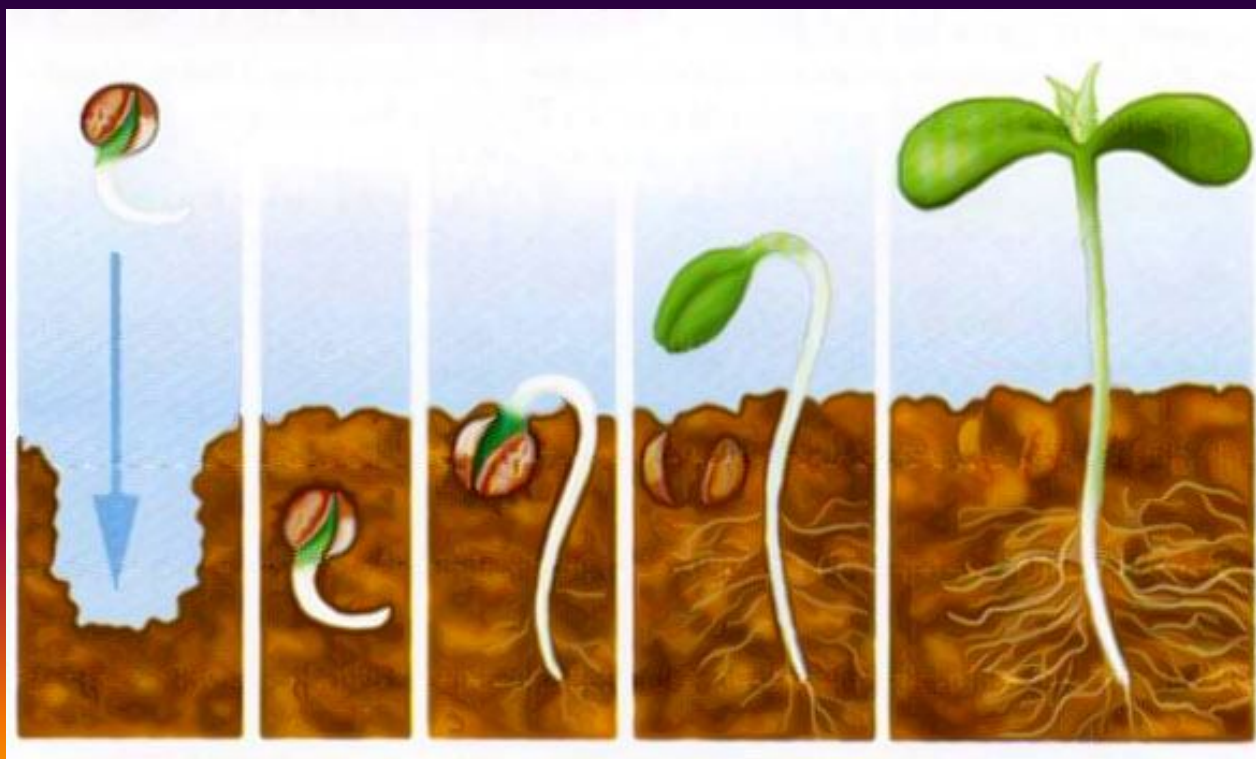


7) Dormance a klíčení semen

- a) Dozrávání embrya a dormance
- b) Klíčení semen

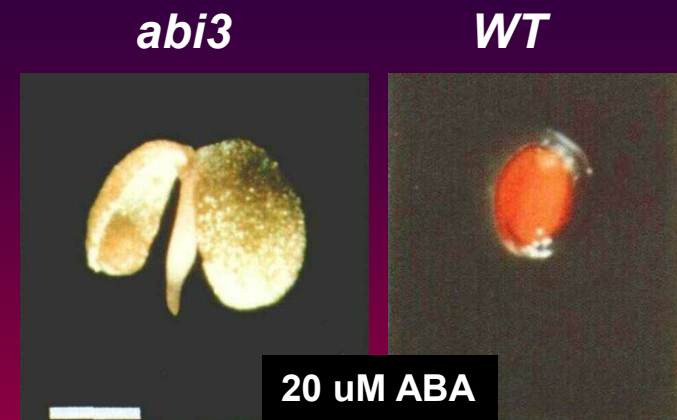


a) Dozrávání embrya a dormance

Geny kontrolující pozdní fázi vývoje embrya - dozrávání

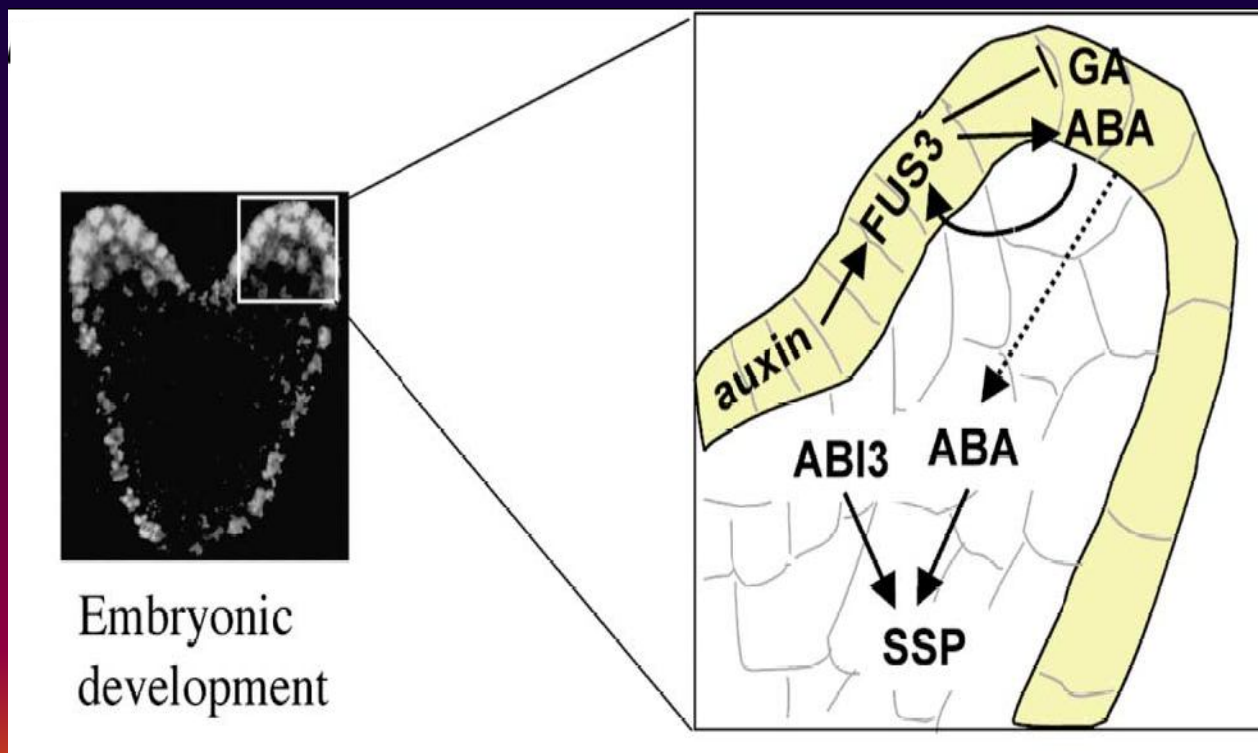
ABI3 (*abscisic acid insensitive 3*) – kontroluje expresi zásobních proteinů, které se ukládají v dělohách během dozrvací fáze embryogeneze; mutant je necitlivý k ABA

FUSCA3 (FUS3) – kóduje protein, který koordinuje pozdní vývoj embrya vlivem vnějších i vnitřních signálů.



Mutace v těchto genech mají za následek špatné dozrávání embrya, neschopnost syntetizovat zásobní proteiny a lipidy => neschopnost vydržet vysušení => předčasné klíčení

Interakce *FUS3*, *ABI3* a hormonů během embryonického vývoje



SSP – seed storage proteins

Zrání embrya se vyznačuje tím, že se embryo stává **dormantním**. Aby se buňka dostala do dormance musí dojít k syntéze proteinů spojených s tolerancí proti vysychání. Exprese těchto genů je indukována ABA.

- heat-shock proteiny
- LEA proteiny
- proteiny příbuzné LEA – geny obsahují ABRE motiv

Mechanismus tolerance
k vysychání?



LEA proteiny mohou vázat buněčné komponenty formováním amorfních spirál, chránících obsah buňky od poškození.

Syntéza těchto proteinů se zvyšuje v embryu torpédovitého stádia, kdy se syntéza zásobních proteinů snižuje.

Živá semena, která za vhodných podmínek nekličí (voda, kyslík) jsou ve stavu **dormance** (klid). Jako jiné dormantní struktury (dormantní pupeny), dormantní semena vyžadují další stimuly k tomu, aby kličila.

Ecodormance

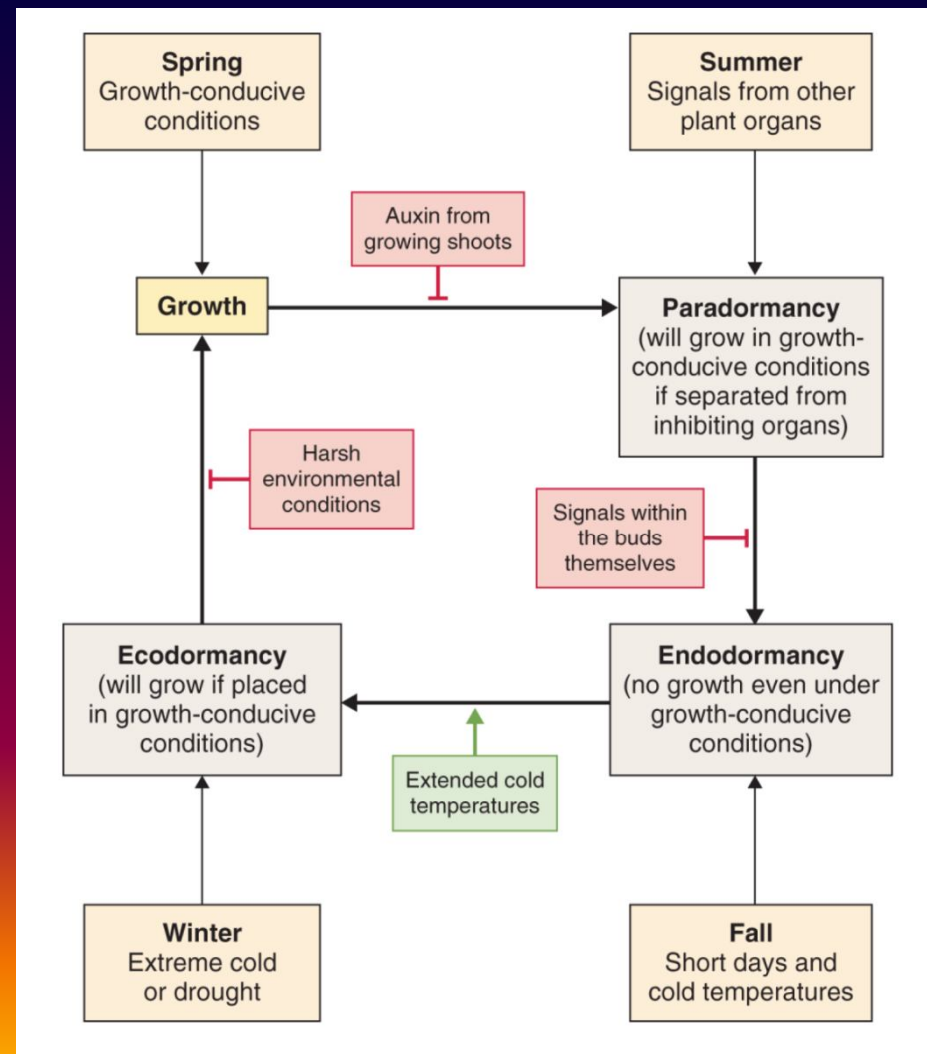
- dormance, způsobená nedostatkem vhodných vnějších faktorů indukujících kličení

Endodormance

- inhibice sídlící v samotné dormantní struktuře

Paradormance (letní dormance)

- inhibice růstu vlivem jiných částí rostliny



Typy semenné dormance:

Primární dormance - semena jsou dormantní již v době, kdy se oddělují od mateřské rostliny

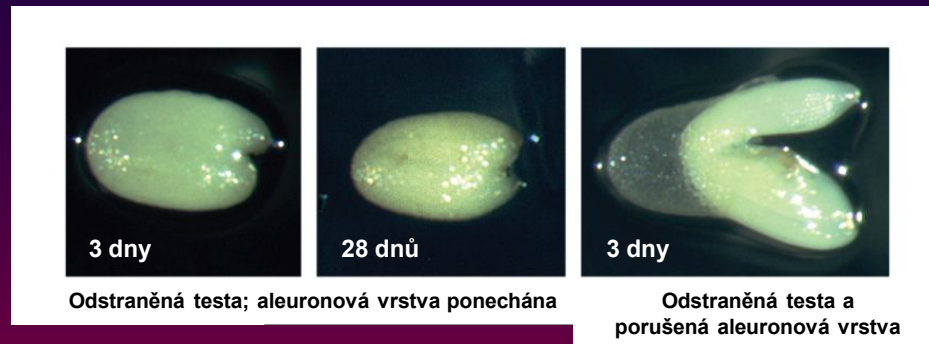
– pojistka, že semena nevyklíčí předčasně, pokud jsou spojena s mateřskou rostlinou

Sekundární dormance - semena ji získávají jako reakci k vnějším podmínkám, se kterými se semeno setká, když se oddělí od mateřské rostliny (vysoká teplota, přítomnost či naopak absence světla)

– zpožďuje klíčení, dokud vnější podmínky nejsou pro klíčení a růst příznivé

Dormantní vlastnosti mohou mít obaly semene nebo embryo

Seed coat-enhanced dormance - obalem řízená dormance; *Arabidopsis*, ječmen, salát, rýže, oves; když je embryo z dormantního semene odděleno od semených obalů a vloženo do vody, tak je schopno růst a vyvinout se v rostlinu



Mechanizmy:

- mechanické omezení embrya
- nepropustnost semenných obalů pro vodu a plyny
- obaly fungují jako bariéra zabraňující odstranění inhibičních komponent ze semene (ABA)
- kombinace těchto mechanismů

Embryo dormance – embryonální dormance; po odstranění obalů embryo neroste => řízena ABA z děloh (líška, jasan, broskev, cibule), po odstranění děloh normální růst

Podmínky prostředí, které mohou zrušit dormanci

Table 6.14 Termination of dormancy by various factors.

Species	Factor		
	After-ripening	Chilling (stratification)	Light
Colonial bent grass (<i>Agrostis tenuis</i>)	+		+
Wild oat (<i>Avena fatua</i>)	+	+	
Barley (<i>Hordeum</i> spp.)	+	+	
Annual bluegrass (<i>Poa annua</i>)		+	+
Wheat (<i>Triticum aestivum</i>)	+	+	
Sycamore (<i>Acer pseudoplatanus</i>)	+	+	
White birch (<i>Betula pubescens</i>)	+	+	+
Lamb's quarters (<i>Chenopodium album</i>)	+		+
Hazel nut (<i>Corylus avellana</i>)	+	+	
Lettuce (<i>Lactuca sativa</i> ; some cultivars)	+	+	+
Tobacco (<i>Nicotiana tabacum</i>)			+
Plum (<i>Prunus domestica</i>)	+	+	
Apple (<i>Malus domestica</i>)	+	+	(+)?
Scotch pine (<i>Pinus sylvestris</i>)		+	+

+, effective in dormancy breaking.

Dormantní semena mohou za působení určitých vnějších podmínek klíčit:

- nízká teplota

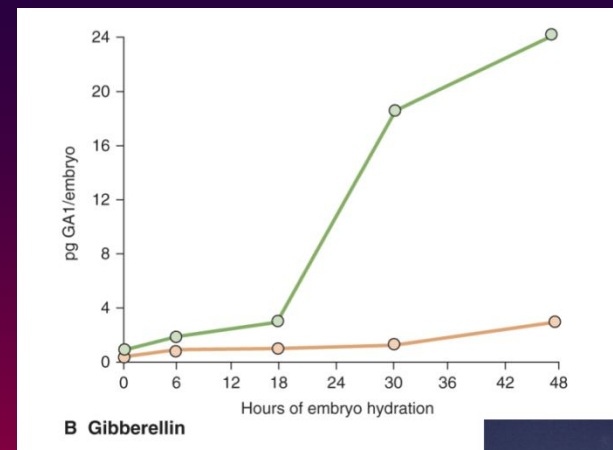
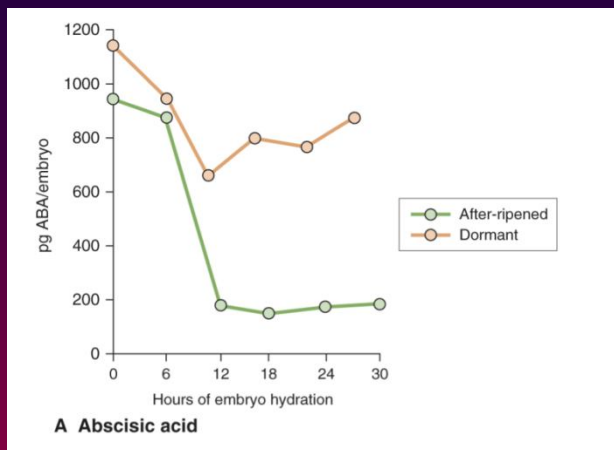
- světlo

- dlouhé skladování v suchu (after-ripening)

Rostlinné hormony hrají důležitou roli v udržování a překonání dormance

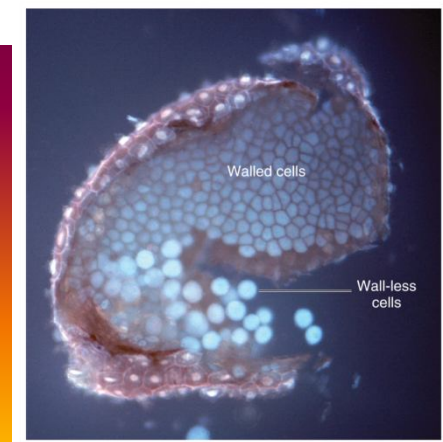
Mutanti s nadprodukcí GAs či konstitutivní reakcí k GAs } Dormance chybí
 Mutanti s deficitem ABA či necitlivostí k ABA }

Hladina ABA a GAs se dramaticky mění u semen dlouho skladovaných v suchu (after-ripened) a dále po imbibici. Reciproční změny v hladině ABA a GAs v dormantních a nedormantních embryích vedou k porušení dormance.



Jak jsou změny v koncentracích ABA a GAs přeloženy do růstu kořene v dormantních semenech?

V semenech ošetřených GAs mají endospermové buňky redukovanou (měkkou) buněčnou stěnu, zatímco přidání ABA naopak brání změknutí této buněčné stěny. Narušením buněčné stěny zmizí bariéra pro růst kořene.



Vztah mezi nezralostí embrya a kapacitou klíčení je ovlivněn ABA

Semena některých druhů rostlin jsou dormantní, protože jejich embryo je nezralé, ještě v době, kdy se semeno odděluje od mateřské rostliny (sasanka, jasan – vývoj embrya potřebuje vhodnou teplotu a vlhkost)



V raných a středních fázích zrání je dominantní aktivita ABA sekretované z mateřských pletiv.

Izolování vyvíjejícího se embrya od vlivu ABA vede k předčasnému klíčení (**precocious germination**) - ABA inhibuje předčasné klíčení – **viviparii**.

U ABA-deficientních mutantů (*vp2*, *vp5*, *vp7*, *vp9*, *vp14*) dochází k parciální obnově fenotypu po aplikaci ABA.



Mutant *vp1* – narušena signalizace ABA a syntéza antokyanů – klíčící viviparní zrna jsou nepigmentovaná

b) Klíčení semen

Vysychající semeno: [ABA]  => citlivost k ABA 

Rehydratace: suché semeno přepíná vývojový program na program klíčící



mRNAs spojené s klíčícím programem 
mRNAs spojené s vývojovým programem 

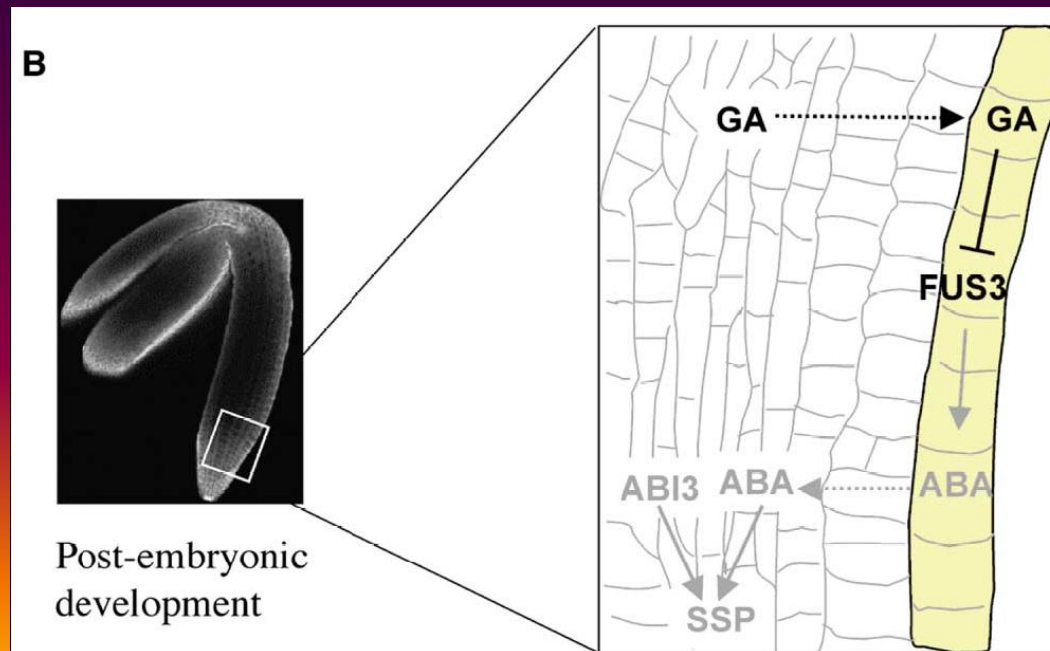
Přepínání programů je regulováno několika cestami, včetně regulací
změn v citlivosti genů k ABA

Klíčení – začíná tehdy, když klidné a suché semeno začne nabírat vodu = **imbibice**

Imbibice = fyzikální proces spočívající v hydrataci zásobních polymerů => klíčení probíhá u živých a mrtvých semen.

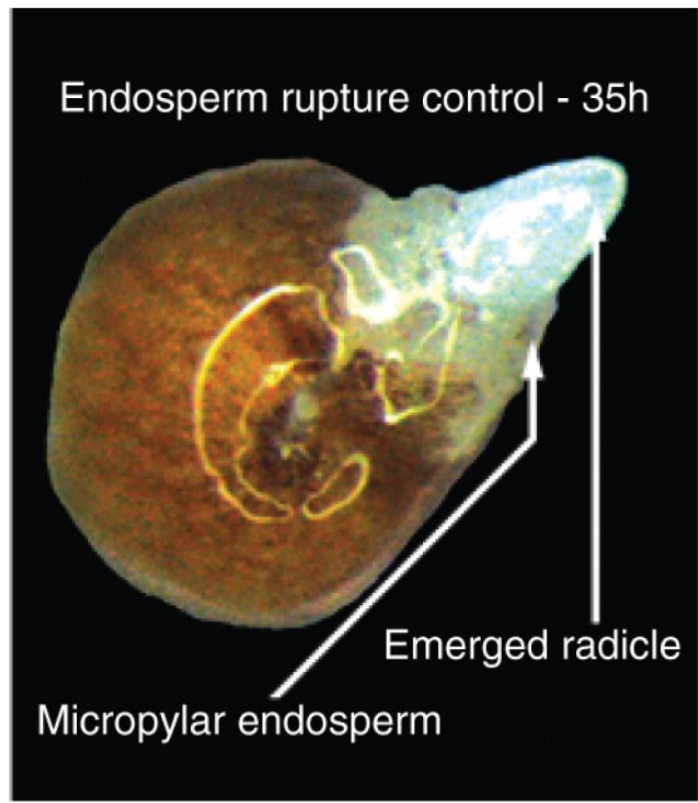
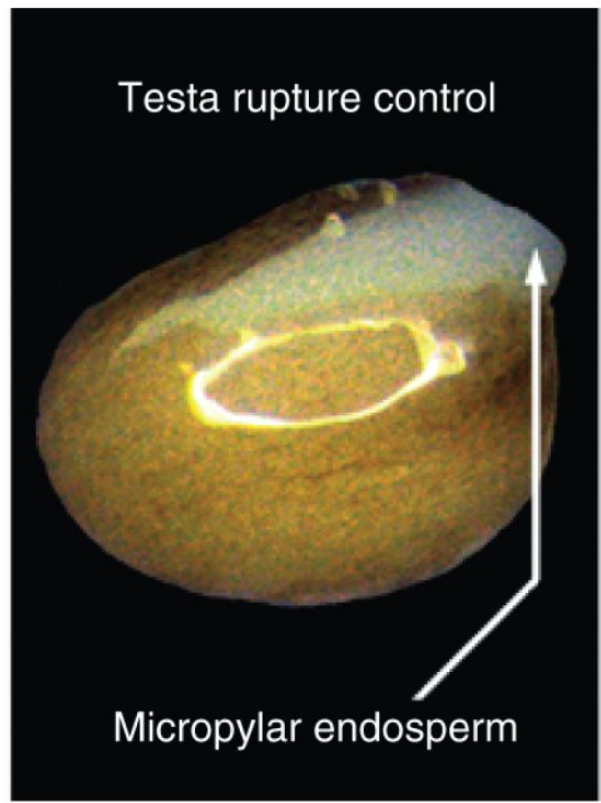
Proud vody do semene začíná především prostřednictvím mykropyle, což je nejtěsnější část testy.

Funkce **FUS3** během postembryonického vývoje - klíčení embrya

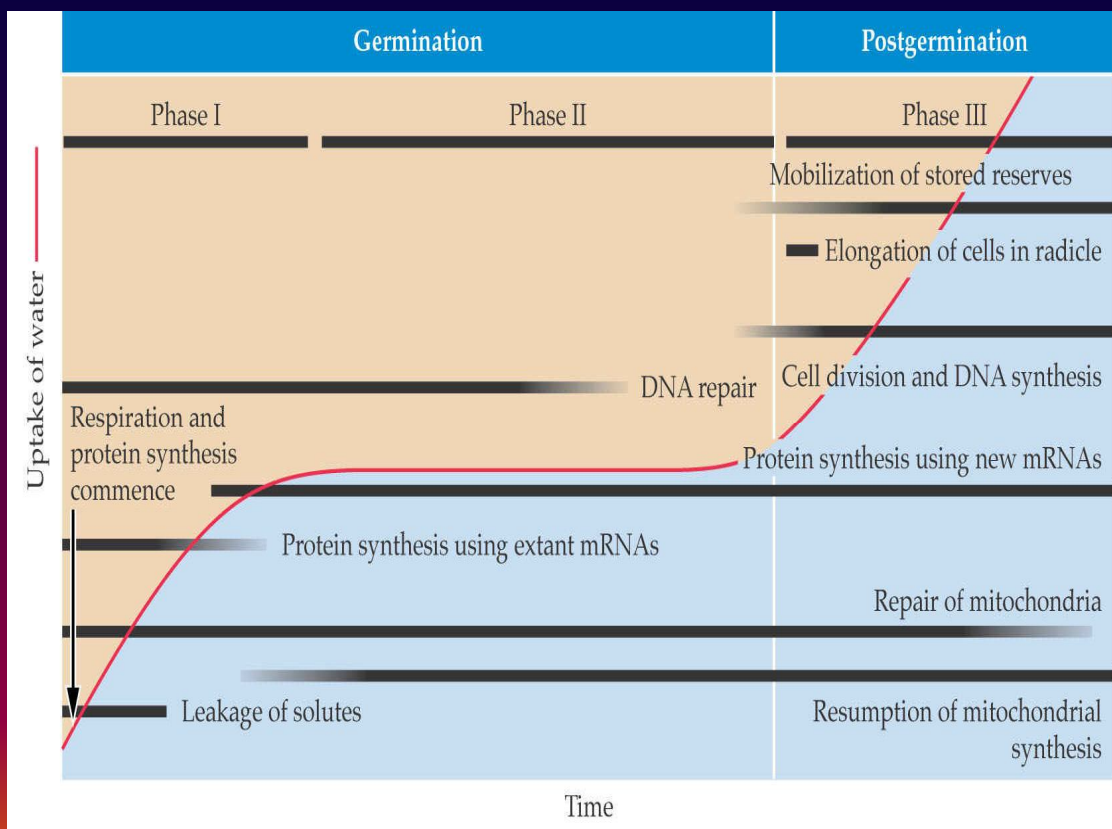


Viditelné klíčení je ukončeno tehdy, když struktury obklopující embryo jsou protrženy embryonickým kořínkem.

Po ukončení klíčení jsou rezervy v zásobních pletivech mobilizovány – podpora růstu rostliny.



Časový sled událostí spojených s klíčením a fází po ukončení klíčení



Fáze I

Rychlé nasátí vody semenem => výtok rozpuštěných látek a metabolitů

Fáze II

Stabilizace množství vody v semeni => výtok ustává

Oprava mitochondrií a opětovné zahájení jejich syntézy

Syntéza proteinů z nově vzniklé mRNA

Fáze III

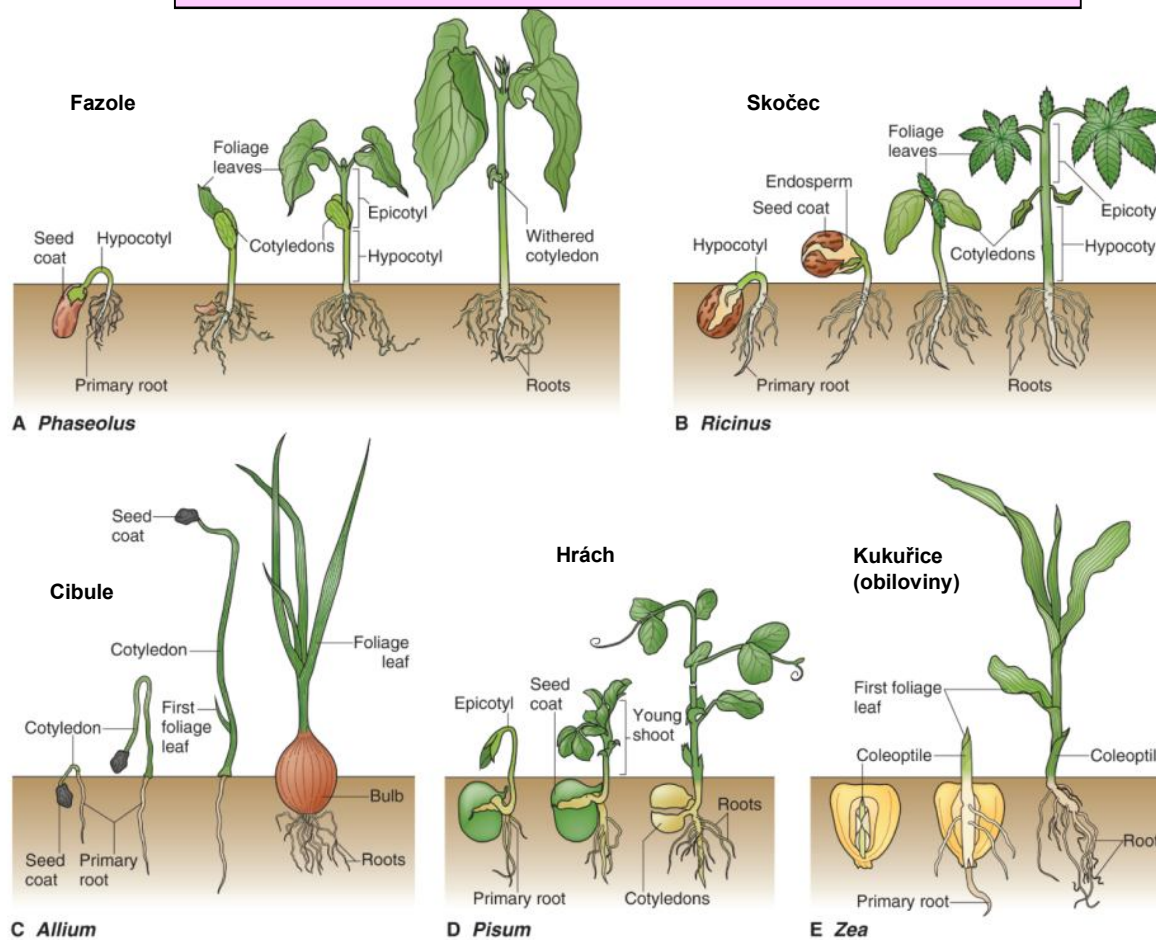
Buněčné dělení a prodlužování, syntéza DNA, mobilizace rezerv => zvyšování FW semen

Prodlužování rostlinky:

Epigeal - prodlužování probíhá v hypokotylu => dělohy jsou nad zemí

Hypogeal - prodlužování probíhá v epikotylu => dělohy zůstávají pod zemí

Epigeal – prodlužování probíhá v hypokotylu (fazole, skočec, cibule)



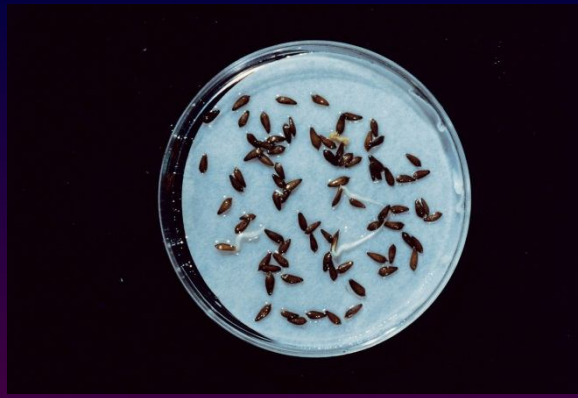
hypogeal – prodlužování probíhá v epikotylu (hrách, kukuřice)

Table 6.15 Illumination conditions required for the breaking of dormancy.

Illumination conditions	Examples
Seconds or minutes	Colonial bentgrass (<i>Agrostis tenuis</i>) Lamb's quarters (<i>Chenopodium album</i>) Lettuce (<i>Lactuca sativa</i> cv. Grand Rapids) Tobacco (<i>Nicotiana tabacum</i>)
Several hours	Pig nut (<i>Hyptis suaveolens</i>) Purple loosestrife (<i>Lythrum salicaria</i>)
Days	<i>Epilobium cephalostigma</i> <i>Kalanchoe blossfeldiana</i>
Long days	<i>Begonia evansiana</i> White birch (<i>Betula pubescens</i>) (at 15 °C) Jerusalem oak (<i>Chenopodium botrys</i>) (at 30 °C)
Short days	Jerusalem oak (>30 °C) Eastern hemlock (<i>Tsuga canadensis</i>) White birch (>15 °C)

Světlo je velice důležitý faktor spouštějící klíčení.

Efekt červeného světla (R; 650-680 nm) je eliminován červeným světlem o větší vlnové délce (FR; 710-740 nm)



Dark



R



R

FR



R

FR

R

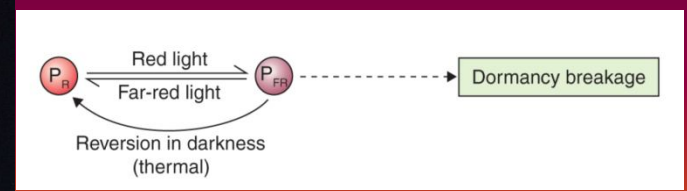


R

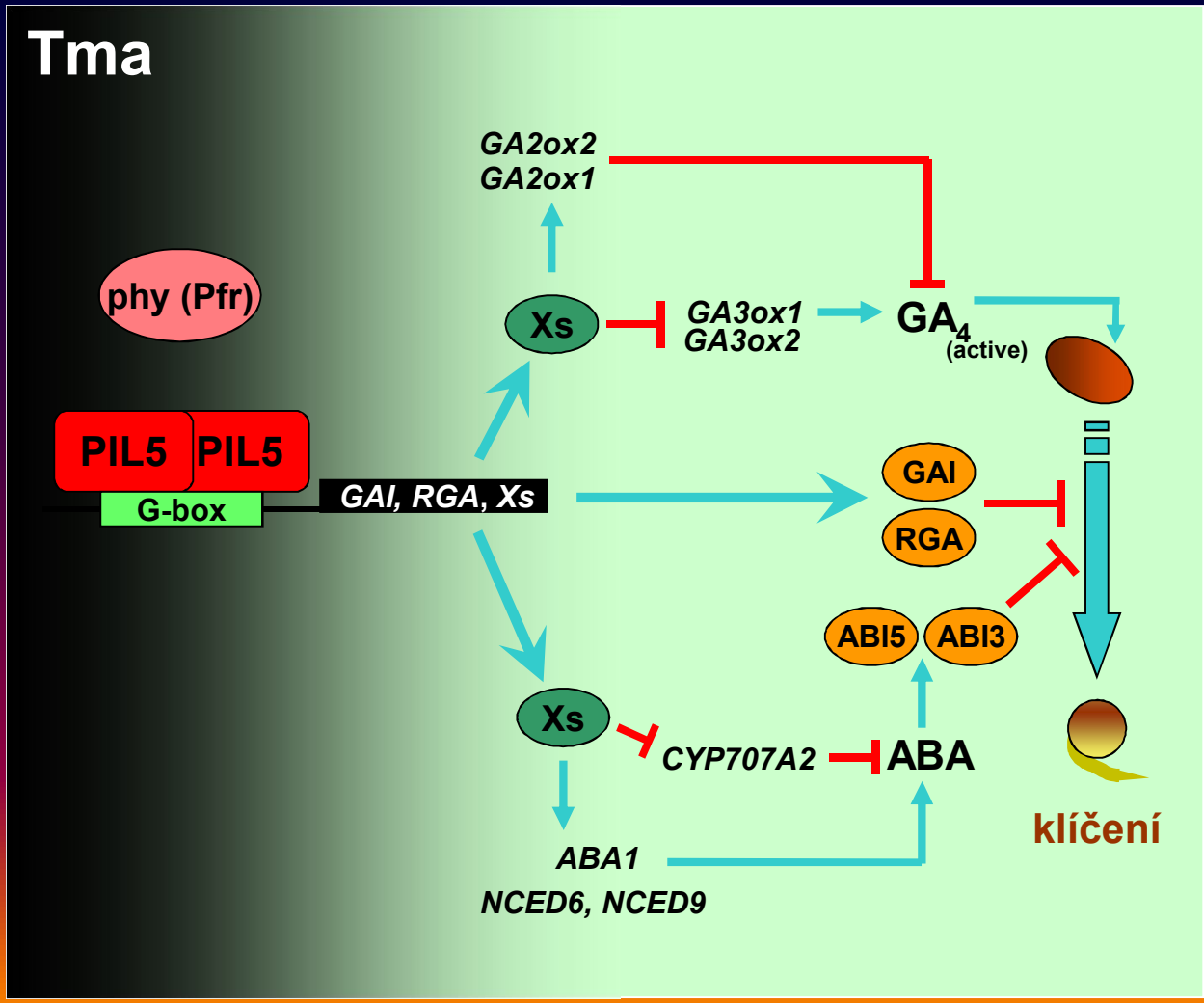
FR

R

FR

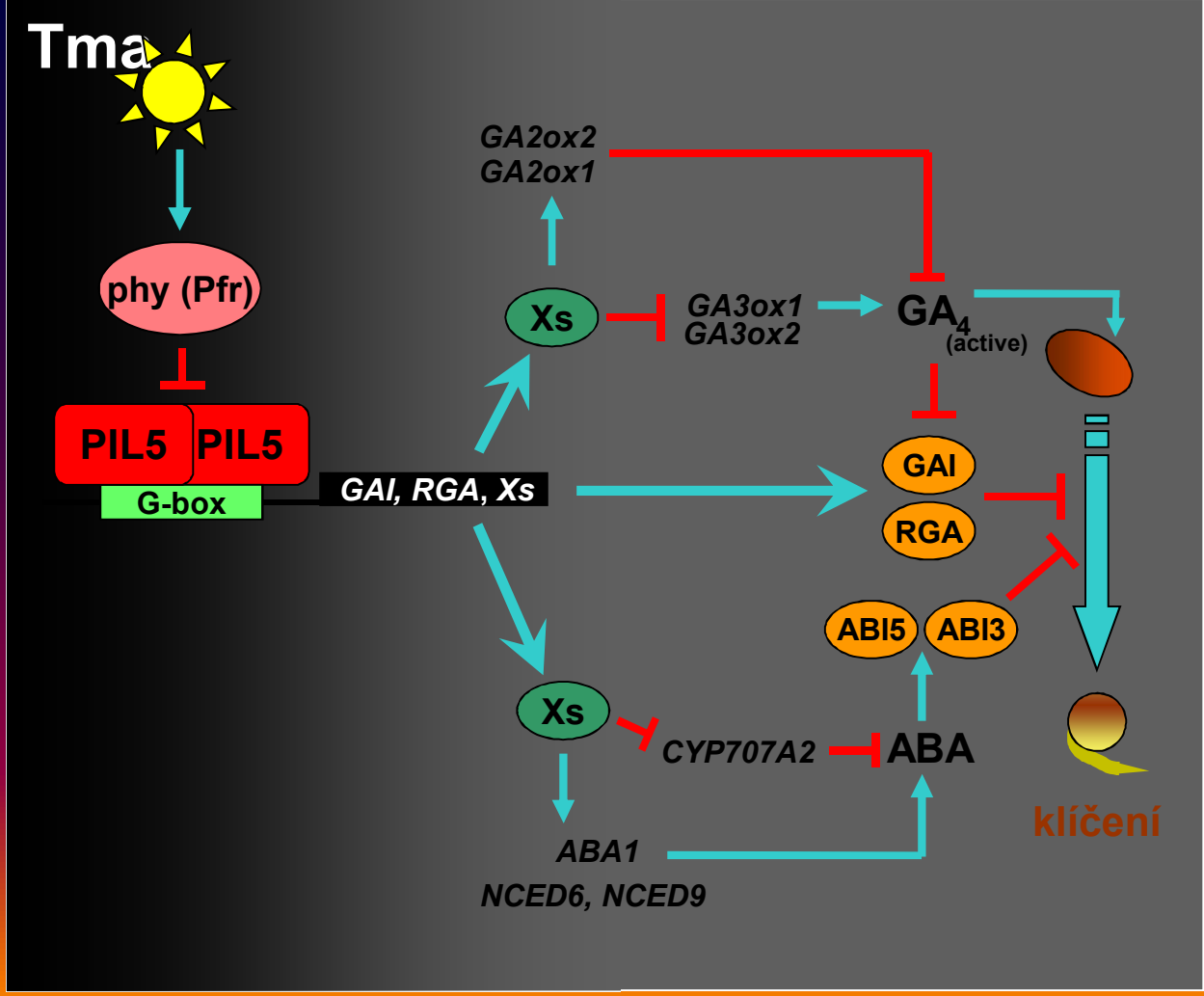


Indukce klíčení světlem - regulace biosyntézy a signalizace giberelinů a ABA (*Arabidopsis*)



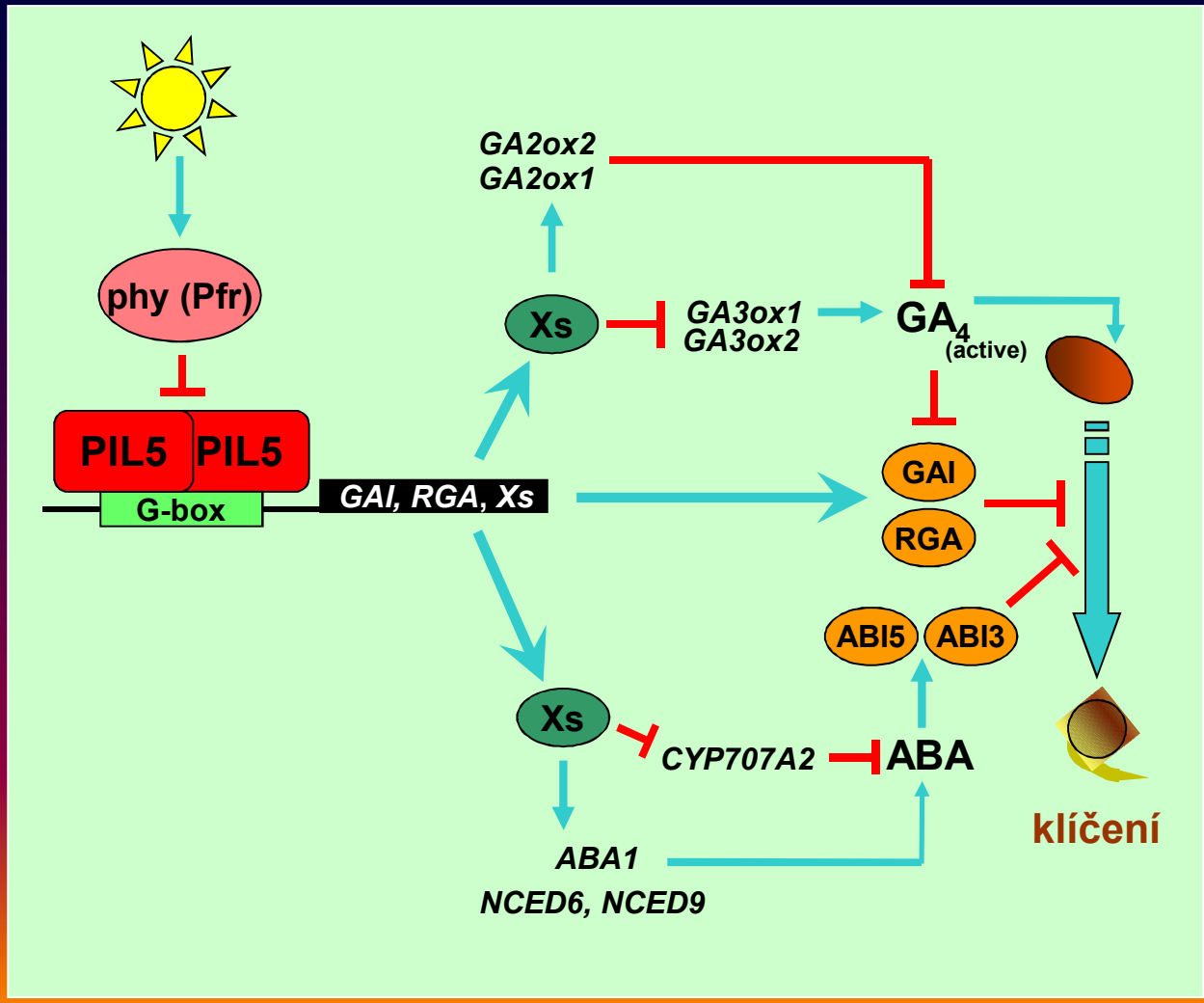
- PIL5** Transkripční faktory (aktivátory)
- Xs** Neznámý faktor X
- GA2ox2 } GA deaktivující geny
- GA2ox1 }
- GA3ox1 } GA biosyntetické geny
- GA3ox2 }
- GAI } DELLA proteiny
- RGA }
- ABA1 } ABA biosyntetické geny
- NCED6 }
- NCED9 }
- ABI5 } Transkripční faktory indukované ABA
- ABI3 }
- CYP707A2 ABA katabolický gen

Upraveno podle: Oh et al. (2007) Plant Cell 19: 1192-1208



- PIL5** Transkripční faktory (aktivátory)
- Xs** Neznámý faktor X
- GA2ox2 } GA deaktivující geny
- GA2ox1 }
- GA3ox1 } GA biosyntetické geny
- GA3ox2 }
- GAI } DELLA proteiny
- RGA }
- ABA1 } ABA biosyntetické geny
- NCED6 }
- NCED9 }
- ABI5 } Transkripční faktory indukované ABA
- ABI3 }
- CYP707A2 ABA katabolický gen

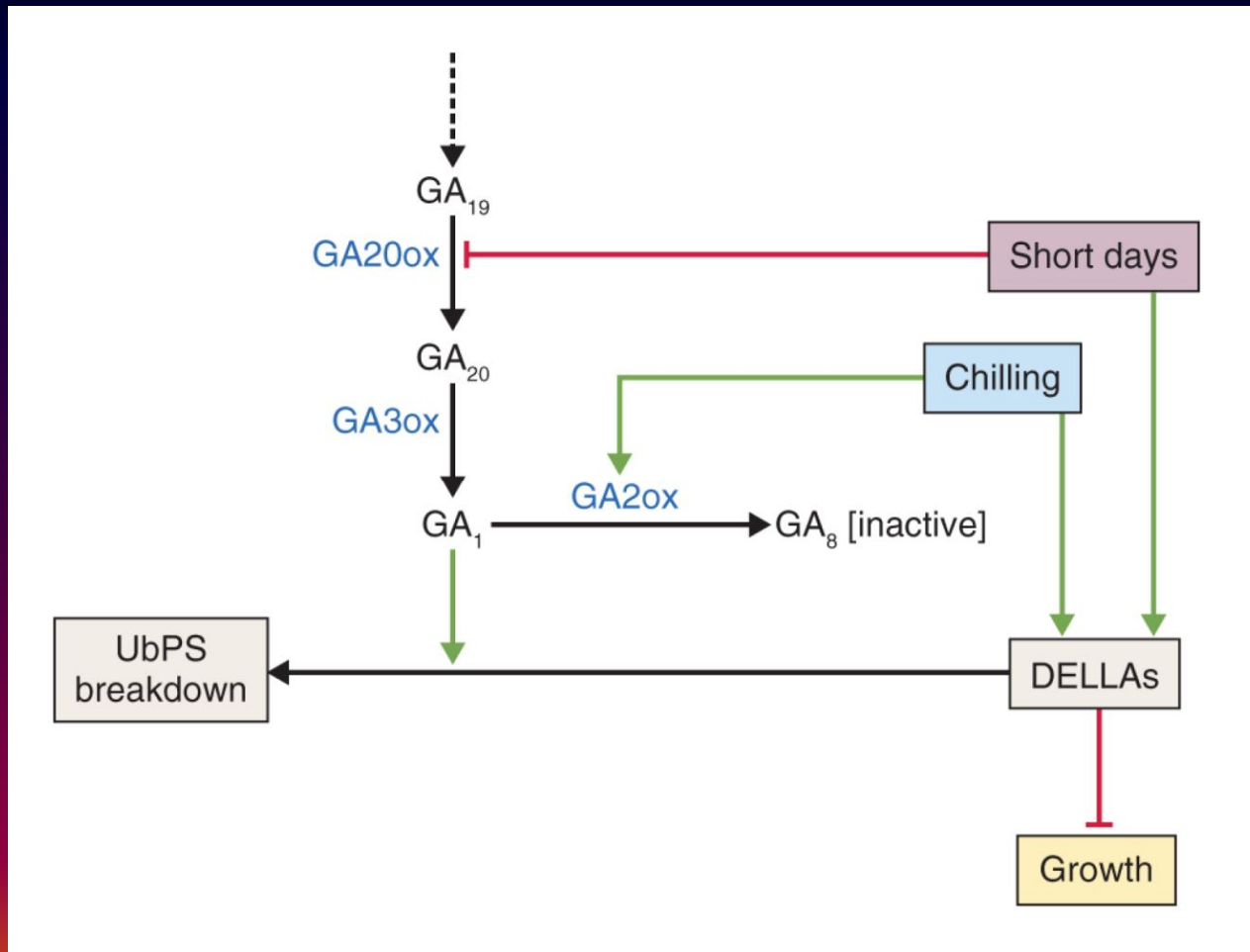
Upraveno podle: Oh et al. (2007) Plant Cell 19: 1192-1208



- PIL5** Transkripční faktory (aktivátory)
- Xs** Neznámý faktor X
- GA2ox2 } GA deaktivující geny
- GA2ox1 }
- GA3ox1 } GA biosyntetické geny
- GA3ox2 }
- GAI } DELLA proteiny
- RGA }
- ABA1 } ABA biosyntetické geny
- NCED6 }
- NCED9 }
- ABI5 } Transkripční faktory indukované ABA
- ABI3 }
- CYP707A2 ABA katabolický gen

Upraveno podle: Oh et al. (2007) Plant Cell 19: 1192-1208

Interakce délky dne a teploty v indukci klíčení



Klíčovým bodem je regulace biosyntézy GAs a proteinů DELLA.