

# 第一章 植物激素与植物生长调节剂

植物在生长发育过程中，除了要求适宜的温度、光照、氧气等环境条件和需要水分、无机盐、有机物等营养物质外，还需要一些对生长发育有特殊作用的生理活性物质。这类物质的极少量存在，可以调节和控制植物的生长发育及各种生理活动。这类物质称为植物生长物质，包括植物激素和植物生长调节剂。

## 第一节 植物激素

植物激素是植物体产生的内源活性物质，它可以由合成的器官或组织运转到别的器官或组织，在植物体内含量极微，但起的作用很大，参与调节植物的各种生理活动，是植物生命活动中不可缺少的物质。植物的发芽、生根、生长、器官分化、开花、结果、成熟、脱落、休眠等无不受到植物激素的调节控制。植物如果缺少了植物激素，便不能正常生长发育，甚至会死亡。

植物激素主要有如下生理特性：其一，它们都是内生的。是植物在生命活动过程中，接受了特定环境信息诱导而形成的正常代谢产物。其二，它们在植物体内是能移动的。不同的植物激素在植物体内由不同的器官产生，然后转运到不同的作用部位，对生长发育起调节作用。它们的转移速度和方式，因植物激素种类的不同而异，也因植物及器官特性的不同而有所不同。其三，极低的浓度即具有调节功能。它们在植物体

内的含量很低，但对植物的生长发育起着重要的调控作用。

植物激素既能促进植物的生长发育，也可抑制或阻碍植物的生长发育。植物从种胚的形成 种子萌发 营养体生长 开花结实到植株衰老、死亡，都受到植物激素的调控。不同的植物激素具有不同的生理功能，同一激素往往又具有多种生理作用，植物的同一生理过程一般又受多种植物激素的调控。植物激素间既相互促进，相辅相成，又相互对抗，它们共同协调和控制整个植株的生长发育。

目前得到公认的植物激素主要有五大类，即生长素类、赤霉素类、细胞分裂素类、脱落酸和乙烯。此外 科学家也发现了其他一些具有植物激素作用的内源生长调节物质，如油菜素内酯、水杨酸、茉莉酸等。

## 一、生长素

生长素的缩写符号为 IAA，是最早发现、最普遍存在的一类植物激素。从细菌、藻类到高等植物中都有存在。植物体内的生长素含量非常低，在 7 000~10 000 棵玉米幼苗的顶端 只含有 1 微克生长素。从 3 吨花椰菜的叶中，只能提取出 3 毫克生长素。一般植物体内生长素含量约为组织鲜重的十亿分之一至千万分之一。已发现的天然生长素主要是叫吲哚乙酸 此外 还有吲哚乙腈、4-氯吲哚乙酸、苯乙酰胺和对羟基苯乙酸等。生长素在高等植物中分布很广 根、茎、叶、花、果实、种子及胚芽鞘中均有。生长素大部分集中在植物生长旺盛的部位，如胚芽鞘、芽、根的尖端、受精后的子房及幼嫩种子等，而趋向衰老的组织 and 器官中则含量很低。

生长素对植物最明显的作用是促进生长，但是不同组织器官如根、芽和茎对生长素不同浓度的生长反应有较大差别，

三者的最适浓度为茎 > 芽 > 根。生长素对离体的每一器官都有一个促进或抑制生长的浓度范围，在 10 毫克/千克以下茎的生长随浓度的增加而增加，超过 10 毫克/千克生长减慢，高至 100 毫克/千克时则起抑制作用；而对促进根生长的适宜浓度比茎要低很多，其最适浓度为  $10^{-5} \sim 10^{-4}$  毫克/千克，对促进芽生长的适宜浓度则介于茎与根之间，约在  $10^{-3} \sim 10^{-2}$  毫克/千克范围。

除了促进生长的作用外，生长素还具有很强的调运养分的生理效应，即促使光合产物向生长素含量高的部位转移的作用。有试验表明，生长素通过促进从筛管向质外体的卸出过程而增加了糖类向块根、块茎的运输速度。如果提高果实中生长素的水平也相应增加了其代谢活性，提高了对光合产物的需要而促进了果实的膨大。此外，生长素也可以促进细胞分裂、促进生长，维持植株的顶端优势，促进雌花分化以及无籽果实形成等。

## 二、赤霉素

赤霉素的缩写符号为 GA。科学家 1938 年从水稻恶苗病菌中提取出赤霉素结晶，1959 年确定其化学结构。至今已分离和鉴定出的赤霉素有 100 多种，分别写成  $GA_1, GA_2, GA_3, \dots$  等。它们的基本结构是赤霉烷，由于双键和羟基数目及位置的不同，就形成了各种赤霉素。其中  $GA_3$  又叫赤霉酸，是分布和应用都很广泛，且生理活性很强的一种赤霉素。赤霉素在高等植物的根、茎、叶、花、果和种子等器官中都有，尤其在幼嫩的种子等生长旺盛的地方含量更多。赤霉素在高等植物体内虽然普遍存在，但含量很少，不易大量得到。赤霉素结构又复杂，人工合成困难。现农业上应用的赤霉素是通过赤霉菌液

体发酵来提取结晶的。据研究，赤霉素与矮壮素、多效唑等一些生长延缓剂有颉颃作用，外加赤霉素可抵消这些生长延缓剂对植物生长的抑制作用。

赤霉素的生理作用与生长素比较相似，主要是促进细胞生长，但也有独特之处。赤霉素最突出的就是刺激茎的伸长，促进营养生长，而且在一定浓度范围内，随处理浓度的增加，刺激效应也增大，在使植株高度明显增加的同时并不改变节间的数目。赤霉素促进遗传型矮化植株和生理型或病毒型矮化植株的生长，其效果比刺激正常型植株的生长更为显著。赤霉素处理后在最初几天内，生长的加速并不明显，一般在处理后的 5~15 天才呈现出一个明显的生长高峰，高峰出现的早迟因不同植物种类而异，其有效期也因植物种类而不同。

赤霉素的另一个特点是在环境条件不利于生长时，如在低温、干旱、弱光或短日照下往往表现出更好的效果。如在低温和弱光下，赤霉素能打破牧草休眠而刺激生长，牧草的春季生长提前，而秋季停止生长时间也推迟，这对牧草及绿肥植物的栽培具有一定的指导意义。赤霉素对防止番茄的花蕾脱落，在前期温度较低时应用，要比在后期应用的效果更为显著。

赤霉素可代替低温诱导，使需要低温的植物开花（如胡萝卜、甘蓝等）同时还可代替长日照的作用，使一些生长在非诱导光周期下的长日照植物开花。另外，赤霉素还可以代替红光刺激莴苣种子发芽和打破马铃薯的休眠，以及增加葡萄（无核葡萄）的坐果。

### 三、细胞分裂素

细胞分裂素的缩写符号为 CTK。天然的细胞分裂素包括玉米素、玉米素核苷、二氢玉米素、异戊烯基腺苷等 10 余种。

细胞分裂素在高等植物中普遍存在，特别是在进行着细胞分裂的器官 如根尖、茎尖、未成熟的种子、萌发的种子和生长着的果实等含量更高。

细胞分裂素最重要的特点就是促进细胞的分裂。此外，细胞分裂素还能延缓蛋白质和叶绿素的降解，因此可延迟植物的衰老，对某些蔬菜可起到抗衰老、延长贮藏寿命和长途运输中的保鲜作用。细胞分裂素的其他生理效应包括促进芽的萌动 并有利于花芽分化 提高成花率 促进细胞扩大 消除顶端优势，打破种子休眠等。

#### 四、脱落酸

脱落酸的缩写符号是 ABA，是一种抑制植物生长发育和引起器官脱落的物质。它在植物各器官中都存在，尤其是进入休眠和将要脱落的器官中含量最多。脱落酸能促进休眠，抑制萌发 阻滞植物生长 促进器官衰老、脱落等。

诱导气孔关闭是脱落酸的重要生理功能。植物的叶片在不利环境条件下（如干旱、洪涝等）内源脱落酸迅速增加。因此 又称脱落酸为“逆境激素”。在缺水条件下 脱落酸在萎蔫开始后几分钟内大量增加，从而使气孔关闭，减少蒸腾失水，萎蔫失水叶片经一定时间后又可恢复原有的膨压，因而对失水植株起保护的作用。同样，脱落酸在正常条件下也参与了气孔的调节，对维持植株正常的水分状态也有重要的作用。

#### 五、乙 烯

乙烯的缩写符号是 ETH。人们早就知道微量乙烯气体能引起植物形态、生理、生化的变化，并观察到它是促使器官成熟的物质，例如一个成熟的苹果所发散的乙烯，可引起整箱苹

果成熟。但长期以来一直没有明确它是植物激素，直到 20 世纪 60 年代，由于分析技术的进步，特别是利用高灵敏的气相色谱仪，能测出植物体内存在着微量的乙烯，并表现出显著的生理作用，而且证明植物各部分都能产生乙烯并能在植物体内移动，乙烯是植物激素的概念才被确认下来。乙烯是植物的正常代谢产物，在高等植物的根、茎、叶、花、果实、种子和块茎等器官以及细菌、真菌、藻类等低等植物中都普遍存在。

乙烯与果实成熟密切相关，故亦称为“成熟激素”。乙烯还和细胞分裂、种子休眠、性别分化、器官衰老和脱落等生理过程有关。如乙烯可以打破某些种子和芽的休眠，促进凤梨和一些植物开花，促进不定根的形成，诱导次生物质的分泌等。

## 六、其他植物激素

植物体内除上述五大类激素外，还有许多微量的有机化合物，在不同情况下对植物的生长发育表现出独特的调节作用。有的已被称为植物激素，有的则因发现的历史不长，其功能正在研究之中。下面举一些例子。

1. 油菜素内酯 油菜素内酯又叫芸薹素内酯，缩写符号为 BR。油菜素内酯是 20 世纪 70 年代从油菜花粉里发现的。现在已经证明植物界中广泛存在着油菜素内酯及其类似物，据报道已达 40 多种，分布于花、种子、根、茎、叶等器官中，一般以花粉和种子中含量最高。

油菜素内酯的生理效应与上述五大类植物激素相比较，有些方面有近似的作用，某些方面又有协同或对抗作用，被称为第六大类植物激素。

油菜素内酯的生理功能很多。如可显著促进细胞的分裂和组织的增殖，也能刺激不定根的分化和胚性愈伤组织中胚

状体的分化。在植物生殖过程中有重要作用。油菜素内酯是首先从花粉中分离出来的，而花粉又是油菜素内酯含量最丰富的器官。油菜素内酯有促进花粉管生长和调节开花的作用，也可促进坐果，提高产量。油菜素内酯在高浓度时抑制根的产生和生长，但在低浓度时能刺激产生不定根。对绿豆下胚轴有保幼延衰的作用。油菜素内酯还可促进植物的光合作用，提高植物的抗逆性。

**2. 水杨酸** 1763年英国科学家发现柳树皮有很强的收敛作用，可以治疗疟疾和发烧。后来发现这是由于柳树皮中含的大量水杨酸糖苷在起作用，经过许多药物学家和化学家的努力，在医学上便有了著名的阿司匹林的问世。阿司匹林即乙酰水杨酸，在生物体内可很快转化为水杨酸。到20世纪60年代后，人们才逐渐发现水杨酸在植物中的重要生理作用。例如水杨酸能诱导某些植物开花，可诱导烟草和黄瓜等植物对病毒、真菌及细菌等病害的抗性。

水杨酸的缩写符号是SA。现已发现在植物体内水杨酸的分布也很广泛。水杨酸可以诱导植物的生热效应，增强植物对病原菌的抵抗能力，抑制某些植物的顶端生长，促进侧生长，增加分枝数，提高植物抗寒性，还可用于切花保鲜。

**3. 茉莉酸**茉莉酸是广泛存在于植物体内的一类化合物，已发现30多种，缩写符号为JA。

茉莉酸与脱落酸的生理效应有许多相似之处，例如抑制生长，抑制种子和花粉萌发，促进器官衰老和脱落，诱导气孔关闭，促进乙烯产生，抑制含羞草叶片运动，提高抗逆性等等。但是茉莉酸也有不同于脱落酸的许多独特生理功能，效应非常广泛，包括对植物营养生长、生殖生长和物质代谢多方面的调节作用。

## 第二节 植物生长调节剂

### 一、植物生长调节剂的概念

由于植物激素具有广泛、显著的生理效应对植物生长发育的强烈调控作用，从植物激素发现之日起，人们就想将其用于农业生产。但是植物体内天然存在的激素含量甚微，从植物体内提取激素，再应用于农业生产那是很困难的，也是不合算的。于是科学家用微生物发酵的方法浓缩、提取，或用化学等方法合成具有生理活性的物质。有些物质在植物体内不一定存在，其化学性质与植物激素也不一定相同，但具有与植物激素类似的生理效应，也能对植物的生长发育起重要的调节作用。这类人工合成、人工提取的生理活性物质，称之为植物生长调节剂。

植物生长调节剂因其显著、高效的调节效应，已被广泛地应用于大田作物、经济作物、果树、林木、蔬菜、花卉等各个方面。不少研究成果已在生产上大面积推广应用，并取得了显著的经济效益，对促进农业生产起了一定作用。植物生长调节剂的特点之一是只要使用很低浓度（甚至不到百万分之一），就能对植物的生长、发育和代谢起重要的调节作用。一些栽培技术措施难以解决的问题，能通过使用植物生长调节剂得到解决如打破休眠、调节性别、促进开花、化学整形、防止脱落、促进生根、增强抗性等。

植物生长调节剂根据其作用方式可分为许多类型，如植物生长促进剂、植物生长延缓剂、植物生长抑制剂。也可根据作用的对象分为生根剂、壮秧剂、保鲜剂、催熟剂等。

## 二、植物生长调节剂与其他化学试剂的关系

几十年来，植物生长调节剂的应用得到了迅速的发展，为农业生产做出了巨大的贡献。如促进生长、生根用的萘乙酸，打破休眠用的赤霉素，防止衰老用的 6-苄基氨基嘌呤，防止棉花、小麦疯长用的矮壮素，催熟果实用的乙烯利等。同一植物生长调节剂在不同浓度和不同植物器官中可能有不同的作用，如生长素类往往在低浓度下可作为生长促进剂，而在高浓度下又可作为生长抑制剂。像 2,4-滴用低浓度处理时具有促进生根、生长和保花、保果等作用，高浓度时能抑制植物生长；使用浓度再提高，便会杀死双子叶植物，具有除草剂的作用。

植物生长调节剂在农、林、园艺上的应用是多方面的，只要根据植物本身的生理状况，外界环境条件，并与栽培措施密切配合，正确掌握使用时期、浓度、次数和方法等技术，就会取得很好的效果。

值得注意的是尽管植物生长调节剂具有很多生理作用，但它并不能代替植物的营养物质，二者之间存在着根本的区别。植物营养物质是指那些供给植物生长发育所需的矿质元素，如氮、磷、钾等。它们是植物生长发育不可缺少的，直接参加植物的各种新陈代谢活动，或是植物体内许多有机物的组成成分，参与植物体的结构组成。植物的生长发育对营养物质的需要量较大，由土壤供给或施肥补充。而植物生长调节剂不提供植物生长发育所需的矿质元素。它是一类辅助物质，主要通过调节植物的各种生理活动来影响植物的生长发育，一般不参与植物体的结构组成，其效应的大小不取决于其必要元素的含量，植物对它们的需要量很小，用量过大反而会影响其

正常生长发育，甚至导致植物死亡。可见植物生长调节剂与植物矿质营养物质是完全不同的两类物质，二者不能混为一谈。目前市场上销售的有些产品如微肥属于植物营养物质，并不是植物生长调节剂。当然也有一些制剂是将微肥与植物生长调节剂混合在一起的。

此外市场上还有一类产品即生物制剂销售，如增产菌、根瘤菌种等。生物制剂是利用微生物与植物之间的共生关系，相互依赖、互相促进，从而影响植物的生长发育的。生物制剂也不是植物生长调节剂，购买和使用时应注意它们的性质和作用的不同。有些生物制剂里也可能含有植物生长物质，有调节植物生长发育的效应，具有植物生长调节剂的作用。生物制剂本身就是一种微生物，如细菌、真菌等，是有生命的东西，高温、强酸、强碱等不良条件可降低或使其失去生物活性。因此，在贮藏和使用过程中需要特别小心。

### 第三节 植物生长调节剂的应用

自从植物生长调节剂问世以来，在农业生产中得到了广泛的应用，包括粮棉作物、果树、蔬菜、花卉、林木等方面，取得了十分惊人的成果。如将赤霉素用于杂交水稻的制种，调节花期，解决花期不遇问题，可以增产 10%~20%，全国推广面积达 60 多万公顷。多效唑用于水稻秧苗与油菜幼苗，可提高抗性，培育壮苗，推广面积超过 600 万公顷。ABT 生根粉在 300 多种植物上试验，可提高扦插生根率，已在全国推广应用。

#### 一、生长素类物质的应用

生长素类物质促进插枝生根是很有成效的，在园艺、林业

上已普遍应用。当生长素处理插枝基部后，处理部位的薄壁细胞恢复分裂产生愈伤组织，然后长出不定根，促使成活。特别是对不容易生根、成活率低的插枝更为有效。农业上常用的促进插枝生根的人工合成生长素有萘乙酸（NAA）、吲哚乙酸（IAA）、吲哚丁酸（IBA）、2,4-滴等。其中吲哚乙酸易分解，效果不稳定，吲哚丁酸不易被氧化分解，效果好，但价格贵，萘乙酸比较便宜，效果也较好，生产上应用较多。

生长素能促进果实膨大，减少花果脱落。受精前，子房和花粉粒中很少有生长素，受精后，子房内生长素大量增加，刺激子房迅速膨大。人们利用这一作用，对花、果补以外源生长素类物质，可以促使更多的营养物质迅速地输入幼果中，从而加快了幼果生长，减少了脱落。如生产上常用2,4-滴或防落素防止番茄和茄子的落花落果，效果明显。

疏花疏果是果树生产上一项有效技术措施，能改善果实品质、克服大小年结果及保护树势。对苹果、梨、柑橘等使用萘乙酸或吲哚酯等，能疏去一部分花和小果，使留下的幼果发育得更好。

生长素诱导菠萝开花的效果很显著。当菠萝植株长到足够大时，用2,4-滴或萘乙酸处理，能促使其现蕾、开花、结果，成熟一致，同时还能调节采收期、提高产量。

生长素还能抑制发芽。马铃薯收获后过一定的时间会发芽，在发芽处还会产生有毒的龙葵素，影响食用。用萘乙酸甲酯处理，可延长马铃薯的休眠期，防止发芽，不仅有利于长期贮藏，还提高了商品价值。

生长素对细胞分裂与分化也有作用，最典型的是用在组织培养上。为了愈伤组织分化，在培养基中按生长素和激动素的一定比例配合，能诱导出根和芽，逐渐长成植株。

## 二、赤霉素类物质的应用

生产上应用赤霉素来促进植物生长的例子是很多的，如杂交稻制种，用赤霉素促进母本抽穗，提高结实率和调节父母本花期相遇，已成为杂交稻的常规栽培措施。蔬菜、绿肥、牧草、苧麻等使用赤霉素，可以明显促进营养体生长，较大幅度地提高产量。

赤霉素能打破休眠，促进萌发，最有成效的是马铃薯。春天采收、秋天播种的有些马铃薯块茎，因处在休眠期间而难以发芽。用低浓度赤霉素处理，可以打破休眠，促进萌发，从而可提早出苗，延长生育期，增加薯块产量。另外，赤霉素对水稻、麦类、蔬菜、果树、牧草等很多种子也能打破休眠，促进萌发。

果实脱落是由于果柄基部产生离层而引起的，当脱落酸或乙烯含量增加时，果实脱落就会增加。由于赤霉素有拮抗脱落酸、生长素有拮抗乙烯的作用，所以对花或幼果使用赤霉素或生长素，就能防止花或果的脱落。生产上对柑橘、苹果、梨、山楂、枣、核桃等使用赤霉素，能有效地防止落果，提高坐果率，棉花开花时用赤霉素处理花冠，也能提高结铃率；某些有核葡萄开花前用赤霉素浸蘸花序，能使无籽粒增加；新疆无核白葡萄使用赤霉素，能显著增大果粒，提高产量。赤霉素之所以能减少果实脱落及促进果实生长，是因为在果实发育过程中，赤霉素具有调配光合产物的作用，能加速光合产物向果实输送的速度和增加光合产物向果实输送的总量。

对必须经过一定时间低温春化的二年生日照植物，如甘蓝、萝卜、白菜、甜菜等，用赤霉素处理可以代替或部分代替由营养生长转向生殖生长阶段对春化或光照的需要，使长日照植物在越冬前的短日照条件下抽薹开花。这对缩短生育期，

加速繁殖种子颇有意义。此外，瓜类蔬菜在幼苗期使用赤霉素，能诱导多开雄花，这在生产上也是有用的。

赤霉素能刺激淀粉酶形成，促进大麦胚乳内的淀粉水解，这在啤酒酿造工业中很有应用价值。

### 三、细胞分裂素类物质的应用

细胞分裂素类物质最显著的效应就是促进细胞分裂和扩大。试验表明，烟草髓、大豆子叶的愈伤组织和胡萝卜根的韧皮部组织，放在有生长素但没有细胞分裂素的培养基中，生长极少，说明细胞很少分裂；若培养基中在加人生长素的同时又加入细胞分裂素，则细胞迅速分裂，组织块长大。细胞分裂素还可以促使细胞体积加大，主要是使细胞扩大而不是伸长。

细胞分裂素是组织培养中诱导离体组织细胞分裂、调节其分化不可缺少的植物生长调节剂。组织培养时生长素和细胞分裂素的相互作用，控制着愈伤组织上根或芽的形成。当激动素/生长素的比值高时，可诱导芽的形成；两者比值低时，则有利于根的形成；两者比值合理时，则保持生长愈伤组织。由此可知，愈伤组织产生根或芽，取决于生长素和激动素的比值。在芽的分化中，激动素起着重要作用。目前，人们利用这一生理作用，使许多植物的愈伤组织诱导生长成完整的植株。

离体叶片由绿变黄，会逐渐衰老。细胞分裂素具有保持叶片鲜绿和延缓衰老的功能。其原因一方面是细胞分裂素能阻止核酸酶和蛋白酶等一些水解酶的产生，延缓了核酸、蛋白质、叶绿素的降解；另一方面是细胞分裂素不仅阻止营养物质向外流动，而且还能使营养物质向细胞分裂素处理部位移动，从而延缓了衰老。生产上对蔬菜、水果等应用细胞分裂素，能起到防衰保鲜、延长贮藏期和长途运输中防腐烂的作用。

把细胞分裂素直接施用于受抑制的侧芽上，可以使其萌发。如豌豆幼苗第一真叶内的侧芽一般都处于潜伏状态，不生长发育，把激动素溶液滴在第一真叶的叶腋上，则此处的腋芽便发育生长。枣树、泡桐、柳树上发生的丛枝病就是由于病菌侵入树体，产生许多具有细胞分裂素活性的物质，破坏了植物的顶端优势而发育成大量侧枝的。

此外，细胞分裂素还能打破休眠，促进种子萌发，促进花芽形成和开花，控制花器官性别，诱导单性结实，提高瓜果坐果率和促进果实生长，提高植物的抗性等。在生产上应用非常广泛。

#### 四、脱落酸及其他生长抑制物质的应用

以前虽然有人工合成的脱落酸，但其价格昂贵，数量少，应用主要限于实验室小范围的实验研究以及植物组织培养。现在由于已实现了天然发酵的工业化生产，其应用范围正在逐渐扩大。

脱落酸用于浸种、拌种、包衣等方法处理水稻种子，能提高发芽率，促进秧苗根系发达，增加有效分蘖数，促进灌浆，增强秧苗抗病和抗春寒的能力。用于拌棉种，能缩短种子发芽时间，促进棉苗根系发达，增强棉苗抗寒、抗旱、抗病、抗风灾的能力，使棉株提前半个月开花、吐絮。在烤烟移栽期施用，可使烤烟苗提前返青，须根数增加，烟叶产量提高。

脱落酸在油菜移栽期施用，可增强其越冬期的抗寒能力，根茎粗壮，抗倒伏，结荚饱满，产量提高。蔬菜、瓜果、玉米、棉花、药材、花卉、树苗等在移栽期施用，都能提高抗逆性，改善品质，提高结实率。可使玉米苗、小麦苗、蔬菜苗、树苗等度过短期干旱（10~20天）而保持苗株鲜活。在寒潮来临前施用，

可使蔬菜、棉花、果树等安全度过低温期；在植物病害大面积发生前施用，可不同程度地减轻病害的发生或减轻染病的程度。

另外，高浓度的脱落酸表现为抑制生长的效应。可抑制地上部分茎叶的生长，提高地下块根部分的产量和品质。显著降低杂交水稻制种时的穗发芽和白皮小麦的穗发芽，抑制土豆在贮存期发芽，抑制茎端新芽的生长。此外，还有控制花芽分化、调节花期、控制株型等生理活性。

目前生产上还有许多类似于脱落酸生理效应的调节剂被广泛应用，这些大多是人工合成的生长抑制物质，这一类化合物种类很多，作用机理也各不相同，根据它们的抑制作用方式大体分为两大类。一类是生长抑制剂 如青鲜素、增甘膦、三碘苯甲酸等，植物使用这类化合物后，对植物顶端有强烈的破坏作用，能使顶端停止生长，失去顶端优势，并且其作用不为赤霉素所逆转。另一类是生长延缓剂，如矮壮素、比久、助壮素等，植物使用这类化合物后，不抑制植物顶端部分生长，而是对茎部亚顶分生组织区的细胞分裂和扩大有抑制作用，使节间缩短，植株矮小紧凑，但对节数、叶片数目及顶端优势保持不变，其效应可被赤霉素所逆转。

## 五、乙烯的应用

乙烯虽然结构简单，但由于是气态物质，使用不方便，所以生产上常用的是施用后可释放出乙烯的试剂，如乙烯利。

果实成熟过程中要发生许多变化，包括果皮变色（叶绿素分解 类胡萝卜素和花青素形成）果肉变软 糖分增加 酸度和涩味减少 香味产生等。在这些变化过程中 有很多果实 如香蕉、苹果、梨等 会出现一个呼吸增强的现象 称为“呼吸峰”

或称“呼吸跃变期”在果实呼吸峰到来之前使用乙烯利会加快呼吸峰的到来，从而加快了果实成熟，这是乙烯利常常用于促进果实成熟的原理。当然，人们也用一些抑制乙烯生成的调节剂来达到延迟果实成熟或者切花保鲜等目的。

植物叶、花、果的脱落与乙烯密切相关。使用乙烯的释放剂乙烯利能引起落叶、落花和落果。根据这一作用，人们成功地将它应用于农业生产。如用乙烯利作为麻类、棉花的脱叶剂 茶树的疏花剂 梨、桃的疏果剂 枣果、山植的采前落果剂等。

橡胶树乳胶的排泌受乙烯的影响。用乙烯利涂橡胶树的割切面，可刺激次生物质排泌。特别是对低产实生树，增产效果尤为显著，这一措施已在我国南方橡胶园采用。此外，乙烯利对漆树、松树、安息香树、吐鲁香、印度紫檀等经济植物也有刺激其次生物质排泌的作用，增产效果也都很显著。

黄瓜等是雌雄同株异花植物，在花芽形成前，具有雌蕊和雄蕊两种性别的原基，容易受外界环境条件的变化而产生不同性别的花。试验表明 对黄瓜、瓠瓜、南瓜、甜瓜等作物 在幼苗期喷洒乙烯利，可诱导雌花形成，增加结瓜数。配合充足的肥水条件，增产效果极为显著。

菠萝使用乙烯利，能促进现蕾开花，提前结果采收，缩短生育期，实现菠萝当年种植当年收获。利用不同时期处理，可控制采果期，有利于调节市场供应和安排罐头加工。在菠萝产区已大量应用，其效果比过去用的萘乙酸、2,4-滴和电石等都好。

利用乙烯对植物细胞具有抑制纵向生长和促进横向生长的作用，对一些植物使用乙烯利，可起到控制植株高度，培育壮苗的效果。如后季稻秧苗的秧龄长、植株高、素质差 使用乙

烯利后能延缓植株伸长生长，促进分蘖，达到培育矮壮秧，提高素质的目的。

利用杂交优势能大幅度提高农作物产量。为了减少去雄手续和克服利用雄性不育系制种必须三系配套的困难，使用化学杀雄是很有价值的。据研究，小麦孕穗期使用乙烯利，能使花粉皱缩、畸形，花粉粒中因没有淀粉或者淀粉很少而失去活力，去雄效果明显。由于雌蕊的抗药性比雄蕊强，因而在适宜的乙烯利浓度下，能达到化学杀雄的目的。

乙烯利还对水稻、花生、油菜、草莓等植物的种子以及多种植物的块茎、鳞茎、球茎的休眠芽，有打破休眠、促进萌发的效果。

## 第四节 植物生长调节剂与生产条件的关系

### 一、与环境条件的关系

植物生长调节剂的效果与温度、湿度和光照等外界环境条件有着密切的关系。

1. 温度在一定温度范围内，植物使用植物生长调节剂的效果，一般随温度升高而增大。这是因为温度升高会加大叶面角质层的透性，加快叶片对植物生长调节剂的吸收。同时温度较高，叶片的蒸腾作用和光合作用较强，植物体内的水分和同化物质的运输也较快，这也有利于植物生长调节剂在植物体内的传导。所以，当叶面喷洒时，夏季往往比春季或秋季效果要好。比如在防止番茄落花使用防落素时，早春温度较低，在 20℃ 以下，使用浓度为 50 毫克/升 效果好，且无药害。到 4~5 月份 温度上升到 20℃~30℃，防落素的使用浓度下降到