

复习思考题

一、解释名词

1. 积温
2. 有效积温
3. 活动积温
4. 农业界限温度

二、填空题

1. 植物的三基点温度各自指的是_____、_____、_____。
2. 农业界限温度一般用_____来表示。
3. 在正常天气条件下，一日内土壤表层最高温度出现在_____，最低温度出现在_____。
4. 一般情况下，一年中土壤表层月平均最高值出现在_____；最低值出现在_____。

三、问答题

1. 简述影响土壤温度变化的因素有哪些？
2. 土壤温度如何影响植物生长？
3. 简述气温对植物生长的影响。

第三节 水分条件

一、植物生长的水环境

(一) 降水

1. 降水的概念 降水是指以雨、雪、霰、雹等形式从云中降落到地面的液态或固态水。广义的降水包括云中降水（雨、雪、霰、雹等）和地面水汽凝结物（露、霜、雾等）。一般情况下，降水是指云中降水。

2. 降水形成的原因 大气降水的形成，就是云层中水滴或冰晶增长到一定程度，在不断下降的过程中，不因蒸发而导致水分耗尽，降落到地面，即成为降水。

3. 降水和水汽凝结物的类型

(1) 雨。是从云中降到地面的液态水滴，其直径一般为0.5~7mm，雨滴下降速度与直径有关，雨滴越大，其下降速度也越快。

(2) 雪。是从云中降到地面的固态水，其形态有六角菱形、片状或柱状结晶等类型。气候不寒冷时，很多雪花融合成团似棉絮状。冬季积雪，能冻死大量的病菌、虫卵。春季融雪时雪水渗入土壤，有利于植物生长发育，因此农谚有“瑞雪兆丰年”之说。

(3) 雹。又称冰雹、冷子，是由透明和不透明的冰层相间组成的固态降水。其形态多为球形，直径在几毫米到几十毫米，下降时伴有阵雨。持续时间较短，但强度很大，破坏性较大。

(4) 霰。白色不透明的圆锥形或球形的颗粒固态降水，直径2~5mm，下降时常呈阵性，着硬地常反跳，松脆易碎，常见于降雪之前。

(5) 露。是凝集在地面或地面物体表面上的小水珠。其形成的有利条件是晴朗微风的夜晚。因晴朗的夜晚地面有效辐射强烈，地面降温迅速；微风有利于地面充分辐射冷却，



容易形成露。

(6) 霜。是白色的具有晶体结构的水汽凝集物。其形成的气候条件与露相似。不同之处在于露是贴地气层的温度高于0℃时形成的，而霜是在贴地气层的温度为0℃以下才能形成。

(7) 雨凇。是在地面、树干、电线等建筑设施上形成的光滑而透明的冰层。它在垂直面上和水平面上都可形成。而且多半形成于迎风面上。雨凇的形成通常与过冷却水滴的下降有关。过冷却水滴降落到温度低于0℃的地面或物体上以后，就会冻结成光滑透明坚硬的冰层，呈透明或毛玻璃状。雨凇也有一定的破坏力。如会压断电线，折断树木，阻碍交通。

(8) 雾凇。是一种白色、松散、易于散落的晶体结构的凝华物，俗称树头淋或树挂。它凝集在物体的迎风面、尖部、角上和其他突出部分，尤其是细枝、针叶、电线等物体上最多。雾凇通常是在有雾的天气条件下形成。

4. 降水的表示方法

(1) 降水量。降水量是指一定时段内从大气中降落到地面，未经蒸发、渗透和流失而在水平面上积聚的水层厚度。降水量是表示降水多少的特征量，通常以 mm 为单位。固体降水液化后才能计算降水量。在一天中，降水量达到 0.1mm 以上时，记作一个雨日。

(2) 降水强度。降水强度是指单位时间内的降水量。降水强度是反映降水急缓的特征量，单位为 mm/d 或 mm/h。根据降水强度大小，可将降水划分为若干等级。

其他的表示方法还有降水变率、降水保证率等。

5. 降水对植物生产的影响 降水对植物的生长、发育、产量品质都有一定的影响，尤其是干旱和半干旱地区，影响更大。我国幅员辽阔，雨水资源比较匮乏，并且降水的区域分布和季节分配也不均衡。

降水对植物生产影响最重要的两个因素是：降水时期和降水强度。

(1) 降水时期。“好雨知时节，当春乃发生”。这就是说，在植物生长期，特别是植物需水关键时期，降水量的多少，对植物生长和产量的影响很大。

在干旱时节，露水对植物也有良好的作用，但它对植物生产有时也会产生一定的不利影响，如水果表面沾有大量露水，会产生锈斑，因而降低水果的品质并影响到光泽度；过分湿润会加速细菌繁殖，导致病害的发生。

(2) 降水强度。指单位时间内的降水量。根据降水强度大小将液态降水分为小雨、中雨、大雨、暴雨、大暴雨、特大暴雨；将固态降水如雪分为小雪、中雪、大雪（表 1-6）。

表 1-6 降水强度表 (mm)

种类	时间	等级					
		小	中	大	暴	大暴	特大暴
雨	24 小时	<10.0	10.0~24.9	25.0~49.9	50.0~99.9	100.0~199.9	≥200.0
雪	24 小时	≤2.5	2.6~4.9	≥5.0			

(二) 空气湿度

1. 空气湿度的概念 表示空气中水汽含量多少（即空气的潮湿程度）的物理量称为空气湿度。

2. 空气湿度的表示方法 空气湿度常用水汽压、相对湿度和露点温度来表示。

(1) 水汽压 (e) 与饱和水汽压 (E)。水汽压是指空气中水汽所产生的压力, 是大气压的一个组成部分。一般来说, 空气中水汽含量多, 水汽压大; 反之, 水汽压小。水汽压单位常用百帕 (hPa) 表示。

当温度一定时, 单位体积空气中所能容纳的水汽量是有一定限度的, 如果水汽含量达到这个限度, 空气便呈饱和状态, 这时的水汽压称为饱和水汽压。温度增高 (降低) 时, 饱和水汽压也随之增加 (降低)。

(2) 相对湿度 (r)。指空气中实际水汽压与同温度下饱和水汽压的百分比。相对湿度反映当时温度条件下空气湿度的饱和程度。若 $e < E$, $r < 100\%$, 空气处于不饱和状态; 若 $e = E$, $r = 100\%$, 空气处于饱和状态; 若 $e > E$, $r > 100\%$, 空气处于过饱和状态。因饱和水汽压随温度变化而变化, 所以在同一水汽压下, 气温升高, 相对湿度减少, 空气干燥; 相反, 气温降低, 相对湿度增加, 空气潮湿。

(3) 露点温度 (T_d)。当空气中水汽含量和气压不变时, 降温使水汽压达到饱和时的温度称为露点温度。当温度相同而水汽压不同时, 水汽压较大的, 温度降低很少, 空气就能达到饱和, 因而露点温度较高; 水汽压较小的, 温度下降幅度大, 空气才能达到饱和, 因而露点温度较低。因此, 气压一定时, 露点温度的高低反映了水汽压的大小。

3. 空气湿度的变化

空气相对湿度的变化与气温及大气中的水汽含量有关。在陆地内部, 相对湿度的日变化与气温日变化相反, 最大值出现在日出前后气温最低的时候, 最小值出现在气温最高的 14:00~15:00 时。而沿海一带, 白天的风由海洋吹向陆地, 将大量水汽由海上带到陆地, 因此这时相对湿度较高。夜间和清晨, 风由陆地吹向海洋, 风阻止海上湿空气进入陆地, 因此相对湿度较低。所以, 沿海地区相对湿度的日变化表现为日高夜低, 与气温日变化一致。

相对湿度年变化, 一般与气温年变化相反。温暖季节相对湿度较小, 寒冷季节相对湿度较大。但在季风盛行地区则有所不同, 由于夏季风来自海洋的潮湿空气, 冬季风来自大陆的干燥空气, 相对湿度年变化与上述情况相反。

4. 空气湿度对植物生产的影响 植物需要在适宜的湿度条件下才能正常生长。一般植物的生长发育, 以日平均相对湿度 80% 左右为宜, 高于 90% 或低于 60% 都不利于植物生产。空气湿度大于 90% 时, 植物茎叶嫩弱, 容易发生倒伏, 使植物的开花结实延迟, 甚至会穗上发芽和霉烂变质, 同时也会导致病虫害的发生发展。例如, 小麦的赤霉病、黏虫等在空气湿度过大时极易发生为害; 又如, 果树在开花时期相对湿度过大, 昆虫的活动能力受到限制, 授粉也受到不利影响。空气湿度小于 60% 时, 会引起大气干旱, 导致植物严重失水, 造成卷叶、干尖及不利于开花授粉或者落花落果严重以及籽粒干瘪, 同时也会发生病虫害。例如玉米大小叶斑病、红蜘蛛、蚜虫等在相对湿度过小时极易发生。

不同植物或同一植物在不同时期对湿度的要求也是不同的。如水稻需要湿度较大, 小麦在湿度较小时可以正常生长。在较高湿度时, 黄瓜生长良好, 而番茄则生长不良且发病率大大增加。绝大多数植物在成熟时不要求过高的空气湿度。

通常情况下, 病虫害的发生发展与空气的湿度关系极为密切, 这是由于潮湿的天气有利于真菌和细菌的繁殖。例如锈病、白粉病、稻瘟病等在高湿条件下都极易发生。但是, 低湿条件也会造成病虫害的大量发生发展。在植物生产中, 常通过整枝、排灌、中耕等技



术措施来调节田间的空气湿度，以利于植物的生长发育。

(三) 土壤水分

1. 土壤水分的来源 土壤水分是植物吸收水分的主要来源，是土壤的主要组成成分。土壤水分是土壤肥力的诸因素中最积极又最为活跃的因素，对植物生产影响很大。土壤水分主要来自于降水和灌溉水，土壤水分实际上是含有多种无机盐与有机物的水溶液。

2. 土壤水分对植物生产的影响 植物的整个生育过程都离不开水分。从种子的萌发出土到收获，都需要在一定的土壤水分条件下才能正常进行。植物体依靠根毛从土壤中吸收水分与养分，通过导管输送到其他器官，成为其生长发育的物质基础。当土壤中水分不足时，应及时予以灌溉补充，否则将直接影响植物的生长发育，甚至造成植物枯萎或死亡。

二、水与植物的生长发育

(一) 植物的需水量及需水规律

植物在生长过程中，干物质的积累与水分消耗有一定关系。植物每制造 1g 干物质所消耗水分的量 (g)，称为需水量 (蒸腾系数)。

$$\text{需水量} = \frac{\text{植物在一定时间内耗水量 (蒸腾量) (g)}}{\text{植物在一定时间内形成的干物质量 (g)}}$$

在植物生命活动的全过程中，即从种子萌发、出苗、茎叶生长、开花结实直到收获，需要源源不断地从土壤中吸收水分。而植物生活的前期、中期和后期需水量，则是一个由少到多再到少的变化过程。如水稻的一生，在返青期以前，因叶面积小，蒸腾量也小，需水量仅占 11%；随着叶面积的增加和植株的旺盛生长，分蘖期的需水量占 21%；而拔节、孕穗到开花期，生长更旺，蒸腾量也达到高峰，需水量占全生育期的 39%；随着长势减弱，蒸腾量也逐渐减小，成熟期的需水量占 29%。

1. 植物需水量 在植物生活的全过程中，需要大量的水分。但不同植物或同一植物的不同品种，需水量不同。据试验，在同样用水量的条件下，C₄ 植物积累的干物质比 C₃ 植物高 1~2 倍。

植物生长发育不同的时期，需水量也存在很大差异 (表 1-7)。

表 1-7 几种植物各生育阶段需水情况

植物	生育阶段	生育阶段日数 占全生育期%	生育阶段需水量 占全生育期%	平均每日耗水量 (m ³ /hm ²)
冬小麦	播种至出苗	2.65	2.01	15.00
	出苗至分蘖	4.54	4.49	19.50
	分蘖至越冬	23.10	9.37	7.95
	越冬期	32.95	5.44	3.30
	返青至拔节	12.87	12.07	18.45
	拔节到抽穗	10.61	30.09	56.10
	抽穗至开花	1.14	3.84	66.30
	开花至成熟	12.12	32.49	52.65



第二节 土壤的固相组成

土壤是由固、液、气三相物质组成的疏松多孔体。固相部分包括土壤矿物质和土壤有机质。固相物质的体积约占土壤总体积的一半，其中以矿物质为主，矿物质占固相部分质量的95%以上，它好似土壤的“骨架”；有机质占固相部分的质量不到5%，包被在矿物质表面，对土壤性状和土壤肥力的作用很大，好似土壤的“肌肉”；液相是指土壤水分，水分与空气共存于土壤空隙当中，犹如土壤的“血液”，水分是三相物质中最活跃的部分。土壤的三相物质共同构成了一个相互联系、相互制约、不断运动的统一体。

一、土壤矿物质

矿物是由地质作用所形成的天然单质或化合物，是构成岩石的基本单位。土壤矿物质亦即矿质土粒，是由地球表面的岩石矿物经过长期的风化作用形成的。

(一) 土壤的矿物组成

土壤中的矿物质按其来源可分为原生矿物和次生矿物两大类。

1. 原生矿物 是指那些在风化过程中没有改变化学组成和结构，而遗留在土壤中的原始成岩矿物。它们是土壤中各种化学元素的最初来源。土壤中常见原生矿物的化学组成、风化特点和分解产物如表2-1。

表2-1 土壤中常见的原生矿物

矿物种类	化学成分	风化特点和风化产物
石英	SiO_2	不易风化，更难分解，是土壤中砂粒的主要来源
正长石	$\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$	较易风化，风化后产生高岭土、二氧化硅和盐基物质，特别是正长石含钾较多，是土壤钾素和黏粒的主要来源
斜长石	$n\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8) \cdot m\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$	
白云母	$\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	白云母比黑云母抗风化能力强，风化后均形成黏粒，并释放钾素，是土壤中钾素和黏粒的来源之一
黑云母	$\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH}, \text{F})_2$	
角闪石	$\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe})_4(\text{Al}, \text{Fe})[(\text{Si}, \text{Al})_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$	易风化，风化后形成黏粒，并释放钙、镁等盐基性养分
辉石	$\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})[(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6]$	
方解石	CaCO_3	易风化，是土壤中碳酸盐和钙、镁的主要来源
白云石	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	
赤铁矿	Fe_2O_3	易风化，是土壤中红色、黄色或棕色的主要来源
褐铁矿	$2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	

2. 次生矿物 次生矿物是原生矿物在土壤形成过程中，经分解破坏后再次形成的矿物。土壤中的次生矿物主要有两类：一是层状铝硅酸盐类，如高岭石、蒙脱石、伊利石等；

二是铁、铝、硅的氧化物及其水化物类，如针铁矿、水铝石等。这些次生矿物颗粒细小，具有胶体特性，是土壤中的黏粒的主要组成成分，因此也叫黏土矿物或黏粒矿物。它们对土壤肥力状况和土壤耕性都有重大影响。

(二) 土壤矿质土粒

1. 矿质土粒的分级 组成土壤的土粒有大有小，其性质也各不相同。通常根据粒径大小及性质差异，将大小、成分和性质基本相近的矿质土粒划分为一组，叫做粒级。相同粒级土粒的成分和性质基本一致，粒级间则有明显的差异。一般把土粒划分为砂粒、粉粒、黏粒三个基本粒级，粒径在1mm以上的，称作石砾或石块。

具体的分级标准，在不同分类方案中不尽统一，目前我国多采用原苏联卡庆斯基制(如表2-2)。

表2-2 卡庆斯基制土粒分级标准

粒级名称		颗粒直径 (mm)	
石块		>3	
石砾		3~1	
物理性 砂粒	砂粒	粗砂粒	1~0.5
		中砂粒	0.5~0.25
		细砂粒	0.25~0.05
物理性 粉粒	粉粒	粗粉粒	0.05~0.01
		中粉粒	0.01~0.005
		细粉粒	0.005~0.001
物理性 黏粒	黏粒	粗黏粒	0.001~0.0005
		细黏粒	0.0005~0.0001
		胶粒	<0.0001

2. 土壤矿物的化学组成 土壤矿质土粒来源于土壤母质，其化学成分复杂，几乎包括了地壳中所有的元素。主要有氧、硅、铝、铁、钙、镁、钠、钾、钛、磷、硫以及微量元素锰、锌、硼、钼等。这些元素中，以氧、硅、铝和铁四种元素含量最多。对植物生长来说，矿质土粒中含有作物所需的除氮以外的各种矿质营养元素。

不同粒级矿质土粒的矿物组成及化学组成具有一定的规律性。一般土粒愈粗石英含量越多，其化学成分主要是 SiO_2 ，因此所含植物所需的养分越少；土粒愈细，则石英、长石含量逐渐减少，云母、角闪石增多。 SiO_2 逐渐减少，Fe、Al、Ca、Mg、P和K等氧化物明显增多。因此，土粒愈细，所含养分也越多。

3. 各粒级土粒的性质 土粒大小不同，其物理性质也有很大的差异。

(1) 石砾。石砾是存在于土壤中的母岩碎屑，严格地说不能算是土粒。石砾常见于山区土壤和河漫滩土壤中。土壤中含石砾多，对植物生长十分不利，农业利用时应进行改良。

(2) 砂粒。主要是石英颗粒，形成的土壤松散，通气透水性好，保水保肥性差，养分贫乏，无黏结性、黏着性、可塑性和胀缩性。



- (3) 黏粒。黏粒颗粒微细，以次生矿物为主。含黏粒多的土壤，粒间孔隙小，通透性差，保水保肥能力强，养分丰富，黏结性、黏着性、可塑性强，湿胀干缩现象明显。
- (4) 粉粒。颗粒大小介于黏粒和砂粒之间，性质也介于二者之间。通透性较差，黏结性、黏着性、可塑性小，胀缩性微弱，保水保肥力稍强。

(三) 土壤质地

1. 土壤质地的概念 自然界的土壤，没有一种是由单一粒级的土粒所组成，只是不同土壤中含各级土粒多少有差异。这种反映土壤中各粒级土粒所占的比例和土壤性质的名称，叫做土壤质地。常用各粒级土粒占土壤总质量的百分数表示。土壤质地是土壤的重要物理性质之一，对土壤肥力高低及土壤耕性的好坏有重要的影响。

2. 土壤质地分类 根据土壤中各粒级含量的百分率进行的土壤分类，叫土壤质地分类。我国多采用卡庆斯基土壤质地分类标准，根据物理性砂粒和物理性黏粒的含量，将土壤质地分为三类九级（如表2-3）。

表2-3 卡庆斯基土壤质地分类标准（简制）

质地名称		物理性黏粒 (<0.01mm)%			物理性砂粒 (>0.01mm)%		
		灰化土类	草原土及红壤类	碱化及强碱化土类	灰化土类	草原土及红壤类	碱化及强碱化土类
砂土	松砂土	0~5	0~5	0~5	100~95	100~95	100~95
	紧砂土	5~10	5~10	5~10	95~90	95~90	95~90
壤土	砂壤土	10~20	10~20	10~15	90~80	90~80	90~85
	轻壤土	20~30	20~30	15~20	80~70	80~70	85~80
	中壤土	30~40	30~45	20~30	70~60	70~55	80~70
	重壤土	40~50	45~60	30~40	60~50	55~40	70~60
黏土	轻黏土	50~65	60~75	40~50	50~35	40~25	60~50
	中黏土	65~80	75~85	50~65	35~20	25~15	50~35
	重黏土	>80	>85	>65	<20	<15	<35

3. 不同质地土壤的农业生产性状 土壤质地是土壤的基本性状之一，是决定土壤透水性、保水性、保肥性、供肥性、通气性、导热性和耕性等各项性能的重要因素，不同质地土壤的农业生产性状表现不同，在利用上也有差异。

(1) 砂土类。砂土类的特点一是通气透水性好，保水性能差。土壤抗旱能力弱；二是养分含量少，保肥性差，施肥见效快。有机质分解快，养分易流失。施用化肥后，肥效迅速，因此一次使用化肥的数量不宜过多；三是土温变幅大。升温降温容易，早春土壤温度回升较快，利于作物早生快发，故有“热性土”之称；四是耕作性能好。耕作省力，宜耕期长，耕作质量好；五是“发小苗而不发老苗”。砂质土通气好，土温高，土质疏松，扎根容易，作物出苗早、齐、全；因养分含量低，易造成作物中后期脱肥、早熟、早衰；六是有毒物质积累少。

(2) 黏土类。特性与砂土类相反，其特点一是通透性差，保水性能好。土体排水不畅，

易造成
被土壤
慢，不
时黏犁
土黏重
象严重
量；六
(
壤质地
苗又发
4.
(
状况与
能力得
6
比较而
后期
壤土
(
黏等不
(
善土
提高
(
肥力。
可先
(
中所
(
土层
还能
二
(
微生物
正在
统计

透性
黏结不同
名称、
物理地分
将土

易造成涝害；二是养分含量高，保肥性能好，肥效长。有机质分解速度缓慢，施肥后养分被土壤保存，逐步释放被植物吸收利用，肥效时间长；三是土温变幅小。早春土温回升缓慢，不利于植物生长，故有“冷性土”之称；四是耕作性能差。黏结力强，可塑性大，湿时黏犁，干时坚硬，耕作阻力大，宜耕期短，耕作质量差；五是“发老苗不发小苗”。黏质土黏重紧实，通透性差，水多土温低，早春作物播种后出苗晚，苗势弱，并且缺苗断垄现象严重；而到作物生长中后期，水热条件适宜，养分释放快，作物生长旺盛，利于增加产量；六是易积累有害物质。如硫化氢、甲烷等，影响植物生长。

(3) 壤土类。此类土壤砂黏适中，常被称为二合土，是介于砂土与黏土之间的一种土壤质地类别，兼具砂土和壤土的优点。通透性、保蓄性、耕性等均适宜植物生长，“既发小苗又发老苗”，是农业生产上最为理想的土壤质地类型。

4. 不同质地土壤的利用和改良

(1) 不同质地土壤的合理利用。不同作物生长所适宜的土壤条件不同。根据土壤质地状况结合相应的农业生产措施，合理安排作物布局，种植适宜的作物种类，使土壤的生产能力得以充分发挥，这就是因土种植。

砂土出苗好，土质松，易耕作，但比较贫瘠，应种植生长期短的块根、块茎类作物及比较耐旱、耐瘠的作物，如花生、豆类、芝麻、薯类、瓜类、某些蔬菜等；黏土主要考虑后期养分供应多，可安排种植需肥多或生长期长的作物，如小麦、水稻、玉米、高粱等；壤土上适合种植的作物范围较广，除适宜大多数作物生长外，非常适宜果树和蔬菜的种植。

(2) 土壤质地的改良。不同质地的土壤除了合理利用外，对于过砂、过黏、夹砂、夹黏等不良质地的土壤，应采取措施加以改良。

① 增施有机肥料。增施有机肥，提高土壤有机质的含量，可促进团粒结构的形成，改善土壤的黏结性和耕性，协调水、肥、气、热状况，从而弥补土质过砂、过黏的种种缺陷，提高土壤肥力。

② 客土法。即采用砂土掺泥或黏土掺砂的方法，可以改良质地，改善耕性，提高土壤肥力。但此方法需要大量的人力物力，应根据实际情况，有计划地逐年改良。如在果园中可先改良近树区域的土壤质地。

③ 引洪漫淤、引洪漫砂法。沙滩和江河沿岸的砂土或黏土，可引浊流淤灌，利用洪水中所携带的泥、砂，改良质地，加厚土层。

④ “翻淤压砂”、“翻砂压淤”。对于砂土层下不深处有黏土层，黏土层下不深处有砂土层的土壤，可利用深耕翻的方法，将上下层的砂土与黏土充分混合，不仅改良耕层质地，还能改善土体构造。

二、土壤生物和土壤有机质

(一) 土壤生物

土壤中生长、生活着大量的植物、动物和微生物，土壤生物一般是指土壤动物和土壤微生物。

1. 土壤动物 土壤中常见的动物有蚯蚓、蚂蚁、线虫和原生物，它们大多以死的或正在腐烂分解的植物残体为食料。因此，土壤中有机质含量越高，这些动物也就越多。据统计，在温暖条件下，每公顷土壤中的小动物个体可达1200万~20亿个。这些动物对土壤

水地

是
迅
度
耕
根
是

第三章 植物生长的营养调节



学习目标：

1. 掌握植物的营养特性以及合理施肥基本原理。
2. 了解施肥的环节与方法。
3. 了解化学肥料的种类、性质，掌握其科学合理的施用方法。
4. 了解常用有机肥料种类及施用技术。正确理解化学肥料和有机肥料配合施用的意义。
5. 学会肥料混合的计算方法。
6. 懂得测土配方施肥技术的原理和方法。

第一节 植物营养与施肥

在作物生长发育过程中，合理施肥是获得高产优质的基础。科学合理的施肥必须根据作物的营养特性，结合土壤、气候、栽培技术措施等因素进行综合考虑，最大限度地满足作物对各种养分的需要。因此，了解作物的营养特性是进行合理施肥的重要依据。

一、作物的营养特性与施肥

作物从种子萌发到种子形成的整个生育过程中，要经历不同的生长发育阶段。除种子萌发阶段和生长末期根系停止吸收养分阶段以外，其他所有的生育阶段要通过根系从土壤中吸收养分。把作物通过根系从土壤中吸收养分的整个时期，称为作物的营养期。作物的营养期中又包括几个不同的营养阶段，各阶段对营养元素的种类、数量和比例等方面有不同的要求，这就是作物营养的阶段性的。

（一）作物不同生育阶段的营养特点

在作物营养期中，总是在不间断地吸收养分，不同生育时期中作物对养分的吸收数量、浓度和比例有不同的要求；不同作物吸收养分的规律也各不相同。作物吸收养分的一般规律是：生长初期吸收养分的数量和强度都很低，随着生育进程的推移则逐渐增加，到成熟又趋于减少直至停止吸收。

（二）作物吸收养分的关键时期

在作物营养期中，有两个对作物产量影响极为关键的时期，一个是作物营养临界期，另一个是作物营养最大效率期（也叫强度营养期）。

1. 作物营养临界期 在作物生长发育过程中，常有一个时期对某种养分要求的绝对数量虽然不多，但是很迫切，此时如果不能满足作物对该养分的要求，所造成的损失即使以



后补施也难以弥补，这个时期称为作物营养临界期。
 营养临界期一般多出现在作物生长的初期，即从种子营养向土壤营养转变的过渡时期。不同作物对同种营养元素及同一作物对不同营养元素的临界期各不相同，如大多数作物对磷的临界期均早于氮素，几乎都在幼苗期；如冬小麦是在三叶期；玉米则在五叶期前；棉花在二、三叶期。

由于作物临界期需肥的绝对数量较少，因此，在高水肥地块，通常不施肥也能满足幼苗正常生长对养分的需要；而对于肥力低下的地块，则需要适当地施用种肥，以弥补土壤养分的不足。

2. 作物营养最大效率期 在作物生长发育过程中还有一个时期，对养分要求的绝对数量最多，吸收的速率最快，这一时期叫做作物营养最大效率期。此时施用的肥料在生产上能够发挥其最大的增产效益。

作物营养的最大效率期一般出现在作物营养生长的旺盛时期或营养生长与生殖生长并进时期。作物种类不同，营养最大效率期也不相同，如氮素的最大效率期，玉米是在大喇叭口到抽雄初期；水稻在分蘖期；棉花在盛花到始铃期；小麦在拔节到抽穗期。此时，作物吸收养分数量多，速度快，仅仅依靠土壤养分供应已不能满足作物生长的要求，应该及时追肥加以补充。农业生产上强调施用小麦拔节肥，玉米的大喇叭口肥，棉花的花铃肥，水稻的穗肥等，就是为了获得较好的增产效果，抓住作物营养的最大效率期这一有利时期适当追肥，以满足作物生长发育的需要。

作物的营养临界期和营养最大效率期是作物生长的两个关键施肥时期，在这两个时期如能保证充足的养分供应，对作物丰产有着十分重要的意义。但必须指出的是，由于作物各个阶段连续不断地从土壤中吸收养分，前一阶段的营养状况，直接影响下一阶段的作物生长和施肥效果。因此，除重视关键时期施肥外，还应注意作物营养的连续性，以利于作物生长和产量的提高。

(三) 作物吸收养分的比例与肥料的配合施用

作物一生需要吸收各种养分。各种养分在作物生长过程中的生理作用是不可互相替代的。不同作物、同一作物的不同生育时期，吸收 N、P₂O₅、K₂O 的数量各不相同，同一种作物，不同品种间吸收养分数量也有差异。此外，作物吸收养分的数量还受外界环境条件的影响，如土壤、施肥、灌溉等影响。但就同一种作物而言，每形成一定的经济产量所吸收养分的种类、数量及其相对比例大体上是一致的（如表 3-1）。

表 3-1 每形成 100kg 经济产量吸收氮、磷、钾的大致数量 (kg)

作物	收获物	氮 (N)	磷 (P ₂ O ₅)	钾 (K ₂ O)
水稻	籽粒 (风干重)	1.60 ~ 2.60	0.80 ~ 1.30	1.80 ~ 3.20
小麦	籽粒 (风干重)	2.80 ~ 3.20	1.00 ~ 1.30	2.00 ~ 4.00
玉米	籽粒 (风干重)	2.50 ~ 2.70	1.10 ~ 1.40	3.20 ~ 3.80
甘薯	薯块 (鲜重)	0.35 ~ 0.42	0.15 ~ 0.18	0.55 ~ 0.62
马铃薯	薯块 (鲜重)	0.35 ~ 0.55	0.20 ~ 0.22	1.06 ~ 1.20
棉花	皮棉	7.00 ~ 8.00	4.00 ~ 6.00	7.00 ~ 15.00

作物
大豆
花生
苹果 (国光)
葡萄 (玫瑰香)
大白菜
胡萝卜

从表中数据粒，吸收氮 (N) 显高于氮 (是油料作物需磷量意磷、钾营养的了解作物钾三要素按照产作用，提高达到优质高产除氮、磷性地 进行补充

(四) 作物

1. 根部

(1) 根离子态养分是 H₂PO₄⁻ 等；氨基酸、磷酸后，才能被

(2) 土

吸收方式称过扩散和质土壤中液浓度高时能够促进作

(3) 根

过程。一般响根系对养

2. 作物

续表

作物	收获物	氮 (N)	磷 (P_2O_5)	钾 (K_2O)
大豆	籽粒 (风干重)	5.00 ~ 5.55	1.50 ~ 1.80	2.00 ~ 2.50
花生	荚果 (风干重)	4.00 ~ 6.40	0.90 ~ 1.10	2.00 ~ 3.40
苹果 (国光)	果实 (鲜重)	0.30	0.08	0.32
葡萄 (玫瑰香)	果实 (鲜重)	0.60	0.30	0.72
大白菜	叶球 (鲜重)	0.19	0.09	0.34
胡萝卜	根 (鲜重)	0.24	0.08	0.57

从表中数据可以得出各类作物吸收氮磷钾养分的一些规律。粮食作物每形成 100kg 籽粒, 吸收氮 (N)、磷 (P_2O_5) 和钾 (K_2O) 的比例大致为 3:1:3。薯类作物对钾的吸收量明显高于氮 (是氮的 1.5 ~ 2 倍), 为喜钾作物。棉花、芝麻等纤维类作物, 需钾量也较多。油料作物需磷量较高。大豆、花生等豆科作物, 需要的多数氮素可由根瘤提供, 因而要注意磷、钾营养的供应。

了解作物吸收养分的比例, 对指导合理施肥有重要的意义。在农业生产中, 氮、磷、钾三要素按照一定的比例配合施用, 可使养分供应协调平衡, 充分发挥各种营养元素的增产作用, 提高肥料的利用率, 还可以改善果实和籽粒的品质, 减少作物生理病害的发生, 达到优质高产的目的。

除氮、磷、钾三要素需要按比例供应外, 其他营养元素, 包括微量元素, 也要有针对性地进行补充, 以保证土壤养分的全面协调供应。

(四) 作物对养分的吸收

1. 根部对养分的吸收

(1) 根部吸收养分的形态。根系吸收养分的形态有离子态和分子态两种。其中水溶性离子态养分是植物根系吸收养分的主要形态, 如 K^+ 、 NH_4^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cu^{2+} 、 NO_3^- 、 $H_2PO_4^-$ 等; 有时植物根系也吸收少量分子态有机养分, 主要是一些小分子有机物, 如尿素、氨基酸、磷脂、生长素、维生素等。大部分有机态养分需经微生物分解转化成离子态养分后, 才能被作物吸收利用。

(2) 土壤中养分向根表的迁移。根能够与与之紧密接触的根际土壤中获得养分, 这种吸收方式称为截获。一般根系截获养分不到吸收总量的 10%, 土体中大量养分则主要是通过扩散和质流不断地向根表迁移。

土壤中养分的迁移受土壤中离子浓度、土壤含水量、根系活力及蒸腾率的影响。土壤中离子浓度高、湿度大、根吸收养分能力强时, 扩散速度快、数量多; 蒸腾率大、土壤溶液浓度高时, 质流作用加强, 因此, 施肥时把肥料集中施在根系附近, 改善土壤水分状况, 能够促进作物对养分的吸收, 提高施肥效果。

(3) 根对养分的吸收。养分到达根表后, 进入植物体内, 是一个十分复杂的生物化学过程。一般分为主动吸收和被动吸收两种方式。土壤的温度、水分、通气状况等, 都能影响根系对养分的吸收。

2. 作物的叶面营养 作物除根部可以吸收养分之外, 叶部也可以吸收养分。



将肥料稀释成一定浓度的溶液喷洒到叶面，使之通过气孔和角质层进入叶内。这种通过叶面吸收养分的营养方式称为叶面施肥，也叫根外追肥。以叶面吸收为目的，将作物所需养分直接喷施到叶面的肥料，称为叶面肥。

(1) 根外追肥特点。

- ①直接供应养分，提高养分的有效性。通过叶面直接供应养分，可避免养分与土壤接触，防止土壤对有效性养分的固定。
- ②叶部吸收养分运转快，保证及时供应。如叶面喷施尿素，其见效时间比根部施用要早3天左右。
- ③节省肥料，经济效益高。根外追肥，肥料用量少，施用磷、钾等大量元素，其用量仅为土壤施用量的10%左右。

应当注意的是，由于根外追肥受到施肥数量的限制，因此，根外追肥不能完全代替土壤追肥，只能作为土壤施肥的辅助性手段。

(2) 影响叶面吸收的因素。

- ①作物叶片的性质。双子叶植物一般叶片较大，角质层薄，养分易于渗透，喷施效果较好；单子叶植物则相反。另外，从叶片结构看，喷施于叶背面较易被吸收。
- ②溶液湿润叶片的时间。叶片湿润的时间越长，养分吸收越多。叶片湿润的时间一般保持30min至1h为宜，因此，根外追肥最好选择在无风的傍晚进行效果较好。
- ③喷施的部位与次数。对在作物体内移动性差的磷、铁、铜及不移动的钙等元素，应重点喷在新叶上，并适当增加喷肥次数，以提高施用效果；而对氮、钾等在作物体内移动性好的元素，喷施次数可适当减少。
- ④溶液的浓度与pH。在一定浓度范围内，养分进入叶片的速度和数量，随溶液浓度的增加而增加。在不发生肥害的情况下，可加大溶液浓度，以提高喷肥效果。细胞原生质属两性胶体，喷施阳（阴）离子时，溶液pH调至微碱（酸）性，利于叶片对养分的吸收。
- ⑤溶液的组成。作物对不同肥料的吸收速率各不相同，就氮肥而言，叶片吸收速率为：尿素 > 硝酸盐 > 铵盐；叶片吸收钾肥的速率为：氯化钾 > 硝酸钾 > 磷酸二氢钾。应选择叶片吸收速率高的肥料进行喷施，以提高施用效果。

3. 营养元素之间的相互作用 各种营养元素被植物吸收利用，其相互之间的作用表现为促进和拮抗两个方面。一种养分离子的存在，能够促进作物对另一种养分离子的吸收，或是两种养分离子相互促进的作用，叫做营养元素的促进作用。如氮、磷肥配合施用的效果比单独施用要好，就是二者相互促进的结果；营养元素的拮抗作用是指一种养分离子的存在会减少作物对另一种养分离子的吸收，或是两者相互抑制的作用。如磷、锌之间的拮抗作用，施磷肥过多会影响作物对锌的吸收，而出现缺锌症状。施肥时应注意避免养分离子间的拮抗，充分发挥其相互促进作用，以提高施肥效果。

二、合理施肥的基本原理

合理施肥是培肥土壤、提高产量、改善品质及增加经济效益的重要措施。合理施肥的含义很广，从经济意义上讲，合理施肥包括两方面意思：一是通过合理施肥措施，协调植物对营养元素的需要与土壤供肥的矛盾，从而达到植物高产、稳产、优质的目的；二是用较少的肥料投资，争取获得较高的产量和最大的经济效益，实现降低成本增加收益的目的。

合理施肥的

(一)

养分归
中心内容是
去局限于生
辟广阔的前

运用
程度也不
和高度归
磷、钾肥

(二)

植物
需要的那
受最小养
律就是最

(1)

土壤供给
土壤中某
最少的养

(2)

变化的。
这种养分
成为新

(3)

还会降
我
遍缺氮

钾又相
总

么养分
平衡供

(

报
上的劳
投资所
施肥来
肥料费