

## 第一章 植物细胞的结构与功能复习思考题与答案

### （一）解释名词

**原核细胞(prokaryotic cell)** 无典型细胞核的细胞，其核质外面无核膜，细胞质中缺少复杂的内膜系统和细胞器。由原核细胞构成的生物称原核生物（prokaryote）。细菌、蓝藻等低等生物属原核生物。

**真核细胞(eukaryotic cell)** 具有真正细胞核的细胞，其核质被两层核膜包裹，细胞内有结构与功能不同的细胞器，多种细胞器之间有内膜系统联络。由真核细胞构成的生物称为真核生物（eukaryote）。高等动物与植物属真核生物。

**原生质体(protoplast)** 除细胞壁以外的细胞部分。包括细胞核、细胞器、细胞质基质以及其外围的细胞质膜。原生质体失去了细胞的固有形态，通常呈球状。

**细胞壁(cell wall)** 细胞外围的一层壁，是植物细胞所特有的，具有一定弹性和硬度，界定细胞的形状和大小。典型的细胞壁由胞间层、初生壁以及次生壁组成。

**生物膜(biomembrane)** 构成细胞的所有膜的总称。它由脂类和蛋白质等组成，具有特定的结构和生理功能。按其所处的位置可分为质膜和内膜。

**共质体(symplast)** 由胞间连丝把原生质（包含质膜，不含液泡）连成一体 的体系。

**质外体(apoplast)** 由细胞壁及细胞间隙等空间（包含导管与管胞）组成的体系。

**内膜系统(endomembrane system)** 是那些处在细胞质中，在结构上连续、功能上相关，由膜组成的细胞器的总称。主要指核膜、内质网、高尔基体以及高尔基体小泡和液泡等。

**细胞骨架(cytoskeleton)** 指真核细胞中的蛋白质纤维网架体系，包括微管、微丝和中间纤维等，它们都由蛋白质组成，没有膜的结构，互相联结成立体的网络，也称为细胞内的微梁系统(microtrabecular system)。

**细胞器(cell organelle)** 细胞质中具有一定形态结构和特定生理功能的细微结构。依被膜的多少可把细胞器分为：①双层膜细胞器，如细胞核、线粒体、质体等；②单层膜细胞器，如内质网、液泡、高尔基体、蛋白体等；③无膜细胞器，如核糖体、微管、微丝等。

**质体(plastid)** 植物细胞所特有的细胞器，具有双层被膜，由前质体分化发育而成，包括淀粉体、叶绿体和杂色体等。

**线粒体(mitochondria)** 真核细胞质内进行三羧酸循环和氧化磷酸化作用的细胞器。呈球状、棒状或细丝状等，具有双层膜。线粒体能自行分裂，并含有 DNA、RNA 和核糖体，能进行遗传信息的复制、转录与翻译，但由于遗传信息量不足，大部分蛋白质仍需由细胞核遗传系统提供，故其只具有遗传的半自主性。

**微管(microtubule)** 存在于动植物细胞质内的由微管蛋白组成的中空 的管状结构。其主要功能除起细胞的支架作用和参与细胞器与细胞运动外，还与细胞壁、纺锤丝、中心粒的形成有关。

**微丝(microfilament)** 由丝状收缩蛋白所组成的纤维状结构，类似于肌肉中的肌动蛋白，可以聚集成束状，参与胞质运动、物质运输，并与细胞感应有关。

**高尔基体(Golgi body)** 由若干个由膜包围的扁平盘状的液囊垛叠而成的细胞器。它能向细胞质中分泌囊泡（高尔基体小泡），与物质集运和分泌、细胞壁形成、大分子装配等有关。

**核小体(nucleosome)** 构成染色质的基本单位。每个核小体包括 200bp 的 DNA 片断和 8 个组蛋白分子。

**液泡(vacuole)** 植物细胞特有的，由单层膜包裹的囊泡。它起源于内质网或高尔基体小泡。在分生组织细胞中液泡较小且分散，而在成熟植物细胞中小液泡被融合成大液泡。在转运物质、调节细胞水势、吸收与积累物质方面有重要作用。

**溶酶体(lysosome)** 是由单层膜包围，内含多种酸性水解酶类的囊泡状细胞器，具有消化生

物大分子，溶解细胞器等作用。若溶酶体破裂，酸性水解酶进入细胞质，会引起细胞的自溶。  
**核糖体(ribosome)** 细胞内参与合成蛋白质的颗粒状结构，亦称核糖核蛋白体。无膜包裹，大致由等量的 RNA和蛋白质组成，大多分布于胞基质中，呈游离状态或附于粗糙型内质网上，少数存在于叶绿体、线粒体及细胞核中。核糖体是蛋白质合成的场所，游离于胞基质的核糖体往往成串排列在 mRNA上，组成多聚核糖体(polysome)，这样一条 mRNA链上的信息可以同时用来合成多条同样的多肽链。

**胞间连丝(plasmodesma)** 穿越细胞壁，连接相邻细胞原生质（体）的管状通道。它可由质膜或内质网膜或连丝微管所构成。

**流动镶嵌模型(fluid mosaic model)** 由辛格尔(S.L.singer) 和尼柯尔森(G.L.Nicolson) 在1972年提出的解释生物膜结构的模型，认为液态的脂质双分子层中镶嵌着可移动的蛋白质，使膜具有不对称性和流动性。

**细胞全能性(totipotency)** 每一个细胞中都包含着产生一个完整机体的全套基因，在适宜条件下能形成一个新的个体。细胞的全能性是组织培养的理论基础。

**细胞周期(cell cycle)** 从一次细胞分裂结束形成子细胞到下一次分裂结束形成新的子细胞所经历的时期。可以分为 G1期、S 期、G2期、M期四个时期。

**周期时间(time of cycle)** 完成一个细胞周期所需的时间。

（二）写出下列符号的中文名称，并简述其主要功能或作用

**ER 内质网(endoplasmic reticulum)**，交织分布于细胞质中的膜层系统，内与细胞核外被膜相连，外与质膜相连，并通过胞间连丝与邻近细胞的内质网相连。内质网是蛋白质、脂类、糖类等物质合成的场所，参与细胞器和细胞间物质和信息的传递。

**RER粗糙型内质网(rough endoplasmic reticulum)**，富含核糖体的内质网，参与蛋白质的合成。

**RNA核糖核酸(ribose nucleic acid)**，即含核糖的核酸。它由多个核苷酸通过磷酸二酯键连接而成，大部分存在于细胞质中，少量存在于细胞核中。细胞内的核糖核酸因其功能和性质的不同分为三种：①转移核糖核酸(tRNA)，分子量较小，在蛋白质生物合成过程中，起着携带和转移活化氨基酸的作用；②信使核糖核酸(mRNA)以 DNA为模板转录的一种单链核糖核酸分子，是合成蛋白质的模板；③核糖体核糖核酸(rRNA)，分子量较大，同蛋白质一起构成核糖体，核糖体是蛋白质合成的场所。

**mtDNA线粒体 DNA(mitochondrial DNA)**，线粒体内遗传信息的载体。

**cpDNA叶绿体 DNA(chloroplast DNA)**，叶绿体内遗传信息的载体。

**TAG甘油三酯(triacylglycerols)**，圆球体中主要含有的一种脂类。

**HRGP富含羟脯氨酸的糖蛋白(hydroxyproline glycoprotein)**，细胞壁结构成分，在细胞防御和抗病性中起作用。

**PCD细胞程序化死亡(programmed cell death)**，受细胞自身基因调控的衰老死亡过程。它有利于生物自身的发育，或有利于抵抗不良环境。

**G1期 第1间隙期(gap1)**，又称 DNA合成前期(pre-synthetic phase)，从有丝分裂完成到 DNA复制之前的时期，进行 RNA与蛋白质的合成，为 DNA复制作准备。

**S期 DNA复制期(synthetic phase)**，主要进行 DNA及有关组蛋白的合成。

**G2期 第2间隙期(gap2)**，又称 DNA合成后期(post-synthetic phase)，指 DNA复制完到有丝分裂开始的一段间隙，主要进行染色体的精确复制，为有丝分裂作准备。

**M期 有丝分裂期(mitosis)**，按前期(prophase)、中期(metaphase)、后期(anaphase)和末期(telophase)的次序进行细胞分裂。

（三）问答题

1. 为什么说真核细胞比原核细胞进化？

答：原核细胞没有明显的由核膜包裹的细胞核，只有由若干条线型 DNA 构成的拟核体，细胞体积一般很小，质膜与细胞质的分化简单，除核糖体外，没有其它亚细胞结构，主要以无丝分裂方式繁殖。而真核细胞有明显的由两层核膜包裹的细胞核，细胞体积较大，细胞质高度分化形成了各种大小不一和功能各异的细胞器，各种细胞器之间通过膜的联络形成了一个复杂的内膜系统，细胞分裂以有丝分裂为主。由于真核细胞出现复杂的内膜系统和高度分化的细胞器，使细胞结构区域化，代谢效率提高，遗传物质稳定，使它能组成高等的真核生物体。

2. 典型的植物细胞与动物细胞的在结构上的差异是什么？这些差异对植物生理活动有什么影响？

答：典型的植物细胞中存在大液泡、质体和细胞壁，这是与动物细胞在结构上的最主要差异。植物特有的细胞结构对植物的生理活动以及适应外界环境具有重要的作用。例如大液泡的存在使植物细胞与外界环境构成一个渗透系统，调节细胞的吸水机能，维持细胞的坚挺，此外液泡也是吸收和积累各种物质的场所。质体中的叶绿体使植物能进行光合作用；而淀粉体能合成并贮藏淀粉。细胞壁不仅使植物细胞维持了固有的形态，而且在物质运输、信息传递、抗逆防病等方面都起着重要作用。

3. 原生质的胶体状态与其生理代谢有什么联系？

答：原生质胶体有溶胶与凝胶两种状态，当原生质处于溶胶状态时，粘性较小，细胞代谢活跃，分裂与生长旺盛，但抗逆性较弱。当原生质呈凝胶状态时，细胞生理活性降低，但对低温、干旱等不良环境的抵抗能力提高，有利于植物度过逆境。当植物进入休眠时，原生质胶体从溶胶状态转变为凝胶状态。

4. 高等植物细胞有哪些主要细胞器？这些细胞器的结构特点与生理功能有何联系？

答：高等植物细胞内含有叶绿体、线粒体、微管、微丝、内质网、高尔基体和液泡等细胞器。这些细胞器在结构与功能上有密切的联系。

(1) 叶绿体 具有双层被膜，其中内膜为选择透性膜，这对控制光合作用的底物与产物输出叶绿体以及维持光合作用的环境起重要作用。类囊体是由封闭的扁平小泡组成，膜上含有叶绿体色素和光合电子传递体，这与其具有的光能吸收、电子传递与光合磷酸化等功能相适应。而 CO<sub>2</sub> 同化的全部酶类存在于叶绿体间质，从而使间质成为 CO<sub>2</sub> 固定与同化物生成的场所。由于叶绿体具有上述特性，使它能成为植物进行光合作用的细胞器。

(2) 线粒体 是进行呼吸作用的细胞器，也含有双层膜，外膜蛋白质含量低，透性较大，内膜蛋白质含量高，且含有电子传递体和 ATP 酶复合体，保证了在其上能进行电子传递和氧化磷酸化。

(3) 微管 是由微管蛋白组装成的中空管状结构，在细胞中能聚集与分散，组成早前期带、纺锤体等多种结构，因而它能在保持细胞形状、细胞内的物质运输、细胞分裂和细胞壁的合成中起重要作用。

(4) 微丝 主要由两种球形收缩蛋白聚合成的细丝彼此缠绕而成，呈丝状，由于收缩蛋白可利用 ATP 所提供的能量推动原生质运动，因而微丝在胞质运动、胞内物质运输等方面能起重要作用。

(5) 内质网 大部分呈膜片状，由两层平行排列的单位膜组成。内质网相互联通成网状结构，穿插于整个细胞质中，既提供了细胞空间的支持骨架，又起到了细胞内的分室作用；粗糙内质网上有核糖体，它是合成蛋白质(酶)合成的场所，光滑内质网是合成脂类和糖类的场所；另外内质网能分泌囊泡，是细胞内的物质的运输系统，也是细胞间物质与信息的传递系统。

(6) 高尔基体 它由膜包围的液囊垛叠而成，并能分泌囊泡。它主要是对由内质网运来的蛋白质和多糖进行加工、浓缩、储存和集运，通过分泌泡和质膜或其它细胞器膜融合的方式，把参与加工或合成的物质的集运到壁和其它细胞器中，因而它能参与蛋白体、溶酶体和液泡等细胞器的形成。

(7)液泡 由多种囊泡融合而成，小液泡随着细胞的生长，常融合成一个中央大液泡。液泡内含有糖、酸等溶质，具有渗透势，在细胞中构成一个渗透系统，这对调节水分平衡、维持细胞的膨压具有重要作用。另外液泡膜上有 ATP酶、离子通道和多种载体，使它能选择性地吸收和积累多种物质。

5. 生物膜在结构上的特点与其功能有什么联系？

答：生物膜主要由蛋白质和脂类组成，膜中脂类大多为极性分子，其疏水尾部向内，亲水头部向外，组成双脂层，蛋白质镶嵌在膜中或分布在膜的表面。膜不仅把细胞与外界隔开，而且把细胞内的空间区域化，从而使细胞的代谢活动有条不紊地按室分工。膜上的蛋白质有的是酶，有的是载体或通道，还有的是能感应刺激的受体，因而生物膜具有进行代谢反应、控制物质进出以及传导信息等功能。膜中蛋白质和脂类的比值因膜的种类不同而有差异，一般来说，功能多而复杂的生物膜，其蛋白质的种类多，蛋白质与脂类的比值大，反之，功能简单的膜，其所含蛋白质的种类与数量就少。如线粒体内膜以及类囊体膜的功能复杂，要进行电子传递和磷酸化作用，因而其蛋白质种类和数量较多，而且其中许多蛋白质与其它物质组成了超分子复合体。

关于膜的结构有流动镶嵌、板块镶嵌等模型。

(1)流动镶嵌模型的要点：①不对称性，即脂类和蛋白质在膜中的分布不对称；②流动性，即组成膜的脂类双分子层或蛋白质都是可以流动或运动的。膜不对称性和流动性保证了生物膜能经受一定程度的形变而不致破裂，这也可使膜中各种成分按需要重新组合，使之合理分布，有利于表现膜的多种功能。更重要的是它允许膜互相融合而不失去对通透性的控制，确保膜分子在细胞分裂、膜动运输、原生质体融合等生命活动中起重要的作用。

(2)板块镶嵌模型的要点：①整个生物膜是由不同组织结构、不同大小、不同性质、不同流动性的可移动的膜块所组成；②不同流动性的区域可同时存在，各膜块能随生理状态和环境条件的改变而改变。板块镶嵌模型有利于说明膜功能的多样性及调节机制的复杂性。

6. 细胞内部的区域化对其生命活动有何重要意义？

答：细胞内的区域化是指由生物膜把细胞内的空间分隔，形成各种细胞器，这样不仅使各区域内具有的 pH值、电位、离子强度、酶系和反应物不同，而且能使细胞的代谢活动按室进行，各自执行不同的功能。同时由于内膜系统的存在又将多种细胞器联系起来，使得各细胞器之间能协调地进行物质、能量交换与信息传递，有序地进行各种生命活动。

7. 你怎样看待细胞质基质与其功能的关系？

答：细胞质基质也称为细胞浆，是富含蛋白质(酶)、具有一定粘度、能流动的、半透明的胶状物质。它是细胞重要的组分，具有以下功能：

(1)代谢场所 很多代谢反应如糖酵解、磷酸戊糖途径、脂肪酸合成、蔗糖的合成等都在细胞质基质中进行，而且这些反应所需的底物与能量都由基质提供。

(2)维持细胞器的结构与功能 细胞质基质不仅为细胞器的实体完整性提供所需要的离子环境，供给细胞器行使功能所必需的底物与能量，而且流动的细胞基质十分有利于各细胞器与基质间进行物质与能量的交换。

8. 从细胞壁中的蛋白质和酶的发现，谈谈对细胞壁功能的认识。

答：长期以来细胞壁被认为是界定原生质体的僵死的木头盒子，只起被动的防御作用。但随着研究的深入，大量蛋白质尤其是几十种酶蛋白在细胞壁中被发现，人们改变了传统观念，认识到细胞壁是植物进行生命活动不可缺少的部分。它至少具有以下生理功能：

(1)维持细胞形状，控制细胞生长 细胞壁增加了细胞的机械强度，这不仅有保护原生质体的作用，而且维持了器官与植株的固有形态。

(2)运输物质与传递信息 细胞壁涉及了物质运输，参与植物水势调节，另外细胞壁也是化学信号（激素等）、物理信号（电波、压力等）传递的介质与通路。

- (3) 代谢功能 细胞壁中的酶类广泛参与细胞壁高分子的合成、转移与水解等生化反应。
- (4) 防御与抗性 细胞壁中的寡糖素能诱导植物抗毒素的形成；壁中的伸展蛋白除了作为结构成分外，还有防御和抗病抗逆的功能。

9. 植物细胞的胞间连丝有哪些功能？

答：植物细胞胞间连丝的主要生理功能有两方面：

(1) 进行物质交换 相邻细胞的原生质可通过胞间连丝进行交换，使可溶性物质（如电解质和小分子有机物）、生物大分子物质（如蛋白质、核酸、蛋白核酸复合物）甚至细胞核发生胞间运输。

(2) 进行信号传递 物理信号（电、压力等）和化学信号（植物激素、生长调节剂等）都可通过胞间连丝进行共质体传递。

10. 细胞周期的各期有何特点？

答：细胞周期可分 G<sub>1</sub>期、S 期、G<sub>2</sub>期和 M期四个时期，各期特点如下：

(1)G<sub>1</sub> 期 是从有丝分裂完成到 DNA复制之前的时期，主要进行 mRNA、tRNA、rRNA和蛋白质的合成，为 DNA复制作准备。

(2)S 期 是 DNA复制时期，主要进行 DNA及有关组蛋白的合成。此期中 DNA的含量增加一倍。

(3)G<sub>2</sub> 期 为 DNA复制完毕到有丝分裂开始的一段间隙，主要进行染色体的精确复制，为有丝分裂作准备。

(4)M 期 是细胞进行有丝分裂的时期，此期染色体发生凝缩、分离并平均分配到两个子细胞中。细胞分裂按前期、中期、后期和末期的次序进行，分裂后子细胞中的 DNA含量减半。

11. 植物细胞的基因表达有何特点？

答：（1）植物是真核生物，其细胞的 DNA含量和基因数目远远多于原核细胞，蛋白质或 RNA的编码基因序列往往是不连续的，大多数基因都含有内含子。DNA与组蛋白结合，以核小体为基本单位，形成染色体或染色质，遗传物质分散到多个 DNA分子上。

（2）植物细胞的基因为单顺反子，无操纵子结构，有各自的调控序列，而且基因表达有明显的时与空 的特性。另外，植物基因表达比动物更容易受环境因子（如光、温、水分）的影响，环境因子会引起植物基因表达的改变。

（3）植物细胞中有三种 RNA聚合酶参与基因的表达，RNA聚合酶 I 负责 rRNA的合成，RNA聚合酶 II 负责形成 mRNA，RNA聚合酶 III负责 tRNA和小分子 RNA的合成。植物细胞中的 DNA通过组蛋白阻遏等机制，使大部分基因不能表达，又加上在转录等水平上的各级复杂调节机制，使得在特定组织和特定发育阶段中有相应基因进行适度表达，产生与组织结构和代谢功能相适应的蛋白质或酶。

12. 你怎样理解植物细胞的程序化死亡？

答：细胞程序化死亡(programmed cell death,PCD) 是一种主动的受细胞自身基因调控的衰老死亡过程，与通常意义上的细胞衰老死亡不同，在 PCD发生过程中，通常伴随有特定的形态变化和生化反应，如细胞核和细胞质浓缩、DNA降解等。它是多细胞生物中某些细胞所采取的主动死亡方式，在细胞分化、过敏性反应和抗病抗逆中有特殊作用，如维管束中导管的形成、性别分化过程中单性花的形成、感染区域及其周围病斑的形成等，这些都是细胞程序化死亡的表现。

## 第二章 植物的水分生理复习思考题与答案

### （一）名词解释

束缚水(bound water) 与细胞组分紧密结合不能自由移动、不易蒸发散失的水。

自由水(free water) 与细胞组分之间吸附力较弱,可以自由移动的水。

化学势(chemical potential) 偏摩尔自由能被称为化学势,以希腊字母  $\mu$  表示,组分  $j$  的化学势 ( $\mu_j$ ) 为:  $\mu_j = (G/n_j)_{T,p,n_i \neq n_j}$ , 其含义是: 在等温等压保持其它组分不变时,体系自由能随组分  $j$  的摩尔变化率。换句话说,在一个庞大的体系中,在等温等压以及保持其他各组分浓度不变时,加入 1 摩尔  $j$  物质所引起体系自由能的增量。

体系内  $j$  组分的化学势  $\mu_j$  则用下式各项之和表示:

$$\mu_j = \mu_{o-j} + RT \ln a_j + Z_j F E + V_{j,m} P + m_j g h$$

式中  $\mu_{o-j}$ : 标准状态下体系内  $j$  组分的化学势;  $R$ : 气体常数;  $T$ : 绝对温度;  $a_j$ : 物质  $j$  的相对活度;  $Z_j$ : 物质  $j$  所带电荷数;  $F$ : 法拉第常数;  $E$ : 物质  $j$  所处体系的电势;  $V_{j,m}$ : 物质  $j$  的偏摩尔体积;  $P$ : 压力 (或溶液静水压力);  $g$ : 重力加速度;  $h$ : 体系的高度;  $m_j$ : 物质  $j$  的摩尔质量。

通常将包括电项  $Z_j F E$  的  $\mu_j$  称为电化学势 (electrochemical potential); 而将不包括电项,即物质  $j$  不带电荷或电势  $E$  为 0, 即  $Z_j F E = 0$  的  $\mu_j$  称为化学势。

水势 (water potential) 每偏摩尔体积的水的化学势差称为水势,用  $\psi_w$  表示。 $\psi_w = (\mu_w - \mu_{ow}) / V_{w,m}$  即水势为体系中水的化学势与处于等温、等压条件下纯水的化学势之差,再除以水的偏摩尔体积的商。用两地间的水势差可判别它们间水流的方向和限度,即水分总是从水势高处流向水势低处,直到两处水势差为 0 为止。

溶质势  $\psi_s$  (solute potential,  $\psi_s$ ) 由于溶质颗粒的存在而引起体系水势降低的数值。溶质势表示溶液中水分潜在的渗透能力的大小,因此,溶质势又可称为渗透势 (osmotic potential,  $\psi_\pi$ )。溶质势可用  $\psi_s = RT \ln N_w / V_{w,m}$  公式计算,也可按范特霍夫公式  $\psi_\pi = -\pi = -iCRT$  计算。

衬质势 (matrix potential,  $\psi_m$ ) 由于衬质 (表面能吸附水分的物质,如纤维素、蛋白质、淀粉等) 的存在而使体系水势降低的数值。

压力势 (pressure potential,  $\psi_p$ ) 由于压力的存在而使体系水势改变的数值。若加正压力,使体系水势增加,加负压力,使体系水势下降。

重力势 (gravity potential,  $\psi_g$ ) 由于重力的存在而使体系水势增加的数值。

集流 (mass flow 或 bulk flow) 指液体中成群的原子或分子 (例如组成水溶液的各种物质的分子) 在压力梯度 (水势梯度) 作用下共同移动的现象。

渗透作用 (osmosis) 溶液中的溶剂分子通过半透膜扩散的现象。对于水溶液而言,是指水分子从水势高处通过半透膜向水势低处扩散的现象。

水通道蛋白(water channel protein) 存在在生物膜上的具有通透水分功能的内在蛋白。水通道蛋白亦称水孔蛋白(aquaporins,AQPs) 。

吸胀吸水(imbibing absorption of water) 依赖于低的衬质势而引起的吸水。干种子的吸水为典型的吸胀吸水。

吸胀作用(imbibition) 亲水胶体物质吸水膨胀的现象称为吸胀作用。胶体物质吸引水分子的力量称为吸胀力。蛋白质类物质吸胀力最大，淀粉次之，纤维素较小。

根压(root pressure) 由于植物根系生理活动而促使液流从根部上升的压力。它是根系与外液水势差的表现和量度。根系活力强、土壤供水力高、叶的蒸腾量低时，根压较大。伤流和吐水现象是根压存在证据。

伤流(bleeding) 从受伤或折断的植物组织伤口处溢出液体的现象。伤流是由根压引起的，是从伤口的输导组织中溢出的。伤流液的数量和成分可作为根系生理活性高低的指标。

吐水(guttation) 从未受伤的叶片尖端或边缘的水孔向外溢出液滴的现象。吐水也是由根压引起的。作物生长健壮，根系活动较强，吐水量也较多，所以，吐水现象可以作为根系生理活动的指标，并能用以判断苗长势的好坏。

暂时萎蔫(temporary wilting) 植物在水分亏缺严重时，细胞失去膨压，茎叶下垂的现象称为萎蔫(wilting) 。萎蔫植株如果当蒸腾速率降低后，可恢复正常，则这种萎蔫称为暂时萎蔫。暂时萎蔫是由于蒸腾失水量一时大于根系吸水量而引起的。

永久萎蔫(permanent wilting) 萎蔫植物若在蒸腾降低以后仍不能使恢复正常，这样的萎蔫就称为永久萎蔫。永久萎蔫是由于土壤缺乏可利用的水分引起的。只有向土壤供水才能消除植株的萎蔫现象。

蒸腾作用(transpiration) 植物体内的水分以气态散失到大气中去的过程。蒸腾作用可以促进水分的吸收和运转，降低植物体的温度，促进盐类的运转和分布。

小孔扩散律(small opening diffusion law) 指气体通过多孔表面扩散的速率, 不与小孔的面积成正比, 而与小孔的周长或直径成正比的规律。气孔蒸腾速率符合小孔扩散律。

蒸腾速率(transpiration rate) 又称蒸腾强度或蒸腾率，指植物在单位时间内、单位叶面积上通过蒸腾作用散失的水量。

蒸腾效率(transpiration ratio) 植物每蒸腾 1kg 水时所形成的干物质的 g 数。

蒸腾系数(transpiration coefficient) 植物每制造 1g 干物质所消耗水分的 g 数，它是蒸腾效率的倒数，又称需水量(water requirement) 。

内聚力学说(cohesion theory) 该学说由狄克逊(H. H. Dixon,)和伦尼尔(O. Renner,)在 20 世纪初提出,是以水分的内聚力(相同分子间相互吸引的力量)来解释水分在木质部中上升的学说。内聚力学说的基本论点是:①水分子之间有强大的内聚力,当水分被局限于具有可湿性内壁的细管(如导管或管胞)中时,水柱可经受很大的张力而不致断裂;②植物体内的水分是在被水饱和的细胞壁和木质部运输的,水分子从叶的蒸发表面到根的吸水表面形成一个连续的体系;③叶肉细胞蒸腾失水后细胞壁水势下降,使木质部的水分向蒸发表面移动,木质部的水分压力势下降而产生张力;④蒸发表面水势的降低,经连续的导水体系传递到根,使土壤水分通过根部循茎上升,最后到达叶的蒸腾表面。内聚力学说也称蒸腾流-内聚力-张力学说(transpiration cohesion tension theory)。

水分临界期(critical period of water) 植物在生命周期中,对缺水最敏感、最易受害的时期。一般而言,植物的水分临界期多处于花粉母细胞四分体形成期,这个时期一旦缺水,就使性器官发育不正常。作物的水分临界期可作为合理灌溉的一种依据。

(二) 写出下列符号的中文名称,并简述其主要功能或作用

$\mu_w$  水的化学势(water chemical potential), 水的化学势的热力学含义是:当温度、压力及物质数量(水分以外)一定时,由水(摩尔)量变化引起的体系自由能的改变量。水的化学势之差,可用来判断水分参加化学反应的本领或两相间移动的方向和限度。

$\psi_w$  水势(water potential), 每偏摩尔体积的水的化学势差,即体系中水的化学势与处于等温、等压条件下纯水的化学势之差( $\mu_w - \mu_{ow}$ ),再除以水的偏摩尔体积( $V_{w,m}$ )。用两地间的水势差可判别它们间水流的方向和限度,可以用来分析土壤-植物-大气水分连续体(SPAC)中的水分移动情况。

MPa 兆帕,表示水势的单位,  $1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa} = 10 \text{ bar} = 9.87 \text{ atm}$ 。

$N_w$  水的摩尔分数(molar numeric of water),  $N_w = \text{水的摩尔数} / (\text{水的摩尔数} + \text{溶质的摩尔数})$ , 它表示水在水溶液中的含量, $N_w$ 大表示水溶液中水分含量高,溶质含量少,水势高。纯水的  $N_w \approx 55.1 \text{ mol/dm}^3$ 。

RH 相对湿度(relative humidity), 为气相中的蒸气压与纯水的饱和蒸气压的百分数,RH高表示气相中的水分含量高,水势高。

SPAC 土壤-植物-大气连续体(soil-plant-atmosphere continuum), 土壤的水分由根吸收,经过植物,然后蒸发到大气,这样水分在土壤、植物和大气间的运动就构成一个连续体。一般情况下,土壤的水势 $>$ 根水势 $\geq$ 茎水势 $\geq$ 叶水势 $>$ 大气水势,因此,土壤-植物-大气连续体就成为土壤中水分经植物体散失到大气的途径。

(三) 问答题

1. 简述水分在植物生命活动中的作用。

答：(1)细胞的重要组成成分 一般植物组织含水量占鲜重的 75%~90%。

(2)代谢过程的反应物质 如果没有水，许多重要的生化过程如光合作用放氧反应、呼吸作用中有机物质的水解都不能进行。

(3)各种生理生化反应和物质运输的介质 如矿质元素的吸收、运输、气体交换、光合产物的合成、转化和运输以及信号物质的传导等都需以水作为介质。

(4)使植物保持固有的姿态 植物细胞含有大量水分，产生的静水压可以维持细胞的紧张度，使枝叶挺立，花朵开放，根系得以伸展，从而有利于植物捕获光能、交换气体、传粉受精以及对水肥的吸收。

(5)具有重要的生态意义 通过水所具有的特殊的理化性质可以调节湿度和温度。例如：植物通过蒸腾散热，调节体温，以减轻烈日的伤害；水温的变化幅度小，在水稻育秧遇到寒潮时可以灌水护秧；高温干旱时，也可通过灌水来调节植物周围的温度和湿度，改善田间小气候；此外可以水调肥，用灌水来促进肥料的释放和利用。因此水在植物的生态环境中起着特别重要的作用。

## 2. 植物体内水分存在的形式与植物的代谢、抗逆性有什么关系？

答：植物体内的水分存在两种形式，一种是与细胞组分紧密结合而不能自由移动、不易蒸发散失的水，称为束缚水，另一种是与细胞组分之间吸附力较弱，可以自由移动的水，称为自由水。自由水可参与各种代谢活动，因此，当自由水/束缚水比值高时，细胞原生质呈溶胶状态，植物的代谢旺盛，生长较快，抗逆性弱；反之，自由水少时，细胞原生质呈凝胶状态，植物代谢活性低，生长迟缓，但抗逆性强。

## 3. 在植物生理学中引入水势概念有何意义？

答：(1)可用热力学知识来分析水分的运动状况 不论在生物界、非生物界，还是在生物界与非生物界之间，水分总是从水势高处流向水势低处，直到两处水势差为 0 为止。

(2)可用同一单位来判别水分移动 水势的单位为压力(Pa)，与土壤学、气象学中的压力单位相一致，使在土壤-植物-大气的水分连续系统中，可用同一单位来判别水分移动。

(3)与吸水力联系起来 水势概念与传统的吸水力(S)概念有联系，在数值上  $\psi_w = -S$ ，使原先前人测定的吸水力数值在加上负号后就变成水势值。

## 4. 土壤溶液和植物细胞在水势的组分上有何异同点？

答：(1)共同点：土壤溶液和植物细胞水势的组分均由溶质势、衬质势和压力势组成。

(2)不同点：①土壤中构成溶质势的成分主要是无机离子，而细胞中构成溶质势的成分除无机离子外，还有有机溶质；②土壤衬质势主要是由土壤胶体对水分的吸附所引起的，而细胞衬质势则主要是由细胞中蛋白质、淀粉、纤维素等亲水胶体物质对水分的吸附而引起

③土壤溶液是个开放体系中，土壤的压力势易受外界压力的影响，而细胞是个封闭体系，细胞的压力势主要受细胞壁结构和松弛情况的影响。

#### 5. 植物吸水有哪几种方式？

答：植物吸水主要有三种方式：

(1)渗透吸水 指由于  $\psi_s$  的下降而引起的细胞吸水。含有液泡的细胞吸水，如根系吸水、气孔开闭时保卫细胞的吸水主要为渗透吸水。

(2)吸胀吸水 依赖于低的  $\psi_m$  而引起的吸水。无液泡的分生组织和干燥种子中含有较多衬质(亲水物体)，它们可以氢键与水分子结合，吸附水分。

(3)降压吸水 这里是指因  $\psi_p$  的降低而引发的细胞吸水。如蒸腾旺盛时，木质部导管和叶肉细胞(特别是萎蔫组织)的细胞壁都因失水而收缩，使压力势下降，从而引起细胞水势下降而吸水。失水过多时，还会使细胞壁向内凹陷而产生负压，这时  $\psi_p < 0$ ，细胞水势更低，吸水力更强。

#### 6. 温度为什么会影响根系吸水？

答：温度尤其是土壤温度与根系吸水关系很大。过高过低对根系吸水均不利。

(1)低温使根系吸水下降的原因：①水分在低温下粘度增加，扩散速率降低，同时由于细胞原生质粘度增加，水分扩散阻力加大；②根呼吸速率下降，影响根压产生，主动吸水减弱；③根系生长缓慢，不发达，有碍吸水面积扩大。

(2)高温使根系吸水下降的原因：①土温过高会提高根的木质化程度，加速根的老化进程；②使根细胞中的各种酶蛋白变性失活。

土温对根系吸水的影响还与植物原产地和生长发育的状况有关。一般喜温植物和生长旺盛的植物的根系吸水易受低温影响，特别是骤然降温，例如在夏天烈日下用冷水浇灌，对根系吸水很为不利。

#### 7. 以下论点是否正确，为什么？

(1) 一个细胞的溶质势与所处外界溶液的溶质势相等，则细胞体积不变。

答：该论点不完全正确。因为一个成熟细胞的水势由溶质势和压力势两部分组成，只有在初始质壁分离  $\psi_p = 0$  时，上述论点才能成立。通常一个细胞的溶质势与所处外界溶液的溶质势相等时，由于压力势(常为正值)的存在，使细胞水势高于外界溶液的水势(也即它的溶质势)，因而细胞失水，体积变小。

(2) 若细胞的  $\psi_p = -\psi_s$ ，将其放入某一溶液中时，则体积不变。

答：该论点不正确。因为当细胞的  $\psi_p = -\psi_s$  时，该细胞的  $\psi_w = 0$ 。把这样的细胞放入任溶液中，细胞都会失水，体积变小。

若细胞的  $\psi_w = \psi_s$ ，将其放入纯水中，则体积不变。

答：该论点不正确。因为当细胞的  $\psi_w = \psi_s$  时，该细胞的  $\psi_p = 0$ ，而  $\psi_s$  为负值，即其  $\psi_w < 0$ ，把这样的细胞放入纯水中，细胞吸水，体积变大。

8. 气孔开闭机理如何？植物气孔蒸腾是如何受光、温度、 $\text{CO}_2$ 浓度调节的？

答：关于气孔开闭机理主要有两种学说：

(1)无机离子泵学说 又称  $\text{K}^+$ 泵假说。光下  $\text{K}^+$ 由表皮细胞和副卫细胞进入保卫细胞，保卫细胞中  $\text{K}^+$ 浓度显著增加，溶质势降低，引起水分进入保卫细胞，气孔就张开；暗中， $\text{K}^+$ 由保卫细胞进入副卫细胞和表皮细胞，使保卫细胞水势升高而失水，造成气孔关闭。这是因为保卫细胞质膜上存在着  $\text{H}^+$ -ATP酶，它被光激活后，能水解保卫细胞中由氧化磷酸化或光合磷酸化生成的 ATP 产生的能量将  $\text{H}^+$ 从保卫细胞分泌到周围细胞中，使得保卫细胞的 pH 值升高，质膜内侧的电势变低，周围细胞的 pH 值降低，质膜外侧电势升高，膜内外的质子动力势驱动  $\text{K}^+$ 从周围细胞经过位于保卫细胞质膜上的内向  $\text{K}^+$ 通道进入保卫细胞，引发开孔。

(2)苹果酸代谢学说 在光下，保卫细胞内的部分  $\text{CO}_2$ 被利用时，pH 值上升至 8.0~8.5，从而活化了 PEP羧化酶，PEP 羧化酶可催化由淀粉降解产生的 PEP与  $\text{HCO}_3^-$ 结合形成草酰乙酸，并进一步被 NADPH还原为苹果酸。苹果酸解离为  $2\text{H}^+$ 和苹果酸根，在  $\text{H}^+/\text{K}^+$ 泵的驱使下， $\text{H}^+$ 与  $\text{K}^+$ 交换，保卫细胞内  $\text{K}^+$ 浓度增加，水势降低；苹果酸根进入液泡和  $\text{Cl}^-$ 共同与  $\text{K}^+$ 在电学上保持平衡。同时，苹果酸的存在还可降低水势，促使保卫细胞吸水，气孔张开。当叶片由光下转入暗处时，该过程逆转。

气孔蒸腾显著受光、温度和  $\text{CO}_2$ 等因素的调节。

(1)光 光是气孔运动的主要调节因素。光促进气孔开启的效应有两种，一种是通过光合作用发生的间接效应；另一种是通过光受体感受光信号而发生的直接效应。光对蒸腾作用的影响首先是引起气孔的开放，减少内部阻力，从而增强蒸腾作用。其次，光可以提高大气与叶子温度，增加叶内外蒸气压差，加快蒸腾速率。

(2)温度 气孔运动是与酶促反应有关的生理过程，因而温度对蒸腾速率影响很大。当大气温度升高时，叶温比气温高出 2~10℃，因而，气孔下腔蒸气压的增加大于空气蒸气压的增加，这样叶内外蒸气压差加大，蒸腾加强。当气温过高时，叶片过度失水，气孔就会关闭，从而使蒸腾减弱。

(3) $\text{CO}_2$   $\text{CO}_2$ 对气孔运动影响很大，低浓度  $\text{CO}_2$ 促进气孔张开，高浓度  $\text{CO}_2$ 能使气孔迅速关闭（无论光下或暗中都是如此）。在高浓度  $\text{CO}_2$ 下，气孔关闭可能的原因是：①高浓度  $\text{CO}_2$ 会使质膜透性增加，导致  $\text{K}^+$ 泄漏，消除质膜内外的溶质势梯度，② $\text{CO}_2$ 使细胞内酸化，影响跨膜质子浓度差的建立。因此  $\text{CO}_2$ 浓度高时，会抑制气孔蒸腾。

9. 高大树木导管中的水柱为何可以连续不中断？假如某部分导管中水柱中断了，树木顶部叶片还能不能得到水分？为什么？

影响而不中断,这通常可用蒸腾流—内聚力—张力学说,也称 内聚力学说 来解释,即水分子的内聚力大于张力,从而能保证水分在植物体内的向上运输。水分子的内聚力很大,可达几十 MPa 植物叶片蒸腾失水后,便向导管吸水,而水本身有重量,受到向下的重力影响,这样,一个上拉的力量和一个下拖的力量共同作用于导管水柱上就会产生张力,其张力可达 -3.0MPa,但由于水分子内聚力远大于水柱张力,同时,水分子与导管或管胞壁的纤维素分子间还有附着力,因而维持了输导组织中水柱的连续性,使得水分不断上升。

导管水溶液中有溶解的气体,当水柱张力增大时,溶解的气体会从水中逸出形成气泡。在张力的作用下,气泡还会不断扩大,产生气穴现象。然而,植物可通过某些方式消除气穴造成的影响。例如气泡在某一些导管中形成后会被导管分子相连处的纹孔阻挡,而被局限在一条管道中。当水分移动遇到了气泡的阻隔时,可以横向进入相邻的导管分子而绕过气泡,形成一条旁路,从而保持水柱的连续性。另外,在导管内大水柱中断的情况下,水流仍可通过微孔以小水柱的形式上升。同时,水分上升也不需要全部木质部参与作用,只需部分木质部的输导组织畅通即可。

#### 10. 适当降低蒸腾的途径有哪些?

答:(1)减少蒸腾面积 如移栽植物时,可去掉一些枝叶,减少蒸腾失水。

(2)降低蒸腾速率 如在移栽植物时避开促进蒸腾的高温、强光、低湿、大风等外界条件,增加植株周围的湿度,或复盖塑料薄膜等都能降低蒸腾速率。

(3)使用抗蒸腾剂,降低蒸腾失水量。

#### 11. 合理灌溉在节水农业中的意义如何?如何才能做到合理灌溉?

答:我国水资源总量并不算少,但人均水资源量仅是世界平均数的 26%,而灌溉用水量偏多又是存在多年的一个突出问题。节约用水,发展节水农业,是一个带有战略性的问题。合理灌溉是依据作物需水规律和水源情况进行灌溉,调节植物体内的水分状况,满足作物生长发育的需要,用适量的水取得最大的效果。因此合理灌溉在节水农业中具有重要的意义。

要做到合理灌溉,就需要掌握作物的需水规律。反映作物需水规律的参数有需水量和水分临界期。作物需水量(蒸腾系数)和水分临界期又因作物种类、生长发育时期不同而有差异。合理灌溉则要以作物需水量和水分临界期为依据,参照生理和形态等指标制定灌溉方案,采用先进的灌溉方法及时地进行灌溉。

#### 12. 合理灌溉为何可以增产和改善农产品品质?

答:作物要获得高产优质,就必须生长发育良好,而合理灌溉能在水分供应上满足作物的生理需水和生态需水,促使植物生长发育良好,使光合面积增大,叶片寿命延长,光合效率提高,根系活力增强,促进肥料的吸收和运转,并能促进光合产物向经济器官运送与转化,使产量和品质都得以提高。

一个细胞的  $\psi_w$  为  $-0.8\text{MPa}$ ，在初始质壁分离时的  $\psi_s$  为  $-1.6\text{MPa}$ ，设该细胞在发生初始质壁分离时比原来体积缩小 4%，计算其原来的  $\psi_\pi$  和  $\psi_p$  各为多少  $\text{MPa}$ ？

答：根据溶液渗透压的稀释公式，溶质不变时，渗透压与溶液的体积成反比，有下列等式：

$$\pi_1 V_1 = \pi_2 V_2 \text{ 或 } \psi_\pi 1 V_1 = \psi_\pi 2 V_2$$

$$\psi_\pi \text{ 原来} \times 100\% = \psi_\pi \text{ 质壁分离} \times 96\%$$

$$\psi_\pi \text{ 原来} = (-1.6\text{MPa} \times 96)/100 = -1.536\text{MPa}$$

$$\psi_p = \psi_w - \psi_m = -0.8\text{MPa} - (-1.536\text{MPa}) = 0.736\text{MPa}$$

原来的  $\psi_\pi$  为  $-1.536\text{MPa}$ ， $\psi_p$  为  $0.736\text{MPa}$ 。

14. 将  $\psi_m$  为  $-100\text{MPa}$  的干种子，放置在温度为  $27^\circ\text{C}$ 、RH 为 60% 的空气中，问干种子能否吸水？

答：气相的水势可按下式计算：

$$\begin{aligned} \psi_w &= \left( \frac{RT}{V_{w,m}} \right) \cdot \ln RH \\ &= [8.3\text{cm}^3 \cdot \text{MPa} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot (273+27)\text{K} / 18\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}] \cdot \ln 60\% \\ &= 138.33\text{MPa} \cdot (-0.5108) = -70.70\text{MPa} \end{aligned}$$

由于 RH 为 60% 的气相水势大于  $-100\text{MPa}$  干种子的水势，因此干种子能从 RH 为 60% 空气中吸水。

15. 一组织细胞的  $\psi_s$  为  $-0.8\text{MPa}$ ， $\psi_p$  为  $0.1\text{MPa}$ ，在  $27^\circ\text{C}$  时，将该组织放入  $0.3\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$  的蔗糖溶液中，问该组织的重量或体积是增加还是减小？

答：细胞的水势  $\psi_w = \psi_s + \psi_p = -0.8\text{MPa} + 0.1\text{MPa} = -0.7\text{MPa}$

$$\begin{aligned} \text{蔗糖溶液的水势 } \psi_w \text{ 溶液} &= -RTC = 0.0083\text{ dm}^3 \cdot \text{MPa} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot (273+27)\text{K} \cdot 0.3 \\ &\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1} \\ &= -0.747\text{MPa} \end{aligned}$$

由于细胞的水势  $>$  蔗糖溶液的水势，因此细胞放入溶液后会失水，使组织的重量减少，体积缩小。

### 一)名词解释

矿质营养 (mineral nutrition) 植物对矿质的吸收、转运和同化以及矿质在生命活动中的作用。

灰分元素 (ash element) 干物质充分燃烧后, 剩余下一些不能挥发的灰白色残渣, 称为灰分。构成灰分的元素称为灰分元素。灰分元素直接或间接来自土壤矿质, 所以又称为矿质元素。

必需元素 (essential element) 植物生长发育中必不可少的元素。国际植物营养学会规定的植物必需元素的三条标准是: ①由于缺乏该元素, 植物生长发育受阻, 不能完成其生活史; ②除去该元素, 表现为专一的病症, 这种缺素病症可用加入该元素的方法预防或恢复正常; ③该元素在植物营养生理上表现直接的效果, 不是由于土壤的物理、化学、微生物条件的改善而产生的间接效果。

大量元素 (major element, macroelement) 植物生命活动必需的、且需要量较多的一些元素。它们约占植物体干重的 0.01%~10%, 有 C、H、O、N、P、K、Ca、Mg、S 等。

微量元素 (minor element, microelement, trace element) 植物生命活动必需的、而需要量很少的一类元素。它们约占植物体干重的 10<sup>-5</sup>%~10<sup>-3</sup>%, 有 Fe、B、Mn、Zn、Cu、Mo、Cl 等。

有益元素 (beneficial element) 并非植物生命活动必需, 但能促进某些植物的生长发育的元素。如 Na、Si、Co、Se、V 等。

水培法 (water culture method) 亦称溶液培养法或无土栽培法, 是在含有全部或部分营养元素的溶液中培养植物的方法。

砂培法 (sand culture method) 全称砂基培养法, 在洗净的石英砂或玻璃球等基质中, 加入营养液培养植物的方法。

气栽法 (aeroponic) 将植物根系置于营养液气雾中栽培植物的方法。

离子的主动吸收 (ionic active absorption) 细胞利用呼吸释放的能量逆电化学势梯度吸收矿质的过程。

离子的被动吸收 (ionic passive absorption) 细胞不需要由代谢提供能量的顺电化学势梯度吸收矿质的过程。

初级共运转 (primary cotransport) 质膜 H<sup>+</sup>-ATPase 把细胞质的 H<sup>+</sup>向膜外泵出的过程。又称为原初主动运转。原初主动运转在能量形式的转化上是把化学能转为渗透能。

次级共运转 (secondary cotransport) 以  $\Delta \mu_{H^+}$  作为驱动力的离子运转称为次级共运转。离子的次级运转是使质膜两边的渗透能增减, 而这种渗透能是离子或中性分子跨膜运输的动力。

扩散作用 (diffusion) 分子或离子沿着化学势或电化学势梯度转移的现象。电化学势梯度包括化学势梯度和电势梯度两方面, 细胞内外的离子扩散决定于这两种梯度的大小; 而分子的扩散决定于化学势梯度或浓度梯度。

单盐毒害 (toxicity of single salt) 植物培养在单种盐溶液中所引起的毒害现象。单盐毒害无论是营养元素或非营养元素都可发生, 而且在溶液很稀时植物就会受害。

离子拮抗 (ion antagonism) 离子间相互消除毒害的现象, 也称离子对抗。

生理酸性盐 (physiologically acid salt) 植物根系从溶液中有选择地吸收离子后使溶液酸度增加的盐类。如供给 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 植物对其阳离子 (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) 的吸收大于阴离子 (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), 根细胞释放的 H<sup>+</sup>与 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>交换, 使介质 pH 值下降, 这种盐类被称为生理酸性盐, 如多种铵盐。

生理碱性盐 (physiologically alkaline salt) 植物根系从溶液中有选择地吸收离子后使溶液酸度降低的盐类。如供给 NaNO<sub>3</sub> 植物对其阴离子 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 的吸收大于阳离子 (Na<sup>+</sup>), 根细胞释放 OH<sup>-</sup>或 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>与 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>交换, 从而使介质 pH 值升高, 这种盐类被称为生理碱性盐,

表现自由空间 (apparent free space, AFS) 根部的自由空间体积占根的总体积的百分数。豌豆、大豆、小麦等植物的 AFS 在 8%~14% 之间。

诱导酶 (induced enzyme) 指植物体内本来不含有,但在特定外来物质的诱导下可以生成的酶。如硝酸还原酶。水稻幼苗若培养在含硝酸盐的溶液中就会诱导幼苗产生硝酸还原酶,如用不含硝酸盐的溶液培养,则无此酶出现。

重复利用 (repetitious use) 已参加到生命活动中去的矿质元素,经过一个时期后再分解并调运到其它部位去重新利用的过程。

硝酸还原 (nitrate reduction) 硝酸在硝酸还原酶和亚硝酸还原酶的相继作用下还原成氨(铵)的过程。

生物固氮 (biological nitrogen fixation) 微生物自生或与植物(或动物)共生,通过体内固氮酶的作用,将大气中的游离氮固定转化为含氮化合物的过程。

(二) 写出下列符号的中文名称,并简述其主要功能或作用

PC 膜片钳技术 (patch clamp), 指使用微电极从一小片细胞膜上获取电子信息,测量通过膜的离子电流大小的技术。PC 技术可用来分析膜上的离子通道,借此可用来研究细胞器间的离子运输、气孔运动、光受体、激素受体以及信号分子等的作用机理。

NR 硝酸还原酶 (nitrate reductase), 催化硝酸盐还原为亚硝酸盐的酶。它是一种可溶性的钼黄素蛋白,由黄素腺嘌呤二核苷酸,细胞色素 b557 和钼复合体组成。硝酸还原酶是一种诱导酶。

NiR 亚硝酸还原酶 (nitrite reductase), 催化亚硝酸盐还原为氨(铵)的酶。亚硝酸还原酶的分子量为 61 000~70 000,它由两个亚基组成,其辅基由西罗血红素和一个 4Fe-4S 簇组成。

GS 谷氨酰胺合成酶 (glutamine synthetase), 在植物的氨同化过程中,催化 L-谷氨酸和氨 (NH<sub>3</sub>) 生成 L-谷氨酰胺。GS 普遍存在于各种植物的组织中,对氨有很高的亲和力,因此能防止氨累积而造成的毒害。

GOGAT 谷氨酸合成酶 (glutamate synthetase), 在植物的氨同化中它催化 L-谷氨酰胺和 α-酮戊二酸生成 L-谷氨酸。谷氨酸合成酶有两种形式,一是以 NAD(P)H 为电子供体的 NAD(P)H-GOGAT,一是以还原态 Fd 为电子供体的 Fd-GOGAT。NAD(P)H-GOGAT 在微生物和植物中广泛存在; Fd-GOGAT 几乎存在于所有具有光合作用的生物体中。在被子植物的组织中都有较高的 GOGAT 活性。绿色组织中的 GOGAT 存在于叶绿体内。

GDH 谷氨酸脱氢酶 (glutamate dehydrogenase), 催化 α-酮戊二酸和氨生成谷氨酸,但在植物同化氨的过程中不太重要,因为 GDH 与 NH<sub>3</sub> 的亲和力很低,而该酶在谷氨酸的降解中起较大的作用, GDH 主要存在于根和叶内的线粒体,而叶绿体中的量很少。

NFT 营养膜技术 (nutrient film technique), 是一种营养液循环的液体栽培系统,该系统通过让流动的薄层营养液流经栽培槽中的植物根系来栽培植物。流动的薄层营养液除了可均衡供应植物所需的营养元素和水分外,还能充分供应根系呼吸所需的氧气。

(三) 问答题

1. 植物进行正常生命活动需要哪些矿质元素? 用什么方法、根据什么标准来确定的?

答: 植物进行正常生命活动需要的必需的矿质(含氮)元素有 13 种,它们是氮、磷、钾、钙、镁、硫、铁、铜、硼、锌、锰、钼、氯(也有文献将钠和镍归为必需元素)。根据国际植物营养学会的规定,植物必需元素有三条标准:第一,由于缺乏该元素,植物生长受阻,不能完成其生活史;第二,除去该元素,表现为专一的病症,这种缺素病症可用加入该元素

的方法预防或恢复正常；第三，该元素在植物营养生理上能表现直接的效果，而不是由于土壤的物理、化学、微生物条件的改善而产生的间接效果。

确定植物必需矿质元素的方法通常采用溶液培养法或砂基培养法，可在配制的营养液中除去或加入某一元素，观察该元素对植物的生长发育和生理生化的影响。如果在培养液中，除去某一元素，植物生长发育不良，并出现特有的病症，或当加入该元素后，病状又消失，则说明该元素为植物的必需元素。反之，若减去某一元素对植物生长发育无不良影响，即表示该元素为非植物必需元素。

2. 试述氮、磷、钾的生理功能及其缺素病症。

答：(1) 氮

生理功能：①氮是蛋白质、核酸、磷脂的主要成分，而这三者又是原生质、细胞核和生物膜等细胞结构物质的重要组成部分。②氮是酶、ATP 多种辅酶和辅基(如 NAD<sup>+</sup> NADP<sup>+</sup> FAD 等)的成分，它们在物质和能量代谢中起重要作用。③氮还是某些植物激素如生长素和细胞分裂素、维生素如 B1、B2、B6、PP 等的成分，它们对生命活动起调节作用。④氮是叶绿素的成分，与光合作用有密切关系。

缺氮病症：①植株瘦小。缺氮时，蛋白质、核酸、磷脂等物质的合成受阻，影响细胞的分裂与生长，植物生长矮小，分枝、分蘖很少，叶片小而薄，花果少且易脱落。②黄化失绿。缺氮时影响叶绿素的合成，使枝叶变黄，叶片早衰，甚至干枯，从而导致产量降低。③老叶先表现病症。因为植物体内氮的移动性大，老叶中的氮化物分解后可运到幼嫩的组织中去重复利用，所以缺氮时叶片发黄，并由下部叶片开始逐渐向上。

(2) 磷

生理功能：①磷是核酸、核蛋白和磷脂的主要成分，并与蛋白质合成、细胞分裂、细胞生长有密切关系。②磷是许多辅酶如 NAD<sup>+</sup> NADP<sup>+</sup>等的成分，也是 ATP 和 ADP 的成分。③磷参与碳水化合物的代谢和运输，如在光合作用和呼吸作用过程中，糖的合成、转化、降解大多是在磷酸化后才起反应的。④磷对氮代谢有重要作用，如硝酸还原有 NAD<sup>+</sup>和 FAD 的参与，而磷酸吡哆醛和磷酸吡哆胺则参与氨基酸的转化。⑤磷与脂肪转化有关，脂肪代谢需要 NADPH ATP CoA 和 NAD 的参与。

缺磷病症：①植株瘦小。缺磷影响细胞分裂，使分蘖分枝减少，幼芽、幼叶生长停滞，茎、根纤细，植株矮小，花果脱落，成熟延迟。②叶呈暗绿色或紫红色。缺磷时，蛋白质合成下降，糖的运输受阻，从而使营养器官中糖的含量相对提高，这有利于花青素的形成，故缺磷时叶子呈现不正常的暗绿色或紫红色。③老叶先表现病症。磷在体内易移动，能重复利用，缺磷时老叶中的磷能大部分转移到正在生长的幼嫩组织中去。因此，缺磷的症状首先在下部老叶出现，并逐渐向上发展。

(3) 钾

生理功能：①酶的活化剂。钾在细胞内可作为 60 多种酶的活化剂，如丙酮酸激酶、果糖激酶、苹果酸脱氢酶、淀粉合成酶、琥珀酰 CoA 合成酶、谷胱甘肽合成酶等。因此钾在碳水化合物代谢、呼吸作用以及蛋白质代谢中起重要作用。②钾能促进蛋白质的合成，与糖的合成也有关，并能促进糖类向贮藏器官运输。③钾是构成细胞渗透势的重要成分，如对气孔的开放有着直接的作用。

缺钾病症：①抗性下降。缺钾时植株茎秆柔弱，易倒伏，抗旱、抗寒性降低。②叶色变黄叶缘焦枯。缺钾叶片失水，蛋白质、叶绿素被破坏，叶色变黄而逐渐坏死；缺钾有时也会出现叶缘焦枯，生长缓慢的现象，但由于叶中部生长仍较快，所以整个叶子会形成杯状弯曲，或发生皱缩。③老叶先表现病症。钾也是易移动而可被重复利用的元素，故缺素病症首先出现在下部老叶。

3. 下列化合物中含有哪些必需的矿质元素(含氮素)。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/798035041142006123>