

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:

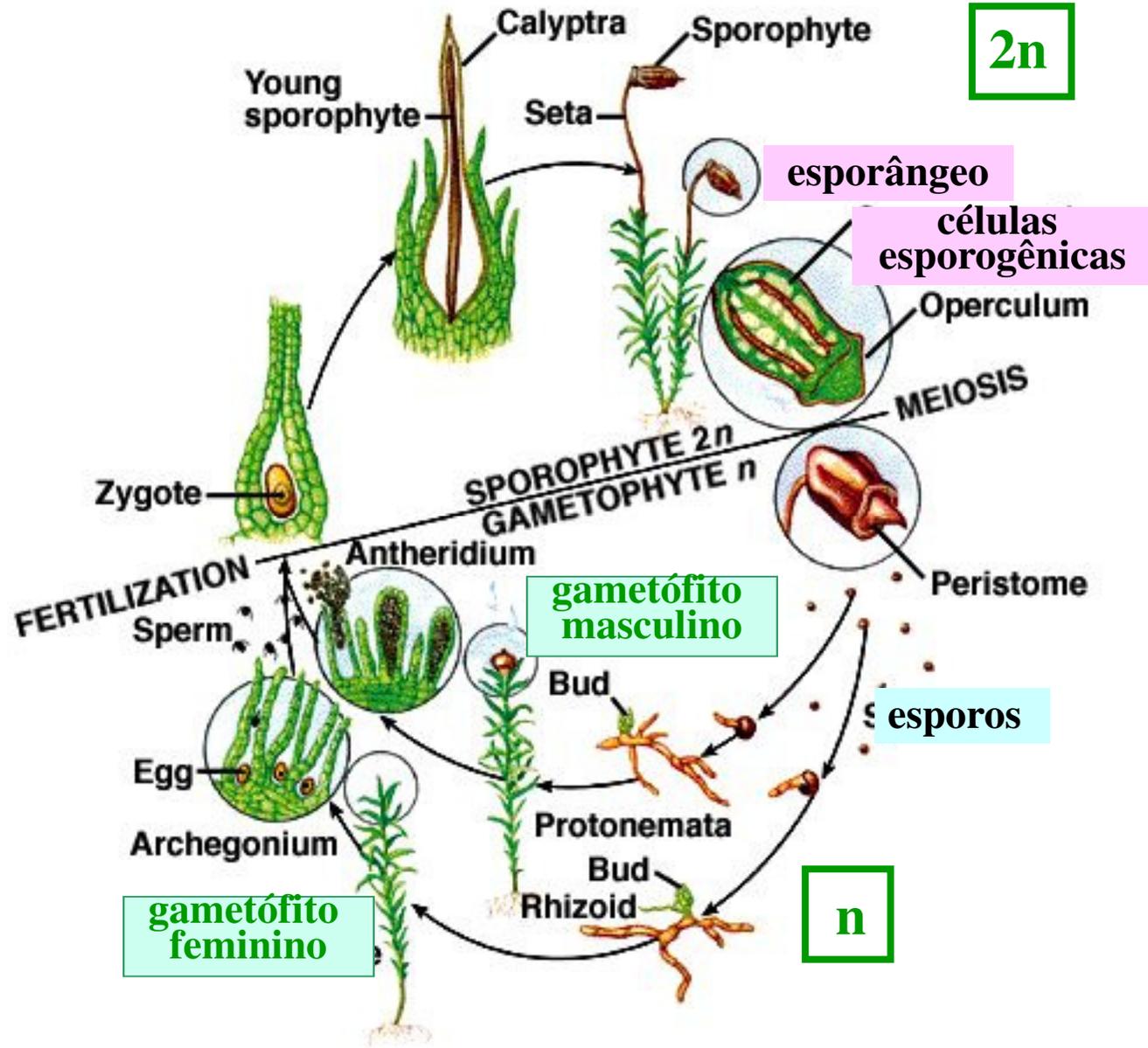
- falta de água
- extremos de temperatura

Ciclo de vida:

alternância de
gerações
heteromórficas

Ciclo de vida de uma *Bryophyta*

geração predominante:
gametofítica

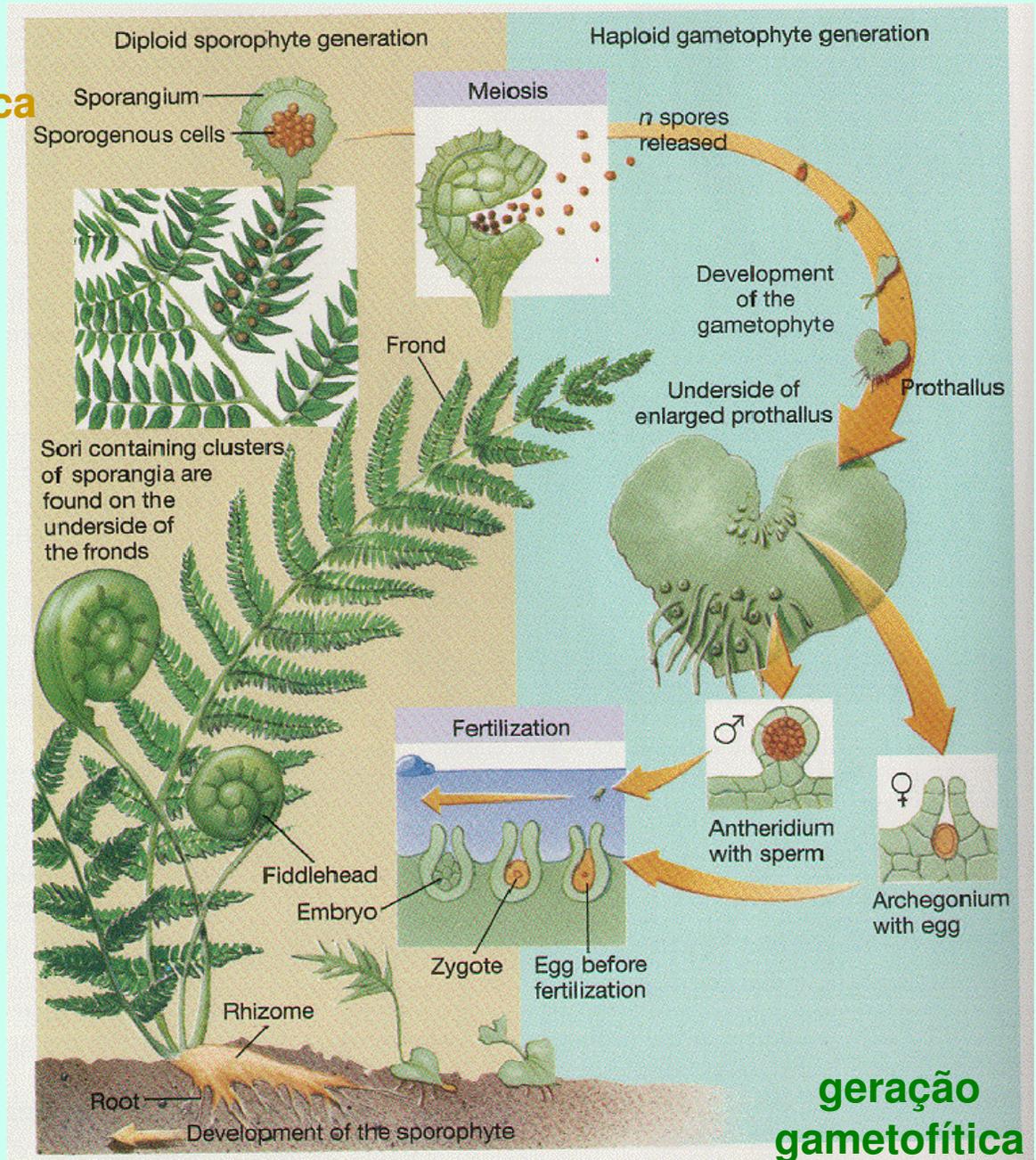


geração
esporofítica

Ciclo de vida:
alternância de
gerações
heteromórficas

geração predominante:
esporofítica

Ciclo de vida de uma
Pteridophyta

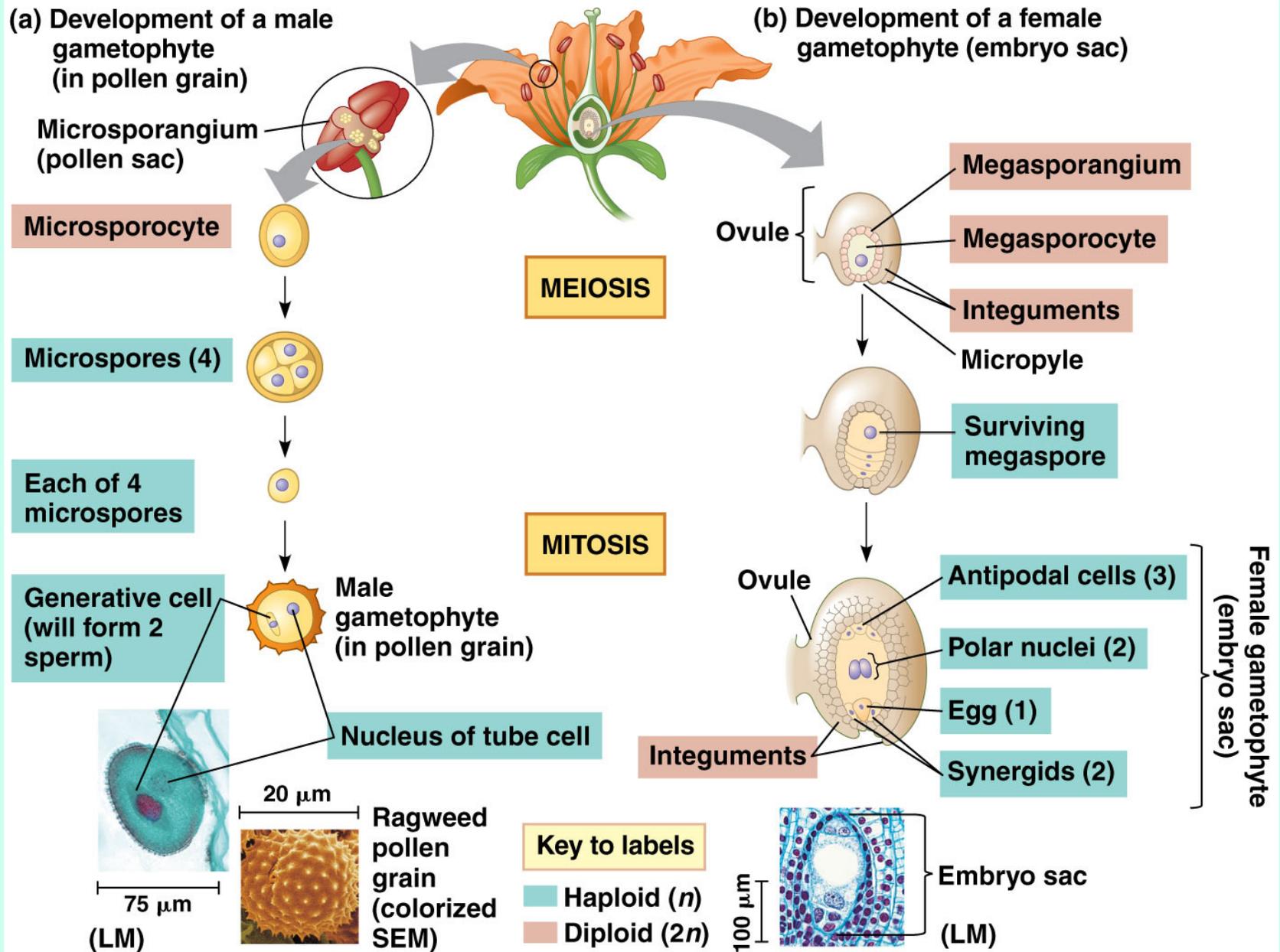


geração
gametofítica

Em angiospermas a fase gametofítica é microscópica:

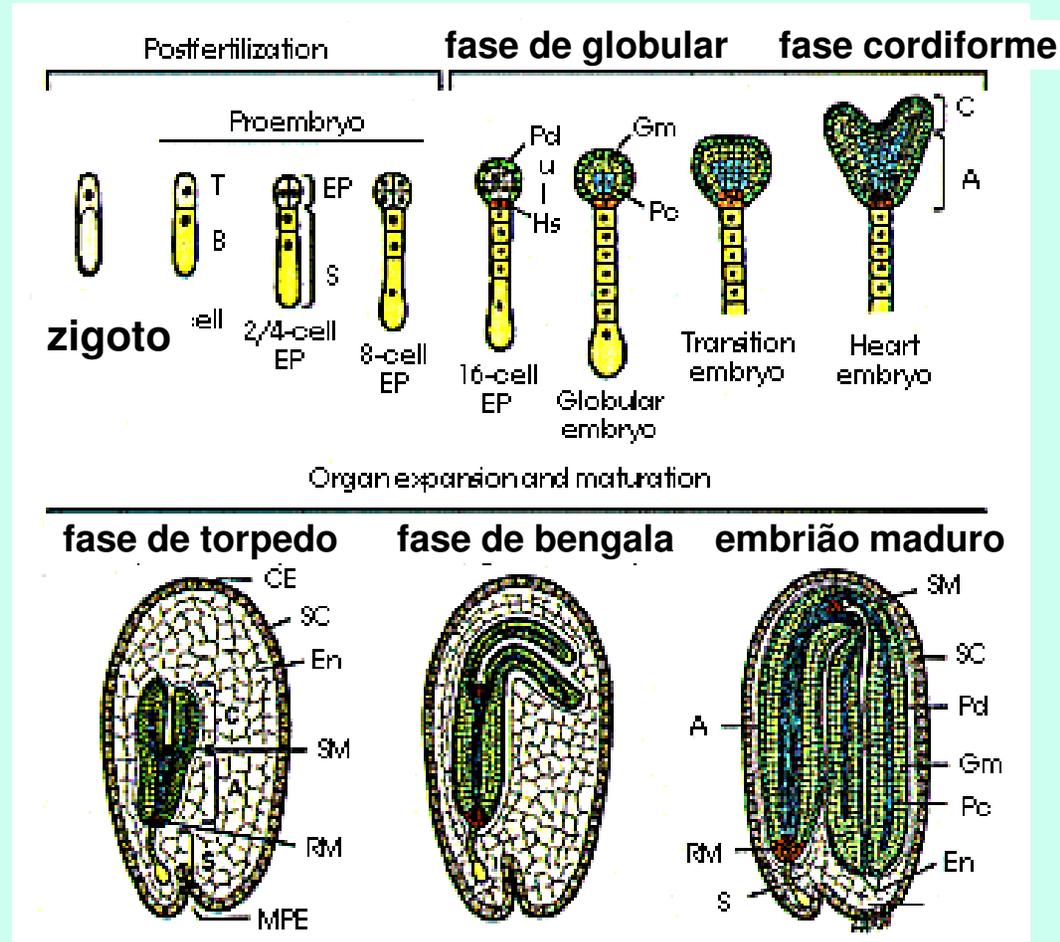
pólem

esporogênese
gametogênese



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

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

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

Etapas da germinação:

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



alimento!

Sementes

sementes ortodoxas:

- resistentes a 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**



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, tornando-se dormentes quando expostas a condições ambientais específicas

Tipos de Dormência em Sementes:



FISIOLÓGICA* –

leve – quebra de dormência por GA

embrião se desenvolve normalmente quando isolado

profunda – não há quebra de dormência com GA

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 ente dormência fisiológica e física

MECANISMOS DE QUEBRA DE DORMÊNCIA VARIADOS



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



Dormência:

envoltório	{	prevenção da absorção de água prevenção de trocas gasosas prevenção da expansão celular retenção de inibidores produção de inibidores
embrião	{	necessidade de maturação do embrião presença de inibidores/ausência de promotores

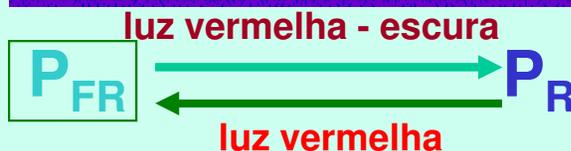
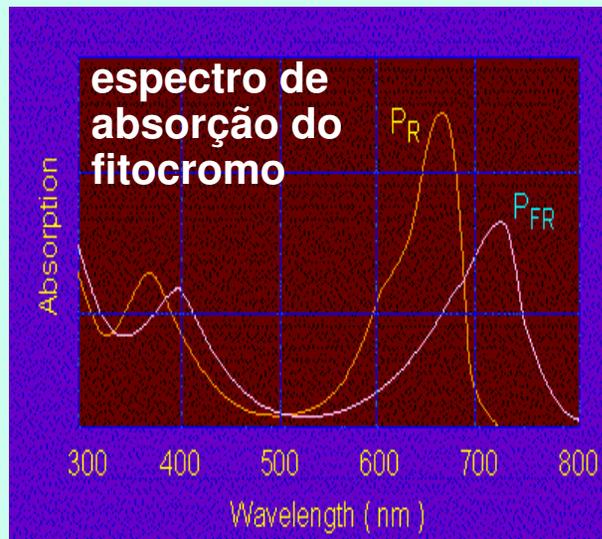
Fatores que podem induzir a quebra da dormência:

- **afterripening**
- **temperatura**
- **luz**
- **nitrito**
- **sinais químicos (hormônios, terpenos)**

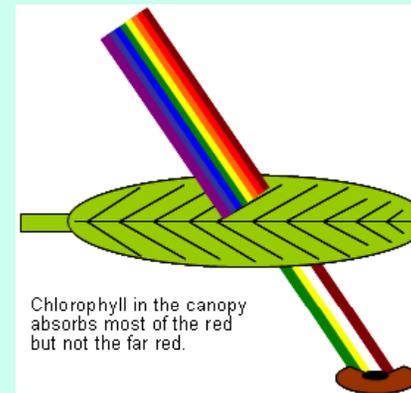
Quebra de dormência por luz:

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

Fitocromo – pigmento associado a uma proteína

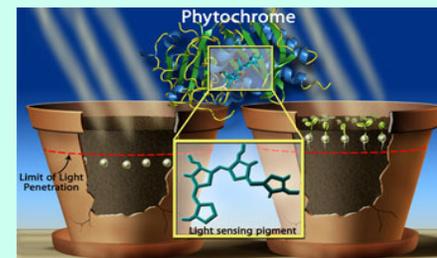


<http://www.steve.gb.com/science/photomorphogenesis.html>



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

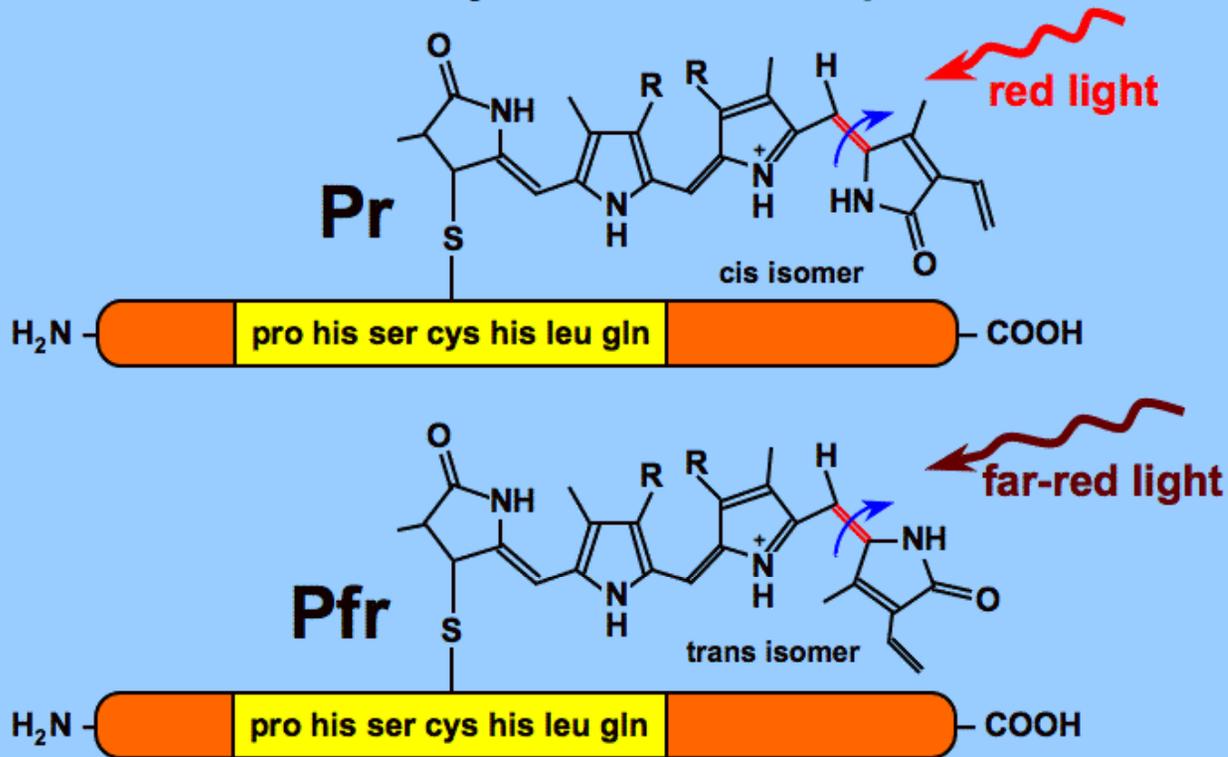
a indução da germinação nestas sementes é mediada pelo fitocromo



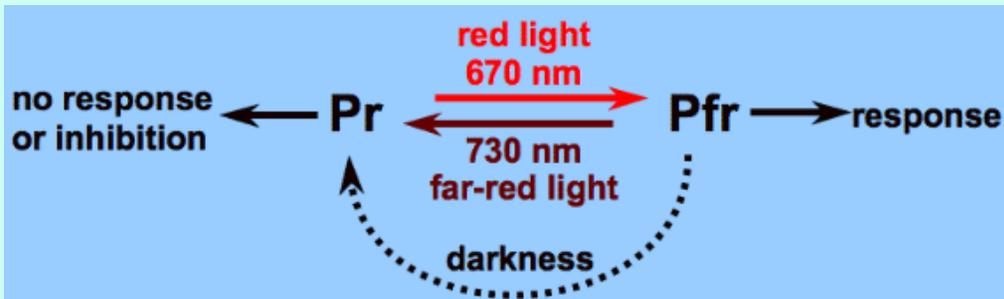
efeito do enterramento sobre a percepção de luz

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

Photoconversion of Phytochrome chromophore

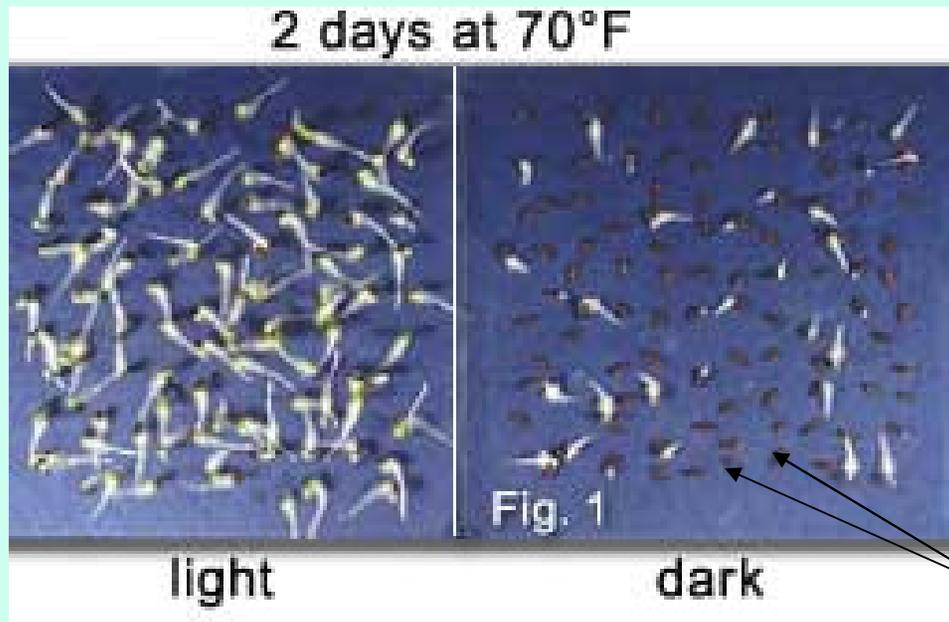


In red light, the phytochrome is in Pfr (trans) form
In far-red light, the phytochrome is in Pr (cis) form



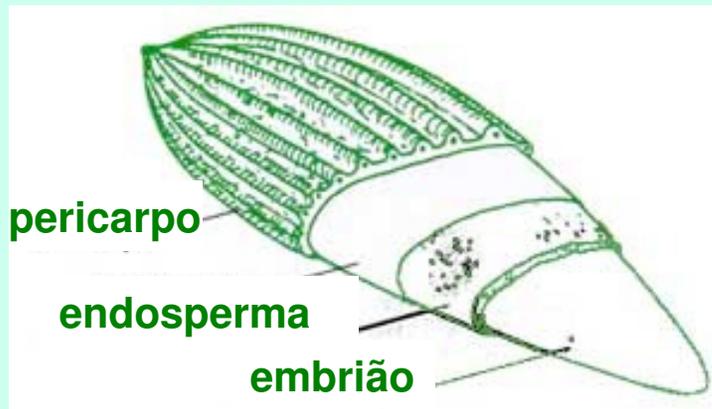
Interconversão de fitocromos

Dormência em sementes de alface



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

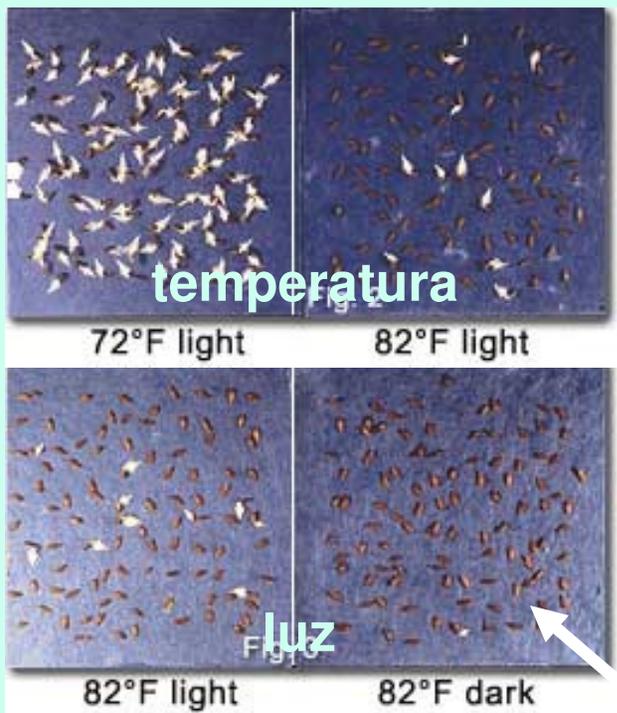
sementes dormentes



- 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

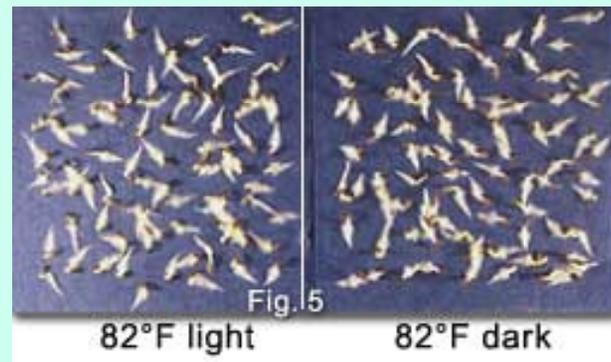
Dormência em sementes de alface

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

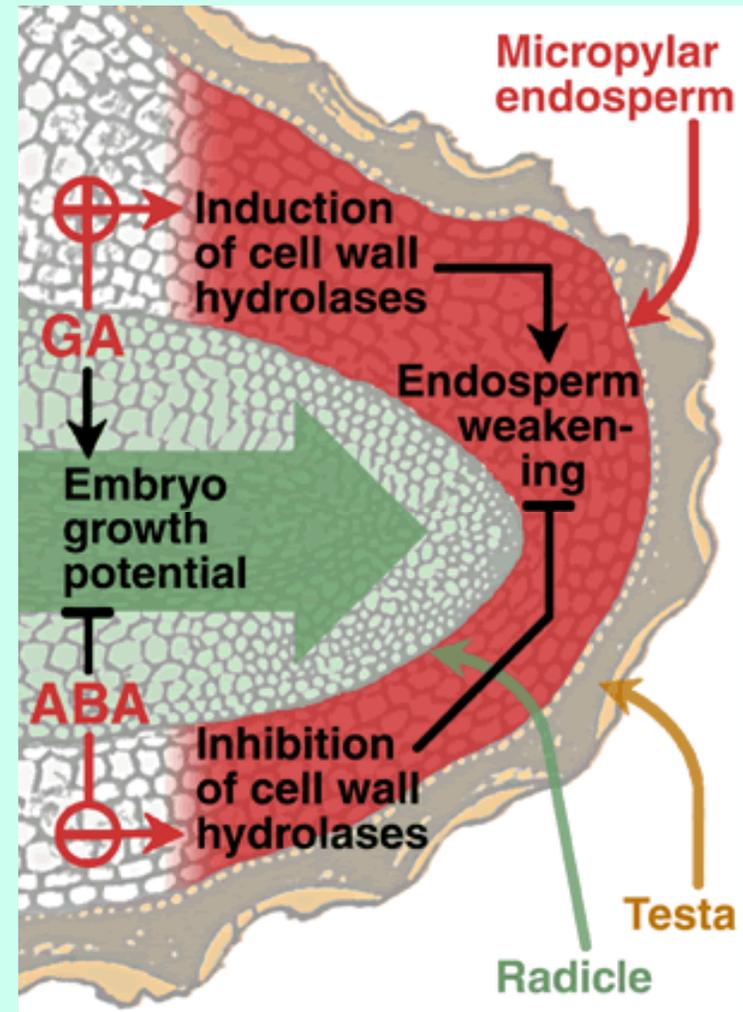
indução de dormência duradoura, caso as sementes permaneçam nestas condições por um longo tempo a germinação é retardada mesmo quando as sementes forem incubadas a 72 °F na luz!

Efeitos de ABA e GA sobre a dormência

germinação limitada pelo endosperma (física)

→ indução
→ inibição

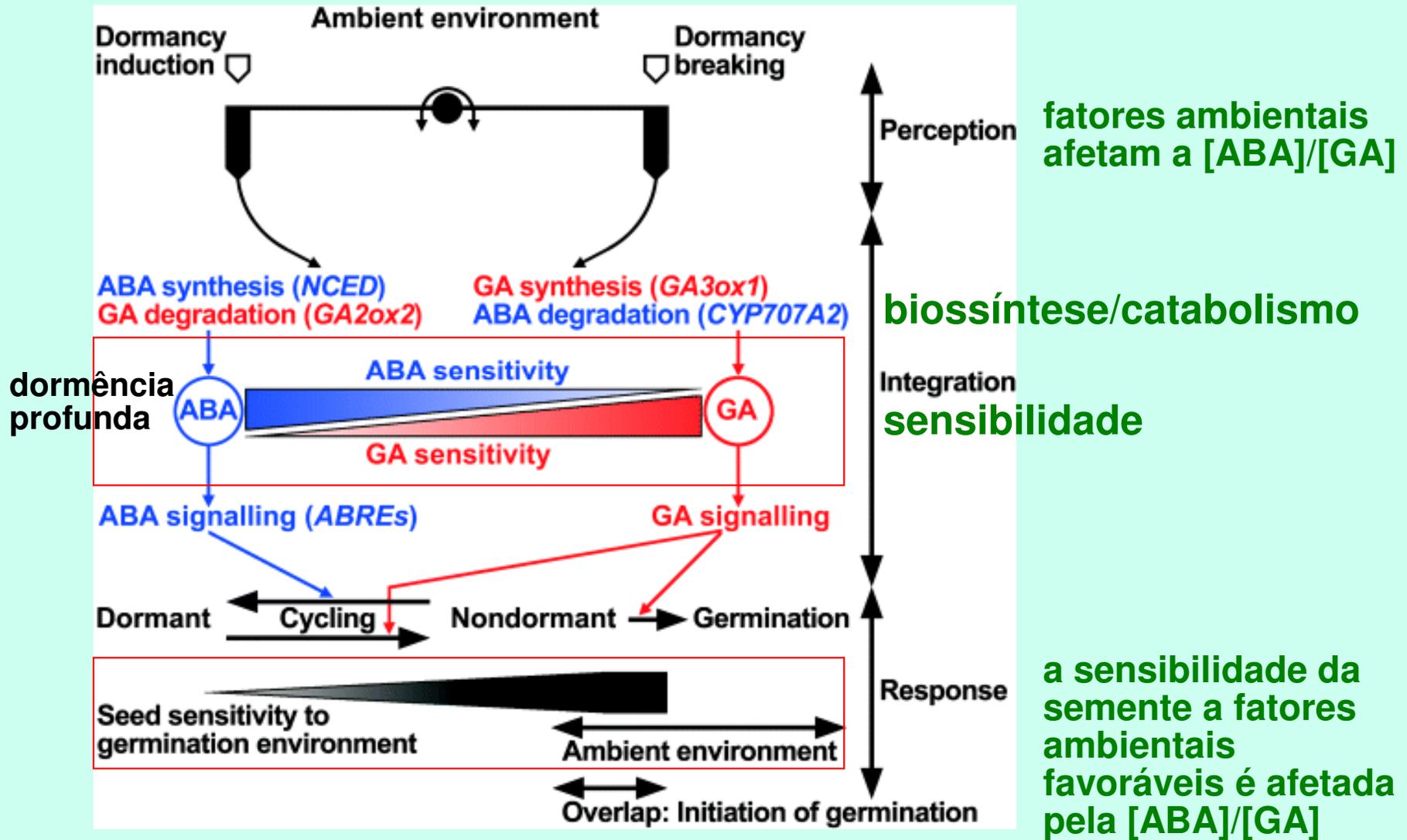
- GA promove a indução de hidrolases da parede celular e com isto o enfraquecimento do endosperma e a sua ruptura pela radícula. ABA tem o efeito inverso.
- GA promove o crescimento do embrião e ABA tem o efeito inverso.



semente de tabaco

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

Modelo de regulação da dormência e da germinação:



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

Tolerância à dessecação no estágio vegetativo

Adaptações a ambientes áridos:

- morfológicas
- anatômicas
- fisiológicas
- bioquímicas

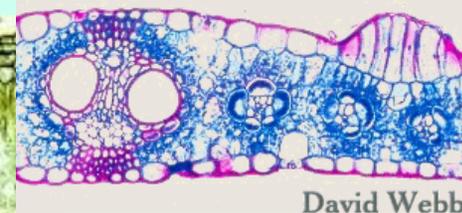


estas plantas morrem na falta de água prolongada!!

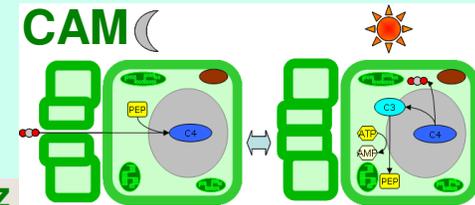


estômatos de *Nerium*

anatomia de kranz



David Webb



Todas as plantas têm a capacidade de tolerar a dessecação em pelo menos um estágio do seu ciclo de vida (ex: sementes, pólen, 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 (licofitas 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



desidratada

5-10% do conteúdo
de água original

hidratada

Filo *Lycophyta*

- 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!



nativa de
ambientes áridos
do sul da África

Superfilo: *Spermatophyta* Família: *Scrophulariaceae*

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!

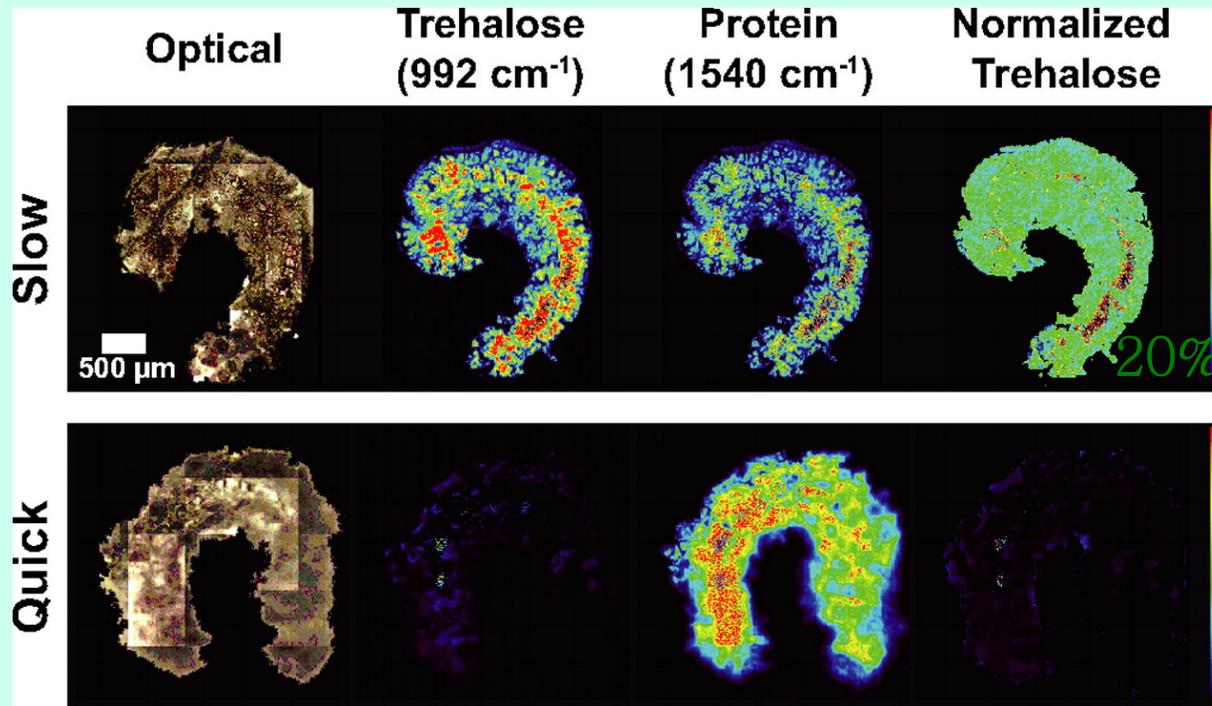


- folhas velhas desenrolam
- hidratação das folhas jovens
- aumento de clorofila
- acúmulo de octulose e amido

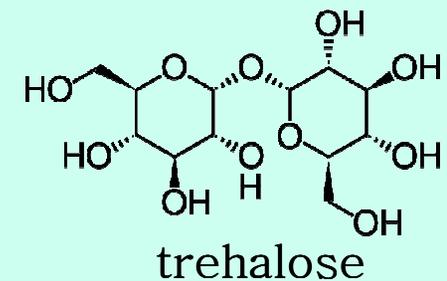
24 horas



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

Água

organismos em média constituídos de 75% de água líquida

**propriedades da água
alta capacidade térmica**

**solvente excelente:
tamanho da molécula
constante dielétrica
polaridade**

calor de evaporação

Desenvolvimento do esporo