

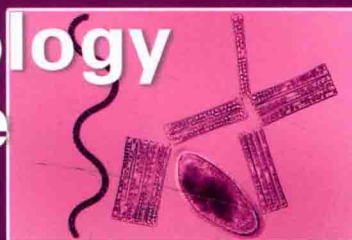


全国高等农林院校生物科学类
专业“十二五”规划系列教材

植物生理学学习指导

王云生 主编

Plant Physiology
Study Guide



中国农业大学出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

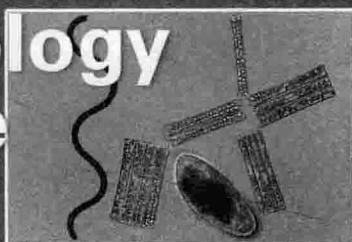


全国高等农林院校生物科学类
专业“十二五”规划系列教材

植物生理学学习指导

王云生 **主编**

Plant Physiology Study Guide



中国农业大学出版社
CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书是蔡永萍主编的全国高等农林院校生物科学类专业“十二五”规划系列教材《植物生理学》第2版的配套学习指导书。全书共分10章,章节安排与主教材一致。各章内容包括学习要求、重点和难点、分章节自测题(含参考答案)、模拟试题(含参考答案)等部分。可为本科生学习植物生理学提供自学辅导,同时也可供相关领域的研究生和科技工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

植物生理学学习指导/王云生主编. —北京:中国农业大学出版社,2014.2

ISBN 978-7-5655-0891-2

I. ①植… II. ①王… III. ①植物生理学-高等学校-教学参考资料 IV. ①Q945

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 009319 号

书 名 植物生理学学习指导

作 者 王云生 主编

策划编辑 魏秀云

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路2号

电 话 发行部 010-62818525,8625

编辑部 010-62732617,2618

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2014年2月第1版 2014年2月第1次印刷

规 格 787×1092 16开本 11.5印张 283千字

印 数 1~3000

定 价 25.00元

责任编辑 田树君

责任校对 陈莹 王晓凤

邮政编码 100193

读者服务部 010-62732336

出版部 010-62733440

e-mail cbsszs@cau.edu.cn

图书如有质量问题本社发行部负责调换

全国高等农林院校生物科学类专业“十二五”规划系列教材

编审指导委员会

(按姓氏拼音排序)

姓 名	所在院校	姓 名	所在院校
蔡庆生	南京农业大学	刘国琴	中国农业大学
蔡永萍	安徽农业大学	刘洪章	吉林农业大学
苍 晶	东北农业大学	彭立新	天津农学院
曹贵方	内蒙古农业大学	秦 利	沈阳农业大学
陈雯莉	华中农业大学	史国安	河南科技大学
董金皋	河北农业大学	宋 渊	中国农业大学
冯玉龙	沈阳农业大学	王金胜	山西农业大学
郭 蓓	北京农学院	吴建宇	河南农业大学
郭立忠	青岛农业大学	吴晓玉	江西农业大学
郭图强	塔里木大学	殷学贵	广东海洋大学
郭兴启	山东农业大学	余丽芸	黑龙江八一农垦大学
郭玉华	沈阳农业大学	张 炜	南京农业大学
李 唯	甘肃农业大学	赵 钢	仲恺农业工程学院
林家栋	中国农业大学出版社	赵国芬	内蒙古农业大学

编 委 会

主 编 王云生(安徽农业大学)

副主编 高俊山(安徽农业大学)

张玉琼(安徽农业大学)

李 玲(合肥师范学院)

编写人员(按姓氏拼音排序)

蔡 健(阜阳师范大学)

蔡永萍(安徽农业大学)

高俊山(安徽农业大学)

高丽萍(安徽农业大学)

黄守程(安徽科技学院)

李 玲(合肥师范学院)

刘亚军(安徽农业大学)

钱玉梅(宿州学院)

王云生(安徽农业大学)

王征宏(河南科技大学)

魏晓飞(安徽农业大学)

武建东(安徽农业大学)

张玉琼(安徽农业大学)

张云华(安徽农业大学)

赵良霞(安徽农业大学)



出版说明

生物学是近几十年来发展最为迅速的学科之一,它给人类的生产和生活带来巨大变化,尤其在农业和医学领域更是带来了革命性的变革。生物科学与各个学科之间、生物科学各个分支学科之间的广泛渗透,相互交叉,相互作用,极大地推动了生物科学技术进步。生物科学理论和方法的丰富和发展,在持续推动传统农业和医学创新的同时,其应用领域不断扩大,广泛应用的领域已包括食品、化工、环保、能源和冶金工业等各个方面。仿生学的应用还对电子技术和信息技术产生巨大影响。生物防治、生物固氮等生物技术的应用,极大地改变了农业过分依赖石化工业的局面,继而为自然生态平衡的恢复做出无可替代的贡献。以大量消耗资源为依赖的传统农业被以生物科学和技术为基础的生态农业所替代和转变。新的、大规模的现代农业将由于生物科学的快速发展而迅速崛起。

生物学在农业领域中越来越广泛的应用,以及不可替代作用的发挥,既促进了生物学教育的发展,也为生物学教育提出了新的更高的要求。农业领域高素质、应用型人才对生物学知识的需求具有自身独特的使命和特征。作为培养高素质、应用型人才重要途径和方式的农业高等教育亟需探索出符合实际需求和发展的教育教学模式和内容。为此,中国农业大学生物学院和中国农业大学出版社与全国 30 余所高等农林院校合作,在充分汲取各校生物学类专业教改实践经验和教改成果的基础上,经过进一步集成、融合、优化、提升,凝聚形成了比较符合农林院校教学实际、适应性更好、针对性更强、教学效果更佳的教学理念和教材编写思路,进而精心打造了“全国高等农林院校生物学类专业‘十二五’规划系列教材”。系列教材覆盖了近 30 门生物学类专业骨干课程。

本系列教材站在生物学类专业教育教学整体目标的高度,以学科知识内容关联性为依据,审核确定教材品种和教材内容,通过相关课程教材小规模组合、专家交叉多重审定、编审指导委员会统一把关等措施,统筹解决相关教材内容衔接问题;以统一的编写指导思想因课制宜确定各门课程教材的编写体例和形式。因此,本系列教材主导思想整体归一、各种教材各具特色。

农业是生物学最早也是应用范围最广的领域,其厚重的实践积累和丰硕成

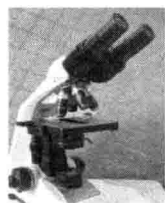
果使得农业高等教育生物科学类专业教学独具特色和更高要求。本系列教材较好地体现了农业领域生物科学应用的重要成果和前沿研究成就,并考虑到农林院校生源特点、教学条件等,因而具有很强的适用性、针对性和前瞻性。

系列教材编审指导委员会在教材品种的确立、内容的筛选、编写指导思想以及质量把关等环节中发挥了巨大作用。其组成专家具有广泛的院校代表性、学科互补性和学术权威性,以及丰富的教学科研经验。专家们认真细致的工作为系列教材打造成为农林院校生物科学类专业精品教材奠定了扎实的基础,在此谨致深深谢意。

作为重点规划教材,为准确把握教学需求,突出特色和确保质量,教材的策划运行被赋予更为充分的时间,从选题调研、品种筛选、编写大纲的拟制与审定、组织教师编写书稿,直至第一种教材出版至少3年时间,按照拟定计划主要品种的面世需近4年。系列教材的运行经过了几个阶段。第一个阶段,对农林院校生物科学教学现状进行深入的调查研究。2010—2011年,出版社用了近1年的时间,先后多批次走访了近30所院校,与数百位生物科学教学一线的专家和教师进行座谈,深入了解我国高等农林院校生物科学教学的进展状况及存在的问题。第二个阶段,召开教学和教材建设研讨会。2011年12月份,中国农业大学生物学院和中国农业大学出版社组织召开了有30余所院校、100余位教师参加的生物教学研讨会,与会代表就农林院校生物科学类专业教学和教材建设问题进行了广泛和深入的研讨,会上还组织参观了中国农业大学生物学院教学中心、国家级生命科学实验教学示范中心以及两个国家重点实验室,给与会代表留下了深刻的印象和较大的启发。第三个阶段,教材立项编写。在广泛达成共识的基础上,有30多所高等农林院校、近500人次教师参加了系列教材的编写工作。从2013年4月起,系列教材将陆续出版,希望这套凝聚了广大教师智慧、具有较强的创新性、反映各校教改探索实践经验与成果的系列教材能够对农林院校生物科学类专业教育质量的提高发挥良好的作用。

良好的愿望和教学效果需要实践的检验和印证。我们热切地期待着您的意见反馈。

中国农业大学生物学院
中国农业大学出版社
2013年3月16日



前 言

植物生理学是高等农林院校生物专业和植物生产类各专业的一门重要专业基础课。近年来,随着分子生物学、生物信息学、基因组学、蛋白质组学及环境生态学等研究的迅速发展,植物生理学教学内容不断更新、变更、充实,内容越来越庞大。然而,随着本科生教学学分制改革的深入,课程标准化、小型化的完善,教学时数有限。为了适应植物生理学学科发展和高校人才培养“高素质、厚基础、强能力、广适应”的需求,我们编写了《植物生理学学习指导》一书。

本书编写内容主要参考了全国高等农林院校生物科学类专业“十二五”规划系列教材《植物生理学》(第2版)(蔡永萍,中国农业大学出版社,2014)、面向21世纪课程教材《现代植物生理学》(李合生等,高等教育出版社,2008)、“九五”国家级重点教材《植物生理学》(王忠,中国农业出版社,2009)、高等学校教材《植物生理学》(第6版)(潘瑞帜,高等教育出版社,2008)、普通高等教育“十一五”国家级规划教材《植物生理学》(第2版)(武维华,科学出版社,2009)。

本书内容主要涉及植物的物质吸收和利用、光能利用、物质和能量代谢、植物的生长发育、逆境生理等。本书共分10章,其中,绪论、第1、2、3、7章由王云生、张云华、黄守程、高丽萍、王征宏编写,第4、8章由刘亚军、钱玉梅、王征宏编写,第5、6章由张玉琼、李玲编写,第9、10章由高俊山、蔡健、蔡永萍编写。全书统稿校对由魏晓飞、武建东、赵良霞完成。各章由学习要点、重点和难点、自测题、自测题参考答案组成。题型分名词解释、填空题、选择题、判断题、现象解释题和问答题。书后附有模拟试题,供读者自测检查用。

本指导书得到安徽农业大学教务处、教材中心和中国农业大学出版社的大力支持和帮助,并提出了许多宝贵的修改意见,深表谢意。

由于编者的水平和知识有限,时间仓促,书中一定会存在一些缺点和错误,敬请广大读者予以批评指正。

编 者

2013年10月



目 录

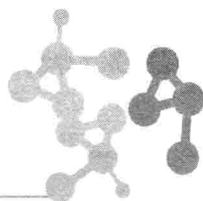
绪论	1
第 1 章 植物的水分生理	4
1.1 水分在生命活动中的作用	4
1.2 植物细胞对水分的吸收	4
1.3 植物根系对水分的吸收	5
1.4 植物的蒸腾作用	5
1.5 土壤—植物—大气连续系统	6
1.6 合理灌溉的生理基础	6
第 2 章 植物的矿质营养	22
2.1 植物必需元素	22
2.2 矿质元素的吸收与运输	22
2.3 氮素的同化	24
第 3 章 植物的光合作用和光合产物运输	33
3.1 叶绿体及其色素	33
3.2 光合作用机理	33
3.3 光合产物及其运输	35
3.4 光合作用的生态生理	36
3.5 光合作用与作物生产	37
第 4 章 植物的呼吸作用	54
4.1 呼吸作用的概念、指标及其生理意义	54
4.2 高等植物呼吸代谢的多样性	54
4.3 呼吸代谢能量的贮存和利用	54
4.4 呼吸作用的调节与控制	55
4.5 呼吸代谢与光合作用的关系	55
4.6 呼吸作用的影响因素及应用	55
第 5 章 植物细胞信号转导与植物生长物质	63
5.1 植物细胞信号转导体系	63

5.2	生长素类	64
5.3	赤霉素类	64
5.4	细胞分裂素类	64
5.5	脱落酸类	65
5.6	乙烯	65
5.7	其他天然的植物生长物质	65
5.8	植物生长调节剂在农业生产上的应用	66
第6章	植物的生长生理	75
6.1	种子的萌发和幼苗的生长	75
6.2	植物的组织培养	75
6.3	植物生长的周期性	76
6.4	植物生长的相关性	76
6.5	植物的运动	76
6.6	影响植物生长的环境条件	77
第7章	植物的光控发育	85
7.1	植物的光受体	85
7.2	光敏色素	85
7.3	隐花色素与向光素	86
7.4	紫外光-B反应	87
第8章	植物的生殖生理	91
8.1	幼年期与花熟状态	91
8.2	春化作用	91
8.3	光周期	91
8.4	成花启动和花器官形成生理	92
8.5	受精生理	92
第9章	植物的成熟和衰老生理	104
9.1	种子和果实的发育与成熟	104
9.2	植物的休眠	104
9.3	植物的衰老	104
9.4	植物器官的脱落	105
第10章	植物的逆境生理	115
10.1	逆境的种类和逆境对植物的伤害	115
10.2	植物对逆境的适应和交叉适应	116
10.3	植物抗逆性的获得与信号传导	116
10.4	寒害与植物抗寒性	116
10.5	热害与植物抗热性	117



10.6 旱害与植物抗旱性·····	117
10.7 涝害与植物抗涝性·····	118
10.8 盐害与植物抗盐性·····	118
10.9 病害与植物抗病性·····	118
10.10 虫害与植物抗虫性·····	119
10.11 环境污染与植物抗性·····	119
模拟试题一·····	137
模拟试题一参考答案·····	140
模拟试题二·····	142
模拟试题二参考答案·····	145
模拟试题三·····	148
模拟试题三参考答案·····	152
模拟试题四·····	155
模拟试题四参考答案·····	160
模拟试题五·····	163
模拟试题五参考答案·····	167
参考文献·····	170

绪 论



学习要点

1. 植物生理学的研究内容

植物生理学是研究植物生命活动规律的科学。植物生理学主要任务是研究自养植物生命活动规律,揭示其生命现象本质;同时研究与外界环境相互关系,并为生产实际服务。

植物生理学研究对象主要是高等绿色植物,主要研究内容包括物质代谢与能量代谢、信息传递和信号转导、植物生长发育与形态建成、植物逆境生理四个方面。

2. 植物生理学的发展阶段

植物生理学的产生和发展可分为以下 3 个阶段。

(1)植物生理学的孕育阶段(16—17 世纪)。该阶段对植物的营养来源、植物蒸腾及植物的光合作用初步研究,建立起空气营养的概念。

(2)植物生理学诞生与成长阶段(18—19 世纪)。德国化学家 J. von Liebig 奠定了化学施肥的基础;德国植物生理学家 J. Sachs 的《植物生理学讲义》(1882 年)和 W. Pfeffer 的三卷本的专著《植物生理学》(1904 年)的问世,标志着植物生理学独立成为一门新兴的学科。

(3)植物生理学发展与壮大阶段(20 世纪至今)。20 世纪是科学技术突飞猛进的世纪,随着物理学和化学的理论成果取得和实验技术的发展,植物生理学的各个领域在这个时期都有突破性发展。

我国植物生理学的发展由于历史原因,起步较晚,文化大革命期间停顿了 20 多年,相对西方国家有一定的差距,但改革开放后,随着我国科研水平的提高,植物生理学的研究不断壮大,有些工作在国际植物生理学领域中已经占有一席之地。

3. 21 世纪植物生理学的研究趋势

植物生理学的发展起源于农业生产活动,大致分为孕育阶段、诞生与成长阶段、发展与壮大阶段 3 个时期。近年来,植物生理学向微观和宏观两方面迅速发展,有以下四大特点。

- (1)研究层次越来越广。
- (2)学科之间相互渗透。
- (3)理论联系实际。
- (4)研究手段现代化。

4. 学习植物生理学的方法

学习植物生理学的意义,不只是为了了解植物生命活动的规律,更重要的在于为植物生产实践服务。学好植物生理学,必须要有正确的观点和学习方法。

重 点

重点

- (1)植物生理学的研究内容及特点。
- (2)21世纪植物生理学发展的趋势。

自 测 题

一、名词解释

1. 植物生理学;2. 植物细胞的全能性。

二、填空题

1. 建立砂培试验法的是_____。
2. 利用化学肥料的创始人是_____。

三、问答题

1. 植物生理学研究和任务是什么?
2. 21世纪植物生理学的发展趋势如何?

自测题参考答案

一、名词解释

1. 植物生理学(plant physiology)。是研究植物生命活动规律的科学。植物生理学主要任务是研究自养植物生命活动规律,揭示其生命现象本质;同时研究与外界环境相互关系,并为生产实际服务。

2. 植物细胞的全能性(plant cell totipotency)。是指植物的每个活细胞都包含着该物种的全部遗传信息,且具备发育成完整植株的潜在能力。

二、填空题

1. G. Boussingault。
2. J. von Liebig。



三、问答题

1. 植物生理学研究的內容和任务是什么?

答:植物生理学研究对象主要是高等绿色植物,主要研究内容包括物质代谢与能量代谢、信息传递和信号转导、植物生长发育与形态建成过程和植物逆境生理四个方面。

植物生理学的任务是:联系生产实际,开展科学实验,充分利用分子生物学先进技术,研究植物生命活动规律,为生产实践提供理论依据。

2. 21世纪植物生理学的发展趋势如何?

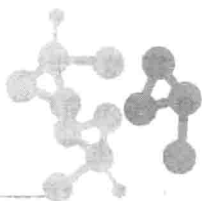
答:植物生理学的研究內容向微观和宏观两方面迅速发展。有以下四大特点。

(1)研究层次越来越广。随着生命科学特别是分子生物学的快速发展而拓宽和深入。对植物生命活动本质的认识已经从整体、器官、细胞水平深入到分子水平,从生命活动的描述,组成成分分析深入到动态机理和调控过程的认识。在分子水平(基因表达与调控)上探讨植物生命活动的规律,使植物生理学研究领域更广阔,机制分析更深入;在宏观领域,植物生理学与环境科学、生态学等紧密结合,转向从生物圈及群体的角度进行综合研究,并对各种外界环境因子与植物生命活动的相互响应进行更深入的研究。

(2)学科之间相互渗透。随着科学的发展,学科之间相互渗透、相互借鉴。从学科间相互关系上看,植物生理学正是基因水平和性状表达之间的“桥梁”。在宏观领域,植物生理学的研究还与生态学及环境科学相结合,形成了一些新的边缘学科,如植物生理生态学(physiological plant ecology)、植物环境生理学(environmental plant physiology)、植物群体生理学、植物生长发育的数学模拟等。

(3)理论联系实际。植物生理学是合理农业的基础。植物生理学的研究技术和成果为解决农业生产中的重大问题提供理论基础。如植物生理学与栽培农业相结合,出现了作物产量生理学、光合作用与作物高产、植物逆境生理学、环境生理学等领域;植物生理学与育种学相结合——作物生理育种,有高产育种、抗病育种、品质育种、作物杂种优势等方向。

(4)研究手段现代化。由于实验技术的发展,仪器设备越来越精密和自动化,如同位素技术、电子显微镜技术、X射线衍射技术、超离心技术、色谱层析分析技术、电泳技术以及近年来发展起来的计算机图像处理技术、激光共聚焦显微镜技术、膜片钳技术等,为植物生理的研究提供了极大的方便。在农田群体、植物群落和生态系统中,愈来愈多地运用数学方法和计算机手段,直至与遥感技术相结合,来分析作物群体发展的趋势、预测产量、预报生态系统的发展动态等。



学习要点

1.1 水分在生命活动中的作用

水是植物细胞的重要组成部分。植物的含水量占组织鲜重的70%~90%。植物含水量与植物种类、生长环境、组织和器官特点等有关。水参与植物体内许多生理生化过程,如有机物质的合成和分解、光合作用和呼吸作用等。水是生理生化反应和物质运输的介质。水能维持植物组织和细胞的紧张度,从而保持植物的固有姿态,有利于植物生长发育的进行。水还可以调节植物体温和环境气候。

植物细胞中的水分通常有两种存在状态,即束缚水和自由水。自由水/束缚水比值可作为代谢活动和抗逆性强弱的重要生理指标。

1.2 植物细胞对水分的吸收

化学势(chemical potential)用来描述体系中各组分发生化学反应的本领及转移的潜在能力。水势(water potential)是指在等温等压下,体系中每偏摩尔体积的水与纯水之间的化学势差,用符号 Ψ_w 表示。

典型细胞的水势组成为: $\Psi_w = \Psi_\pi + \Psi_p + \Psi_m$,式中 Ψ_π 为渗透势, Ψ_p 为压力势, Ψ_m 为衬质势。成熟细胞的水势由液泡水势来代替。由于液泡中衬质势又可忽略不计,即 $\Psi_{w\text{细胞}} = \Psi_{w\text{液泡}} = \Psi_\pi + \Psi_p$ 。

植物细胞的水分运输取决于其间的水势差。植物细胞主要的吸水方式可分为以下三种:渗透吸水、吸胀吸水和代谢吸水。渗透吸水是有液泡细胞的主要吸水方式;干燥的种子、分生细胞的吸水主要是吸胀吸水。目前在许多动、植物及微生物中相继发现类似的专一性运输水的膜蛋白,被统称为水通道蛋白。

1.3 植物根系对水分的吸收

植物可以通过地下部分和地上部分吸水,但主要是通过地下部分的根系吸水。根毛区是根系吸水的主要部位。根系吸水方式包括被动吸水和主动吸水两种。被动吸水是由于地上部的蒸腾作用而引起的根部吸水方式,其驱动力是蒸腾拉力,是根系吸水的主要方式。主动吸水是由于根系本身的生理活动而引起的根系吸水方式,其驱动力是根压。伤流和吐水是证实根压存在的两种生理现象,可作为根系生理活动的指标。影响根系吸水的土壤因子主要包括:土壤水分状况、土壤溶液浓度、土壤温度、土壤通气状况等。

1.4 植物的蒸腾作用

蒸腾作用是指植物体内的水分以气体状态通过植物体表,从体内散发到体外的现象。常用的蒸腾作用的指标包括:蒸腾速率、蒸腾效率和蒸腾系数。植物蒸腾作用的方式包括皮孔蒸腾和叶片蒸腾(气孔蒸腾和角质层蒸腾),其中气孔蒸腾约占总蒸腾量的90%以上。气孔蒸腾对地球上的碳氧平衡、水分平衡和植物的生命活动均起很大作用。气孔蒸腾遵循小孔扩散率,

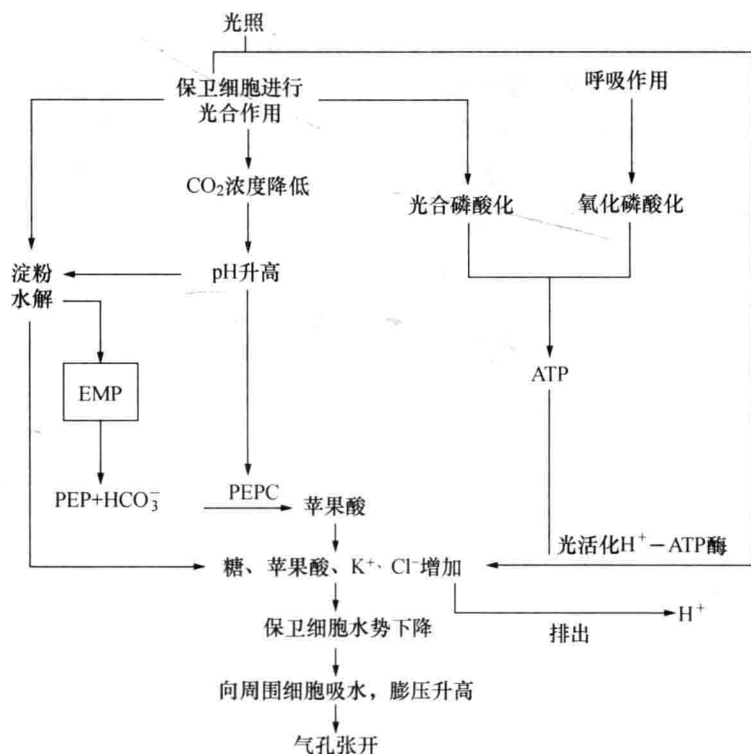


图 1-1 气孔运动机理

(引自蔡永萍,2014)

即通过小孔的扩散速率不与小孔面积成比例,而与其小孔周长成正比。保卫细胞吸水膨胀是引起气孔运动的原因。目前有关气孔运动机理有以下三种学说:淀粉-糖转化学说、苹果酸代谢学说和离子泵学说。气孔运动机理见图 1-1。凡是改变水蒸气扩散力和扩散阻力的因素都可以对蒸腾作用产生影响。影响蒸腾作用的主要环境因素有:光照、大气温度、大气湿度和风速等。

1.5 土壤—植物—大气连续系统

由土壤、植物和大气组成的连续系统,向下包括土壤根系层,向上包括大气圈的对流层。具体运输途径是:土壤水分被根系表皮和根毛吸收—根皮层细胞—中柱薄壁细胞—根导管(管胞)—茎导管(管胞)—叶柄导管(管胞)—叶脉导管(管胞)—叶肉细胞—叶肉细胞间隙—气孔下腔—通过气孔逸出。其中水势是以递减的形式分布的。水分在导管或管胞中的运输是一种集流,其上升的动力是由根压和蒸腾拉力造成的压力梯度。“内聚力学说”认为,水分子的内聚力大于张力,可以保持导管或管胞中水柱的连续性。

1.6 合理灌溉的生理基础

不同作物需水量不同,同一作物在不同生育期需水量也不同。水分临界期通常是指植物在生命周期中对水分缺乏最敏感和最易受害的时期。指导灌溉的指标包括:形态指标和生理指标。其中,生理指标能够灵敏地反映植物体内水分状况。喷灌和滴灌等新型的灌溉方式已经推广使用,大大提高了我国农业的水分利用率。节水农业和旱地农业都称为高水效农业。高水效农业是指同时追求和实现单位耗水的高水分利用效率、高经济效益、高生态及社会效益的一种新型农业体系。

重点和难点

重点

- (1)植物细胞对水分的吸收。
- (2)植物根系对水分的吸收。
- (3)植物的蒸腾作用。
- (4)内聚力学说。

难点

- (1)水势的概念,典型细胞的水势组成。
- (2)气孔运动机理。