

Les Phytohormones

Introduction

Le développement d'une plante est contrôlé par un système de régulation grâce à des messagers chimiques internes à la plante qu'on appelle hormones végétales ou **phytohormones**.

En plus de la coordination des événements normaux de la vie de la plante, les hormones sont aussi impliquées dans les réactions aux événements anormaux (stress), qu'ils soient biotiques (champignons, bactéries, virus, insectes, vertébrés divers,...) ou abiotiques (sécheresse, inondation, gel, tempête,...). Contrairement aux animaux, la plante ne peut pas se déplacer pour se mettre à l'abri ou chercher sa nourriture. Elle ne peut donc réagir à une situation de stress qu'en mettant en place très rapidement des réactions de défense plus ou moins efficaces par l'intermédiaire de médiateurs chimiques (phytohormones).

I. Définition de phytohormone:

« Composés chimiques d'origine endogène, synthétisés par la plante, agissant à distance, à très faibles concentrations, en réponse à une situation interne (exemple : corrélation bourgeon - bourgeon) ou à un stimulus externe (photopériode, thermopériode, chocs...), qui circulent dans la plante dans des directions déterminées vers des régions cibles précises. Ces molécules peuvent chacune, indépendamment, contrôler plusieurs facteurs (dominance apicale, dormance, croissance...) mais leur association peut être indispensable pour agir à faible dose sur un facteur donné. »

II. Principales phytohormones

A. L'auxine (AIA) : Il s'agit de l'acide indole 3 acétique ou AIA (C₁₀H₉NO₂), un acide faible qui peut facilement se dissocier. .

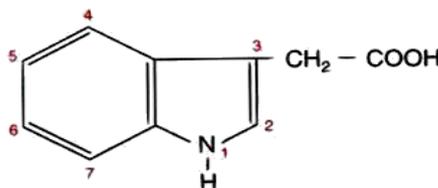
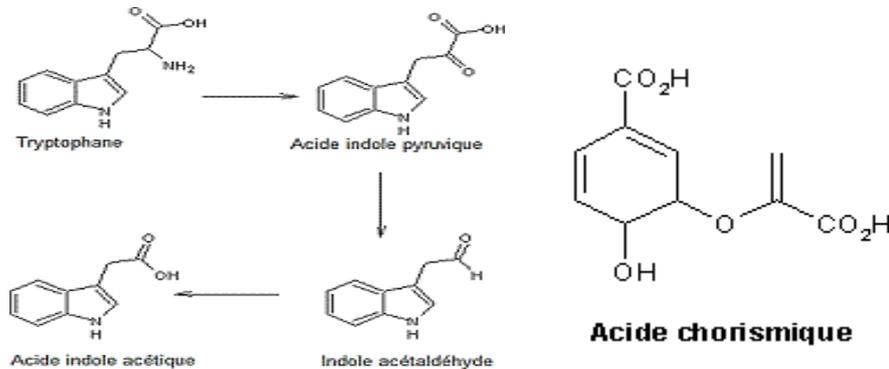


Fig 1 : Structure de l'Acide indole-3-acétique (AIA)

L'auxine est synthétisée majoritairement à partir du **tryptophane** mais aussi à partir de l'**acide chorismique** synthétisé via l'acide shikimique. Il existe d'autres voies de biosynthèse.



On trouve aussi d'autres auxines naturelles comme l'AIA. Il existe également des auxines de synthèse :

*L'acide alpha naphthalène acétique = ANA

* L'acide 2,4 dichlorophénoxyacétique = 2,4 D

L'AIA est dégradé par des AIA-oxydases ainsi que par photo-oxydation.

1. Lieux de synthèse et migration :

La synthèse de l'auxine s'effectue dans les apex des tiges, dans les méristèmes et les jeunes feuilles des bourgeons terminaux.

Des lieux de synthèse, l'auxine migre dans la plante jusque dans les racines ; L'auxine se déplace de préférence dans le phloème, mais elle peut être conduite par tous les tissus vivants.

La conduction est **polarisée c à d** qu'elle s'effectue plus dans un sens que dans l'autre, de l'apex vers la base de l'organe.

2. Dégradation de l'auxine :

Le AIA est peu stable, il se décompose à la lumière en quelques jours en présence d'oxygène ; Les longueurs d'ondes les plus favorables pour la photo-oxydation de l'AIA sont dans l'ultraviolet et le bleu (280 nm-450 nm).

3. Propriétés physiologiques :

a- Action dans le phototropisme : le phototropisme résulte d'une différence de la croissance entre la face obscure et la face éclairée, ceci est expliqué par le fait que la face

sombre d'une tige contient nettement plus d'auxine que la face éclairée. Ainsi la face sombre s'allonge davantage, puisque un taux élevé d'auxine favorise l'allongement de la tige.

La modification de la répartition d'auxine est expliquée par le fait qu'il y a photo-oxydation de l'auxine du côté le plus éclairé d'une part. D'autre part la lumière provoque une migration de l'auxine de la face éclairée vers la face obscure.

b- Action dans le géotropisme : Le géotropisme est une courbure d'organe sous l'influence de la pesanteur (force de gravitation.)

Le géotropisme est généralement positif pour les racines. Pour la racine principale, il s'agit d'un orthogéotropisme, pour les racines secondaires, il s'agit d'un plagiogéotropisme, ce qui contribue à l'extension du système racinaire et améliore la fixation.

c- Action sur la croissance cellulaire : L'auxine favorise l'élongation cellulaire de la tige pour des concentrations de 10^{-6} à 10^{-5} g/ml au-delà, l'auxine devient toxique. Par contre l'auxine est inhibitrice de la croissance racinaire.

d- Action cambio-gène : L'auxine stimule les mitoses au niveau des assises génératrices libéro-ligneuses (formation du xylème II et du phloème II).

e- Action sur le développement du péricarpe des fruits : L'ovaire après la pollinisation, secrète de l'auxine en grande quantité et déclenche la prolifération des tissus du péricarpe.

f- Action sur l'abscission (rupture de la base des pétioles ou des pédoncules, qui entraîne la chute des feuilles, des fleurs ou des fruits) : L'auxine inhibe le développement de la zone d'abscission.

g- Action sur la rhizogénèse : L'application de l'auxine provoque l'apparition de racines.

h- maintien de la dominance apicale : le bourgeon apical empêche les bourgeons axillaires de se développer, grâce à l'auxine qu'il produit.

B. Les Gibbérellines :

Elles ont été découvertes en 1926 sur un champignon Ascomycète (*Giberella fujii kurai*) du riz et dont il provoque le gigantisme. Actuellement on connaît de nombreuses gibbérellines (de GA1 à GA110) dont le plus connu est le GA₃.

1-Structure et lieu de synthèse :

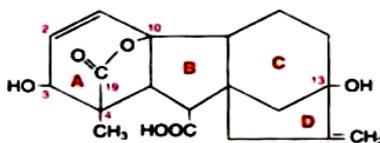


Fig 2 : Structure de l'AG3 (acide gibbérellique)

Chaque gibbérelline possède un noyau gibbane avec différentes substitutions chimiques.

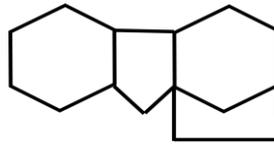


Fig 3: Noyau gibbérellane

Sa formule brute est $C_{19}H_{22}O_6$.

La synthèse s'effectue dans des régions très diverses (lieux de divisions actives). Elle est particulièrement intense dans les apex des jeunes pousses et des racines, dans les jeunes feuilles et dans l'embryon.

Les gibbérellines peuvent migrer par le phloème et par les vaisseaux ; leur circulation **n'est pas polarisée**.

2. Biosynthèse

Les gibbérellines sont synthétisées suivant la chaîne normale de biosynthèse des terpènes à partir de l'**acide mévalonique**.

3. Propriétés physiologiques :

- Allongement des entrenœuds : son action présente une synergie avec celle de l'auxine.
- **Mise en fleur** : après une application d'AG, les plantes bisannuelles fleurissent la 1^{ère} année (remplacement de la vernalisation).
- Action stimulante sur la croissance des feuilles et des fruits (obtention de fruits **parthénocarpiques** par application sur les ovaires non fécondés).
- Stimule la multiplication cellulaire au niveau des méristèmes primaires.
- **Lève la dormance** de certaines graines et bourgeons.
- Stimule dans l'embryon, la synthèse et la sécrétion d'amylase.

C. L'acide abscissique :

Découverte lors de travaux sur l'abscission d'où le nom !

Aujourd'hui conservation du nom d'acide abscissique (ABA).

C'est un sesquiterpénoïde dont la molécule comporte 15 carbones : $C_{15}H_{20}O_4$.

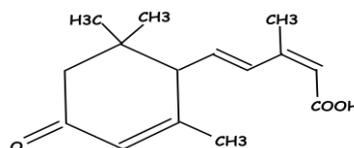


Fig 4: Structure de l'acide abscissique (ABA)

1. Biosynthèse :

Dérive des terpènes, précurseur = **acide mévalonique**

Remarque : la synthèse se fait surtout en réponse à des stress hydriques.

2. Propriétés physiologiques de l'ABA :

- Il inhibe la croissance des entre-nœuds : c'est un antagoniste des gibbérellines.
- Accélère l'abscission des feuilles et des fruits.
- Il prolonge la dormance des graines et des bourgeons, c'est pourquoi, on l'appelle aussi « dormine »
- L'ABA est une hormone de détresse ; en cas de déficit hydrique, le taux d'ABA dans les feuilles augmente, ce qui permet la fermeture des stomates.
- Dans les bourgeons, il transforme les primordii foliaires en écailles protectrices

Prépare donc les végétaux aux périodes de froid

Remarque : -processus d'urgence car rapide : fermeture des stomates en 3 min pour une concentration de 10^{-7} M.

-sa concentration augmente jusqu'à 40 fois dans les feuilles en cas de déficit hydrique (et reprend un niveau normal dès que la plante est réhydratée).

- ce régulateur est supposé responsable de la transmission du signal de stress hydrique entre racines et feuilles.

D. Les cytokinines :

La découverte de la kinétine en 1956 a conduit à la découverte d'un groupe très important de régulateurs de croissance : les cytokinines.

Maintenant plus de 30 cytokinines ont été identifiées et isolées. Elles se rencontrent dans presque tous les tissus mais particulièrement dans les graines, dans les fruits et dans les racines qui sont le principal lieu de production, elles migrent dans la **sève brute**.

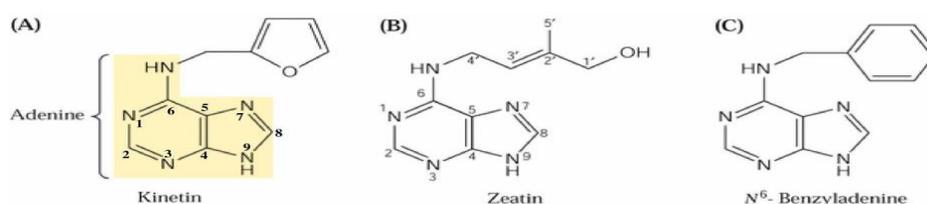


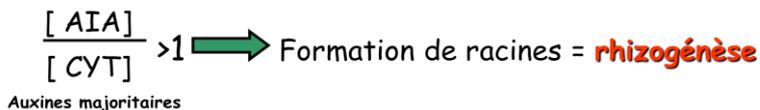
Fig 5 : Structure des cytokinines

1. Biosynthèse et dégradation :

Toutes les cytokinines sont des analogues substitués de l'**adénine**. Elles sont dégradées par une cytokinine oxydase.

2. Propriétés physiologiques :

- Elles stimulent la division cellulaire lorsqu'elles sont en présence d'auxine.
- Elles induisent la néoformation des bourgeons, mais elles limitent le développement des racines.
- Elles stimulent la transformation des proplastés en chloroplastes.
- Elles favorisent la synthèse de protéines.



L'équilibre entre ces deux régulateurs est un facteur **fondamental du développement**.

E. L'éthylène

L'éthylène, est un hydrocarbure insaturé. C'est le plus simple des alcènes. C'est un gaz incolore, volatil.

Formule brute : C_2H_4

formule semi-développée : $CH_2=CH_2$

Formule développée :

$$\begin{array}{c} H & & H \\ & \backslash & / \\ & C=C & \\ & / & \backslash \\ H & & H \end{array}$$

En 1910, on s'aperçoit qu'un fruit confiné mûrit plus vite qu'un fruit à l'air libre. On fait alors un premier rapprochement avec l'éthylène. En 1934 on découvre les voies métaboliques de

l'éthylène, et en 1960, par chromatographie en phase gazeuse, on arrive à doser l'éthylène émis par les plantes.

1. Biosynthèse

L'éthylène a pour origine la méthionine (acide aminé).

2. Propriétés physiologiques

- Maturation des fruits

L'éthylène est un catalyseur essentiel de la maturation des fruits.

- Sénescence des organes

La sénescence des organes est un processus génétiquement programmé. Un apport exogène d'éthylène entraîne une sénescence prématurée.

Les cellules des zones nécessitant une abscission répondent spécifiquement à l'éthylène. Une multitude d'enzymes **hydrolytiques** telles que des *pectinases* ou des *polygalacturonases* (qui dégradent l'acide galacturonique, un constituant de la pectine) sont alors stimulées, lysent les parois cellulaires et fragilisent la structure du végétal.