

Desaceleração do metabolismo

Plantas têm um estágio em seu ciclo de vida em que o seu metabolismo é reduzido.



estágio
reprodutivo



estágio
vegetativo



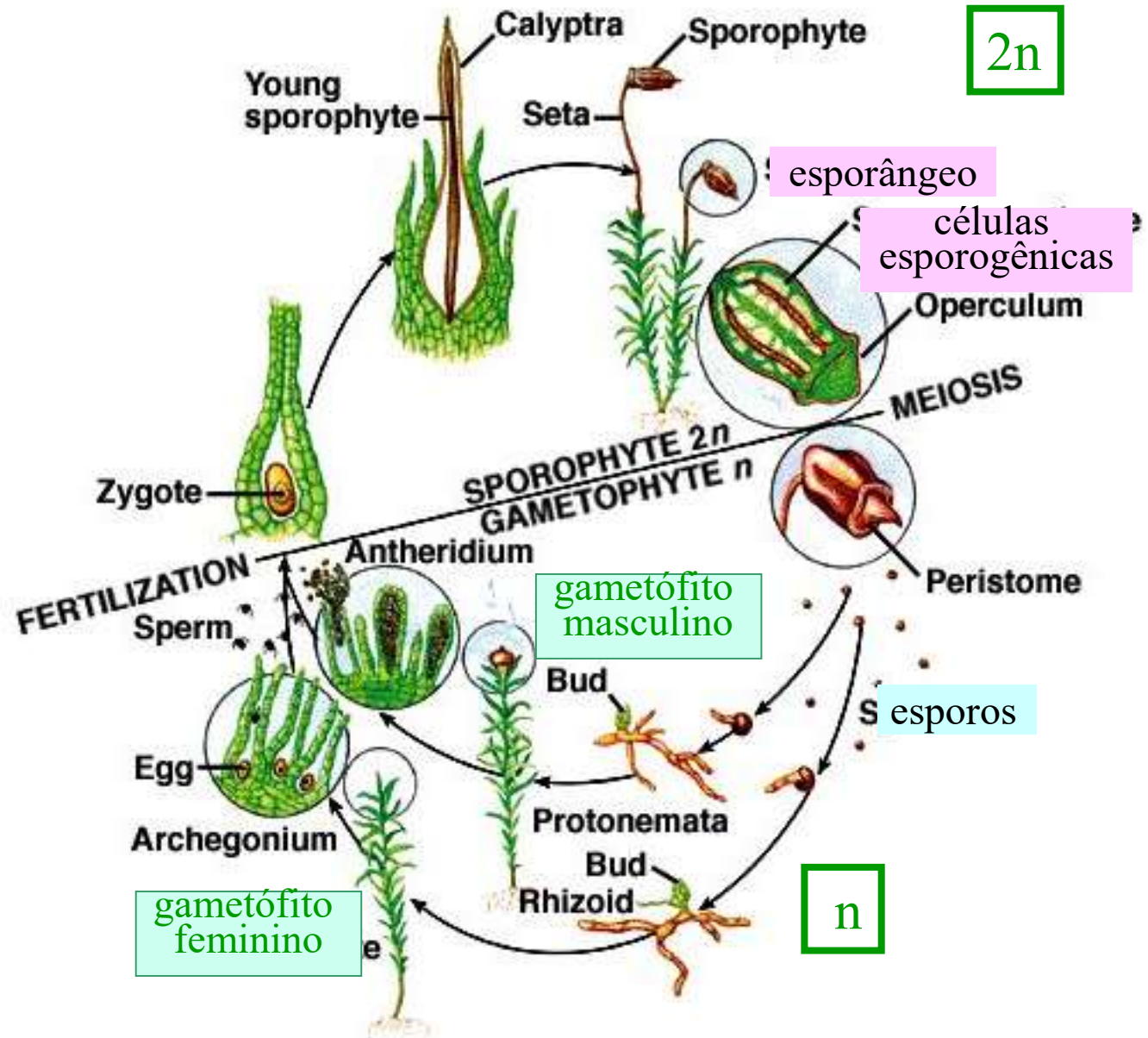
- permite a sobrevivência:
- falta de água
 - extremos de temperatura

Ciclo de vida:

alternância de
gerações
heteromórficas

Ciclo de vida de uma *Bryophyta*

geração predominante:
gametofítica



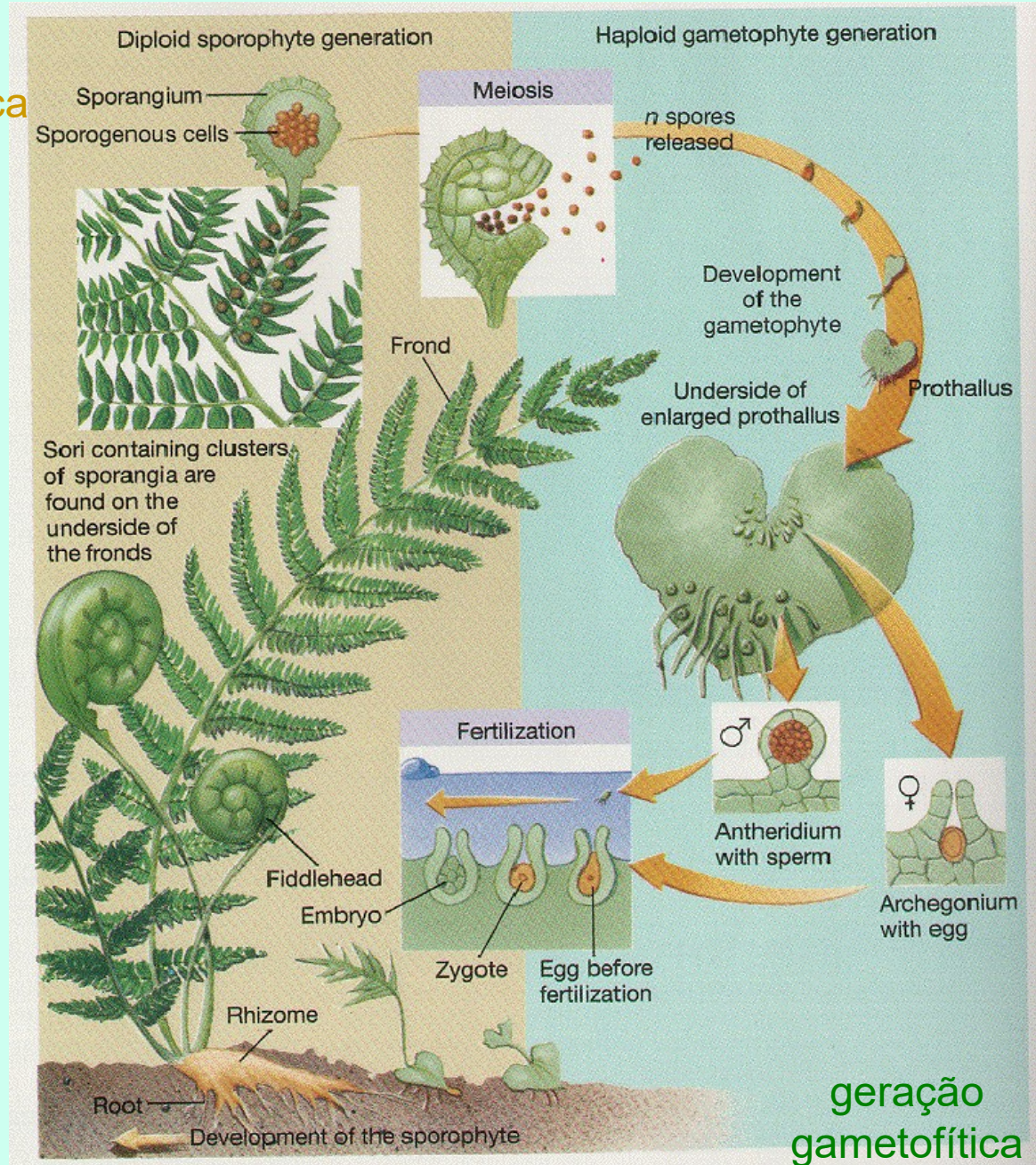
Ciclo de vida:

alternância de
gerações
heteromórficas

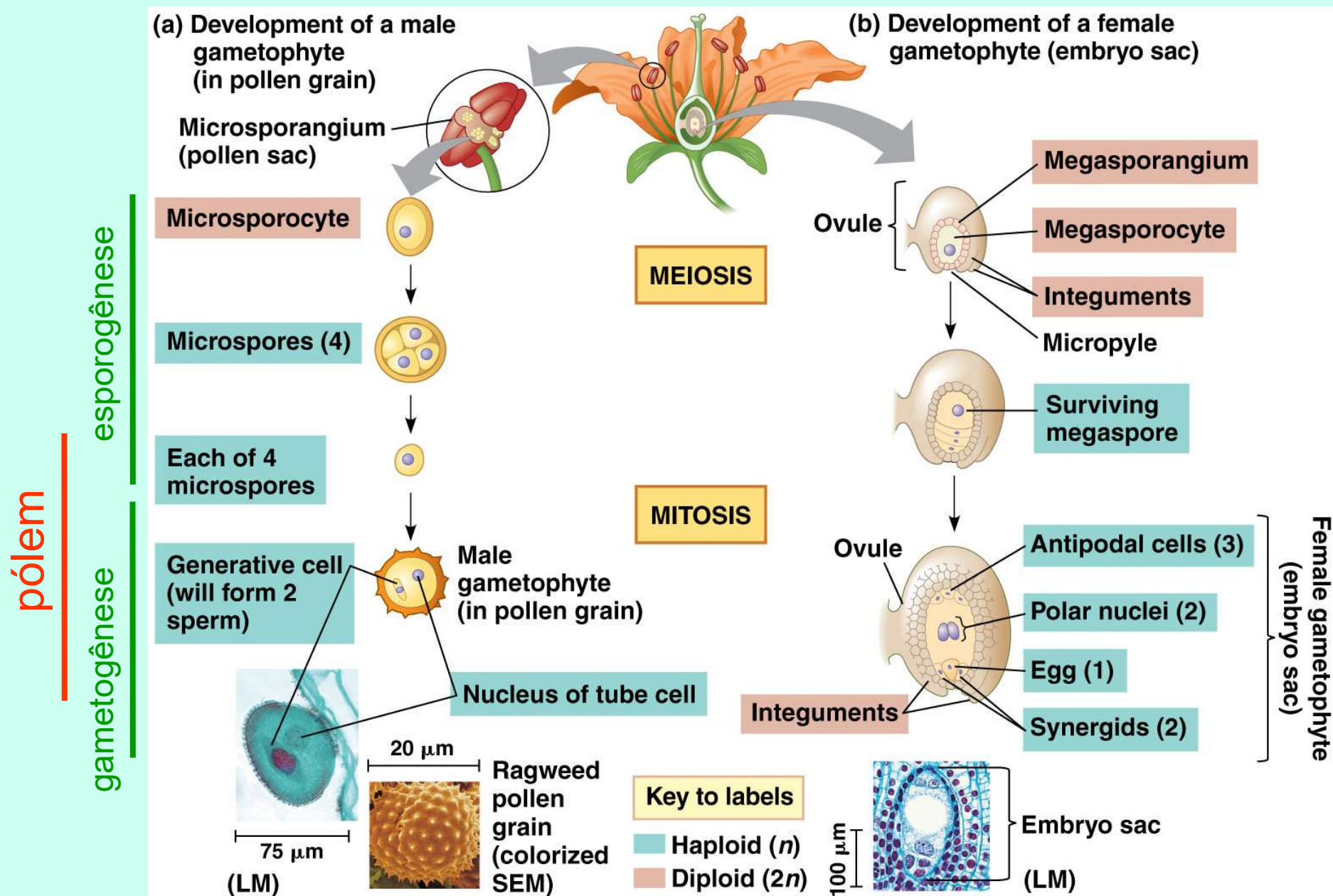
geração predominante:
esporofítica

Ciclo de vida de uma
Pteridophyta

geração
esporofítica

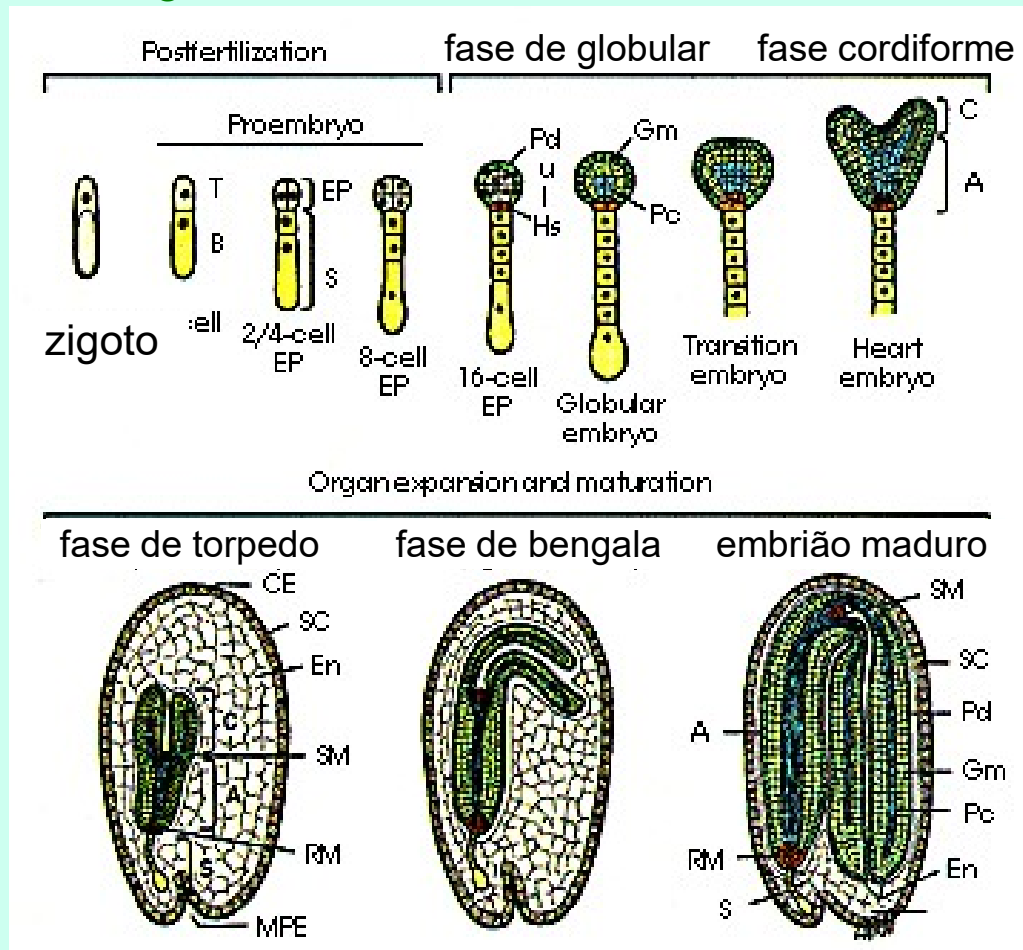


Em angiospermas a fase gametofítica é microscópica:



Desenvolvimento da semente embriogênese

embriogênese de uma dicotiledônea:



fases:

- divisão celular – embriogênese e desenvolvimento do endosperma
- acúmulo de reservas
- desidratação com perda de até 90% de sua água – entrada no estado de baixa atividade metabólica (quiescência)

Todas as sementes entram em estado de quiescência.

Quiescência de sementes

Quiescência: estado fisiológico de baixa atividade metabólica caracterizado pelo baixo conteúdo de água nos tecidos.

conteúdo médio de água de tecidos:

- vegetativo: 90%
- sementes: 10%

Sementes quiescentes germinam em condições favoráveis (hidratação, aeração e temperatura).

A desidratação é necessária para manter o metabolismo baixo e com isto a viabilidade dos tecidos por longos períodos até que as condições ambientais favoreçam a germinação.

Sementes

a germinação pode ser definida como a retomada do desenvolvimento do embrião, sendo que para que isto há necessidade de aumento da atividade metabólica na semente

Etapas da germinação:

- absorção de água
- expansão do embrião
- alongamento e ruptura do envoltório da semente

manutenção da baixa atividade metabólica é essencial para:

- a qualidade do alimento
- o plantio na próxima estação
- a manutenção de estoques reguladores
- a manutenção de bancos de germoplasma



alimento!

Sementes

sementes ortodoxas:

- resistentes à dessecação
- viabilidade de anos (mais antiga 550 anos, *Canna compacta*)

sementes recalcitrantes:

- sempre sensíveis à dessecação
- viabilidade de dias a meses (até dois anos, espécies temperadas)
- frequência de espécies muito mais comum nos trópicos
- metabolicamente ativas quando liberadas da “planta mãe”

espécies com sementes recalcitrantes
são comuns

característica:

razão baixa entre área do envoltório e a massa da
semente



manga



abacate

Sementes de diferentes espécies diferem quanto ao grau de hidratação de suas sementes.

sementes
ortodoxas

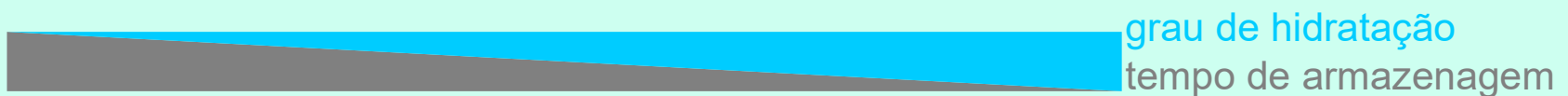


viabilidade longa

sementes
recalcitrantes



viabilidade curta



sementes
recalcitrantes
difícilmente
suportam
desidratação

Alterações nas características físicas e metabólicas da célula estão envolvidas na resistência à dessecação!

1. bloqueio da divisão celular
2. minimização do tamanho do vacúolo
3. proteção da integridade do DNA
4. desmantelamento ordenado do citoesqueleto (microtúbulos)
5. proteção contra espécies reativas de oxigênio
6. acúmulo de proteínas hidrofílicas específicas: LEA (late embryogenic accumulating)
 - estabilização de proteínas
 - criação de camada de hidratação em volta de estruturas celulares
7. acúmulo de solutos compatíveis
8. desaceleração do metabolismo

Dormência de sementes

Definição:

bloqueio da germinação apesar de condições ambientais favoráveis para a sua germinação

Vantagens adaptativas:

aumento da dispersão

aumento do número de indivíduos das próximas gerações

características da semente determinam as condições necessárias para a sua germinação

Tipos de dormência:

primária – sementes liberadas em estado de dormência

secundária – sementes liberadas em estado de quiescência, tornado-se dormentes quando expostas a condições ambientais específicas

Tipos de Dormência em Sementes:

FISIOLÓGICA* –

leve – quebra de dormência por giberelinas (Gas)

embrião se desenvolve normalmente quando isolado

profunda – não há quebra de dormência com GAs

embrião não se desenvolve quando isolado

MORFOLÓGICA – embrião imaturo (ex: aipo)

FÍSICA – camadas impermeabilizantes controlam a absorção de água/gases produção/retenção de inibidores

MISTA – pode haver combinação entre dormência fisiológica e física



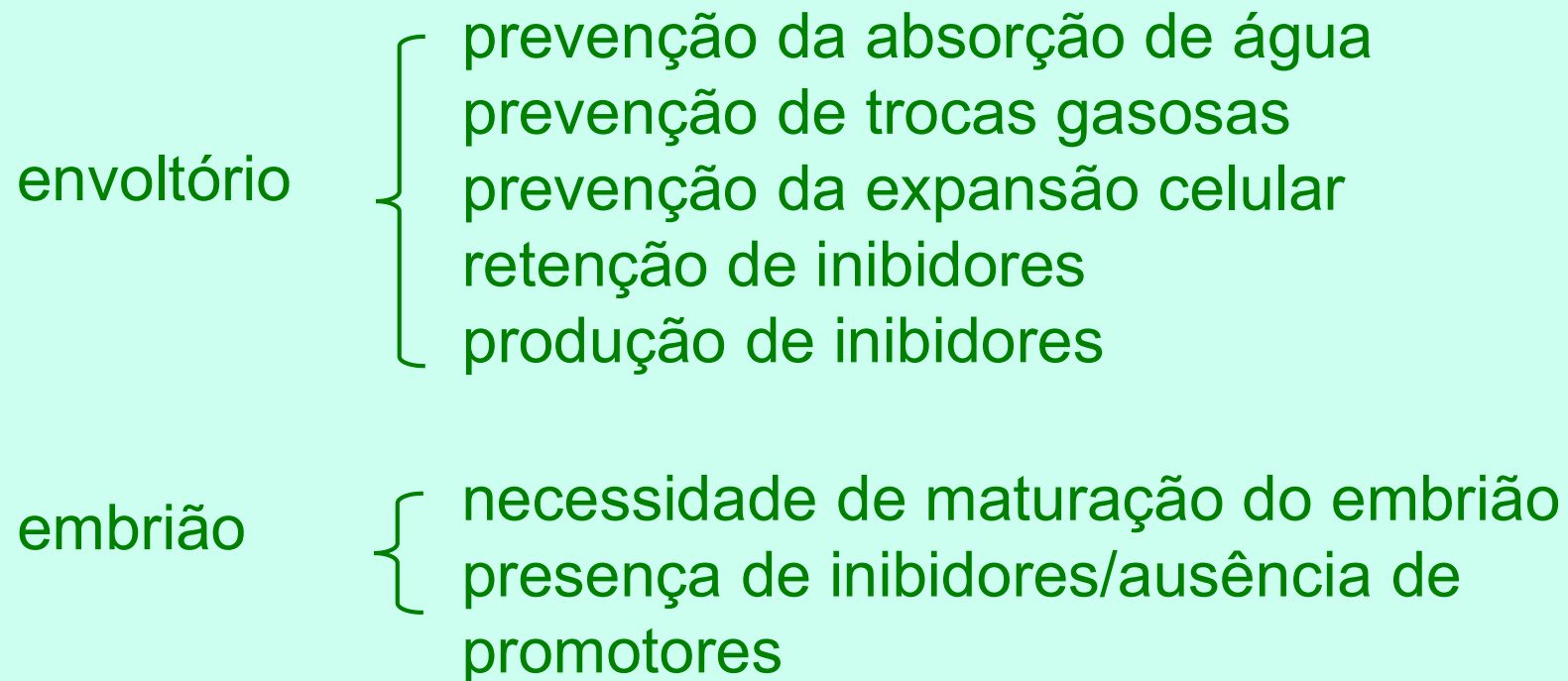
MECANISMOS DE QUEBRA DE DORMÊNCIA VARIADOS



há necessidade de
quebra de
dormência de
sementes de várias
espécies de
interesse
agronômico.



Dormência:



Fatores que podem induzir a quebra da dormência:

- afterripening
- temperatura
- luz
- nitrato
- sinais químicos (hormônios, terpenos)

Dormência física

- estruturas de entrada de água que barram a entrada de água

Quebra dormência:
Choque temperatura 80 °C

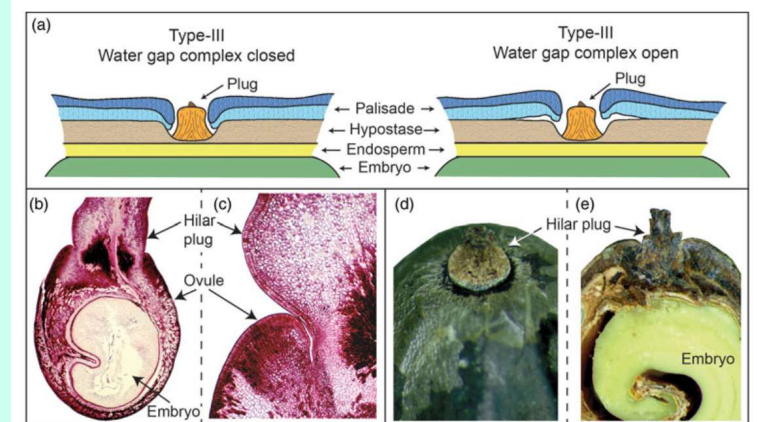
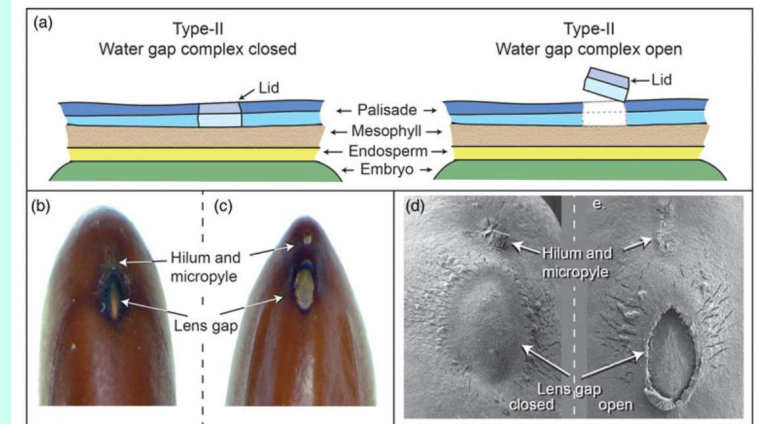
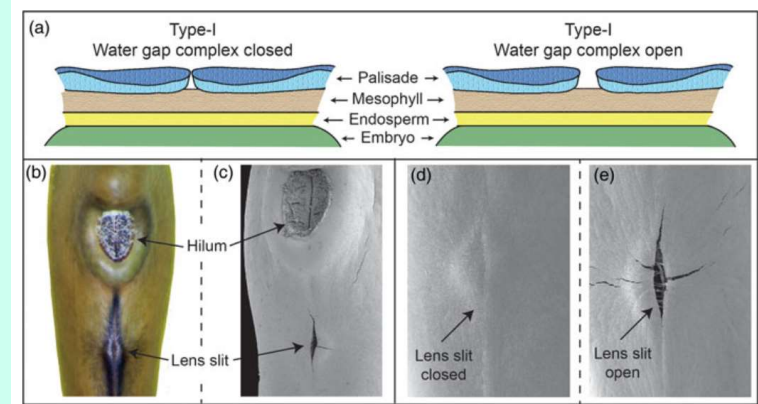
Exemplos:

Ipomoea

Canna

Acacia

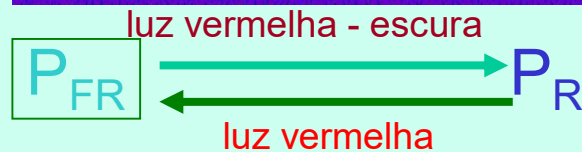
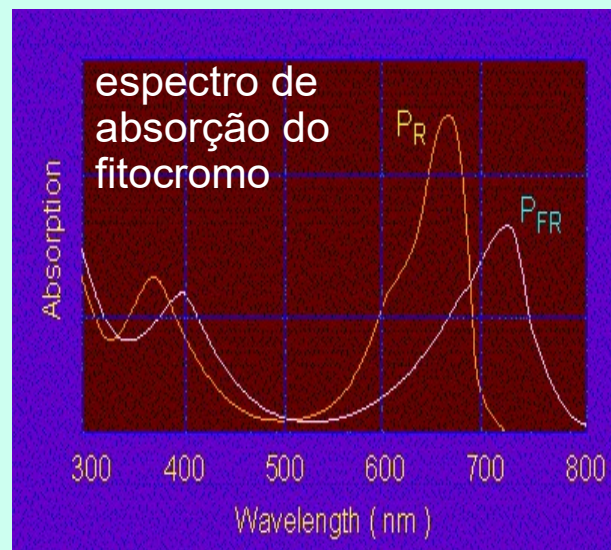
Bauhinia



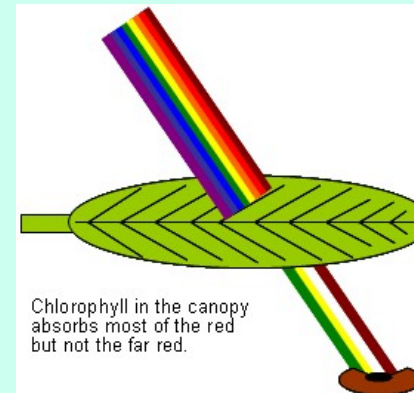
Quebra de dormência por luz:

Sementes pequenas, na ausência de luz, permanecem frequentemente dormentes, mesmo quando hidratadas.

Fitocromo – pigmento associado a uma proteína

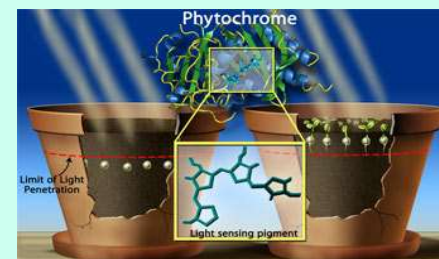


<http://www.steve.gb.com/science/photomorphogenesis.html>



efeito do sombreamento sobre o espectro luminoso: não há passagem de P_R

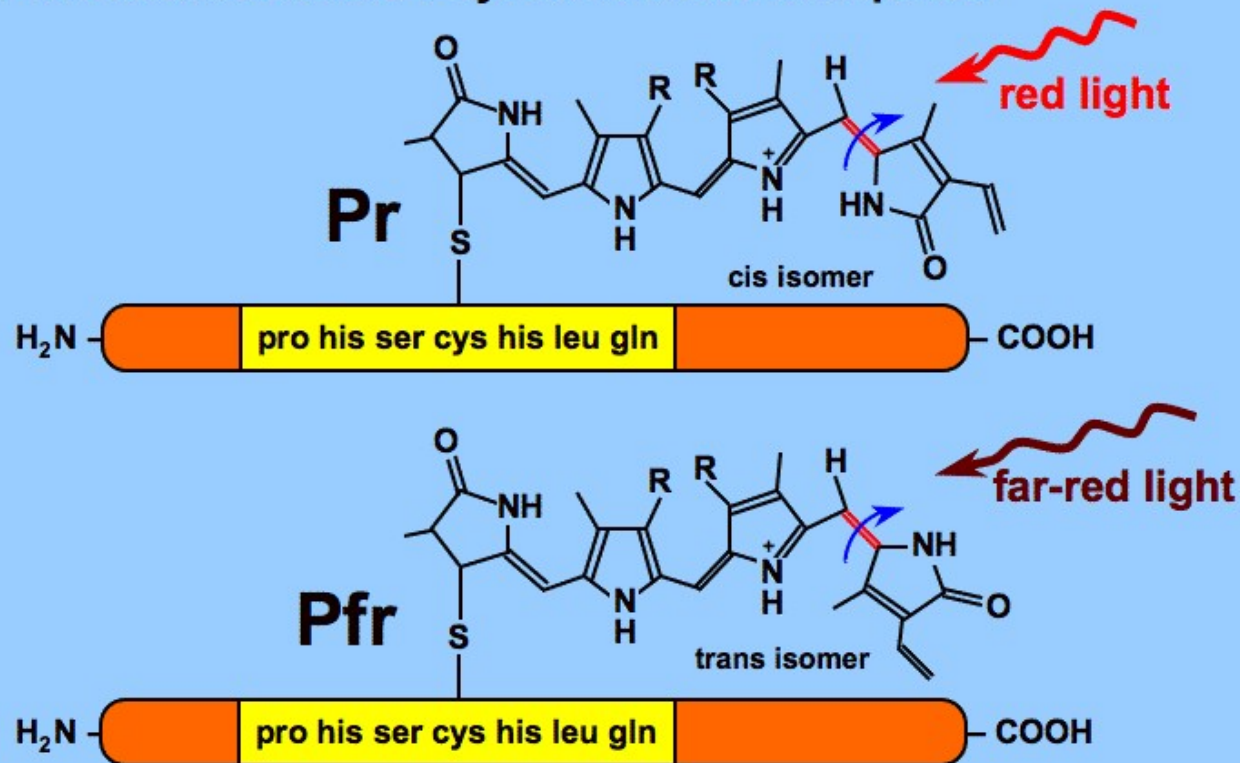
a indução da germinação nestas sementes é mediada pelo fitocromo



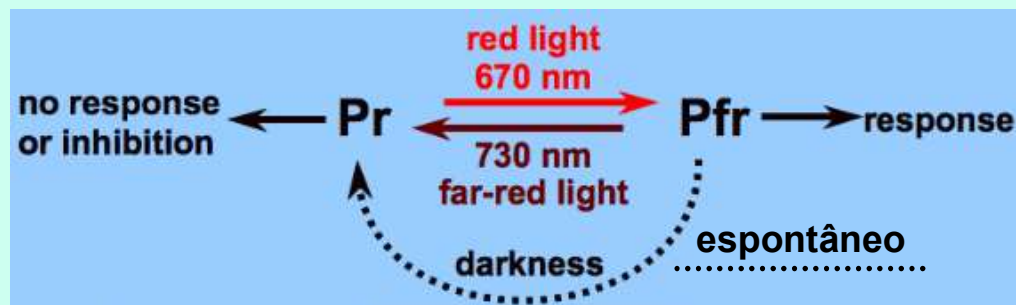
efeito do enterramento sobre a percepção de luz

http://www.nsf.gov/news/newsletter/dec_05/index.jsp

Photoconversion of Phytochrome chromophore

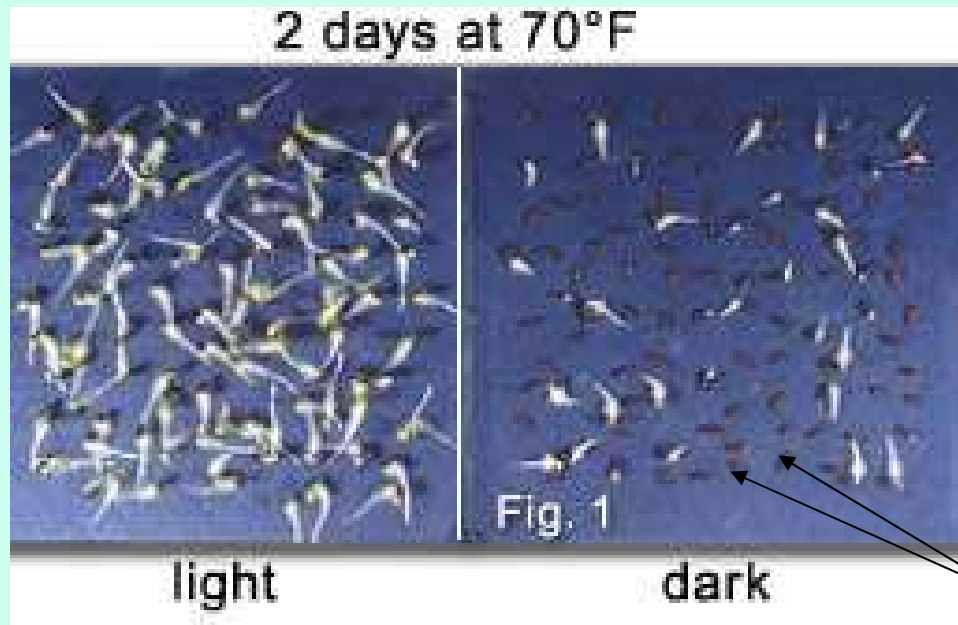


In red light, the phytochrome is in Pfr (trans) form
In far-red light, the phytochrome is in Pr (cis) form



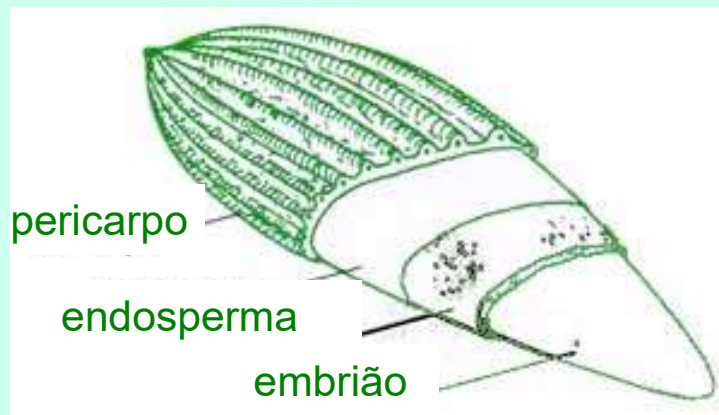
Interconversão de fitocromos

Dormência em sementes de alface



sementes de alface
requerem temperaturas
baixas e luz para a sua
germinação uniforme.

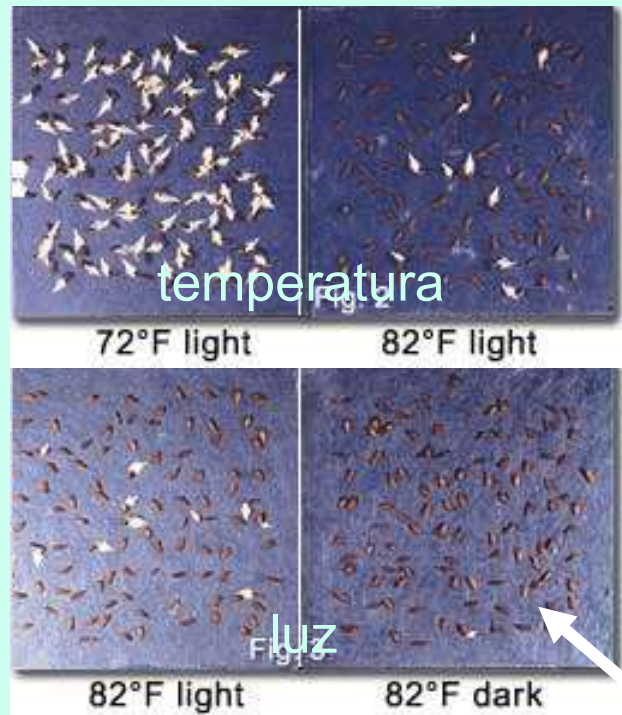
sementes dormentes



- quando o endosperma é removido, o embrião sempre se desenvolve
- a dependência difere entre sementes de um lote e entre as diferentes variedades de alface

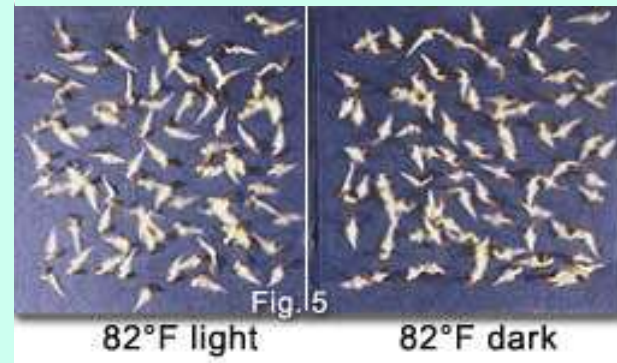
Dormência em sementes de alface

sem condicionamento
fisiológico



priming: condicionamento fisiológico de
sementes com água (processo patenteado).

com condicionamento
fisiológico



houve germinação
uniforme apesar da
alta temperatura e da
ausência de luz

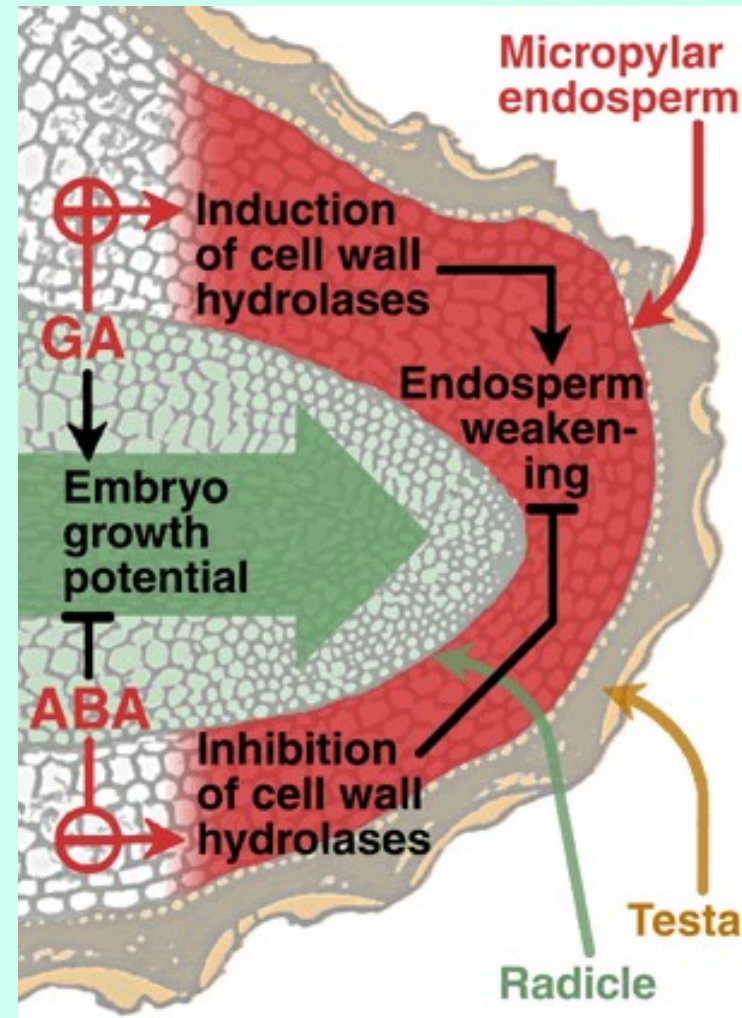
indução de dormência duradoura, caso as sementes
permaneçam nestas condições por um longo tempo a
germinação é retardada mesmo quando as sementes
forem incubadas a 72 °F na luz!

Efeitos de ABA e GA sobre a dormência

germinação limitada pelo
endosperma (física)

→ indução
⊥ inibição

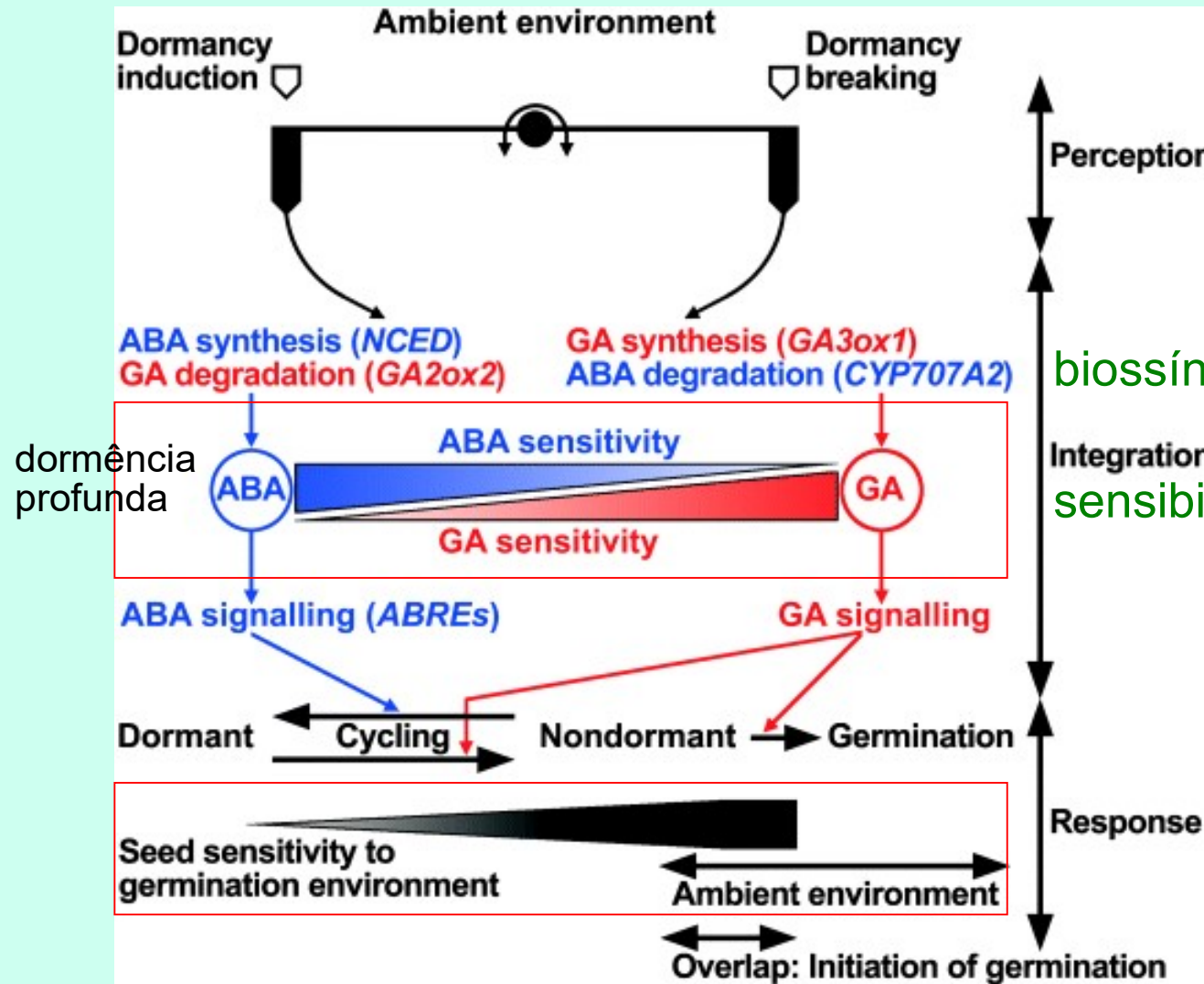
- GA promove a indução de hidrolases da parede celular e com isto o enfraquecimento do endosperma e a sua ruptura pela radícula. ABA tem o efeito inverso.
- GA promove o crescimento do embrião e ABA tem o efeito inverso.



semente de tabaco

<http://www.seedbiology.de/weakening.asp>

Modelo de regulação da dormência e da germinação:



fatores ambientais afetam a [ABA]/[GA]
(ex: água, temperatura, NO₃)

bioossíntese/catabolismo
sensibilidade

a sensibilidade da semente a fatores ambientais favoráveis é afetada pela [ABA]/[GA]

Finch-Savage, New Phytologist, 2006, 171:501

ABA - ác. abcísico
GA - giberelina

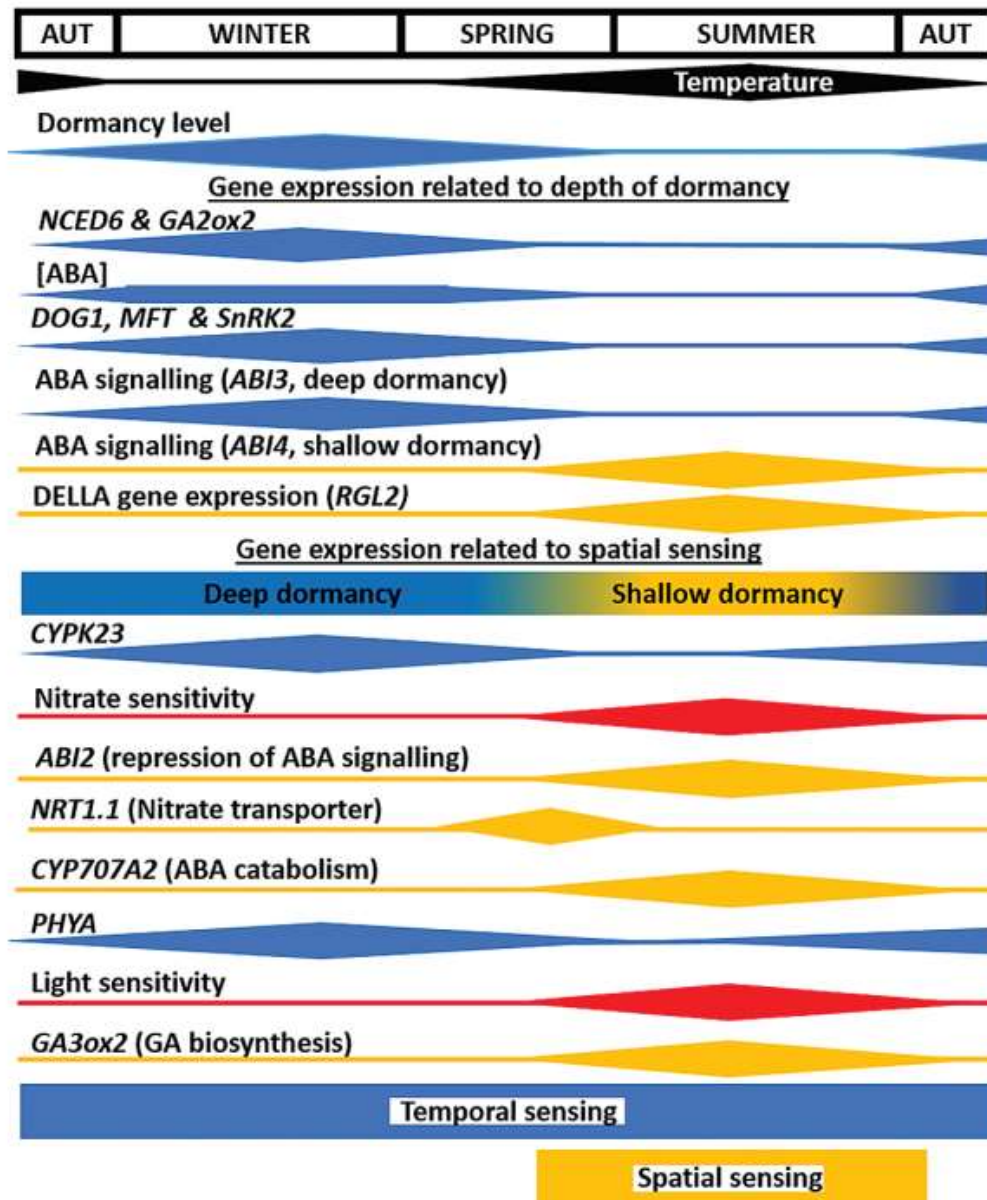


Fig. 4. Seasonal patterns of physiological measures and gene expression in Cvi seeds over an annual cycle in field soil. The height of the bars

A germinação ocorre quando a maior sensibilidade da semente (amarelo) coincide com condições ambientais favoráveis (vermelho e preto)

Caso não haja condições favoráveis a semente volta ao estágio de dormência profunda.

DOG1 – Delay of Germination

Finch-Savage, Journal of Experimental Botany, Vol. 68, No. 4 pp. 843–856, 2017

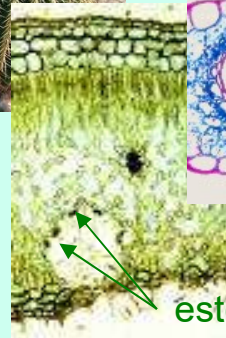
Tolerância à dessecação no estágio vegetativo

Adaptações a ambientes áridos:

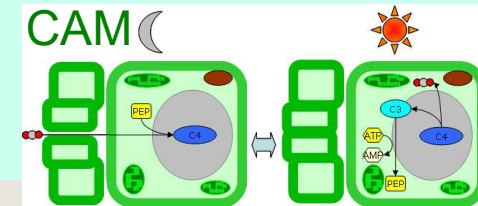
- morfológicas
- anatômicas
- fisiológicas
- bioquímicas



estas plantas morrem na
falta de água prolongada!!



anatomia de kranz



Todas as plantas têm a capacidade de tolerar a dessecação em pelo menos um estágio do seu ciclo de vida (ex: sementes, porem, esporos).

Tolerância à dessecação de tecidos como folhas e raízes é rara no reino vegetal!

Apesar de rara, é encontrada em espécies não relacionadas filogeneticamente.

Plantas tolerantes à dessecação podem perder até 95% da água de seu corpo.

Iniciam ou cessam, de acordo com o seu grau de hidratação:

- metabolismo
- crescimento
- ciclo de vida

quando desidratadas
estão em estado
quiescente!

Habilidade de se recuperar RAPIDAMENTE após perda extrema de água:

- comum em líquens e briófitas (*Bryophyta* e *Hepatophyta*) e licófitas
- não ocorre em gimnospermas
- raro em angiospermas

Estratégias de sobrevivência:

- reparo dos danos durante a rehidratação (briófitas)
- minimização dos danos da dessecação (licófitas e angiospermas)

Fatores de estabilização da estrutura celular:

- reposição de água: moléculas hidrofílicas fornecem proteção interagindo diretamente com macromoléculas por pontes de H.
- formação do “glassy state”: açúcares não redutores e proteínas hidrofílicas imobilizam membranas e macromoléculas no citoplasma (proteção contra a desnaturação, coagulação e desintegração).

“Glassy state” (estado sólido, sem formação de cristal):
velocidade de difusão:
água: 10 m/s
“glassy state”: 30 mm/100 anos

FATORES COMUNS A TODOS OS ORGANISMOS COM TOLERÂNCIA À DESIDRATAÇÃO

conteúdo de sacarose			
	hidratada	desidratada	
<i>C. plantagineum</i>	73	2000	} resistentes à dessecação
<i>R. nathaliae</i>	58	294	
<i>S. pyramidalis</i>	466	36	
			não resistente

Scott, 2000, Annals of Bot, 85:159

Filo *Bryophyta*

- avascular
- sem sistema radicular
- sem maiores proteções contra a dessecação

Hidratação também mantida pela retenção de água no exterior da planta!

briófita xerofítica



desidratada



hidratada (5 s após a hidratação)

- tolera dessecação rápida (1 h)
- expressa constitutivamente proteínas de “reparo de danos na rehidratação” que ocorrem nas células.
- acumula açúcares não redutores e hidrinas (proteínas altamente solúveis)

PROJETO: Plantas sem água

Musgo: *Tortula*



desidratado



hidratado

Genes relacionados à dessecação expressos em musgos são homólogos aos expressos em angiospermas cujos tecidos vegetativos suportam a dessecação

Selaginella lepidophylla



deshidratada

5-10% do conteúdo
de água original

hidratada

Filo *Lycopodiophyta*

- vascular
- com sistema radicular
- sistema de proteção
contra a dessecação

nativa de ambientes áridos do México e EUA

efeitos da dessecação:

- enrolamento do caule
- funções metabólicas reduzidas

efeitos da rehidratação:

- caule se desenrola
- aumenta o metabolismo
- crescimento retomado

a quiescência pode
durar anos!

Superfilo: *Spermatophyta*

Família: *Scrophulariaceae*



nativa de ambientes
áridos do sul da
África

efeitos da dessecação:

- enrolamento das folhas
- encolhimento de toda a planta
- funções metabólicas reduzidas

efeitos da rehidratação:

- folhas se desenrolam
- aumenta o metabolismo
- crescimento retomado

- vascular
- com sistema radicular
- sistema de proteção contra a dessecação

Genes ativos durante a dessecação são homólogos aos ativos durante a maturação de sementes.



pode permanecer
mais de dois anos no
estado desidratado

sacarose

amido
octulose



produção de ABA
pelas raízes

- morte de folhas velhas
- desidratação das folhas jovens
- perda de clorofila
- acúmulo de sacarose
- acúmulo de LEAs

27 dias



O dano dos tecidos no processo de desidratação e rehidratação é mínimo!

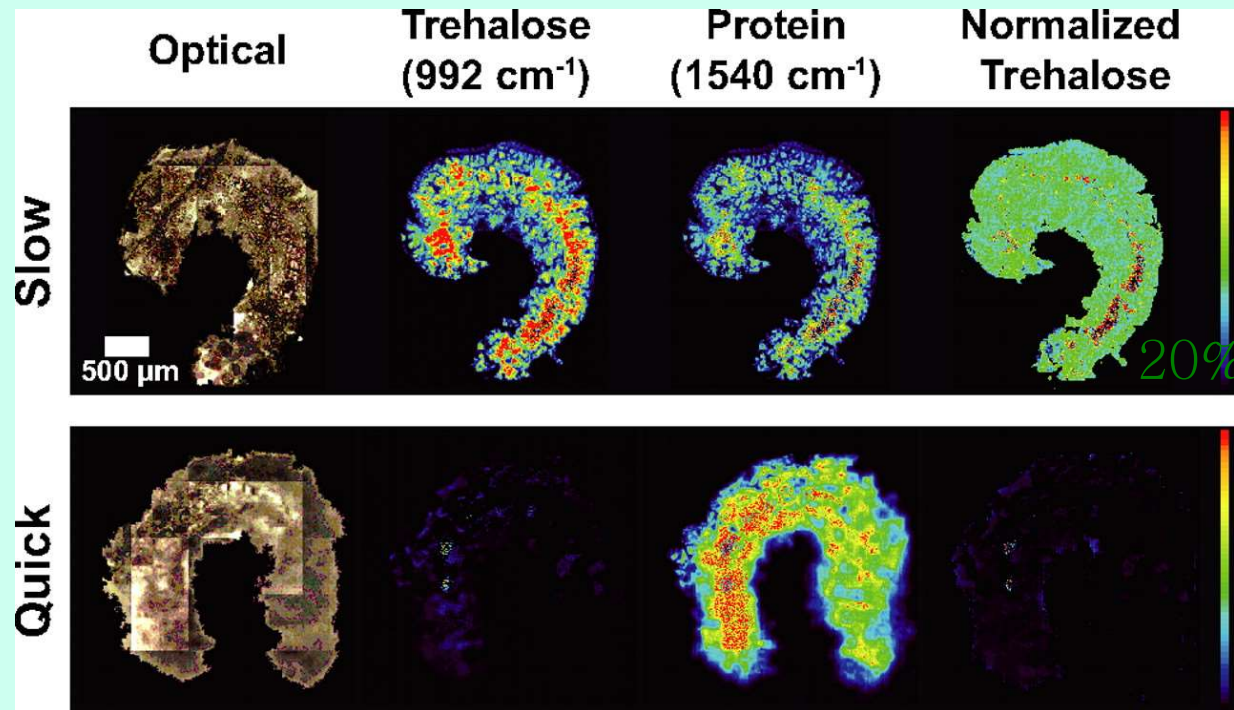


- folhas velhas desenrolam
- hidratação das folhas jovens
- aumento de clorofila
- acúmulo de octulose e amido

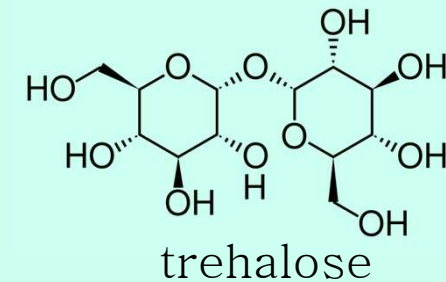
24 horas



FTIR de larvas de *Polypedilum vanderplanki* submetidas a desidratação (3% de água) lenta e rápida.



<http://tittle.tistory.com/184>



Sakurai M. et.al. PNAS 2008;105:5093-5098

nativa do semiárido africano – larvas vivem em pequenas poças e desidratam quando estas secam. Tempo de desidratação máximo registrado sem perda de viabilidade: 17 anos