

UNIDADE IX – HORMÔNIOS E REGULADORES DE CRESCIMENTO

PARTE II – PRINCIPAIS CLASSES DE HORMÔNIOS:

GIBERELINAS (REGULADORES DA ALTURA DAS PLANTAS)

1. DESCOBERTA
2. OCORRÊNCIA, METABOLISMO E TRANSPORTE
3. PAPEL FISIOLÓGICO
 - 3.1. INICIAÇÃO FLORAL E DETERMINAÇÃO DO SEXO
 - 3.2. CRESCIMENTO DO CAULE
 - 3.3. TRANSIÇÃO DA FASE JUVENIL PARA A ADULTA
 - 3.4. ESTABELECIMENTO DO FRUTO
 - 3.5. GERMINAÇÃO DE SEMENTES
 - 3.6. APLICAÇÃO COMERCIAL
4. MECANISMO DE AÇÃO
 - 4.1. PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO DO CAULE
 - 4.2. MOBILIZAÇÃO DE RESERVAS DO ENDOSPERMA DURANTE A GERMINAÇÃO

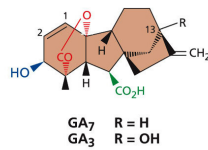
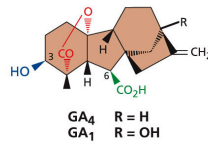
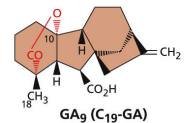
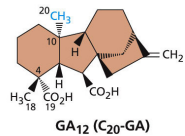
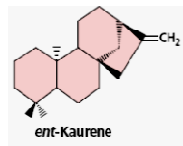
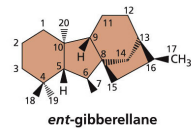
A DESCOBERTA DAS GIBERELINAS

- Plantadores de arroz da Ásia conheciam uma doença que fazia com que as plantas de arroz crescessem excepcionalmente provocando seu acamamento, que consequentemente suprimia a produção de sementes.
- No Japão, essa doença era chamada de “planta boba” (*bakanae*);
- Em 1926, Kurosawa descobriu que o crescimento excepcional dessas plantas era causada por uma substância, secretada pelo fungo *Gibberella fugikuroi*, que infectava o vegetal;

- Esta substância foi isolada e denominada de giberelina;
- Em 1935, Yabuta *e col.* obtiveram cristais impuros de dois compostos fúngicos, giberelina A e B, com atividade na indução do crescimento de plantas sadias de arroz;
- Na década de 1950, americanos e ingleses elucidaram a estrutura do material purificado de filtrados de cultura de fungos, ao qual denominaram de ácido giberélico;

- Quase ao mesmo tempo, cientistas japoneses, isolaram três giberelinas a partir da giberelina A original e as chamaram de GA₁, GA₂ e GA₃ (ácido giberélico);
- Em 1958 (McMillan na Inglaterra) uma giberelina (GA₁) foi finalmente identificada em uma planta superior (*Phaseolus coccineus*). A partir de então, esta substância passou a ser considerada um hormônio vegetal.

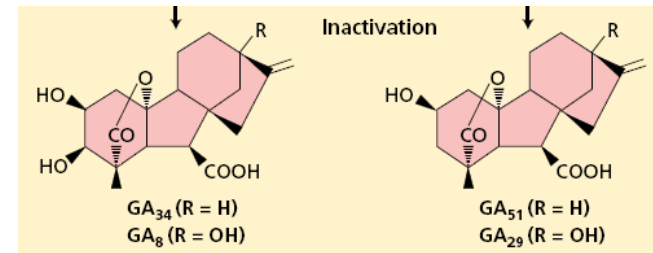
Estruturas de Giberelinas (125 identificadas)



• GA₄ presente em *Arabidopsis* e membros da família das *Cucurbitaceae*;

• GA₁ distribuição geral.

• GA₃ presente em Fungo.

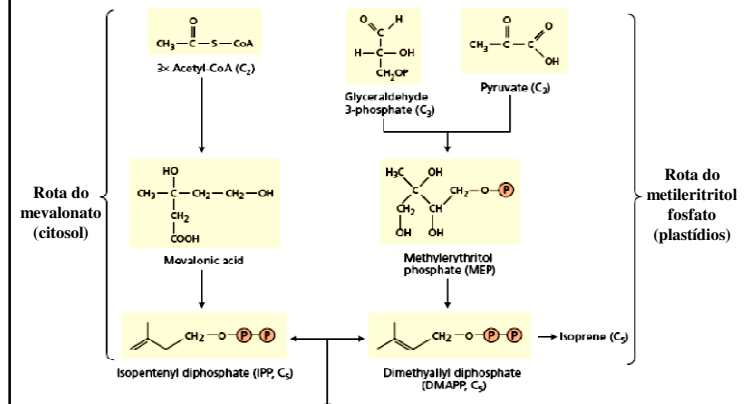


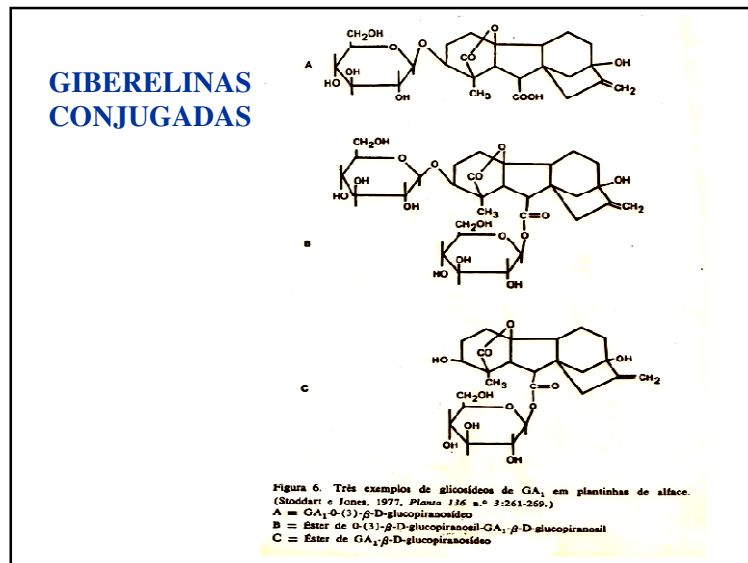
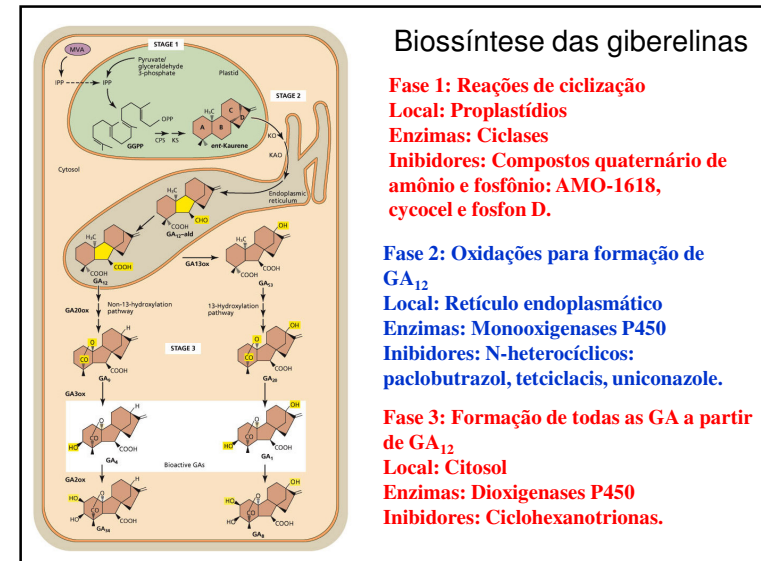
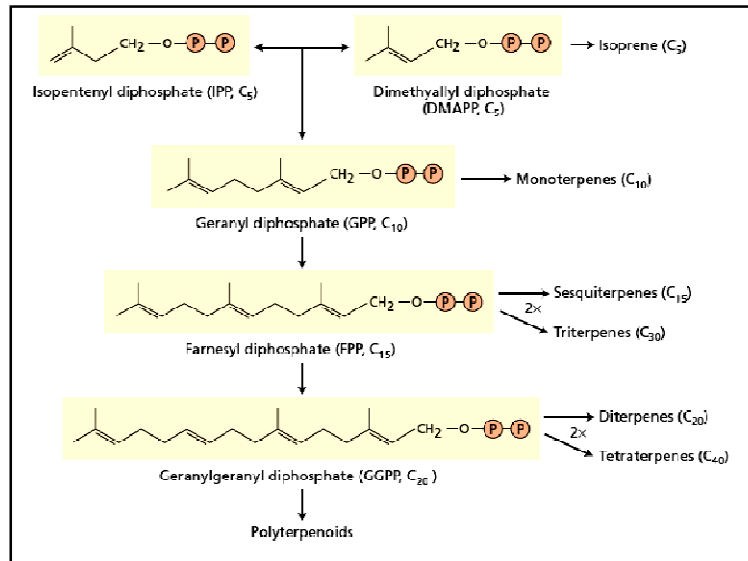
Giberelinas são inativas pela hidroxilação no carbono 2 (C₂)

OCORRÊNCIA DE GIBERELINAS EM PLANTAS

- As giberelinas (GA) são amplamente distribuídas no reino vegetal.
- Elas estão presentes em toda a planta, podendo ser detectadas em folhas, caules, sementes, embriões e grãos de pólen.
- As giberelinas formam uma grande família de ácidos diterpênicos tetracíclicos e são sintetizadas por um ramo da via dos terpenóides.

Biossíntese de terpenos em plantas

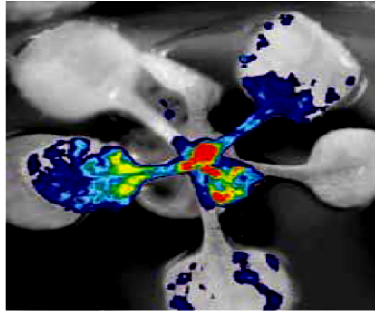




Funções do GA₁₂-aldeído e de glicosídeos de GA.

- Várias sementes e frutos em desenvolvimento tem altos níveis de GAs. O nível de GA ativa decresce bastante nas sementes maduras. Estas sementes maduras contêm elevada [GA₁₂-aldeído], que sofre transformação em GA ativa nos estágios iniciais da germinação.
- Glicosídeos de GA estão presentes em algumas sementes maduras. E, provavelmente, são transformadas em GA ativa durante a germinação.

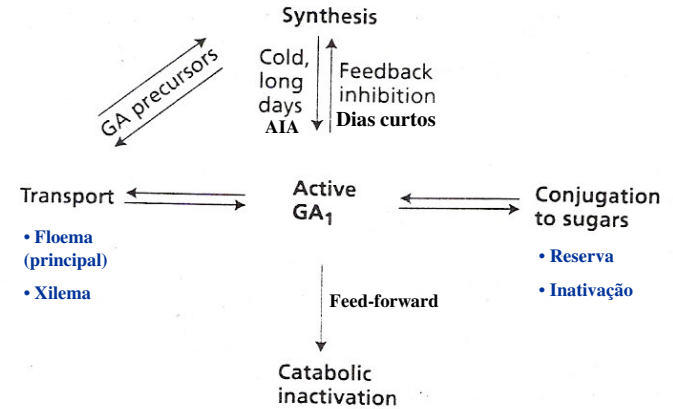
As giberelinas são sintetizadas nos tecidos apicais



- **Ápice do caule (gemas);**
- **folhas jovens;**
- **entrenós ativos;**
- **além de sementes e frutos em desenvolvimento.**

FIGURE 20.11 Gibberellin is synthesized mainly in the shoot apex and in young developing leaves. This false color image shows light emitted by transgenic *Arabidopsis* plants expressing the firefly luciferase coding sequence coupled to the GA20ox gene promoter. The emitted light was recorded by a CCD camera after the rosette was sprayed with the substrate luciferin. The image was then color-coded for intensity and superimposed on a photograph of the same plant. The red and yellow regions correspond to the highest light intensity. (Courtesy of Jeremy P. Coles, Andrew L. Phillips, and Peter Hedden, IACR-Long Ashton Research Station.)

Processos que contribuem para os níveis da giberelina ativa GA₁ no estado de equilíbrio.



A auxina promove a síntese da giberelina

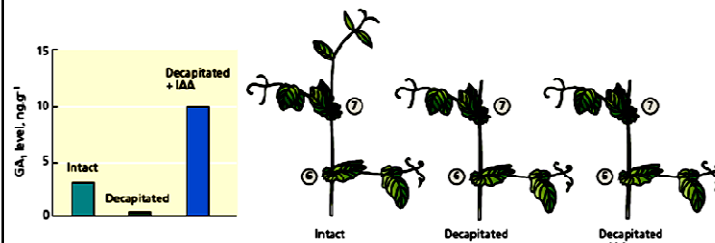


FIGURE 20.18 Decapitation reduces, and IAA (auxin) restores, endogenous GA₁ content in pea plants. Numbers refer to the leaf node. (From Ross et al. 2000.)

A auxina promove a síntese da giberelina

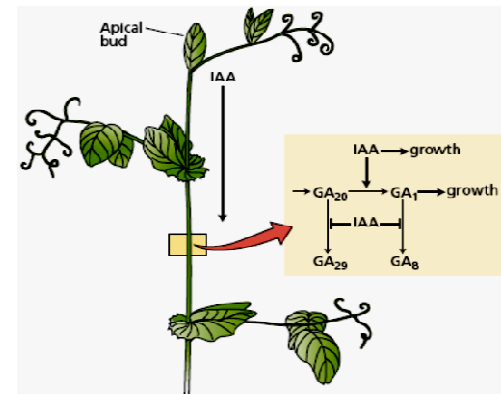


FIGURE 20.20 IAA (from the apical bud) promotes and is required for GA₁ biosynthesis in subterminal internodes. IAA also inhibits GA₁ breakdown. (From Ross and O'Neill 2001.)

Papel fisiológico das giberelinas

- Em milho, GA inibe o desenvolvimento dos estames, formando flores pistiladas (DC e noites frias aumentam em até 100 vezes o nível de GA produzindo flores femininas);
- Em dicotiledôneas, como pepino, cânhamo e espinafre, as giberelinas tem efeito oposto, promovem a formação de flores estaminadas.

Iniciação floral

A GA pode substituir estímulos ambientais, tais como dias longos e baixa temperatura, necessários para a indução do florescimento em algumas espécies.

Determinação do sexo

É o processo pelo qual flores unissexuais são formadas em plantas monóicas (pepino e milho) e dióicas (espinafre e *Cannabis sativa*).

A determinação do sexo é geneticamente regulada, podendo sofrer influência de fatores ambientais (fotoperíodo, temperatura e estado nutricional) e estes efeitos ambientais podem ser mediados pela GA:

As giberelinas estimulam o crescimento do caule (*bolting*) em plantas de hábito em “roseta”

PDL

Espinafre

Repolho

Couve

Alface

Repolho, uma planta de DL, permanece em roseta sob condições de DC, mas pode ser induzida ao *bolting* e ao florescimento por aplicações de GA₃. No caso ilustrado, foram produzidos escapos florais gigantes.





FIGURE 20.14 Spinach plants undergo stem and petiole elongation only in long days, remaining in a rosette form in short days. Treatment with the GA biosynthesis inhibitor AMO-1618 prevents stem and petiole elongation and maintains the rosette growth habit even under long days. Gibberellic acid can reverse the inhibitory effect of AMO-1618 on stem and petiole elongation. As shown in Figure 20.16, long days cause changes in the gibberellin content of the plant. (Courtesy of J. A. D. Zeevaert.)

As giberelinas estimulam o crescimento do caule em plantas anãs.

Associado a este efeito há também:

- Diminuição na espessura do caule;
- Diminuição no tamanho da folha;
- As folhas ficam com uma coloração verde clara.



FIGURE 20.1 The effect of exogenous GA_3 on normal and dwarf (*dl*) corn. Gibberellin stimulates dramatic stem elongation in the dwarf mutant but has little or no effect on the tall wild-type plant. (Courtesy of B. Phinney.)

Transição da fase juvenil para a fase adulta

Muitas plantas perenes não florescem até que elas alcancem um certo estágio de maturidade.

A aplicação de GA parece regular esta transição:

- Em algumas coníferas, aplicação de GA_{4+7} promove a passagem de estágio juvenil para adulto;
- Em *Hedera helix*, aplicação de GA_3 promove a passagem do estágio maduro para juvenil.

Estabelecimento do fruto

Aplicação de GA pode favorecer o estabelecimento e o crescimento de alguns frutos, nos casos em que a auxina parece não atuar.

Germinação de sementes

A germinação de sementes pode requerer GA nas seguintes etapas:

- Quebra de dormência (algumas espécies);
- Hidrólise e mobilização de reservas do endosperma;
- Ativação do crescimento do embrião.

Uso comercial de giberelinas e de inibidores de sua síntese

❖ PRODUÇÃO DE FRUTOS

- UVA – Aumentar o comprimento da haste do cacho;
- MAÇÃ – Provocar o alongamento do fruto (*Delicious*), melhorando sua forma;
- CITRUS – Provocar o retardamento da senescência.

❖ PRODUÇÃO DE CERVEJA E UÍSQUE

- Durante a produção do malte, a partir de sementes de cevada, giberelinas são usadas para acelerar a degradação do amido.

A GA induz o crescimento em uvas Thompson sem

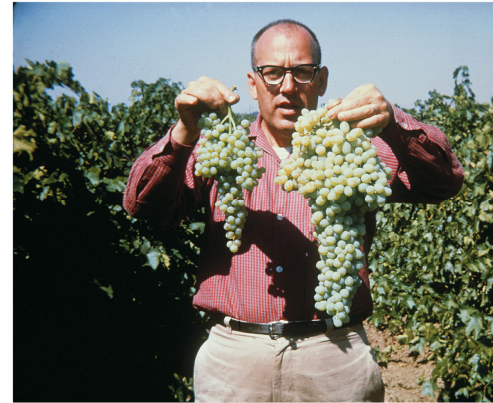


FIGURE 20.4 Gibberellin induces growth in Thompson's seedless grapes. The bunch on the left is an untreated control. The bunch on the right was sprayed with gibberellin during fruit development. (© Sylvan Wittwer/Visuals Unlimited.)

❖ AUMENTAR A PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR

- Giberelinas aumentam o tamanho dos entrenós em consequência ocorre aumento na produção de sacarose. Alguns resultados mostram que aplicação de GA induz um aumento de 20 ton/hectare na produção bruta de colmo e de 2 ton/hectare na produção de açúcar.

❖ APLICAÇÃO NO MELHORAMENTO

- Para encurtar a fase juvenil de coníferas – Pode-se obter um maior número de gerações em um menor espaço de tempo, reduzindo-se o tempo de produção de sementes, com a formação de cones em plantas muito jovens;
- Para estimular a floração de espinafre, beterraba, repolho (plantas do tipo “roseta”) e, portanto, acelerar a produção de sementes.

❖ INIBIDORES DA SÍNTESE DE GA

- Conhecidos como retardantes do crescimento, eles têm sido utilizados na agricultura, bem como no melhoramento genético, podendo ser utilizado:
 - na redução do acamamento de plantas (CCC, em trigo) e do crescimento de árvores (paclobutrazol, em girassol);
 - na tolerância a estresses ambientais (AMO-1618, em repolho, proteger de geada);
 - na indução do florescimento (paclobutrazol, em manga).

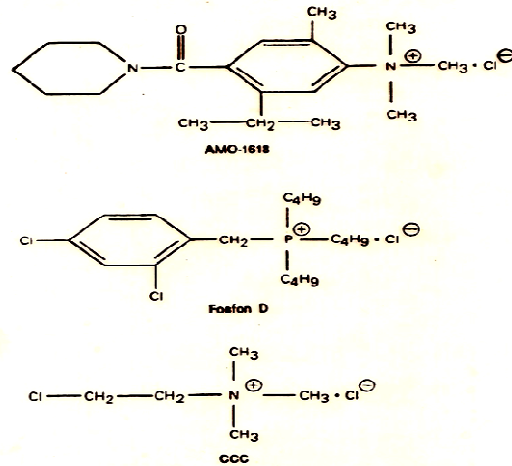


Fig. 19-4. Estructura química de los tres retardantes del crecimiento, AMO-1618, fosfon D y CCC.

Mecanismo de ação

As giberelinas são extremamente ativas na indução do crescimento do caule.

Estudos mostram que a aplicação de GA provoca tanto aumento no tamanho como no número de células, indicando que GA atua tanto no alongamento como na divisão celular na indução do crescimento.

De modo similar às auxinas, as giberelinas induzem o alongamento celular alterando as propriedades da parede celular.

Porém, diferente das auxinas, as giberelinas aumentam a extensibilidade da parede celular sem causar acidificação e após um lag time de 40 minutos (auxinas entre 10 e 12 minutos) em arroz submerso.

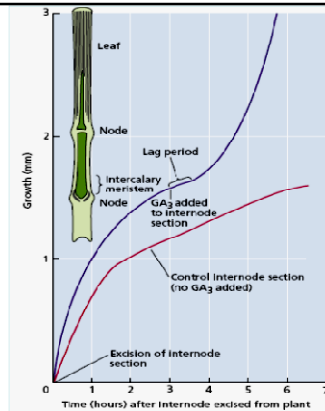


FIGURE 20.23 Continuous recording of the growth of the upper internode of deep-water rice in the presence or absence of exogenous GA₃. The control internode elongates at a constant rate after an initial growth burst during the first 2 hours after excision of the section. Addition of GA₃ after 3 hours induced a sharp increase in the growth rate after a 40-minute lag period (upper curve). The difference in the initial growth rates of the two treatments is not significant here, but reflects slight variation in experimental materials. The inset shows the internode section of the rice stem used in the experiment. The intercalary meristem just above the node responds to GA. (After Sauter and Kende 1992.)

Estudos recentes indicam que GA aumenta a extensibilidade da parede, atuando sobre a enzima XET (xiloglucano endotransglicosilase). Que age só ou aumenta a permeabilidade da parede para a difusão das expansinas.

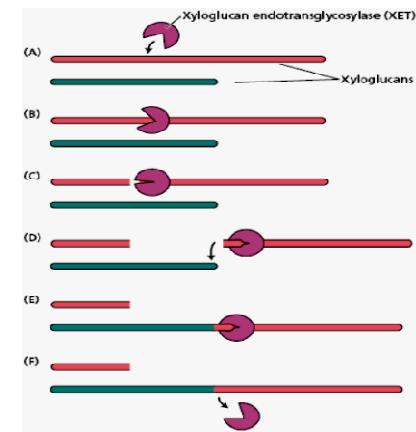
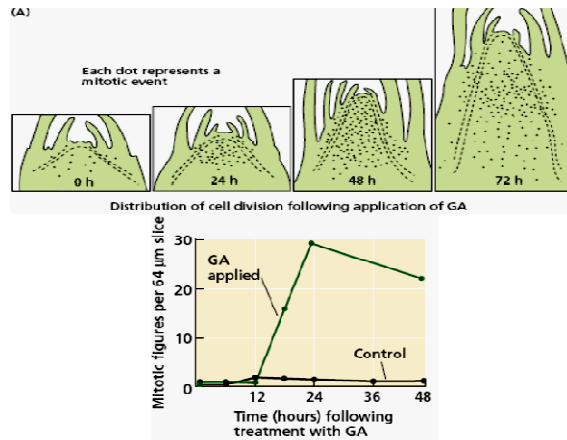
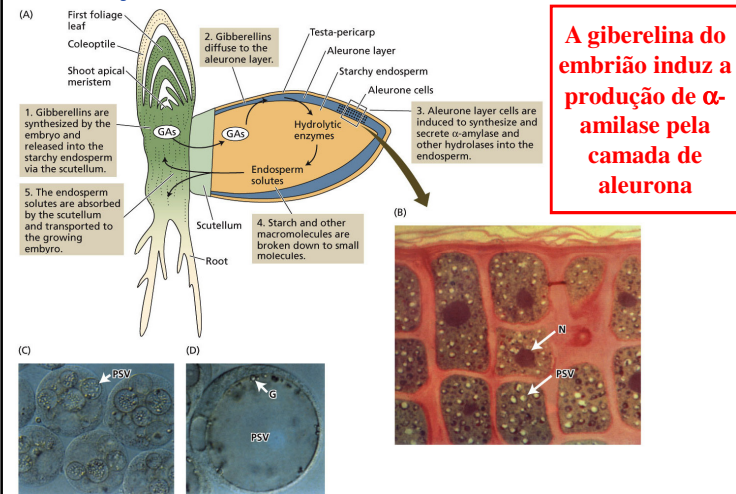


FIGURE 15.16 Action of xyloglucan endotransglycosylase (XET) to cut and stitch xyloglucan polymers into new configurations. Two xyloglucan chains are shown in (A) with two distinct patterns to emphasize their rearrangement. XET binds to the middle of one xyloglucan (B), cuts it (C), and transfers one end to the end of a second xyloglucan (D, E), resulting in one shorter and one longer xyloglucan (F). (After Smith and Fry 1991.)

Aplicação de GA em plantas em “roseta” induz o alongamento dos entrenós, **em parte por aumentar a divisão celular**



Transdução de sinal de GA: A camada de aleurona de cereais



DELLA: Asp-Glu-Leu-Leu-Ala

