注意到作物品种在生长发育上的特殊需要。忽视了这一点，正如上述两例

所示，曾经给生产上带来很大的损失。

大田生产中，为要促进某些器官（如果实）特别发达，非常需要了解植物各部位间尤其是生殖器官和营养器官间的相互关系。这种相互关系时常是通过它们各自获得的营养物质互通有无，相互调剂来作到的。一类物质供应过多或不足都能引起生长发育的不协调，如供氮过多引起棉花枝叶疯长，蕾铃脱落；供氮过少，则枝叶早衰，果实瘦小等。近来发现高等植物在调整各器官的相互关系和协调整体的生命活动上时常是靠各器官分泌一些为量很微而效应很大的有机物质——激素来完成的。植物体内先后发现的激素已有多种，如促进许多器官生长的生长素，促进茎、叶生长的赤霉素与促进细胞分裂的激动素等等。它们都已从植物体内提取出来，并作过化学结构的鉴定，以及作到用人工合成。它们各自对植物的生长发育有显著的多种效应。它们不仅在农业生产上广泛应用，并且为多种人工合成的药剂用在调节植物的生长发育增加产量与节约劳动力上开辟了新的途径。农业现代化的主要标志之一是如何提高劳动生产率。植物生理学不仅在于了解植物的生理过程，还为如何调节与控制这些过程，借以达到更高的产量，提出简而易行的、提高工效的办法。例如，除草剂的发明就是植物生理学在激素的系统研究中得出的出色贡献。利用这种药剂不仅能杀除杂草而对作物无害，它还以轻而易举的施药手续代替了繁重的锄草耕作，从而大大提高了功效。

三、植物如何生存，适应与变异

“种豆得豆，种瓜得瓜”是一个耐人寻思的问题，在生产中也极为重要。因为农业上正是利用这些作物的遗传特性来进行生产。然而，另一方面，我们也要不断地改变作物的本性来适应新的生产条件与要求，争取更高的产量与更优的品质。近来分子生物学的进展阐明：一个植物的全部遗传信息主要储存在胞核的核酸载体上。改变核酸的成分与引入其他的核酸载体就给保存与改良品种提供了更为可靠的依据与更为广阔的远景。

风云变幻，病虫侵袭，给作物经常带来灾害。因之农业生产中不仅要为作物准备最优良的生产条件，也要设法协助作物抵抗逆境的来临。世界上作物生产30%以上的损失是病、虫、草害造成的。有些植物的抗逆性强是受到逆境的刺激对之发生反应，从而获得的。抗逆性生理的探讨与物种的培育是正在发展中的事物。

四、植物生理学如何发展，分析与综合

地球上的一切生命活动都仰赖太阳辐射作为最终的能量来源。绿色植物能够捕获其中能量的一小部分，用来吸收水分和 CO_2 ，合成有机物；用来搜集土壤中散布的矿质；并用来与微生物合作，固定大气中的氮。就这样，它成为一切生命活动所必须的物质来源。上面已提到，每逢人们对绿色植物中能量与物质的转变过程（诸如气体代谢、矿质营养、光合生产等）有所发现时，它就会在农业生产的技术革新上发挥巨大作用。植物生理学与农业生产密切相关。农业生产实践也不断给植物生理学提供新素材、提供新问题，推动这门

学科的进展。绿色植物的经营是农业生产的基础。后者要以植物生理过程的知识为依据,采取人为的措施来促进作物的生产。

由于近代自然科学与生产技术的进步,人们在生活上已开始摆脱过去那种完全依赖绿色植物的局面,反过来可以用自己的生产(如人工合成的氮肥与人工开采的磷、钾等肥料)来支援高产作物单靠本身的活动不能满足的需要。最引人注意的是:人工固氮的产量不久将会超过全球生物固氮的总和(估计约为3000万吨)。虽说如此,现在人工固氮的庞大工厂需要高温高压,比起在普通生活条件下的生物固氮来,设备多而效率低,相形见绌。因此,若能够在植物生理的探讨中,阐明生物固氮的机理,掌握它的程序,人们就可采用人工模拟或径直把固氮细菌引种到一般作物上来。这将是农业生产上的一个大突破。更不用说,绿色植物光合作用机理的阐明与人工模拟的成功将会给人类生活带来多么深远的影响!

随着现代社会各项生产事业的急剧发展,生产效率的迅速提高,人们对农产品数量与品质的要求也在日益加多。植物生理学的研究内容不仅要注意如何增加单位面积的作物产量,还要重视在田间生产中与长期储藏中如何获得与保持产品的优良品质,以及在田间管理中如何改革生产技术,用来提高农业劳动生产率。由于多种生产、交通事业与社会活动占用的土地面积都在不断地扩大,农业生产势必由雨水充沛、土质肥厚的平原农区逐渐向生产条件比较贫乏或不稳定的山区开拓。因之,植物生理学也需要从不同农区作物达到高产所需条件的最适组合的研究兼顾到植物对不良生长条件以及对各种逆境侵袭如何抵抗与适应的探讨。对大田生产来说,世界大陆的三分之一以上属于水源缺乏的干旱与半干旱地区,而有些这样的地区,地下咸水蕴藏却很丰富,特别是在沿海一带,它面临着海洋的无穷水源。如果能对盐生、海生植物的生理特性有所揭露,对其产量有所改进,就会为这些水源的利用开辟途径。对植物本身的抗逆属性能够人为地加以改变,将是对寒、旱、病、虫等逆境的抵抗更为直接有力的措施。这些课题目前已开始探索,正方兴未艾。

近二、三十年来,自然科学理论与技术的急剧进展推广了与加深了植物生理学探讨的内容。例如,地球卫星的高空探测使得眼界开扩,对植物群落与环境关系能够得到更为全面与概括的了解。另一方面,生理试验与生化分析以及多种物理的精细探测仪器能够检查出痕量的瞬间变化,这使得视觉愈益精致与敏锐,植物生理的研究可以深入到细胞内各种细胞器的结构与功能,并且能从高分子的结构来追究植物的遗传属性与生理变化的关系。

植物生理学既要探讨个别器官、组织、细胞等的生理功能与代谢机理,同时还要考虑这些功能如何相互协调来进行个体的生长发育。农业生产是作物在天时、地利、人和……多方面的配合下获得的。植物生理若单纯地分析个别部位的生理功能而不加综合的处理,那就难于在生产上发挥作用。电子计算机理论与技术的兴起是专门处理象农业生产这样多参数的大体系的有力武器。作物产量的形成至少要考虑到土壤、大气、阳光、水分等环境条件对作物群体结构中光合、呼吸、蒸腾以至物质的运转与分配,生长发育等多种关系,只有这样,才能对之作出合理的估计与预测。这种模型的设计与计算在气象预报、各种工程

与企业管理中已经常在应用。

植物生理学中近年来这类模型的计算已经开端。由于这些生理过程在不同的作物生产的具体条件下,环境因素与作物间的直接影响与相互关系还没有了解得清楚,这种计算尚处在尝试阶段,所得结果经常要与实际生产核对,从中发现其缺欠,再作改进。

参 考 文 献

1. 赫钦逊, G.E.等, 1974, 生物圈 (中译本), 科学出版社。
2. 亨德莱, P.主编, 1977, 生物学与人类的未来 (中译本), 科学出版社。
3. Reed, H.S. 1942, A shorf history of the plant sciences, Ronald Press.
4. Weevers, T. 1949, Fifty years of plant physiology. Scheltema Holkema, Amsterdam.

第一章 植物细胞的结构与功能

细胞是一切生物的基本结构与执行生理功能的基本单位。高等植物，不论它的结构多么复杂，躯体多么高大，年龄多么悠久，仔细追究起来，最终都是由一个胚胎细胞在不断地分生分化中逐渐培养起来的。一个细胞分裂为两个，两个变成四个……，同时从一个胚胎细胞分化成为两个大小不同的细胞，再从这两个分化出多种多样的细胞来。高等植物是数不清的细胞活动的结果：其中有一部分是死去细胞的躯壳，有些是正在执行功能的成长细胞，而另有少数才是正在分生与分化的胚胎细胞。

生物是由细胞构成的，这个事实最初是在显微镜发明以后不久在植物体内观察到的。当时看到的不是细胞主要的生活物质，原生质，而是成长植物细胞所特有的坚硬外壳。它是保持植物细胞和植物躯体固定形状的主要结构（图 1—1）。随后，在植物生长细胞中最容易观察到的乃是占据细胞中央，充满水溶液的大液泡，内部溶解有多种溶液和悬浮着一些颗粒。大液泡也是正常植物成长细胞所特有的。正是靠液泡内充满水分，细胞才能被膨胀起来，把液泡外围的一层原生质向外排挤，使它形成一个薄囊紧贴在胞壁的内面。只有这样，细胞才能维持饱满，植物才能挺立。如果液泡失去水分，胞壁就不会被绷紧，而植株的新鲜部位就会出现萎蔫。植物成长细胞中，这个原生质的薄囊才是执行各种生命活动的场所。

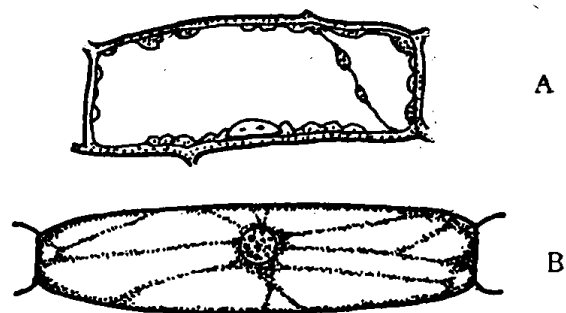


图 1—1 高度液泡化的成长细胞
A. 紫鸭跖草的雄蕊毛细胞 B. 水王孙叶细胞

胞内空白处为大液泡，深色为紧贴胞壁的原生质及贯穿液泡的丝状原生质；中部圆粒为胞核；叶细胞原生质中的小粒为叶绿体。

第一节 植物细胞的物理化学特性

一、生物化学特性

细胞最大成分是水（70—95%），细胞的固定结构却由有机物组成。绿色植物在生产上最主要的特点，为一切生命活动所依赖的，就是它能够利用地面上广泛存在的水分和土壤中高度稀释的简单的无机化合物与大气中的 CO_2 （各自以万分之几的浓度计）。它一面吸取

这些物质，一面吸收太阳光的能量来合成各色各样极其复杂的有机物。

虽然各种化学元素几乎都可以在不同植物中找到，但是构成植物必须的元素却只有约二十种。它们都属于较轻的元素。植物的化学成分中绝大部分（88%）是C、H、O三种元素。CH链是有机化合物的骨干。细胞在光照下首先合成的有机物是溶解于水的酸、碱和糖。这些小分子不能形成细胞的固定结构。所含元素不过几个（H₂O），几十个（糖），多到几百个（油脂）。几个小分子的单体常联接起来成为寡体，象蔗糖那样由两个单糖结合而成的寡体，在植物界的分布极为广泛。植物体内的高分子则是数以万计的单体聚合成的（图1—2），这样它们才能和简单小分子乙烯合成的聚乙烯塑料一样，保持固定的形状或胶粘的结构。

生物体内的高分子大致可以分为两类：一类是由一种小分子（所谓单体）聚合成的长链（如胞壁的主要成分纤维素）或是具有许多侧链的团粒（如细胞的主要储藏物质淀粉）。这类生物高分子的结构比较单纯，在不同的植物中虽然在大体的安排上与这些分子的数量比例上有些差异，但在细微的化学结构上来自不同植物的材料却找不到什么大的差异来。另一类高分子则是由几种单体聚合而成的。由于单体的排列次序与聚合程度的不同，正象我们常用的拼音字母可以聚合成无限含义的字句一样，可以排列成无数顺序不同的高分子来。如核酸是由四种单体，蛋白质是由二十种单体聚合而成的。正是因为这样，每一个生物都可以有它自己特有的核酸与蛋白质结构。各个生物的遗传本性在生理上与形态上独具特点，最终都可追溯到蛋白质结构上的不同。恩格斯的名言：生命是蛋白质体存在的形式，已被近来各种生物学上的试验与观察所证实。不同的蛋白质在与不同化合物的集结状态下可以形成细胞的各种细微结构，细胞内的生理生化反应是靠许多不同的蛋白质分别地或联合起来进行催化。没有蛋白质的催化作用，这种生化反应就不能进行。另外，原生质内的各种运动、分泌与吸收的活动也都是特殊的蛋白质来完成的。由于蛋白质在执行功能中、在不同发育时期、它的结构经常在改变与更新，现在已经发现，决定某个细胞蛋白质中的各种单体的顺序不是由现存的蛋白质顺序来规定，而是由细胞结构中比较稳定的核酸内单体的排列作为模板。在新的蛋白质合成中，它的单体顺序是由核酸转译出来的。正象我们现用的电报，四个不同的号码可以转译成一个相对应的汉字一样。因此，细胞内的核酸现下已被认为是该生物遗传本性（信息）的载体，体细胞进行分裂时，每个细胞都分到全套的核酸也即是该植物的全部遗传信息。关于核酸与蛋白质的结构与功能以及蛋白质按照核酸的样版进行合成的程序将在下章及第八章中阐述，这里仅介绍一个轮廓，以便于说明细胞原生质的细微结构与功能的关系。

植物细胞中的蛋白质，经常在新陈代谢之中，也就是说，原有的蛋白质在分解，新的特异蛋白质在合成。每种植物，在不同的生育期，它的细胞都在合成新的特异蛋白质来执行新的酶促反应。高分子与细胞结构的不断形成与解体统称为周转。蛋白质与核酸以及许多生化分子的周转率常用它的半衰期来表示，那就是一半的物质解体被新分子替换掉所需要的时间。在生长活跃的组织中，蛋白质与核糖核酸的半衰期可以短到几天。

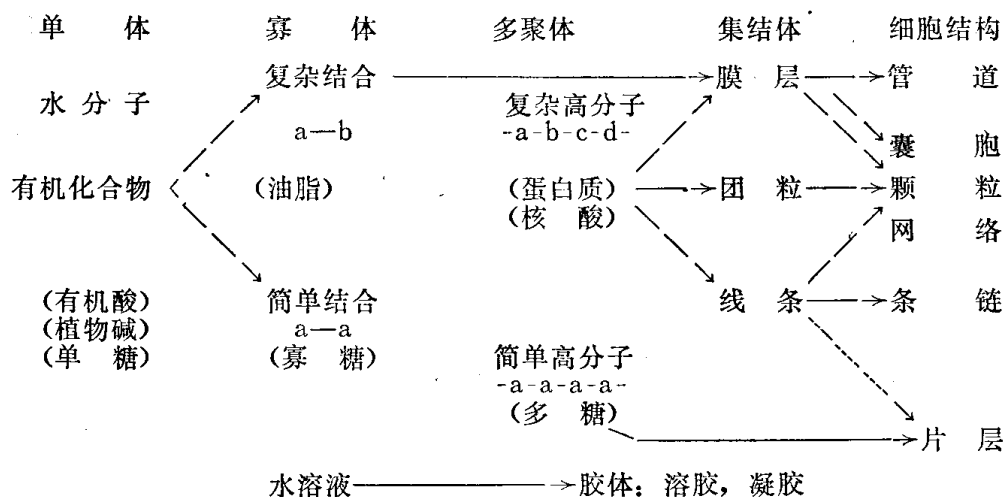


图 1—2 植物细胞的生物化学构成

二、胶体特性

蛋白质和核酸这类高分子，具有带负电荷的羧基（—COOH）或磷酸，它们的另一共同特点是含有N素。N素是在生物体内非金属元素中绝无仅有地可以形成正电荷的碱基。它赋予了蛋白质在生物化学上绝大的活跃性。这些带电荷的羧基与碱基，使得它对水分子有很大的亲和性，但由于分子过大，不能完全溶解于水，因之原生质内高分子多带有所谓亲水胶体的性质。亲水胶体的一个特性是在含量很小（1—2%的明胶）的水溶液中它可以形成凝胶，凝胶就是能够保持一定固体形状的胶体。这种凝胶状态容易受外界温度的升高或酸碱度的改变，或盐分、水分的增多的影响，而发生改变。正如大家所熟知的，果胶冻可以融化，变为流动的溶液状态，有些凝胶甚至在轻微的震击下都会转变成溶液，若静置一段时间又可变回凝胶。这些效应可以用来说明原生质对外界条件非常敏感以及不同植物中由于原生质生化成分与胶体状态不同对外界条件改变的反应不一样。

凝胶能够保持一定的形状，使得它的一些细微结构安排在一定的位置。例如，蛋白质生理上的活跃基团得以在界面伸展开来，发挥它的功能，而另一方面，它们有时处在流动的溶胶状态又便于物质在体内的转移，这两种状态都是生命活动所需要的。

正是因为这样，原生质只有在比较严格的条件下才能执行一定的正常生命活动。例如，温度条件对原生质的粘度影响很大，温度增高会使粘度急剧下降，但过高又会使蛋白质发生凝固而变性。反过来，温度过低也会使细微结构发生“冻结”，生命活动从而陷于停滞。

风干的种子，处在失水的凝胶状态，可以千巴计的力量来吸取水分（一巴约等于一大气压）。生物凝胶吸水时发生膨胀，称为吸胀作用，等胶粒表面吸附的水膜够厚时，吸水力就急剧下降。种子发芽前最初一段的吸水就是靠凝胶的吸胀，真菌等孢子可在潮湿的空气中生长发育，也是来自凝胶的吸水力。

紧密地吸附在亲水胶体颗粒外围的一薄层水膜，由于它与颗粒上亲水集团的牢固结

合，它失去了一些水分的物理化学性质，例如，它不能从低于冰点的低温下结晶成冰。加温都很难把它从胶粒上驱逐出来，因而它被称为束缚水，风干种子中一般还含有少量的水分（约为干重的 1/10）就是这个原因。耐寒的品种组织中胶体的亲水集团多些，束缚水含量也大些。

第二节 植物细胞内的按室分工

所有植物的生理活动的基本功能几乎都可以在单个绿藻细胞内实现，一个纤小细胞能有条不紊地执行多种功能，乃是因为它具有极其精致的细微结构，是在各有专职的所谓细胞器的按室分工下来完成的。

除了原生质中有胞核与细胞质之分，这早已在光学显微镜下观察到。近些年来用电子显微镜把幼嫩细胞放大几万倍，可以更进一步地观察到一些更为细致的颗粒状、囊状、管状、网状的结构。这些细微结构还可利用超离心机等技术把它们从细胞中分离出来，并利用多种微量测定的方法对它们的生化成分与生理功能分别加以鉴定。原生质的这些各自执行一定功能的细微结构，统称为细胞器（图 1—3）。

细胞质外面被一层膜包围，胞核、质体、线粒体、液泡以及其它细胞器也各有它的外膜，细胞器间不是彼此孤立各不相干，而是有膜组成的管道所谓内质网把它们密切地联系起来成为一个内膜体系。正象一个工厂要分成许多车间，各车间分工执行生产中的一项任务，原生质中的各细胞器已证明就是各样的车间。其中又必须有密切的联络，才能协调配合，共同完成总的生产程序。

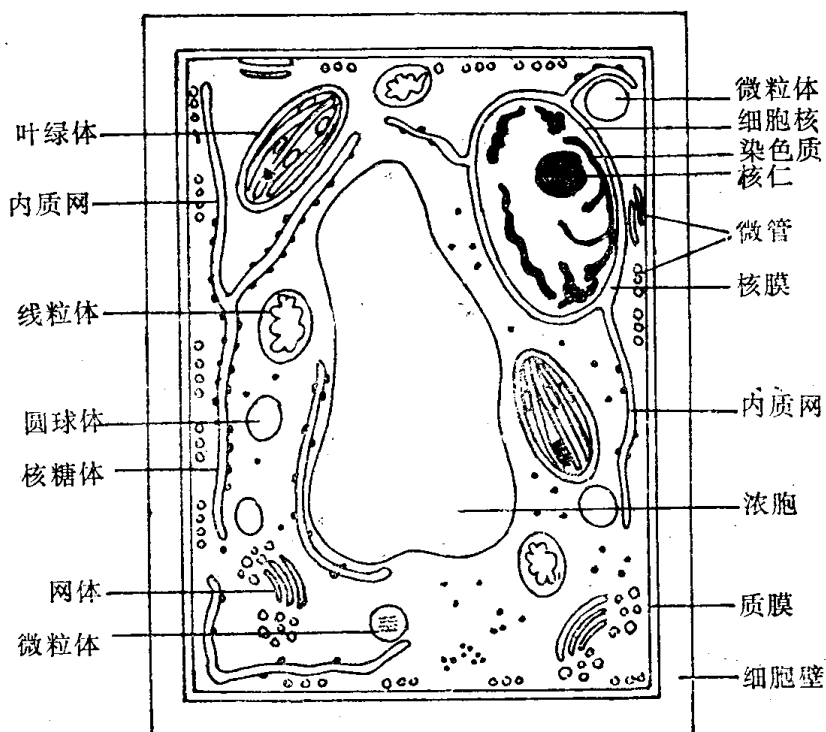


图 1—3 高等植物细胞的细微结构示意图

一、胞核与细胞质

胞核时常占据幼嫩细胞的中央，是细胞主要的遗传信息的载体脱氧核糖核酸 (DNA)