

ABSORPTION ET DISTRIBUTION DU SOUFRE 35 CHEZ QUELQUES CULTURES TROPICALES

II. - Le Cotonnier

par

J. BRZOWSKA et **P. HANOVER**

Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer
Services Scientifiques Centraux - BONDY (Seine)

La première partie de ce travail, consacrée à l'arachide, a été précédée d'une courte revue bibliographique des travaux relatifs à l'absorption, le transport et la répartition du soufre chez les végétaux (2).

Dans cette deuxième partie, portant sur le cotonnier, nous nous bornerons donc à citer, dans les chapitres « Résultats » et « Discussion », les auteurs dont les travaux restent en rapport plus étroit avec nos propres expériences.

MATÉRIEL ET TECHNIQUE

CULTURES

L'étude a été effectuée sur les variétés Réba W 296 et Acala 442, cultivées en serre chaude, sur milieu liquide aéré, type Long Ashton (5), renouvelé toutes les semaines. Le fer a été apporté sous forme de citrate ferrique, deux fois par semaine, en plus du renouvellement des solutions. En cas de l'induction de la carence en soufre, on a utilisé les solutions nutritives où le chlorure remplaçait le sulfate.

Deux séries d'expériences ont été effectuées aux années 1962 et 1963.

Essai préliminaire (1962)

Semis le 24 janvier 1962 sur sable. Mise en végétation sur solution nutritive complète le 2 février 1962.

Au stade de 4-5 feuilles bien étalées, après 26 jours de végétation sur solution complète (le 28 février 1962), les plantes ont été mises en contact avec du ^{35}S en vue de l'étude autoradiographique.

Expérience n° 1 (1962-63)

Semis le 12 décembre 1962, sur sable.

Au stade de deux feuilles cotylédonaires, les plantes ont été divisées en deux lots :

- Lot mis en végétation sur solution nutritive complète diluée au demi.
- Lot mis en végétation sur solution nutritive sans soufre diluée au demi.

Au bout d'une semaine, les solutions diluées au demi ont été remplacées par des solutions non diluées.

Les premiers symptômes de carence en soufre se sont manifestés après 3 semaines de végétation sur solution sans S : la feuille du sommet légèrement moins verte que chez les plantes témoins.

Au bout des 4 semaines de séjour en solution sans S, les deux feuilles les plus jeunes étaient nettement plus jaunes que celles des témoins. La croissance des plantes déficientes en soufre s'est trouvée un peu retardée. De plus, les feuilles étaient plus petites, les tiges très fragiles et cassantes.

Au stade de 4 feuilles (après 5 semaines de végétation sur solutions nutritives), les plantes provenant de deux lots ont été mises en contact avec du ^{35}S et autoradiographiées, afin d'étudier l'influence de la carence sur l'absorption et la redistribution du radioélément.

AUTORADIOGRAPHIE

Le soufre radioactif sous forme de $\text{H}_2^{35}\text{SO}_4$ nous a été fourni par le C.E.A. de SACLAY. La dose employée était la même que celle utilisée dans les essais sur l'arachide : 1 mCi par litre de solution nutritive.

La technique de préparation du matériel végétal, en vue de l'autoradiographie, a été décrite en détails dans la partie I de cette étude (2).

— Dans l'essai préliminaire, le $^{35}\text{SO}_4^{--}$ a été ajouté à la solution nutritive complète et de ce fait, s'est trouvé dilué par le sulfate non radioactif.

— Dans l'expérience n° 1, le radioélément s'est trouvé sans entraîneur, ayant été ajouté à la solution nutritive sans soufre.

Le séchage des plantes à l'air libre utilisé dans l'essai préliminaire a été par la suite (expérience n° 1), remplacé par le séchage rapide à l'étuve.

23 MAI 1986

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

N° : 20 199 / ep 2

Cote : B.

RÉSULTATS

ESSAI PRÉLIMINAIRE

Absorption et distribution du ^{35}S chez les jeunes plantes au stade de 4-5 feuilles (fig. n° 1).

Les plantes ont été mises en contact racinaire avec le ^{35}S pour des périodes de 4 h, 8 h, 16 h, 24 h, 48 h et 6 jours.

Différents temps d'exposition au film Kodirex, allant de 8 heures à 6 jours, ont été essayés.

Les plantes ont été autoradiographiées soit entières, soit après sectionnement en feuilles, tiges et racines.

Tous les autoradiogrammes sont fortement marqués par le radioisotope. Ils montrent une accumulation intense du radioélément dans les feuilles jeunes, surtout dans celles du sommet. Les deux premières feuilles se trouvent le plus souvent faiblement marquées de toutes, nettement moins que les feuilles cotylédonaies.

A l'exception des feuilles les plus jeunes dont le marquage est plutôt uniforme, la répartition du ^{35}S se révèle plus prononcée dans le système conducteur (pétioles et nervures), que dans le mésophylle. Un examen attentif de certains autoradiogrammes montre un aspect punctiforme, très caractéristique, de la localisation du radioélément dans le mésophylle, déjà signalé par LANGSTON (6) et DEJAEGERE (3). Nous reviendrons encore sur ce phénomène plus loin. La radioactivité des racines est toujours très forte, supérieure à celle des autres organes.

Ces premiers essais ont démontré la grande rapidité et l'intensité de l'absorption et du transport du ^{35}S vers les diverses parties de la plante. Ils ont orienté notre choix des temps de contact avec le radioélément (beaucoup plus courts), et du temps d'exposition aux radiofilms lors des expériences ultérieures.

EXPÉRIENCE N° 1

Influence de la carence en soufre sur l'absorption et la redistribution du ^{35}S chez les jeunes plantes au stade de 4-5 feuilles

Cette expérience a été effectuée dans le but de comparer les « types » d'absorption et de redistribution du ^{35}S chez les plantes normales et carencées en soufre. Les jeunes plantes au stade de 4 feuilles, provenant des deux lots décrits précédemment (voir Matériel et Technique) ont servi de matériel expérimental.

Absorption (Fig. n° 2 - a, b, c, d).

Contact avec ^{35}S - 1, 5 et 15 minutes.

Temps d'exposition au radiofilm 10 jours (dans un cas aussi 3 jours) (*).

1° Plantes non carencées :

Après 1 minute de contact racines - soufre ^{35}S et 10 jours d'exposition, le radiofilm n'est pratiquement pas impressionné par le radioélément.

Un contact de 5 minutes (Fig. n° 2 - a), par contre, marque nettement les organes végétaux. La majeure partie du ^{35}S absorbé et transporté vers les parties aériennes se trouve dans les tiges. Quant aux feuilles, l'isotope apparaît dans les cotylédons, ainsi que dans les feuilles jeunes 3°, 4° et 5°, à l'exclusion des deux premières feuilles.

Après 15 minutes de contact avec ^{35}S (Fig. n° 2 - b), les autoradiogrammes sont fortement marqués, beaucoup plus qu'après 5 minutes, mais ils montrent le même « type » de distribution du radioélément au sein du végétal. Les tiges contiennent le plus de ^{35}S . Dans les feuilles, les deux maxima de radioactivité sont représentés par les cotylédons, et la feuille sommitale, la 3° feuille étant moins marquée, et les deux premières tout à fait invisibles.

Sur tous les autoradiogrammes, les pétiotes et les nervures sont très distincts et plus marqués que le mésophylle. Le caractère punctiforme de la répartition du ^{35}S dans le mésophylle, signalé dans les essais préliminaires, est à peine visible.

2° Plantes carencées :

Après 1 minute de contact racinaire avec la solution radioactive, le radiofilm n'est pratiquement pas impressionné par le ^{35}S , tout comme dans le cas des plantes non carencées.

5 minutes de contact avec le radioélément (Fig. n° 2 - c) donne un fort marquage des tiges, plus fort que par les plantes non carencées. Seules, les deux feuilles les plus jeunes apparaissent sur les autoradiogrammes marquées par le ^{35}S ; les cotylédons et les feuilles 1° et 2° restent invisibles.

Un contact de 15 minutes (et 10 jours d'exposition au radiofilm - Fig. n° 2 - d), marque très fortement les tiges et les feuilles sommitales, surtout la plus jeune, beaucoup plus qu'en cas des plantes non carencées et trop pour pouvoir distinguer la localisation du ^{35}S à l'intérieur de l'organe. Pourtant, on observe l'absence totale du radioélément dans la 2° feuille, alors que les pétiotes de la première et des cotylédons apparaissent sur les autoradiogrammes.

* Pour les plantes carencées, après 15 minutes de contact avec ^{35}S .

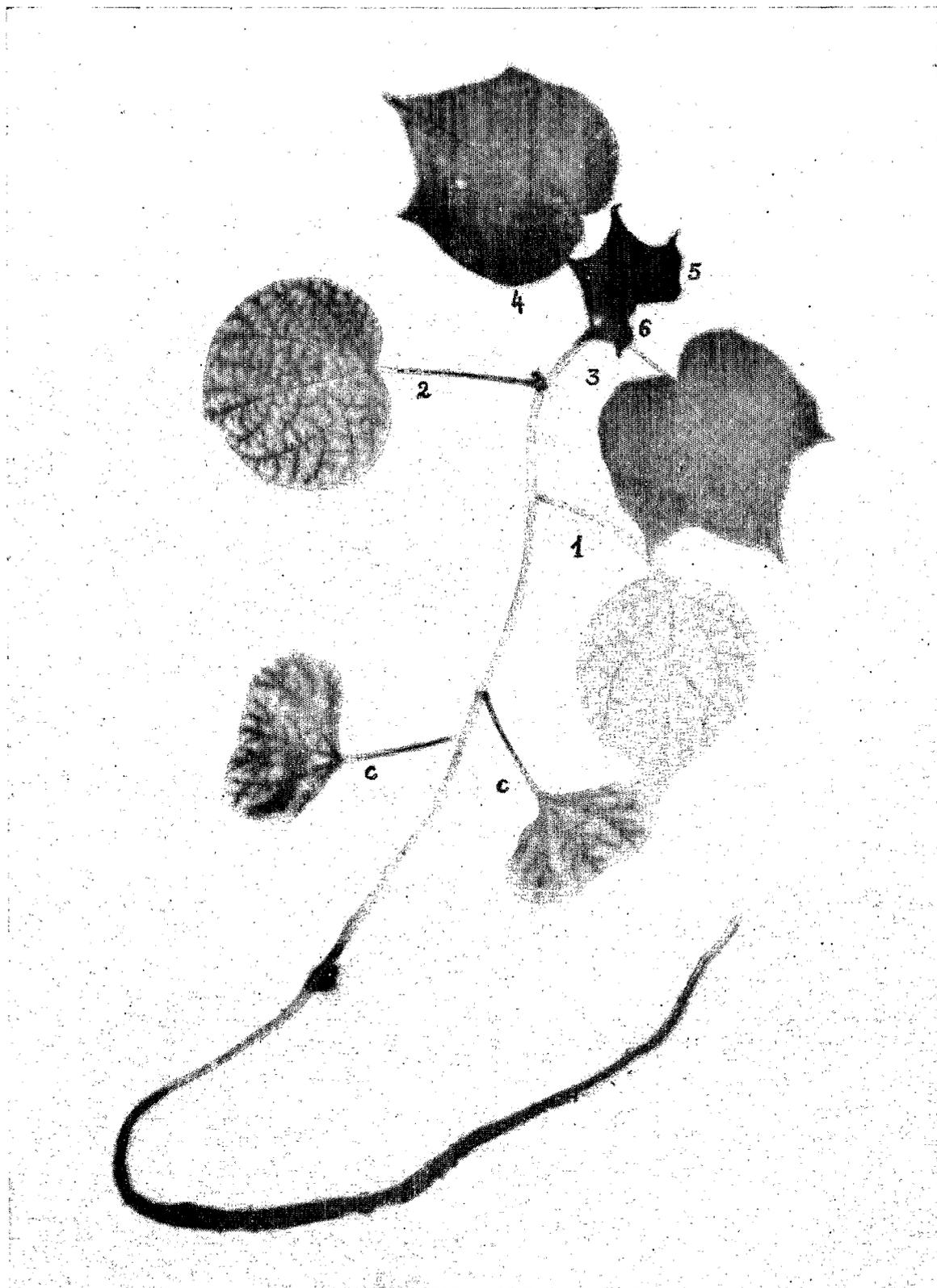


FIG. 1
Contact ^{35}S : 24 h
Exposition : 5 j

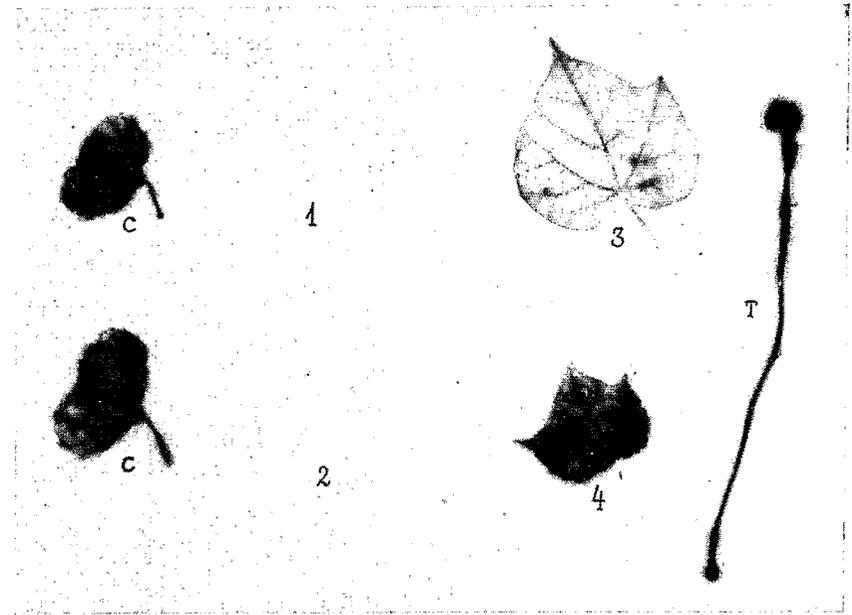
FIG. 2. — ABSORPTION

Contact ^{35}S : 5 mn

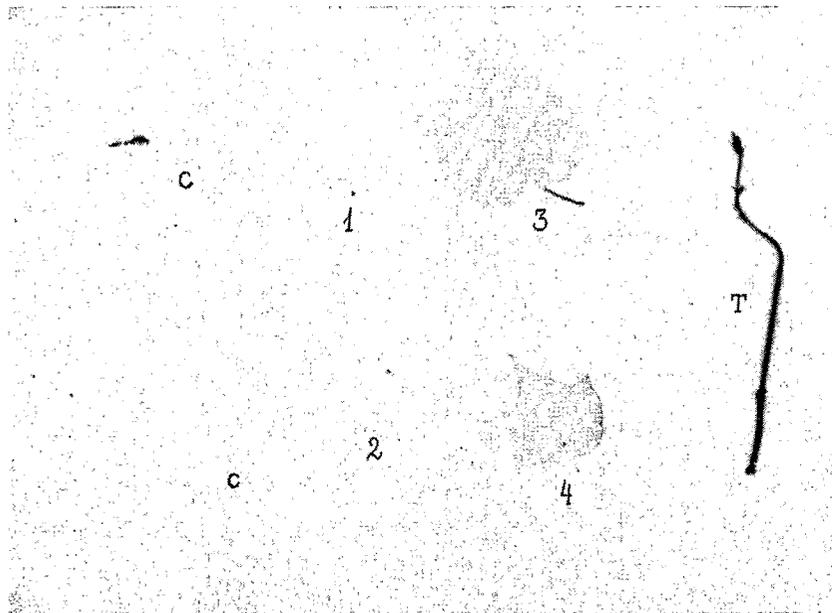
Contact ^{35}S : 15 mn



a - non carencée



b - non carencée



c - carencée

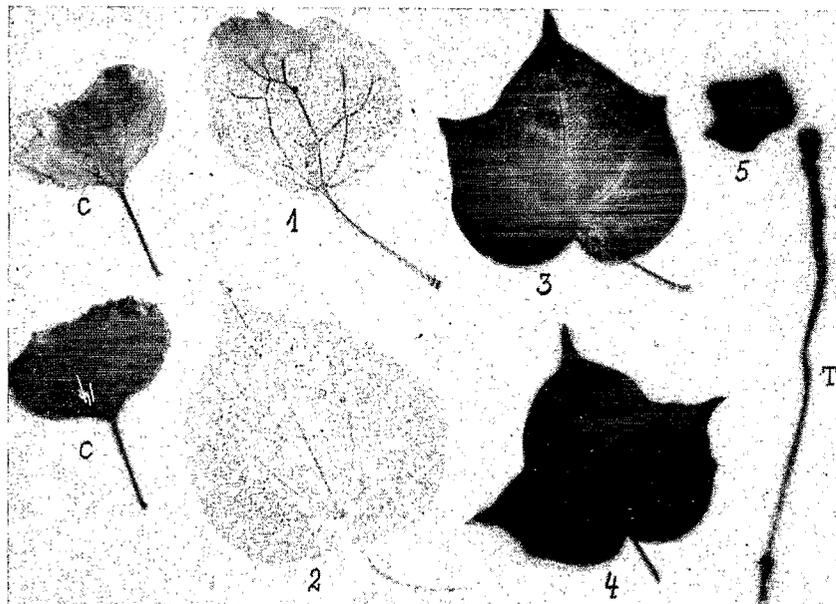


d - carencée

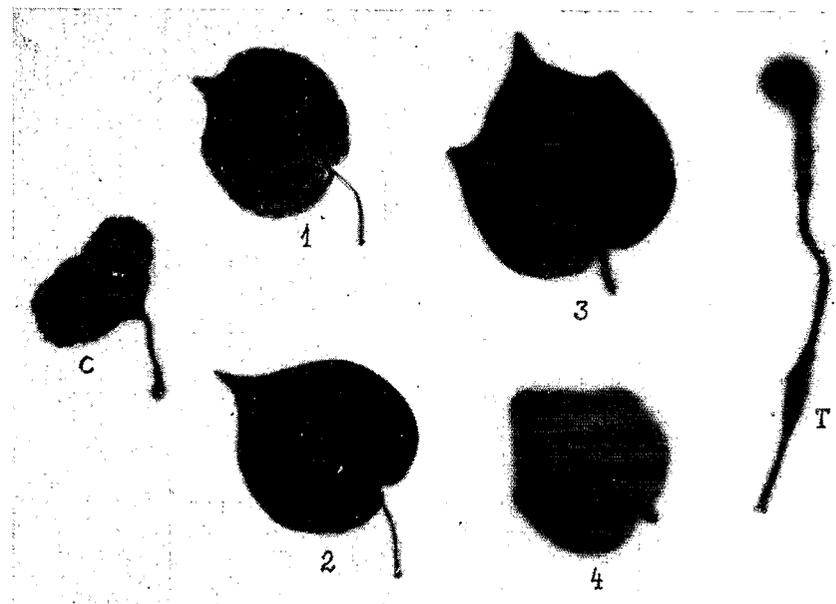
Contact ^{35}S : 5 mn - Séjour H_2O : 24 h

REDISTRIBUTION

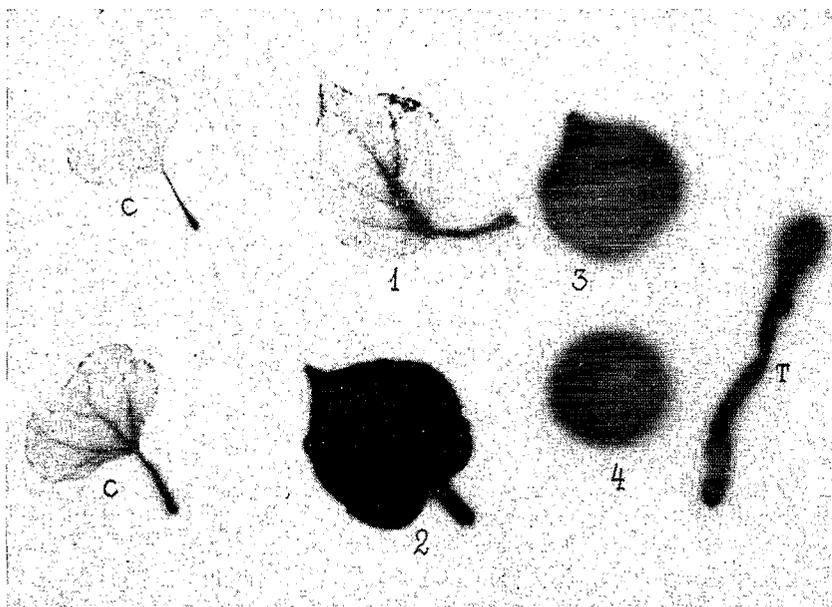
Contact ^{35}S : 15 mn - Séjour H_2O : 24 h



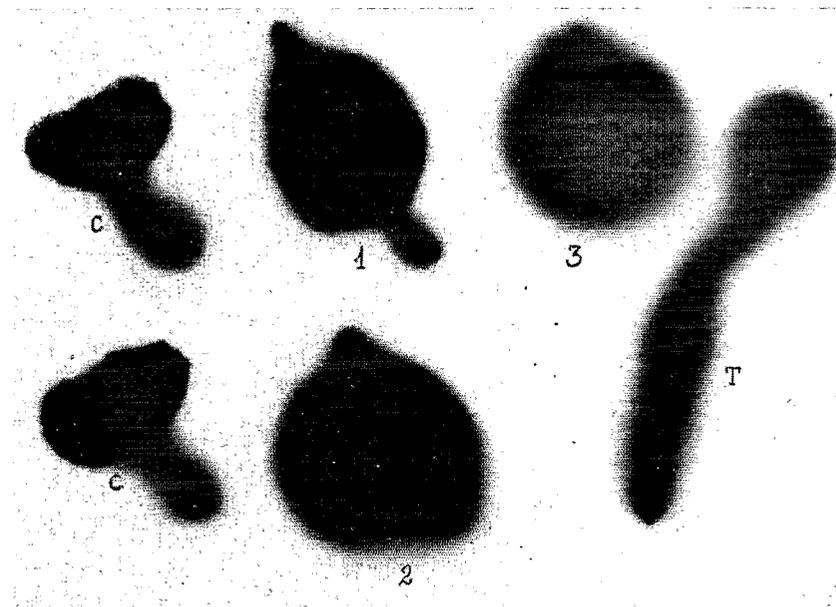
e - non carencée



f - non carencée



g - carencée



h - carencée

La diminution du temps d'exposition jusqu'à 3 jours a révélé la répartition plutôt uniforme du radioélément dans la feuille du sommet. Dans les autres feuilles, par contre, ce sont les pétioles et les nervures qui contiennent le ^{35}S . Donc, à l'exception de la feuille la plus jeune, la localisation du radio-soufre est nettement plus prononcée dans les tissus conducteurs que dans le mésophylle. Ceci est également valable pour les plantes ayant été en contact avec le radiosoufre pendant 5 minutes.

Redistribution (Fig. n° 2 - e, f, g, h).

Contact avec ^{35}S : 1, 5 et 15 minutes.

Séjour dans l'eau: 24 heures.

Temps d'exposition au radiofilm: 10 et 3 jours.

Après 1, 5 ou 15 minutes de contact racines - soufre 35 , les plantes ont été retirées des solutions radioactives. Les racines, rincées plusieurs fois, ont été plongées dans de l'eau échangée pour une période de 24 heures. Puis, on a sectionné les plantes selon le schéma habituel, séché et radiographié.

1° Plantes non carencées (Fig. n° 2 - e, f):

Contrairement à l'absorption, la redistribution suivant le contact d'une minute avec ^{35}S , fait apparaître le radioisotope dans les parties aériennes des plantes.

Plus les feuilles sont jeunes et plus elles sont marquées par le ^{35}S .

Dans les deux autres cas, après 5 et 15 minutes de contact (Fig. n° 2 - e, f) suivi de 24 h de redistribution, les autoradiogrammes montrent le même type de distribution du ^{35}S que celui décrit pour l'absorption, quoique tous les organes soient beaucoup plus fortement marqués — les deux premières feuilles restent nettement moins impressionnées que les cotylédons et les feuilles des étages supérieurs. La plus grande quantité du radioélément est accumulée dans les

tiges et les toutes jeunes feuilles. Quant à la localisation du ^{35}S dans les tissus, on y remarque très distinctement les « granules » noirs du radiosoufre dans le limbe. Les pétioles et les nervures des feuilles montrent toujours une forte radioactivité.

2° Plantes carencées (Fig. n° 2 - g, h):

Après une minute du contact suivi des 24 heures de séjour dans l'eau, toutes les feuilles et les tiges contiennent du ^{35}S , et en quantités plus fortes qu'en cas de plantes non carencées. La dernière feuille est la plus impressionnée.

Les autoradiogrammes correspondant à la redistribution après 5 minutes de contact avec le radioélément (Fig. n° 2 - g) révèlent un très fort marquage des organes végétaux, beaucoup plus fort qu'après l'absorption seule et qu'en cas de redistribution chez les plantes non carencées.

Malgré la forte radioactivité des tiges et des feuilles des étages supérieurs, il y a peu d'isotope dans les cotylédons et la première feuille.

La diminution du temps d'exposition au radiofilm des 10 jours jusqu'à 3 jours permet de constater que l'intensité de marquage de deux feuilles du sommet — 4° (toute petite, en formation) et 3° — dépasse de beaucoup celle de la 2° feuille, plus âgée.

La redistribution après 15 minutes de contact avec du ^{35}S (Fig. n° 2 - h) donne les autoradiogrammes les plus marqués de toute la série ci-dessus décrite. Les organes végétaux sont si fortement impressionnés par le ^{35}S qu'ils apparaissent entièrement noircis, ce qui rend impossible toute évaluation de différence d'intensité de marquage des feuilles des différents étages.

Les organes restent très fortement impressionnés, même après un temps d'exposition ramené à trois jours. Toutefois, en ce cas, on peut distinguer que les cotylédons sont moins marqués que les autres feuilles.

DISCUSSION DES RÉSULTATS ET CONCLUSIONS

Les essais effectués sur le cotonnier, nous ont permis de confirmer les conclusions antérieures (Première partie de cette étude) (2) quant à la grande rapidité et l'intensité de l'absorption et du transport du ^{35}S . Ils ont aussi confirmé l'importance du niveau de l'alimentation des plantes en soufre sur le mode de distribution du radioélément au sein du végétal.

D'autre part, la comparaison des résultats obtenus sur le cotonnier et sur l'arachide a fait ressortir certaines différences dans la répartition de l'isotope due à l'espèce végétale.

L'ensemble des résultats obtenus peut être résumé comme suit:

1) Le ^{35}S est un élément mobile qui est transporté avec une très grande rapidité, de préférence dans les feuilles les plus jeunes, c'est-à-dire là où les synthèses organiques sont les plus intenses et les besoins en soufre les plus impérieux. Toutefois, et bien qu'aux stades étudiés (de 3 à 5 feuilles), les feuilles

cotylédonaires soient déjà complètement formées, elles retiennent toujours une quantité importante de radiosoufre, nettement plus grande que les deux premières feuilles, moins âgées. Les deux maxima de radioactivité sont donc présentés par la feuille du sommet d'une part, et les cotylédons d'autre part. Ceci ressort d'une façon particulièrement nette lors de la redistribution (contact avec ^{35}S suivi de 24 h de séjour dans l'eau). On peut supposer que les cotylédons accumulent une quantité importante de ^{35}S en tant qu'organes de réserve, probablement sous forme inorganique, sans le métaboliser, alors que la fraction transportée vers les jeunes feuilles en croissance intense est immédiatement utilisée dans les réactions métaboliques et transformée en grande partie en composés organiques divers. Cette hypothèse s'accorderait bien avec les résultats de BISWAS et SEN (1) qui ont démontré, à l'aide des techniques radiochromatographique et de comptage, que chez les jeunes plantes de petits pois ayant absorbé du sulfate radioactif, les deux feuilles du sommet contiennent

ment plus de 50 % de ^{35}S sous forme organique, tandis que dans les trois feuilles basales, on ne trouve que le sulfate.

Le type de distribution du ^{35}S dans les jeunes plantes de cotonnier, présentant les deux maxima de radioactivité très distincts, n'a pas été trouvé par DEJAEGERE qui, dans son étude autoradiographique sur cotonnier, note au contraire « une distribution du radioélément dans le sens vertical (c'est-à-dire suivant les différents étages foliaires), assez uniforme, sauf peut-être à long terme où il y a une tendance à l'accumulation dans les feuilles âgées ». Nous pensons que ceci peut provenir des conditions expérimentales très différentes dans lesquelles les deux études ont été effectuées. Dans nos essais, les temps de contact avec du ^{35}S étaient de 5 mn et 15 mn et, en cas de redistribution, le temps de séjour dans l'eau - de 24 heures, alors que dans les expériences décrites par DEJAEGERE la durée d'absorption du ^{35}S par les plantes était de : 15, 20 et 25 jours. Son étude concernait donc la translocation du ^{35}S au cours de la croissance, tandis que la nôtre porte sur l'absorption et la distribution du radiosoufre à un moment donné de la croissance.

2) Pour les mêmes temps de contact avec la solution radioactive, l'intensité de marquage des organes végétaux est toujours nettement plus forte à la suite d'une redistribution (contact avec ^{35}S suivi d'un séjour dans l'eau), qu'après une absorption seule. Toutefois, les autoradiogrammes montrent tous la même tendance dans la répartition du radioélément entre les feuilles des différents étages, décrite plus haut.

3) En général, et à l'exception des feuilles toutes jeunes qui montrent une répartition de l'isotope plutôt uniforme, l'accumulation du ^{35}S est plus prononcée dans le système conducteur (tige, pétioles et nervures) que dans le mésophylle. Quant à la localisation du radioélément dans le limbe foliaire, elle revêt un aspect punctiforme, très caractéristique, qui est surtout distinct sur les autoradiogrammes après la redistribution. LANGSTON qui, à notre connaissance, était le premier à signaler ce phénomène chez la tomate, l'attribue au précipité de sulfate de calcium. Il note la présence de « grains » semblables sur les autoradiogrammes des plantes ayant absorbé le ^{45}Ca . DEJAEGERE, dans son travail sur le cotonnier, attire aussi l'attention sur la répartition punctiforme du ^{35}S dans le mésophylle et l'attribue aux particularités anatomiques de cette espèce : la présence des glandes lysi-gènes nombreuses dans la parenchyme foliaire.

4) On observe les modifications suivantes du type de distribution du ^{35}S , sous l'influence de la carence en soufre :

a) Un contact bref avec ^{35}S (5 mn) marque surtout les tiges des plantes carencées. Leur radioactivité est plus prononcée que celle des tiges témoins. Par contre, les cotylédons, nettement marqués dans le cas des plantes non carencées, restent totalement invisibles sur les autoradiogrammes des plantes carencées. Seules les feuilles les plus jeunes (3^e et 4^e) sont ici marquées par le radiosoufre.

b) Un contact prolongé (15 mn) donne, dans le cas de la déficience en soufre, un marquage très fort des tiges et des feuilles du sommet. Leur radioactivité est de beaucoup supérieure à celle des organes correspondants des plantes non carencées. Toutefois, et contrairement aux plantes non carencées, les cotylédons des plantes carencées contiennent toujours très peu de ^{35}S .

c) C'est surtout à la suite d'une redistribution (contact avec ^{35}S suivie par un séjour dans l'eau) que les tiges et les jeunes feuilles des plantes carencées accumulent des quantités considérables de l'isotope, beaucoup plus importantes que n'importe quel organe des plantes non carencées.

Les deux maxima de radioactivité notés chez les plantes témoins, ne sont pas observés chez les plantes carencées. Ici, la radioactivité des feuilles est toujours inversement proportionnelle à leur âge. Plus la feuille est jeune, plus elle accumule du ^{35}S . Les différences dans l'intensité de marquage des feuilles des divers étages sont spectaculaires, incomparablement plus nettes que chez les plantes non carencées.

d) Contrairement aux autoradiogrammes des plantes témoins, ceux des plantes carencées ne révèlent pas de présence des « grains » du ^{35}S dans le limbe.

L'explication de DEJAEGERE de la répartition punctiforme du ^{35}S dans le parenchyme foliaire par sa constitution anatomique n'est donc, de toute évidence, pas suffisante. Dans notre cas, chez le cotonnier, elle est visiblement liée à la quantité de soufre disponible dans la plante. Toutefois, chez l'arachide (2, 4), nous n'avons, en aucun cas, constaté de répartition punctiforme, LANGSTON l'ayant constaté chez la tomate. Ce mode de localisation paraît donc être lié, d'une certaine manière, à l'espèce.

Nous penchons vers l'explication de LANGSTON de la précipitation du soufre, en ajoutant que cette précipitation n'a lieu que chez certaines espèces et uniquement dans le cas de disponibilité suffisante en soufre.

5) Au jeune stade du développement (le seul étudié chez le cotonnier) l'absorption du ^{35}S se révèle plus rapide et plus intense chez le cotonnier que chez l'arachide.

Résumé

On a étudié à l'aide de la technique autoradiographique l'absorption et la distribution du ^{35}S chez les jeunes plantes de cottonniers carencés et non carencés en soufre. Les temps de contact avec le radioisotope étaient de 1 à 15 minutes et le temps de redistribution, de 24 heures.

Chez les plantes normales, cultivées sur milieu nutritif complet, le type de distribution du ^{35}S est caractérisé par deux zones d'accumulation maximum correspondant, l'une aux cotylédons, l'autre à la feuille du sommet.

Chez les plantes carencées, cultivées sur milieu nutritif sans soufre, la radioactivité des feuilles est une fonction inverse de leur âge. L'intensité de l'absorption et de l'accumulation du radiosoufre par les plantes carencées apparaît toujours de beaucoup supérieure à celle des plantes normales.

En général, et à l'exception des feuilles toutes jeunes qui montrent une répartition de l'isotope plutôt uniforme, l'accumulation du ^{35}S est plus prononcée dans le système conducteur que dans le mésophylle.

Quant à la localisation du radioélément dans le limbe foliaire, elle revêt, chez les plantes normales, un aspect punctiforme très caractéristique. L'explication de ce phénomène est discutée. La répartition punctiforme du ^{35}S n'a pas pu être mise en évidence chez les plantes carencées.

L'absorption du ^{35}S au jeune stade du développement des plantes se révèle plus rapide et plus intense chez le cotonnier que chez l'arachide.

Bibliographie

1. BISWAS B.B., SEN S.P. — Translocation and utilization of sulphate - S^{35} and phosphate - P^{32} in the pea-plant. *Indian J. Plant Physiol.* 2, 1-8, 1959.
2. BRZOZOWSKA J., HANOWER P. — Absorption et distribution du soufre ^{35}S chez quelques cultures tropicales. I - Arachide Oléagineux, 11, 1-10, 1964.
3. DEJAEGERE R. — Distribution du ^{35}S et du ^{32}P chez le cotonnier. *Ann. Physiol. Végét. Univ. Bruxelles*, VIII, fasc. 1, 1-14, 1963.
4. HANOWER P., BRZOZOWSKA J. — Absorption et distribution du ^{35}S chez l'arachide (*Arachis hypogaea* L.). Influence de la carence en S sur le métabolisme des glucides et de l'azote. *Agrochimica*, VIII, 3, 263-274, 1964.
5. HEWITT E. — Sand and water cultures methods used in study of plants nutrition. *Comm. Agr. Bureaux*, n° 22, 187-191, 1952.
6. LANGSTON R. — Distribution patterns of radioisotops in plants. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 68, 370-6, 1956.

Summary

The autoradiographic technique has been used for studying absorption and distribution of ^{35}S in the young cotton plants that are sulphur deficient or not sulphur deficient. The times of contact ranged between 1 and 15 minutes and the time of redistribution amounted to 24 hours.

In normal plants cultivated on a full nutritive medium the type of distribution of ^{35}S is characterized by two maximum sums of accumulation one corresponding to cotyledons, the other to the apex leaf.

In deficient plants cultivated on a nutritive medium without sulphur, leaves radioactivity is an inverse function of their age. The intensity of absorption and

accumulation of radiosulphur by deficient plants always appear far greater than that of normal plants.

Generally and except very young leaves that display a rather uniform distribution of the isotope, the accumulation in ^{35}S is more pronounced in the conductive system than in the mesophyll. As regards the localization of the radioelement in the foliar blade, in normal plants it assumes a very characteristic punctiform aspect. The explanation of this phenomenon is discussed. It has not been possible to put in evidence the punctiform distribution of ^{35}S in deficient plants.

Absorption of ^{35}S at the early stage of plants development appears faster and more intense in cotton than in peanut.

Resumen

Se ha estudiado con ayuda de la técnica autorradiográfica la absorción y la distribución del ^{35}S en las plantas jóvenes del algodón con carencia o sin carencia de azufre. Los tiempos de contacto con el radioisótopo fueron de 1 a 15 minutos y el tiempo de redistribución, de 24 horas.

En las plantas normales, cultivadas en medio nutritivo completo, el tipo de distribución del ^{35}S se caracteriza por dos zonas de acumulación máxima correspondiendo, una a los cotiledones y la otra a la hoja del vértice.

En las plantas con carencia, cultivadas en medio nutritivo sin azufre, la radiactividad de las hojas es función inversa de su edad. La intensidad de la

absorción y de la acumulación del radioazufre por las plantas con carencia se manifiesta siempre muy superior a la de las plantas normales.

En general, y con la excepción de las hojas muy jóvenes que muestran una repartición del isótopo más bien uniforme, la acumulación del ^{35}S es más pronunciada en el sistema conductor que en el limbo foliar, reviste, en las plantas normales, un aspecto punctiforme muy característico. La explicación de este fenómeno es dudosa. La repartición punctiforme del ^{35}S no ha podido manifestarse con evidencia en las plantas con carencia.

La absorción del ^{35}S en la fase joven del desarrollo de las plantas se revela más rápida y más intensa en el algodón que en la aráquida.

COTON

ET

FIBRES TROPICALES

**ABSORPTION ET DISTRIBUTION DU SOUFRE 35
CHEZ QUELQUES CULTURES TROPICALES**

II. - Le Cotonnier

par

J. BRZOWSKA et P. HANOVER

~~O. R. S. I. O. M.
Collection de Référence
n° 69~~

B-20499, ep 2