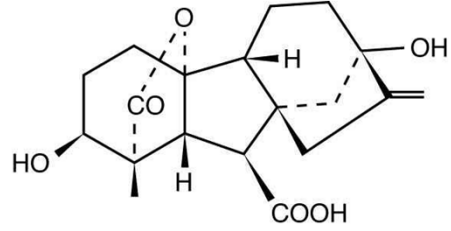


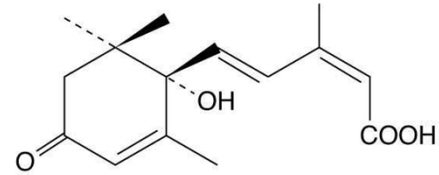
Rostlinné hormony

Studijní materiály

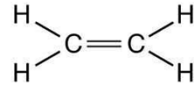
Základní typy rostlinných hormonů



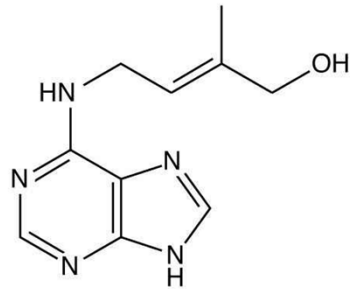
GA₁ (a gibberellin)



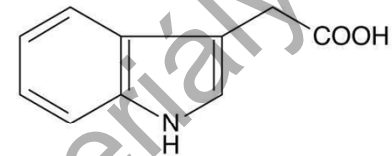
(S)-Abscisic acid



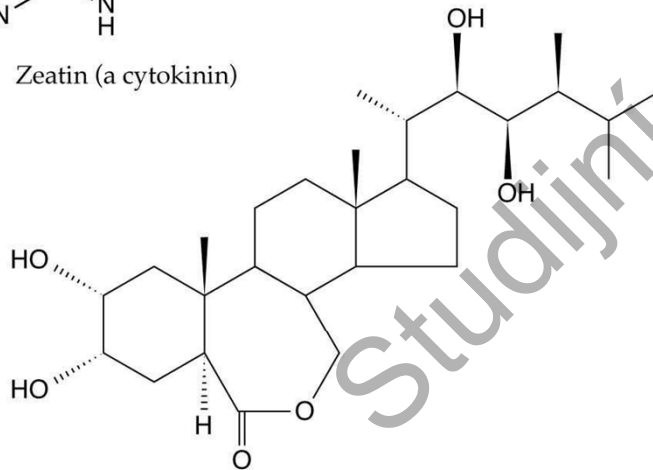
Ethylene



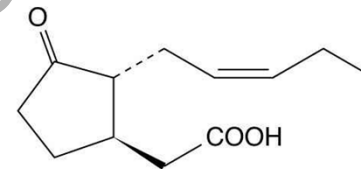
Zeatin (a cytokinin)



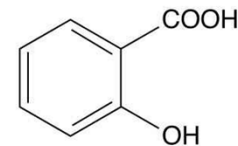
Indole-3-acetic acid (an auxin)



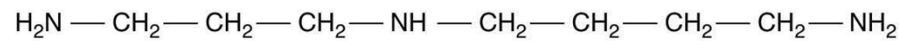
Brassinolide (a brassinosteroid)



(-)-Jasmonic acid



Salicylic acid

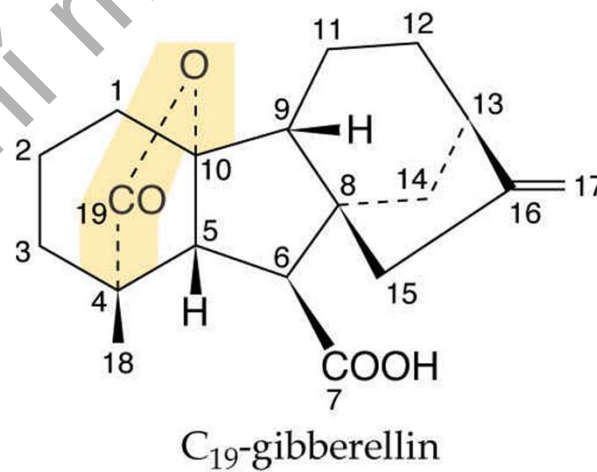
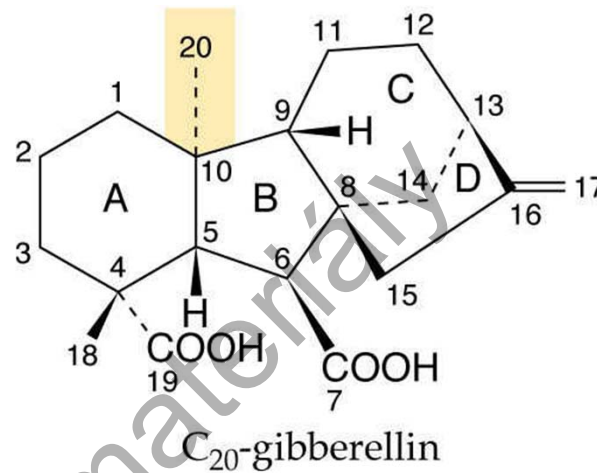


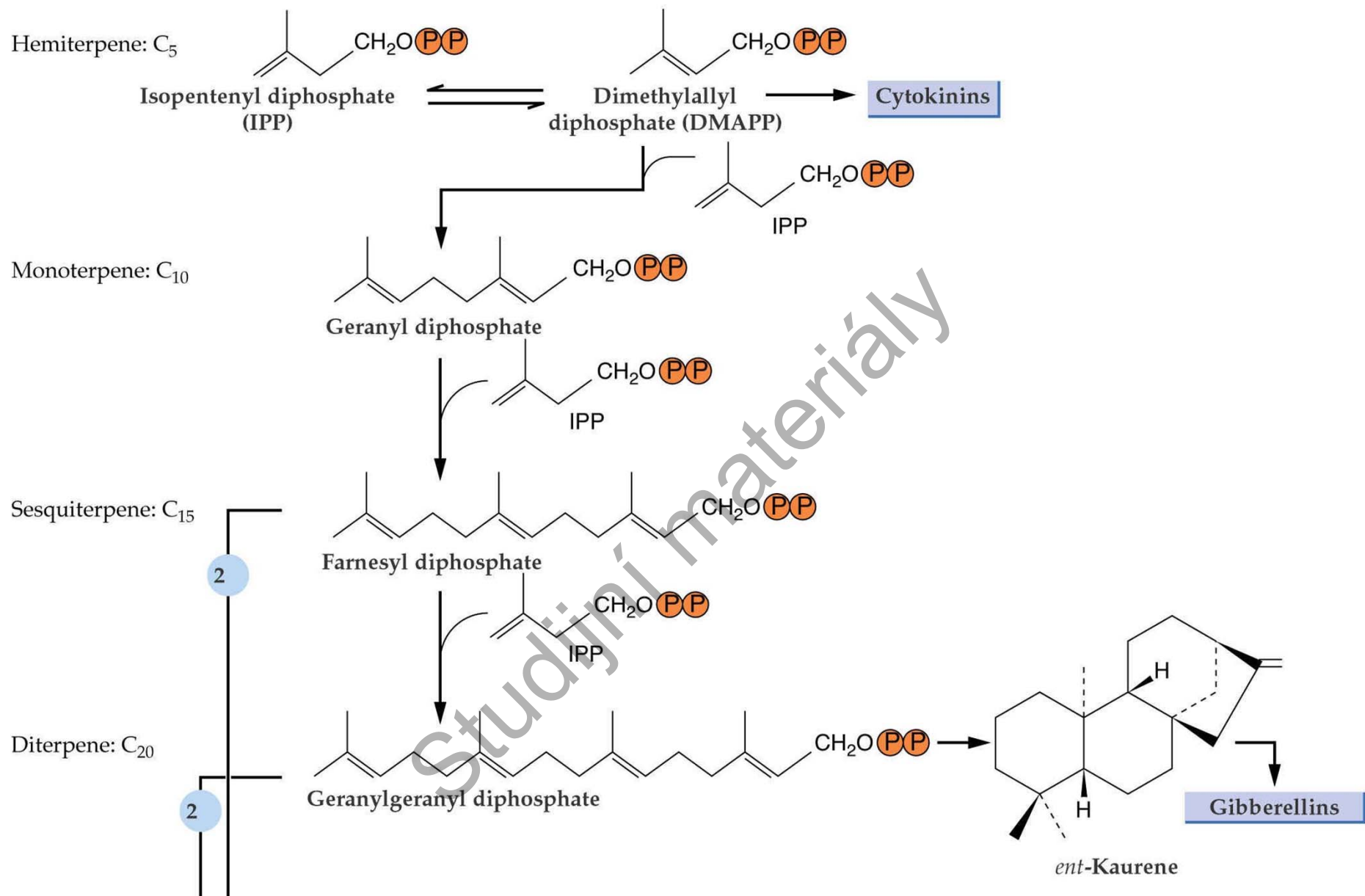
Spermidine (a polyamine)

Gibbereliny (GA)

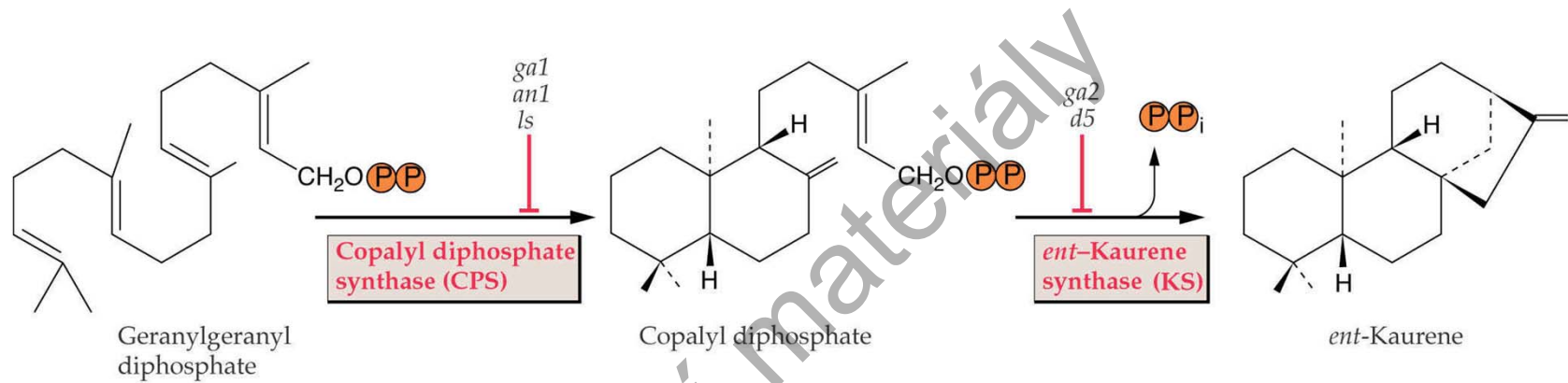
- izolovány v roce 1926 jako metabolity houby *Gibberela fujikuroi*
- podporují prodlužování stonku a růst listů, podporují vznik květů a plodů, ovlivňují i růst kořenů
- stimulace α -amylasy
- v současnosti je jich známo cca 125 (GA_{1-125})
- 12 z nich bylo nalezeno ve výše uvedené houbě
- většina rostlin syntetizuje min. 10 derivátů

Dvě hlavní skupiny
gibberelinů

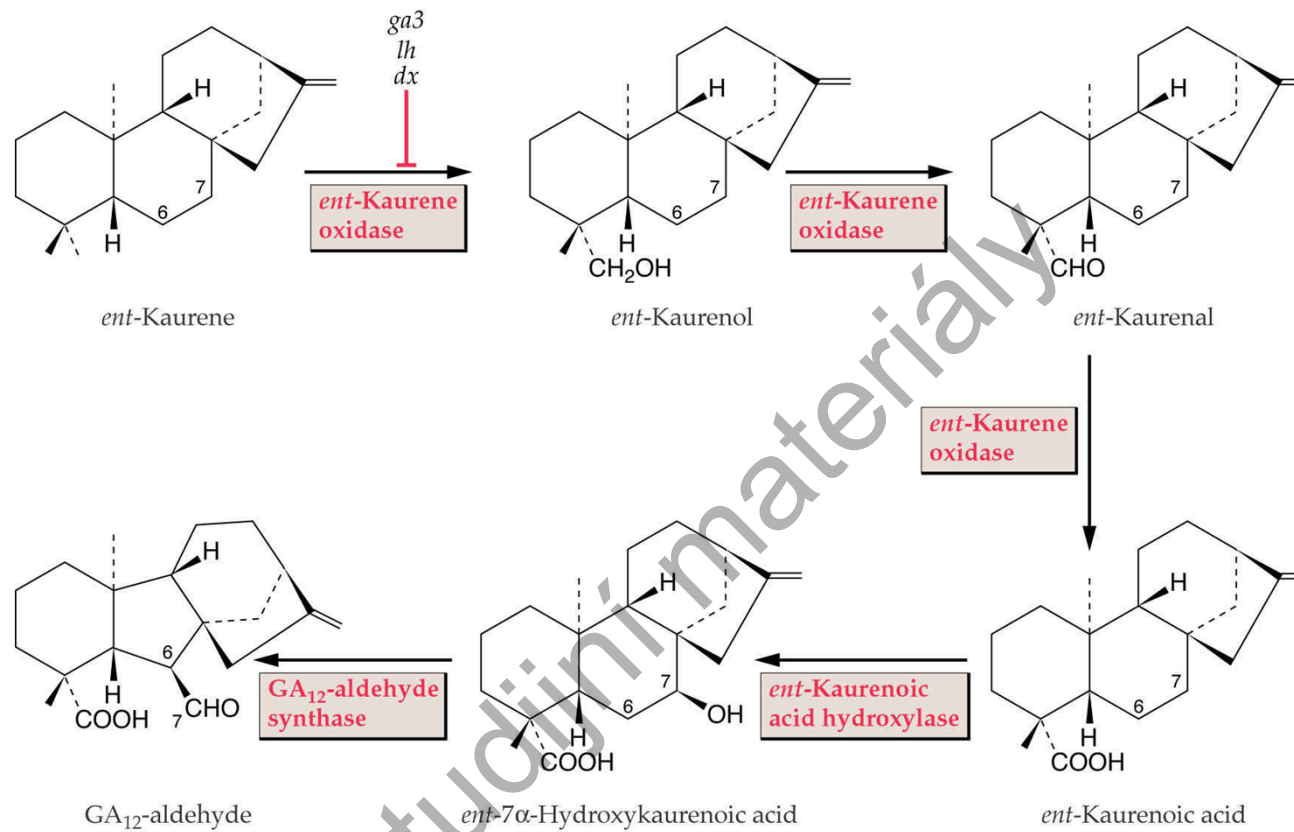




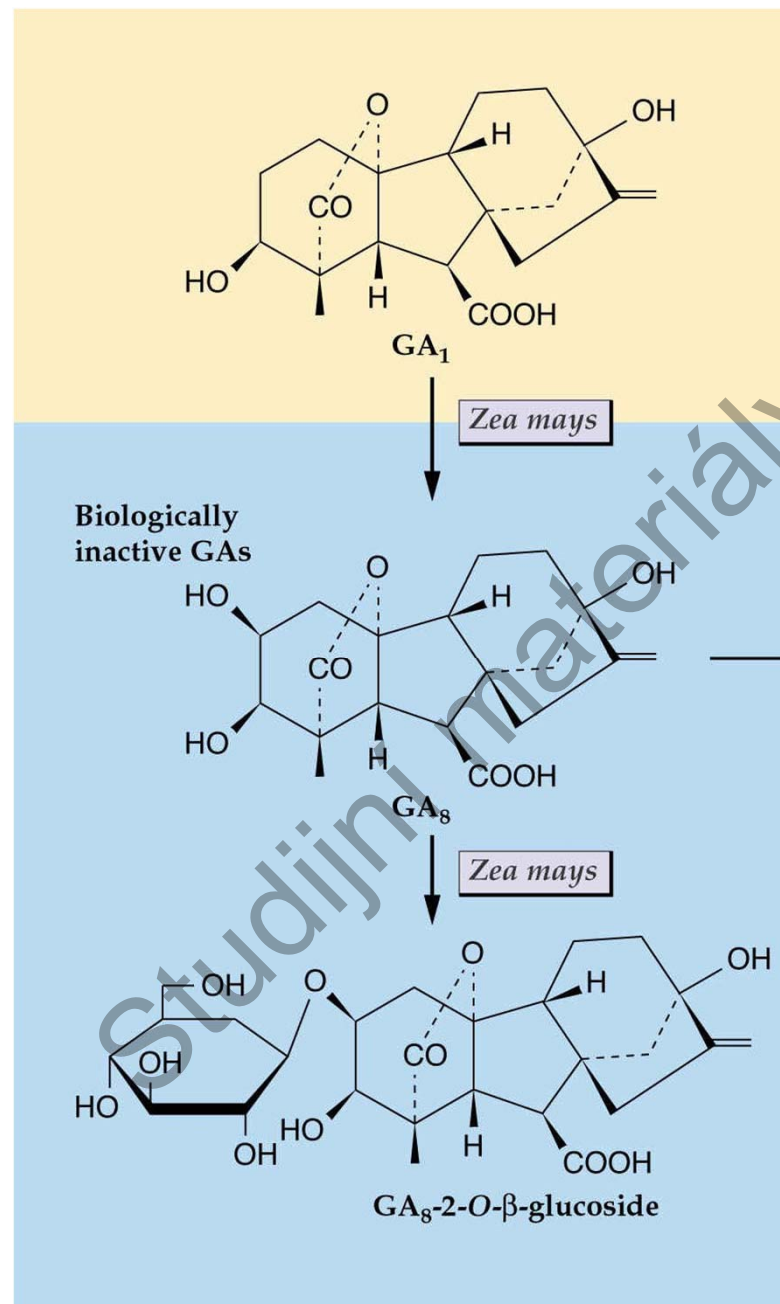
Hlavní cesta syntézy gibberelinů izoprenoidní dráhou v plastidech.



Cyklizace geranylgeranyl difosfátu



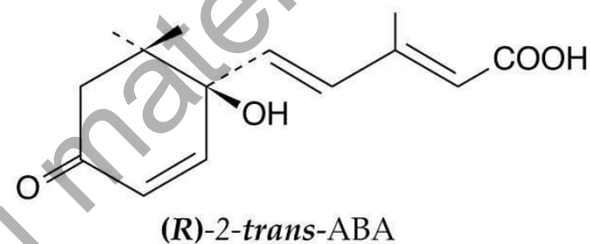
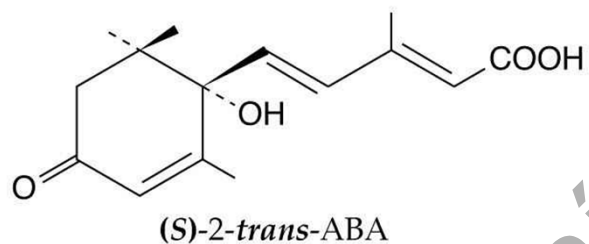
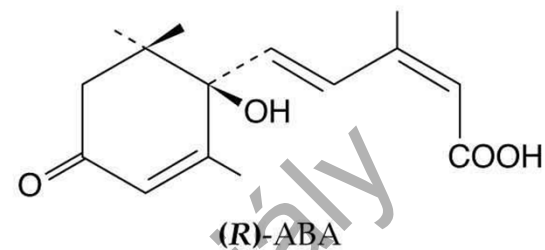
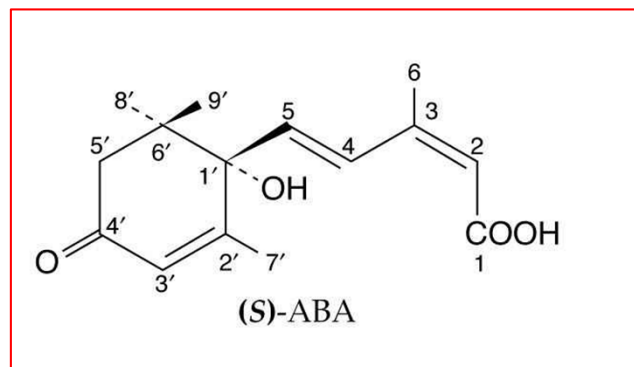
Syntéza GA₁₂ z ent-kaurenu katalyzovaná cytochromem P450



Jedna z cest deaktivace gibberelinů

Kyselina abscisová (ABA)

- objevena v roce 1950 jako látka inhibující prodlužování koleoptilu ovsa.
- podporuje dormanci, uzavírá stomata během nedostatku vody
- aplikace ABA snížení růstové rychlosti, urychluje opad listů, urychluje proces stárnutí
- Syntéza ABA se zvyšuje teplotním nebo solným stresem



Struktura ksy. abscisové. Aktivním stereoizomerem je S(-).
 Izomer 2-cis izomeruje světlem na 2-trans.

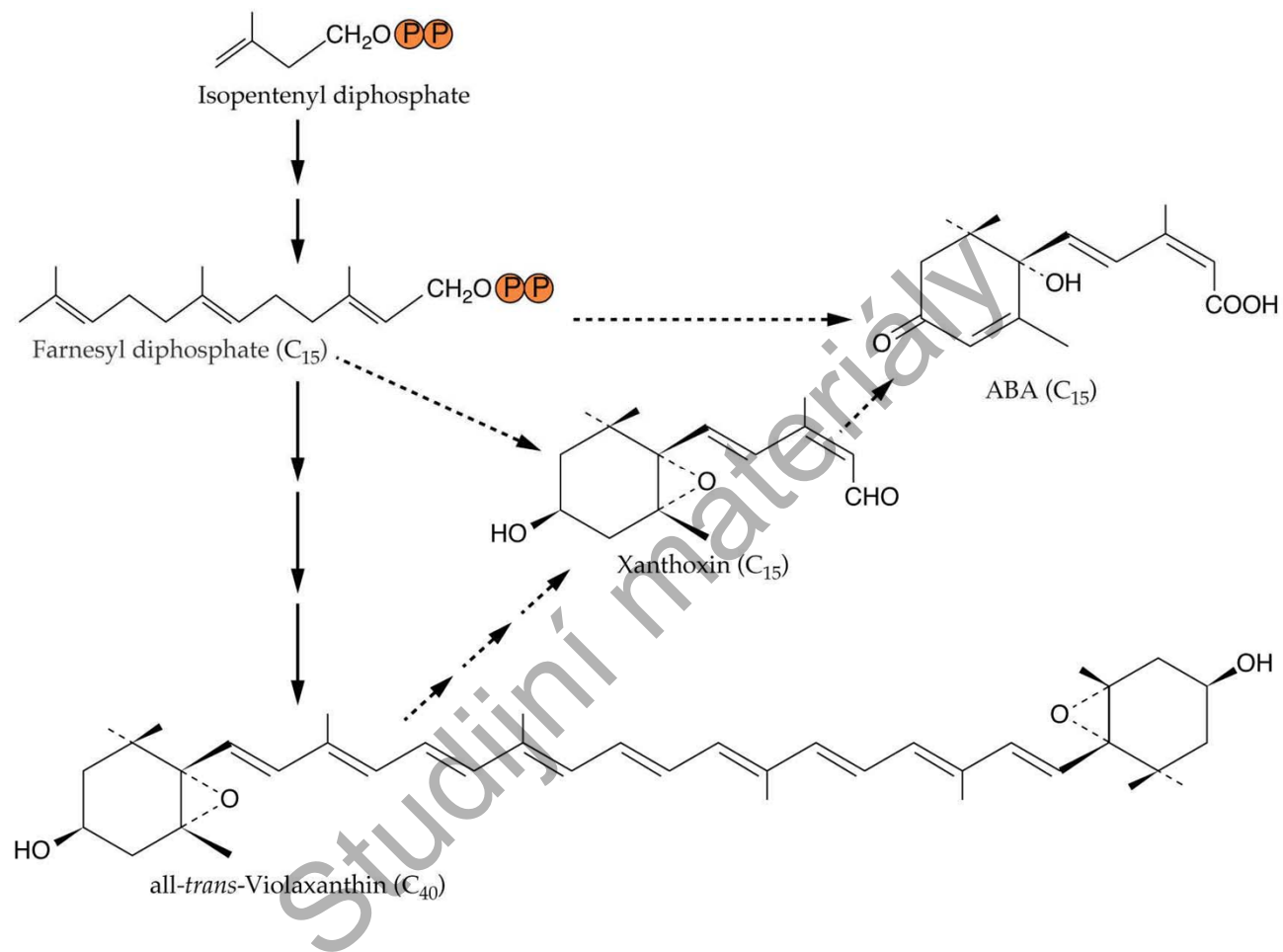
(A)



(B)

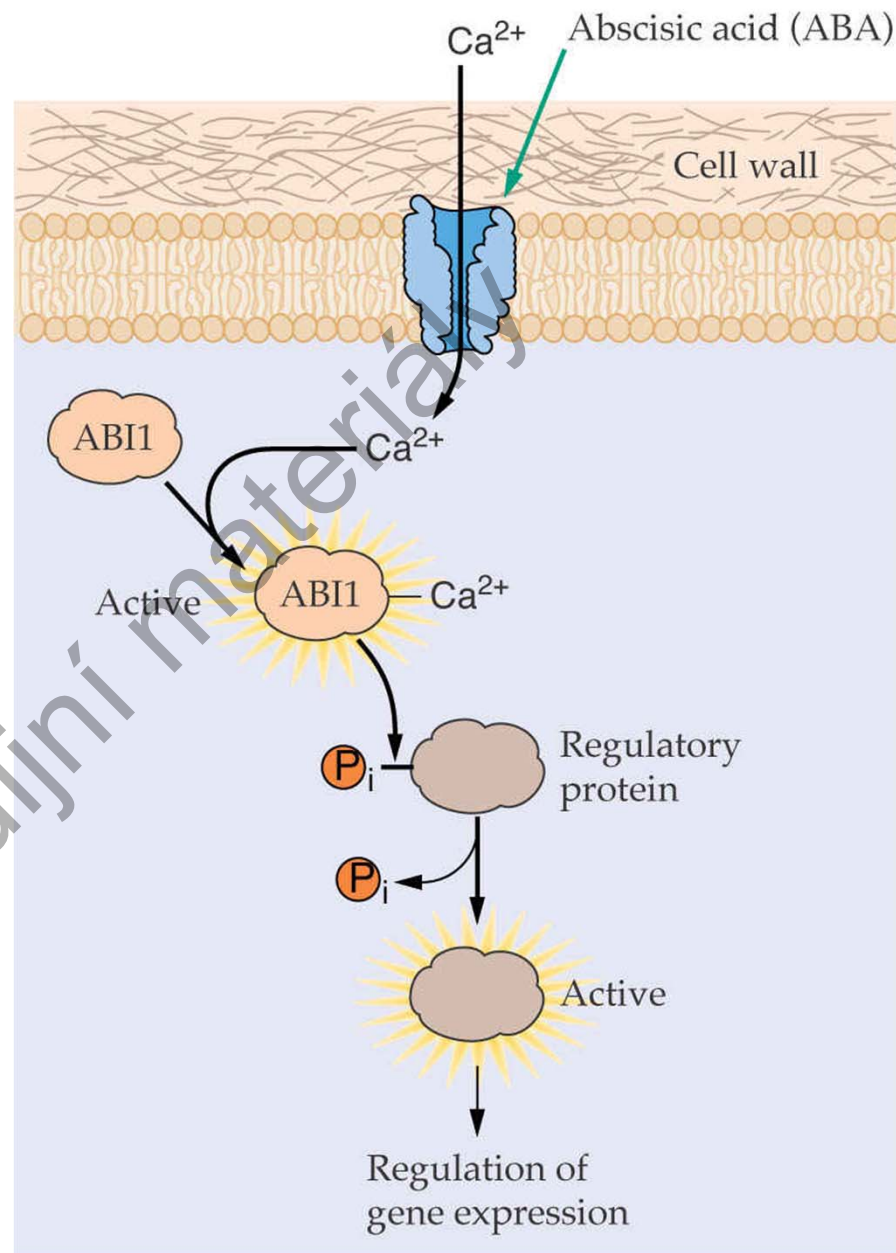


ABA vyvolává uzavření průduchů



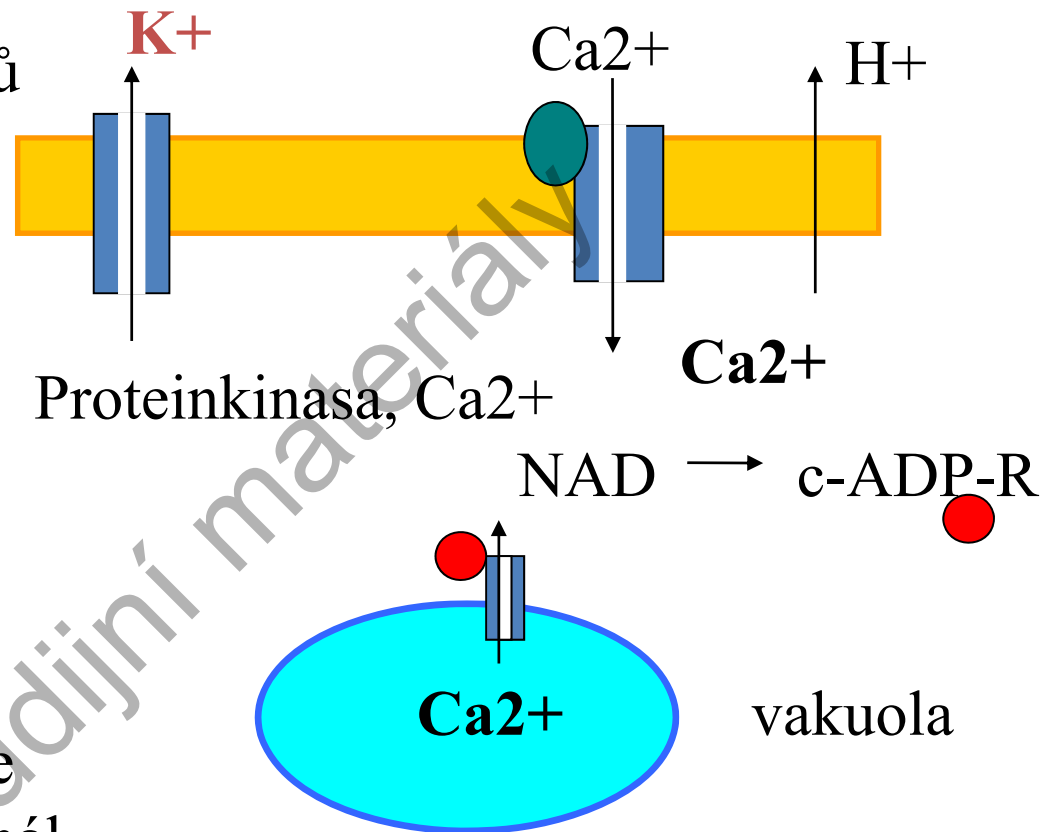
Biosyntéza ABA z violaxanthinu

Aktivace genové exprese pomocí ABA.
Receptor na cytoplasmatické membráně je vápenatý kanál
Vápenaté ionty aktivují ABI1, který je proteinfosfatasou a modifikuje regulační protein



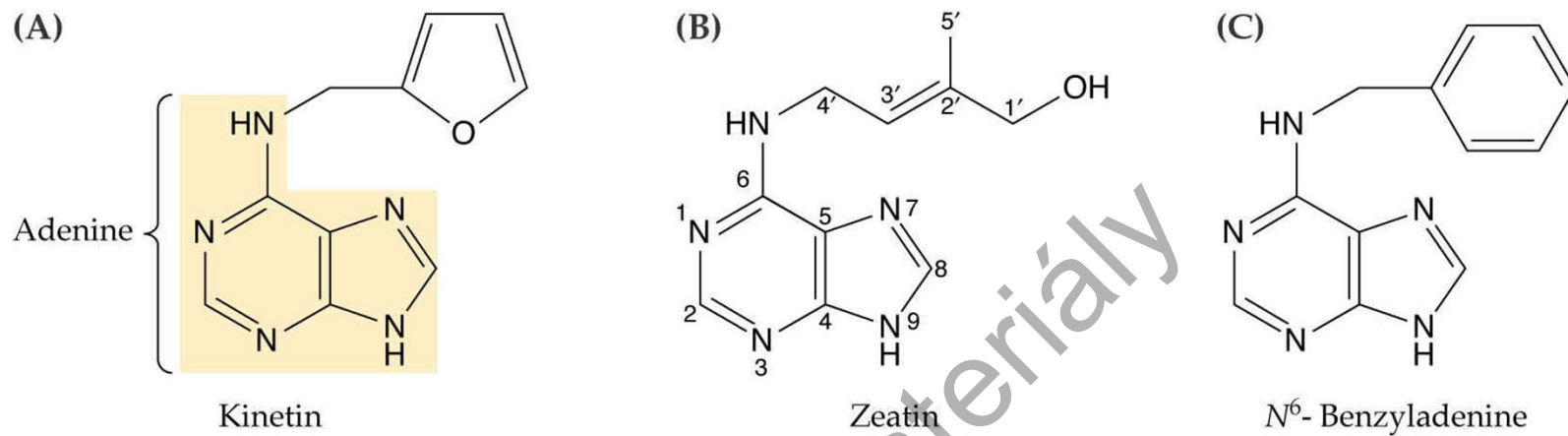
Pravděpodobné schéma regulace turgoru průduchů pomocí ABA.

Otevření vápenatého kanálu na cyt. membráně a alkalizace vyvolá syntézu c-ADPR., který se váže na receptor vakuoly. Receptor je vápenatým kanálem. Další zvýšení koncentrace Ca^{2+} otevírá draselný kanál zřejmě cestou fosforylace



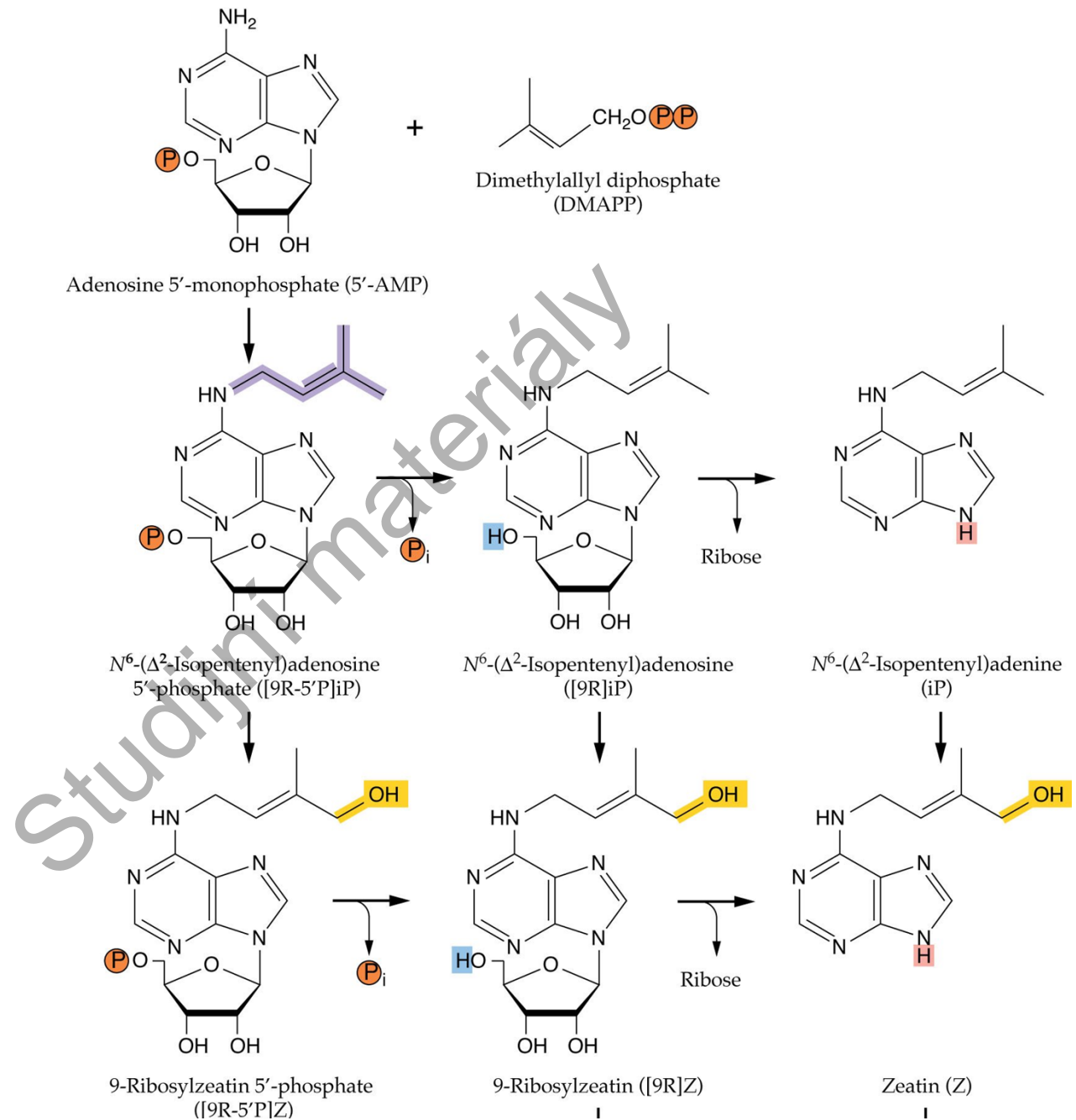
Cytokininy

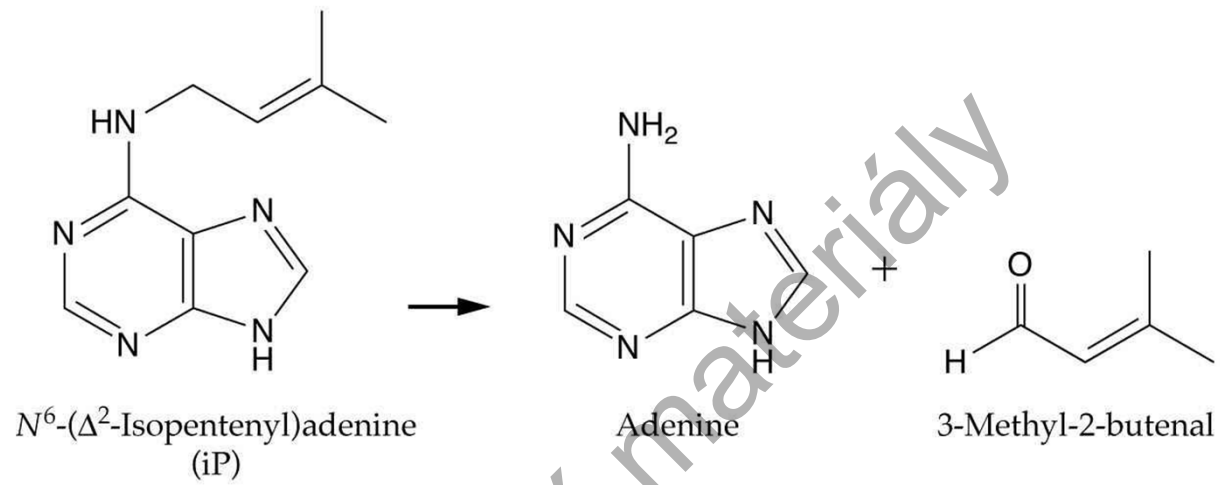
- N-deriváty adeninu
- poprvé popsány v roce 1950
- indukují otvírání průduchů, inhibují stárnutí listu, spolu s auxiny indukují buněčné dělení
- ekvimolární koncentrace s auxiny stimulují proliferaci nediferencovaných kalusů
- některé patogenní bakterie jsou schopny syntetizovat cytokininy
- nadbytek způsobuje tvorbu nádorů



Cytokininy. Kinetin je artefakt vznikající při autoklávování DNA, Zeatin je přirozený kinetin, Benzyladenin je syntetický kinetin

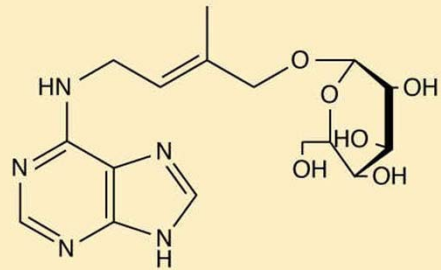
Syntéza zeatinu z AMP a dimethyl allyl PP





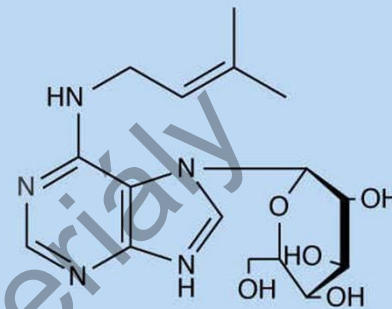
Deaktivace cytokininu oxidasou

O-Glucosylated cytokinins



O- β -Glucosylzeatin
(OG)Z*

N-Glucosylated cytokinins

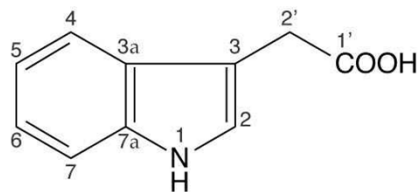


7- β -Glucosyl-N⁶-
(Δ^2 -isopentenyl)adenine [7G]iP

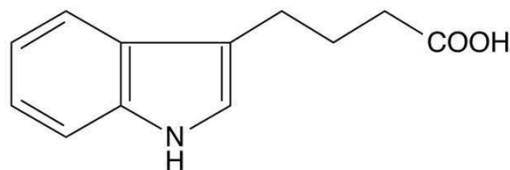
Deaktivace cytokininů glykosidací. O-glykosidace je zřejmě vratnou cestou deaktivace, N-glykosidace nevratnou cestou

Auxiny

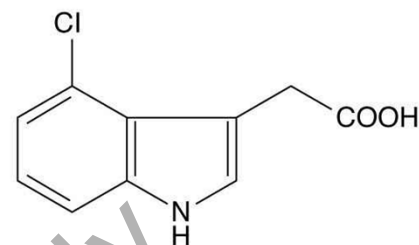
- jeden z prvně objevených hormonů (19 st.)
- celá řada syntetických derivátů
- účinky apikální dominance, tropismy, prodlužování buněk
- vyšší koncentrace syntetických auxinů působí jako herbicidy
- syntéza v apikálním meristému a mladých listech, odtud se transportuje ke kořenům.
- syntéza může být ovlivněna jinými hormony (gibbereliny)



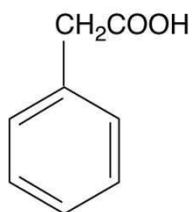
Indole-3-acetic acid



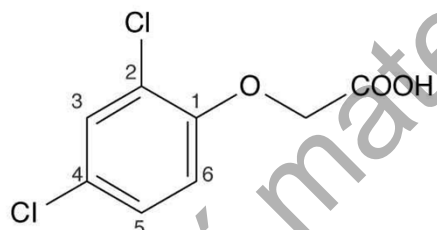
Indole-3-butyric acid



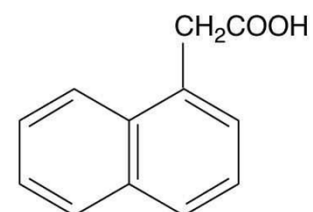
4-Chloroindole-3-acetic acid



Phenylacetic acid



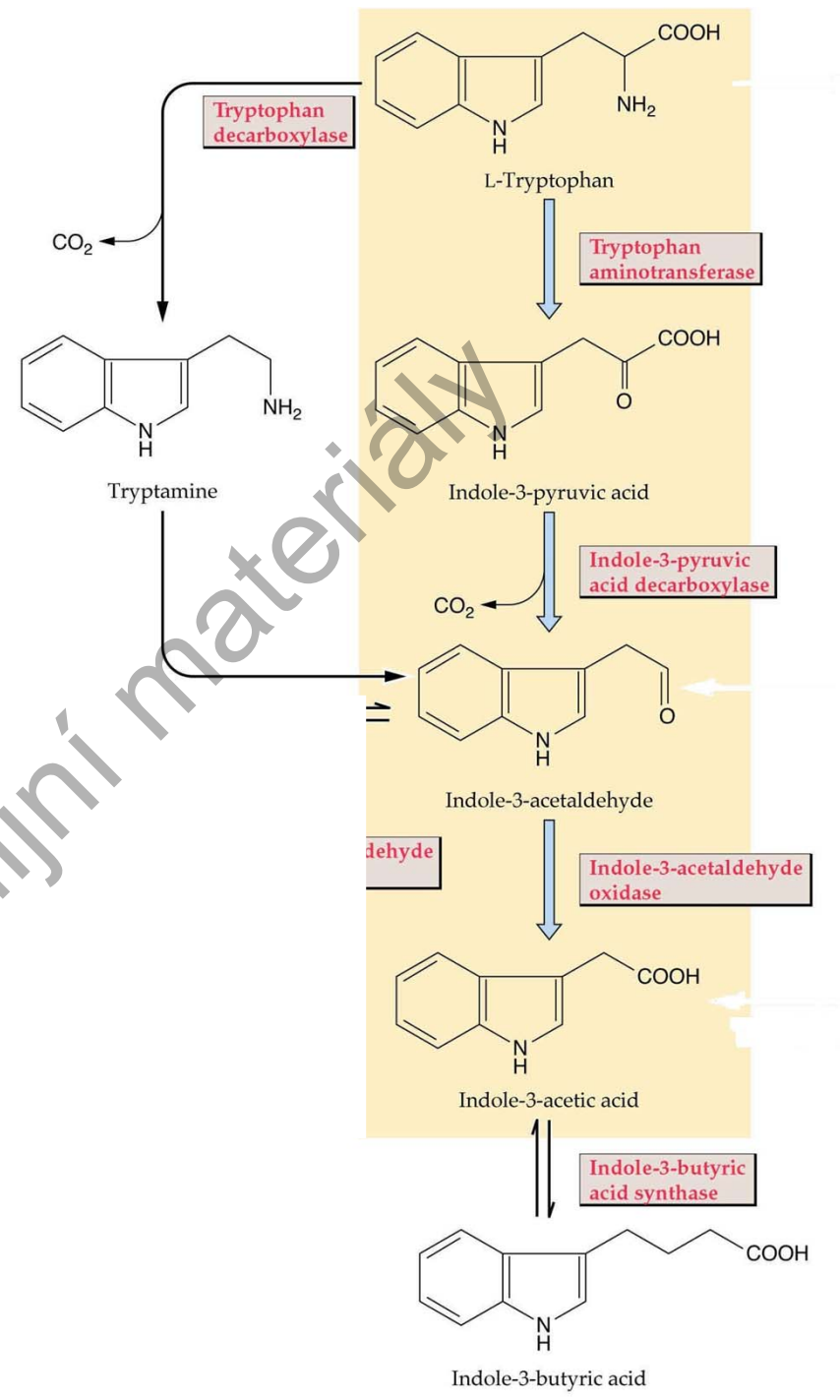
2,4-Dichlorophenoxyacetic acid



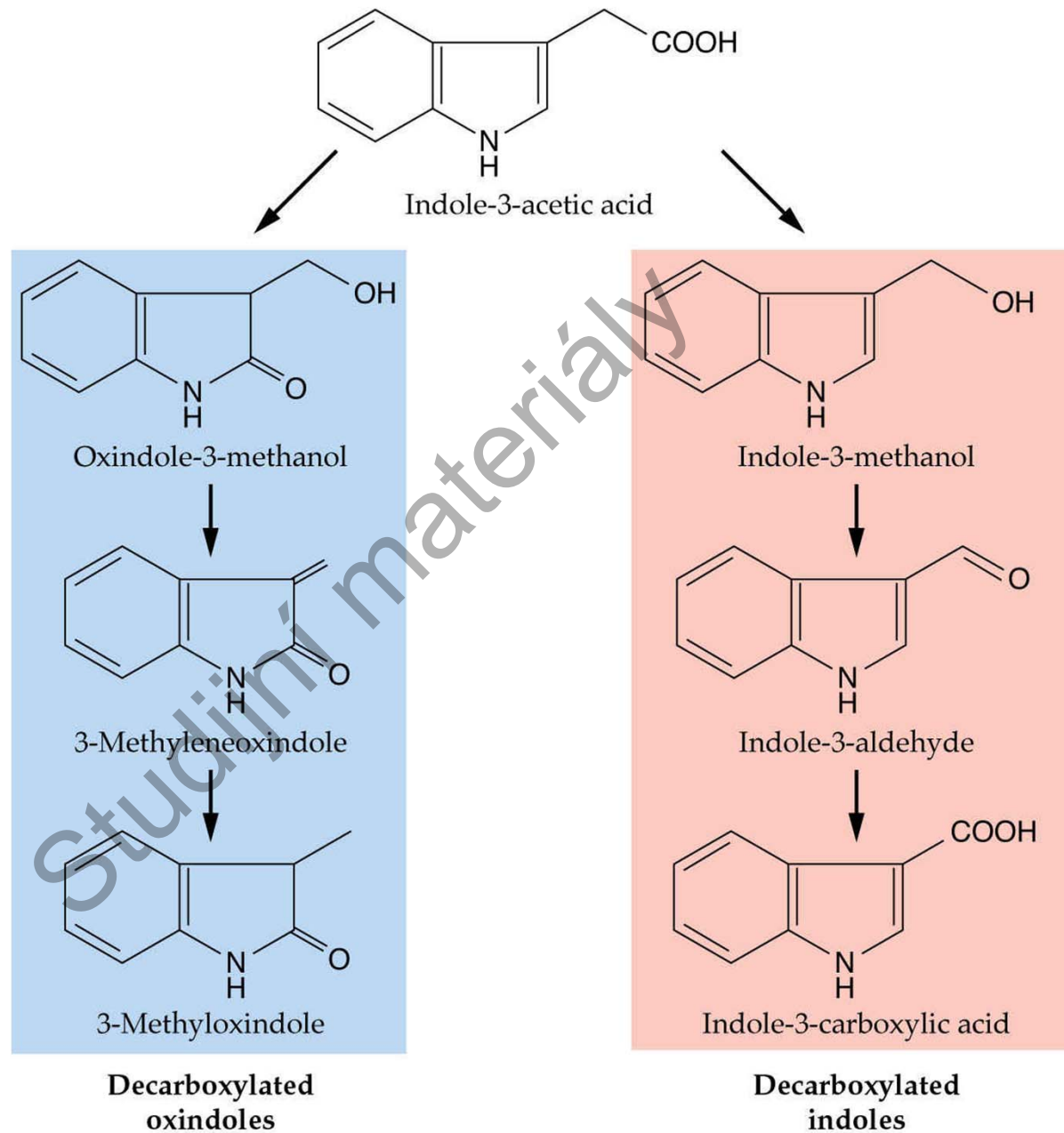
Naphthalene-1-acetic acid

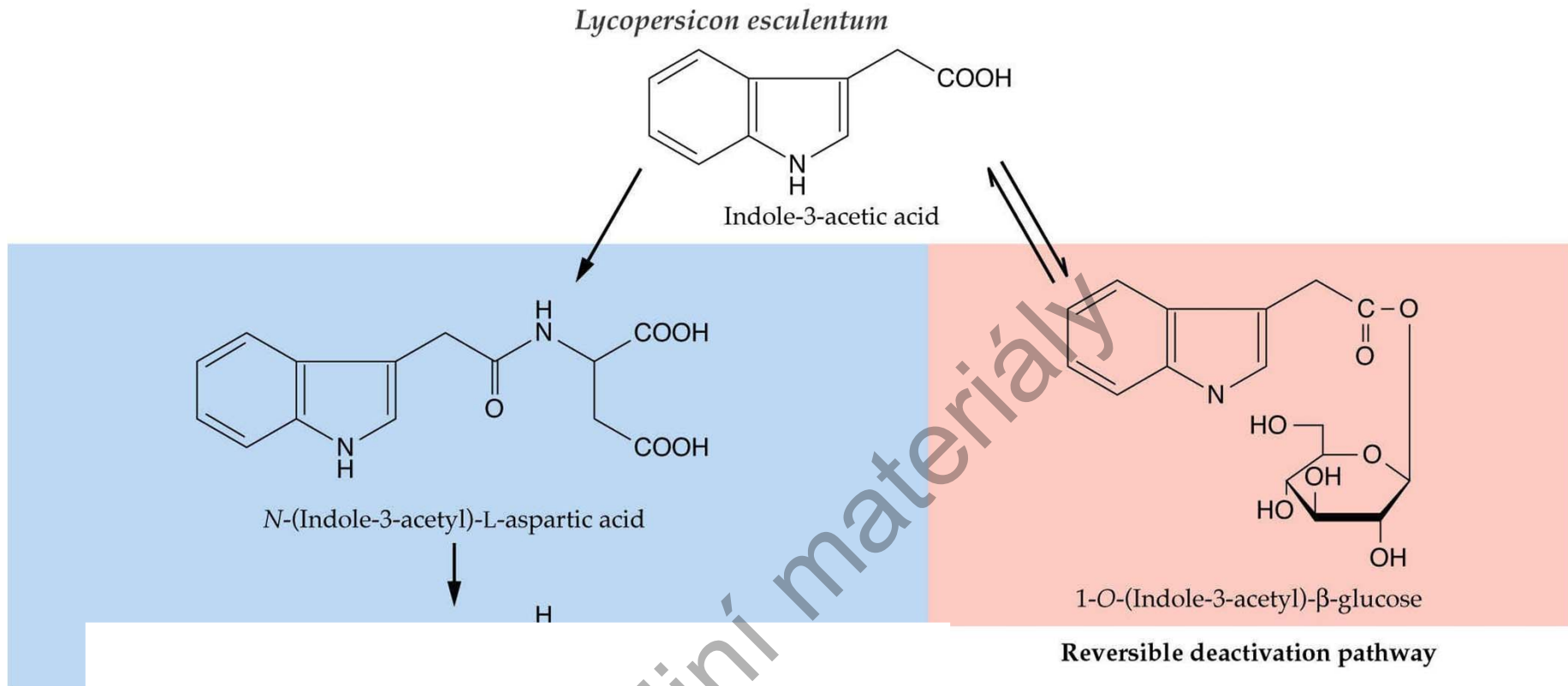
Struktura auxinů. Dichlorofenoxyacetát a naftylacetát jsou syntetické auxiny

Syntéza auxinu z tryptofanu cestou transaminasy nebo dekarboxylasy.



Dvě hlavní cesty degradace auxinu

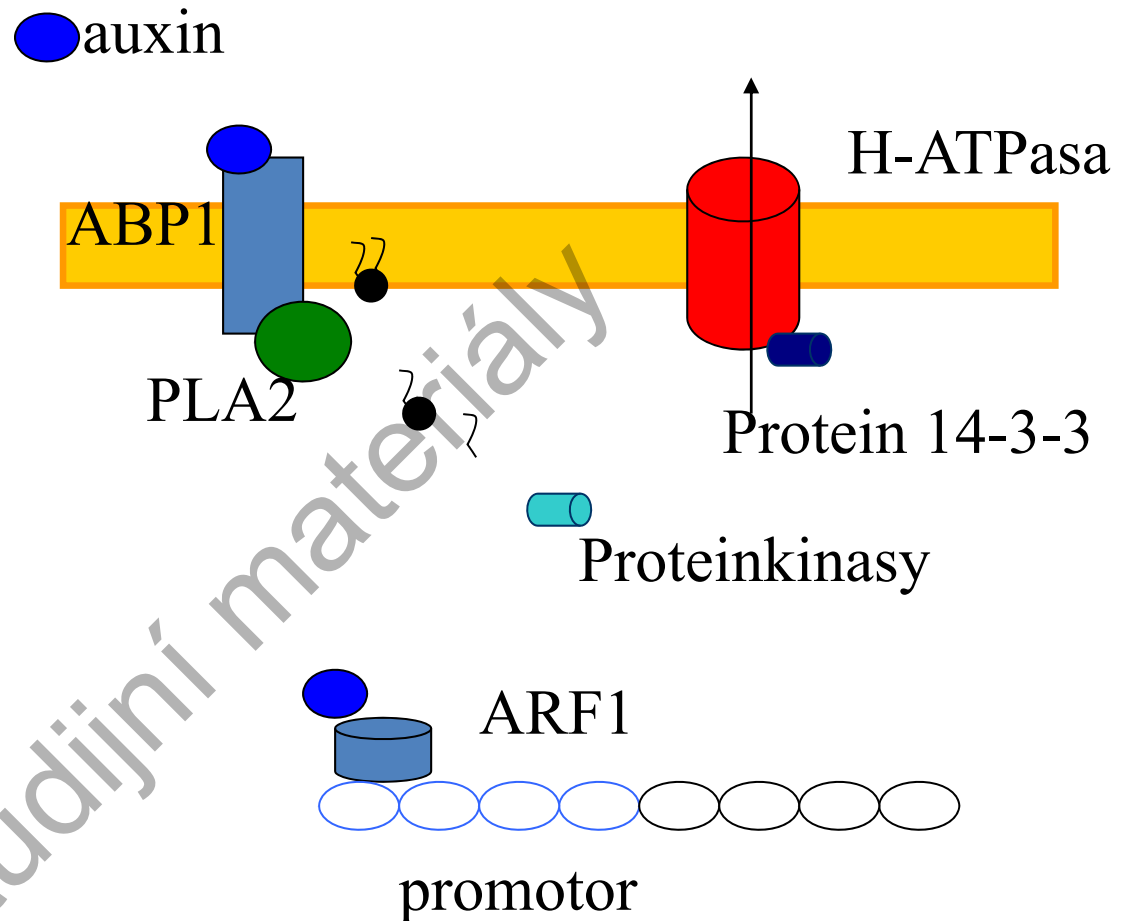




Dvě cesty konjugace auxinu. Glykosidace je vratnou cestou. Konjugát s aspartátem se přeměňuje dále na N-glykosid.

Pravděpodobný mechanismus funkce auxinu.

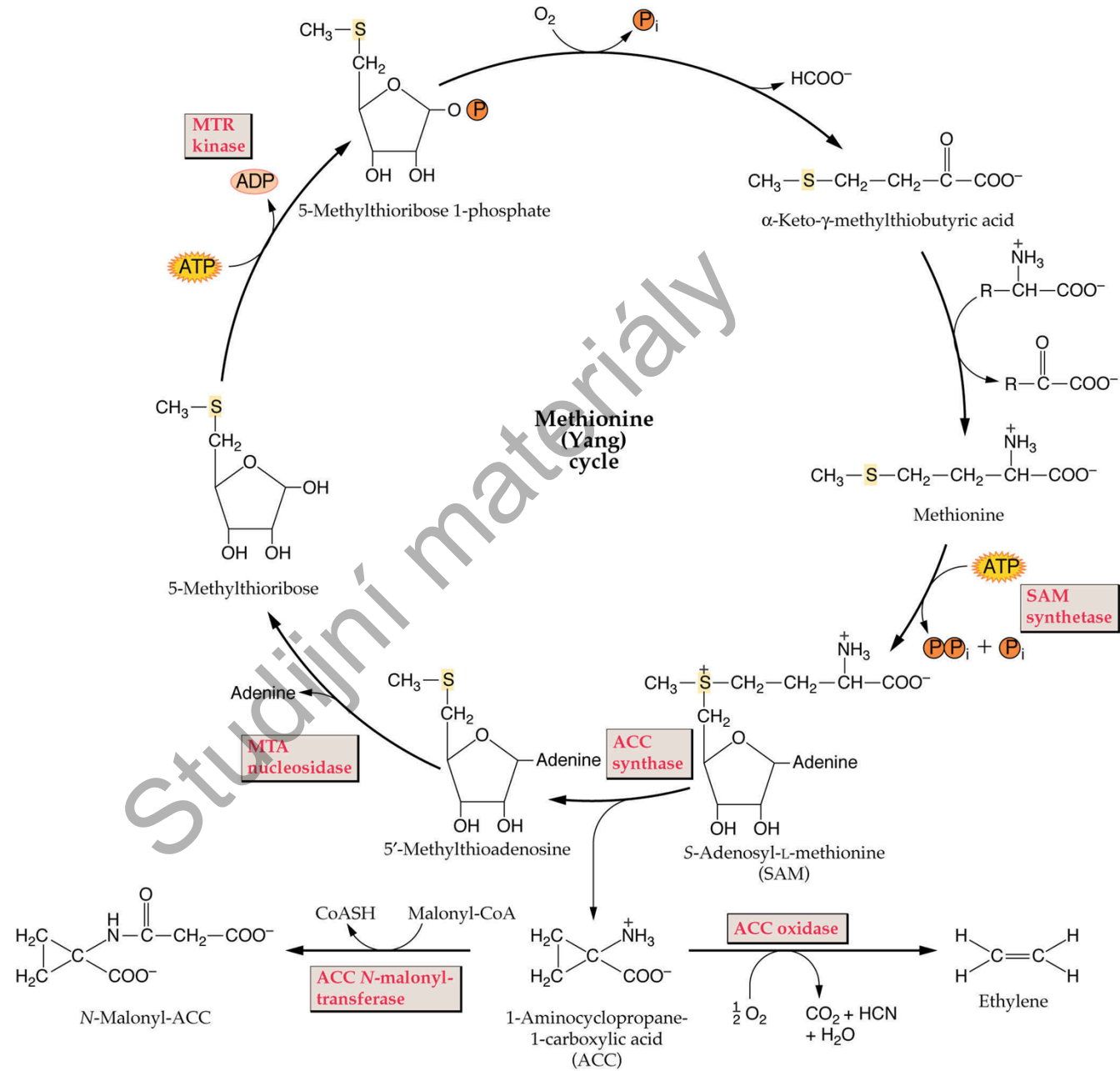
Hormon se váže na ABP1 (auxin binding protein), aktivuje PLA₂. Enzym uvolňuje mastné kyseliny a lysofosfolipidy. Aktivace H⁺-ATPasy zahrnuje protein 14-3-3 a proteinkinasy. Proteinkinasy mohou být aktivovány produkty PLA₂: MK a lysofosfolipidy. Vazba auxinu na ARF (auxin response faktor) aktivuje transkripci

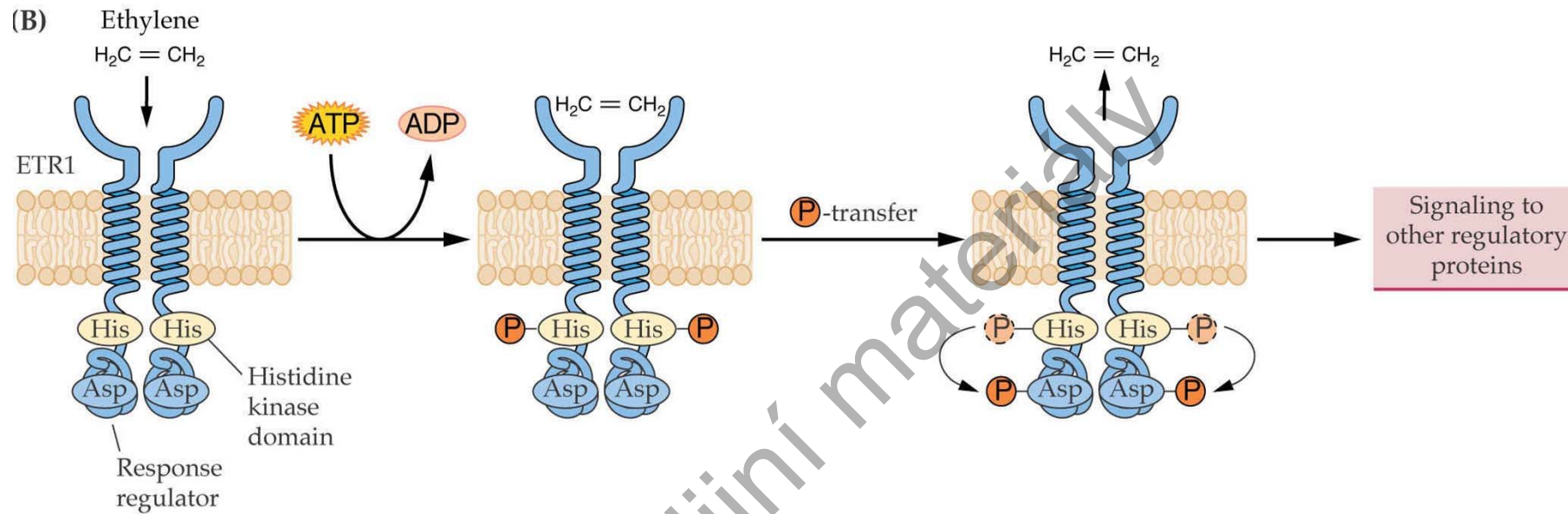


Ethylen

- jeho účinek pozorován už v 19. st.
- teprve v roce 1930 se zjistilo, že si ethylen syntetizuje rostlina sama
- ovlivňuje klíčení semen, růst stonků a kořenů, stimuluje opadání listů a zrání plodů
- syntéza ethylenu je ovlivněna ostatními hormony zejména auxiny zvýšením hlainy ACC synthasy

Syntéza ethylenu z S-adenosyl methioninu



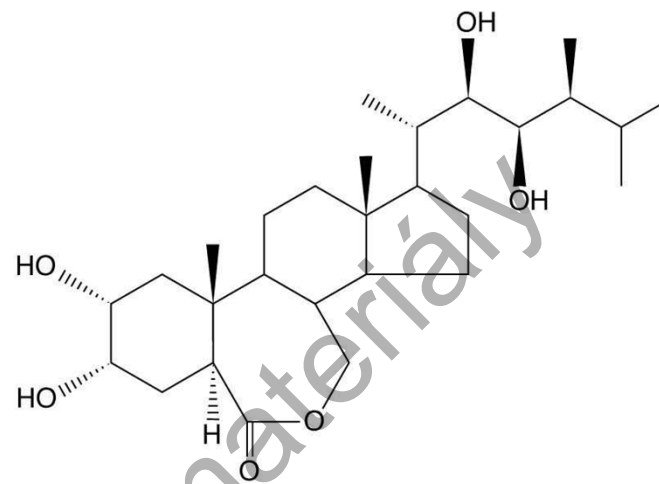


Funkce receptoru na ethylen

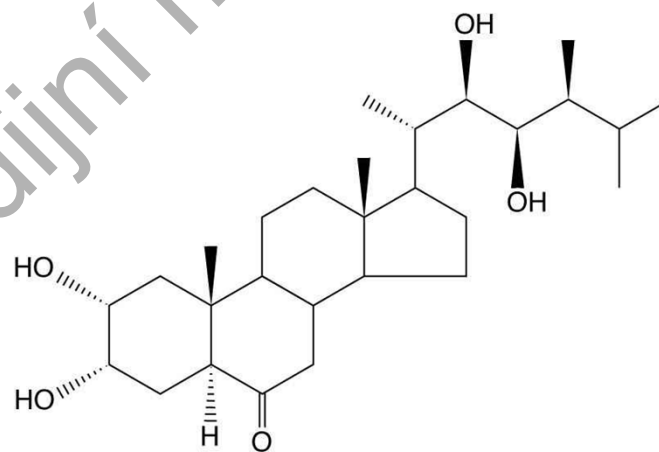
Brassinosteroidy

- poprvé izolovány z pylu řepky (Brassica), dále z kaštanu
- dva typy brassinolid a castasteron
- C27, C28 a C29 celkem izolováno asi 40 derivátů
- účinky – růst stonků, inhibice růstu kořenů, aktivace protonové pumpy, reorientace celulosových mikrofibril, růst pylových zrn, syntéza ethylenu

Dva hlavní
typy brassinosteroidů

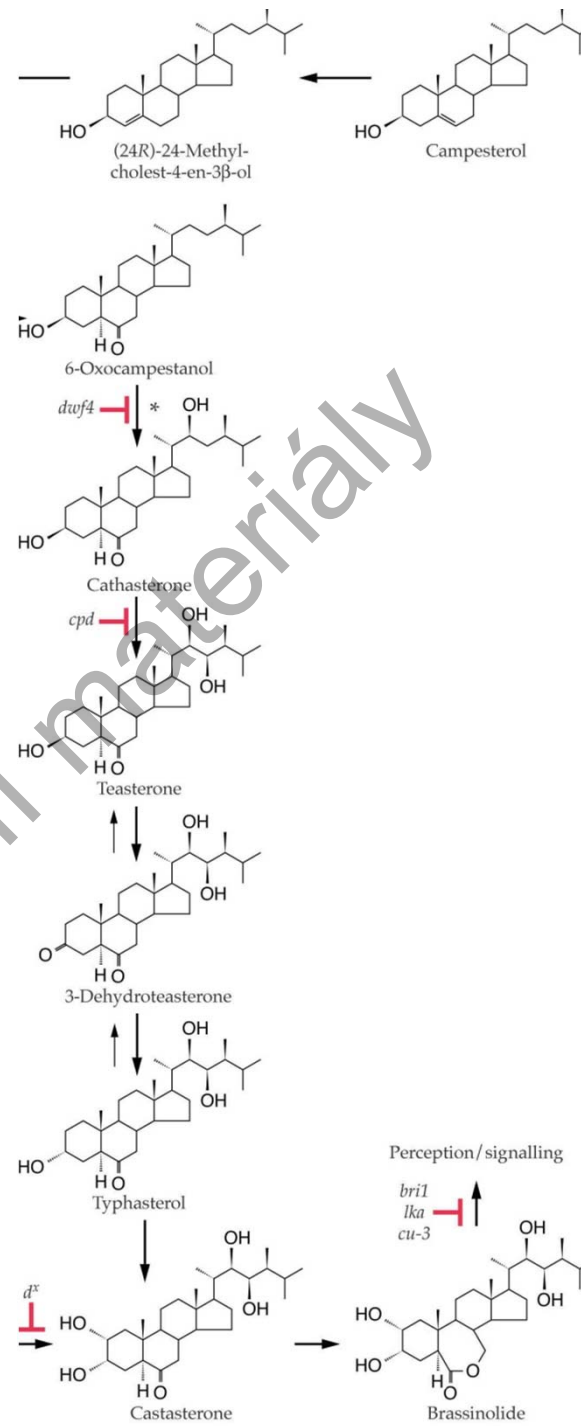


Brassinolide

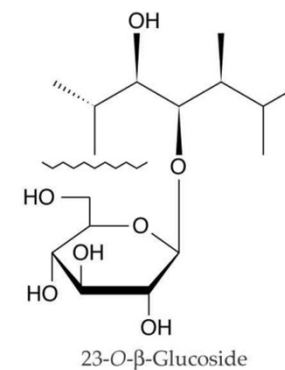
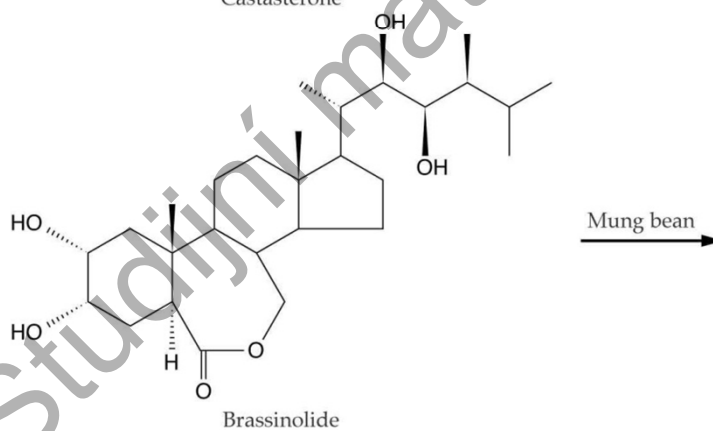
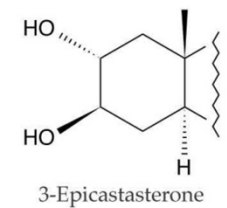
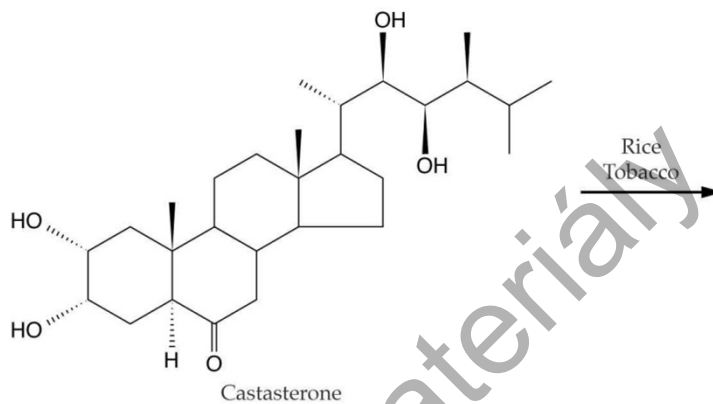


Castasterone

Syntéza brassinosteroidů z campesterolu



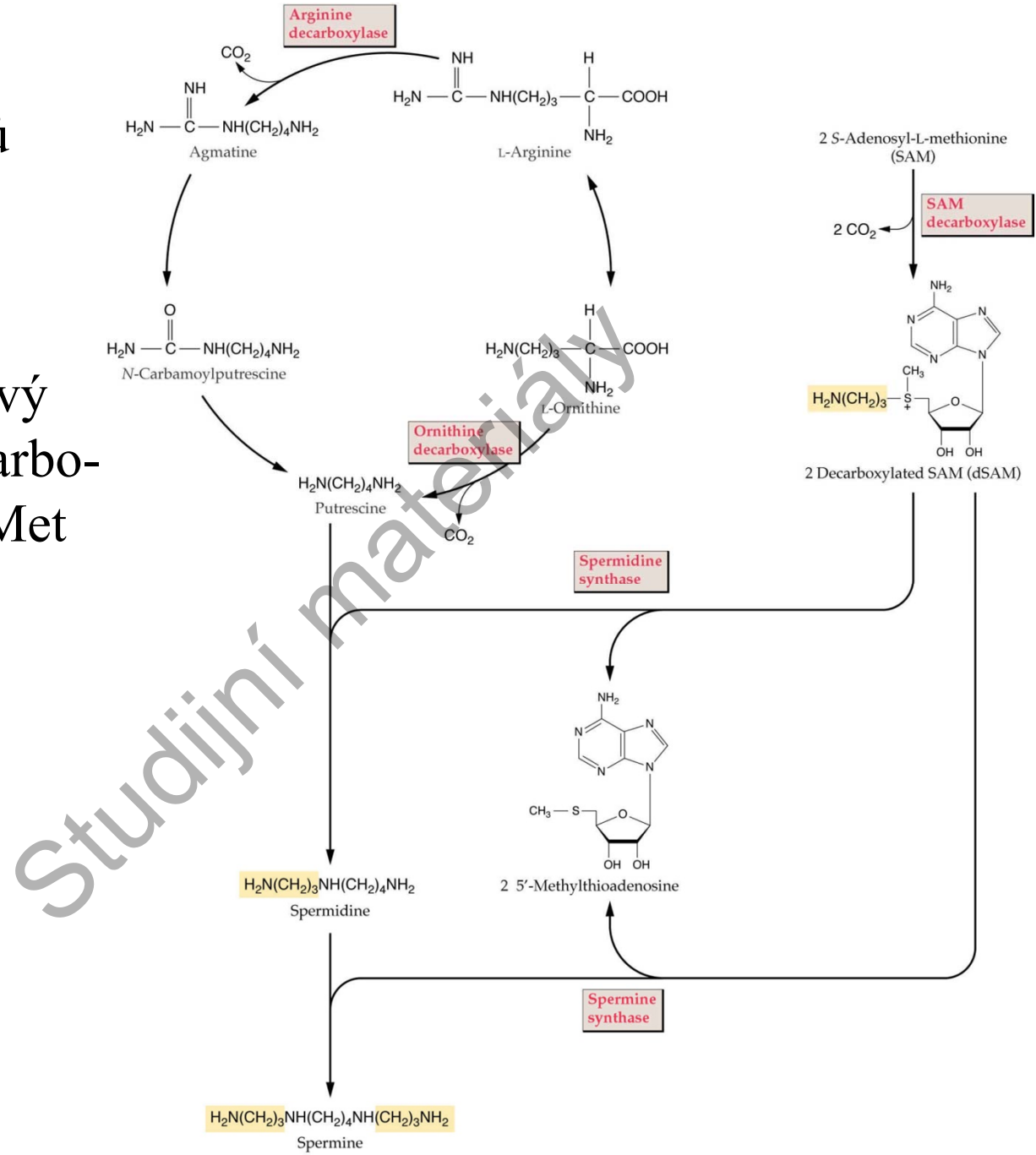
Deaktivace brassinosteroidů



Polyaminy

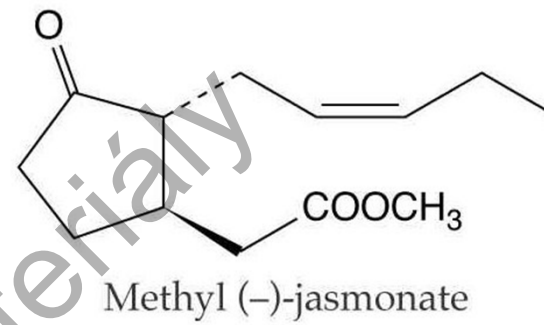
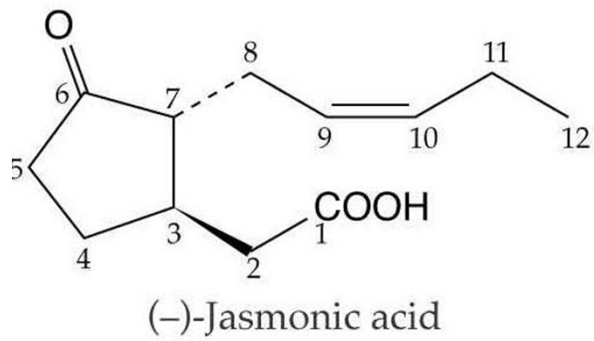
- existence v rostlinách zjištěna již dávno, hormonální role byla ovšem objevena až nedávno
- účinky – buněčné dělení, syntézy DNA, RNA a proteinů, rozvoj květů, zrání plodů
- poměrně vysoké koncentrace v buňkách

Syntéza polyaminů
 dekarboxylací
 argininu nebo
 ornithinu.
 Trimethylenaminový
 zbytek vzniká dekarbo-
 xylací S-adenosylMet



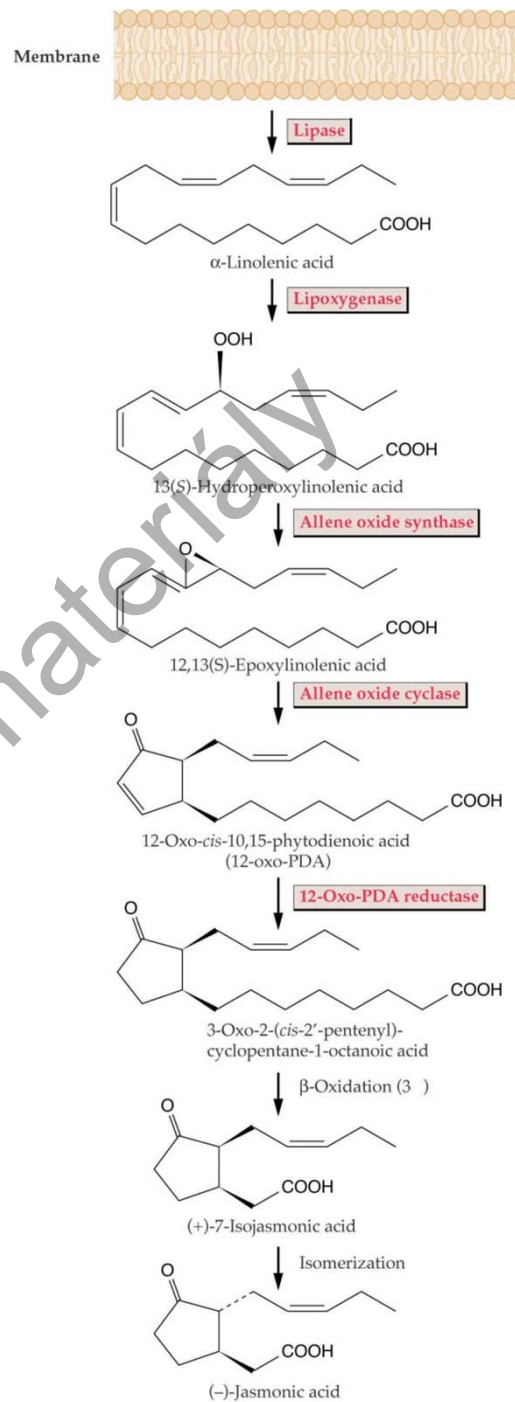
Kyselina jasmonová

- strukturně podobná prostaglandinům, včetně cesty jejich syntézy
- původně objevena jako látka inhibující růst rostliny, teprve později zjištěna role při obranné reakci rostliny
- hromadí se po aplikaci elicitorů, zranění rostliny a napadení herbivorním hmyzem
- moderuje expresi četných genů
- aktivuje syntézu fytoalexinů
- methyljasmonát plynný derivát



Jamonát a methyljasmonát

Syntéza jamonátu z kys. linolenové



Salicylát

- přítomen konstitučně v mnoha rostlinách
- zpomaluje stárnutí květů (přidává se do vázy s květinami)
- hraje významnou roli při obranné reakci rostlin, indukuje PR proteiny (glukanasy a chitinasy)
- vztah mezi rezistencí a salicylátem zatím nebyl prokázán

Syntéza salicylátu z Phe

