Zeitschrift: Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse

Herausgeber: Schweizerische Botanische Gesellschaft

Band: 83 (1973)

Heft: 4

Artikel: Action des lumières rouge et infra-rouge sur l'activité peroxydasique des feuilles d'épinards avant et apres l'induction florale

Autor: Penel, C. / Greppin, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-58452

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 17.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Ber. Schweiz. Bot. Ges. *83* (4), 253–261 (1973)

Action des lumières rouge et infra-rouge sur l'activité peroxydasique des feuilles d'épinards avant et après l'induction florale

C. Penel et *H. Greppin*

Laboratoire de Physiologie végétale
Université de Genève

Manuscrit reçu le 23 juillet 1973

Chez l'épinard la floraison est sous le contrôle de la photopériode (plante de jours longs). Les différentes phases de l'induction florale, mécanisme complexe, peuvent être schématisées de la façon suivante:

1. Induction photopériodique et synthèse du „stimulus floral" faisant intervenir, outre des réactions photochimiques liées au phytochrome et à la photosynthèse, un mécanisme de mesure du temps.
2. Translocation du „stimulus floral" de la feuille au méristème apical végétatif.
3. Déclenchement dans ce dernier de l'évocation florale (Evans, 1969) qui sera suivi de la différenciation florale (floraison).

Dans un processus aussi compliqué, et dont la nature nous est d'ailleurs très mal connue, il nous a paru utile, dans une première approche, de nous contenter de rechercher les événements primaires liés, d'une part à l'induction photopériodique dans la feuille, d'autre part à l'évocation florale dans le méristème apical de la tige (détection du „stimulus floral" issu de la feuille induite), considérant la plante comme une boîte noire ayant une logique de fonctionnement floral inaccessible pour le moment. En effet, on ne peut pas affirmer actuellement que les recherches sur le „stimulus floral" aient donné des résultats très satisfaisants.

On considère que le métabolisme des acides nucléiques est la cible du „stimulus floral" (noyaux, nucléoles et ribosomes) dans le méristème caulinaire (Bernier et al., 1970). Dans le cas de l'épinard, ce critère n'est pas suffissant pour détecter à coup sûr l'état induit (Auderset et Greppin, 1972; Auderset, 1974).

En revanche, l'examen ultrastructural au niveau du méristème du degré de différenciation des plastides et des mitochondries de même que son évolution chronotopologique permet avec plus de sûreté et plus précocement de mettre en évidence l'apparition de l'évocation florale (18 heures après le transfert de jours

courts de 8 heures en lumière continue). La modulation des acides nucléiques caractéristique de l'induction apparaît plus tardivement (environ 40 heures après le transfert).

Dès cinq semaines de culture en jours courts (8 heures de lumière), certains épinards commencent à être évoqués. Après deux mois, ils le sont pratiquement tous. Toutefois la présence de substances inhibitrices produites en jours courts empêche, sauf pour quelques plantes, la différenciation florale.

Des remaniements importants sont observés dans l'organisation des différents territoires de l'apex lors de l'évocation florale (Nougarède, 1967). Dans une optique fonctionelle, il nous paraît logique que les appareils transformateurs d'énergie (plastes, mitochondries, etc...) soient modifiés (18 heures), préalablement à l'organisation de la circulation de l'information du méristème floral qui y fait suite (40 heures). La régulation entre la demande génétique (information) et l'offre du milieu (énergie, substrat) se fait par l'intermédiaire des appareils transformateurs d'énergie (modification quantitatives et qualitatives) qui permettent les investissements commandés par l'information génétique (Greppin et Gouda, 1972).

Que se passe-t-il dans la feuille lors de l'induction photopériodique? Quels sont les événements métaboliques et structuraux qui sont spécifiquement initiés? Nous avons pu mettre en évidence, par photostimulation spectrale, des modifications du potentiel bioélectrique de la feuille spécifiquement liées à l'état induit (Greppin et al., 1973). D'autre part nous avons observé des modifications importantes au niveau des chloroplastes (Bonzon et Greppin, 1972) et des peroxydases (Penel et Greppin, 1972).

La mesure de la variation de l'activité des peroxydases basiques sous l'action des lumières rouge et infra-rouge nous permet de détecter dans une feuille l'apparition de l'état induit.

Matériel et méthodes

Des épinards (*Spinacia oleracea*, var. Nobel) sont cultivés en jours de huit heures (lumière: 8 h – 16 h; obscurité 16 h – 8 h), pendant quatre semaines (plantes de JC), ou en lumière continue continue, pendant trois semaines (plantes de JL) dans des conditions déjà décrites (Penel et Greppin, 1972).

Les peroxydases basiques sont extraites des quatre premières feuilles. Trois à quatre plantes sont utilisées par extrait (trois essais au moins par expérience). Les expériences ont été répétées deux à cinq fois selon les cas.

Les feuilles sont broyées au moyen d'un Ultra-Turrax dans une solution de carbonate de Na 0,05 M et de chlorure de Na 0,05 M (4 ml par gramme de poids frais). Chaque extrait est filtré et centrifugé à 10.000 g pendant quinze minutes. Quatre ml sont ensuite versés dans quatorze ml de Na_2HPO_4 0,1 M contenant une quantité standard de CM Sephadex C50. Le pH final est de 8,5. Après agitation, l'échangeur d'ions est filtré, lavé soigneusement et mis en suspension dans deux ml de chlorure de Na M. Toutes ces opérations sont effectuées à 4°C en lumière verte.

Les peroxydases sont dosées par l'oxydation du gaïacol en présence d'H_2O_2 (mesure à 470 nm); les protéines par la méthode de Lowry modifiée par Hartree (1972). L'activité des peroxydases basiques est exprimée en DO à 470 nm par mg de protéines basiques.

La source d'infra-rouge (IR) employée est une lampe à incandescence Philips E27 typ 13372 E/479. Le rayonnement rouge émis par cette lampe est arrêté par un filtre en plexiglas bleu. Les plantes reçoivent 70 ergs/sec./cm^2 à 730 nm. La source de lumière rouge (R) est un tube fluorescent Philips TL 20 W/15 (70 ergs/sec./cm^2 à 660 nm).

L'acétylcholine est administrée aux plantes par vaporisation sur les feuilles (2 ml par plante d'une solution 10^{-4} M, fraîchement préparée). Il en est de même pour le DCMU (Dichlorophényldiméthylurée).

Résultats

L'exposition d'épinards de jours longs à diverses durées de lumière infra-rouge provoque une diminution immédiate de l'activité des peroxydases basiques. Il y a ensuite, pour des temps variables selon le stade de développement de la plante, une augmentation de l'activité (Fig. 1).

Les plantes de jours courts ne présentent pas de diminution initiale de l'activité des peroxydases basiques sous l'action du traitement IR. En revanche, il s'instaure rapidement un régime d'oscillations qui se retrouve partiellement chez les épinards de jours longs (rythme atténué).

Dans les conditions normales de culture, nous observons chez les plantes de jours courts une activité peroxydasique rythmée (3 périodes distinctes: 24 heures, 90 minutes et 1 minute).

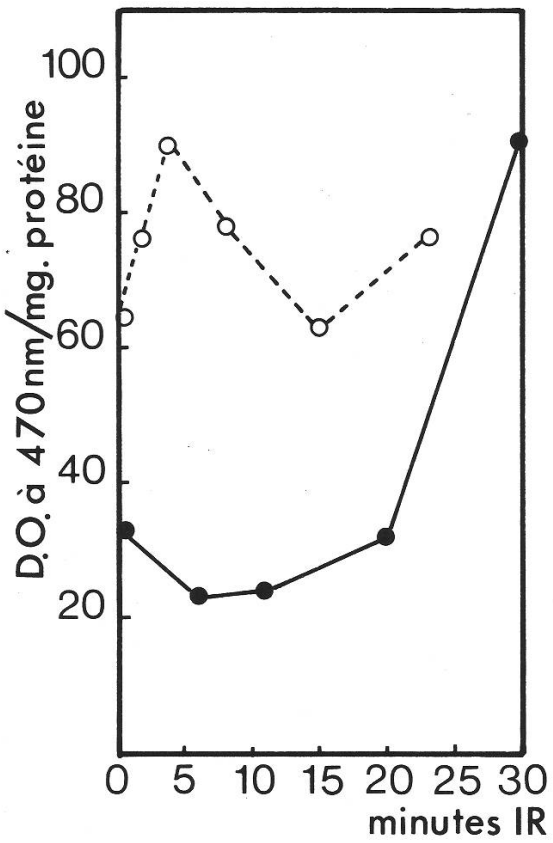

Fig. 1:

Activité des peroxydases basiques de plantes de jours courts (○) et de jours longs (●) après un traitement à l'infrarouge. Les plantes sont broyées immédiatement après le traitement IR (à 8 heures le matin).

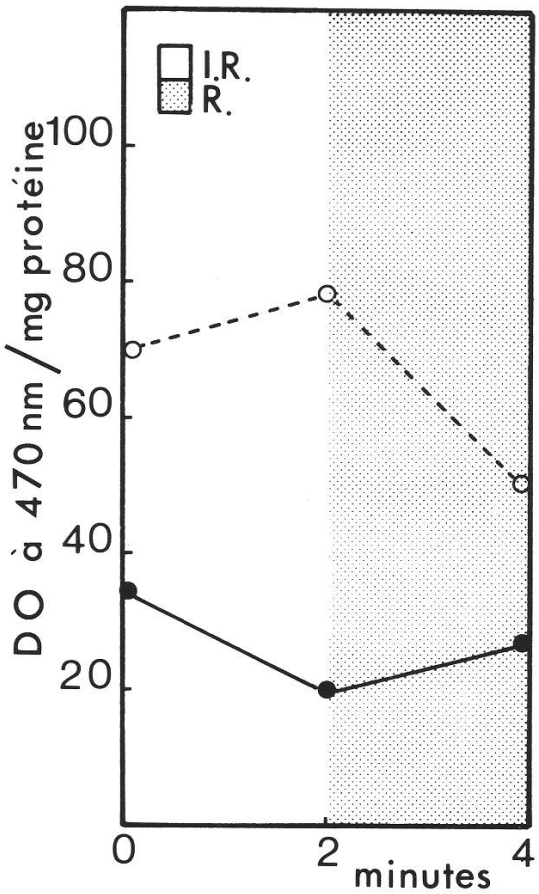

Fig. 2:

Action de l'infrarouge et du rouge de courte durée sur l'activité des peroxydases basiques de plantes de jours courts (○) et de jours longs (●). Les plantes sont broyées immédiatement après les traitements IR et R (à 8 heures le matin).

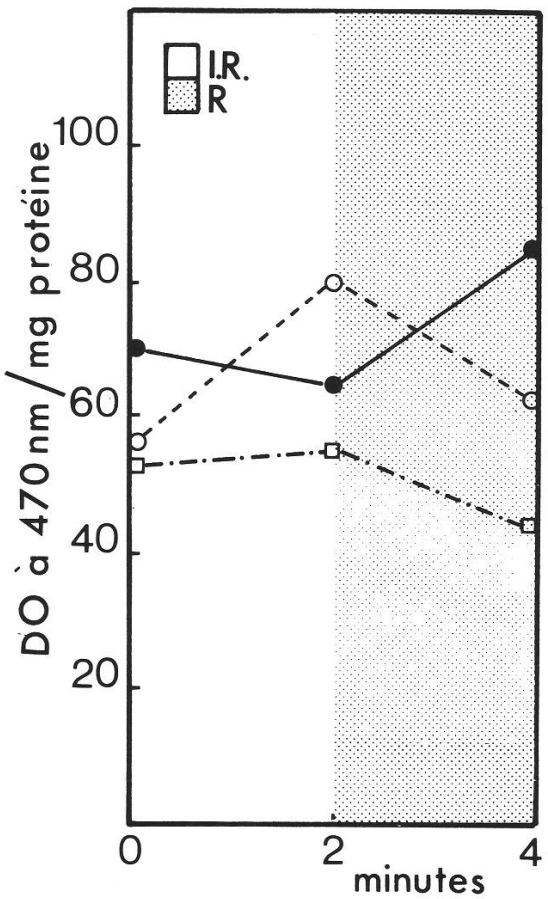

Fig. 3:

Action de l'infrarouge et du rouge de courte durée sur l'activité des peroxydases basiques de plantes de jours courts (○), de plantes induites (JC + 24 heures de lumière) (●) et de plantes traitées au DCMU (JC + 24 heures de lumière + DCMU) (□). Le DCMU est vaporisé au moment du transfert en lumière continue (à 16 h). Les plantes sont broyées immédiatement après les traitements IR et R (à 8 heures le matin).

Il existe donc une différence nette entre les deux types de plantes dans leur réponse à une brève illumination à l'IR. Après deux minutes d'IR, l'activité des peroxydases basiques diminue chez les épinards de jours longs et augmente chez les épinards de jours courts (Fig. 2). Parallèlement, il existe une réponse opposée lors d'une exposition subséquente à la lumière rouge. Il faut noter que les plantes en jours longs, déjà induites et en voie de montaison, présentent une activité des peroxydases basiques bien inférieure à celle des plantes en jours courts, purement végétatives.

Les plantes cultivées en jours courts présentent une réponse de type jours longs déjà après 24 heures de lumière continue, c'est à dire deux heures au moins avant que ne soient perceptibles les premiers signes de l'évocation florale au niveau de l'apex (Fig. 3). Cette induction se traduit d'autre part par une augmentation de l'activité des peroxydases basiques. L'application de DCMU, par vaporisation, au moment du transfert en lumière continue, supprime l'augmentation de l'activité et maintient chez les plantes traitées une photoréponse de type jours courts (Fig. 3).

L'augmentation de l'activité des peroxydases basiques, consécutive à l'induction photopériodique (24 h de lumière) peut être réduite également par une éclair de lumière infrarouge de quelques minutes, donné à minuit (Fig. 4).

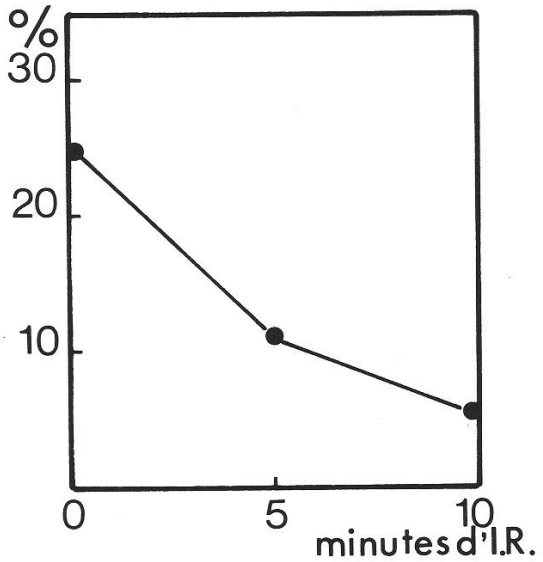

Fig. 4:

Augmentation en % de l'activité des peroxydases basiques de plantes induites (JC + 24 heures de lumière), par rapport à celle de plantes restées en jours courts, en fonction de la durée de l'éclair d'infrarouge qu'elles ont reçu à minuit, pendant la phase lumineuse inductrice. Les plantes sont broyées à 8 heures le matin.

L'acétylcholine peut remplacer la lumière rouge dans certains processus physiologiques; elle pourrait intervenir comme médiateur chimique entre la photoconversion du phytochrome et les réponses morphogènes. Chez l'épinard, la vaporisation des feuilles avec une solution d'acétylcholine 10^{-4} M donne des réponses différentes suivant que l'on traite des plantes de jours courts ou de jours longs (Fig. 5). Chez les premières, le traitement effectué au moment où la lumière s'allume provoque une diminution immédiate de l'activité des peroxydases basiques qui tend à s'atténuer. Lorsqu'il est effectué au moment où la lumière s'éteint, on observe d'abord une stimulation qui s'atténue progressivement pour aboutir tardivement à une inhibition. Chez les plantes de jours longs, on observe une augmentation

de l'activité. Cet effet à court terme est comparable à celui obtenu par l'exposition à la lumière rouge. Mais l'acétylcholine a aussi un effet à long terme; elle peut remplacer l'induction obtenue par 24 heures de lumière continue. Des plantes traitées à l'acétylcholine à la fin de deux jours consécutifs, réagissent le troisième jour de manière identique aux plantes induites par des jours longs (Fig. 6).

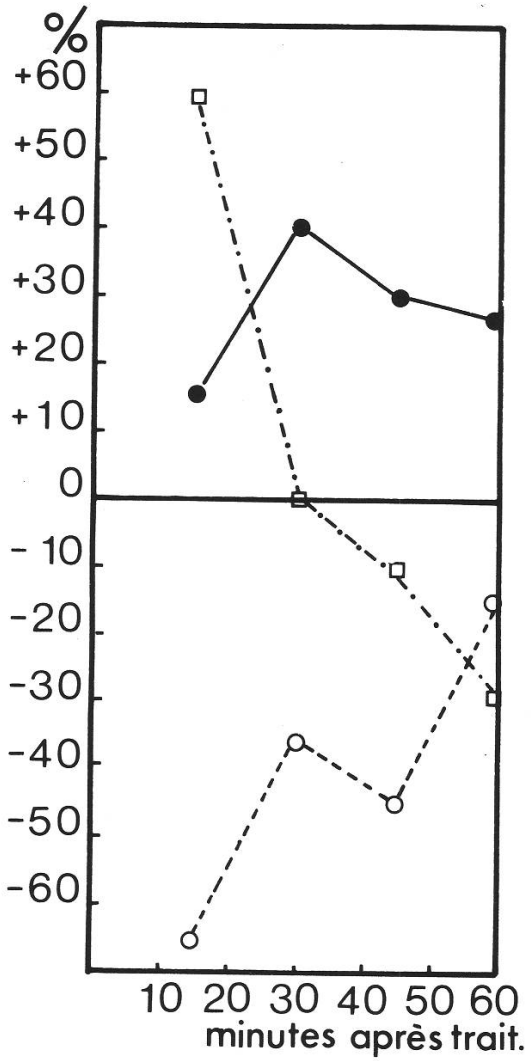

Fig. 5:

Evolution de l'activité des peroxydases basiques après vaporisation d'acétylcholine (plantes de JL (●); plantes de jours courts: traitement à 8 heures du matin (○); plantes de jours courts: traitement à 16 heures (□)) par rapport à des témoins non traités.

Discussion

Le mode d'extraction choisi (pH et force ionique relativement élevés) permet d'obtenir une bonne partie des peroxydases basiques, y compris celles qui sont attachées électrostatiquement aux membranes ou celles qui sont peu solubles (Adattody et Racusen, 1967). Cela est important pour suivre le comportement d'enzymes dont nous avions déjà montré qu'elles subissaient d'importantes modifications lors de l'induction photopériodique (Penel et Greppin, 1972).

Les résultats présentés ci-dessus indiquent clairement que l'activité des peroxydases basiques (p.i.e. supérieur à 8,5) et leur modulation par le phytochrome

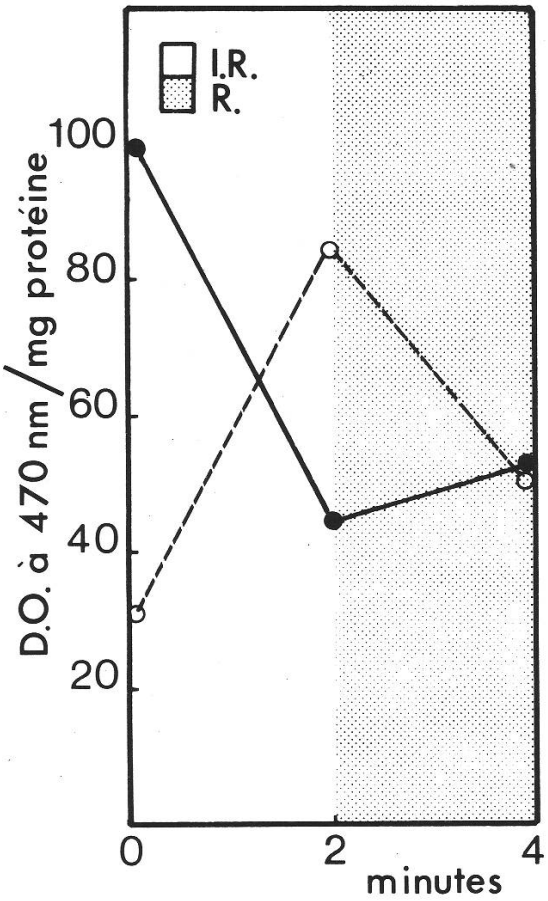

Fig. 6:

Action de l'infrarouge et du rouge de courte durée sur l'activité des peroxydases basiques de plantes de jours courts (○) et de plantes de jours courts traitées à 16 heures, pendant 2 jours, à l'acétylcholine (●). Les plantes sont broyées immédiatement après les traitements IR et R (à 8 heures le matin).

sont largement dépendantes de la photopériode dans laquelle sont cultivées les plantes. Il est donc possible par photostimulation de caractériser l'état végétatif ou floral d'une feuille d'épinard.

Il s'agit d'un effet à court terme du phytochrome, déjà décrit dans la littérature pour d'autres phénomènes (Tanada, 1968; Yunghans et Jaffe, 1972). Il semble en effet exclu qu'il y ait néosynthèse d'enzymes en un si court laps de temps. Ces résultats pourraient s'expliquer soit par l'intervention de réponses bioélectriques au niveau des membranes: liées aux appareils transformateurs d'énergie (Newman et Briggs, 1972; Greppin et al., 1973), soit par des modifications conformationnelles d'un éventuel complexe phytochrome-peroxydases (Tezuka et Yamamoto, 1972). Les résultats opposés obtenus pour la séquence 2 min. IR – 2 min. R, avant et après l'induction photopériodique, semblent indiquer que celle-ci modifie les mécanismes immédiats de régulation du phytochrome sur certaines enzymes.

L'acétylcholine a également, au bout de quelques minutes, une action sur les peroxydases, action reproduisant l'effet obtenu avec de la lumière rouge, ce qui est conforme à l'hypothèse selon laquelle cette molécule est le médiateur chimique du phytochrome (Jaffe, 1970).

L'IR et l'acétylcholine ont d'autre part une action à long terme sur les peroxydases basiques (régulation de gènes?). Le premier inhibe à la fois la floraison et l'augmentation d'activité des peroxydases basiques induites par la lumière continue; la seconde remplace la photopériode inductive. Les résultats obtenus avec le DCMU indiquent

que la photosynthèse intervient dans le mécanisme de l'induction photopériodique, probablement par l'intermédiaire du processus à haute énergie (Bavrina et al., 1969; Schneider et Stimson, 1972).

Ces résultats nous permettent de penser qu'il y a une relation entre le contrôle de l'activité des peroxydases basiques et les évènements primaires de l'induction photopériodique pendant la floraison.

Zusammenfassung

Rotes und infrarotes Licht, sowie Acetylcholin, bewirken eine sofortige Änderung der Aktivität der basischen Peroxydasen von Spinatblättern. Die Natur dieser Änderungen hängt von der Photoperiode ab, in der die Pflanzen gezüchtet werden. Die primären Vorgänge der photoperiodischen Induktion, welche zur Blütenbildung führen, scheinen mit der Regulierung dieser Peroxydaseaktivität durch das Phytochrom zusammenzuhängen.

Résumé

Les lumières rouge et infrarouge, ainsi que l'acétylcholine, provoquent des modifications immédiates de l'activité des peroxydases basiques des feuilles d'épinards. La nature de ces modifications dépend de la photopériode dans laquelle sont cultivées les plantes. Les événements primaires de l'induction photopériodique permettant la floraison semblent liés au contrôle de cette activité par le phytochrome ou vice-versa.

Summary

Red and far-red light and acetylcholine induce immediate modifications of the activity of basic peroxidases in spinach leaves. The nature of these modifications depends on the photoperiod in which the plants are cultivated. Early events of the induction that leads to flowering seem to be related to the control of this activity through phytochrome.

Nous remercions Mme L. von Tobel de sa collaboration technique.

Ce travail est réalisé grâce à l'appui du Fonds national suisse de la recherche scientifique (3.557.71).

Bibliographie

Addathody K.K. et D. Racusen 1967. On the extraction of peroxidase isozymes from bean leaves. Can. J. Bot. *45,* 2237–2242.

Auderset G. 1974. Etude des méristèmes cellulaires de *Spinacia oleracea* à l'état végétatif et floral. Thèse Université de Genève.

Auderset G. et H. Greppin, 1972. Différenciation au cours de l'induction florale *(Spinacia oleracea):* évolution du méristème caulinaire. Physiol. vég. *10,* 206.

Bavrina T.V., N.P. Askenova et T.N. Konstantinova, 1969. The participation of photosynthesis in photoperiodism. Fiziologiya Rastenii *16,* 381–391.

Bernier G., R. Bronchart et J.M. Kinet, 1970. Nucleic acid synthesis and mitotic activity in the apical meristem of *Sinapis alba* during floral induction. In Cellular and Molecular aspects of floral induction. Ed. G. Bernier, 51–79, Longman.

Bonzon M. et H. Greppin, 1972. Evolution des chloroplastes d'épinard lors de l'induction florale. Soc. bot. Fr., Mémoires, 1972 (Coll. Morphologie), 223–228.

Evans L.T., 1969. *Lolium temulentum.* In The induction of flowering. Ed. L.T. Evans, 328–349, Mac Millan.

Greppin H. et S. Gouda, 1972. L'alternative respiratoire chez *Pseudomonas fluorescens* en fonction de l'offre du milieu. Saussurea *3,* 167–176.

Greppin H., B.A. Horwitz et L.P. Horwitz, 1973. Light-stimulated bioelectric response of spinach leaves and photoperiodic induction. Z. Pflanzenphysiol. *68,* 336–345.

Hartree E.F., 1972. Determination of protein: a modification of the Lowry method that gives a linear photometric response. Anal. biochem. *48,* 422–427.

Jaffe M.J., 1970. Evidence for the regulation of phytochromemediated processes in bean roots by the neurohumor, acetylcholine. Plant Physiol. *46,* 768–777.

Nougarède A. 1967. Experimental cytology of the shoot apical cells during vegetative growth and flowering. Internat. Rev. Cytol. *21,* 203–351.

Penel C. et H. Greppin, 1972. Evolution de l'activité auxines-oxydasique et peroxydasique lors de l'induction photopériodique et de la sexualisation de l'épinard. Plant and Cell Physiol. *13,* 151–156.

Schneider M. et W. Stimson, 1972. Phytochrome and photosystem. I. interaction in a high-energy response. Proc. Nat. Acad. Sci. USA *69,* 2150–2154.

Tanada T., 1968. A rapid photoreversible response of barley root tips in the presence of 3-indoleacetic acid. Proc. Nat. Acad. Sci. USA *59,* 376–380.

Tezuka T. et Y. Yamamoto, 1972. Photoregulation of nicotinamide adenine dinucleotide kinase activity in cell-free extracts. Plant.Physiol. *50,* 458–462.

Yunghans H. et M.J. Jaffe, 1972. Rapid respiratory changes due to red light or acetylcholine during the early events of phytochrome-mediated photomorphogenesis. Plant Physiol. *49,* 1–7.

C. Penel et H. Greppin
Laboratoire de Physiologie végétale
Université de Genève
3, Place de l'Université
CH-1211 Genève 4