

第十三章 植物的理化逆境生理

第一节 干旱胁迫与植物的抗旱性

第二节 涝胁迫与植物的抗涝性

第三节 高温胁迫与植物的抗热性

第四节 冷胁迫与植物的抗冷性

第五节 冻胁迫与植物的抗冻性

第六节 盐胁迫与植物的抗盐性

第七节 环境污染与植物的污染抗性

第三节 高温胁迫与植物的抗热性

一、高温胁迫下植物的生理生化变化

二、植物抗热的生理和发育机制

三、提高植物抗热性的途径



概念

温度胁迫：对植物产生有害效应的过高或过低环境温度。

热胁迫：过高温度对植物产生的有害效应，造成的伤害称为热害。

南方：太阳暴晒；北方：干热风





导致热害的温度因植物种类而异：

阴生植物、水生植物：35℃左右

陆生植物：40℃左右

肉质植物，如仙人掌：60～65℃左右

干孢子、干种子：100℃



热害的症状：

叶片有明显**死斑**；叶绿体破坏严重，叶色变成褐黄；器官脱落；木本植物向阳部分干裂等。



一、高温胁迫下植物的生理生化变化

1. 直接伤害

(1) 膜脂液化

在高温作用下，构成生物膜的蛋白质与脂类之间的键断裂，使脂类脱离膜而形成一些**液化的小囊泡**，从而**破坏了膜的结构**，导致膜丧失选择性与主动吸收的特性。饱和脂肪酸含量高，液化温度高，相变温度也高，耐热性越强。

液晶相→液相

(2)蛋白质变性

高温使分子内能提高，原维持蛋白质4级、3级甚至2级结构的**氢键**，**疏水键**断裂，蛋白质失去空间结构，有的还会引起新-S-S-桥，从而使蛋白质变性凝固。

氢键、疏水键键能较低



2. 间接伤害

(1) 水分代谢失调

蒸腾失水过度

(2) 代谢性饥饿

光合作用的最适温度低于呼吸作用的最适温度，当温度处于**温度补偿点**以上的较高温度的时，**呼吸速率超过光合速率**，造成饥饿，长时间将导致植物死亡。



(3) 有毒物质积累

高温使植物组织内的氧分压降低，使无氧呼吸相对加强，积累**乙醛**、**乙醇**等有毒物质。



(4) 蛋白质合成受阻

一方面高温下蛋白水解加剧，另一方面高温破坏呼吸电子传递和氧化磷酸化解的偶联作用，不能产生ATP，从而使得蛋白合成受阻。

(5) 生理活性物质缺乏

高温导致植物生长所必需的某些生物活性物质不足，引起代谢紊乱。

(如维生素、核苷酸和生物素等)



二、植物抗热的生理和发育机制

植物的抗热性：植物对高温胁迫的适应能力。

通常生长在干燥和炎热环境中的植物，其抗热性高于生长在潮湿和阴暗环境中的植物。

植物在**不同的发育时期**和**植物的不同部位**，抗热性也表现出差异性。



三、提高植物抗热性的途径

1. 培育和选用耐热作物和品种
2. 高温锻炼
3. 改善栽培措施
4. 化学药剂处理



第四节 冷胁迫与植物的抗冷性

一、冷害的表现类型

二、冷胁迫下植物的生理生化变化

三、植物抗冷的生理生化机制

四、提高植物抗冷性的途径



概念：

低温胁迫：对植物产生不利效应的低温。

寒害：植物受低温胁迫造成的**伤害**。



冷胁迫：冰点以上的低温。

冷害：冰点以上低温对植物产生的伤害。

冷害的症状：生长变慢，叶片变色，有时出现伤斑。



一、冷害的表现类型

植物在不同生育期遭遇冷胁迫：

延迟型冷害： 营养生长期遭受低温，使生育期延迟的一种冷胁迫效应。

障碍型冷害： 生殖生长期遭受短时间的异常低温，使生殖器官的生理功能受到破坏，造成不育或部分不育。

混合型冷害： 同时发生延迟型冷害和障碍型冷害。

伤害类别：

(1) 直接伤害

植物受低温影响**几小时**，最多在一天之内即出现伤斑及坏死。由膜结构被破坏而引起的。

(2) 次生伤害

冷胁迫引起的其它胁迫对植物产生的伤害。

如水分亏缺等

(3) 间接伤害

植物在受到低温危害后，至少在**几天之后**
才出现组织柔软、萎蔫。由**代谢失调**引起的。

即低温引起代谢失常、生物化学的缓慢变化而造成的细胞伤害。



二、冷胁迫下植物的生理生化变化

1. 生化反应失调

植株受冷害后，酶促反应失调，水解大于合成，不仅蛋白质分解加剧，而且多种生物大分子都减少。

2. 呼吸代谢失调

植物在**刚受到冷害时**，呼吸速率会比正常时还高，这是一种保护作用。因为呼吸上升，放出的热量多，对抵抗寒冷有利。**时间较长以后**，呼吸速率便大大降低，这是因为原生质停止流动，氧供应不足，无氧呼吸比重增大。

3. 光合作用受阻

低温使叶绿素合成受阻、光合酶活性低，光合速率下降。

4. 原生质流动受阻

冷害使细胞原生质流动明显变慢。这与原生质黏性增加有一定的关系。



5. 根吸收机能减弱

低温下**根生长减慢**，吸收面积减少，细胞原生质粘性增加，流动性减慢，**呼吸减弱，供能不足**，导致植物体内矿质元素的吸收与分配受到限制，同时**失水大于吸水**，水分平衡遭到破坏，导致植株萎蔫、干枯。



三、植物抗冷的生理生化机制

1. 膜脂相变与抗冷性：即在低温的作用下，膜由**液晶相向固相转变**，这种变化称为**膜脂相变**，发生转变的温度称为相变温度。

如果相变引起脂质分子的收缩是**均匀的**，膜面积缩小，分子间排列更紧密，则会**降低膜对水分和水溶性物质的透性**。



如果相变引起膜及组分的收缩不均匀，这将导致机械损伤，使膜产生断裂或裂缝，出现离子和其他可溶性物质的渗漏。

短时间的膜脂相变是可逆，回暖后可恢复正常代谢，随着冷暖时间延长，膜的损伤是不可逆的。



2. 蛋白质构象变化与抗冷性：低温对蛋白质的直接作用是使其分子中的疏水键削弱。

(1) 疏水键的削弱可引起多聚酶解离为亚单位而失活。

(2) 疏水键的削弱引起蛋白质（酶）构象发生变化，尤其是引起活性中心的构象改变，从而影响许多变构酶的活性，导致代谢失调。



3. 活性氧积累与抗冷性

冷敏感植物在冷胁迫下，**活性氧产生增多，消除能力减弱，造成活性氧积累**，进而引起膜脂过氧化和蛋白质（尤其是膜蛋白）的交联、聚合，使细胞膜系统的结构和功能受到破坏，导致细胞受害。



四、提高植物抗冷性的途径

根据植物的抗冷机理，降低膜脂的相变温度，稳定蛋白质结构，消除活性氧，都有利于抗冷性的提高。

1. 抗冷性育种
2. 低温锻炼
3. 化学物质处理
4. 合理施肥



第五节 冻胁迫与植物的抗冻性

一、冻胁迫对植物的伤害效应

二、植物抗冻的生理生化机制

三、提高植物抗冻性的途径



概念：

冻胁迫：冰点以下使植物组织结冰的低温。

冻害：指冰点以下低温对植物造成的伤害。

结冰位置的不同：（胞内 or 胞间）。





紫藤 豆科紫藤属



紫藤 豆科紫藤属

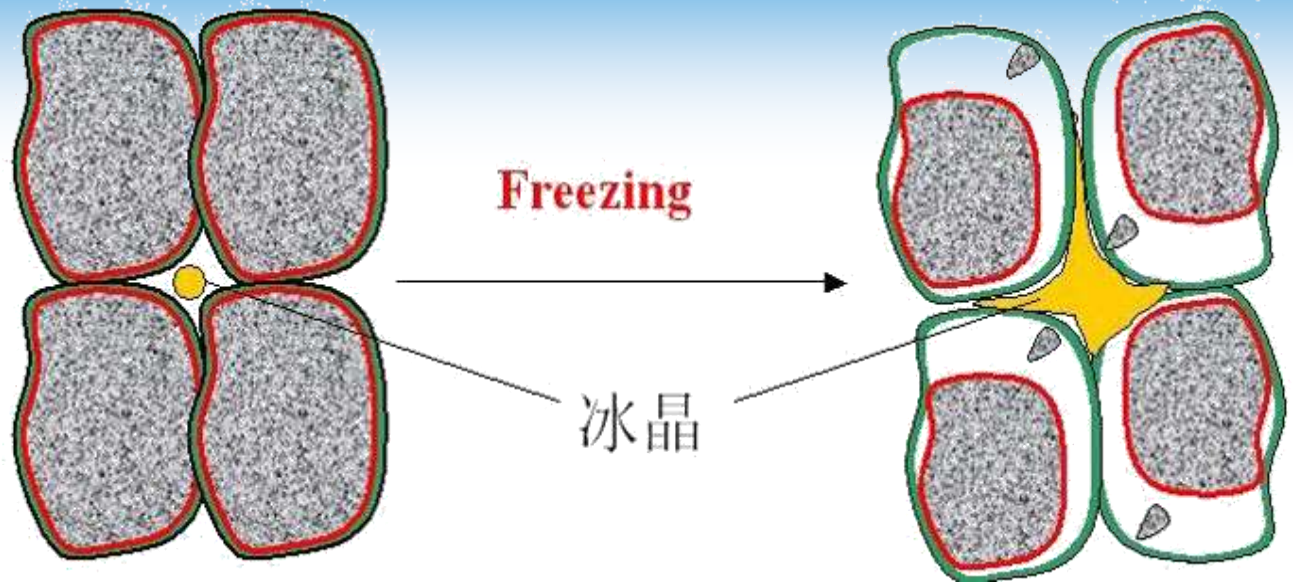


紫玉兰 木兰科木兰属



1) 胞间结冰

2) 胞内结冰



突然降温，导致细胞内外都结冰，结果冰块对原生质、生物膜和细胞器的**直接机械损伤**，破坏细胞内各细胞器按室分工，造成代谢紊乱。

胞内结冰比胞间结冰对细胞的伤害更严重。



大棚内辣椒、草莓受冻严重



青藏高原

小丛红景天



贴梗海棠 蔷薇科木瓜属



樱花 蔷薇科樱属



紫丁香 木犀科丁香属



飘雪四月二十一

紫叶小檗 小檗科小檗属



一、冻胁迫对植物的伤害效应

冻害是由组织结冰而引起的，对植物产生的伤害既有组织结冰的**直接效应**，也有结冰的**间接效应**。

细胞受损的主要机制是**机械损伤**和**细胞脱水**引起的次生伤害。
(冻干)



(1) 结冰的机械伤害

当组织胞间结冰时，**冰晶体积膨大对细胞产生机械损伤**。此外，当温度骤然回升时，冰晶迅速融化，细胞壁容易恢复原状，而细胞质则较慢，易被撕破。



(2) 细胞膜的损伤

膜对结冰最敏感，是冰冻伤害的原初部位。 结冰温度改变膜脂与膜蛋白的正常排列，破坏膜与蛋白质的结合，使膜失去流动镶嵌状态，甚至出现孔道或龟裂，丧失对物质进出的控制能力。

(3) 蛋白质的变性失活

冻胁迫下，蛋白质变性失活是常见现象，其失活的机制可以用疏水键削弱和硫氢基假说解释。

(4) 活性氧伤害

常绿树在冬季长期低温冰冻并伴随强光照射的条件下，可发生光氧化伤害。



二、植物抗冻的生理生化机制

导致植物发生冻害的温度，因**植物种类**、**器官**、**生育时期**和**生理状态**而异。

(1) 过冷作用

植物组织或细胞的冰点往往低于纯水。当温度缓慢降低时，组织的温度可降至冰点以下而不结冰，这种现象称为**过冷作用**。

过冷点的温度随组织、器官、年龄等不同而不同。

(2) 渗透调节作用

经过低温锻炼的植物，体内增加渗透调节物质，降低冰点温度，防止原生质过度脱水，提高抗冻性。

(3) 保护性物质积累，稳定膜和蛋白质结构

经过低温锻炼的植物，体内积累保护性物质、不饱和脂肪酸、逆境蛋白和渗透物质等积累稳定膜和蛋白质的结构，提高抗冻性。

(4) 增强活性氧的消除能力，防止活性氧伤害

三、提高植物抗冻性的途径

1. 抗冻性育种

2. 抗冻锻炼

当冬季寒潮来临前，随气温的降低，植物会发生一系列适应低温的生理生化变化，从而形成植物的抗冻性，这种在寒潮来临前，随气温降低，植物逐渐形成抗冻能力的过程，称为**锻炼**，其生理生化变化主要有以下几方面。

3.化学调控

在冰冻到来之前，用生长延缓剂，矮壮素（CCC），比9（B₉）、多效唑（PP333）、烯效唑（S3307）处理可提高植物的抗冻性。

4.栽培措施

越冬作物应适时播种，促进幼苗健壮、防止徒长，合理施肥，注意提高磷钾肥的比例，提高抗寒性。



第六节 盐胁迫与植物的抗盐性

- 一、盐胁迫下植物的生理生化变化
- 二、植物抗盐的生理生化机制
- 三、提高植物抗盐性的途径



对植物产生不利于效应的土壤中**过多的可溶性盐分**，称为**盐胁迫**，由此对植物**产生的伤害**称为**盐害**。

碱土：以 Na_2CO_3 (纯碱)和 NaHCO_3 (焙用碱)为主。

盐土：以 NaCl 和 Na_2SO_4 为主。

一般盐土含盐量在0.2%~0.5%时就已对植物生长不利，而盐土表层含盐量往往可达0.6%~10%。如果能提高作物抗盐力，并改良盐碱土，那么这将对农业生产的发展产生极大的推动力。

苏干湖边的盐碱地



一、盐胁迫下植物的生理生化变化

- (1) 吸收水分能力下降
- (2) 产生离子胁迫
- (3) 膜选择透性改变
- (4) 光合作用下降
- (5) 呼吸作用不稳
- (6) 改变蛋白质合成
- (7) 积累渗透物质
- (8) 积累有害物质
- (9) 激素水平的变化



二、植物抗盐的生理生化机制

植物对盐分过多的适应能力称为**抗盐性**，在生理层面上，植物的抗盐机制可分为**避盐性**和**耐盐性**。

（一）植物避盐的生理生化机制

（1）拒盐 一些植物对某些盐离子的透性很小，在一定浓度的盐分范围内，根本不吸收或很少吸收盐分。也有些植物（如芦苇）拒盐只发生在局部组织。

(2) **排盐**：也称泌盐，指植物将吸收的盐分主动分泌到茎叶的表面，而后被雨水冲刷脱落，防止过多盐分在体内的积累。

(3) **稀盐**：指通过吸收水分或加快生长速率来稀释细胞内盐分的浓度或者通过细胞的区域化作用将盐分集中于液泡，使水势下降，保证吸水。

(4) **隔离盐**：有些植物吸收 Na^+ 和 Cl^- 等离子积累在液泡中使盐分与细胞质溶胶和其他细胞器隔离，避免离子胁迫。

红树 红树科红树属



在世界的**热带亚热带地区**，一些生长在陆地的**有花植物**，进入海洋边缘后，经过极其漫长的演化过程，形成了在**潮间带**生长的红树林



“呼吸根” 以助空气的渗入。
湿地的特色植物,**抵御海浪冲击**

树叶里面含有各种各样的**排盐腺**、**泌盐结构**等，能够将植物体内过多的盐份排出体外。



拍摄于：
海南省东寨港红树林自然保护区

(二) 植物耐盐的生理生化机制

耐盐：植物在盐分胁迫下，通过自身生理代谢变化来适应或抵抗进入细胞的盐分危害。

(1) 渗透调节：通过细胞的渗透调节以适应由盐渍而产生的水分逆境。植物耐盐的主要机理是盐分在细胞内的区域化分配。植物可将吸收的盐离子积累在液泡里；植物也可通过合成**可溶性糖、甜菜碱、脯氨酸等渗透物质**，来降低细胞渗透势和水势，从而防止细胞脱水。

(2) 维持营养元素平衡：有些植物在盐渍时能**增加对 K^+ 的吸收**，有的蓝绿藻能随 Na^+ 增加而加大对N的吸收，所以它们在盐胁迫下能较好地保持营养元素的平衡。

(3) 改变代谢类型：盐胁迫对植物的直接效应是水分亏缺和离子胁迫。一些盐生植物和甜土植物具有一定的代谢调节能力以适应这些胁迫。



(4) 具有解毒作用：有些植物在盐渍环境下**形成二胺氧化酶**以分解有毒的二胺化合物（如腐胺、尸胺等），防止毒害作用。

(5) 维护膜系统的完整性：耐盐性强的植物细胞膜具有较强的稳定性，从而减小或完全排除盐胁迫对质膜损伤。

(6) 增强活性氧清除能力：耐盐性强的植物具有较强的清除活性氧酶活性和较高含量的抗氧化物质。

三、提高植物抗盐性的途径

- (1) 抗盐育种：**利用杂交育种和分子育种方法，选育抗盐品种，利用离体组织和细胞培养技术筛选鉴定耐盐种质。
- (2) 抗盐锻炼：**种子在一定浓度的盐溶液中吸水膨胀，然后再播种萌发，可提高作物生育期的抗盐。
- (3) 使用生长调节剂：**利用生长调节剂促进植物生长，稀释其体内盐分。
- (4) 改造盐碱土：**通过合理灌溉、增施有机肥、种耐盐的树种（白榆、沙枣、紫穗槐）等方法改造盐碱土。

第七节 环境污染与植物的污染抗性

一、水污染与植物抗性

二、土壤污染与植物抗性

三、大气污染与植物抗性

四、植物在环境保护和污染治理方面的作用





恒大海花岛开盘揽金逾122亿元



环境污染不仅直接危害人类的健康与安全，而且对植物生长发育带来很大的危害，如引起严重减产。

污染物的大量聚集，可以造成植物死亡甚至可以破坏整个生态系统。

环境污染可分为：**大气污染、水体污染、土壤污染、生物污染**



一、水污染与植物抗性

（一）水污染对植物的效应

水体污染物 { 金属污染物（重金属、盐类等）
有机污染物（洗涤剂、酚类化合物、
氰化物、有机酸、含氮
化合物、油脂、漂白粉、
染料等）

效应：

1. 土壤性质可能改变；
2. 植株生长受阻，矮小，叶色变黄；
3. 根系呈现褐色，逐渐死亡腐烂；
4. 有害物质往往有积累效应。

（二）植物的水污染抗性

植物对水污染有较强的抗性，有机污染进入体内后，经过生化机制转化为有毒物质。

（三）植物在水污染净化中的作用

由于一些植物对水污染有较强的抗性，植物修复已经成为水污染净化的重要手段。

水葫芦、浮萍、金鱼藻及黑藻等有吸收水中酚和氰化物的作用，也可以吸收汞、铅、镉和砷。对已积累金属污染物的水生植物，不能作为饲料和绿肥。

二、土壤污染与植物抗性

土壤污染源来自**水污染、大气污染、工业生产和农业措施**。

以污水灌溉农田，有毒物质沉积于土壤；大气污染物受重力作用或随雨、雪落于地表渗入土壤内；工业废弃物于农田或经过雨水冲刷流入土壤；施用农药和化肥，有毒、有害成分残留土壤。



三、大气污染与植物抗性

大气中的污染物包括各种**气体、尘埃颗粒、农药和放射性物质**等。对植物产生有害效应的主要有：**氧化物、还原物、酸性物、碱性物、有机物质、各种粉尘**等。

（一）大气污染对植物的生理效应

二氧化硫、氟化物、氯气、光化学烟雾

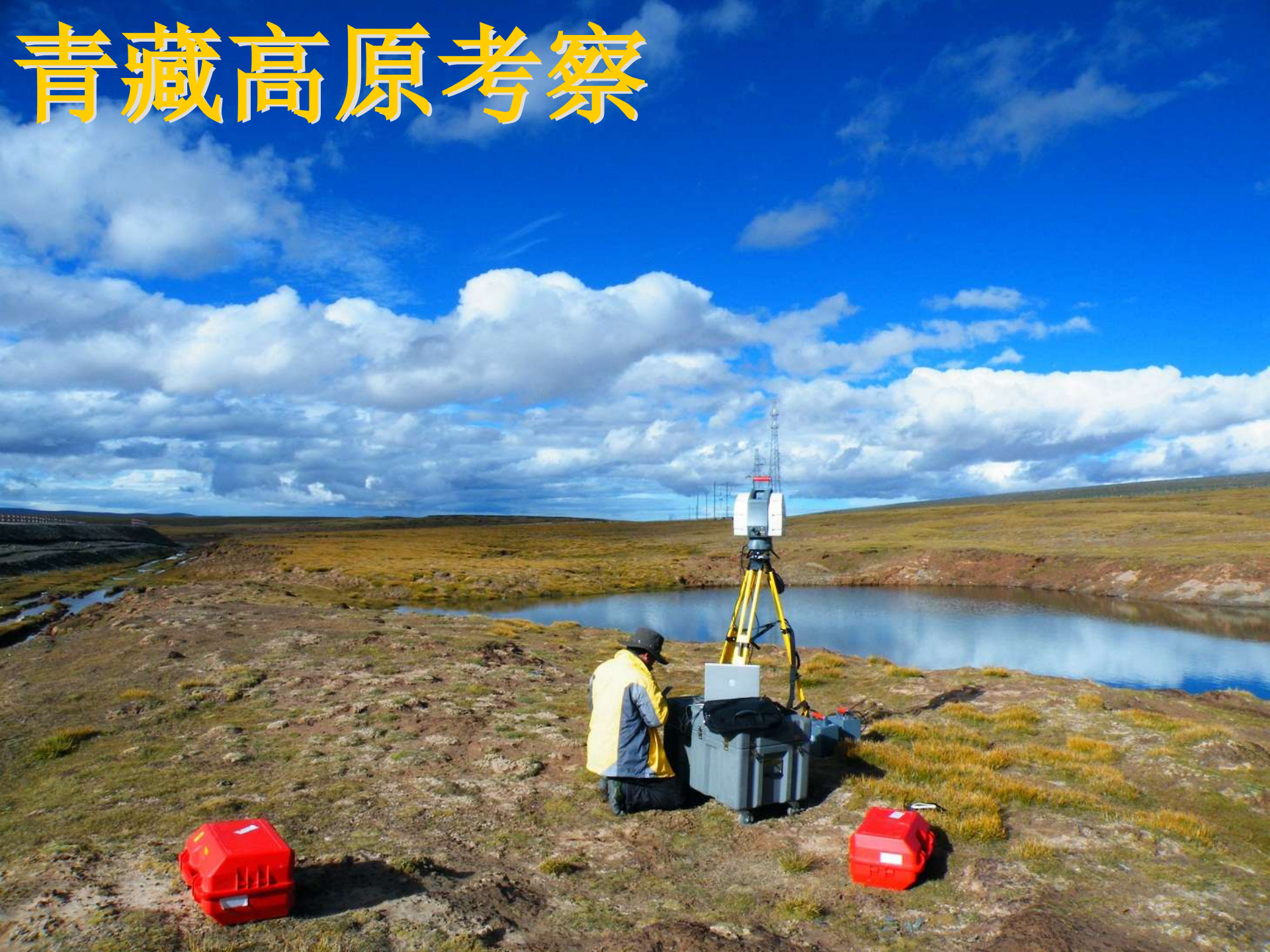
(二) 大气污染危害植物的生理机制

- (1) 较长时间暴露于污染的大气下，植物细胞的膜结构受到破坏，选择透性丧失。
- (2) 妨碍光合电子传递系统，抑制 CO_2 固定和还原。
- (3) 呼吸作用异常，氧化磷酸化效率降低。
- (4) 过氧化物酶活性增强。
- (5) 刺激活性氧和乙烯的产生。

四、植物在环境保护和污染治理方面的作用

- (1) 作为环境污染的指示植物
- (2) 作为大气污染的净化器
- (3) 作为土壤污染修复植物





青藏高原考察











期末考试：

- 1、名词解释：5-10个（10分）
- 2、填空题：30个空（30分）
- 3、选择题：15个（15分）
- 4、判断题：10-20个（10分）
- 5、问答题：5个（25分）
- 6、论述题：2个（10分）

