

CRESCIMENTO

META

Entender o crescimento primário e secundário nas plantas.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:
identificar os processos de crescimento nas plantas.

PRÉ-REQUISITO

Conhecer noções de divisão, alongamento e diferenciação celular.



(Fonte: <http://www.flores-online.com>).

INTRODUÇÃO

Em todo organismo vivo se realizam sínteses de compostos químicos com base nos nutrientes recebidos e em fenômenos de degradação energética produzidos pelo consumo vital. Quando os primeiros, anabólicos, superam a intensidade dos segundos, catabólicos, o organismo vive um processo conhecido como de crescimento.

Chama-se crescimento todo acréscimo das dimensões (volume, altura, peso) e funções em geral de um organismo, a partir dos processos de divisão celular.

Os vegetais evolutivamente menos desenvolvidos (algas, fungos, musgos) crescem mediante mitoses não localizadas. Nas plantas superiores (vasculares), o crescimento ocorre a partir de tecidos jovens em que as unidades celulares ainda não se diferenciaram e denominam-se meristemas. O processo é determinado por fatores externos, como o clima ou a disponibilidade de nutrientes, e por fatores endógenos, como a produção de hormônios vegetais (por exemplo, auxina ou ácido giberélico).

Em todas as plantas se registra um crescimento primário longitudinal em que intervêm os meristemas situados nas extremidades de raízes e brotos. À medida que se forma um novo tecido, por divisão das células meristemáticas, as partes mais afastadas dessa zona terminal se diferenciam em tecidos especializados como o lenho ou xilema, que transporta água das raízes para as folhas, e o líber ou floema, que carrega alimentos no sentido inverso.

Em determinados vegetais, produz-se ainda um crescimento secundário em espessura, em que se geram células no sentido lateral a partir de um meristema de segunda ordem denominado câmbio, do qual existem dois tipos: o vascular e o suberígeno. O câmbio vascular, situado entre o xilema e o floema primários, produz por sua vez xilema secundário, para dentro, e floema secundário, para fora, constituído de caules e raízes.

O câmbio suberígeno, situado na periferia da estrutura vegetal, dá origem a um tecido celular chamado parênquima suberoso, para dentro e, para fora, produz súber ou felema, conjunto de células de contextura similar à da cortiça, que depositam sobre suas paredes grande quantidade de suberina e morrem. Nas regiões temperadas, os vasos do xilema formados na primavera são maiores que os do resto do ano, o que se observa a olho nu pela alternância de anéis claros e escuros no tronco das árvores. Cada par desses anéis de diferente tonalidade é interessante indicador do crescimento anual da planta.

MERISTEMAS

A organização do corpo animal é muito diferente da organização do corpo vegetal. A maior parte dessas diferenças deve ser interpretada como adaptações à nutrição autotrófica dos vegetais, em oposição à nutrição heterotrófica dos animais.

Assim, somente os vegetais possuem tecidos especializados para a fotossíntese e para a condução da seiva do solo.

Os tecidos vegetais podem ser divididos em tecidos de formação ou embrionários — meristemas — e tecidos permanentes ou diferenciados. Os tecidos permanentes são subdivididos em: tecidos de revestimento ou proteção; tecidos de assimilação e reserva; tecidos de sustentação; tecidos de condução e de secreção.

À medida que as células do embrião da planta se especializam, elas perdem gradativamente a capacidade de se dividir. Em algumas regiões da planta, porém, persistem grupos de células de estrutura simples, não diferenciadas ou não especializadas, que conservam as características embrionárias (células pequenas, com parede celular fina, muitos vacúolos pequenos etc.). Esses grupos de células — chamadas meristemas (*meris* = divisão) — encontram-se em constante divisão, promovendo o crescimento da planta e originando, por diferenciação, os outros tecidos vegetais. O meristema se divide em dois tipos: meristema primário ou apical e meristema secundário ou lateral.

MERISTEMA PRIMÁRIO

Constituindo o embrião da planta, o MERISTEMA PRIMÁRIO é responsável pelo seu desenvolvimento e crescimento em comprimento. Conforme a planta se desenvolve, a maior parte desse meristema transforma-se em outros tipos de tecido. Outra parte permanece nas extremidades da raiz e do caule promovendo o crescimento em comprimento da planta. O meristema persiste ainda ao longo do caule, nos pontos onde surgem novos ramos, folhas e flores. O meristema do caule forma pequenos brotos: as gemas apicais (na ponta do caule) e as gemas laterais ou axilares (nas ramificações do caule).

O meristema da ponta da raiz é protegido contra o atrito e micróbios por uma espécie de capacete de células: a coifa ou caliptra. As células da coifa se desgastam à medida que a raiz cresce, mas são repostas pelo meristema dessa região que, por isso, é chamado de caliptrogênio (caliptro = cobertura).

Observe que há uma diferença entre o crescimento da planta e o crescimento do pelo dos mamíferos: o pelo cresce pela base (folicúlo), onde

estão as células epiteliais vivas e em divisão; o vegetal cresce pelas pontas, onde estão os pontos com meristema.

O meristema primário, encontrado na ponta do caule e na ponta da raiz, divide - se em três regiões: a PROTODERME (ou protoderma), o PROCÂMBIO e o MERISTEMA FUNDAMENTAL.

A PROTODERME origina um tecido protetor: A EPIDERME, que reveste o vegetal.

O PROCÂMBIO vai se diferenciar nos tecidos condutores de seiva, localizados no interior da raiz e do caule: O XILEMA OU LENHO — que conduz a seiva bruta (água e sais minerais retirados do solo) — e O FLOEMA OU LÍBER — que conduz a seiva elaborada (substâncias orgânicas sintetizadas nas folhas).

O MERISTEMA FUNDAMENTAL irá produzir os demais tecidos da planta, responsáveis pela sustentação, fotossíntese, armazenamento de substâncias etc.

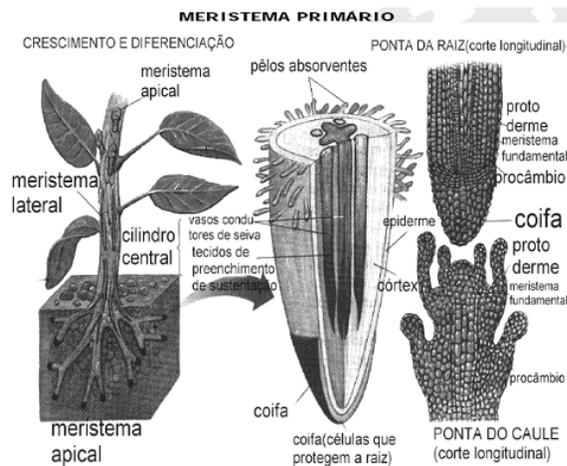


Figura 1 - A localização do Meristema Primário

Os tecidos formados pela multiplicação e diferenciação do meristema primário formam a estrutura primária da planta. Nas samambaias — plantas do grupo das pteridófitas, sem sementes e com vasos condutores de seiva — e nas plantas herbáceas (como o milho, a beterraba e a cenoura) só há meristema primário. Essas plantas crescem, portanto, apenas em comprimento. Em outras plantas, vamos encontrar também um crescimento em espessura, provocado por outro tipo de meristema, como veremos a seguir.

MERISTEMA SECUNDÁRIO

O meristema secundário é encontrado no meio dos tecidos diferenciados da raiz e do caule, sendo formado a partir de células adultas, já diferenciadas, que voltam ao estado embrionário, readquirindo a capacidade de se dividir. Esse fenômeno é chamado desdiferenciação celular.

Esse meristema é responsável pelo crescimento em espessura, sendo encon-

trado na gimnospermas (plantas com semente mas sem fruto, como o pinheiro) e nas angiospermas (plantas com flor e fruto) lenhosas (árvores e arbustos).

O meristema secundário forma-se nas regiões laterais do caule e da raiz. Na parte externa ele é chamado *felogênio*; na parte mais interna, onde estão os vasos condutores, ele é chamado *câmbio*. Na realidade, uma parte desse câmbio já estava presente, na forma de um resíduo do procâmbio, entre os vasos condutores; mas ele é complementado por células adultas, que se desdiferenciam. Dessa forma, o câmbio tem origem dupla: parte é meristema primário e parte é meristema secundário.

O felogênio e o câmbio produzem, por mitoses, células que se dirigem tanto para dentro da raiz e do caule, como para fora, em direção à superfície. Estas células se especializam em células adultas, promovendo o aumento da espessura do vegetal.

Enquanto o câmbio produz o xilema e o floema, o felogênio produz células de preenchimento e reserva — o *feloderma* — e células de proteção — o *súber* (cortiça), que vai substituir a epiderme (figura 2).

O conjunto formado pelo felogênio, feloderma e súber é chamado *periderme*.

Os tecidos derivados da multiplicação e diferenciação do meristema secundário formam a *estrutura secundária do vegetal*.

Em resumo, o meristema primário é responsável pelo crescimento em comprimento da planta — altura e profundidade —, enquanto o meristema secundário (e uma parte do primário) promove o crescimento em espessura — alargamento.

ÁRVORES SEM MERISTEMA SECUNDÁRIO

Os vegetais com flores e frutos dividem-se em dois grupos: MONOCOTILEDÔNEAS: incluindo, entre outros, o capim, o trigo, o coqueiro e a orquídea;

DICOTILEDÔNEAS: incluindo muitas flores de jardim, como girassol e margarida, além de árvores e arbustos, como tomateiro, algodoeiro, macieira, roseira, leguminosas (feijão, soja etc.), seringueira etc.

Esses dois grupos de vegetais diferem pelo número de folhas especiais — chamadas *cotilédones* —, presentes nas sementes e que têm a função de nutrir o embrião. As monocotiledôneas têm um cotilédone; as dicotiledôneas têm dois cotilédones.

A maioria das dicotiledôneas tem meristema secundário, ausente na maioria das monocotiledôneas. Somente algumas monocotiledôneas lenhosas, que formam arbustos, têm meristema secundário e podem crescer em espessura.

Um caso interessante é o das palmeiras. Elas fazem parte do grupo das monocotiledôneas lenhosas, que não possuem meristema secundário; no entanto, as palmeiras têm, geralmente, grande porte. Isto se deve ao

fato de o meristema apical produzir tecidos primários que se espalham para baixo do caule, aumentando a espessura da planta. Isso permite uma maior base de sustentação, conferindo maior altura para a planta, como é o caso da carnaubeira.



Figura 3 - Carnaubeira (Fonte: www.seagri.ce.gov).

As plantas herbáceas (mono ou dicotiledôneas) que não possuem o meristema secundário chamam-se *plantas anuais*, pois as células da raiz e do caule morrem e não são substituídas. Assim, a planta cresce e, depois de florescer, morre após um ano (dois anos, em alguns casos). As plantas herbáceas tropicais, porém, permanecem com partes subterrâneas dormentes e podem crescer novamente.

Enquanto isso, as plantas lenhosas, com meristema secundário, substituem as células mortas do caule e da raiz e sobrevivem por tempo indeterminado. Por isso, chamam-se *plantas perenes*.

O meristema secundário é responsável por uma característica dos vegetais que contrasta com os animais.

Nos animais, o crescimento é, em geral, determinado. Quando eles chegam a um certo tamanho, típico para cada espécie, param de crescer. O mesmo não ocorre com os vegetais lenhosos. Esse crescimento é indeterminado (exceto em certos órgãos, como a folha), permitindo, em muitos casos, uma longevidade que leva a uma potencial imortalidade. Este é o caso, por exemplo, de uma espécie de pinheiro (*Pinus longaeva*), que chega a durar quase cinco mil anos.

MOVIMENTOS VEGETAIS

Os movimentos dos vegetais respondem à ação de hormônios ou de fatores ambientais como substâncias químicas, luz solar ou choques mecânicos.

Estes movimentos podem ser do tipo tropismos e nastismos. Os tropismos são movimentos orientados em relação à fonte de estímulo. Estão relacionados com a ação das auxinas.

Fototropismo: Movimento orientado pela direção da luz (figura 4). Existe uma curvatura do vegetal em relação à luz, podendo ser em direção ou contrária a ela, dependendo do órgão vegetal e da concentração do hormônio auxina. O caule apresenta um fototropismo positivo, enquanto que a raiz apresenta fototropismo negativo.

Geotropismo: movimento orientado pela força da gravidade. O caule responde com geotropismo negativo e a raiz com geotropismo positivo, dependendo da concentração de auxina nestes órgãos.

Quimiotropismo: movimento orientado em relação às substâncias químicas presentes no meio.

Tigmotropismo: movimento orientado por um choque mecânico ou suporte mecânico, como acontece com as gavinhas de chuchu e maracujá que se enrolam quando entram em contato com algum suporte mecânico.



Figura 4 - Fototropismo (Fonte: www.biomania.com.br).

FOTOPERIODISMO

O fotoperiodismo é a capacidade do organismo em responder a determinado fotoperíodo, isto é, a períodos de exposição à iluminação.

Nos vegetais, o fotoperiodismo influi no fenômeno da floração e, consequentemente, no processo reprodutivo e formação dos frutos.

O florescimento do vegetal é controlado em muitas plantas pelo comprimento dos dias (período de exposição à luz) em relação aos períodos de noites (períodos de escuro).

Ao longo do ano, em regiões onde as estações (outono, inverno, primavera e verão) são bem definidas, existe variação do comprimento dos dias em relação às noites, e muitas plantas são sensíveis a estas variações, respondendo com diferentes fotoperíodos em relação à floração.

CLASSIFICAÇÃO DAS PLANTAS QUANTO AO FOTOPERÍODO

PLANTAS DE DIA LONGO



Figura 5 - Tigmotropismo (www.biomania.com.br).

São as plantas que florescem quando expostas a um fotoperíodo acima de um valor crítico, que é chamado de fotoperíodo crítico. Quando esta planta estiver exposta a um fotoperíodo menor que o seu fotoperíodo crítico, ela cresce mas não floresce.

Algumas plantas que respondem deste modo são espinafre, aveia, rabanete, entre outras. Observe a resposta de uma planta de dia longo em relação à exposição à luz (Figura 6).

PLANTAS DE DIA CURTO

São as plantas que florescem quando submetidas a fotoperíodos abaixo do seu fotoperíodo crítico. Quando expostas a fotoperíodos maiores que o seu fotoperíodo crítico, estas plantas crescem mas não florescem.

Algumas plantas que respondem deste modo são morangueiro, crisântemo, café e orquídea.

A figura 7 mostra o comportamento de uma planta de dia curto quando exposta à luz.

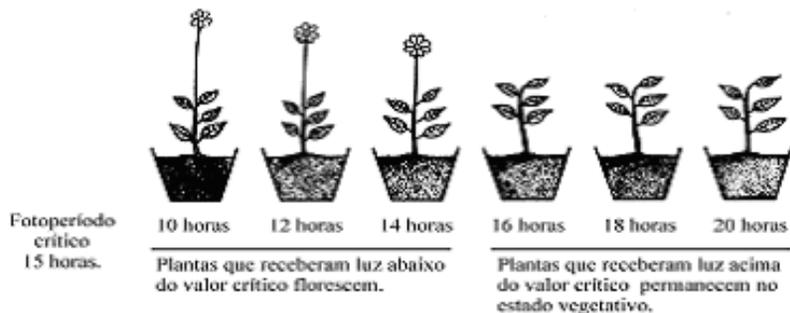


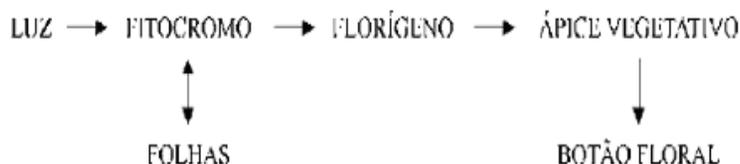
Figura 7 - Plantas de dia curto (www.biomania.com.br).

PLANTAS NEUTRAS OU INDIFERENTES

São as plantas que florescem independentemente do fotoperíodo ou que não respondem a um determinado fotoperíodo, como o tomateiro e o milho.

Pesquisas sobre as respostas das plantas a fotoperíodos mostraram que os períodos de escuro que a planta fica exposta deve ser contínuo, ao contrário dos períodos de iluminação, que não precisam ser contínuos, pois a interrupção dos períodos de escuro leva a inibição da floração do vegetal.

A resposta do vegetal à floração está relacionada com a ação de um pigmento chamado fitocromo, que é sensível à variação do comprimento do dia de iluminação desencadeando uma resposta fisiológica do vegetal para a floração conforme o esquema a seguir (Figura 8).



CONCLUSÃO

Ao final desta aula, você é capaz de entender que o crescimento nas plantas superiores ocorre em duas etapas distintas: crescimento primário (meristema primário), que ocorre em todas as monocotiledôneas, onde é verificado um aumento do alongamento dos entrenós; crescimento secundário (meristema secundário), que ocorre nas dicotiledôneas, onde além do crescimento primário (alongamento de entrenós), é também verificado um aumento de circunferência em regiões que não sofrem mais alongamento.

Abordamos, ainda, os movimentos vegetais com destaque para o fototropismo, geotropismo, quimiotropismo e tignotropismo, como fatores que influenciam diretamente o crescimento das plantas.

O fotoperiodismo é a capacidade do organismo em responder a determinado fotoperíodo, isto é, a períodos de exposição à iluminação, influenciando no fenômeno da floração e, conseqüentemente, no processo reprodutivo e formação dos frutos.

RESUMO



Nesta aula, você pode observar os mecanismos de crescimento nas plantas superiores, caracterizados pelos meristemas primário e secundário.

Os vegetais evolutivamente menos desenvolvidos (algas, fungos, musgos) crescem mediante mitoses não localizadas. Nas plantas superiores (vasculares), o crescimento ocorre a partir de tecidos jovens em que as unidades celulares ainda não se diferenciaram e denominam-se meristemas.

Constituindo o embrião da planta, o meristema primário é responsável pelo seu desenvolvimento e crescimento em comprimento. Conforme a planta se desenvolve, a maior parte desse meristema transforma-se em outros tipos de tecido. Outra parte permanece nas extremidades da raiz e do caule, promovendo o crescimento em comprimento da planta. O meristema persiste ainda ao longo do caule, nos pontos onde surgem novos ramos, folhas e flores. O meristema do caule forma pequenos brotos: as gemas apicais (na ponta do caule) e as gemas laterais ou axilares (nas ramificações do caule).

O meristema secundário é encontrado no meio dos tecidos diferenciados da raiz e do caule, sendo formado a partir de células adultas, já diferenciadas, que voltam ao estado embrionário, readquirindo a capacidade de se dividir. Esse fenômeno é chamado desdiferenciação celular. Esse meristema é responsável pelo crescimento em espessura, sendo encontrado na gimnospermas (plantas com semente mas sem fruto, como o pinheiro) e nas angiospermas (plantas com flor e fruto) lenhosas (árvores e arbustos).

Os movimentos dos vegetais respondem à ação de hormônios ou de fatores ambientais como substâncias químicas, luz solar ou choques mecânicos.

O fotoperiodismo é a capacidade do organismo em responder a determinado fotoperíodo, isto é, a períodos de exposição à iluminação. Nos vegetais o fotoperiodismo influi no fenômeno da floração e, conseqüentemente, no processo reprodutivo e de formação dos frutos.

ATIVIDADES



1. O que é meristema?
2. Cite a localização e função dos dois tipos de meristema.

COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Questão 1. É um tecido formado por células indiferenciadas, capazes de se dividir e originar outros tecidos.

Questão 2. Meristema primário: localiza-se nas extremidades do caule e da raiz; é responsável pelo crescimento vertical da planta. Meristema secundário: localiza-se no interior do caule e da raiz; é responsável pelo crescimento em espessura.

PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, iremos estudar os hormônios vegetais.



AUTOAVALIAÇÃO

1. O que você entende por meristema apical?
2. Quais os tipos de meristemas encontrados no crescimento secundário?
3. O tecido responsável pelo crescimento em espessura dos vegetais é o:
 - a) meristema primário.
 - b) meristema secundário.
 - c) parênquima.
 - d) esderênquima.
 - e) colênquima.
4. No segundo ano de vida de uma planta dicotiledônea, depois do período de descanso invernal, aparecem no caule dois meristemas que a fazem crescer em espessura. Um deles se forma entre o floema e o xilema, dando lugar para fora e lenho para dentro; o outro aparece perto da periferia, formando especialmente o súber ou a cortiça. Esses meristemas secundários são, respectivamente:
 - a) feloderma e esderênquima.
 - b) câmbio e esderênquima.
 - c) câmbio e felogênio.
 - d) felogênio e endoderma.
 - e) felogênio e câmbio.



REFERÊNCIAS

FERREIRA, L. G. R. **Fisiologia Vegetal**: relações hídricas. 1 ed. Fortaleza: Edições UFC, 1992.

HOPKINS, W. G. **Introduction to plant physiology**. 2 ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2000.

RAVEN, P. H., EVERT, R. F., EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Editora Artmed, 2004.