

根据国家教育委员会制订的《复习考试大纲》编写

专升本(非师范类)入学考试参考丛书

植物生理学考试 参考书

《植物生理学考试参考书》编写组

中央广播电视大学出版社

根据国家教育委员会制订的《复习考试大纲》编写
专升本(非师范类)入学考试参考丛书

植物生理学考试 参考书

《植物生理学考试参考书》编写组

中央广播电视大学出版社

(京)新登字 163 号

图书在版编目 (CIP) 数据

植物生理学考试参考书 / 《植物生理学考试参考书》编写组
编. — 北京: 中央广播电视大学出版社, 1994. 10

(根据国家教育委员会制订的《复习考试大纲》编写专升本 (非师范类) 入学考试参考丛书)

ISBN 7-304-01127-0

I. 植… I. 植… III. 植物生理学-高等教育-自学参考资料 N. Q945

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (94) 第 13473 号

植物生理学考试

参 考 书

《植物生理学考试参考书》编写组

中央广播电视大学出版社出版

社址: 北京西城区大木仓 39 号北门 邮编: 100032

北京印刷二厂印刷 新华书店北京发行所发行

开本 787×1092 1/16 印张 5.25 千字 129

1994 年 10 月第 1 版 1994 年 10 月第 1 次印刷

印数 1—1500

定价 10.00 元

ISBN 7-304-01127-0/G · 137

前 言

1993 年国家教育委员会制订了《全国各类成人高等学校专科起点本科班招生（非师范类）复习考试大纲（试用本）》。广大考生在使用该大纲进行复习备考时，由于缺少统一的教材而遇到了很大的困难。为了解决这个问题，我们组织了部分编写和审查大纲的教授和专家，遵照大纲的要求编写了这套《专升本（非师范类）入学考试参考丛书》。它的特点是实用性和针对性均较强，可以帮助考生提高他们在入学前的知识和能力水平。

本套丛书共分 26 册，包括政治（公共课）、英语、大学语文、图书馆学概论、档案管理学、文学概论、新闻学概论、政治学概论、行政管理学、高等数学（一）、高等数学（二）、财政金融学、会计学原理、环境保护概论、管理学概论、电子技术基础、电路原理、机械设计基础、结构力学、化工原理、地质学概论、医学基础、植物生理学、中医基础理论、民法、刑法等。

由于编写时间较短，不当之处还望各学科专家及广大读者提出宝贵的修改意见，待有机会再版时进一步完善。

该丛书经国家教育委员会考试中心审定，并作为推荐用书。

编 者

1994. 6. 25

目 录

第一部分 植物的根系营养	(1)
第一章 植物水分生理	(1)
一、水在植物生命活动中的意义	(1)
二、植物细胞对水分的吸收	(2)
三、植物根系对水分的吸收	(4)
四、植物的蒸腾作用	(6)
五、植物体内水分的转移	(9)
六、合理灌溉的生理基础	(9)
第二章 植物的矿质营养	(12)
一、植物生活的必需元素	(12)
二、矿质元素的生理作用	(12)
三、植物细胞对离子的吸收	(15)
四、植物根系对离子的吸收	(17)
五、影响根系吸收矿质元素的土壤条件	(18)
六、植物体内矿质元素的运输	(19)
七、作物合理施肥的生理基础	(20)
第二部分 植物的有机营养	(22)
第三章 植物的光合作用	(22)
一、光合作用的一般概念	(22)
二、进行光合作用的细胞器——叶绿体	(23)
三、光合作用机理	(24)
四、光呼吸及其生理意义	(27)
五、光合作用的指标	(28)
六、影响光合作用的环境因子	(28)
七、植物对光能的利用	(30)
第四章 呼吸作用	(33)
一、呼吸作用的概念	(33)
二、呼吸作用的意义	(34)
三、糖酵解-三羧酸循环	(34)
四、呼吸作用的电子传递及其生理意义	(35)
五、磷酸戊糖途径	(36)
六、呼吸作用的指标	(37)
七、影响呼吸作用的环境因子	(38)
八、呼吸作用与农业生产	(39)
第五章 植物体内主要有机的代谢与运输	(41)

一、植物体内的生物催化剂——酶	(41)
二、植物体内碳水化合物的代谢	(42)
三、植物体内脂肪的代谢	(45)
四、植物体内蛋白质的代谢	(46)
五、核酸代谢	(48)
六、植物体内有机物的运输与分配	(49)
第三部分 植物的生长与发育	(53)
第六章 植物生长物质	(53)
一、植物激素的种类及其生理作用	(53)
二、植物生长调节剂(人工合成激素)	(56)
三、除草剂	(57)
四、植物生长调节剂在农业上的应用	(58)
第七章 植物生长的一般特征	(59)
一、种子萌发	(59)
二、植物的生长规律	(60)
三、植物的成花生理	(62)
第八章 植物的生殖	(66)
一、授粉与受精	(66)
二、种子与果实的形成与成熟	(67)
第九章 休眠、衰老与脱落	(70)
一、休眠	(70)
二、衰老	(71)
三、脱落	(71)
第四部分 植物的逆境生理	(73)
第十章 植物的逆境生理	(73)
一、寒害	(73)
二、旱害	(75)
三、涝害	(76)
四、盐害	(77)
五、环境污染	(78)

第一部分 植物根系营养

植物的根系营养主要讨论植物水分生理和植物矿质营养两方面内容。

第一章 植物水分生理

没有水便没有生命。地球上演变的生命系统都是以水为基础的系统。水是植物生命活动的重要物质基础。水分生理就是研究植物对水分的吸收、水在植物体内的转移和植物体内水分向大气中散失的三个连续的生理过程。

水利是农业的命脉，植物体内水分是个保持动态平衡的整体，经常保持作物体内的水分平衡，是农业获得高产稳产的理论与实践的重要课题。

一、水在植物生命活动中的意义

水是植物生命活动所必需的重要物质，植物代谢活动的强弱取决于植物体内的含水量、植物体内的水分存在状态和水的物理性质。

(一) 植物体内的含水量

植物体各组织都含有水分，但含量并非恒定不变，只有当原生质含有足够的水分，植物才能正常的进行生命活动。

1. 不同植物、不同组织、不同发育年龄含水量不等。
2. 不同生态环境条件下的植物，体内含水量不相同。
3. 凡是年龄幼小，代谢旺盛的组织含水量都高，凡是趋于衰老和进入休眠的组织含水量都较低。

(二) 水在植物体内存在的状态

1. 存在状态

水是个极性分子，它在细胞内以束缚水与自由水两种状态存在。

1) 束缚水：由于水的偶极性质，被生活细胞内胶体颗粒及渗透性物质所牢固吸引而不能移动的水分，称束缚水。

2) 自由水：不被胶体颗粒及渗透性物质所吸引而易于流动的水分，称自由水。

2. 自由水与束缚水的生理意义

1) 自由水可参与代谢活动。因此，其含量的多少可作为代谢强弱的指标。自由水含量比率高代谢则旺盛，自由水含量比率低则代谢水平低。

2) 束缚水不能参加代谢活动，但它可维持微弱的生命活动，以度过不良的外界条件，因此，束缚水含量的高低可作为植物抗逆性强弱的标志。

3) 自由水含量变化较大，束缚水含量比较稳定，原生质是富含水分的，其自由水含量比

率很高，进行生命活动的原生质呈溶胶态，代谢旺盛。自由水含量降低时，胶体则呈凝胶态，代谢微弱，如休眠组织。

(三) 水的生理意义

1. 水是原生质的重要组成成分

凡是有生命活动的蛋白质，外围都有束缚水的存在。去掉束缚水，则蛋白质的正常结构会遭到破坏，原生质随之受损伤，甚至死亡。因此，蛋白质外层的束缚水是原生质的重要组成成分。

2. 水是生命系统唯一的溶剂。

(124) 植物体内的物质均以水溶液的状态存在，水是矿物质和有机物运输的媒介。

3. 水参与生化反应

水是生化反应的介质，也是某些生化反应的原料，只有自由水才能作为生化反应的介质，束缚水不能作生化反应的介质。

4. 水分可保持植物固有的紧张姿态，从而使正常的生理活动得以顺利进行，如根系下扎便于吸水吸肥。

5. 水具有较高的比热与汽化热，有利于调节植物体温的相对稳定。

6. 水在植物生长发育中可促进细胞分裂与扩大，植物缺水则个体矮小。

二、植物细胞对水分的吸收

植物细胞对水分的吸收是整体吸水的基础，植物细胞对水分的吸收有三种形式，即渗透性吸水、吸胀吸水和代谢性吸水。

(一) 渗透性吸水

植物细胞渗透性吸水在细胞吸水的三种形式中占主导地位。渗透性吸水的形成是成熟的细胞视为一个渗透系统发生渗透作用的结果。

渗透作用的定义为：水分子通过半透性膜由势能高的区域向势能低的区域移动的现象。势能的表示方法在物理变化中用自由能的概念，自由能就是在恒温条件下可用于作功的那部分能量；在化学反应中势能用化学势表示，化学势是指每一摩尔任何物质所具有的自由能；在植物水分生理中引用了水势的概念，水势的概念中包含纯水的水势与溶液水势两方面的内容，纯水的水势指的是一克分子体积纯水在一个大气压下，温度为 0°C 时所具有的化学势。一克分子体积纯水在一个大气压下，温度为 0°C 时所具有的化学势恰好等于零，把化学势等于零时的纯水水势也规定等于零。

对于溶液，其体系中不仅有水而且还有溶质，由于溶质的存在会降低物系中水的化学势，所以物系中水的化学势永远低于纯水的化学势，换言之，溶液的水势低于纯水的水势。根据以上分析，溶液的水势是：在相同温度下，一个系统中一摩尔体积水与一摩尔体积纯水之间的化学势差，因此，在植物水分生理中把渗透作用定义为：水分子通过半渗透膜由水势高的区域向水势低的区域转移的现象。

植物细胞渗透性吸水就是水分由水势高的介质向水势较低的液泡转移的渗透现象。

1. 细胞渗透性吸水的含义

把成熟的细胞（具有液泡的细胞）看作是一个渗透系统，液泡中的细胞液是含有可溶性

物质的溶液，具有一定的水势，如果细胞液水势低于细胞外介质的水势，细胞便会发生渗透性吸水。

2. 细胞作为渗透系统的条件

渗透作用的发生必需具备三个同时存在的条件：即半透膜、膜内溶液和膜外溶液，细胞作为渗透系统也必需具备与渗透计相当的三个条件。构成渗透系统的植物细胞，其半透膜指质膜、液泡膜和质膜与液泡膜中间的细胞质三部分；膜外溶液是指胞外介质或相临细胞；膜内溶液指液泡内的泡液，只要胞外介质的水势高于细胞液的水势，细胞就会发生渗透性吸水。

3. 植物细胞水势及其组成

植物细胞的水势没有确定的含义，其值也不等于细胞液的水势，它是用其各组成成分综合作用描述的。即典型的细胞的水势 (Ψ_w) 是由渗透势 (Ψ_s)、衬质势 (Ψ_m) 和压力势 (Ψ_p) 三种势能成分所构成。

渗透势：溶液中由于溶质的存在而引起的水势降低值。它等于细胞液的水势，是细胞渗透性吸水的能量基础。

衬质势：由于细胞中亲水物质的存在或毛管作用对自由水的束缚而引起的水势降低值。没有液泡的细胞，其吸水的动力就是衬质势；已被水分所饱和的成熟细胞，其衬质势很高。衬质势在细胞渗透性吸水中所起作用甚小，往往忽略不计。

压力势：是细胞壁的伸缩性对细胞内容物产生的静水压力。细胞吸水膨胀而对细胞壁产生的压力称**膨压**，细胞壁受膨压作用而产生的反压力就是压力势。压力势是使细胞排水的潜势。

4. 细胞水势各组成间的关系

渗透势和衬质势都是由于溶质或亲水物质的存在而引起的水势降低值。均低于纯水的水势而呈负值，它们是吸水的动力。

水势及其三个组分（渗透势、压力势和衬质势）间的关系，可以公式表示如下：

$$\Psi_w = \Psi_s + \Psi_m + \Psi_p$$

衬质势是细胞内的胶体物质对水分的吸附作用而使水势发生的改变值。未形成液泡的细胞具有一定衬质势，在已形成液泡的细胞内，衬质势甚小，往往可以忽略不计，可将公式简写为：

$$\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p$$

从公式中可以看出，渗透势是细胞渗透性吸水的能量依据，但由于压力势的存在，渗透势在渗透性吸水中不能做充分、完全的表现，所表现出来的部分就是细胞的水势，也可以说，细胞的水势是在压力势存在条件下，渗透势所能表现出来的吸水势能。若压力等于零，则渗透势与水势相等，若压力势与渗透势相等，或者说相抵消，则水势等于零，此时，细胞充分被水饱和，细胞不能吸水。

细胞能否吸水，不仅取决于细胞水势的高低，而且还取决于细胞与其介质或毗连细胞之间的水势差 ($\Delta\Psi_w$)。例如：甲乙两细胞毗连，甲细胞的渗透势为 -12×10^5 帕，压力势为 $+6 \times 10^5$ 帕，乙细胞的渗透势为 -14×10^5 帕，压力势为 $+9 \times 10^5$ 帕，判断水分在甲乙两细胞间的流向。首先根据水势公式分别求出甲乙两细胞各自的水势，甲细胞水势等于 -6×10^5 帕，乙细胞的水势为 -5×10^5 帕，其次比较甲乙两细胞水势的高低，乙细胞水势高于甲细胞水势，所以水分自乙细胞流向甲细胞。

水分流动方向只取决于水势的高低，即水势差，与渗透势和压力势无直接关系。当然，水势的高低不仅决定着水流的方向，而且也影响水分移动的速度。

(二) 吸胀吸水

吸胀吸水实际上就是吸胀作用，吸胀作用是指亲水物质（亲水胶体）吸水膨胀的现象。没有液泡的细胞就是借助吸胀作用而吸水的，吸水的动力是衬质势，此时的细胞水势等于其衬质势。

干燥的种子、休眠芽、果实和种子形成、分生组织等组织和器官的细胞的吸水就是吸胀作用。

造成吸胀吸水的原因是构成细胞壁的物质，如纤维素、半纤维素、果胶及原生质中的蛋白质、贮藏的蛋白质和淀粉等都是亲水物质，这些亲水物质都含有亲水基团，如 $-NH_2$ 、 $-SH$ 、 $-OH$ 、 $-COOH$ ，它们可通过氢键与水结合，使原生质由凝胶态变成溶胶态。

(三) 代谢性吸水

植物细胞利用呼吸作用产生的能量使水分通过质膜进入细胞的过程称为代谢性吸水。代谢性吸水的机理目前尚不清楚，也缺乏直接的证据。当提高介质中氧浓度时可促进细胞吸水，降低介质中氧浓度或用呼吸抑制剂处理，可抑制细胞吸水。这些事实间接地证明了细胞有依赖于代谢性吸水过程的存在。

三、植物根系对水分的吸收

(一) 根系吸水部位

1. 老根木质化与木栓化程度高，不能吸收水分。
2. 根毛区、伸长区和分生区均可吸收水分，但分生区与靠近分生区的部分伸长区，吸水面积有限，又木质部尚未分化，运输不畅，故吸水量较少。
3. 根毛区是根系吸水的主要部位，吸水面积大，输导组织发达，根毛与土壤颗粒紧密接触，根毛细胞吸水速度快，吸水量大。

(二) 根系吸水动力

根系从土壤中吸收水分的动力有二种：一种是根^压，另一种是蒸腾拉力。

根据吸水动力的不同，根系吸水有两种方式，即主动吸水与被动吸水。根压作为吸水动力是主动吸水；蒸腾拉力作为吸水动力是被动吸水。

(三) 根系的主动吸水——根压

1. 主动吸水的含义

- 1) 主动吸水：水分借助根系呼吸作用所释放的能量而被根系吸入体内的过程。
- 2) 根压：借助于根系代谢活动产生的能推动水分吸收和沿导管向上运输的力量。

2. 根压的表现

1) 吐水：正常健壮的植株，通过叶尖或叶缘的水孔排除水滴的现象称为吐水。吐水的生理意义：可以作为根系活动的指标；在土壤温度高、大气湿度大、供水充足、蒸腾不利的条件下，可根据水稻秧苗吐水的情况来判断缓苗的好坏。

2) 伤流：切去地上枝叶，切口处有液体流出的现象称为伤流。根据伤流液的量、内含物的种类及比例可判断根系生理活动的强弱与性质。

(四) 根系的被动吸水——蒸腾拉力

1. 蒸腾拉力的概念

由于叶片的蒸腾作用而产生的吸水并引水向上的水势梯度称为蒸腾拉力。

由于蒸腾作用的进行，叶肉细胞失水使水势下降，促使叶肉细胞从其临近细胞吸水，又使该细胞水势下降，依次类推，形成植物体内自下而上的水势梯度，这个水势梯度就是蒸腾拉力。它是引起根从土壤中吸水并引水向上的动力。

2. 蒸腾拉力在根系吸水与上运中的重要性

蒸腾拉力在根系吸水与水分上运中起主导作用，比根压更为重要，从下列事实可得到证明。

1) 根压只有 2~3 个大气压*，这么大的根压不足以推动水分供应高部位的组织或器官，更高部位的组织与器官的水分供应只能靠蒸腾拉力。

2) 有些裸子植物的根压很低，不易测出，其水分的吸收与向上运输只能靠蒸腾拉力。

3) 切去根或根被麻醉，根压不会形成，但水分仍可被吸收上运。

(五) 影响根系吸水的土壤条件

1. 土壤水分对根系吸水的影响

土壤中的水分以毛管水、束缚水和重力水三种状态存在，可被植物根系吸收的水分只有毛管水，束缚水和自由水不能被根部所吸收。

植物可吸收的水分只能在田间持水量与萎蔫系数之间，并且土壤溶液的水势必需高于根毛细胞的水势，根系吸水才有可能。

若植物蒸腾失水的量大于根部吸水的量，植物细胞会发生水分亏缺，膨压丧失，这种现象称萎蔫。萎蔫可分为暂时萎蔫与永久萎蔫两种，暂时萎蔫是指植物失水大于吸水，造成膨压丧失，若降低蒸腾，使植物失水小于吸水，膨压可以恢复，萎蔫现象可以解除，暂时萎蔫是由大气干旱引起的。永久萎蔫是由于土壤中缺乏有效水，膨压的丧失不能用降低蒸腾的方法来恢复，永久萎蔫是由土壤干旱造成的。

永久萎蔫的发生对农业生产所造成的损失是严重的。植物开始发生永久萎蔫时土壤含水量占土壤干重的百分数称为萎蔫系数。只了解土壤含水量而不了解萎蔫系数是没有生理学意义的。

2. 土壤通气状况对植物根系吸水的影响

土壤通气状况直接影响根系代谢活动，从而影响根系对水分的吸收。

土壤通气状况良好，根系代谢旺盛，有利于根系主动吸水，况且良好的通气会促进根的生长，扩大根系吸水面积，又有利于根系对水分的吸收。

土壤通气状况不良，根系代谢减弱，无氧呼吸加强，主动吸水过程会遭到抑制，长时间的无氧呼吸，根内会有酒精的积累而发生中毒，不仅吸水减少，严重时会使植物死亡。同时，厌氧细菌活动加强，增加了土壤中二氧化碳的浓度，也会抑制根的代谢活动，使主动吸水过程受阻。

3. 土壤温度对根系吸水的影响

在适宜的温度范围内，根系吸水速率随温度的升高而加快，这是总原则。不适宜的低温

* 压力法定计量单位是帕 (Pa) 标准大气压 $1\text{atm}=101325\text{Pa}$ 。

或高温均会对根系吸水造成不良影响。

不适宜的低温使根系吸水速率下降的原因是：低温会使植物根系代谢活动减弱，不利于主动吸水；低温可使根系生长缓慢，限制了根系吸水面积的扩大；低温会使根细胞透水性降低；低温可使水的粘度增加，扩散速度缓慢，使根系吸水不畅。

不适宜的高温同样会使根系吸水速率下降，其原因是：高温加速了根的老化，甚至木质化延伸到根尖，吸水面积缩小；胞内酶类会因高温而钝化，代谢水平下降；温度高使氧在水中的溶解度降低，根系供氧不足，影响吸水的效率。

土壤温度对根系吸水的影响也因物种的不同而有差异；原产于低纬度的植物受低温的影响严重，原产于高纬度的植物受低温影响较轻。

4. 土壤溶液的水势对根系吸水的影响

植物根系能否从土壤中吸收水分，主要取决于土壤溶液与根毛细胞之间的水势差，土壤溶液水势高于根毛细胞水势，根系便可正常吸水，通常状况总是如此。土壤溶液水势低于根毛细胞水势，根部吸水困难，发生生理干旱，盐分较高的盐碱土或一次性施肥过量，都会使土壤溶液水势下降而发生这种现象。

四、植物的蒸腾作用

(一) 蒸腾作用的含义与生理意义

1. 蒸腾作用的含义：植物体通过地上部分、尤其是叶片，以水蒸气的形式向大气中散失水分的过程。

2. 蒸腾作用的意义

- 1) 蒸腾作用产生的蒸腾拉力是植物吸水 and 水分向上运输的主要动力。
- 2) 蒸腾作用有助于植物对矿质元素的吸收与运输，也有助于同化物的运输与分配。
- 3) 蒸腾作用有稳定植物体温的作用，通过蒸腾作用散失的能量是叶子吸收总光能的 $1/3 \sim 1/2$ 。所以，通常叶温总是低于周围的气温。

(二) 蒸腾作用的部位与蒸腾指标

1. 蒸腾作用的部位

- 1) 幼嫩的植株，其地上的任何部位均可进行蒸腾作用。
- 2) 成熟的植株有皮孔、角质层和气孔三个部位，因其进行蒸腾部位不同，蒸腾方式也相应有三种，即皮孔蒸腾、角质层蒸腾和气孔蒸腾，其中以气孔蒸腾为主要的蒸腾方式。

2. 蒸腾作用的指标

1) 蒸腾速率：植物在单位时间内，单位叶面积通过蒸腾作用而散失的水的重量。表示方法为： $\text{克/平方米} \cdot \text{小时}^{-1}$ 或 $\text{毫克/平方分米} \cdot \text{小时}^{-1}$ 。

2) 蒸腾效率：植物在一定生育期内所积累干物量与蒸腾失水量的比值。表示方法为：干物质克数/蒸腾失水千克数 (g/kg)

3) 蒸腾系数：植物在一定生育期内蒸腾失水量与干物质积累量的比值。表示方法为：千克/克 (kg/g)。蒸腾系数又称需水量。

蒸腾效率与蒸腾系数互为倒数，可以相互换算。

(三) 气孔蒸腾

蒸腾速率的高低取决于气孔的形态、分布、结构和状态。

1. 气孔的分布

气孔数目很多，但气孔在叶面上所占的面积仅为叶面积的 0.5~1%，分布差异很大，禾本科植物叶片上下表皮分布数目相差无几，木本植物叶片上的气孔多分布在下表皮，水生植物叶片上的气孔多分布在上表皮。

同一株植物高位叶片气孔分布数量多于低位叶片，叶片尖端分布的数量多于基部，这是植物长期适应的结果。

2. 气孔蒸腾的过程

气孔蒸腾过程分两步进行，第一步是气孔下腔周围的叶肉细胞表面及细胞间隙的水分由液态转变为汽态，使气孔下腔被水蒸汽所饱和，这是个物理蒸发过程；第二步是水蒸汽由气孔下腔通过气孔扩散到大气中，这是一个通过小孔扩散的过程。气孔可以进行开闭运动，通过气孔的运动可以调节扩散过程，因此，水蒸气通过开闭运动的气孔扩散就有别于一般的蒸发过程。因此称蒸腾作用。

3. 气孔蒸腾的效率

叶面上气孔总面积占叶面积的 0.5~1%。但其蒸腾量是与叶面积相当的自由水面蒸发量的 50%，因此，通过气孔的蒸腾速率是相同面积自由水面蒸发效率的 50 倍。

气孔蒸腾的高效性是因为这种扩散遵守小孔扩散原理——小孔律。小孔律的含义是：在一定时间内，水蒸汽通过小孔的扩散速率与小孔的周长成正比。因为水分子通过小孔边缘向外扩散的气体分子相互干扰少，阻力小，这种现象称为边缘效应，所以通过小孔扩散速率高于相同面积自由水面扩散速率。

小孔律解释的是气体通过小孔扩散速率与小孔周长成正比的事实，边缘效应是说明通过气孔扩散快的原因。

4. 气孔的运动

气孔对水分的蒸腾与气体交换的速率是通过开闭运动进行调节的。

1) 气孔的结构特征与气孔的运动：气孔由两个保卫细胞组成，保卫细胞在发育过程中由于细胞壁加厚不均匀，造成外侧壁薄，内侧壁厚，保卫细胞的压力势若发生变化，就会引起保卫细胞不均衡运动。保卫细胞的体积较小，胞内溶液浓度即使发生较小的变化，也会引起压力势较大的变化，导致气孔的运动。保卫细胞中有叶绿体，可进行光化学反应，这是造成保卫细胞内溶液浓度发生变化的能量依据。保卫细胞与薄壁细胞之间没有胞间连丝，保证了保卫细胞的运动不受薄壁细胞的干扰，但两个保卫细胞之间有胞间连丝，保证了两个保卫细胞在气孔运动中的协调，周围薄壁细胞的体积较大且富有弹性，对保卫细胞的运动阻力小，提高了保卫细胞在气孔运动中的敏感性。

2) 气孔运动的影响条件：凡是影响光合作用与叶片含水量的因素都影响气孔的运动。

光可以促进气孔的开放，除景天酸代谢植物的气孔白天关闭夜间开放外，绝大多数植物的气孔是夜间关闭白天开放。光线强度增加，可加大气孔的开度，光强达到光饱和点时，气孔开度最大，光强在补偿点以下，气孔关闭。

温度在 0~30℃ 时，气孔开度随温度的升高而加大。30℃ 条件下开度最大，超过 35℃ 开度缩小。

水分在蒸腾过多的条件下，即使是在白天，增加光强，气孔也会关闭。如果叶片被水充分饱和，叶表皮细胞体积膨大，挤压保卫细胞，迫使气孔关闭，即所谓的被动效应。有时叶片严重失水时气孔也会张开，吸收二氧化碳，形成同化物，从而降低了保卫细胞的水势，促使叶肉细胞的保水能力加强，减少蒸腾失水，这种调节水分丢失与二氧化碳吸收的现象称为初干调节。

二氧化碳浓度低时可促进开放，当空气中没有二氧化碳时开度最大，高浓度二氧化碳可促进气孔关闭。这是植物经长期演变而形成的解决蒸腾失水与二氧化碳吸收之间矛盾的适应性。

△

5. 气孔运动的机理

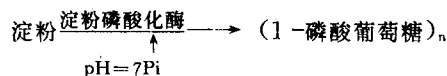
气孔运动是一个由保卫细胞而引起的膨压运动，即靠保卫细胞进行调节，关于调节气孔运动的机理主要有淀粉-糖转化与 K^+ -积累两个假说。

△ 1) 淀粉-糖转化假说

内容如下：

气孔由关闭→张开

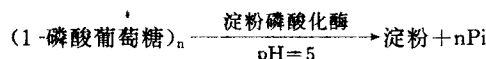
植物在黑暗中气孔处于关闭状态，将其移到光照下，保卫细胞在光照下吸收光能进行光合作用，由于光合作用的进行，使二氧化碳消耗殆尽，保卫细胞的 pH 值由 5 升至 7，pH=7 时，淀粉磷酸化酶催化淀粉分解生成 1-磷酸葡萄糖，反应式为



1-磷酸葡萄糖的形成使保卫细胞水势下降，副卫细胞与薄壁细胞的水分进入保卫细胞，使保卫细胞吸水，体积膨胀，压力势增加，气孔开放。

气孔由张开→关闭

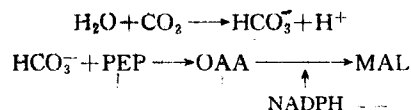
植物由光照下转入黑暗中，光合作用停止，二氧化碳在胞内与胞间均有积累，使保卫细胞的细胞液的 pH 值由 7 恢复到 5 的水平，在 pH=5 时淀粉磷酸化酶催化淀粉的合成，反应式为：



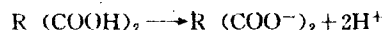
淀粉是不可溶性物质，淀粉的形成使保卫细胞水势增加，保卫细胞向副卫细胞及薄壁细胞排除水分，自身体积缩小，压力势下降，气孔关闭。

2) K^+ -积累假说

植物由黑暗中转移至光照下，气孔尚处于关闭状态，但光反应已经启动并运转，质体醌将 H^+ 由间质转移至类囊体，使间质的 pH 值升至 8.5，在 pH=8.5 条件下，有利于下列两个反应的进行：



形成的 MAL（苹果酸）由间质转移至细胞质并解离，



光合作用形成的 ATP，启动保卫细胞质膜上的 H^+-K^+ 离子泵，将 H^+ 排除保卫细胞，同

时将薄壁细胞和副卫细胞中的 K^+ 泵入保卫细胞, 保卫细胞中 K^+ 浓度的增加, 导致水势下降, 随之而吸收水分, 体积膨大, 压力势下降, 气孔张开。

保卫细胞中 K^+ 浓度的增加, 调节保卫细胞的渗透作用。

五、植物体内水分的转移

土壤中的水分经根毛和表皮细胞进入根部, 经过皮层、内皮层, 一直达到木质部。经木质部进入叶柄木质部再进入叶脉, 最后进入绿色组织细胞, 并通过蒸腾进入大气。这样, 土壤、植物和大气三者构成了水分流动的连续系统。

木质部的导管是水分作长距离纵向运输的主渠道, 而水分作短距离横向转移时, 则是通过胞间连丝在胞间转移, 也可在质膜以外的胞间隙进行, 因此, 提出了质外体与共质体的概念。

(一) 共质体与质外体

1. 共质体

细胞与细胞之间, 借助于胞间连丝而构成的水分与物质转移体系, 主要指生活原生质体。

2. 质外体

细胞质膜以外及非生命部分所构成的水分与物质转移体系, 主要指胞壁、胞间隙和导管。

水分在植物体内的转移就是通过共质体与质外体两个体系进行的。在根部质外体运输更为明显, 质外体运输阻力小, 速度快。水在导管中的转移属于质外体转移, 因成熟的导管中的原生质被酶溶了, 已成为无生命的死细胞。

根部与叶片都存在共质体转移, 这种转移阻力大, 速度慢。

(二) 水在植物体内的转移速度

水在植物体内转移速度因物种不同而有差异, 裸子植物慢于被子植物; 转移速度也因途径不同差异很大, 在共质体中转移慢于质外体。土壤供水充足, 植株木质部含水量降低, 水在木质部中的转移速度也会加快; 白天水分转移速度快于夜间。

通常讲的水在植物体内的转移速度是指被子植物在白天木质部中的转移速度, 约为 $3 \sim 45 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

(三) 水在植物体内转移动力

植物体内水分转移的动力有二: 即根压和蒸腾拉力。

根压在矮杆植物和初春叶片尚未展开的植物中可做为水分转移的有效动力, 但根压不能做为高大乔木高位组织所需水分向上转移的动力。

蒸腾拉力是植物体内水分上运的主要动力。蒸腾拉力引水沿导管上升, 与此同时, 由于水的重力、水与导管的附着力和摩擦力拖水下拽, 在水柱中产生了张力, 又由于水分子之间有内聚力, 且内聚力远远大于张力, 使导管中有一个连续不断向上移动的水柱, 这就是解释水分沿导管上运机理的蒸腾流-内聚力-张力学说。

蒸腾拉力在质外体靠水分子内聚力进行传导, 在共质体借水势梯度维持。

六、合理灌溉的生理基础

合理灌溉主要是根据科学研究和实践经验, 通过灌溉, 调节植物体内的水分状况, 保持

植物体内水分的动态平衡，植物体内水分的动态平衡是植物正常生长发育的基础，这是达到最大增产目的的灌溉的理论依据。

（一）作物需水规律

1. 作物的需水量

作物需水量也就是蒸腾系数。需水量由水分消耗与干物质积累两个因素构成。

不同植物的需水量不同。同一作物的不同生育期需水量的差异也很大。这种差异不仅与植物日益长大和光合面积的不断增长有关，而且也与各生育期生理特性和气象因素有关。

植物需水最受环境因素制约。光强增加，光合速率增加，需水量降低；气温提高，空气相对湿度降低，促进蒸腾失水，提高了植物需水量。

植物需水量不等于灌水量，灌水量除满足植物需水量外，还要考虑到土壤蒸发、土壤渗漏，水分流失等因素，因此灌水量大于植物的需水量。

了解植物需水量，减少灌溉水的无效消耗，是合理灌溉的重要因素。

2. 植物的水分临界期

植物对缺水特别敏感的时期称为植物的水分临界期。所谓最敏感时期指的是在该时期供水不足对植物产量形成的危害最为严重。一般说来，植物水分临界期是花粉母细胞四分体形成期。这一时期植物体内各种代谢活动旺盛，性器官细胞的细胞质弹性下降，粘度下降，细胞液浓度下降，吸水力很小。抗旱能力最弱，因此，这个时期缺水，导致性器官发育不良，造成严重减产。

（二）合理灌溉的时期与指标

1. 合理灌溉的时期

确定作物的灌溉时期，主要有两个依据：“一是作物生长状况；二是土壤水分状况。即根据作物的生长特性与土壤水分状况确定灌溉时间与灌水量，在大多数情况下都是在水分临界期进行灌溉。苗期与成熟期不宜灌溉，前者需水不多，后者正是脱水期，灌水反而不利。

另外，灌溉时期的确定是以获得最高的经济效益为出发点，对获得子实与果实的植物，应考虑对子实与果实的影响。对获得营养器官的植物，应考虑灌水期对营养生长的影响。应该保证在营养生长最快的时期灌水。

2. 灌溉指标

进行合理灌溉只了解灌溉时期是不够的，还应该掌握灌溉指标。因为在应该灌水的时期如果土壤水分供应情况良好，不一定非灌水不可，如果在非灌水期缺水（遇到干旱）也需灌溉，因此，最好采用合理灌溉的生理指标作合理灌溉的依据。

不同植物需水指标不同，很难规定一个统一的指标，目前采用的指标有形态指标和生理指标两类。

1) 形态指标：根据作物在干旱条件下，外部形态的变化来确定是否需要灌溉，作物种类不同，其形态变化差异很大，通常采用下列三种形态变化作为灌溉指标。

萎蔫：植物处于干旱缺水条件下，细胞压力势下降，幼嫩的茎叶发生萎蔫。

叶色变化：干旱条件下，叶色变化有两种情况，一种情况是在干旱条件下，叶片呈暗绿色，这是因为细胞生长缓慢，叶绿素在细胞内过多积累的结果。另一种情况是叶色变红，这是因为在叶肉细胞内，碳水化合物降解过程大于合成过程，细胞中积累了较多的可溶性糖，这些糖可转变成花青素，花青素在酸性条件下，呈红色。

生长缓慢。

✓ 2) 生理指标：不同地区的不同作物、作物的不同品种、不同生育期以及不同组织生理状态不同，因此灌溉的生理指标也不尽相同。目前采用的生理指标有下列几种：叶片水势、气孔开度、组织含水量和细胞液浓度等。

(三) 灌溉应注意的问题

根系吸水不仅取决于土壤含水量，而且还取决于土壤通气状况、土壤温度、土壤含盐量等因素，因此，为根系创造最佳的吸水条件，灌溉需注意下列问题。

1. 土壤通气状况

土壤板结时土壤中的二氧化碳无法排入大气，空气中的氧也难以进入土壤，导致根主动吸水能力下降和阻碍了生长空间的放大，此时应及时中耕。

2. 土壤温度

灌溉会降低土壤温度，使根系代谢活动和主动吸水受到抑制。

3. 土壤含盐量

降低灌溉用水中的含盐量，可降低盐碱地含盐量，也可防止土壤盐渍化。含盐量高的盐碱地应多施有机肥或采用洗盐的办法降低土壤含盐量。

(四) 合理灌溉的增产原因

1. 生理效应

合理灌溉可改善植物一系列生理状况。

- 1) 植株生长加强，叶片增大，光合面积增加。
- 2) 叶片寿命延长，光合速率增加。
- 3) 根系活力加强。
- 4) 输导组织发达，有利于同化物的运输与分配。

2. 生态效应

合理灌溉可明显改善小气候。

- 1) 气温降低，湿度增加，可降低蒸腾失水。
- 2) 盐碱地灌溉可达到冲洗过量的盐碱并防止盐害的作用。
- 3) 灌溉有使旱地尽快发挥肥效的作用，水田灌溉有保温防寒的作用。