

ACTION DE LA DURÉE DES JOURS ET DU COBALT SUR LA NODULATION DES LUPINS

Par C. SIRONVAL,

Directeur du Laboratoire de Physiologie végétale, I. R. S. I. A.,
du Centre de Recherches de Gorsem.

Introduction. — Il est apparu au cours des 40 dernières années que la durée des jours agit sur la nodulation des Légumineuses (Leonard, 1926; Eaton, 1931; Cajlahjan et Megrabjan, 1945; Sironval, Bonnier et Verlinden, 1957). A l'une ou l'autre exception près, les auteurs s'accordent à admettre, pour diverses espèces, que les nodules formés en jours longs sont plus nombreux et plus volumineux qu'en jours courts. Sironval (1958) trouve en outre que le contenu en hémoglobine des nodules de Lupin (mesuré en hématine totale par gramme de poids frais) est plus abondant en jours longs qu'en jours courts.

Par ailleurs, Reisenauer (1960) et Delwiche, Johnson et Reisenauer (1961) constatent que, chez *Medicago sativa*, la formation normale des nodules demande la présence dans le milieu nutritif d'une certaine quantité de cobalt. La fixation de l'azote et l'accumulation des matières fraîches et sèches par la plante sont influencées par le contenu en cobalt du milieu. Selon Hallsworth, Wilson et Greenwood (1960), le cobalt augmente la grosseur des nodules et la quantité d'hématine totale qu'ils contiennent.

Le cobalt intervient, comme on le sait, dans l'activité de plusieurs systèmes enzymatiques; il touche à divers processus liés au métabolisme des protéines; il fait partie de la vitamine B₁₂, etc. Son action sur la croissance d'un matériel végétal a été décrite à plusieurs reprises. Miller (1952) montre que le cobalt contribue, à l'obscurité, à la croissance de morceaux de feuilles étiolées. Le cobalt accélère dans le noir l'ouverture de la crosse de l'hypocotyle de Pois (Klein, 1959). L'effet du cobalt va dans le même sens que celui de la lumière rouge; les deux effets, du cobalt et de la lumière, sont additifs. Travaillant sur des sections étiolées de tiges de pois, Bertsch (1961) constate que le saccharose et le cobalt favorisent la croissance de ces sections à l'obscurité; l'accroissement obtenu est inhibé par une application de lumière rouge, l'action de cette lumière pouvant à son tour être annulée par une application ultérieure de lumière infrarouge. Bertsch conclut que l'ion cobalt semble affecter des systèmes qui sont en relation avec les processus d'étiollement.

Dans ces conditions, il nous a paru intéressant de tester l'action du cobalt sur la nodulation des Légumineuses, en relation avec la durée des jours qu'on leur applique (jours courts de 8 h ou longs de 16 h). Nous présentons ci-après un aperçu préliminaire des résultats obtenus.

Matériel et méthodes. — Nous avons travaillé sur des Lupins fourragers cultivés dans une serre ordinaire. Le semis a eu lieu le 1^{er} septembre 1961. La moitié des plantes a reçu des jours courts de 8 h à partir du semis; l'autre moitié, des jours longs de 16 h par allongement du jour naturel à l'aide d'un éclairage fluorescent (environ 4 000 lux à la hauteur des plantes).

Aussi bien en jours courts qu'en jours longs, les plantes ont été réparties au hasard en deux catégories : celles recevant du cobalt et celles n'en recevant pas. On a obtenu ainsi quatre séries :

- 1° Plantes en jours longs, sans cobalt;
- 2° Plantes en jours longs, avec cobalt;
- 3° Plantes en jours courts, sans cobalt;
- 4° Plantes en jours courts, avec cobalt.

L'expérience comportait huit répétitions de chacune de ces séries.

Toutes les plantes ont été cultivées sur du sable préalablement lavé à l'acide chlorhydrique et soigneusement rincé à l'eau bidistillée et déminéralisée. Le sable a été placé dans des pots spéciaux en polyéthylène qui ont reçu le semis.

Le milieu nutritif était celui de Delwiche, Johnson et Reisenauer (1961), mais sans nitrate, même au semis. Les sels du milieu ainsi que l'EDTA ont tous été préalablement purifiés et débarrassés de cobalt selon la technique adoptée par Delwiche, Johnson et Reisenauer (1961). La concentration de cobalt appliquée aux séries « plus cobalt » a été de 5 μ M/l.

Les plantes des quatre séries expérimentales ont été récoltées le 15 octobre, soit un mois et demi après le semis, et elles ont été examinées immédiatement.

Résultats. — Le tableau I donne les moyennes générales calculées pour l'ensemble des huit répétitions de chaque série. Il ne comporte pas d'analyse statistique. Nous publions cette analyse par ailleurs, en même temps que d'autres données.

On voit sur le tableau qu'en l'absence de cobalt, les plantes forment moins de nodules en jours courts qu'en jours longs; en jours courts, on trouve environ 68 % des nodules présents en jours longs. Les nodules de jours courts sont plus petits et moins lourds que ceux de jours longs : 5 mg en moyenne en jours courts, contre 7 mg en jours longs. Le poids total des nodules récoltés par plante est, en jours courts, égal à environ la moitié du poids récolté en jours longs. Ce résultat reflète l'effet déprimant des jours courts sur la nodulation des Légumineuses tel qu'il a été antérieurement décrit.

TABLEAU I.

Effet du cobalt sur la nodulation, le poids frais des plantes et le poids sec de leur tige en rapport avec la durée des jours appliquée (moyennes sur 40 plantes).

	Sans cobalt.		Avec cobalt.		
	Jours longs.	Jours courts.	Jours longs.	Jours courts.	
Nodulation	Nombre de nodules par plante.....	2,2	1,5	3,8	4,0
	Poids frais des nodules par plante (mg).....	15,3	7,5	27,4	25,3
	Poids moyen d'un nodule (mg).....	6,95	5,00	7,20	6,35
Poids frais moyen d'une plante (g) (sans les nodules).....	0,90	0,97	1,30	1,45	
Poids sec moyen d'une tige (mg).....	31,9	28,5	39,1	32,9	

L'effet du cobalt sur la nodulation ressort clairement du tableau. En présence de $5\mu\text{M}$ de cobalt par litre de solution nutritive, le nombre de nodules, de même que le poids des nodules récoltés par plante, sont augmentés, tant en jours courts qu'en jours longs.

Cependant, l'effet n'est pas exactement le même dans les deux durées de jours. En jours courts, le cobalt augmente de 2,7 fois le nombre moyen de nodules par plante; en jours longs, il multiplie ce nombre par 1,7. De même, le poids des nodules récoltés par plante augmente en moyenne de plus de trois fois en jours courts sous l'effet du cobalt; il n'augmente que de 1,8 fois seulement en jours longs plus cobalt. De même encore, le cobalt augmente en jours longs le poids moyen d'un nodule de 4 % environ; il l'augmente de 25 % en jours courts. Tout cela montre que l'effet du cobalt est plus marqué en jours courts qu'en jours longs.

La figure 1 illustre une conséquence importante de cette situation. Elle représente les poids moyens de nodules récoltés par plante dans quatre répétitions de l'expérience prises comme exemple. On y voit qu'en l'absence de cobalt, le poids des nodules récoltés en jours courts est à peu près la moitié du poids récolté en jours longs (de 41 à 55 % du poids de jours longs). Par contre, en présence de cobalt, le poids récolté en jours courts est à peu près égal au poids récolté en jours longs (de 82 à 112 % du poids de jours longs). En d'autres termes, l'effet déprimant des jours courts sur la nodulation ne s'observe d'une manière significative que lorsque le milieu nutritif est dépourvu de cobalt. Tout se passe comme si l'addition de $5\mu\text{M/l}$ de cobalt au milieu réussissait à annuler l'effet déprimant des jours courts sur la nodulation des *Lupins fourragers*.

Remarquons que l'action du cobalt ne concerne pas seulement la nodulation. Le poids frais des plantes et leur poids sec augmentent

également en présence de ce métal (tableau I). L'augmentation est à peu près la même en jours courts et en jours longs; elle est d'environ 50 % pour le poids frais total, et de 20 % pour le poids sec des tiges. Ceci correspond sans aucun doute, au moins pour une part, à une meilleure assimilation de l'azote en présence de nodules plus abondants et mieux formés.

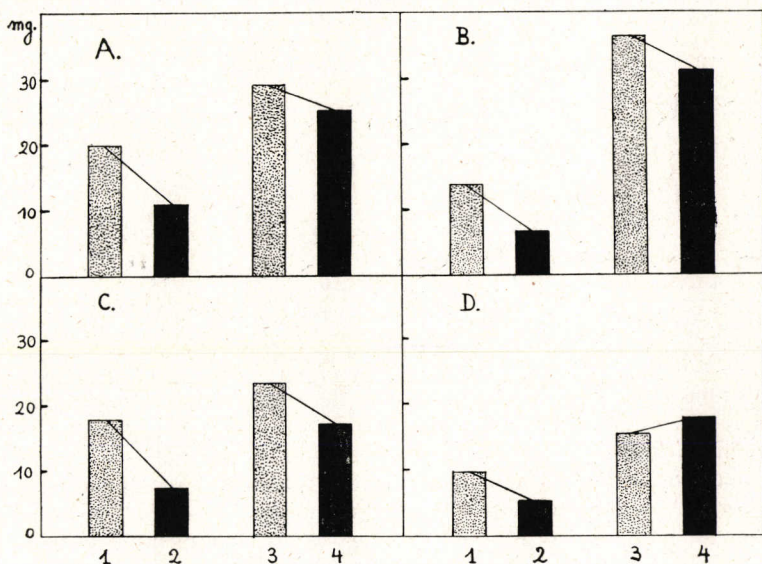


Fig. 1. — Action de la durée des jours et du cobalt sur la nodulation des Lupins dans quatre répétitions de l'expérience (A, B, C et D).

En abscisses : le poids des nodules récoltés par plante (en mg).

En ordonnées : 1, en jours longs, sans cobalt; 2, en jours courts, sans cobalt; 3, en jours longs, en présence de 5μ M de cobalt par litre; 4, en jours courts, en présence de 5μ M de cobalt par litre.

Conclusions. — 1° La plupart des auteurs ont jusqu'ici constaté une dépression de la nodulation en jours courts chez diverses Légumineuses. Nous montrons que cet effet déprimant peut être diminué, voire annulé, par l'addition de cobalt. Il est vraisemblable que les expériences antérieures, qui ont mis en évidence une dépression nette de la nodulation en jours courts, ont été faites dans les conditions d'une carence plus ou moins prononcée en ce métal.

2° L'intervention du cobalt en rapport avec la durée des jours peut être utilement comparée à ce qui a été observé à propos du bore. Divers auteurs ont montré que les carences boriques sont mises en évidence plus aisément en jours longs qu'en jours courts (Warrington, 1933; Dufrenoy, 1940). Chez le Radis, l'addition de bore n'a pas d'effet sur la croissance en jours courts, mais bien en jours longs (Skok, 1940); le

même résultat est obtenu sur Soja (Mac Vicar et Struckmeyer, 1946). Il est possible d'interpréter ces faits en admettant qu'en jours courts l'action du bore est limitée par la déficience d'autres facteurs.

De ce point de vue, le cobalt paraît se comporter autrement que le bore. Contrairement au bore, le cobalt augmente la croissance à peu près dans la même proportion dans les deux durées de jours. Il ne distingue entre ces durées qu'en ce qui concerne la formation des nodules, et dans ce cas — contrairement à ce qu'on observe avec le bore — c'est en jours courts, et non en jours longs, que l'action stimulante est la plus forte.

3° En l'absence de cobalt, les Lupins distinguent nettement les jours courts des jours longs en ce qui concerne l'intensité de leur nodulation. Au contraire, ils deviennent « indifférents » en présence de cobalt.

Il y a là en somme une situation analogue à celle décrite par Hillman (1961) dans ses expériences sur *Lemna perpusilla* 6746 et *Lemna gibba* G3. En présence d'EDTA à une concentration égale ou supérieure à 10^{-5} M, *L. perpusilla*, normalement indifférente à la durée des jours, devient une plante de jours courts; *L. gibba*, normalement inapte à fleurir tant en jours courts qu'en jours longs, devient une plante de jours longs. Il est évident que, dans ces deux cas également, un métal intervient (par un mécanisme qui nous est encore inconnu) dans la définition des propriétés photopériodiques étudiées.

BIBLIOGRAPHIE.

- [1] W. BERTSCH, *The promotion of photosensitive growth by sugars and cobalt in etiolated pea stem sections*, in *Progress in Photobiology*, B. Christensen et B. Buchmann, Elsevier, 1960, p. 398.
- [2] M. CAJLAHJAN et A. MEGRAJAN, *Effect of daylength upon the formation of root nodules on the roots of leguminous plants* [C. R. (Doklady) Acad. Sc. U.R.S.S., t. 67, 1945, p. 439].
- [3] C. DELWICHE, C. JOHNSON et H. REISENAUER, *Influence of cobalt on nitrogen fixation by Medicago* (Plant. Phys., t. 36, 1961, p. 73).
- [4] J. DUFRENOY, *The relation of boron to the root-nodules of Vicia faba* (Growth, t. 4, 1940, p. 323).
- [5] S. EATON, *Effects of variation in daylength and clipping of plants on nodule development and growth of soybean* (Bot. Gaz., t. 91, 1931, p. 113).
- [6] E. HALLSWORTH, S. WILSON et E. GREENWOOD, *Copper and cobalt in nitrogen fixation* (Nature, t. 187, 1960, p. 79).
- [7] W. HILLMAN, *Photoperiodism, chelating agents, and flowering of Lemna perpusilla and L. gibba in aseptic culture*, in *Light and Life*, W. McElroy et B. Glass, The Johns Hopkins Press, Baltimore, 1961, p. 673.
- [8] W. KLEIN, *Interaction of growth factors with photoprocess in seedling growth*, in *Photoperiodism*, R. Withrow, American Association for the Advancement of Sciences, Washington, D. C., 1959, p. 207.
- [10] L. MAC VICAR et E. STRUCKMEYER, *The relation of photoperiod to the boron requirement of plants* (Bot. Gaz., t. 107, 1946, p. 454).
- [11] H. REISENAUER, *Cobalt in nitrogen fixation by a legume* (Nature, t. 186, 1960, p. 375).

- [12] C. SIRONVAL, Ch. BONNIER et J. P. VERLINDEN, *Action of daylength on nodule formation and chlorophyll content in Soybean* (*Phys. Plant.*, t. 10, 1957, p. 697).
- [13] C. SIRONVAL, *Daylength and hematin compounds in plants* (*Nature*, t. 182, 1958, p. 1170).
- [14] J. SKOK, *Effect of boron on growth and development of the radish* (*Bot. Gaz.*, t. 103, 1941, p. 280).
- [15] K. WARINGTON, *The influence of length of day on the response of the plants to boron* (*Ann. Bot.*, t. 47, 1933, p. 429).

(Gorsein-Saint-Trond, Belgique.)



