

ABSORPTION ET DISTRIBUTION DU ^{35}S CHEZ L'ARACHIDE (*Arachis hypogaea* L.). INFLUENCE DE LA CARENCE EN S SUR LE METABOLISME DES GLUCIDES ET DE L'AZOTE

P. HANOWER et J. BRZOWSKA

Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer
Centre Scientifique et Technique - Bondy (Seine)

Le but de nos recherches commencées en 1962, est l'étude du rôle du soufre dans le métabolisme général des plantes tropicales.

Nous avons préalablement étudié le mouvement du soufre dans trois cultures tropicales (arachide, cotonnier, mil). Un aspect nouveau de ce travail est la comparaison, à l'aide de la technique autoradiographique, des « types » d'absorption et de répartition du ^{35}S chez les plantes carencées et non carencées en soufre.

Nous avons étudié ensuite l'influence de la carence en soufre sur le métabolisme de l'azote et des glucides.

Nous donnons ici quelques uns des résultats de ce travail sur l'arachide.

MATÉRIEL ET TECHNIQUE

L'arachide 28.204 a été cultivée en serre, soit sur milieu liquide aéré, soit sur sable (technique par solution récupérée renouvelée toutes les semaines; solution nutritive de Long Asthon^o). Pour la solution sans soufre, le chlorure remplaçait le sulfate.

Une étude autoradiographique a été faite à l'aide de ^{35}S à 1 mCi/l. de solution sur les plantes aux stades de 6 feuilles, de préfloraison et de floraison, carencées ou non en S (absorption: contact radiculaire avec du ^{35}S ; et redistribution: contact radiculaire avec du ^{35}S suivi d'un séjour dans l'eau).

D'autre part, à différents stades de la végétation on a prélevé des échantillons sur lesquels on a effectué entre autres des

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n° *MM* 15076

1 JUIN 1965

27 NOV. 1964

*Bis et
Bancel*

analyses de différentes formes d'azote (N total, N soluble et N protéique, par la méthode de KJELDAHL), des dosages des glucides réducteurs et totaux (par la méthode de SOMOGYI) et des chromatogrammes sur papier des acides aminés libres (chromatographie bidimensionnelle sur papier Whatman n° 1, avec phénol aqueux suivi de butanol acétique; révélation par ninhydrine; identification des acides aminés par co-chromatographie avec des solutions témoins et par des réactions caractéristiques).

A) ABSORPTION ET TRANSLOCATION DU ^{35}S

Personne ne conteste plus aujourd'hui que le soufre est un élément mobile.

Nous savons que l'absorption et la translocation du ^{35}S est extrêmement rapide, quasi instantanée: vitesse mesurée 40 cm/min.⁸⁾. Néanmoins les travaux sur l'absorption et la distribution du soufre chez les plantes révèlent actuellement encore des faits apparemment contradictoires et font ressortir un manque d'interprétation satisfaisante des phénomènes observés^{1), 4), 10), 11), 13)}.

Les résultats obtenus par les auteurs ne sont pas toujours comparables (conditions expérimentales différentes, espèces diverses, etc.).

Résumé de quelques résultats sur l'arachide (résultats détaillés en cours de publication):

1) l'intensité de l'absorption et de l'accumulation du ^{35}S est plus forte au stade jeune de 5-6 feuilles qu'à la floraison;

2) les feuilles jeunes accumulent beaucoup plus de radio-soufre que les feuilles adultes (phénomènes s'accroissant lors de la redistribution);

3) au stade plus avancé du développement, on note l'existence d'un deuxième « pic » de distribution du ^{35}S dans les feuilles médianes 4ème et 5ème;

4) localisation du ^{35}S plus prononcée dans les tissus conducteurs que dans le mésophylle (exception pour toutes jeunes feuilles);

5) modification du type de la répartition de ^{35}S dans la plante sous l'influence de la carence en S se traduisant par:

— un marquage plus faible des feuilles et plus fort des tiges dans les plantes carencées, à la suite d'un bref contact avec ^{35}S ,

— un marquage plus fort des feuilles et surtout des tiges, à la suite d'un contact plus long,

— un marquage des feuilles et des tiges dépassant de beaucoup celui des plantes témoins, lors de la redistribution.

En résumé: Plusieurs facteurs conditionnent l'intensité de l'absorption et la répartition du ^{35}S dans une même espèce. Parmi eux, les plus importants sont: le stade de développement, la nature de l'organe, l'âge de l'organe et le niveau de l'alimentation en soufre.

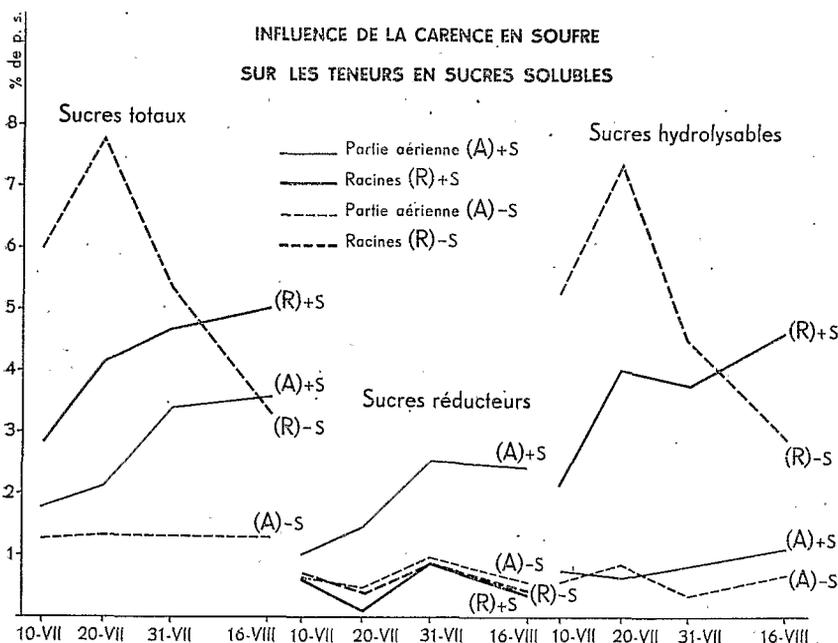
Etant donné l'influence remarquable du soufre sur le métabolisme général de la plante, nous croyons pouvoir émettre une hypothèse de travail que les feuilles de divers étages ont une fonction différente dans le métabolisme du soufre.

B) INFLUENCE DE LA CARENCE EN SOUFRE SUR LE MÉTABOLISME DES GLUCIDES

Les Auteurs ayant travaillé sur l'influence de la carence en soufre sur les glucides des végétaux sont peu nombreux. Leurs travaux se rapportent le plus souvent aux tissus différents de diverses espèces. De ce fait, et bien que tous constatent une altération du métabolisme glucidique, leurs conclusions quant au sens de cette altération ne concordent pas et sont même contradictoires^{5), 6), 7), 14), 17), 19)}.

Dans notre travail, nous avons étudié l'influence de la carence en S sur les sucres solubles de l'arachide à divers stades de sa croissance. Nous avons dosé ces sucres séparément dans les racines et dans les parties aériennes.

Les résultats d'analyses des échantillons prélevés en 1962 aux stades de 6 feuilles (10.VII), de 7-8 feuilles (20.VII), de floraison (31.VII) et de formation des gynophores (16.VIII), sont présentés sur la Figure 1.



1) PLANTES NON CARENCÉES - *Parties aériennes*: augmentation des sucres totaux au cours de la végétation. Les sucres réducteurs, représentant la majeure partie des glucides solubles, augmentent jusqu'à la floraison; à ce moment l'augmentation est aussi la plus importante. Les sucres hydrolysables continuent à augmenter jusqu'à la fin.

Racines: teneur en sucres totaux plus élevée que dans les parties aériennes. Ici également, augmentation des glucides au cours de la croissance. Mais contrairement aux parties aériennes, les sucres des parties souterraines sont représentés en majorité par des diholosides. Les taux des réducteurs sont toujours inférieurs à ceux des parties aériennes.

2) PLANTES CARENCÉES - *Parties aériennes*: les sucres totaux solubles restent au même niveau pendant toute la durée de l'expérience. La fraction des sucres réducteurs augmente légèrement pendant la floraison.

Racines: les sucres totaux augmentent au début d'une façon importante. Au moment de la floraison, fléchissement appréciable s'accroissant encore au dernier stade de l'expérience. La majeure partie des sucres sont des glucides hydrolysables.

En résumé: Dans les parties autotrophes de la plante, toujours moins de glucides solubles chez les plantes carencées que chez les plantes non carencées en S. Dans les parties hétérotrophes, accumulation beaucoup plus importante de sucres solubles chez les plantes carencées et particulièrement aux premiers stades de la végétation.

Cette altération du métabolisme glucidique sous l'action de la carence en S modifie donc le cycle du carbone et s'accompagne de profondes perturbations du métabolisme azoté.

C) INFLUENCE DE LA CARENCE EN S SUR LE MÉTABOLISME AZOTÉ

Divers Auteurs ont montré que le métabolisme azoté des végétaux est profondément altéré par suite d'une carence en soufre ^{2), 3), 5), 6), 12), 14), 15), 16), 17), 18), 19), 20)}.

La déficience en soufre conduit à une accumulation des composés azotés solubles, tandis que la protéogénèse se trouve freinée ou retardée. Certaines modifications de la composition en acides aminés libres et protéiques sont signalées. La nature de ces modifications varie selon les espèces.

Dans notre travail nous avons suivi l'évolution au cours de la croissance des teneurs en N total, en N soluble et en N protéique. Les dosages portaient sur diverses parties de la plante.

Cette étude a été complétée par un examen de la fraction des acides aminés libres sur feuilles, tiges + pétioles, racines, par chromatographie bidimensionnelle sur papier.

I. - DIFFÉRENTES FORMES D'AZOTE

Les résultats d'analyses des échantillons prélevés en 1962 (aux mêmes stades que ceux mentionnés pour les dosages de glucides) sont reproduits sur la Figure 2.

1) PLANTES NON CARENCÉES - *Parties aériennes*: Tendance à la diminution de N tout au long de la végétation. La fraction soluble diminue bien plus rapidement que la fraction protéique. N protéique constitue la majeure partie de N total (84-92%).

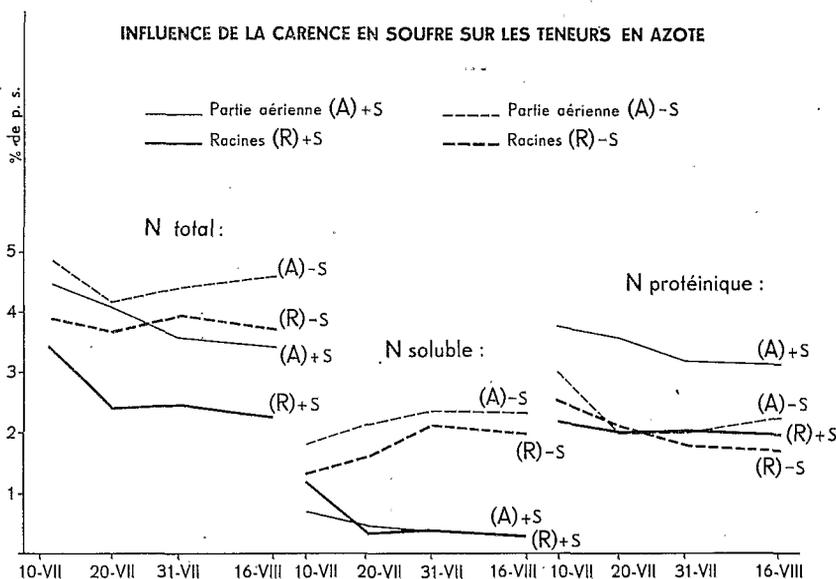


FIG. 2

Racines: Teneurs en N total toujours inférieure à celle des parties aériennes. Après une nette diminution au début de la croissance, le taux de N total reste stationnaire. Cette diminution est liée à une baisse sensible de N soluble, qui ensuite se maintient au même niveau pour décroître lors de la formation des gynophores. La teneur en N protéique reste assez stationnaire tout au long de l'expérience. La majeure partie de N total est représentée par N protéique (64-86%).

2) PLANTES CARENCÉES - *Parties aériennes*: Niveau de N total toujours supérieur à celui des plantes non carencées. La différence, peu sensible au début de la croissance, s'accroît par la suite, N total accusant une légère augmentation. C'est la fraction soluble qui en est responsable. La teneur en N soluble, dès le début de beaucoup supérieure à celle des plantes témoins, croît

légèrement jusqu'à la floraison en conduisant à une différence énorme à la fin de l'expérience. A partir du stade de 7-8 feuilles, N soluble constitue la moitié environ de N total. La fraction protéique, par contre, est diminuée. Après une baisse nette au début de la végétation, N protéique se maintient au même niveau jusqu'à la formation des gynophores.

Racines: Taux en N total reste stationnaire et toujours supérieur à celui des plantes témoins. Ici également, la fraction soluble, qui croît de la même manière que dans les parties aériennes, en est responsable. N soluble constitue une partie importante de N total (34-54%). N protéique diminue tout au long de l'expérience; sa teneur légèrement supérieure à celle des plantes témoins au début de la végétation, se montre inférieure dès la floraison. La différence est modérée.

En résumé: La déficience en soufre se traduit par une altération très profonde de l'équilibre entre les composés azotés solubles (parmi eux les acides aminés libres) et les protéines. La fraction de l'azote soluble est plus atteinte que celle de l'azote protéique. L'augmentation de la teneur en composés azotés solubles dépasse de beaucoup la réduction du taux des protéines. Les parties aériennes sont plus affectées que les racines. La carence en S a réduit évidemment la croissance qui en fin d'expérience était en poids sec de 11,37 g contre 1,47 g pour la partie aérienne. Malgré cette différence, les quantités totales d'azote soluble accumulées par les plantes carencées ont été égales à celles des plantes non carencées, 35 et 33 mg respectivement.

II. - ACIDES AMINÉS LIBRES

La comparaison de la taille et de l'intensité de coloration des taches révélées sur les chromatogrammes des plantes carencées et non carencées en S permet une estimation des quantités relatives des acides aminés présents par rapport au poids frais. On a trouvé que la déficience en soufre modifie la composition en acides aminés libres de toutes les parties de la plante examinée: feuilles, tiges+pétioles et racines. Son effet se traduit par:

— une accumulation considérable de l'arginine qui est l'acide aminé prédominant chez les plantes carencées. Chez les plantes témoins elle est soit absente, soit présente en quantité trace;

— une augmentation très distincte de la teneur en asparagine;

— une diminution ou disparition de la cystéine;

— une diminution de la teneur en acide glutamique.

De plus, parmi les taches non identifiées (N), deux au moins sont présentes uniquement sur les chromatogrammes des plantes carencées (Fig. 3 et 4).

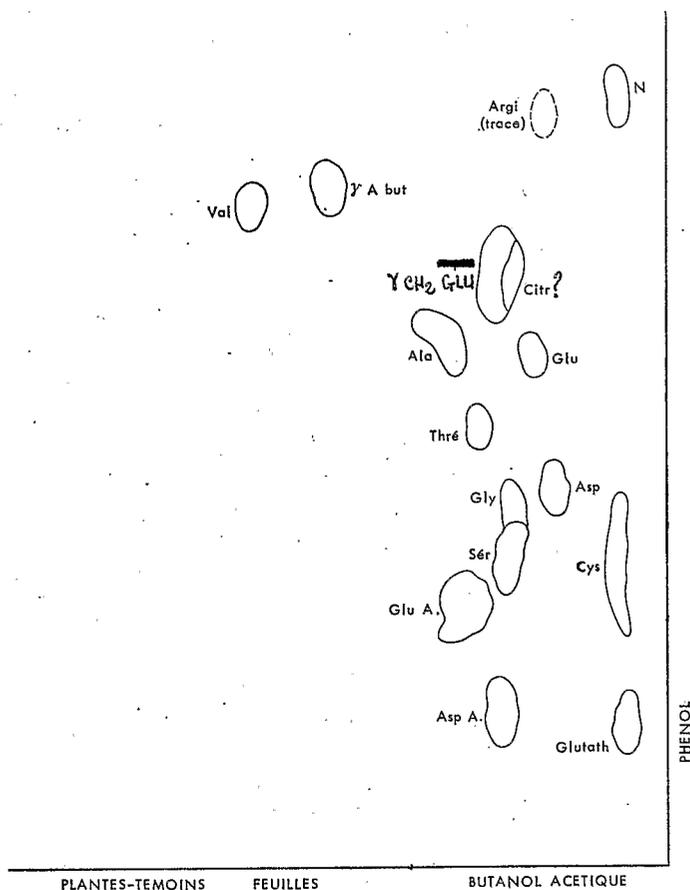


FIG. 3

Ces quelques résultats rendent compte du rôle essentiel joué par le soufre dans l'élaboration de la matière vivante. Ce rôle est à la fois énergétique et enzymatique.

Une déficience en S se traduit par une modification importante de l'absorption et du type de distribution du ^{35}S .

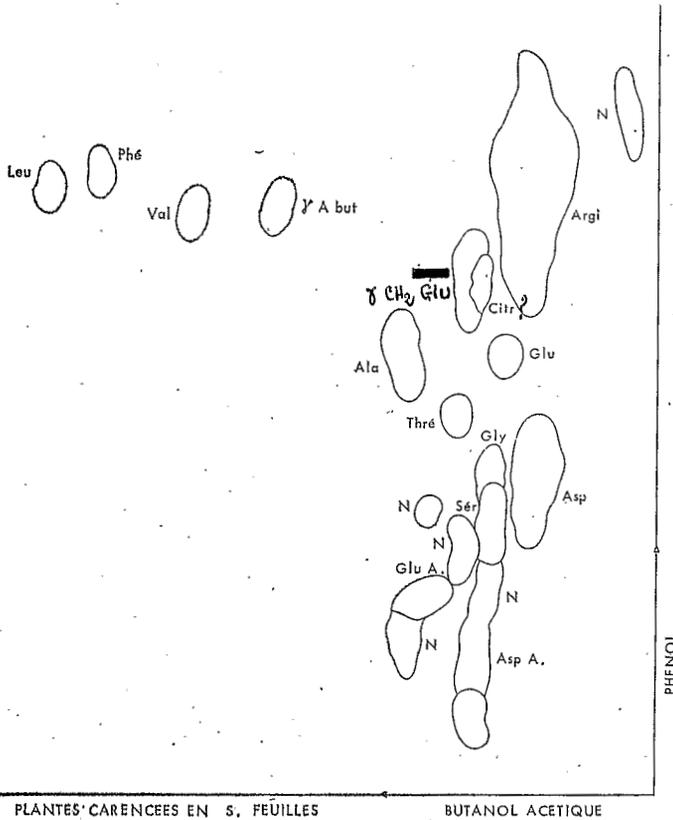


FIG. 4

Le soufre indispensable aux niveaux des réactions fondamentales, influence d'une façon profonde les synthèses et les transformations des principes immédiats.

Les métabolismes glucidiques et azotés sont en liaison étroite et ont une forte influence réciproque. Il existe visiblement dans les parties vertes de la plante une relation N soluble-sucre soluble. A une augmentation considérable des composés azotés solu-

bles sous l'effet de la déficience en S correspond une réduction sensible de la teneur en glucides solubles. L'équilibre entre les acides aminés libres et protéiques se trouve modifié.

Comme d'autres Auteurs nous retrouvons une perturbation dans le métabolisme des acides aminés libres se traduisant ici principalement par une accumulation d'arginine et d'asparagine.

Nous tenons à exprimer toute notre gratitude à Monsieur Pierre PREVOT qui en tant que Chef de la Division d'Agrophysiologie de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer nous a inspiré et aidé dans notre travail.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) BIDDULPH O., BIDDULPH S., CORY R., KOONTZ H.: Circulation patterns for phosphorus, sulfur and calcium in the bean plants. *Plant Physiol.*, 33, 293 (1958).
- 2) COIC Y., FOUCONNEAU G., PION R.: Variation de la composition en acides aminés de « la » protéine foliaire et de « celle » du grain d'orge sous l'effet d'une carence en soufre. *Bull. Document. (Ass. Inter. Fabric. Superphosph.)*, 34, 1 (1963).
- 3) COLEMAN R. G.: The effect of sulfur deficiency on the free amino acids of some plants. *Austr. Journ. Biol. Sci.*, 10, 50 (1957).
- 4) DEJAEGERE R.: Distribution du ^{35}S et du ^{32}P chez le cotonnier. *Ann. Physiol. Végét. Univ. Bruxelles*, 8, 1 (1963).
- 5) EATON S. V.: Effects of sulfur deficiency on growth and metabolism of tomato. *Bot. Gaz.*, 112, 300 (1951).
- 6) ERGLE P., EATON F.: Sulfur nutrition of cotton. *Plant. Physiol.*, 26, 639 (1951).
- 7) GUNNARSSON O.: Some data from pot and field experiments with sulphur. *Grundförbatting*, 13, 13 (1960).
- 8) HANOWER P., BRZOWSKA J., PREVOT P.: Vitesse d'absorption et de translocation du ^{35}S chez l'arachide. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 257, 496 (1963).
- 9) HEWITT E.: Sand and water cultures methods used in study of plant nutrition. *Comm. Agr. Bureaux, J. B. Sc. Ph. D.A.K.C.*, p. 189.
- 10) I.R.H.O.: Rapport annuel, 42 (1960).
- 11) LANGSTON R.: Distribution patterns of radioisotops in plants. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 68, 370 (1956).
- 12) MERTZ E. T., MATSUMOTO H.: Further studies on the amino-acids and proteins of sulfur deficient Alfalfa. *Arch. Biochem. and Biophys.*, 63, 50 (1956).
- 13) MITSUI S., KUMAZAWA K., MAESAWA T.: The dynamic status of chlorine and sulfur in the plants. *J. Sci. Soil*, Tokyo, 32, 121 (1961).
- 14) NIGHTINGALE G. T., SCHERMER HORN L. G., ROBBIN W. R.: Effects of sulphur deficiency on metabolism in tomato. *Plant. Physiol.*, 7, 565 (1932).

- 15) STEWARD F. C., BIDWELL R. G. S.: Amino-acids pools. Amsterdam-New-York, 667 (1962).
- 16) STEWARD F. C., CRANE F., MILLAR K., ZACHARIUS R. M., RABSON R., MARGOLIS P.: Nutritional and environmental effects on the nitrogen metabolism of plants. *Symposia Soc. Exp. Biol.*, 13, 148 (1959).
- 17) RENDIG V. V., Mc COMB E. A.: Effect of nutritional stress on plant composition. *Plant and Soil*, 14, No 2, 176 (1961).
- 18) THOMPSON J. F., MORRIS C. J., GERENG R. K.: The effect of mineral supply on the amino-acids composition of plants. *Anal. Plant Mater. Veg.*, 6, 261 (1960).
- 19) TOKOHATA A.: The effects of sulphate and chloride on carbohydrate metabolism in soybean leaves especially in relation to enzym activity. *J. Sci. Soil.*, 31, 83 (1960).
- 20) TOKUNAGA Y.: The influence of sulphur on rice growth. *J. Sci. Soil. Tokyo*, 30, 171 (1959).

RÉSUMÉ

Dans une première étape nous avons étudié la vitesse d'absorption, la translocation et la redistribution du soufre (³⁵S) chez l'arachide carencé ou non en cet élément (plantes cultivées en serre sur milieu liquide aéré, ou sur sable). Autoradiographie des différentes parties de plantes, à différents stades de la végétation illustrent les résultats.

Nous avons ensuite étudié l'influence de la carence en soufre sur la composition glucidique ainsi que sur le métabolisme azoté de l'arachide.

Dosage de N total, N soluble, sucres réducteurs et hydrolysables et chromatographies sur papier des glucides solubles et des acides aminés libres ont été réalisées. Ces déterminations ont été effectuées sur des lots de plantes récoltées à 4 stades différents de leur croissance. Ces plantes ayant été préalablement divisées en racines et parties aériennes.

Les résultats présentés sous forme de graphiques sont discutés.

SUMMARY

After a study of the rate of uptake, the removal and distribution of sulphur (³⁵S) in the peanut showing more or less sulphur deficiency on the glucidic composition and on the nitrogenous metabolism of the peanut, was studied.

Researches were carried out in greenhouses with plants grown in liquid aerated matter or in sand. The obtained data resulted from autoradiograms of the different parts of the plant during the vegetative period and also from the determinations of total and soluble nitrogen and sugars. Paper-chromatographie of soluble carbohydrates and free amino-acids were carried out on groups of plants in four different stages of growth, analysing roots and aerial parts. The results are finally discussed.

ZUSAMMENFASSUNG

Wir haben in einer ersten Periode die Absorptionsgeschwindigkeit, die Verlagerung und die Wiederverteilung von Schwefel (^{35}S) in der Erdnungsspflanze studiert mit und ohne Mangel an diesem Element (im Glashaus in belüfteter Nährlösung oder auf Sand gezogene Pflanze). Autoradiogramme der verschiedenen Pflanzenpartien in verschiedenen Vegetationsstadien.

Hierauf haben wir den Einfluss des Schwefelmangels auf die Glucide sowie auf den Stickstoffhaushalt der Erdnuss studiert.

Bestimmung des Gesamt- und löslichen Stickstoffes, reduzierenden und hydrolysierbaren Zucker, Papierchromatogramme der löslichen Glucide und der freien Aminosäuren wurden hergestellt. Diese Bestimmungen wurden in Pflanzenproben in 4 verschiedenen Wachstumsstadien, durchgeführt. Diese Pflanzen wurden vorher in Wurzeln und oberirdische Teil aufgeteilt.

Die in graphischen Darstellungen wiedergegebenen Resultate werden besprochen.

RESUMEN

Después de haber estudiado la velocidad de absorción, la translocación y la redistribución del azufre (^{35}S) en las plantas de los cacahuets, carentes o no de azufre, los Autores han investigado la influencia de la falta del mismo, tanto en la composición glucídica de las culturas como en el metabolismo del nitrógeno en las plantas de los cacahuets.

Los experimentos fueron realizados en invernaderos, con plantas cultivadas en un medio líquido ventilado, o en arena. Autoradiogramas de las diferentes partes de las plantas en fases de vegetación diversas, dosificación del nitrógeno total y soluble de los azúcares fueron empleadas. Fueron, además, llevadas a cabo las cromatografías, en papel, de glúcidos solubles y amonoácidos libres en lotes de plantas cortadas en cuatro momentos diferentes de su crecimiento, analizando por separado las raíces y las partes aéreas.

Por último se discuten los resultados.

RIASSUNTO

Dopo avere studiato la velocità di assorbimento, la traslocazione e la redistribuzione dello zolfo (^{35}S) nell'arachide più o meno solfocarente gli Autori indagarono l'influenza della zolfo carenza sia sulla composizione glucidica che sul metabolismo azotato dell'arachide.

Le prove vennero condotte in serra su piante coltivate in mezzo liquido aereo o su sabbia ed i risultati illustrati da autoradiogrammi delle diverse parti delle piante in stadi vegetativi differenti e dalle determinazioni dell'azoto totale e solubile, e degli zuccheri riduttori. Sono state eseguite inoltre le cromatografie su carta dei glucidi solubili e degli aminoacidi liberi su lotti di piante raccolte a quattro diversi stadi della loro crescita, analizzando separatamente le radici e le parti aeree.

Vengono infine discussi i risultati.

Lavoro presentato al V Simposio Internazionale di Agrochimica su « Lo zolfo in agricoltura ». Palermo, 16-21 marzo 1964.

AGROCHIMICA

Rivista internazionale
di Chimica vegetale, Pedologia e Fertilizzazione del suolo



P. HANOWER et J. BRZOWSKA

Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer
Centre Scientifique et Technique - Bondy (Seine)

ABSORPTION ET DISTRIBUTION DU ^{35}S CHEZ L'ARACHIDE (*Arachis hypogaea* L.). INFLUENCE DE LA CARENCE EN S SUR LE METABOLISME DES GLUCIDES ET DE L'AZOTE

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n° 15076. ex 1