

第七章 植物基因表达和细胞信号转导

第一节 基因表达

第二节 细胞信号转导



植物体代谢和发育受控于遗传信息及环境因子。

种瓜得瓜种豆得豆



植物生活在多变的环境中，生活环境对其的影响贯穿植物体的整个生命过程。



科技学院





www.mahua.com

www.mahua.com



第一节 基因表达

一、基因的结构

基因是一个含有**特定遗传信息**的核苷酸系列，它是遗传物质的最小功能单位。







卵细胞

乳腺细胞

去核

取核

植入

重组卵细胞

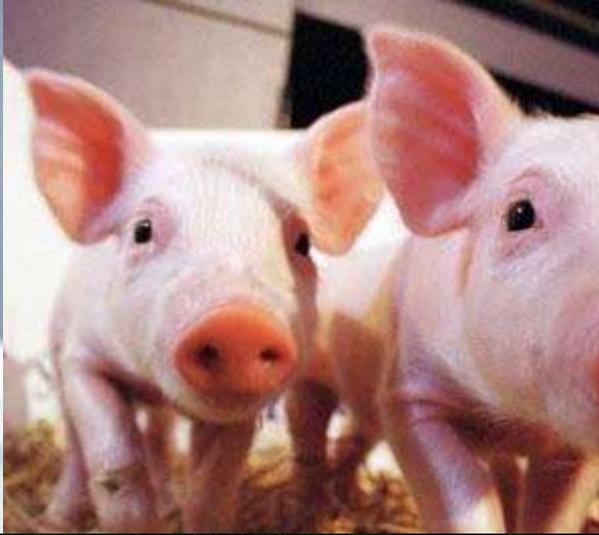
体外培养成早期胚胎

胚胎发育

母羊C

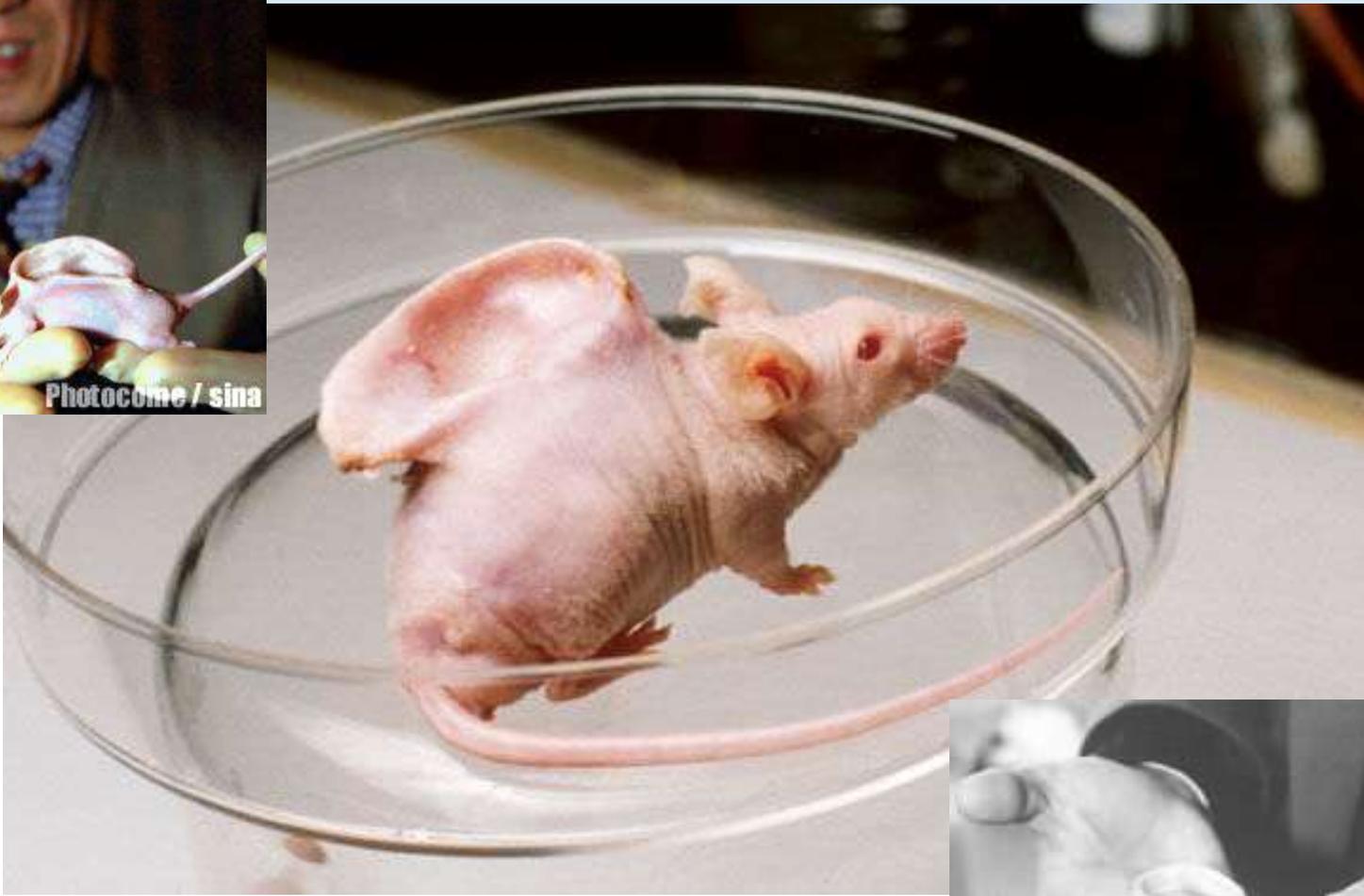
克隆羊 多利





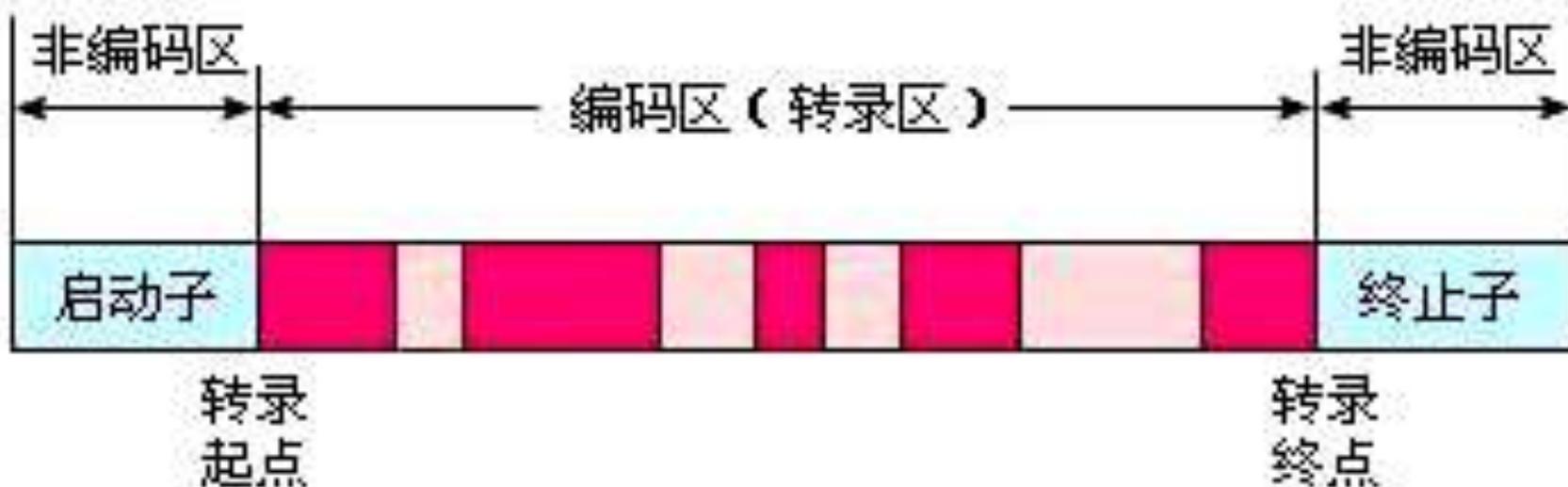


Photocome / sina



基因=控制系列+转录系列

启动子 增强子 外显子 内含子



■ 示外显子

■ 示内含子

基因序列



种瓜得瓜 种豆得豆

基因

AA

Aa

aa



性状

双眼皮

双眼皮

单眼皮

基因与性状的关系（以人的眼睑为例）

(一) 启动子和增强子

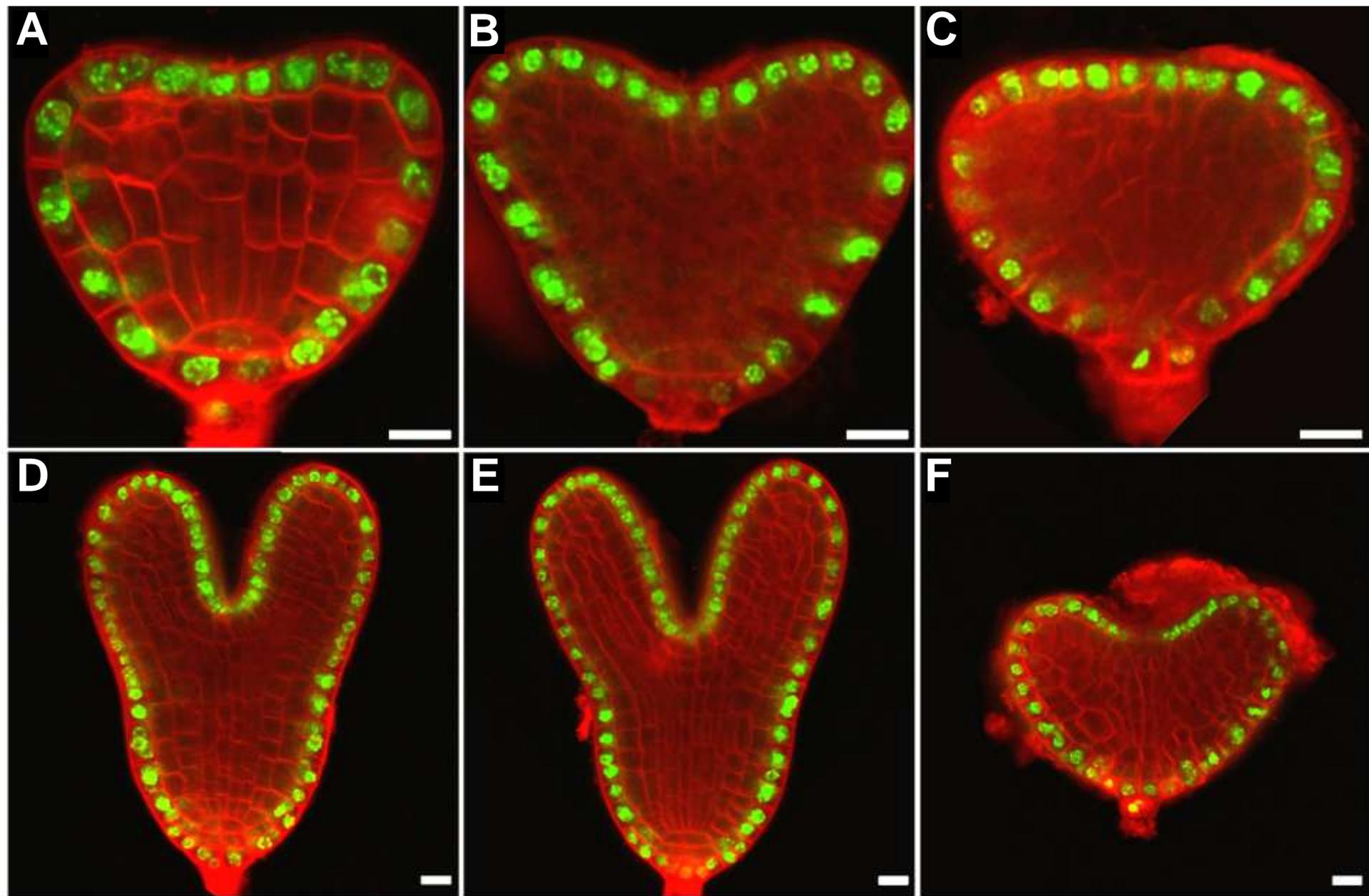
植物基因的表达受到严密控制，有**时间性**（生物的发育阶段、生长季节等）和**空间性**（不同的器官、组织和细胞）。

启动子：控制基因时序性表达的关键元件。

时序性——何时何处

一般位于基因转录起始点的上游





Col-0

Progeny from *serk1/+ serk2 serk3*

增强子：能够极大地增强基因转录效率的一段DNA系列

可以在转录区的上游或下游

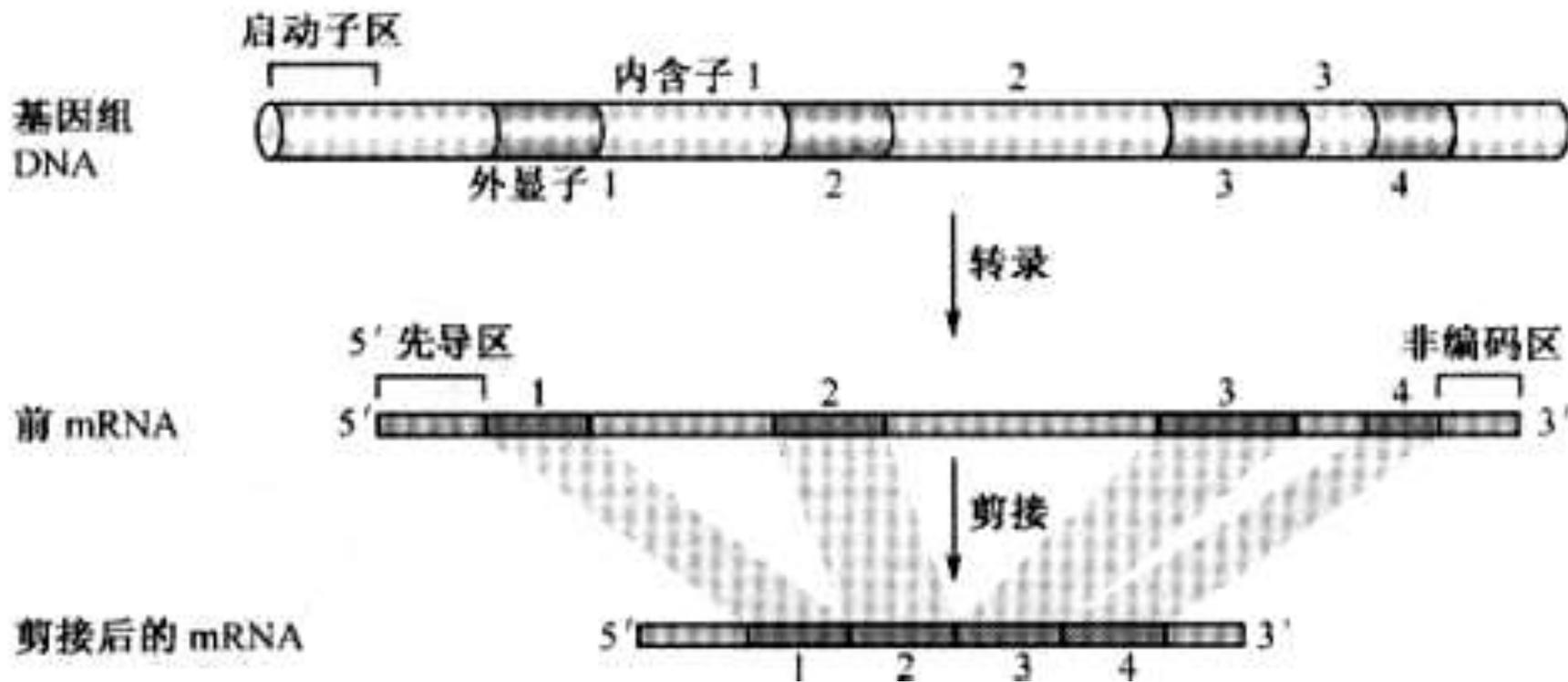


(二) 外显子和内含子

植物基因的转录是**不连续**的间隔系列。

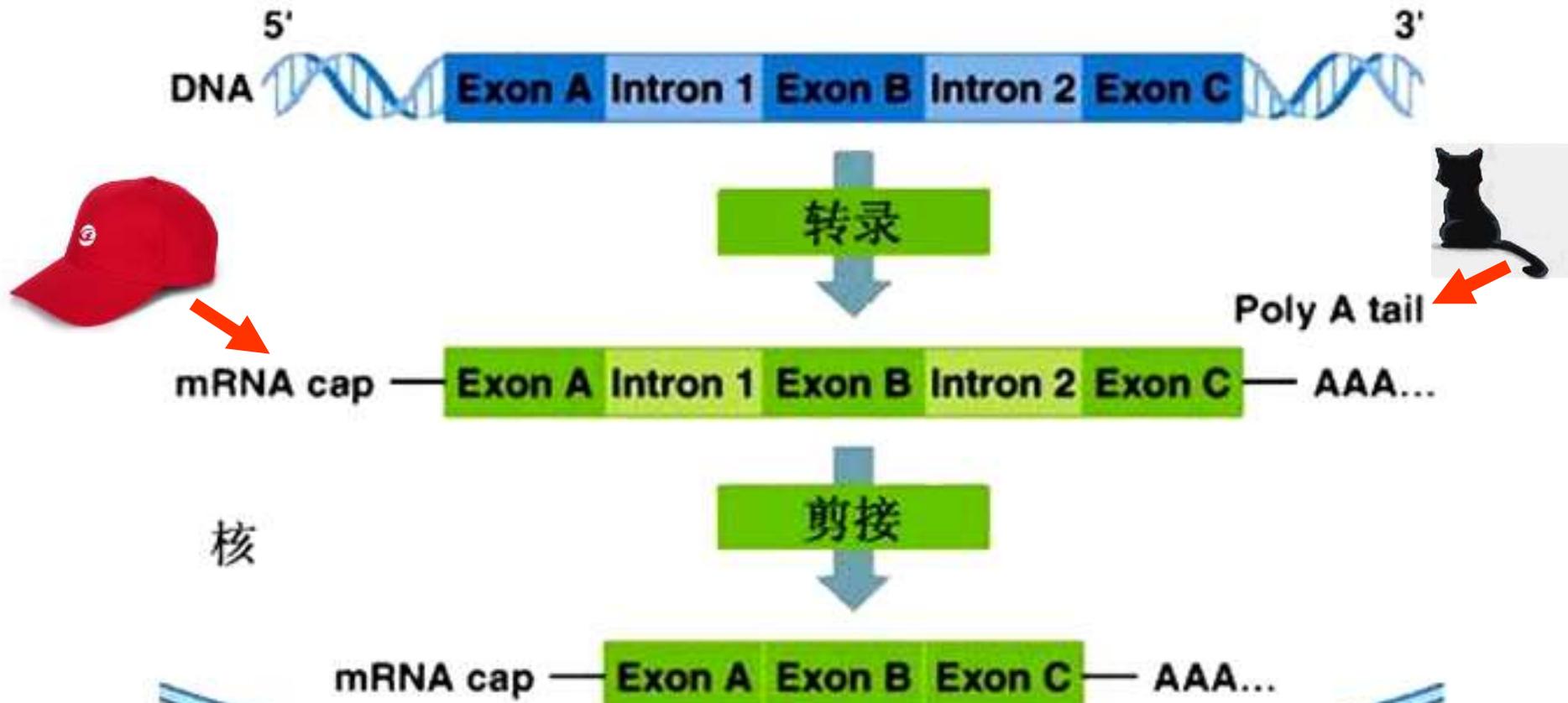
外显子：基因序列中编码氨基酸的部分。

内含子：不编码氨基酸的部分。



(三) 5' 端帽子结构和3' 端加尾信号

5' 端帽子和3' 端尾巴poly (A)都是在基因被转录成RNA之后加上去的



(三) 5' 端帽子结构和3' 端加尾信号



(保护 识别)

5'帽子功能:

- ①加帽的RNA对核酸酶的抵抗性增强;
- ②核糖体的识别部位;
- ③加帽的RNA更容易被转移到细胞质。



(稳定性 可转移性)

3' 尾巴, 由6个非常保守的碱基AAUAAA构成。

它对RNA的**稳定性**和**可转移性**有很大的作用。



启动子：控制时序性——何时何处

增强子：增强基因转录效率——扩音器

外显子：基因序列中编码氨基酸的部分。

内含子：不编码氨基酸的部分。

mRNA



二、基因表达调节

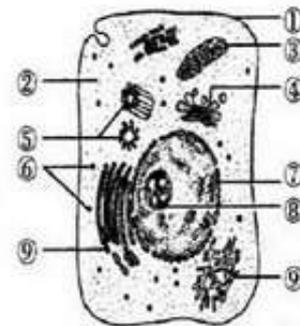
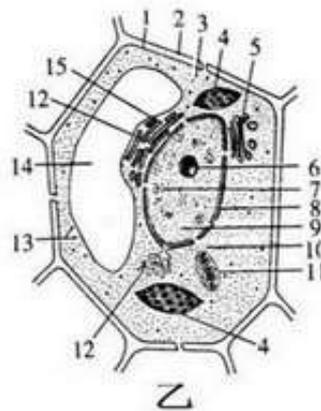
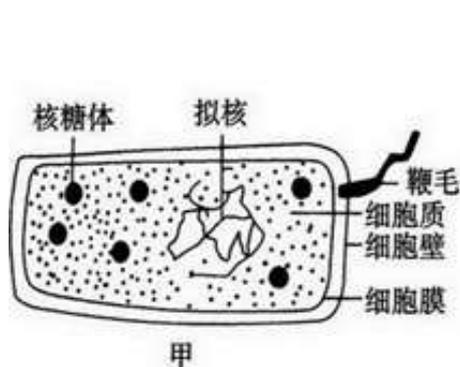
(一) 基因表达的过程

基因表达=转录(DNA→RNA)+翻译(RNA→蛋白质)

原核细胞中，基因表达是一个连续的过程，几乎在基因被转录的同时，mRNA的翻译就已经开始。

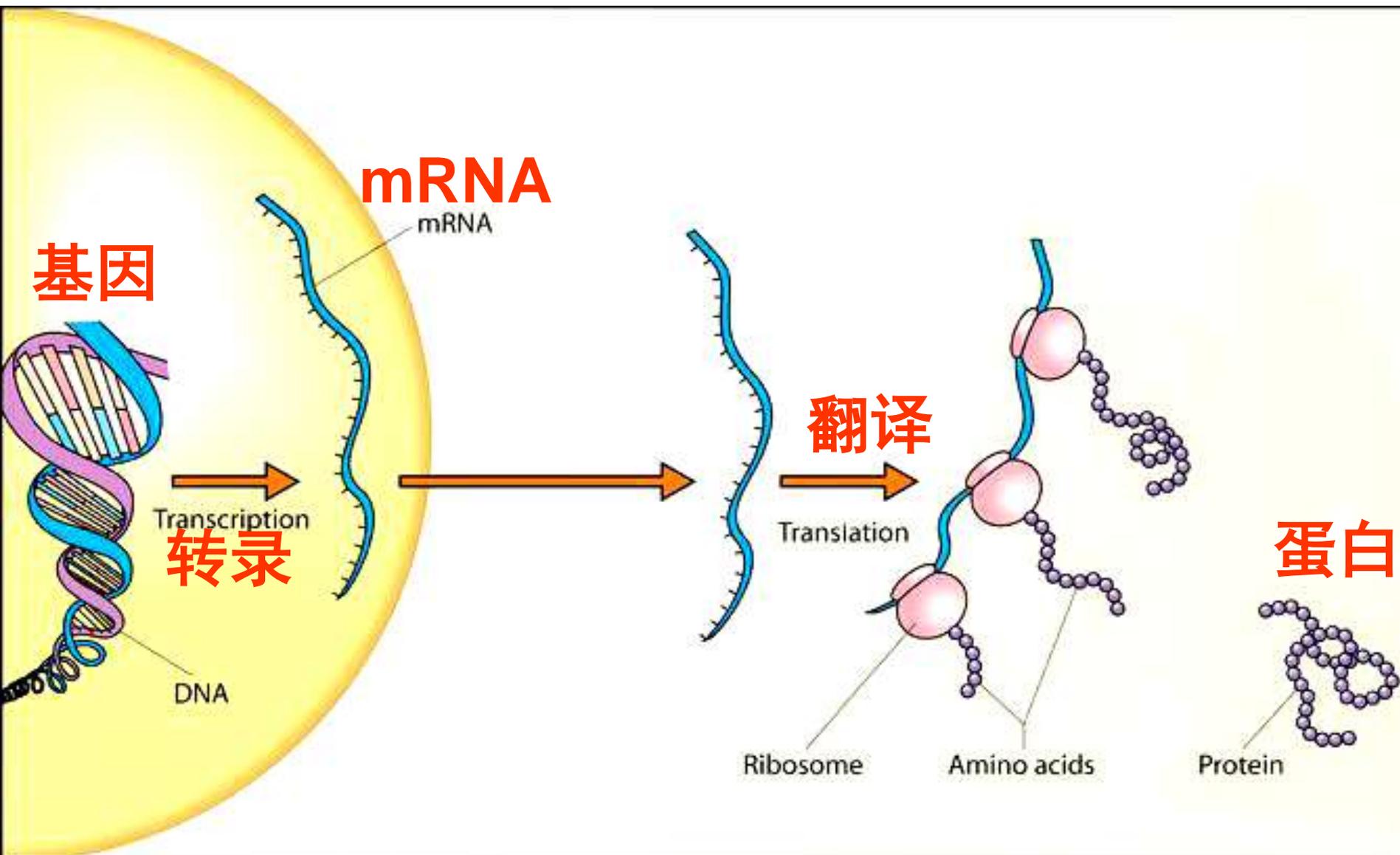
真核细胞中，基因的转录发生在细胞核中，而mRNA的翻译在细胞质中进行。

原核：
无细胞核

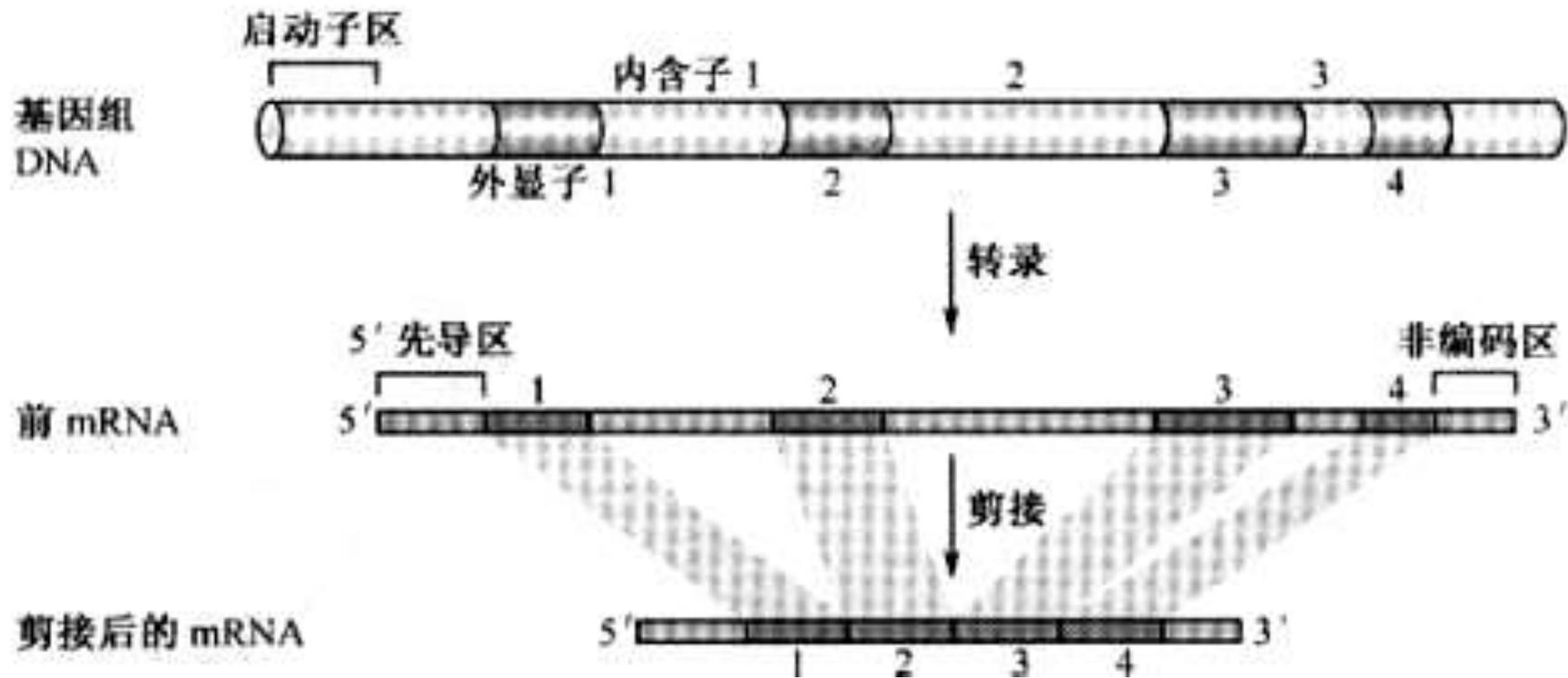


真核：
有细胞核

基因表达=转录 (DNA→RNA) + 翻译 (RNA→蛋白质)



mRNA剪接



(二) 基因表达的调节

基因表达的调节: 基因水平+蛋白水平
(如转录调控) (如蛋白质降解)

通过大量特定的顺式作用元件和反式作用元件的参与

包括启动子、
增强子

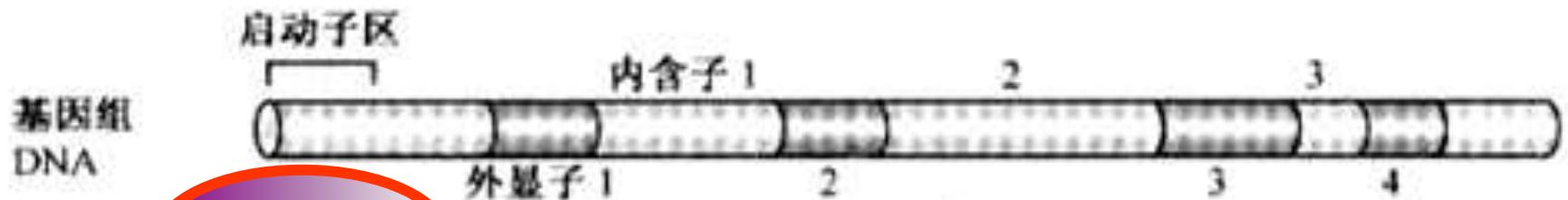
转录因子



基因水平

顺式作用元件： 转录因子的结合位点，通过与转录因子相互作用而调控基因的表达。

反式作用因子： 也称为转录因子，是与基因的顺式元件相互作用的蛋白质因子。



转录因子



反式作用因子根据其作用可分为三类：

(1) **通用型转录因子**：细胞中普遍存在且所有基因转录必需的一类反式作用因子。这类转录因子对基因没有选择性，它的存在会增加所有基因的转录速率。

广谱性

(2) **组织特异性反式作用因子**。在特定的组织中大量地表达，只能调节特定的基因表达，导致植物基因表达在不同组织中存在差异。通常与发育调控有关。

组织特异性



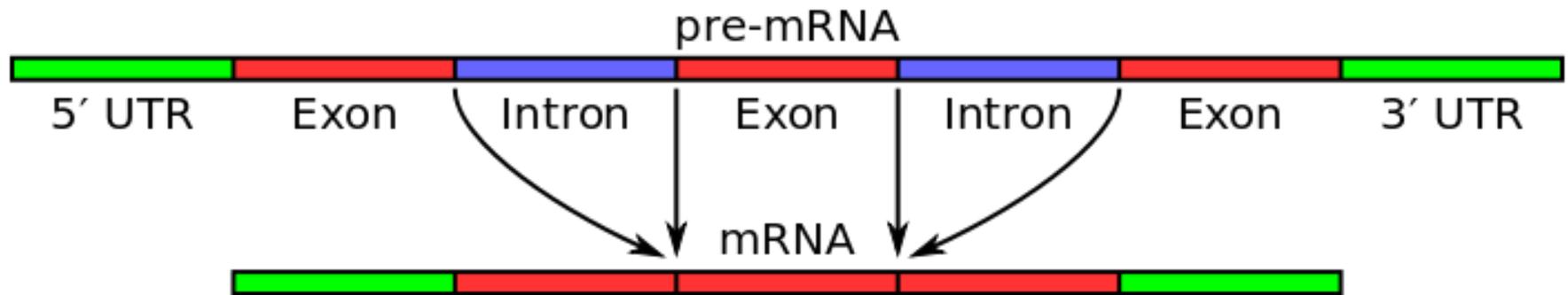
(3) 诱导型反式作用因子。与组织特异性反式作用因子相似，只对特定的基因起作用，它受到**光、激素、机械信号或其他环境信号**等的特异性诱导，这种诱导可以是**新蛋白质的合成**，也可以是对已经存在的蛋白质的**翻译后修饰**。

诱导性

与植物对环境的反应有关



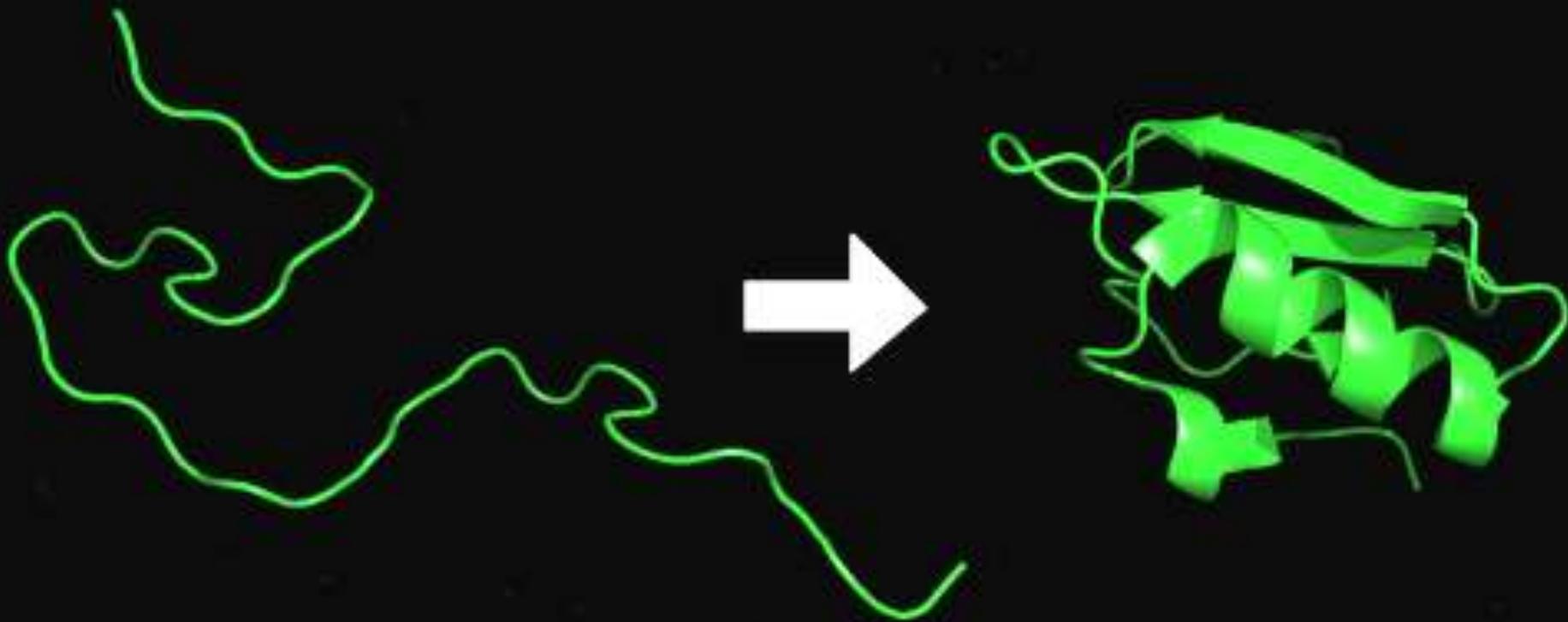
mRNA的拼接: 包括两个化学反应，即把内含子除去和把外显子连接起来。拼接也是基因表达调控的途径之一。



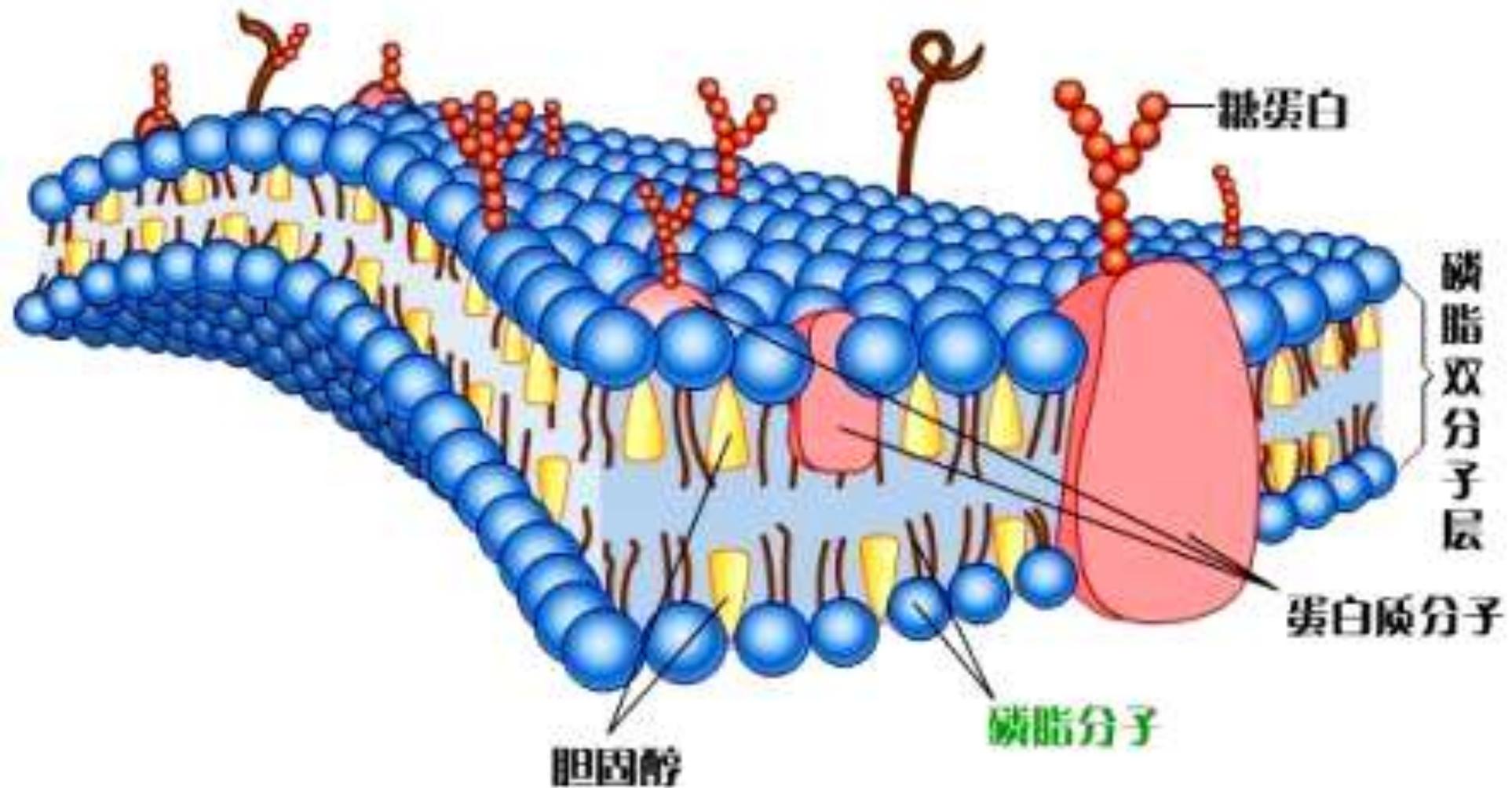
蛋白“修饰”：包括物理修饰（如细胞内运输）、生物物理修饰（如蛋白质的折叠）、化学修饰（如蛋白质的糖基化）及生物化学修饰（如蛋白质的切割和特异降解）等。



蛋白质的折叠



糖蛋白



三、基因的类型

根据基因表达与时、空和环境的关系可分为：

(1) 持家基因：对所有类型组织细胞在任何时候都需要其表达的基因。

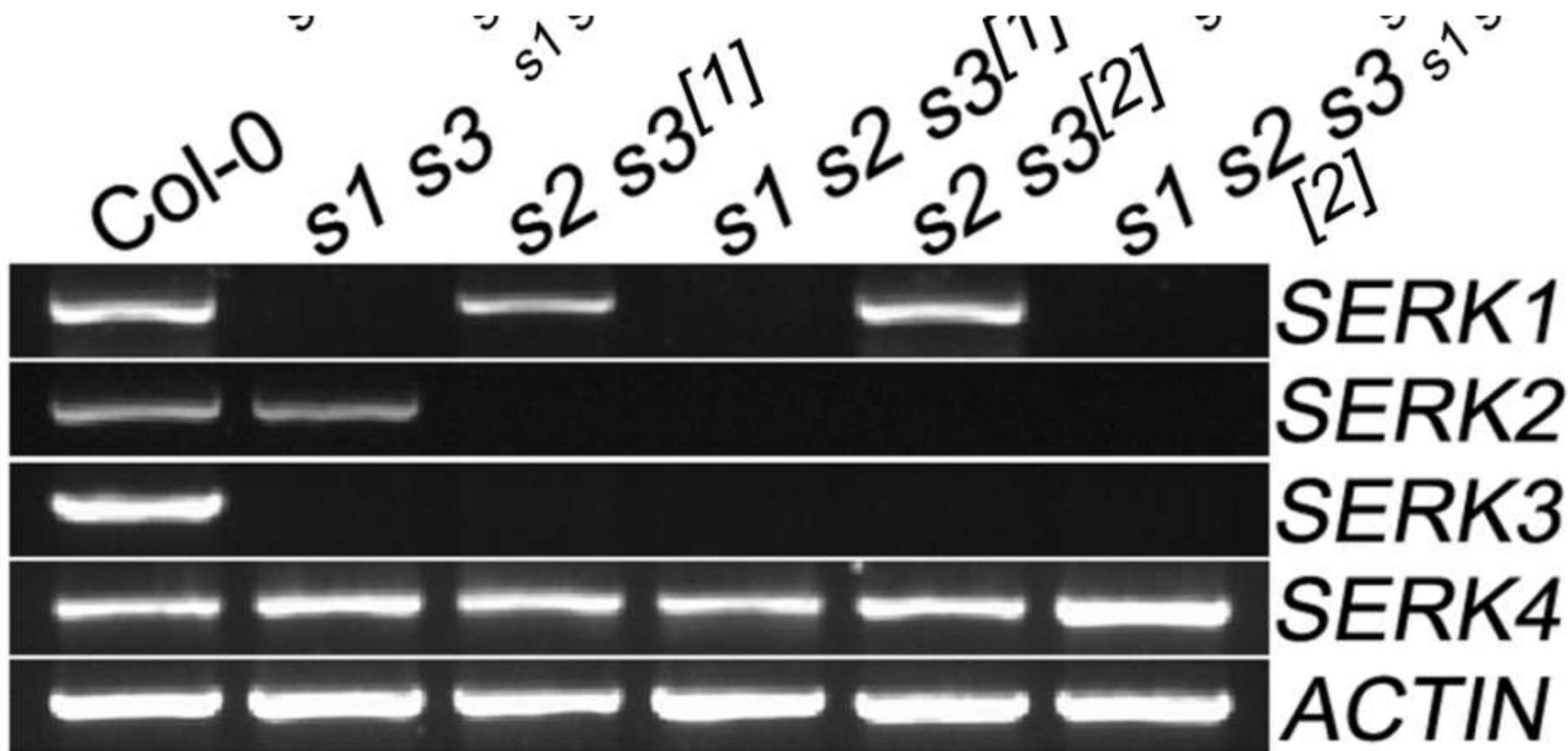
(2) 器官、组织专一性表达的基因

(3) 特定生长发育阶段表达的基因

(4) 受环境因素诱导表达的基因

环境因素包括生物因素和非生物因素





第二节 细胞信号转导

细胞信号转导：指外界信号(如光、电、化学分子)作用于细胞表面受体,引起胞内信使的浓度变化,进而导致细胞应答反应的一系列过程。

外界信号 → 细胞表面 → 细胞应答反应

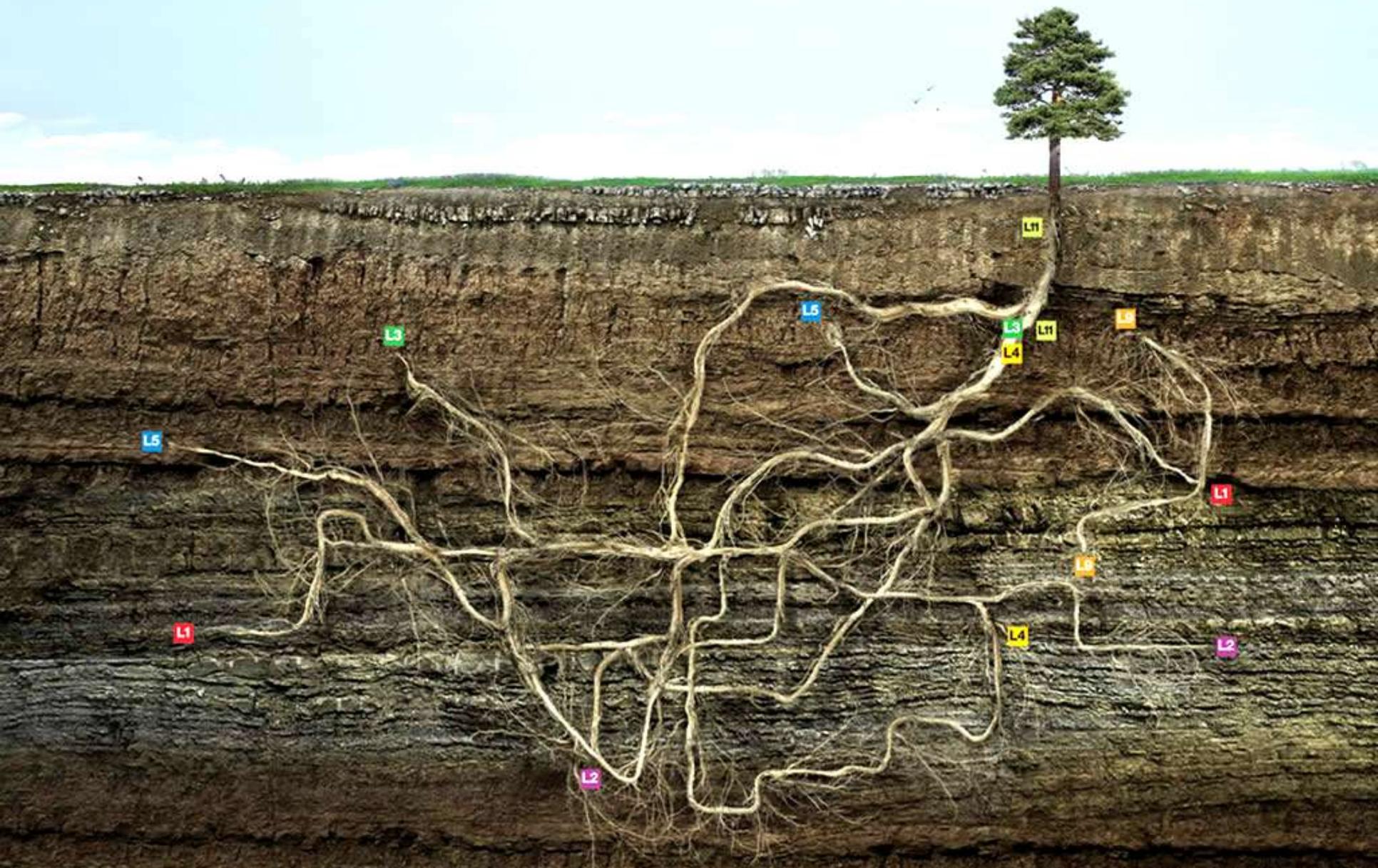
细胞读懂外界信息





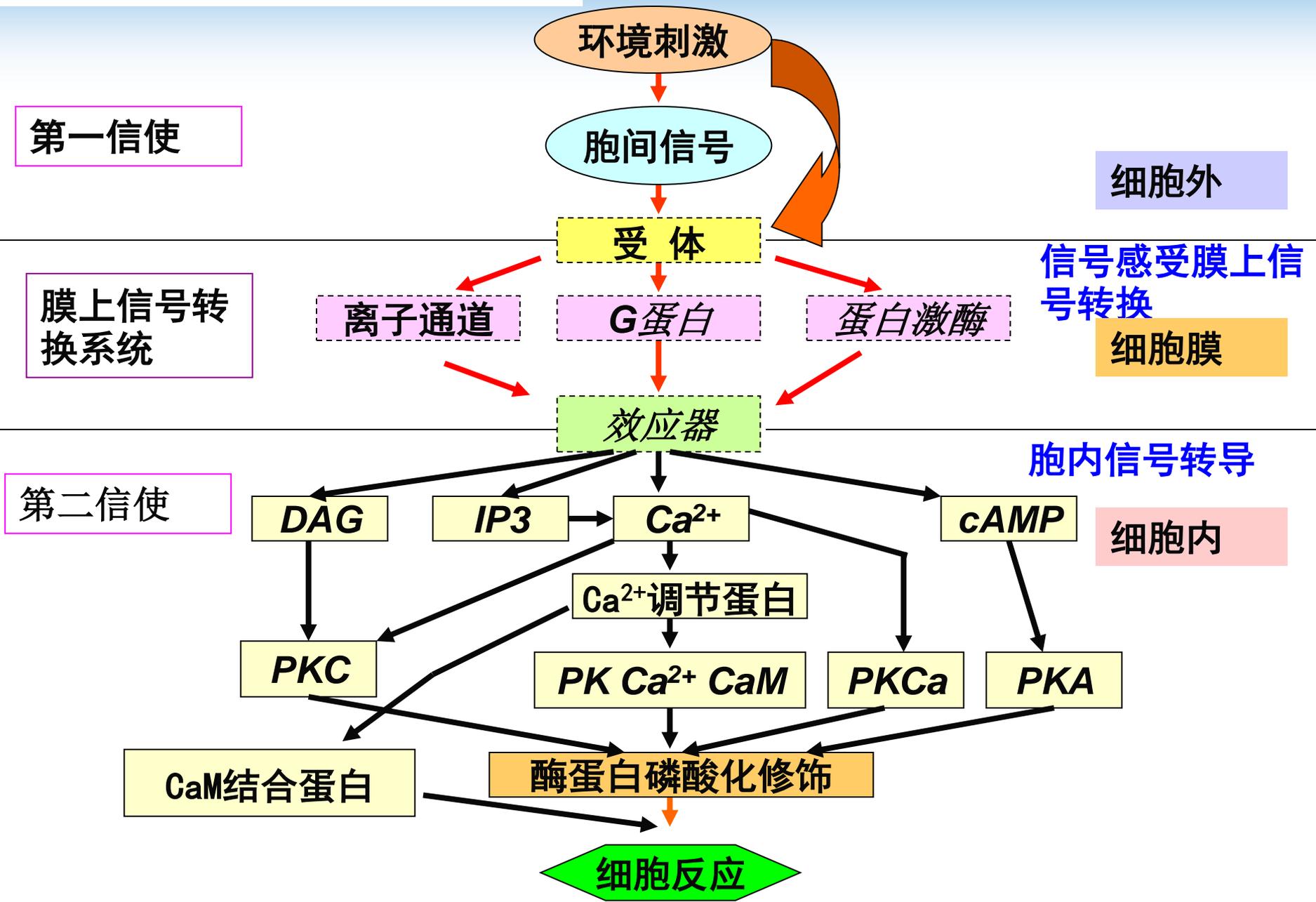
植物的趋光性

根系的趋水性





信号传导的分子途径



信号

信号就是细胞外界刺激，它又称为**第一信使**（first messenger）或初级信使（primary messenger）。

信号——机械刺激、温度、光照、触摸、病原因子、水分等及体内其它细胞传来的信号。



一、胞间信号

细胞间对话

二、膜上信号转换系统

跨过细胞膜

三、胞内信号

传到细胞内

四、蛋白激酶

信号的级联放大

五、活性氧在信号转导中的作用

抗逆信号



一、胞间信号

信号的感知和效应部位不同，通过胞间信号进行交流。分为**物理信号**和**化学信号**。



小葵，我在张导那里
应聘成功啦！



好棒啊！
你演什么啊？



皇后娘娘……



好厉害啊！



胞间信号=植物语言

的丫鬟……



也行啦，
要从小事做起。



养的一朵花。

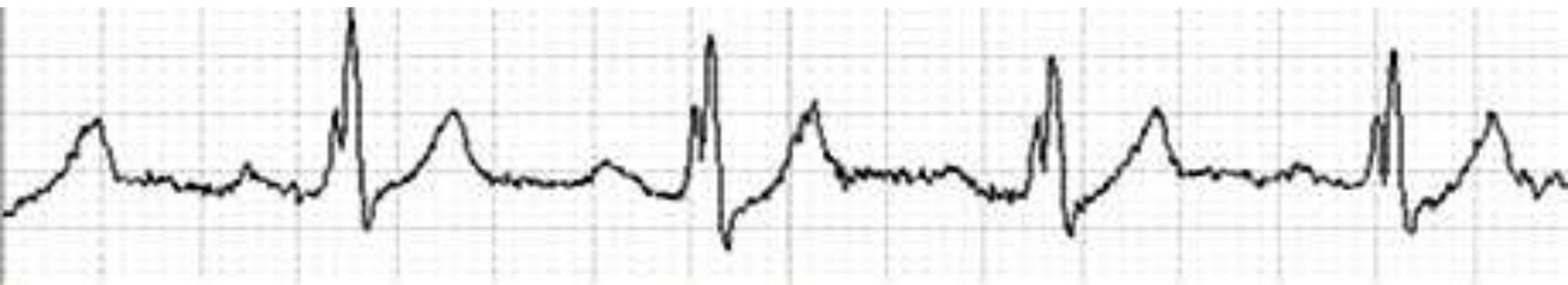


物理信号：细胞感受到刺激后产生的能够起传递信息作用的**电信号和水信号**。

化学信号：细胞感受刺激后合成并传递到作用部位引起生理反应的**化学物质**。



电信号：指的是植物体内能够传递信息的电位波动。



含羞草小叶运动:

机械刺激 **激发** → 动作电位 **引起** → 叶枕膨压改变



水信号：指能够传递逆境信息，进而使植物做出适应性反应的植物体内水流或水压的变化。

如：玉米叶片木质部压力的微小变化就能迅速影响叶片的气孔开度



化学信号

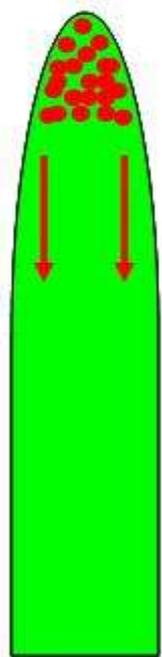
细胞感受刺激后合成并传递到作用部位引起生理反应的化学物质。

植物的化学信号分子分为：

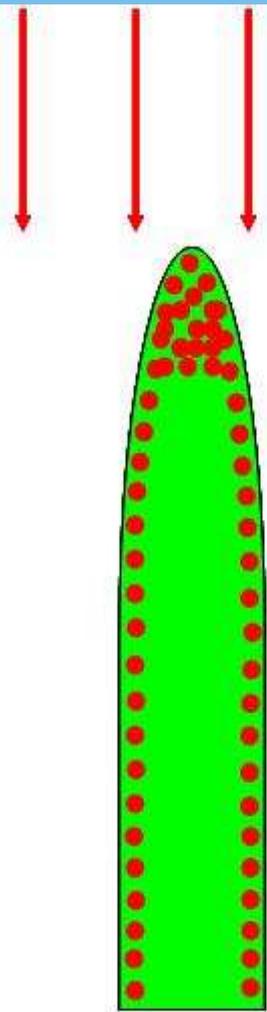
- (1) **植物激素类**（主要包括生长素、赤霉素、细胞分裂素、脱落酸、乙烯等）
- (2) **寡聚糖类**（主要包括1,3- β -D-葡萄糖、半乳糖、聚氨基葡萄糖等）
- (3) **多肽类**（如系统素）



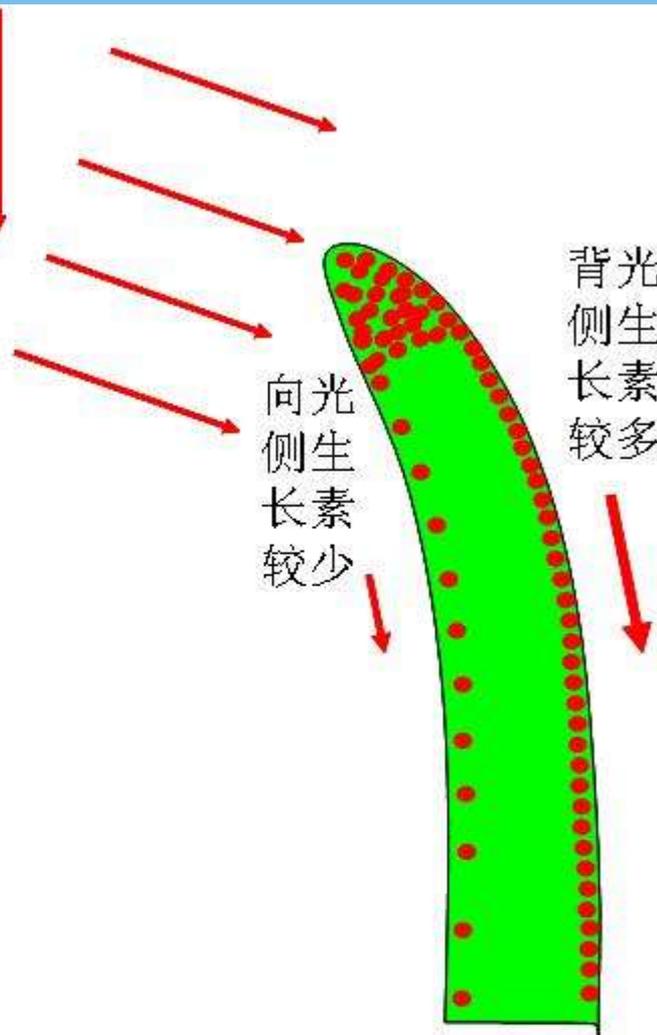
植物生长素



胚芽尖端能产生生长素，并向下运输。



正常光照射下，生长素均匀分布。



单侧光照射下，生长素由向光侧转向背光侧。



根据化学信号的作用方式和性质，化学信号分为**正化学信号**和**负化学信号**。

正化学信号 (positive chemical signal) 随着刺激强度的增加，细胞合成量及向作用位点输出量也随之**增加**的化学信号物质。

负化学信号 (negative chemical signal)
随着刺激强度的增加，细胞合成量及向作用位点输出量也随之**减少**的化学信号物质。



化学信号的传递

化学信号的韧皮部传递

韧皮部是同化物长距离运输的**主要途径**，也是化学信号长距离传递的**主要途径**。

化学信号的木质部传递

有些化学信号可通过集流的方式在木质部内传递。

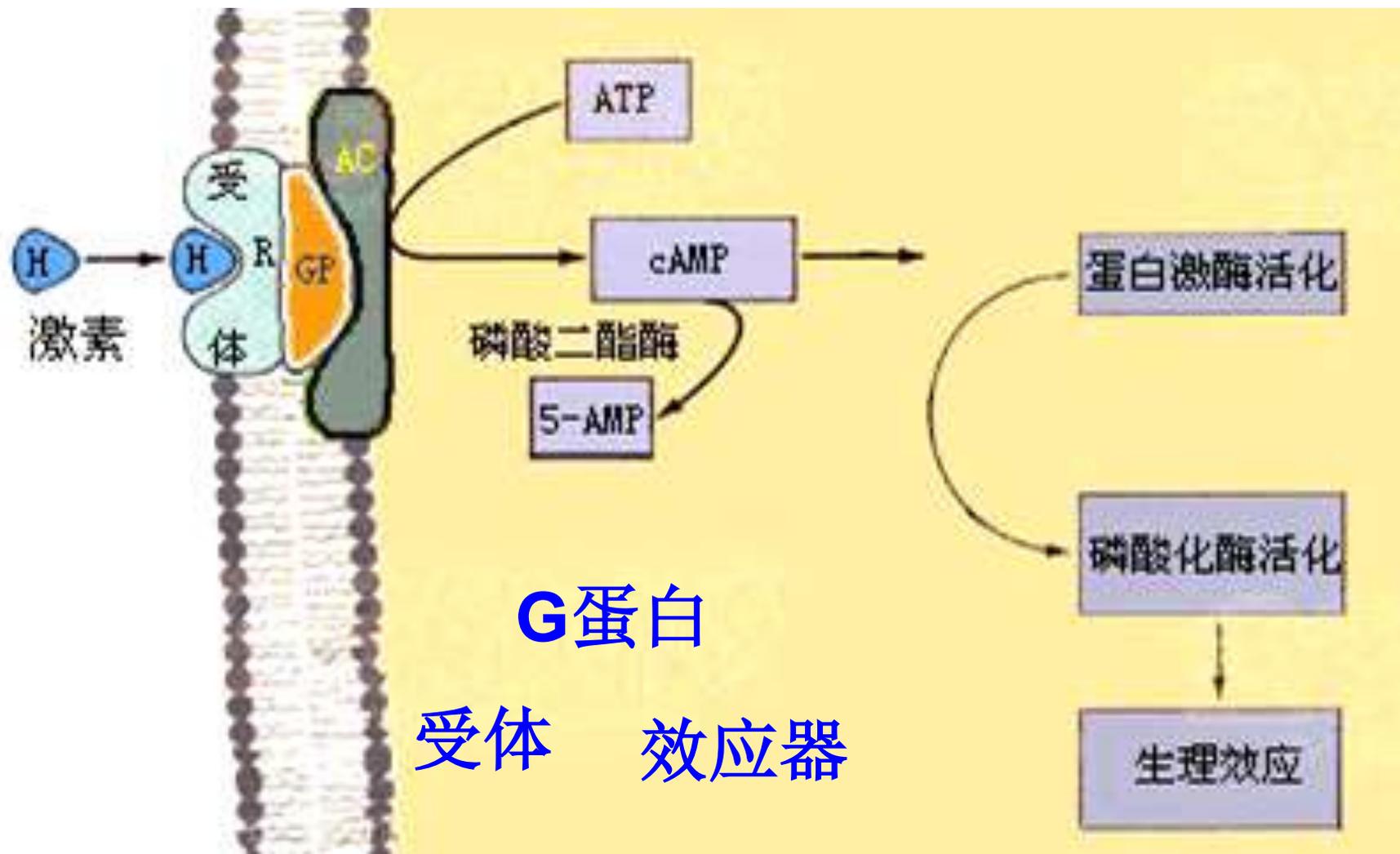
如：**干旱胁迫→根系合成ABA→木质部传递→气孔开度**



二、膜上信号转换系统

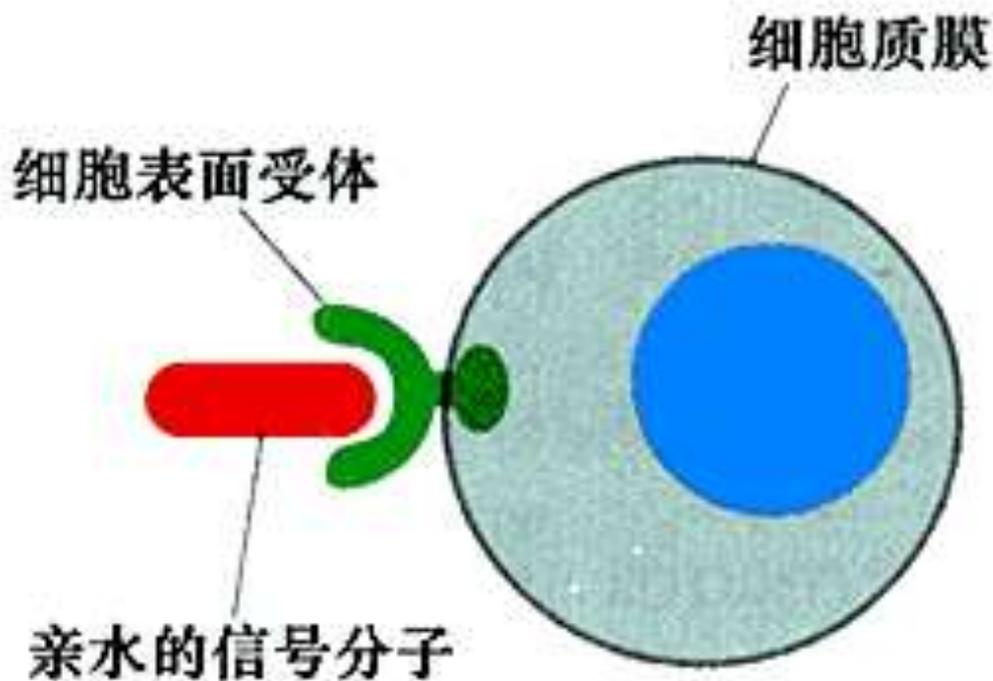
跨过细胞膜

膜上的信号转换系统主要由受体、G蛋白和效应器构成。



(一) 受体

受体：是指存在于细胞表面或细胞内，能感受信号或与信号分子(**配体**)特异结合，并能引起特定生理生化反应的生物大分子。



黎家 (Dr. Jia Li)



职 称：教授

所在部门：植物学与植物生理学研究所

办公室：生物二号楼608

联系电话：0931-8915662

传真号码：0931-8912561

电子邮件：lijia@lzu.edu.cn

兰州大学生命科学学院 教授 黎家 (Dr. Jia Li)

学习经历

1995 美国弗吉尼亚理工大学 博士 (Ph.D. Virginia Tech, 1995)

1989 中国科学院植物研究所 硕士 (M.S. Institute of Botany, CAS, 1989)

1984 兰州大学生物系 学士 (B.S. Lanzhou University, 1984)

工作经历

1984-1986年在湖南师范大学生物系任助教。1990-1991年在中科院植物研究所任助研。1997-2002年在美国密苏里大学哥伦比亚分校从事博士后研究。2002年8月起在美国俄克拉荷马大学植物与微生物系任助理教授，2008年5月晋升为副教授，获终身教职（tenured）。通过全球竞聘获任兰州大学生命科学学院院长，于2009年3月全职回国工作。是国家“千人计划”特聘专家，教育部“长江学者”特聘教授。获2013-2014年度美国弗吉尼亚理工大学农学与生命科学学院杰出校友奖。

教学及指导研究生情况

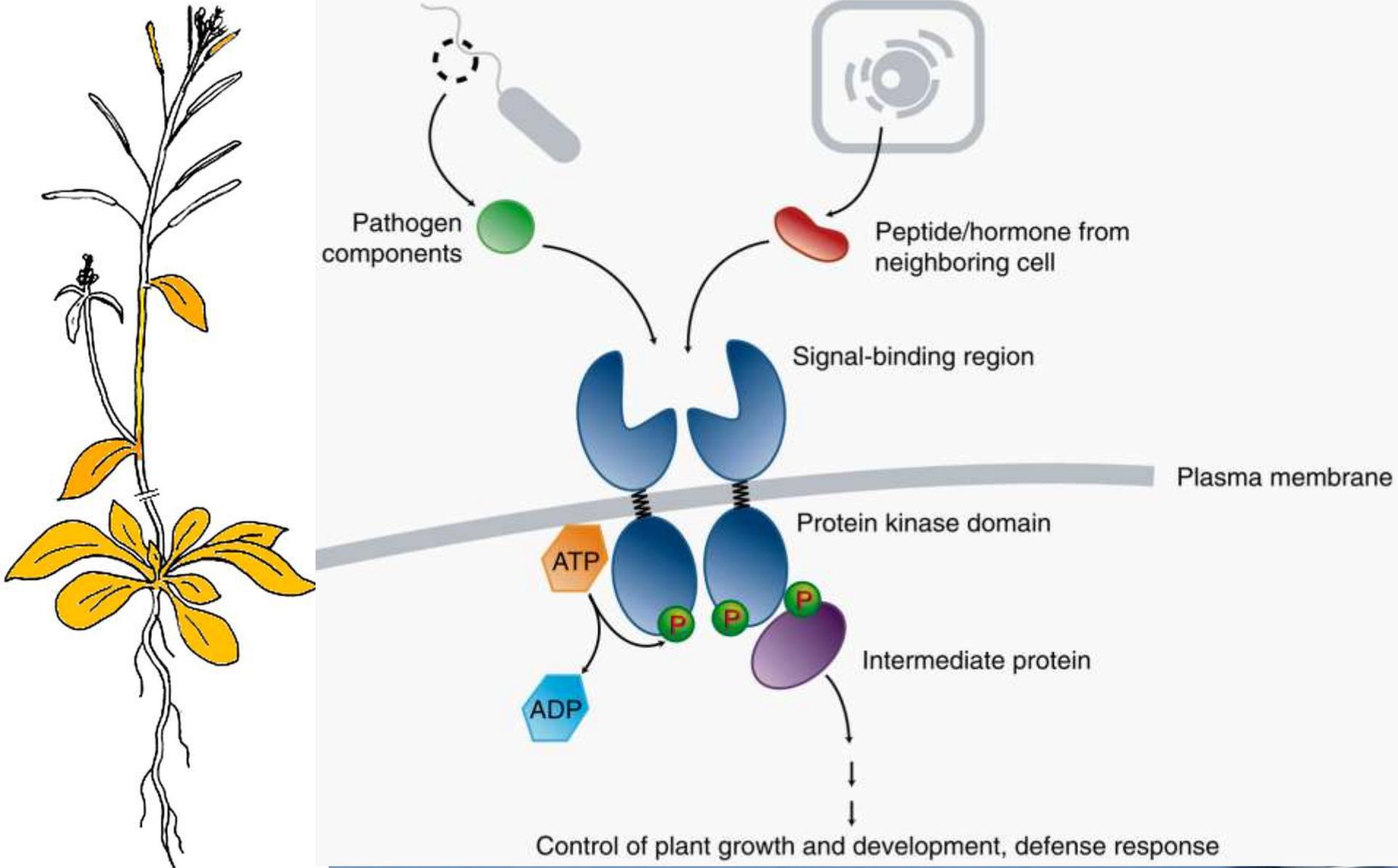
给研究生讲授“Plant Hormones”（英文）；目前指导3名博士后，19名博士研究生、12名硕士研究生。

海南大学应用科技学院





细胞膜表面受体



受体的种类

细胞内受体

存在于亚细胞组分（如核）上的受体。大部分脂溶性信号分子（如多肽、激素等）以及个别水溶性激素可以扩散进入细胞，与膜内受体结合，调节基因转录。

细胞表面受体

大多数信号分子不能过膜，通过与细胞表面受体结合，经过跨膜信号转换，将胞外信号传至胞内。



目前研究较多：光受体和植物激素受体



1. 光受体

植物中各种复杂而多样的对光的应答反应都是通过几种不同的光受体介导的。

包括：①**光敏素**，吸收红光/远红光区（波长600~800nm）

②吸收蓝光/紫外线A的光受体，也称为**隐花色素**

③**吸收紫外线B的光受体**



2. 植物激素受体

激素受体是能与激素特异结合、并能引发特殊生理生化反应的物质。

对植物激素受体的研究进展一直较为缓慢，对许多激素受体的研究还停留在结合蛋白阶段。



(二) G蛋白

全称为**GTP结合调节蛋白**（**GTP binding regulatory protein**），此类蛋白由于其生理活性有赖于三磷酸鸟苷（**GTP**）的结合以及具有**GTP水解**的活性而得名。

G蛋白是信号转导的中介。它将细胞外信号转导入细胞内，从而调节相应的生理生化反应，使细胞代谢与生活环境相适应。



(三) 效应器

药理学实验证明植物中存在G蛋白下游效应器（包括K⁺通道、磷脂酶D、Ca²⁺通道等）。但目前只有磷脂酶C有充足的证据表明G蛋白信号系统中的效应器。



三、胞内信号

传到细胞内

细胞表面受体结合胞外信号分子,将其转换为胞内信号后才能影响靶细胞的行为。

胞内信号也称第二信使

钙离子信号系统

肌醇磷脂信使系统

环腺苷酸信使系统



四、蛋白激酶

蛋白激酶：一类细胞内信使依赖的、在蛋白质磷酸化过程中起中介和放大作用并帮助完成信号传递过程的酶。

细胞内信号的级联放大



植物分裂原蛋白激酶(MAPK)



Initiating events

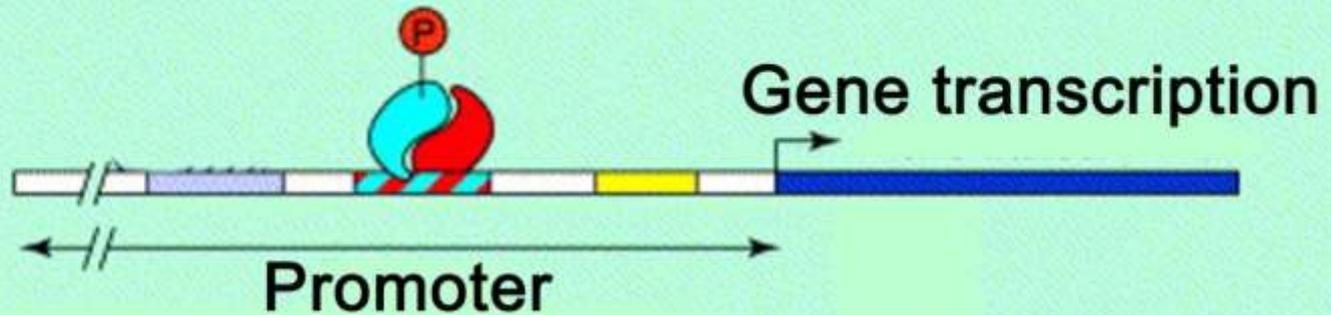
MAPKKK

MAPKK

MAPK → Kinases



Nucleus



五、活性氧在信号转导中的作用

活性氧 (ROS): 主要是由线粒体和叶绿体产生的, 是一类性质十分活泼的化学基团。

主要包括**超氧自由基、羟自由基、氢过氧化物自由基、过氧化氢和单线态氧**等。

ROS的产生不可避免, 也是信号分子。



低浓度的条件下，ROS能引起植物细胞的防御和适应反应，**高浓度**条件下植物细胞会因遭遇高强度的胁迫而死亡。



ROS在细胞死亡中的信号作用

植物细胞死亡的两种方式：**坏死**和**细胞程序性死亡**

细胞程序性死亡(PCD)是细胞在自身产生的死亡指令控制下的主动而有序的死亡。



落花



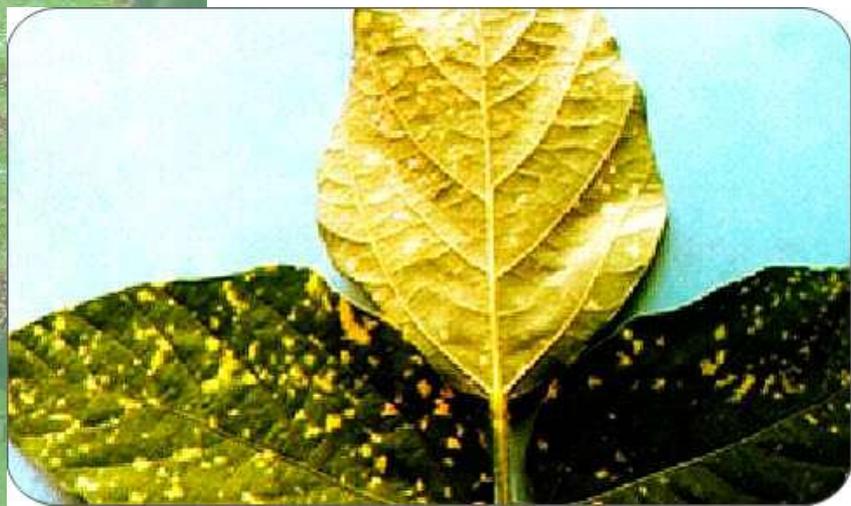
冬天到来，草枯黄



落叶



染病叶片



Edited By Zhenyuan