

HORMÔNIOS VEGETAIS

META

Estudar os efeitos dos hormônios vegetais nas plantas.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:
entender as funções e efeitos dos hormônios vegetais nas plantas.

PRÉ-REQUISITO

Conhecer noções básicas de crescimento vegetal.



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

INTRODUÇÃO

Hormônios vegetais são compostos orgânicos, não nutrientes, produzidos por plantas, geralmente em um local diferente daquele onde são usados. Tais hormônios, em baixas concentrações, regulam o crescimento e as reações fisiológicas das plantas. Recentemente, uma grande quantidade de hormônios vegetais foi sintetizada e alguns são usados comercialmente para matar ervas daninhas ou cultivar frutas.

As plantas são altamente organizadas tanto em termos de forma, quanto de função. São os hormônios vegetais que coordenam e integram os processos de crescimento das plantas e que provocam esse nível de organização. O aspecto do controle do crescimento das plantas fica particularmente evidente no estudo de tecidos vegetais. Por exemplo, se as células vivas que não perderam a capacidade de se dividir forem removidas de uma planta, retomarão o crescimento ativo se receberem nutrientes essenciais e hormônios de crescimento. Entretanto, se o equilíbrio entre os diferentes hormônios não for extremamente preciso, o resultado será o crescimento de massas tumorais de células vegetais, que parecerão ter perdido completamente o controle do seu poder de organização e de estruturação. Por outro lado, ao alterar o equilíbrio e a concentração de hormônios de plantas no meio de cultura, os cientistas podem desenvolver plantas completas, com raiz e copa e todas as suas características típicas a partir de uma única célula. Muitas das chamadas “plantas de proveta” são produzidas dessa forma.



A ação hormonal está diretamente relacionada ao desenvolvimento dos vegetais (Fonte: <http://www.brasilecola.com>).

PRINCIPAIS CLASSES DE HORMÔNIOS VEGETAIS

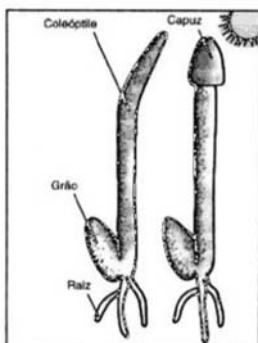
Os hormônios vegetais podem ser agrupados em diversas classes principais. Essas classes são determinadas pelas características químicas dos hormônios ou pelos efeitos que exercem sobre as plantas. Os grupos ou classes de hormônios vegetais (ou fitormônios) são divididos em cinco: Auxinas; Citocininas; Giberelinas; Acido abscísico; Etileno.

FITOHORMÔNIOS OU REGULADORES DO CRESCIMENTO

Experiências que Levaram à Descoberta dos Hormônios Vegetais

O conhecimento dos primeiros hormônios vegetais descobertos, as auxinas, deve-se a experiências realizadas por diversos pesquisadores, que podem ser resumidas no que segue:

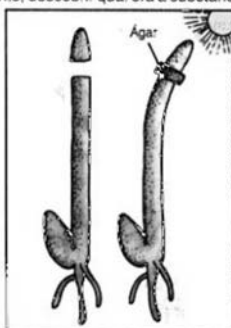
1. **Darwin** notou que, se uma plântula de alpiste recebesse luz vinda de apenas um lado, a coleóptile se curvava em direção à fonte de luz. Notou também que, se a cabeça da coleóptile fosse coberta com um papel opaco, a planta deixava de se curvar.



Darwin
(com a luz vindo de lado)

2. **Boysen-Jensen**, tentando explicar o que Darwin havia constatado, verificou que, se a cabeça da coleóptile fosse decapitada, a planta deixava de se curvar, mas que, se fosse recolocada, mesmo separada por um pe-

queno bloco de gelatina (ágar-ágar), a planta voltava a se curvar. Com isso, ele pretendeu provar que uma substância química atravessava o bloco de gelatina, provocando a curvatura nos locais abaixo. Não conseguiu, no entanto, descobrir qual era a substância.

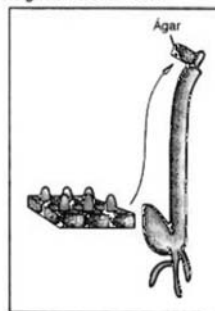


Boysen-Jensen
(com a luz vindo de lado)

3. **Pizel** verificou que a cabeça cortada da coleóptile, se recolocada apenas de um lado, mesmo no escuro, provocava uma curvatura em direção oposta. Com isso, provou que a substância acelera o crescimento do lado pelo qual ela desce, fazendo com que a planta se curve em direção oposta.



4. **Fritz Went**, finalmente, também no escuro, cortou e colocou uma porção de cabeças de coleóptiles de aveia sobre um bloco de gelatina, de modo que a substância ali se acumulasse e, analisando a gelatina, verificou que a substância ali encontrada era o ácido indol-acético, ao qual ele passou a chamar de **auxina**, termo originado da palavra grega "auxos", que significa crescimento.



Fritz Went
(no escuro)

Posteriormente, ficou demonstrado que a auxina, produzida pelo ápice das coleóptiles e das gemas terminais dos caules e ramos, se difunde para as regiões abaixo, controlando o crescimento, e que as curvaturas são devidas a uma concentração desigual do ácido indol-acético, que se concentra no lado sombreado do vegetal em maior quantidade do que no lado iluminado, causando um crescimento desigual e, por isso, as curvaturas.

Figura 1 - Experiências que levaram à descoberta dos hormônios vegetais (Fonte: www.herbario.com.br).

AUXINAS

São os compostos que provocam o alongamento nas células dos brotos de plantas. As auxinas são sintetizadas e apresentam as concentrações mais altas nas áreas meristemáticas do broto e da raiz, áreas nas quais as células se dividem rapidamente para renovar o seu crescimento. As auxinas são deslocadas por toda a planta a partir dessas áreas.

Quando aplicada externamente às extremidades de caules incisos, a auxina estimula sua formação. Em dosagens excessivas, porém, inibe a formação de raízes. Em geral, o tecido da raiz é consideravelmente mais sensível à auxina do que o tecido do caule. Portanto, as concentrações de auxina mais favoráveis para o alongamento do caule normalmente resultam na inibição do desenvolvimento da raiz.

Essa sensibilidade diferenciada faz com que as extremidades do broto das plantas apresentem um geotropismo negativo, isto é, fiquem voltadas para cima, quando colocadas em posição horizontal; nessas mesmas condições, as extremidades da raiz apresentam um geotropismo positivo, ou seja, ficam voltadas para baixo, para dentro do solo. Quando a gravidade faz com que a auxina se acumule na parte inferior do caule, as células mais baixas se alongam mais do que as de cima, fazendo com que a extremidade que está em crescimento se volte para cima. No caso da raiz, entretanto, a situação é inversa. A concentração maior de auxina na parte inferior inibe o alongamento das células naquele local, e o alongamento relativamente maior das células superiores faz com que a extremidade da raiz se volte para baixo.

EFEITOS DA AUXINA

As auxinas podem produzir diversos efeitos interessantes nos vegetais, tais como:

- 1 - são ativas em quantidades muito pequenas e, quando aplicadas em quantidades muito elevadas, podem matar o vegetal;
- 2 - como são transportadas da copa para as bases, as auxinas tendem a se concentrar nas raízes, onde se acumulam em ligeiro excesso e retardam o crescimento. No caule, ao contrário, sempre há menos hormônio do que o ideal para o crescimento. É por isso que um ligeiro acréscimo de auxina retarda o crescimento das raízes e acelera o do caule;
- 3 - as auxinas produzidas pelo óvulo fecundado provocam a transformação das paredes do ovário no fruto (figura 2);

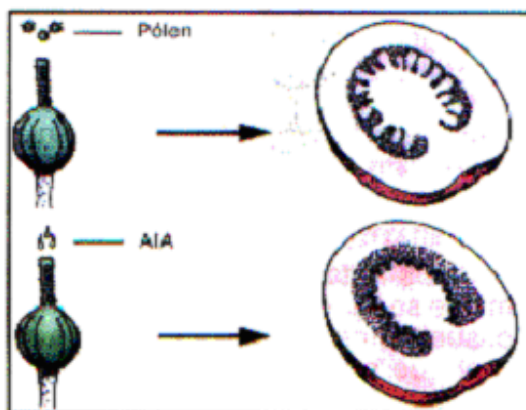


Figura 2 - Transformação das paredes do ovário no fruto pelas auxinas (www.ciagri.usp.br).

É por isso que se impedirmos a fecundação do óvulo e aplicarmos uma pequena quantidade de auxina nas paredes do ovário, obteremos frutos partenogenéticos, sem sementes.

4 - as auxinas, como já vimos, provocam as curvaturas dos vegetais causadas pela gravidade (geotropismo) e pela luz (fototropismo);

5 - os brotos que ficam na extremidade superior dos caules e dos ramos produzem auxinas que, ao descerem ao longo do caule, inibem o desenvolvimento da maioria das gemas laterais (dominância apical), impedindo que se desenvolvam formando ramos;

Se cortarmos o broto terminal do caule, parando de descer auxina, os brotos laterais se desenvolvem formando novos ramos.

6 - os frutos e as folhas possuem a camada de abscisão (figura 3), pela qual caem. Esta camada não se forma enquanto o fruto e a folha são verdes e produzem auxinas. Ao amadurecerem os frutos e as folhas, a auxina deixa de ser produzida e a camada de **abscisão** se forma e provoca a sua queda.

7 - em doses relativamente pequenas, as auxinas provocam o enraizamento de estacas, sendo, por isso, muito úteis na reprodução assexuada dos vegetais.

8 - associadas a outros produtos, as auxinas são usadas na cultura de células e tecidos vegetais, fazendo com que haja, não apenas divisão celular, como diferenciação. Este processo, denominado de “micropropagação”, permite que se faça, a partir de algumas células, a clonagem de indivíduos.



Figura 3 - Camada de Abscisão
(Fonte: www.homestead.com).

AUXINAS E REGULADORES DE CRESCIMENTO

O ácido indol-acético é a auxina natural que, produzida pelo vegetal, controla muitos de seus processos metabólicos.

Existem outros produtos, como os ácidos naftaleno-acético, indol-butírico e indol-propiónico, que têm efeitos semelhantes e que como não são naturalmente produzidos pelos vegetais não devem ser chamados de hormônios, mas de reguladores de crescimento.

GIBERELINA

A história inicial das giberelinas foi um produto exclusivo dos cientistas japoneses. Em 1926, E.Kurosawa estudava uma doença de arroz (*Oryza sativa*) denominada de doença das “plantinhas loucas”, na qual a planta crescia

rapidamente, era alta, com coloração pálida e adoentada, com tendência a cair. Kurosawa descobriu que a causa de tal doença era uma substância produzida por uma espécie de fungo, *Gibberella fujikuroi*, o qual parasitava as plântulas. A giberelina foi assim denominada e isolada em 1934. As giberelinas estão presentes possivelmente em todas as plantas, por todas as suas partes e em diferentes concentrações, sendo que as mais altas concentrações estão em sementes ainda imaturas. Mais de 78 giberelinas já foram isoladas e identificadas quimicamente. O grupo mais bem estudado é o GA3 (conhecido por ácido giberélico), que é também produzido pelo fungo *Gibberella fujikuroi*.

As giberelinas têm efeitos drásticos no alongamento dos caules e folhas de plantas intactas, através da estimulação tanto da divisão celular como do alongamento celular.

LOCAIS DE PRODUÇÃO DAS GIBERELINAS NO VEGETAL

As giberelinas são produzidas em tecidos jovens do sistema caulinar e sementes em desenvolvimento. É incerto se sua síntese ocorre também nas raízes. Após a síntese, as giberelinas são provavelmente transportadas pelo xilema e floema.

GIBERELINAS E OS MUTANTES ANÕES

Aplicando giberelina em plantas anãs, verifica-se que elas se tornam indistinguíveis das plantas de altura normal (plantas não mutantes), indicando que as plantas anãs (mutantes) são incapazes de sintetizar giberelinas e que o crescimento dos tecidos requer este regulador.

GIBERELINAS E AS SEMENTES

Em muitas espécies de plantas, incluindo o alface, o tabaco e a aveia selvagem, as giberelinas quebram a dormência das sementes, promovendo o crescimento do embrião e a emergência da plântula. Especificamente, as giberelinas estimulam o alongamento celular, fazendo com que a radícula rompa o tegumento da semente.

GIBERELINAS E DESENVOLVIMENTO DE FRUTOS

Giberelinas, assim como auxinas, podem causar o desenvolvimento de frutos partenocárpicos (sem sementes), incluindo maçã, abóbora, berinjela e groselha. A maior aplicação comercial das giberelinas é na produção de uvas para a mesa. O ácido giberélico promove a produção de frutos grandes, sem sementes, soltos entre si.

APLICAÇÕES PRÁTICAS DAS GIBERELINAS

Giberelinas podem ser usadas na quebra de dormência de sementes de várias espécies de vegetais, acelerando a germinação uniforme de plantações. Em sementes de cevada e outras gramíneas, a giberelina, produzida pelo embrião, acelera a digestão em reservas nutritivas contidas no endosperma (região rica em reservas), pois estimula a produção de enzimas hidrolíticas.

Giberelinas podem ser usadas para antecipar a produção de sementes em plantas bienais. Juntamente com as citocininas, desempenham importante papel no processo de germinação de sementes.

Giberelinas e auxinas são largamente utilizadas para a produção de frutos partenocárpicos (sem sementes). Giberelinas estimulam o florescimento de plantas de dia longo (PDL) e bienais.

CITOQUININAS

Citoquininas ou quininas é grupo de hormônios que promove a divisão celular ao invés do alongamento celular. As citoquininas surgem nas raízes das plantas e são transportadas para cima até os brotos. É possível que também se originem em algumas folhas e brotos jovens. A primeira citoquinina a ser conhecida, a cinetina, foi isolada de um animal (do ADN do sêmen do arenque). Mas outras têm ampla ocorrência em plantas e já foram isoladas e caracterizadas quimicamente.

As citoquininas parecem ser as grandes “normatizadoras” do crescimento de plantas. Têm um papel importante no desenvolvimento controlado e organizado da forma e da estrutura das plantas superiores. Quando adicionadas a culturas assépticas nas concentrações adequadas, as citoquininas provocam a diferenciação dos grupos de células que formam os tecidos que eventualmente se tornarão as diferentes partes das plantas. A descoberta desse fato na década de 1940 estabeleceu o arcabouço para sucessos experimentais posteriores. No início da década de 1960, já se criavam plantas inteiras suspensas em meios nutritivos artificiais a partir de células únicas e indiferenciadas.

Outra função importante da citoquinina é a inibição da **senescência**, isto é, do envelhecimento, principalmente em culturas de vegetais de folhas verdes. Os hormônios aumentam a retenção de algumas substâncias, tais como aminoácidos, dentro da célula. Consequentemente, tais substâncias podem retornar ao ciclo através da síntese de proteínas, que são essenciais para o crescimento e a reparação de tecidos. Desse modo, o envelhecimento, o amarelecimento e a consequente perda de qualidade mercadológica dos produtos colhidos é consideravelmente retardada. Uma citoquinina sintética, a benziladenina, está começando a ser usada experimentalmente como inibidor de senescência em muitos tipos de plantas verdes, tais como alface, brócolis e aipo.

Senescência

É o processo de *envelhecimento* dos seres vivos - quando as células deixam de se dividir para substituírem outras células que, por alguma razão, deixaram de metabolizar.

ETILENO

O etileno é o composto orgânico (endógeno ou exógeno) mais simples e, aparentemente, o único gás que participa de regulação dos processos fisiológicos das plantas. O etileno é considerado um hormônio, já que é um produto natural do metabolismo, atua em concentrações muito baixas e participa da regulação de praticamente todos os processos de desenvolvimento e crescimento das plantas.

A vantagem original do gás etileno como regulador do crescimento reside no fato de que não exige atividade metabólica para seu transporte e, em certos casos, para sua inativação. A difusão do gás é suficiente para seu transporte e para diminuir sua concentração. A maior dificuldade dos estudos com o gás etileno é que ele está geralmente presente na atmosfera, particularmente nas áreas de atividade industrial ou de trânsito intenso. Além disso, praticamente todos os compostos orgânicos liberam etileno quando são aquecidos ou oxidados.

Finalmente, as plantas sujeitas à vários tipos de estresse, como o ataque de insetos e microrganismos, o contato com substâncias tóxicas, a colocação em posição horizontal, a exposição a baixas temperaturas e a presença de potenciais de água baixos nos tecidos, produzem etileno acima dos níveis esperados em plantas normais.

ÁCIDO ABCÍSIKO

Nos períodos favoráveis à vegetação, as gemas da planta ficam em intensa atividade, dividindo constantemente as suas células e promovendo o crescimento vegetal. Nos períodos desfavoráveis, as gemas devem permanecer em repouso e protegidas, para não morrer. Foi observado que antes do período desfavorável, a planta produz hormônio ácido abscísico que é responsável pela dormência das gemas do caule e pela queda das folhas.

Os efeitos são: fechamento dos estômatos, indução do transporte de fotossintetizados das folhas para as sementes em desenvolvimento, indução da síntese de proteínas de reserva em sementes; embriogênese, que pode afetar a indução e manutenção da dormência em sementes e gemas de certas espécies.

CONCLUSÃO

Para finalizar, gostaríamos que você percebesse a importância dos hormônios vegetais como reguladores do crescimento das plantas superiores. Um hormônio é uma substância química produzida em certos tecidos do organismo e transportada para outros tecidos onde provoca uma resposta fisiológica.

O hormônio é uma substância ativa em quantidade extremamente pequena, por isso é importante que você saiba identificar as suas funções e efeitos nas plantas.

Na agricultura, a auxina e giberelina são pulverizadas nas culturas. Essas substâncias provocam a floração simultânea de plantações de abacaxi, evitam a queda prematura de laranjas e permitem a formação de uvas sem sementes. Aumentam, ainda, o tempo de armazenamento de batatas, impedindo o brotamento de suas gemas.

A utilização de hormônios vegetais como a 2,4-D (ácido diclorofenoxiacético, uma auxina sintética) que é um herbicida seletivo, é inócua para gramíneas como arroz, trigo, centeio, porém mata ervas daninhas de folhas largas como carrapichos, picões, dentes-de-leão.

RESUMO

Nesta aula você pode observar o efeito dos hormônios vegetais como substâncias reguladoras do crescimento das plantas superiores.

Os hormônios, em baixas concentrações, regulam o crescimento e as reações fisiológicas das plantas. Recentemente, uma grande quantidade de hormônios vegetais foi sintetizada e alguns são usados comercialmente para matar ervas daninhas ou cultivar frutas. Podem ser agrupados em diversas classes principais. Essas classes são determinadas pelas características químicas dos hormônios ou pelos efeitos que exercem sobre as plantas. Os grupos ou classes de hormônios vegetais (ou fitormônios) são divididos em cinco: Auxinas; Citocininas; Giberelinas; Acido abscísico; Etileno.

As auxinas são os compostos que provocam o alongamento nas células dos brotos de plantas. As auxinas são sintetizadas e apresentam as concentrações mais altas nas áreas meristemáticas do broto e da raiz, áreas nas quais as células se dividem rapidamente para renovar o seu crescimento. As auxinas são deslocadas por toda a planta a partir dessas áreas.

As giberelinas têm efeitos drásticos no alongamento dos caules e folhas de plantas intactas, através da estimulação tanto da divisão celular como do alongamento celular. Citoquininas ou quininas são grupos de hormônios que promovem a divisão celular ao invés do alongamento celular. As citoquininas surgem nas raízes das plantas e são transportadas para cima até os brotos.

O etileno é o composto orgânico (endógeno ou exógeno) mais simples e, aparentemente, o único gás que participa de regulação dos processos fisiológicos das plantas, participando de praticamente todos os processos de crescimento, desenvolvimento das plantas. O ácido abscísico é responsável pela dormência das gemas do caule e pela queda das folhas.



ATIVIDADES



As figuras I, II e III representam um experimento realizado por C. Darwin e seu filho Francis sobre o crescimento das plantas e publicado em 1881. Analise-as e julgue os itens abaixo (figura 4):

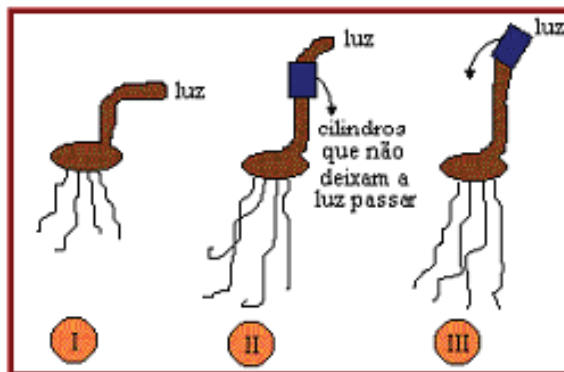


Figura 4 - Experimento de Darwin (Fonte: www.herbario.com.br).

1. É preciso iluminar a extremidade da planta para que ela cresça em direção à luz.
2. Alguma influência é transmitida da parte superior para a parte inferior da planta, provocando a sua curvatura.
3. A curvatura da planta ocorre porque o lado iluminado cresce mais do que o lado não iluminado.
4. As experiências de Darwin referem-se ao fototropismo positivo dos caules.
5. As plantas não crescem em ausência de luz.
6. A partir destes experimentos, Charles Darwin descobriu a auxina.

COMENTÁRIO SOBRES A ATIVIDADES

Questão 1. O grau segundo o qual uma planta se curva sob condições experimentais, fornece um ensaio biológico comum para a auxina. Um ensaio biológico é um método para determinar quantitativamente a concentração de uma substância pelo seu efeito sobre o crescimento de um organismo apropriado sob condições controladas.

PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, iremos estudar reprodução das plantas.





AUTOAVALIAÇÃO

1. Qual a função do ácido abscísico na planta?
2. Qual hormônio vegetal é responsável pelo amadurecimento dos frutos?
3. Quando se poda uma roseira, observa-se um rápido crescimento das gemas laterais para a formação de ramos vegetativos. Isto ocorre porque as gemas laterais:
 - a) passam a produzir menos auxinas;
 - b) intensificam a produção de etileno e giberelinas;
 - c) recebem menos citocininas;
 - d) passam a receber mais auxinas;
 - e) recebem menos auxinas.
4. quando se elimina a gema apical de uma roseira, geralmente esta:
 - a) continua a crescer normalmente para cima;
 - b) para completamente de crescer;
 - c) forma gemas laterais que regridem;
 - d) desenvolve as gemas laterais e ramifica-se;
 - e) forma uma nova gema apical em lugar da eliminada.
5. As camadas de abscisão constituem estratos de células com paredes celulares delgadas e em desintegração. A formação destas camadas leva à separação progressiva dos frutos, permitindo a sua queda. A formação destas camadas está relacionada, pelo menos em parte, com:
 - a) o desenvolvimento das gemas laterais;
 - b) a diminuição na taxa de auxinas nos frutos;
 - c) o aumento da quantidade de proteínas;
 - d) o aumento na absorção iônica pelas raízes;
 - e) a eliminação das gemas apicais do caule.

REFERÊNCIAS

- FERREIRA, L. G. R. **Fisiologia vegetal: Relações Hídricas**. 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.