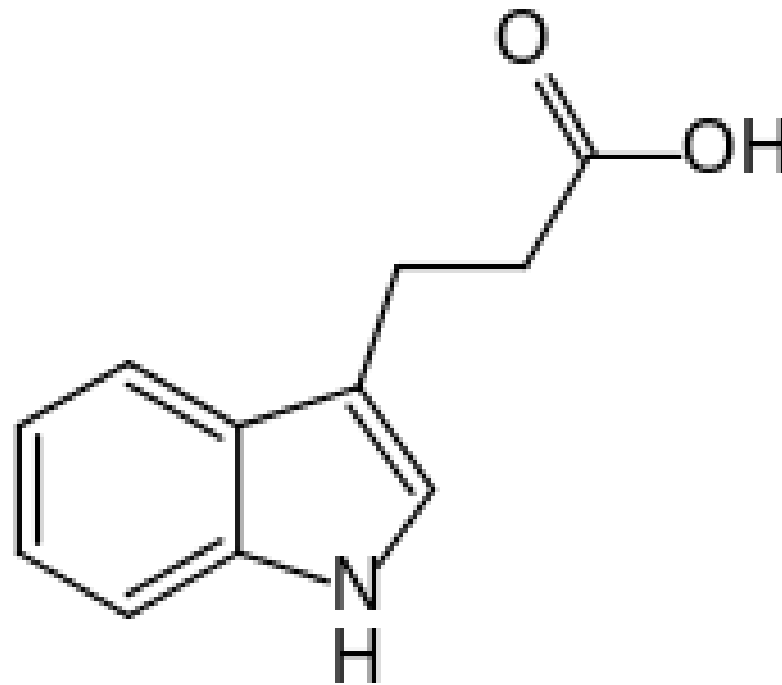
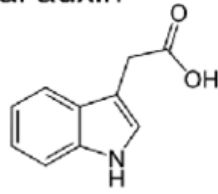


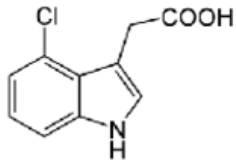
Auxin
Indole-3-acetic acid
(IAA)



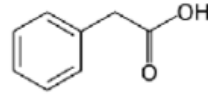
Natural auxin



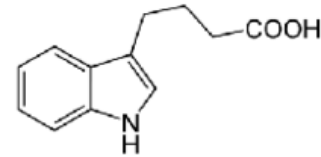
IAA



4-Cl-IAA

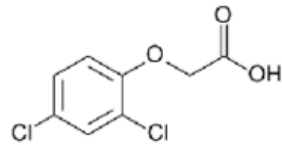


PAA

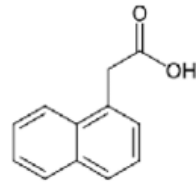


IBA

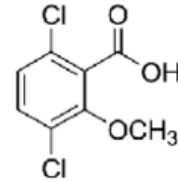
Synthetic auxin



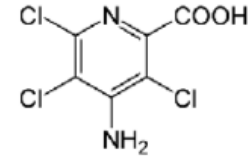
2,4-D



NAA

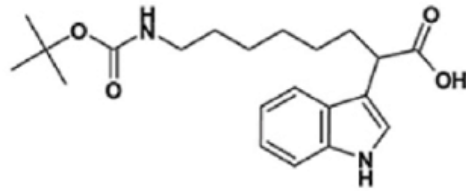


Dicamba

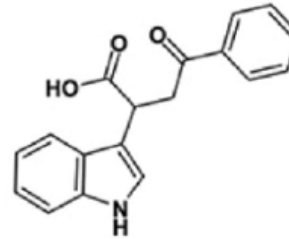


Picloram

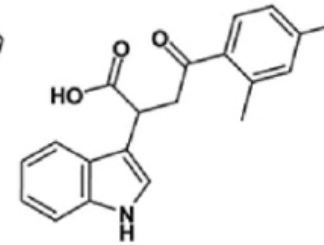
Anti-auxin



BH-IAA



PEO-IAA



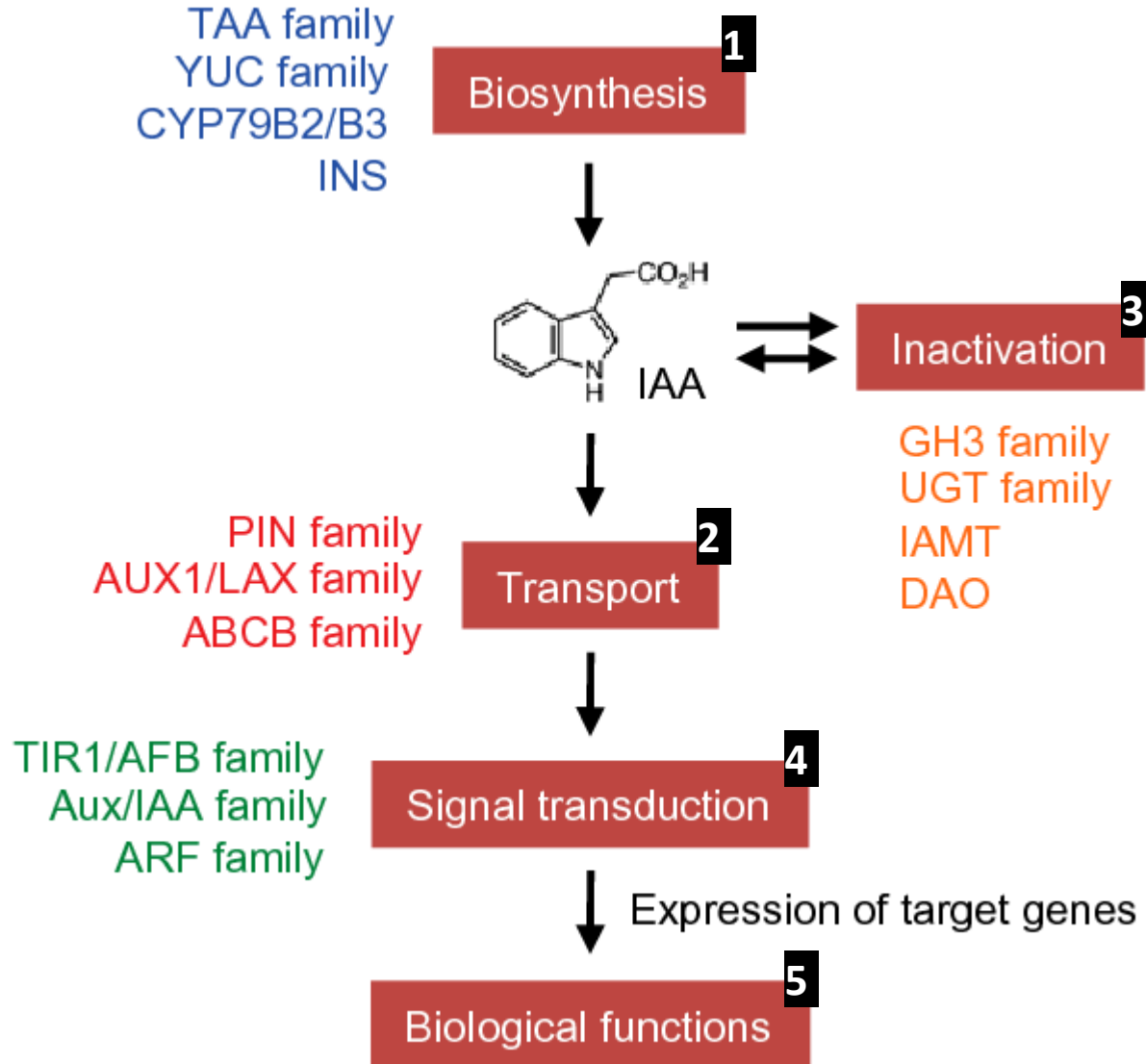
Auxinole

Synthetic auxins are used as selected herbicides.

5 aspects for auxin are important

4

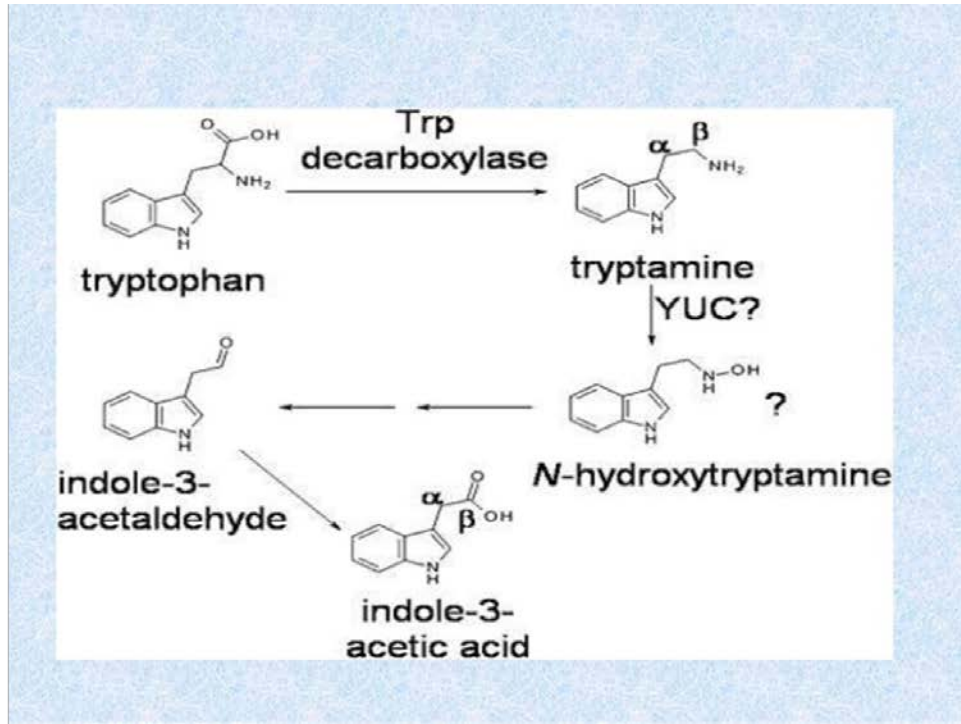
π. 1



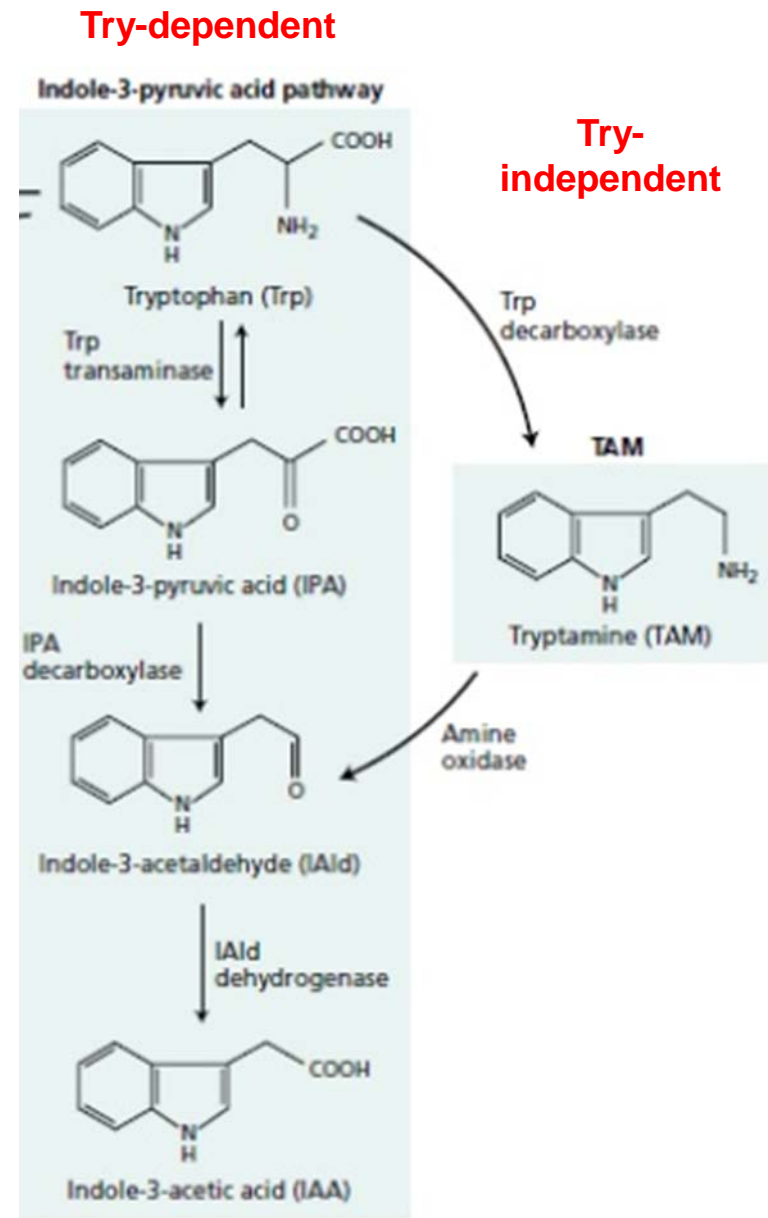
Biosynthesis of auxin

1

Try-dependent pathway

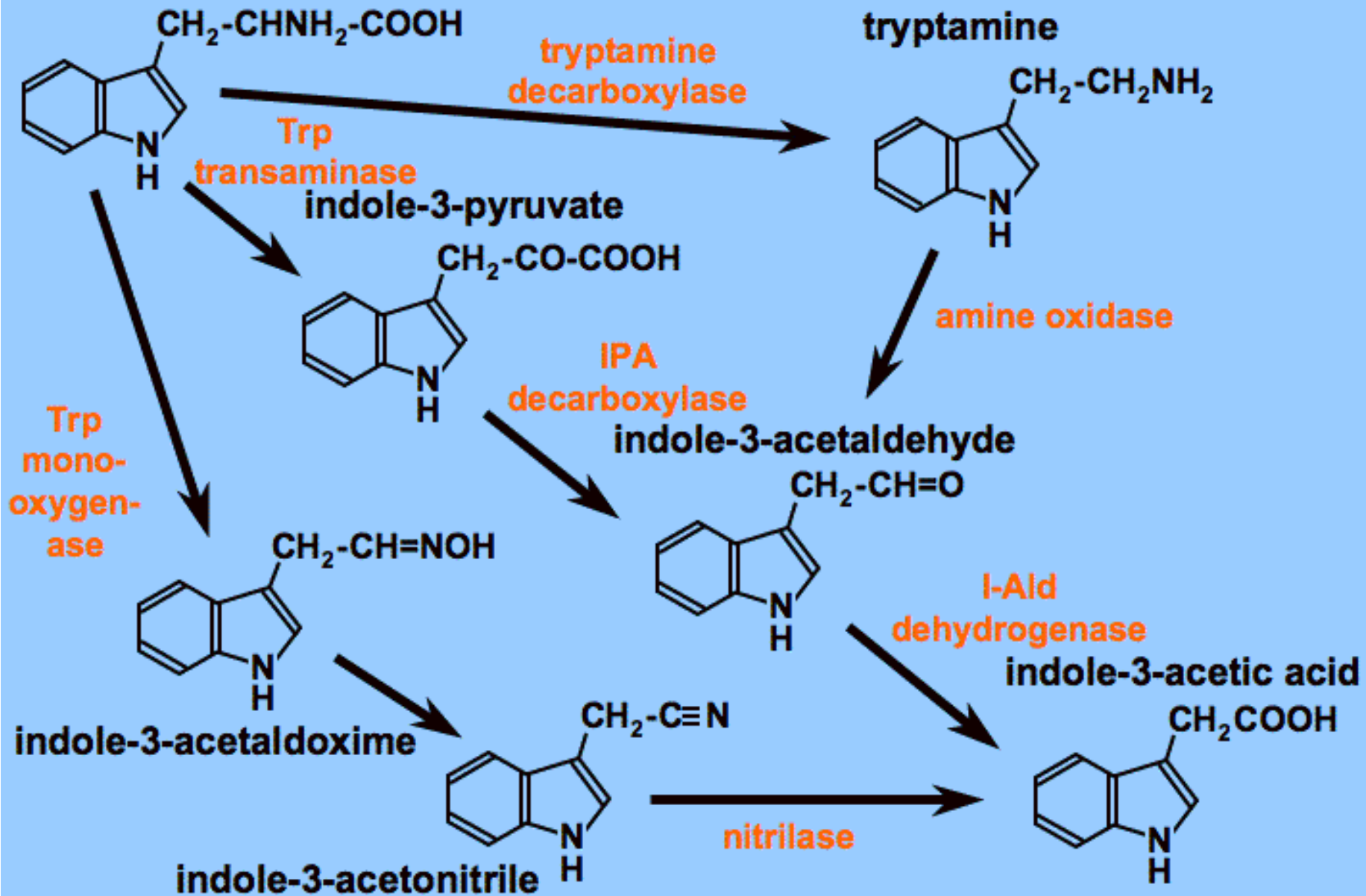


Try-independent pathway

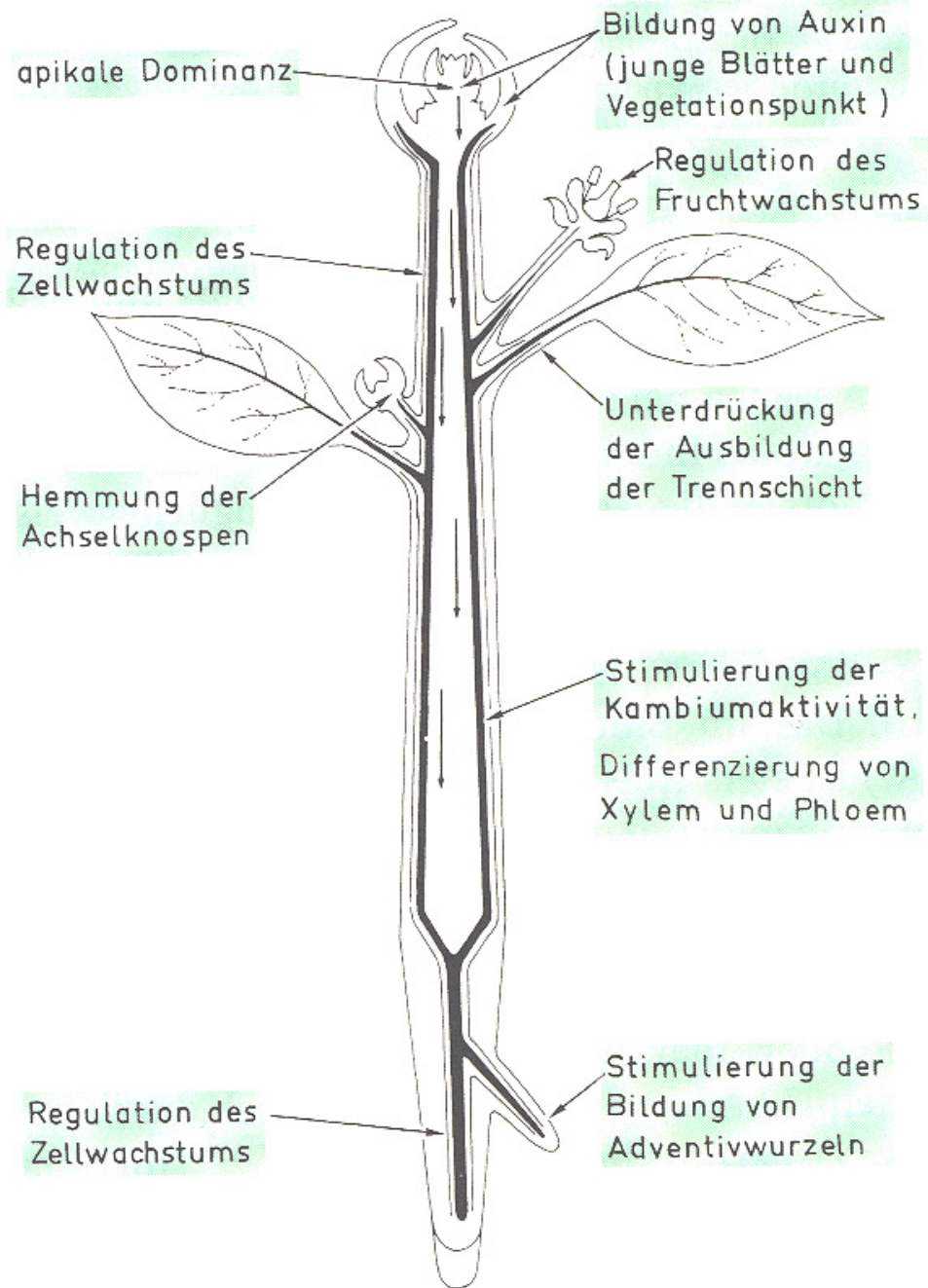


Auxin Synthesis Pathways (details)

tryptophan (trp)



Function of auxin ⁵



Function of auxin ⁵

Cell elongation by increasing the plasticity of the cell wall

Differentiation of vascular tissue in shoot apex and calluses

Division of the vascular cambium in the spring

Maintainance of apical dominance by stimulating ethylene production which inhibits lateral bud growth

Gene expression for growth and synthesis of cell wall material for secretion by dictyosomes

Initiation of adventitious root growth in cuttings

Fruit growth (auxin produced by developing seeds)

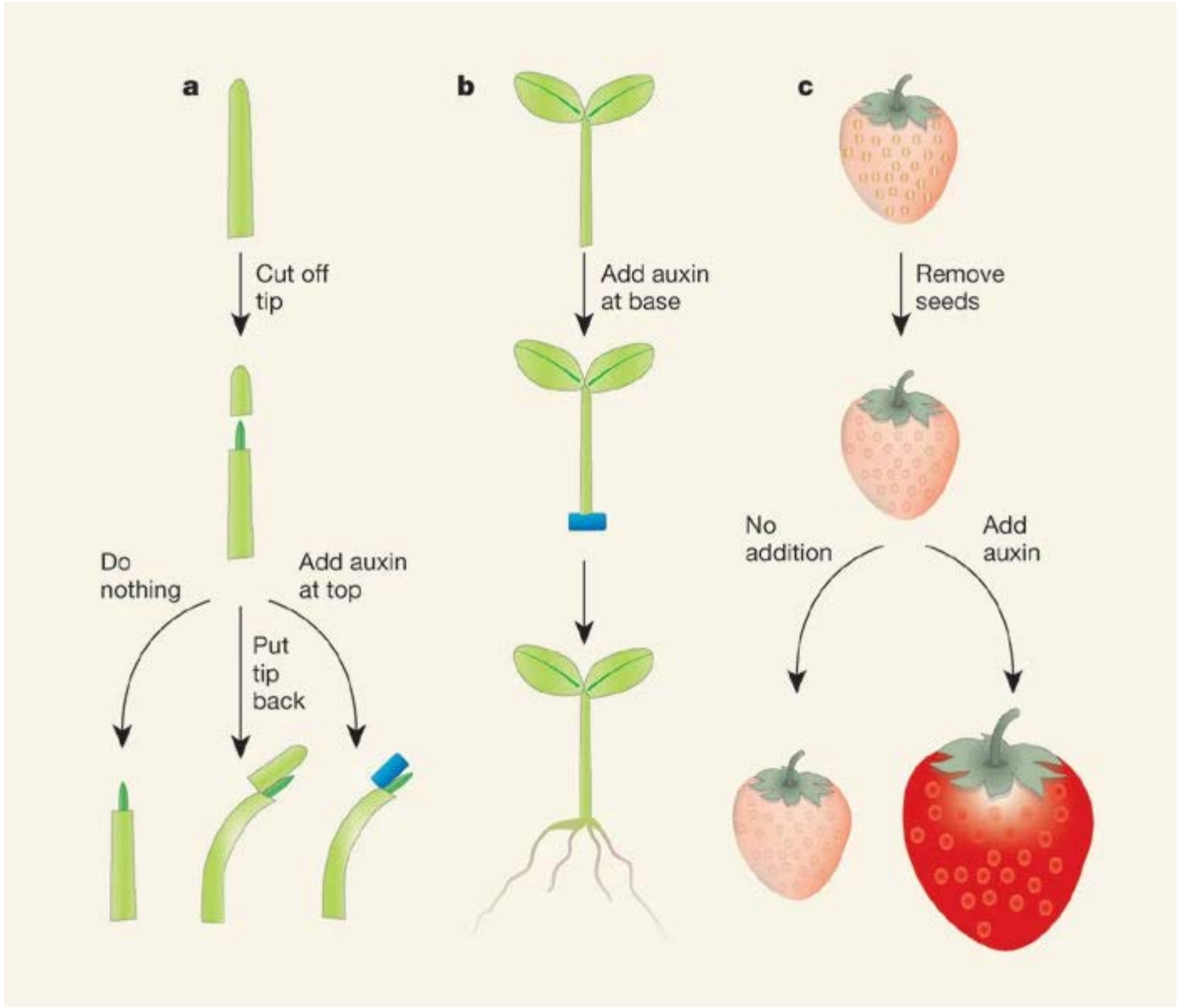
Suppression of abscission of fruits and leaves

Inhibition of flowering

Activation of (photo-)tropic responses

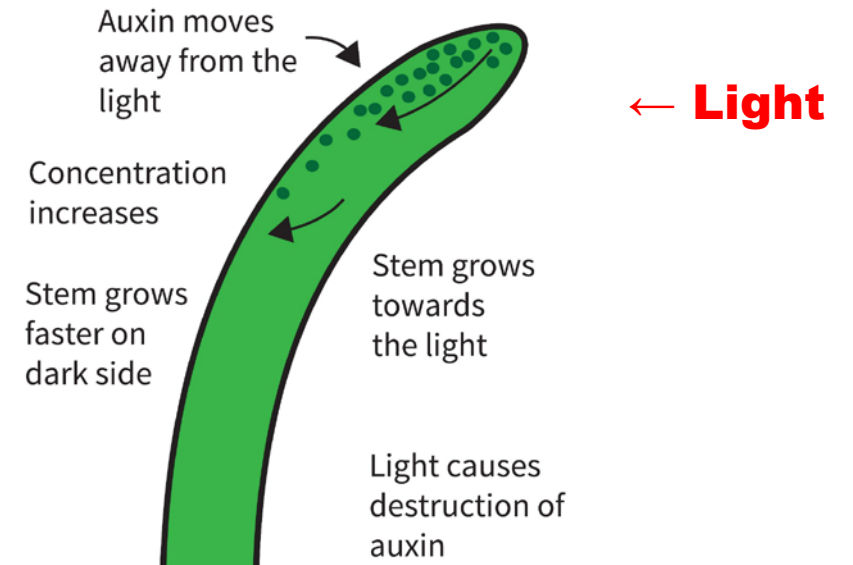
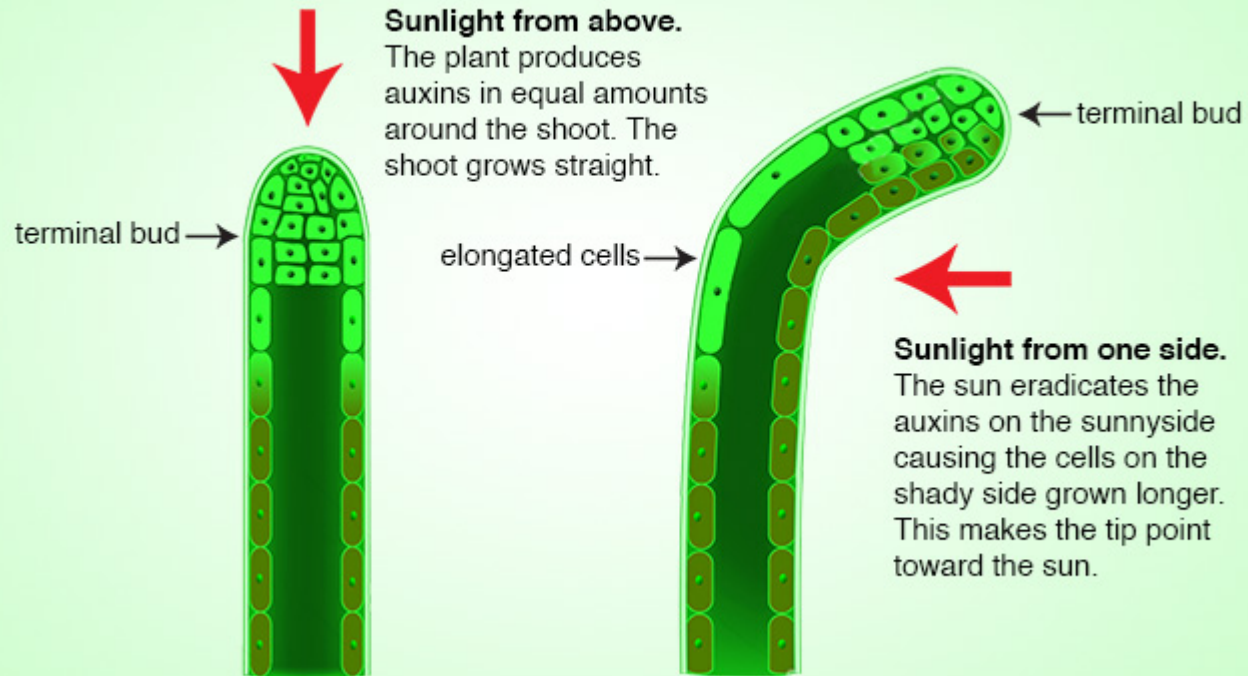
Control of aging and senescence, dormancy of seeds

Promotion of growth of vascular tissue in healing of wounds

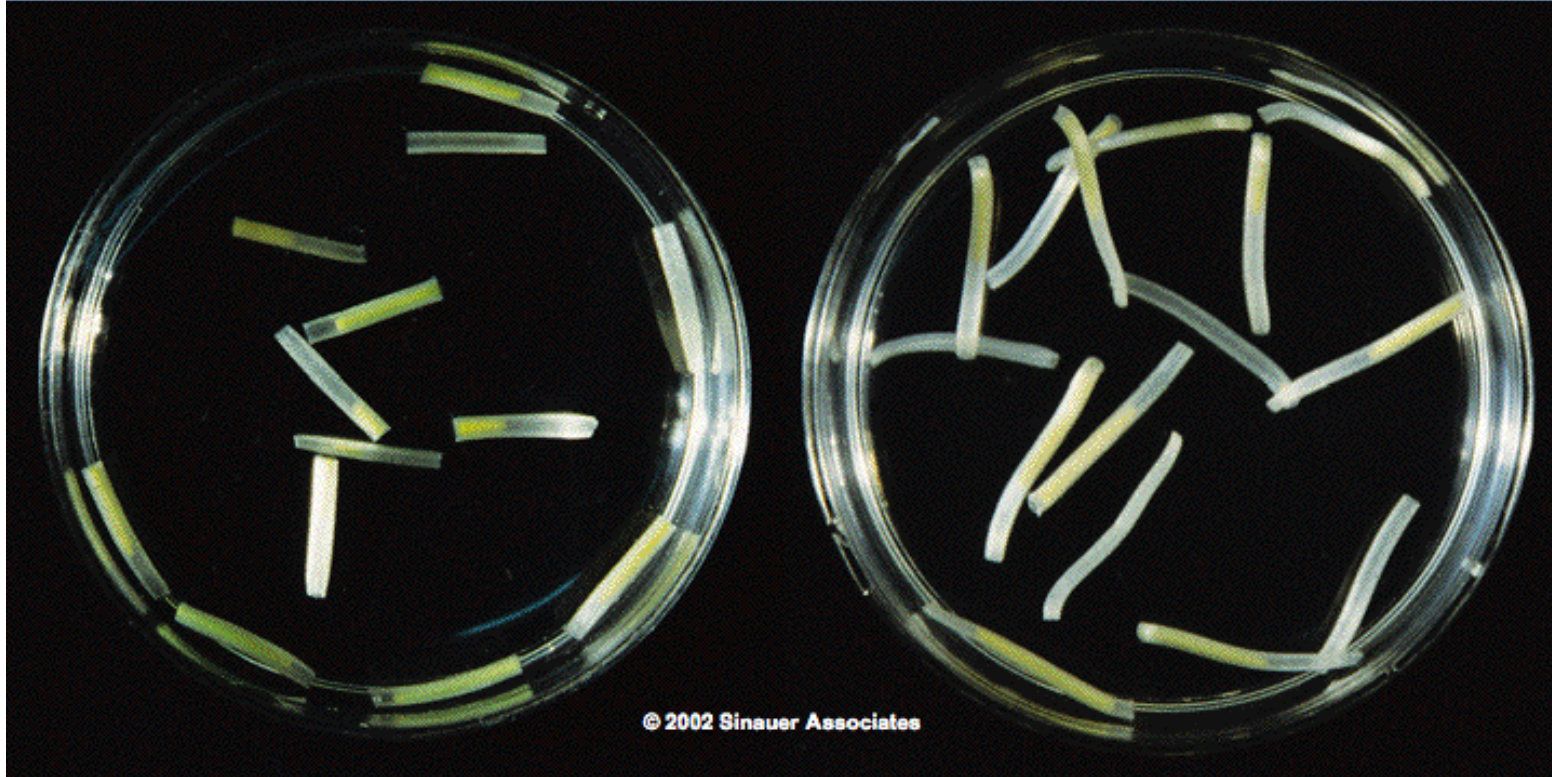


Phototropism and auxin

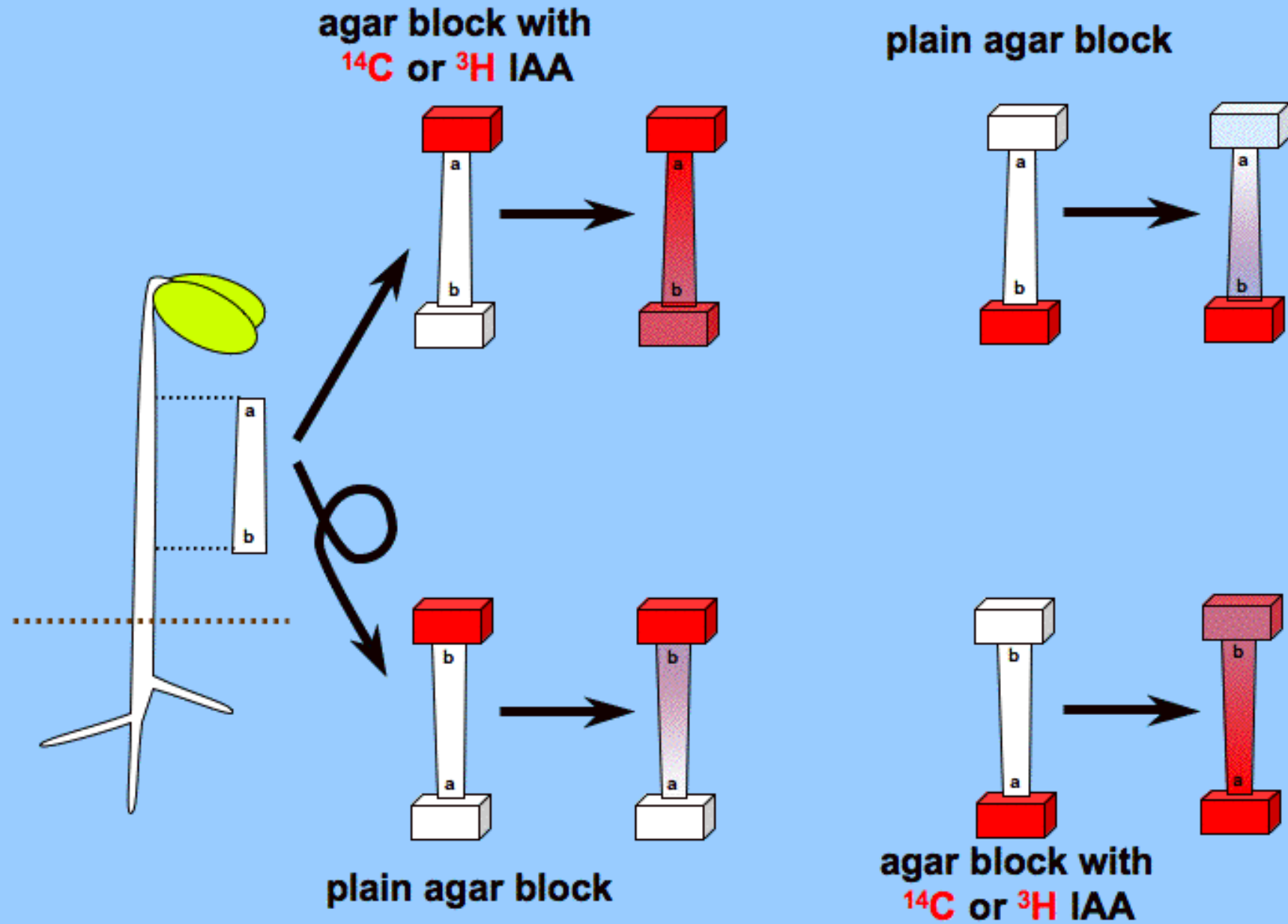
Auxin eradication causes a terminal bud to point toward the sun.



Coleoptile segments respond to IAA



IAA transport is polar and basipetal (not acropetal)



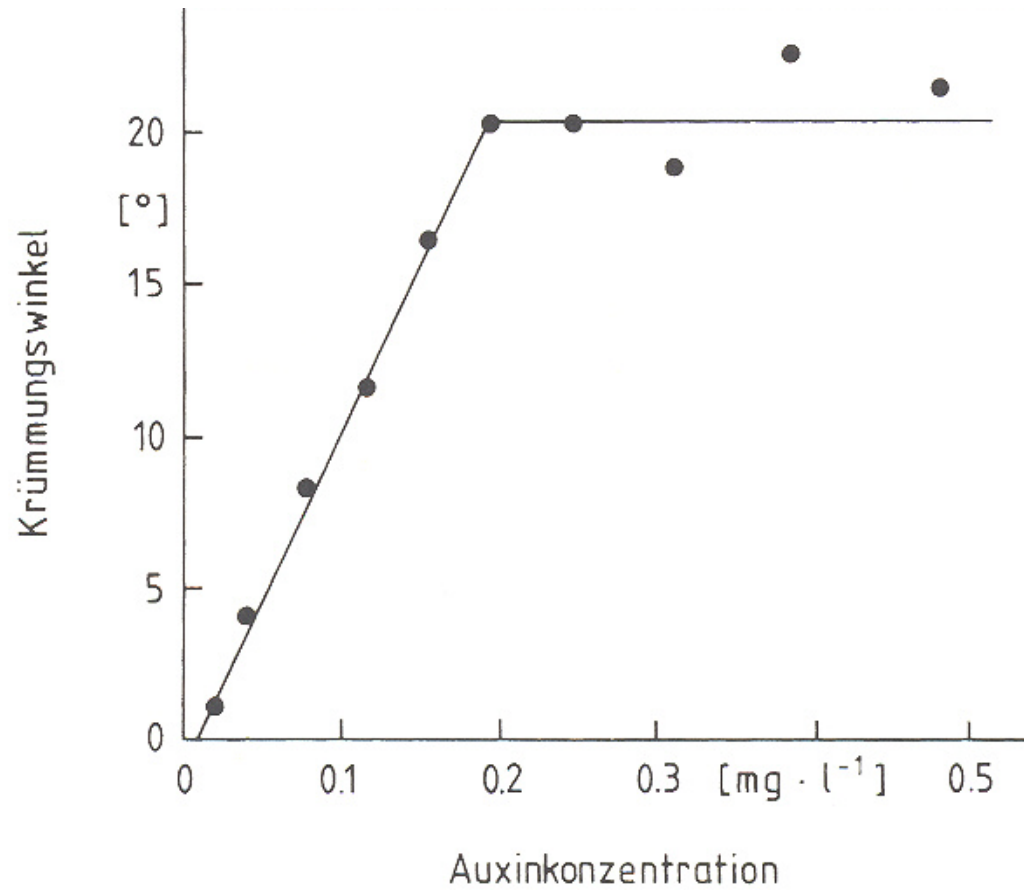


Abb. 20.5. Konzentrationsabhängigkeit des Koleoptilkrümmungstests für Auxin (reine Indol-3-essigsäure). Die Durchführung des Tests ist in Abb. 20.4 illustriert. Es ergibt sich eine lineare Abhängigkeit des Krümmungswinkels von der Auxinkonzentration im Bereich von 0,01 bis 0,2 mg · l⁻¹. Bei höheren Konzentrationen ist die Reaktion mit Auxin gesättigt. (Nach Daten von Went u. Thimann 1937)

Experiments for auxin

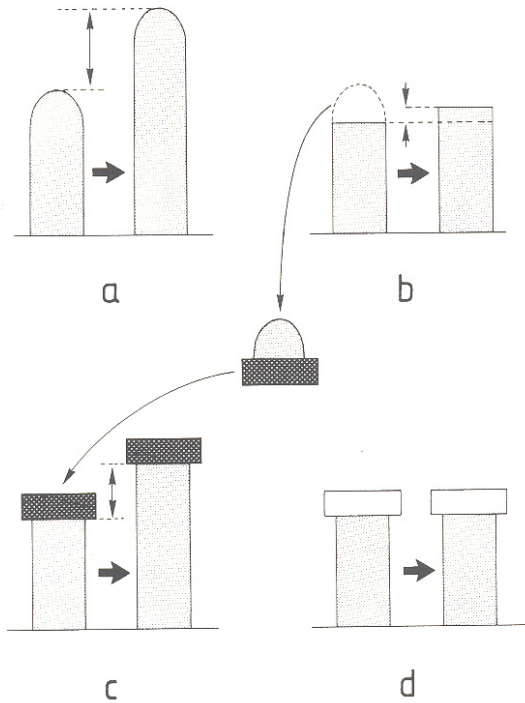
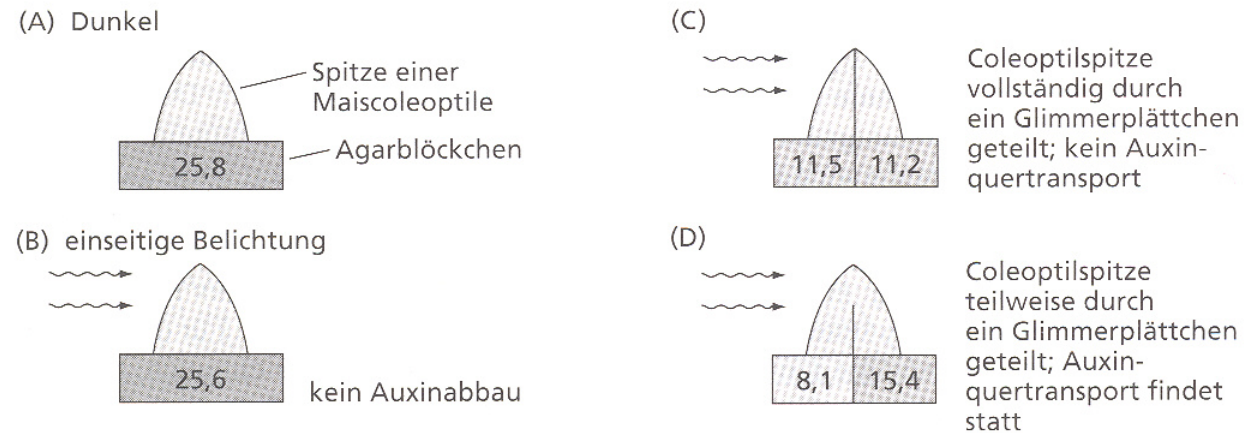
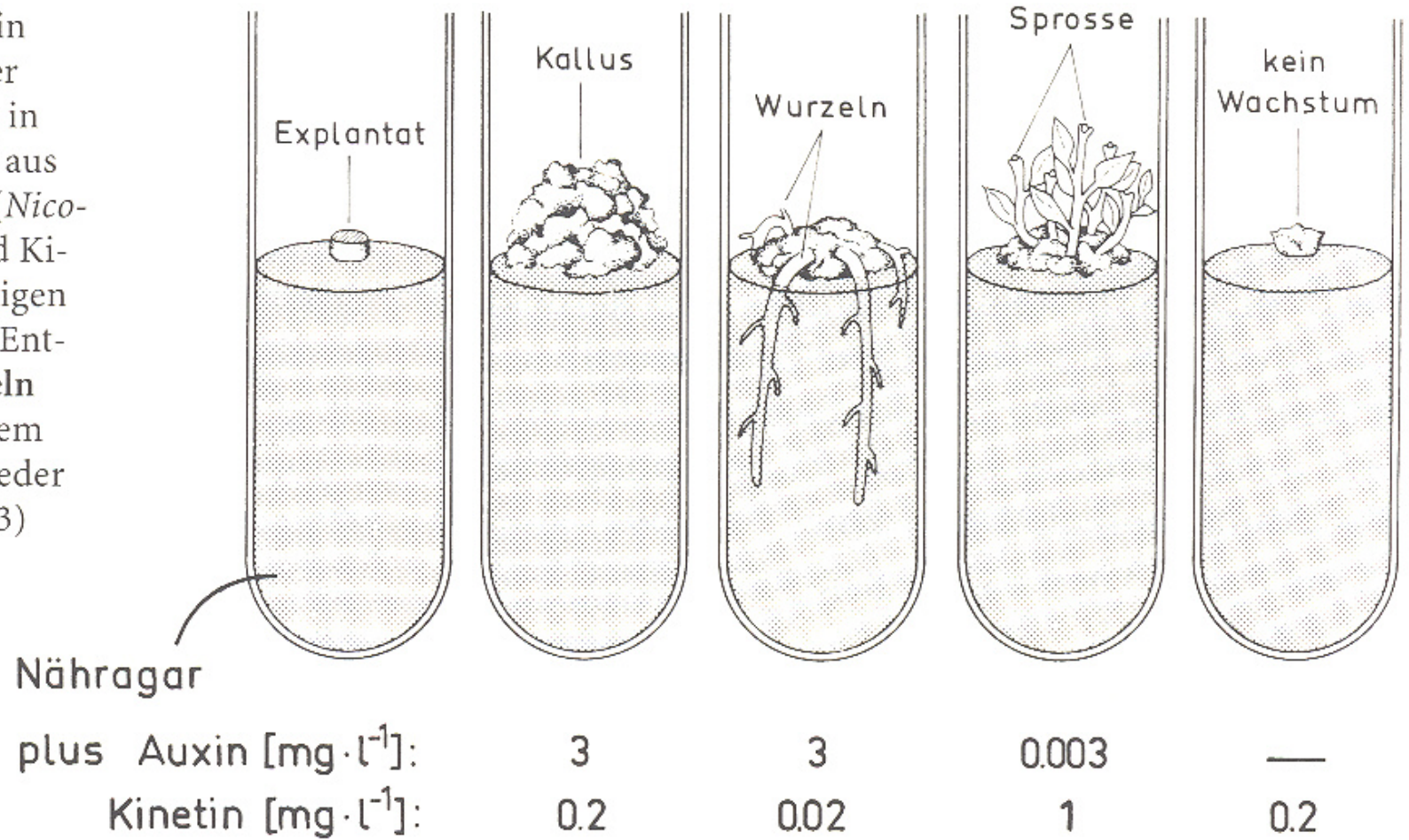


Abb. 20.2a–d. Physiologischer Nachweis von Auxin als wachstumsfördernder Faktor in der Koeoptile von Haferkeimlingen (*Avena sativa*; schematisch). a Die intakte Koeoptile führt ein rasches Längenwachstum durch Zellstreckung im subapikalen Bereich durch. b Schneidet man die äußerste (nicht wachsende) Spitze ab, wird das Wachstum des dekapitierten Organs stark reduziert. c Setzt man die isolierte Spitze für einige Stunden auf einen Agarblock und bringt diesen anschließend auf die Schnittfläche einer dekapitierten Koeoptile, so findet rasches Wachstum statt. d Ein unbehandelter Kontrollblock bringt keine Wachstumsförderung hervor. Aus diesen Resultaten kann man den Schluß ziehen, daß die Organspitze einen „Wachsstoff“ sezerniert, der in Agar eindiffundieren und von dort an den Koeoptilstumpf abgegeben werden kann. (Nach Galston 1961)

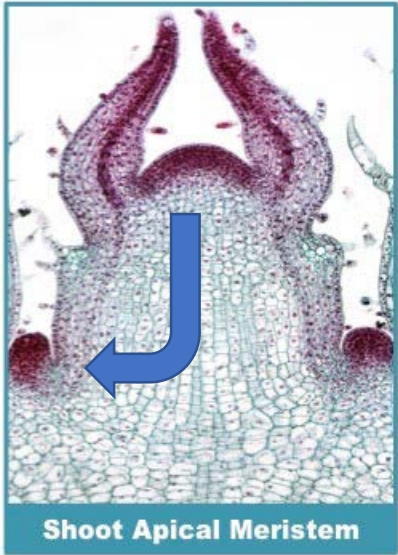


19.22 Mit dieser Versuchsanordnung wurde die Querverschiebung des Auxins in Maiscoleoptilen nach einseitiger Belichtung nachgewiesen. (A) Auxin diffundiert im Dunkeln aus einer abgeschnittenen Coleoptilspitze in ein Agarblöckchen. (B) Wird die Coleoptile einseitig belichtet, diffundiert in die Agarblöckchen annähernd dieselbe Auxinmenge wie im Dunkeln. Daraus kann man schließen, daß auf der belichteten Seite kein Auxin durch Photolyse abgebaut wird. (C) Werden Coleoptile und Agarblöckchen vollständig durch eine Barriere getrennt, läßt sich weder ein Auxinquertransport noch eine Zunahme der Auxinsynthese auf der Schattenseite nachweisen. Wird die Spitze jedoch nur teilweise getrennt (D), kann ein Auxinquertransport in der Spitze nachgewiesen werden.

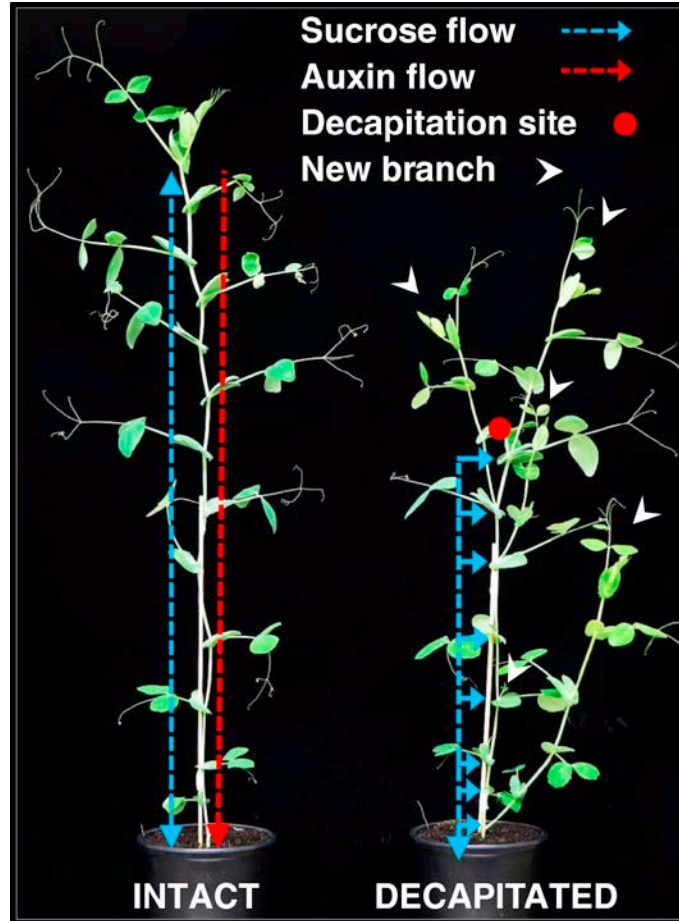
Abb. 20.28. Auxin (IAA) und Cytokinin (Kinetin) als begrenzende Faktoren der Mitoseaktivität und der Organbildung in einer Gewebekultur. Objekt: Explantat aus dem Stengelmark einer Tabakpflanze (*Nicotiana tabacum*). Relativ hohe IAA- und Kinetinkonzentrationen führen nach einigen Wochen zur Bildung eines **Kallus**. Die Entwicklung kann zur Bildung von **Wurzeln** oder **Sprossen** umgelenkt werden, indem man das IAA/Kinetin-Verhältnis entweder erhöht oder erniedrigt. (Nach Ray 1963)



Apical dominance



Repression of lateral primordia development



Transport of auxin ²

Long distance

Unidirectionally (only hormone known to be transported polarly and unidirectionally)

Direction is basipetal i.e. from shoot apex to the base direction

The basipetal transport in the stem occurs through the vascular parenchyma tissue

Apoplastical transport

Efflux from cell, cell to cell transport

Auxin efflux through the plasma membrane (PINs proteins)

Diffusion across the middle lamella before entering the cell below.

The polar transport is energy dependent and independent of gravity

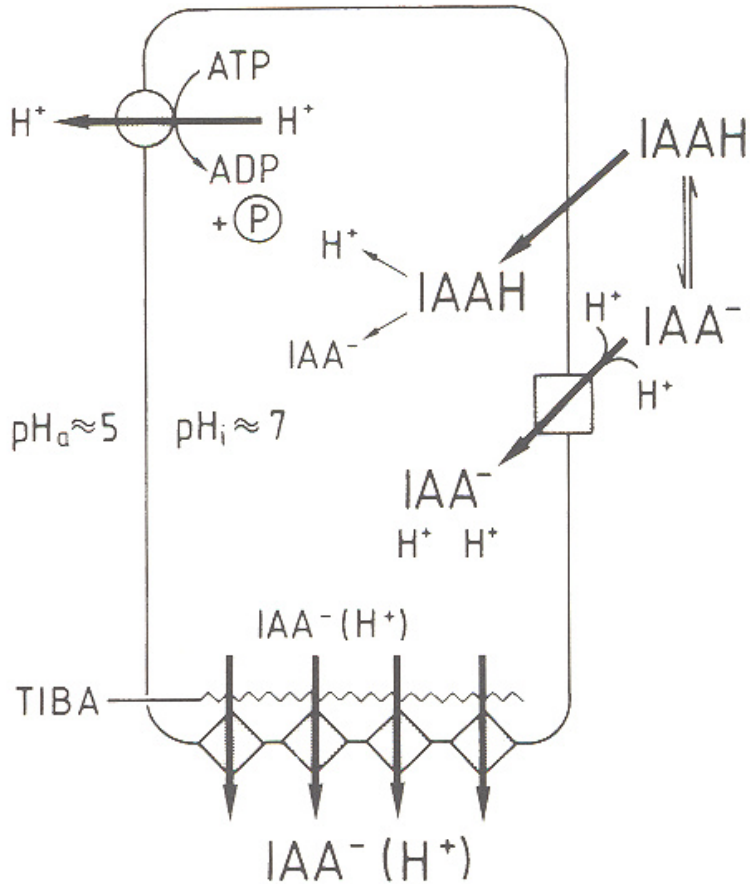
Efflux inhibitors: synthetic compounds TIBA (2, 3, 5 – triiodobenzoic acid) and NPA (naphthylphthalamic acid)

Auxin influx

two different mechanisms:

- i. Passive diffusion of the protonated (IAA) (lipophilic) across the plasma membrane
- ii. Active transport of the deprotonated (IAA⁻) by a 2H⁺ – IAA⁻ symporter

Auxin influx: theory of polar transport



The plasma membrane H^+ -ATPase maintains the pH of the cell wall at 5.

Half of the auxin in the apoplast is protonated and diffuses across the plasma membrane.

pH in the cell is ~ 7.2 , nearly all IAAH get dissociated to IAA^- .

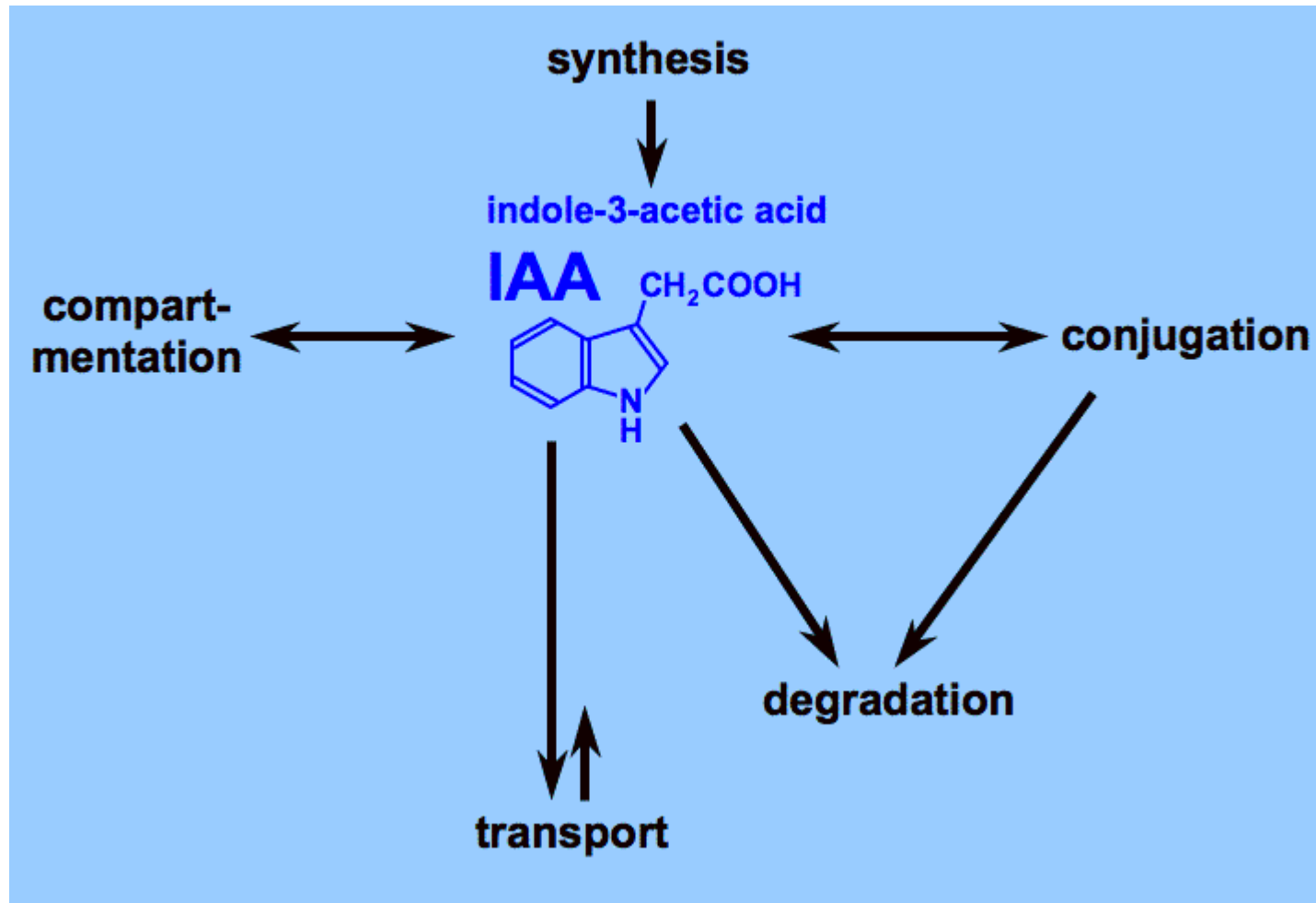
Extracellular IAA^- enters the cell through a $2H^+ - IAA^-$ influx carrier (AUX1, symplast) uniformly distributed around the cell plasma membrane.

PIN proteins mediate the auxin efflux.

PINs are asymmetrically localized on the plasma membrane and concentrated at the basal ends of the cell (polar transport).

Reversible auxin inactivation (inactive auxin pool)

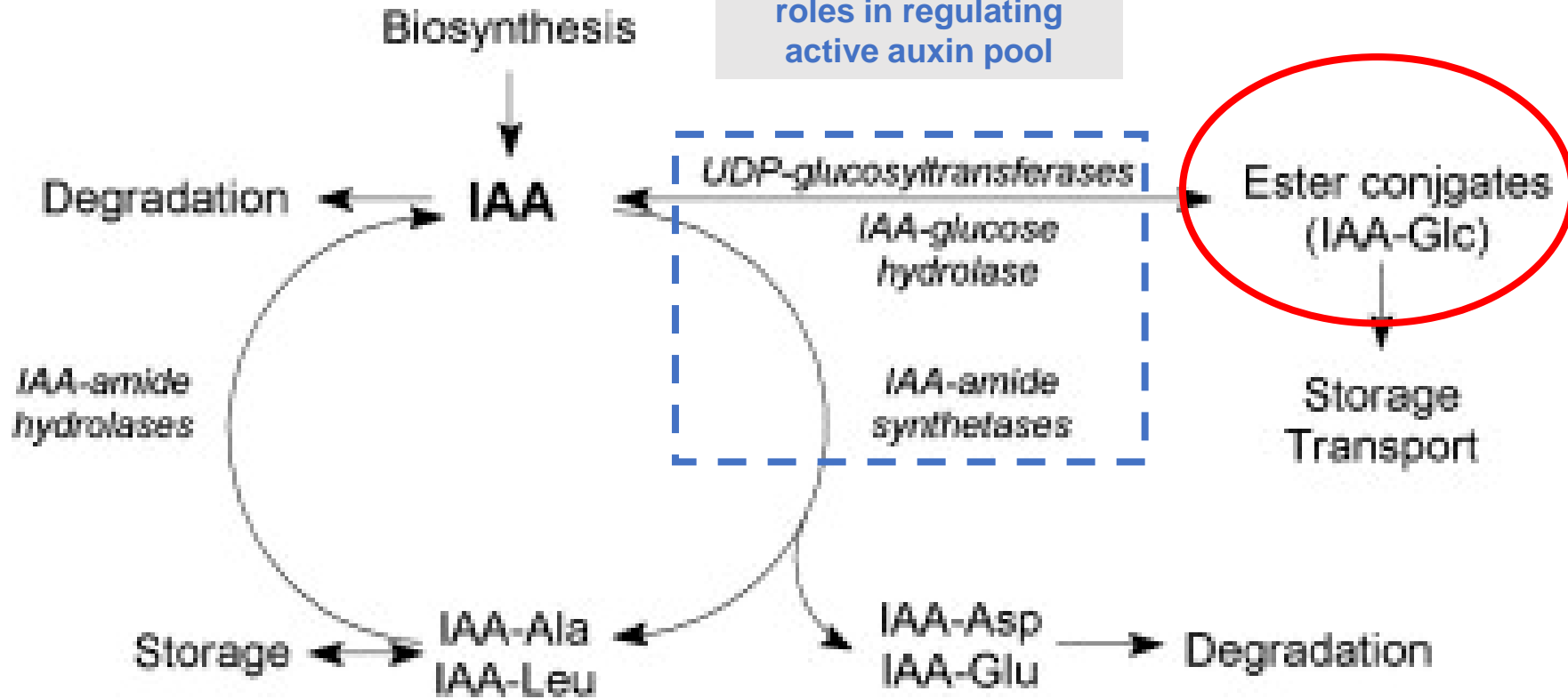
3



Reversible auxin inactivation (inactive auxin pool)

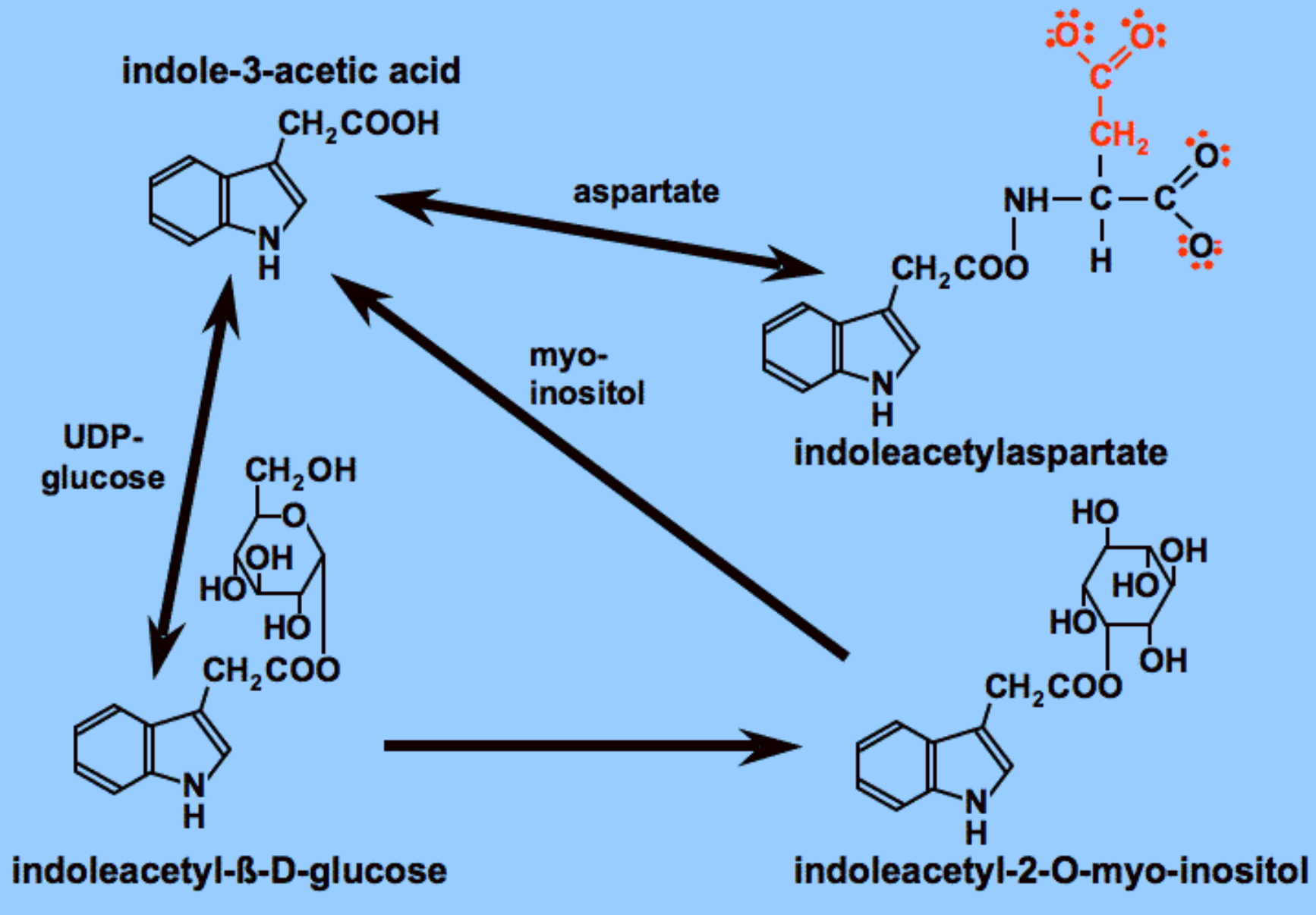
3

Enzymes play essential roles in regulating active auxin pool

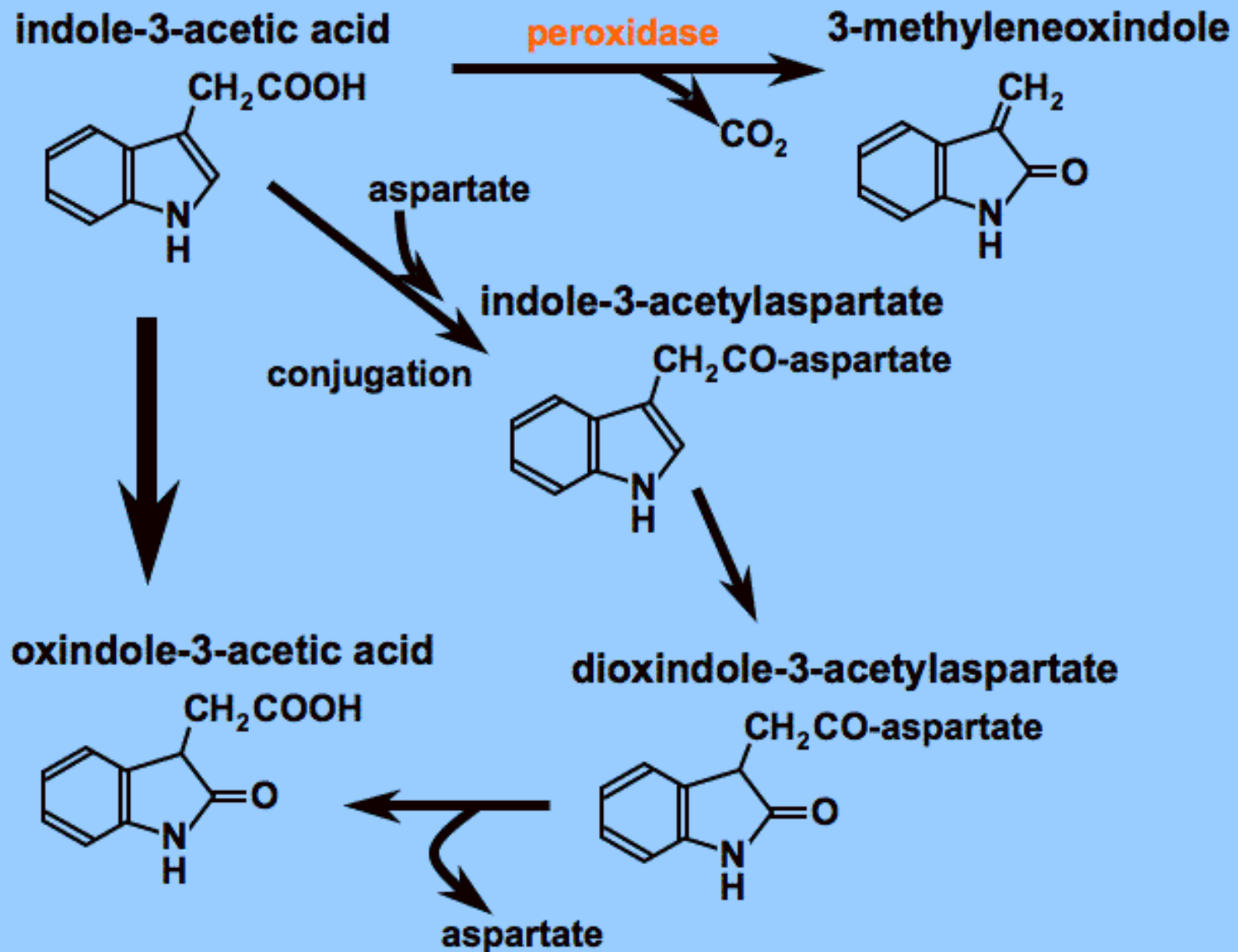


Most of the auxin is inactive as conjugate

IAA can be conjugated to other molecules and retrieved later

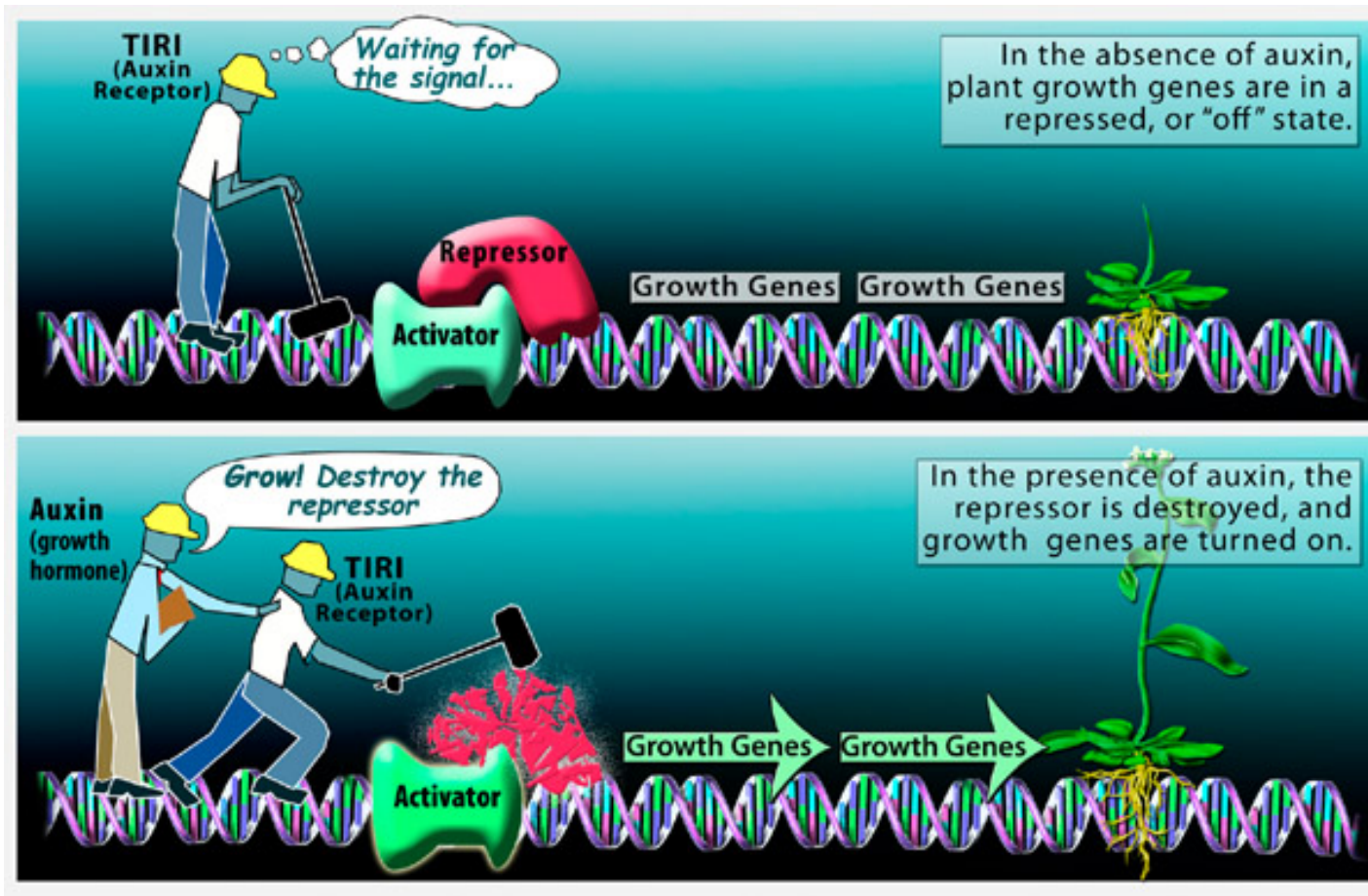


Degradation Pathways for Auxin



Auxin signal transduction ⁴

- **TIR1 receptor is in the cytosol.**
- **Auxin destroys repressor of expression of auxin-responsive genes.**
- **Auxin induces expression of the *ARF1* transcription factor which activates multiple downstream genes.**



Auxin works in a cell by binding specifically to a protein called TIR1. The combination of TIR1 and auxin, along with a couple of other proteins, destroys a repressor protein that stops growth genes from being expressed. Once these growth genes are activated, they are expressed and produce proteins that control plant growth. Growth genes could include those that promote cell elongation and division, or differentiation.

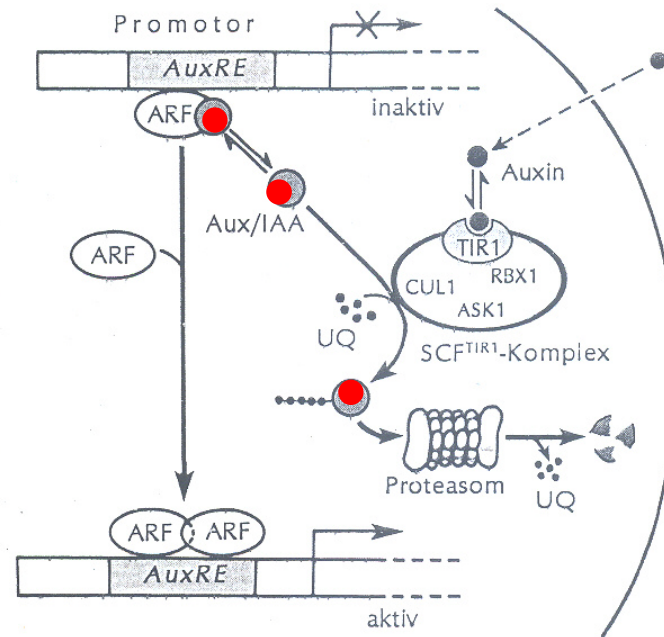


Abb. 18.27. Schema zur Signaltransduktion bei der Aktivierung Auxin-responsiver Gene (vereinfacht). Diese Gene besitzen einen Promotor mit dem Erkennungsmotiv (*cis*-Element) *AuxRE*, an das der Transkriptionsfaktor *ARF* bindet. Die transkriptionsfördernde Aktivität von *ARF* wird durch die Bindung des *Aux/IAA*-Proteins reprimiert (*oben*). Auxin bindet an die *TIR1*-Untereinheit eines *SCF*-Komplexes (*SCF^{TIR1}*-Ubiquitin-Protein-Ligase) und induziert die Verknüpfung von *Aux/IAA* mit Ubiquitin (*UQ*) und somit den spezifischen Abbau von *Aux/IAA* durch das 26S-Proteasom (\rightarrow S. 93). Hierdurch wird die Transkription des Gens frei gegeben (*unten*). Die Ausschaltung der *SCF*-Untereinheiten (*TIR1*, *ASK1*, *CUL1*, *RBX1*) durch Mutationen führt zu Insensitivität gegen Auxin, da die Ubiquitinierung von *Aux/IAA*-Proteinen nicht mehr stattfinden kann. Auch Mutationen in *Aux/IAA*-Genen führen zu verminderter Reaktion auf Auxin, da die mutierten *Aux/IAA*-Proteine nicht mehr ausreichend schnell abgebaut werden können. Das F-Box-Protein *TIR1* hat hier die Funktion eines Auxinreceptors. (Nach Frugis und Chua 2002; verändert)

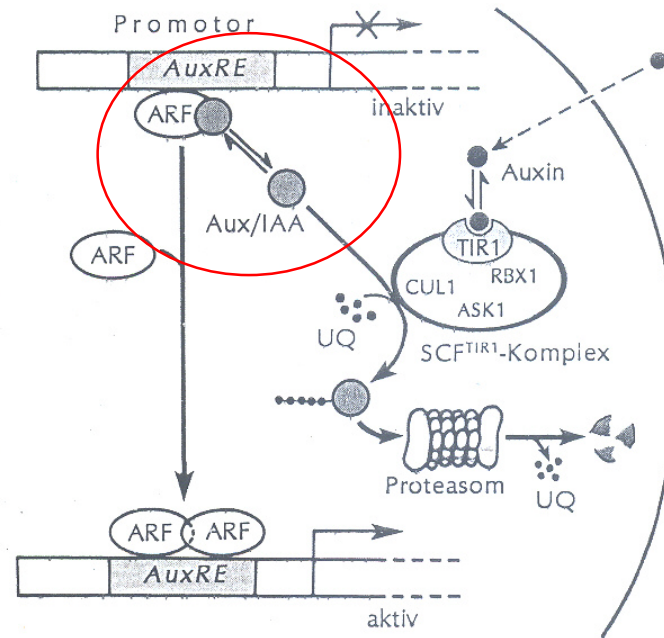


Abb. 18.27. Schema zur Signaltransduktion bei der Aktivierung Auxin-responsiver Gene (vereinfacht). Diese Gene besitzen einen Promotor mit dem Erkennungsmotiv (*cis*-Element) *AuxRE*, an das der Transkriptionsfaktor *ARF* bindet. Die transkriptionsfördernde Aktivität von *ARF* wird durch die Bindung des *Aux/IAA*-Proteins reprimiert (*oben*). Auxin bindet an die *TIR1*-Untereinheit eines *SCF*-Komplexes (*SCF^{TIR1}*-Ubiquitin-Protein-Ligase) und induziert die Verknüpfung von *Aux/IAA* mit Ubiquitin (*UQ*) und somit den spezifischen Abbau von *Aux/IAA* durch das 26S-Proteasom (\rightarrow S. 93). Hierdurch wird die Transkription des Gens frei gegeben (*unten*). Die Ausschaltung der *SCF*-Untereinheiten (*TIR1*, *ASK1*, *CUL1*, *RBX1*) durch Mutationen führt zu Insensitivität gegen Auxin, da die Ubiquitinierung von *Aux/IAA*-Proteinen nicht mehr stattfinden kann. Auch Mutationen in *Aux/IAA*-Genen führen zu verminderter Reaktion auf Auxin, da die mutierten *Aux/IAA*-Proteine nicht mehr ausreichend schnell abgebaut werden können. Das F-Box-Protein *TIR1* hat hier die Funktion eines Auxinreceptors. (Nach Frugis und Chua 2002; verändert)

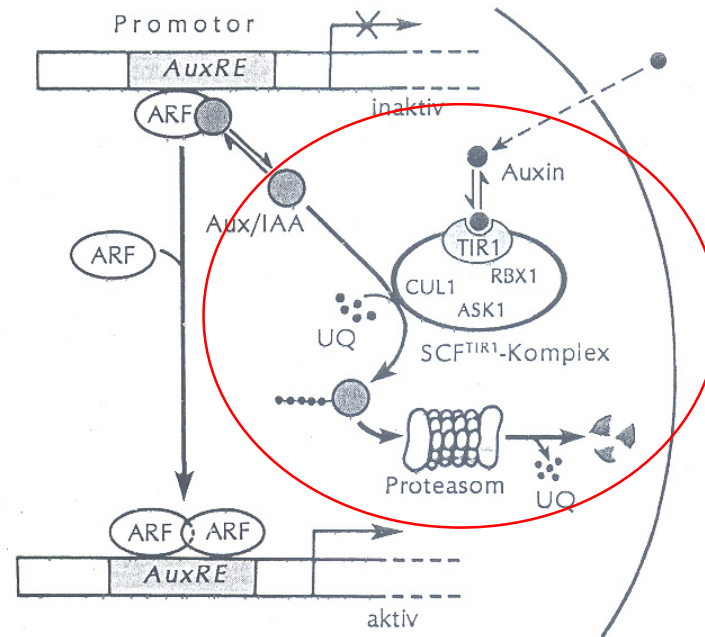
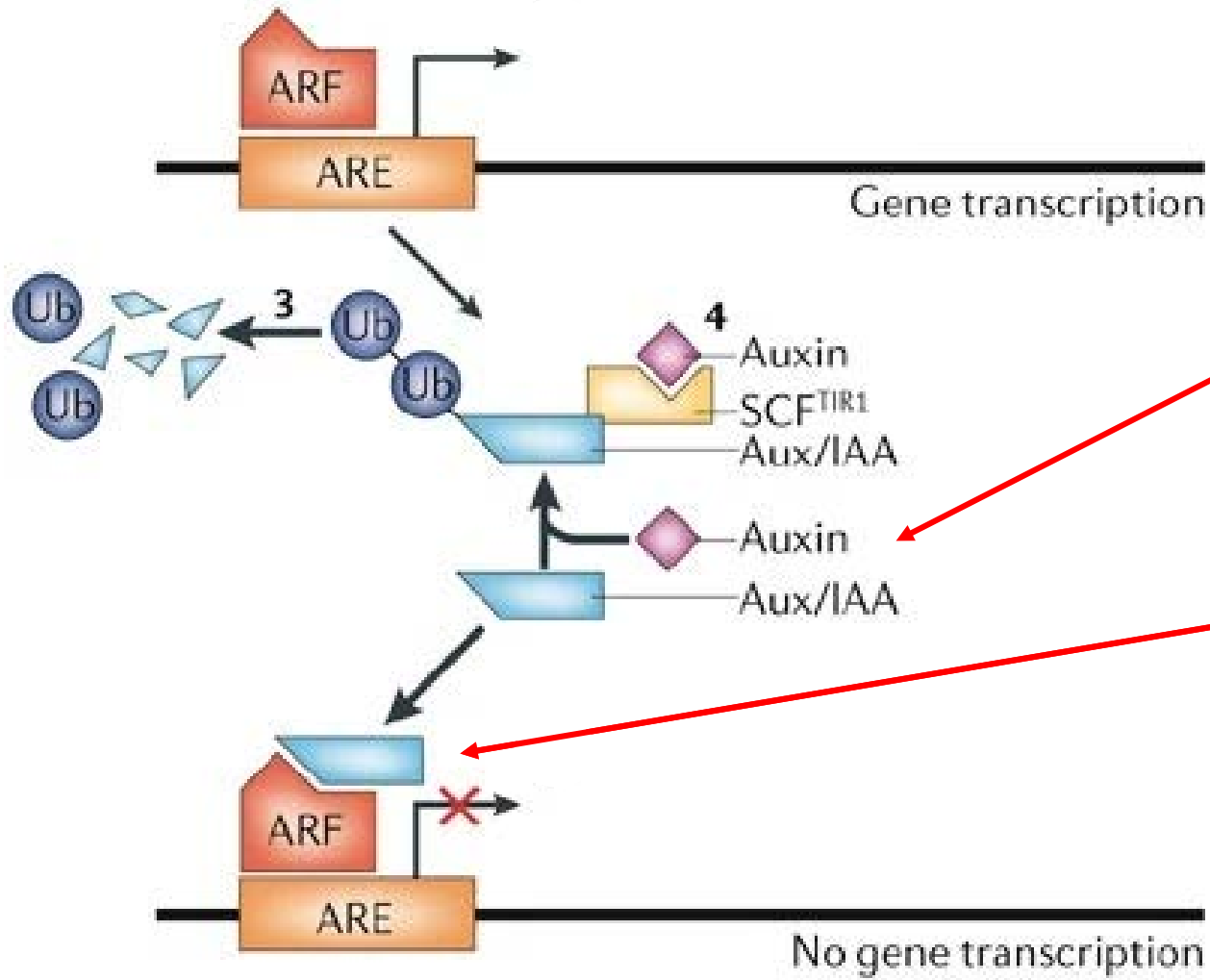


Abb. 18.27. Schema zur Signaltransduktion bei der Aktivierung Auxin-responsiver Gene (vereinfacht). Diese Gene besitzen einen Promotor mit dem Erkennungsmotiv (*cis*-Element) *AuxRE*, an das der Transkriptionsfaktor *ARF* bindet. Die transkriptionsfördernde Aktivität von *ARF* wird durch die Bindung des *Aux/IAA*-Proteins reprimiert (*oben*). Auxin bindet an die *TIR1*-Untereinheit eines *SCF*-Komplexes (*SCF^{TIR1}*-Ubiquitin-Protein-Ligase) und induziert die Verknüpfung von *Aux/IAA* mit Ubiquitin (*UQ*) und somit den spezifischen Abbau von *Aux/IAA* durch das 26S-Proteasom (\rightarrow S. 93). Hierdurch wird die Transkription des Gens frei gegeben (*unten*). Die Ausschaltung der *SCF*-Untereinheiten (*TIR1*, *ASK1*, *CUL1*, *RBX1*) durch Mutationen führt zu Insensitivität gegen Auxin, da die Ubiquitinierung von *Aux/IAA*-Proteinen nicht mehr stattfinden kann. Auch Mutationen in *Aux/IAA*-Genen führen zu verminderter Reaktion auf Auxin, da die mutierten *Aux/IAA*-Proteine nicht mehr ausreichend schnell abgebaut werden können. Das F-Box-Protein *TIR1* hat hier die Funktion eines Auxinreceptors. (Nach Frugis und Chua 2002; verändert)



Auxin induces Aux/IAA repressor degradation via SCF^{TIR1}/Ub

Aux/IAA repressor prevents transcription