

Rôle des auxines dans le développement radiculaire

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Mémoires de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **10 (1950-1952)**

Heft 3

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

CHAPITRE VI : RÔLE DES AUXINES DANS LE DEVELOPPEMENT RADICULAIRE

A. HISTORIQUE

DOLK (1930) pense que les hormones de croissance n'agissent que sur l'élongation des membranes et sont nécessaires à la croissance du végétal. WHITE (1933), au contraire, estime que les hormones ne jouent aucun rôle dans la croissance des racines. KÖGL, HAAGEN-SMIT et ERXLEBEN (1934) montrent que les auxines inhibent le développement des racines d'*Avena*, qui s'épaississent au lieu de s'allonger. HEYN (1934) pense que les auxines agissent sur l'extensibilité et la plasticité des membranes. GAUTHERET (1935) montre que les auxines provoquent la formation de nodosités radiculaires et présentent une action rhizogène incontestable à certaines concentrations. GOUVENTAK et HELLINGA (1935) étudient le rôle des auxines dans la morphogenèse. SNOW (1935) démontre chez *Helianthus*, l'action des auxines sur le cambium. SÖDING (1936) confirme ces résultats chez les plantes ligneuses. Pour LANE (1936), les racines d'*Avena* sont inhibées par les substances de croissance. GEIGER-HUBER et BURLET (1936) observent que de très faibles concentrations de substances de croissance, ajoutées à des racines cultivées *in vitro*, peuvent accélérer la croissance des racines. BOYSEN-JENSEN (1936) constate que les racines sont très sensibles à la concentration en hormones de croissance du milieu. FIEDLER (1936) admet que les auxines ne jouent aucun rôle dans le développement des racines et insiste sur l'impossibilité d'y déceler ces hormones; il montre que des milieux de culture totalement privés de substances de croissance peuvent assurer le développement des racines. THIMANN (1936) pense au contraire que les auxines sont nécessaires, mais qu'il est difficile de les mettre en évidence dans le milieu de culture. BROWN et GARDNER (1936) attribuent aux auxines non seulement un rôle dans l'élongation cellulaire, mais aussi dans la division des cellules. BONNER (1936) insiste sur la relation entre les auxines et la respiration. ROBBINS et JACKSON (1937) étudient l'action de l'hétéroauxine sur les plantes et observent des différences très nettes entre le développement des tiges (accélération) et celui des racines (inhibition). JOST et REISS (1937) admettent qu'une adjonction d'auxines à la racine provoque une inhibition de croissance de cet organe, mais déclenche la formation prématurée de racines latérales. BURLET (1938) confirme cette thèse à propos du mésocotyle de *Zea Mays*. FISCHNICH (1938) montre que des segments de rameaux de *Populus nigra*, traités

par du b. indolylacétate de Na réagissent différemment suivant la concentration utilisée : de faibles concentrations entraînent la formation de racines, tandis que de fortes doses provoquent la naissance de bourgeons. REINDERS (1938) démontre qu'après traitement à l'auxine, les tissus végétaux absorbent plus d'eau que les témoins. MITCHELL et STUART (1939) étudient la croissance et le métabolisme des boutures de *Phaseolus* à l'aide de l'hétéroauxine. Suivant la concentration utilisée, il y aurait mobilisation plus ou moins grande de glucides et de protides vers la racine. BONNER et KOELFLI (1939), s'opposent aux conclusions de ROBBINS et JACKSON. Pour eux ces hormones agissent de la même façon sur la tige et la racine. LEVAN (1939) étudie les phénomènes cytologiques provoqués chez les racines d'*Allium Cepa* à la suite d'application de diverses substances de croissance (une polyploïdie très nette apparaît). NOIRFALISE (1939) montre que l'action de l'hétéroauxine est fortement dépendante du pH ; elle provoquerait l'arrêt de croissance du méristème terminal, mais empêcherait une activation du développement du péricycle, d'où formation accélérée de racines latérales. CAVAUDAN (1939) étudie la tuméfaction des racines par les substances modificatrices de la caryocinèse. AMLONG (1939) montre que des radicules décapitées de *Vicia Faba*, trempées pendant dix minutes dans des solutions auxiniques ont un développement variable selon que la concentration est faible (activation) ou forte (inhibition). MOUREAU (1939) pense que l'hétéroauxine, à forte concentration, hâte l'évolution du cambium et augmente son activité génératrice. Il admet en outre l'existence d'un facteur spécial encore inconnu qui orienterait la différenciation cellulaire. ADDICOOT et DEVIRIAN (1939) insistent sur l'importance de l'acide nicotinique et des vitamines B₁ et B₆ sur la croissance de racines isolées. BONNER et DEVIRIAN (1939) tentent d'établir les relations qui existent entre ces corps et les hormones de croissance. HWANG et PEARSE (1940) montrent l'action de l'hétéroauxine sur des graines de *Vicia* et d'*Avena* et l'importance du traitement auxinique sur le développement des racines. AMLONG et NAUNDORF (1941) plongent des racines de *Vicia* pendant un certain temps dans des solutions de substances de croissance et observent une formation rapide de racines latérales. Ces auteurs sont amenés à comparer l'action de ces corps avec celle de l'acide ascorbique et la vitamine B₁. WURGLER (1942) étudie la croissance des racines de *Zea Mays in vitro* en milieux organiques et compare l'action de diverses substances de croissance en présence ou absence de glucides. MEITES (1943) à propos des racines de *Lupinus* et *Allium*, pense que les auxines en faibles doses exciteraient la division cellulaire, tandis qu'en fortes doses elles bloqueraient les processus de division et déclencheraient les phénomènes de différenciation. COMMONER, FOGEL et MULLER (1943) reprennent les travaux de REINDERS et montrent qu'un traitement auxinique entraîne une élévation de l'absorption de l'eau par les tissus. BERGER et AVERY (1943), en étudiant une deshydrogénase de la coléoptile, apportent une preuve solide aux travaux de BONNER. VAN OVERBEEK (1944) attribue aux auxines le pouvoir d'élever les échanges d'eau dans les tissus et

confirme les travaux précédents. DUHAMET (1945) poursuit son étude de l'action de l'hétéroauxine et de la colchicine sur la croissance des racines. PILET (1949) montre à propos de *Thuja* l'action de certaines substances sur la rhizogenèse et poursuit ses recherches sur *Salvinia* (1949) et sur les feuilles de *Ramonda* (1950). Le rôle de l'hétéroauxine dans l'élongation cellulaire est précisé dans ses travaux sur le géotropisme des étamines d'*Hosta caerulea* (1949-50). BURSTROM (1949) aborde le problème de l'assimilation des nitrates par des racines à la suite d'un traitement auxinique. STENLID (1949) étudie la variation de la respiration des racines en relation avec l'application d'auxines sur ces organes. GALSTON (1949) montre que l'acide nicotinique augmente le pouvoir rhizogène de l'hétéroauxine. SLANKIS (1950) étudie le bourgeonnement des racines cultivées *in vitro* sous l'action de substances de croissance. BURSTROM (1950) s'occupe avec WILSKE du rôle inhibiteur de l'acide triphénoxyacétique et de ses dérivés sur le développement des racines d'*Avena*. GOODWIN et TARES (1950) étudient systématiquement l'action de la coumarine et de ses dérivés sur la croissance des racines. TORREY (1950) suit le développement des racines *in vitro* en présence d'hétéroauxine. WARMKE (1950) cherche à préciser l'action des auxines à diverses concentrations sur l'orientation morphogénétique des racines.

B. BUT DE CETTE ETUDE

L'historique qui précède a mis en évidence le rôle multiple attribué par les physiologistes aux auxines. Il convenait de reprendre systématiquement ce problème et d'essayer de mettre au point une théorie concernant l'action de ces hormones et des substances de croissance en relation avec le développement des racines de *Lens* et les résultats obtenus plus haut.

J'ai toujours adopté dans ce travail une convention simple et fort usitée qui consiste à désigner par le terme d'hormones de croissance les corps fabriqués par le végétal et qui agissent sur celui-ci en faible quantité. Ce sont les auxines a et b, et l'hétéroauxine. Par contre, j'appelle substances de croissance les produits synthétisés au laboratoire, qui possèdent les mêmes propriétés que les substances précédentes, sans avoir nécessairement la même constitution chimique. Ce sont, par exemple, l'acide a.naphtylacétique, l'acide a.naphtylpropionique, l'acide a.naphtylbutyrique, l'acide 2.4 dichlorophénoxyacétique et leurs très nombreux dérivés.

C. ROLE DES HORMONES DE CROISSANCE

En étudiant la croissance des racines, deux points intéressants ont été signalés (chap. I, E. 1).

1. La vitesse d'allongement des racines est faible au début de la germination, mais elle augmente rapidement, passe par une valeur maxima pour décroître ensuite.

2. Cette vitesse de croissance dépend aussi de la région considérée. Ainsi le méristème se développe plus rapidement (pour de jeunes racines en tout cas) que le reste de la racine.

Ces deux observations, classiques depuis les recherches de SACHS, peuvent être aisément interprétées. En effet, une jeune racine possède peu d'auxines et sa croissance est faible ; quand la concentration des hormones s'élève, la vitesse de développement augmente, mais le taux en auxines devient bientôt trop fort, et la racine entre en période d'inhibition. En outre, pour de jeunes racines, c'est au niveau du méristème que le taux en auxines est le plus élevé, c'est donc là que la croissance doit être la plus forte.

En faisant varier par des opérations diverses (éclaircissement, suppression des sources auxiniques, etc.) la concentration des hormones radiculaires, on modifie la croissance des racines. Il va sans dire que ces changements dépendent uniquement de la concentration en auxines des racines, leur sens sera donc différent, voire même opposé, si le matériel n'a pas le même âge. Voilà donc expliquée une partie des contradictions nombreuses qu'on trouve dans les travaux cités.

D. ROLE DES SUBSTANCES DE CROISSANCE

1. Introduction.

On ne peut comprendre le rôle exact des substances de croissance dans le développement des racines si l'on ne connaît pas celui des hormones de croissance que nous venons de préciser. En effet, suivant l'âge de la racine (par conséquent suivant l'importance de sa teneur en auxines), la réponse de ces organes à un traitement par des substances de croissance sera toute différente. De nombreux essais ont été entrepris à l'aide de substances de croissance diverses¹. Dans cette étude seules seront citées les expériences qui utilisent un sel de l'hétéroauxine (le b. indolylacétate de K; PM : 213; en solution aqueuse et dont la concentration sera donnée en Mol. BIAK).

Trois groupes d'essais ont été réalisés.

1. Les racines sont traitées et on observe leurs réactions.
2. Les feuilles sont traitées et on étudie le développement des racines.
3. Les graines sont traitées et on étudie le développement des racines.

¹ Je tiens à remercier, pour les renseignements et les substances qu'elles ont bien voulu me faire parvenir, les maisons D^r Maag, S. A., Dielsdorf; Hoffmann-La Roche, S. A., Bâle; Plant Products Corporation, Bruxelles; Grandjon Saint-Marcel, Marseille et la Société de produits chimiques S. P. I. C., Beaucaire.

2. Traitement des racines.

Les racines sont cultivées dans de la sciure humide. Lorsqu'elles se sont développées pendant un certain temps (1, 6, 12 jours) on ajoute au milieu de culture la substance indiquée plus haut en concentration connue.

A. RACINES TRAITÉES A L'AGE D'UN JOUR.

Un jour après le départ de la germination, les racines sont aspergées par 500 cc de b. indolylacétate de K pour 100 racines placées sur de la sciure humide (surface : 300 cm² ; épaisseur : 3 cm). L'allongement de chaque racine est alors déterminé jour après jour.

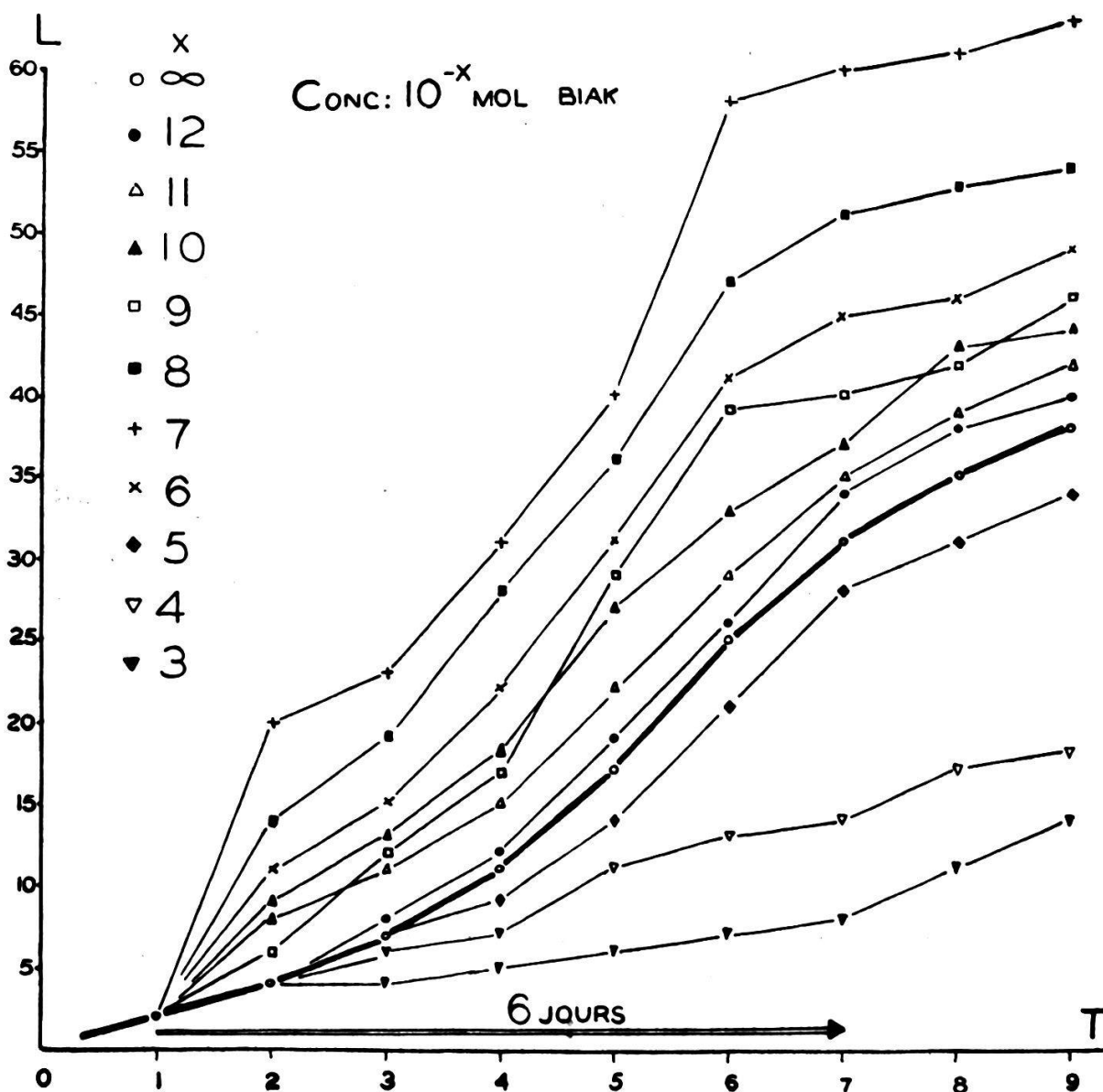


FIG. 19.

T. Durée des essais en jours. L. Allongement des racines traitées en mm. Les concentrations de b. indolylacétate de K utilisées sont indiquées en puissance négative de 10 (Mol. BIAK).

L'examen de la fig. 19 montre que :

1. les concentrations 10^{-12} à 10^{-6} Mol. BIAK/litre activent le développement des racines ;
2. la concentration 10^{-7} Mol. BIAK/litre est la plus favorable ; elle entraîne l'accélération maxima ;
3. les concentrations supérieures à 10^{-5} Mol. BIAK/litre inhibent la croissance des racines.

B. RACINES TRAITÉES A L'AGE DE 6 JOURS.

Six jours après le départ de la germination, les racines sont traitées dans les mêmes conditions que précédemment. Les

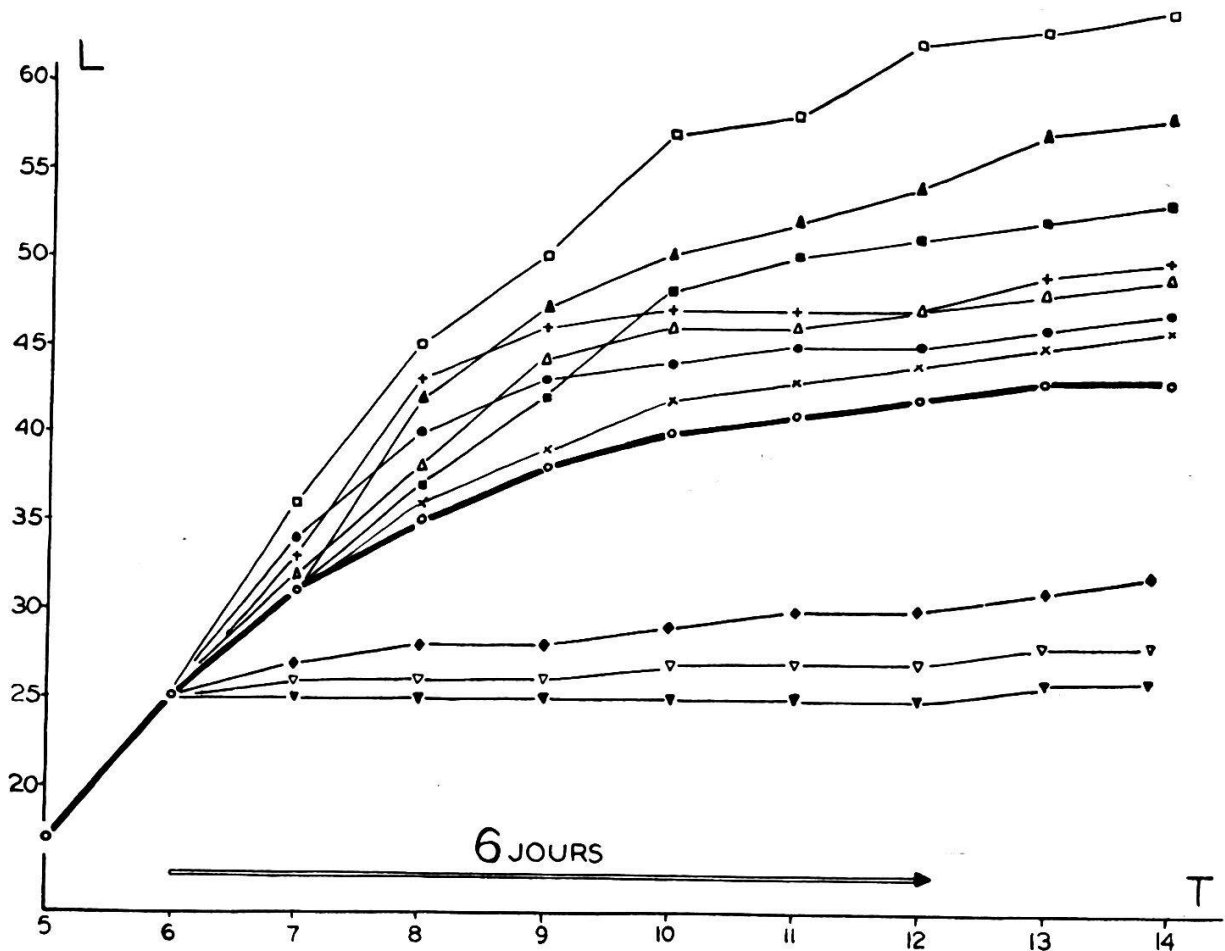


FIG. 20. — Voir la légende de la fig. 19.

conclusions suivantes peuvent être tirées du graphique (fig. 20) :

1. les concentrations 10^{-12} à 10^{-6} Mol. BIAK/litre, activent le développement des racines ;
2. la concentration 10^{-9} Mol. BIAK/litre est la plus favorable ; elle entraîne une accélération maxima ;
3. les concentrations supérieures à 10^{-5} Mol. BIAK/litre inhibent la croissance des racines.

C. RACINES TRAITÉES A L'AGE DE 12 JOURS.

Douze jours après le départ de la germination, les racines sont traitées comme avant.

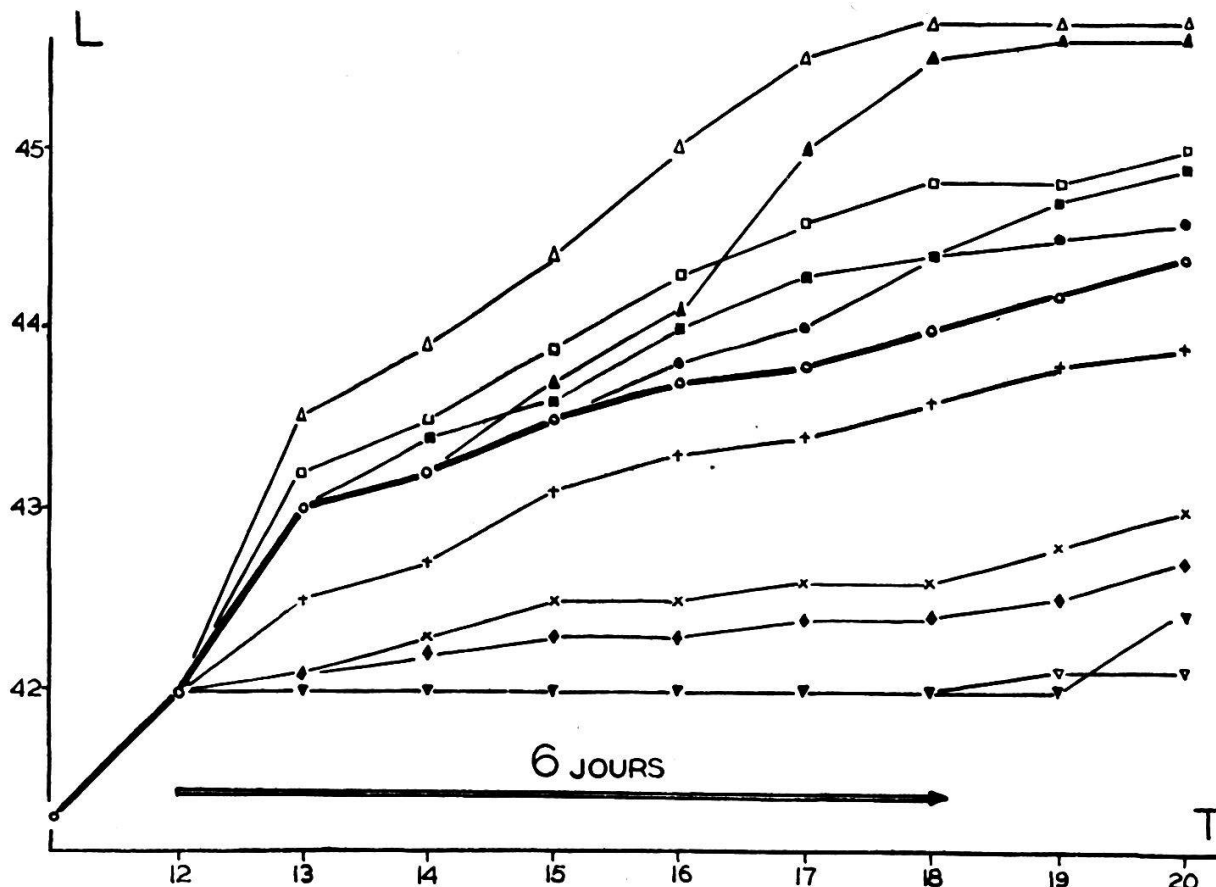


Fig. 21. — Voir la légende de la fig. 19.

L'examen de la fig. 21 montre que :

1. les concentrations 10^{-12} à 10^{-9} Mol. BIAK/litre activent le développement des racines ;
2. la concentration 10^{-11} Mol. BIAK/litre est la plus favorable ; elle entraîne une accélération maxima ;
3. les concentrations supérieures à 10^{-8} Mol. BIAK/litre inhibent le développement des racines.

D. COMPARAISON DES MESURES PRÉCÉDENTES :
NOUVEAU TEST QUANTITATIF.

Il s'agit de comparer l'action du b.indolylacétate de K, à concentration variable, sur les racines de *Lens*, suivant le moment du traitement. On peut adopter une représentation

graphique commode qui rapporte les variations d'allongement des racines en fonction du témoin (conc : $10^{-\infty}$ Mol. BIAK) et pour une durée déterminée de l'essai (6 jours par exemple).

Les formules suivantes ont été utilisées pour construire les courbes de la figure 22.

$$1. \quad p \text{ (en \%)} = 100 \cdot \frac{(Z - T)}{T}$$

$$2. \quad Z = L_A - L_B$$

Z, T, L_B et L_A sont exprimés en cm ; p exprime le degré d'activation (positif) ou d'inhibition (négatif) de la croissance des racines, rapporté à celui du témoin ($p = 0$). T représente la variation de croissance de racines non traitées (témoins) entre le jour du traitement (A) et 6 jours après (B), tandis que Z exprime cette même variation pour des racines traitées. Ainsi pour calculer Z il suffira (formule 2) de soustraire de la longueur de la racine traitée à l'âge de 6 jours (B) la longueur de la racine au moment du traitement (A).

L'application de ces formules pour les cas observés (fig. 19, 20 et 21) donne la fig. 22.

D'où les conclusions suivantes :

1. la croissance varie suivant la concentration du b. indolyl-acétate de K utilisée. A faibles doses, elle s'accélère; à fortes doses, elle diminue ;

2. l'accélération maxima de croissance varie suivant l'âge des racines. Pour des racines d'un jour, elle correspond à une concentration de 10^{-7} Mol. BIAK, pour des racines de 6 jours, elle est de 10^{-9} Mol. BIAK, enfin pour des racines de 12 jours, elle vaut 10^{-11} Mol. BIAK ;

3. il faut plus d'auxines pour inhiber une jeune racine qu'une racine plus âgée. Ainsi l'inhibition commence pour des racines d'un jour autour de 10^{-5} Mol. BIAK, pour des racines de 6 jours autour de 10^{-6} et pour des racines de 12 jours autour de 10^{-8} Mol. BIAK ;

4. on peut dire qu'une racine est d'autant plus sensible à des doses auxiniques faibles qu'elle est plus âgée; il est facile¹ d'interpréter ces observations lorsqu'on sait qu'une jeune racine

¹ Il va sans dire que cette interprétation n'est pas la seule. L'intervention des auxines dans le métabolisme cellulaire étant actuellement plus ou moins prouvée, il est normal de penser que son importance complique sensiblement le problème présenté.

qui a peu d'auxines, sera moins rapidement inhibée qu'une racine âgée si on la traite par une substance de croissance.

5. La correspondance entre le rôle des auxines et celui des substances de croissance est donc prouvée.

6. Le comportement caractéristique des racines vis-à-vis des substances de croissance permet d'utiliser ces organes comme tests quantitatifs. En effet, si l'on connaît l'âge de la racine, on peut déterminer la concentration de b. indolylacétate de K

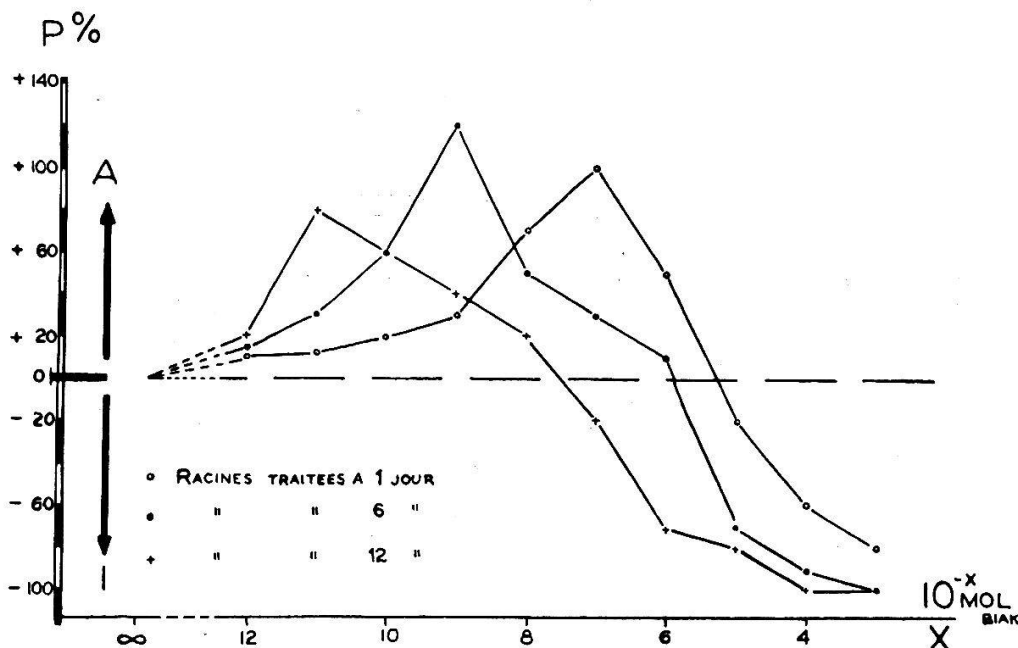


FIG. 22.

X. Puissance négative de 10 de b. indolylacétate de K (Mol. BIAK).
P. % d'accélération (A) ou d'inhibition (I) de croissance.

provoquant une accélération ou une inhibition de l'organe étudié. Si l'on connaît la concentration de la substance, on peut évaluer l'âge approximatif de la racine employée.

3. Traitement des feuilles.

Des essais nombreux, réalisés au jardin botanique¹ ont montré :

- l'inhibition d'allongement de la racine si les feuilles sont aspergées de substances de croissance ;
- l'apparition hâtive de racines adventives ;
- le ralentissement de la croissance fréquemment accompagné d'un accroissement latéral et d'un éclatement de la racine.

¹ Je tiens à remercier M. H. Michel, chef-jardinier au jardin botanique de notre Institut, qui s'est occupé avec beaucoup de soin, pendant près de cinq ans, de mes essais en plein air.

Ces essais confirment la thèse précédemment développée. Les résultats seront repris à l'occasion d'une autre publication.

4. Traitement des graines.

Les essais réalisés sur les graines sont moins concluants que ceux entrepris sur les feuilles. Il semble pourtant que les graines traitées germeront plus rapidement que les témoins, les racines prendront plus vite une direction géotropiquement positive, mais elles grandiront moins vite et seront très tôt dépassées par les racines témoins.

Des essais encore en cours seront publiés ailleurs.

E. CONCLUSION

Cette étude sommaire sur le rôle des hormones et des substances de croissance à propos du développement des racines de *Lens* a permis de confirmer très exactement les résultats présentés plus haut. Quelques points essentiels obtenus dans ce chapitre peuvent être retenus.

1. Les hormones de croissance président au développement des racines. Le problème de leur concentration est essentiel; à faibles doses, elles sont nettement activatrices, à fortes doses elles provoquent l'inhibition du développement.

2. Le taux des auxines change avec l'âge et par conséquent avec la longueur de la racine, ce qui explique les variations dans le développement de ces organes.

3. Cette remarque importante explique les contradictions présentées par les physiologistes qui se sont adressés à un matériel d'âge différent.

4. Les substances de croissance présentent les mêmes propriétés générales que les auxines, mais il est difficile d'étudier systématiquement leur action, puisqu'elle s'ajoute à celle des hormones présentes dans l'organe.

5. Suivant la dose des substances de croissance utilisées et suivant l'âge de la racine (par conséquent la teneur en auxines de l'organe), la réponse de celle-ci au traitement sera fort variable.

6. La réaction de croissance de ces racines convenablement étudiée (détermination de la réaction suivant la concentration et l'âge de la racine) permet d'envisager cette méthode comme test quantitatif nouveau.

7. Les résultats obtenus en appliquant des substances de croissance sur les feuilles de *Lens*, confirment les essais précé-

dents. Les racines sont toujours inhibées quelles que soient les concentrations utilisées. Il est facile d'expliquer ce phénomène puisque les feuilles apparaissent au moment où les racines sont déjà parfaitement formées et contiennent par conséquent une dose déjà susoptimale d'auxines. Ces essais seront poursuivis.

8. En traitant la graine, la germination paraît accrue, l'orientation géotropique de la racine avancée, mais d'autres essais sont encore nécessaires pour qu'il soit permis de tirer des conclusions plus précises.

RÉSUMÉ (fig. 23).

Avant d'aborder le problème des auxines radiculaires, le développement des racines de *Lens* et des coléoptiles d'*Avena* a été systématiquement étudié. Quelques méthodes particulières de culture et quelques techniques de dosage des auxines ont été décrites. L'allongement des racines, d'abord faible, augmente rapidement au bout de deux jours de germination, pour diminuer ensuite (peu d'auxines au début, trop à la fin). La vitesse de croissance augmente avec la température (jusqu'à 25° C) et avec l'humidité (jusqu'à 85 %). La lumière entraîne une inhibition de développement pour des racines jeunes (5 mm) et une accélération pour des racines âgées (20 mm). En détruisant (ou inactivant) les auxines, la lumière fait varier leur concentration (la dose inhibitrice devient accélératrice). La courbe de croissance des coléoptiles est voisine de celle des racines.

L'étude de la teneur en auxines des racines a été abordée par trois méthodes.

1. a) L'extrémité de la racine est placée directement sur la coléoptile décapitée, et on détermine l'angle de courbure de celle-ci.

b) Elle est placée sur un bloc d'agar qui est ensuite déposé sur le test *Avena*, la courbure indique la concentration des auxines diffusées.

2. Les auxines radiculaires sont extraites par le chloroforme et dosées ensuite à l'aide du test *Avena*. A ce propos une unité nouvelle a été utilisée, le Mol. ABIA (v. p. 160).

3. La racine décapitée a été utilisée seule, ce test nouveau a donné d'excellents résultats.

Ces recherches ont montré que la teneur en auxines des racines change avec l'âge : une jeune racine possède moins d'auxines qu'une racine plus âgée qui en a trop (dose susoptimale). La concentration des hormones de croissance varie en outre suivant les niveaux de la racine ; elle est maxima dans le méristème. Enfin des racines éclairées possèdent moins d'auxines que des racines