

Influence de la déficience en soufre sur la composition des protéines de l'arachide

P. HANOWER et J. BRZOZOWSKA

Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, Bondy

INTRODUCTION. — Il est bien connu que la déficience en soufre des végétaux provoque une accumulation des composés azotés solubles et un freinage de la protéosynthèse. Ce sont principalement les molécules riches en azote — qui s'accumulent. Chez l'arachide, ainsi que nous l'avons constaté^{7), 8)}, c'est l'asparagine et surtout l'arginine.

D'autre part, sous l'influence de la déficience en soufre, la teneur en cet élément de tous les organes végétaux baisse sensiblement. Cette baisse concerne non seulement les composés soufrés soluble mais aussi le soufre protéique.

Peut-on expliquer l'accumulation de l'arginine libre par le freinage de la protéosynthèse? La déficience en soufre se répercute-t-elle sur la composition des protéines?

On admet généralement que la composition des protéines est relativement stable. On trouve, cependant, dans la littérature des travaux signalant certaines modifications de la composition des protéines sous l'influence de la déficience en soufre. Ainsi, ERGLE et EATON⁵⁾ observent les variations de la teneur en soufre des protéines chez le cotonnier cultivé sur des milieux de plus en plus pauvres en sulfate. Les protéines foliaires s'enrichissent en soufre tandis que sa teneur diminue dans les tiges. MERTZ et MATSUMOTO¹¹⁾, à la suite d'une étude sur la luzerne, concluent que l'accumulation de l'asparagine et de l'arginine dans la fraction soluble est compensée par une diminution de leur teneur dans les protéines. THOMPSON et coll.¹³⁾ étudient l'effet des diverses carences minérales sur la composition en acides aminés de la fraction soluble et protéique chez le navet. Ils ne trouvent pas des différences sensibles entre les teneurs en méthionine des protéines de feuilles +S et -S. FUJIWARA et TORII⁶⁾ ont étudié l'effet de la déficience en soufre

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

Collection de Référence

n° 13169

14 AVR. 1969

sur les fractions cellulaires de six espèces végétales (betterave, tomate, blé, riz, soja, orge). Selon ces auteurs la déficience provoque une réduction pondérale de la fraction des protéines cytoplasmiques sans pour autant affecter leurs teneurs en N, P, et S. CRANE et STEWARD⁴⁾, tout en soulignant la stabilité de la composition des protéines de la menthe soumise à des carences minérales diverses, notent cependant certaines variations possibles dans les proportions des acides aminés particuliers; le carence en soufre pouvant provoquer un enrichissement des protéines en arginine. Coïc et coll.³⁾ trouvent que sous l'influence de la déficience en soufre l'acide aspartique augmente et la cystine diminue dans les protéines de l'orge. JORDAN¹⁰⁾, à la suite des expériences sur l'avoine cultivée sur un sol déficient en soufre avec et sans apport extérieur en cet élément, démontre que les proportions des acides aminés dans les protéines de plantes +S et -S restent sensiblement les mêmes. ALLAWAY et THOMPSON¹⁾ partagent l'opinion selon laquelle la composition des protéines est considérée comme étant stable et peu dépendante des variations du régime nutritionnel de la plante. En cas d'alimentation insuffisante en soufre les concentrations de tous les acides aminés protéiques, y compris les acides aminés soufrés, tendent à diminuer dans la même proportion. WILLENBRINK¹⁴⁾ étudie les chloroplastes isolés des feuilles de tomate. Il constate que la déficience en soufre modifie peu le rapport $\frac{S \text{ protéique}}{N \text{ protéique}}$ dans les chloroplastes tout en provoquant une baisse sensible de la teneur en S des protéines cytoplasmiques.

Dans la présente étude sur l'influence de la déficience en soufre sur la composition des protéines de l'arachide, nous avons pris en considération deux indices: la teneur en soufre et la teneur en arginine des protéines.

MATÉRIEL ET TECHNIQUE. — L'arachide 28-204 a été sélectionnée par le C.R.A. de Bambey (Sénégal). Nous avons choisi pour les semis des graines pesant entre 400 et 500 mg, lesquelles étaient les plus représentatives, constituant plus du tiers du lot initial.

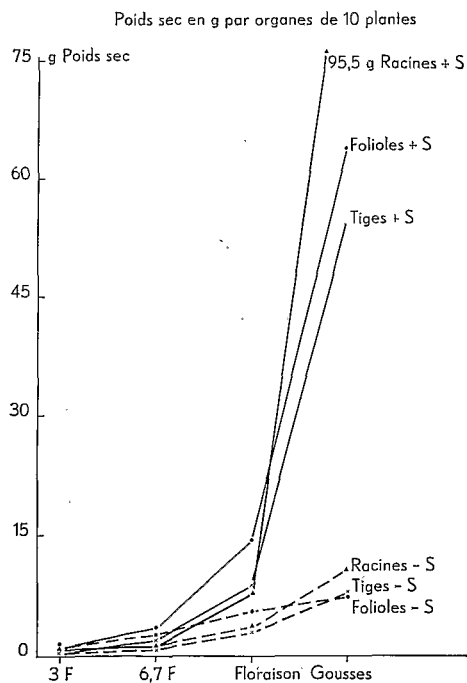
Les cultures ont été effectuées en serre à Bondy, en pots, sur sable. Au stade de 2-3 feuilles, deux régimes nutritionnels ont été appliqués: la solution nutritive complète de Long Ashton⁹⁾ et la solution sans soufre où l'ion chlorure remplaçait l'ion sulfate. L'irrigation et l'aération s'effectuaient automatiquement. Chaque nuit les solutions étaient récupérées, complétées à leur volume initial et homogénéisées. De ce fait les concentrations en sels étaient

rigoureusement les mêmes dans chaque pot et pour chacun des lots. Les renouvellements des solutions étaient réalisés toutes les semaines.

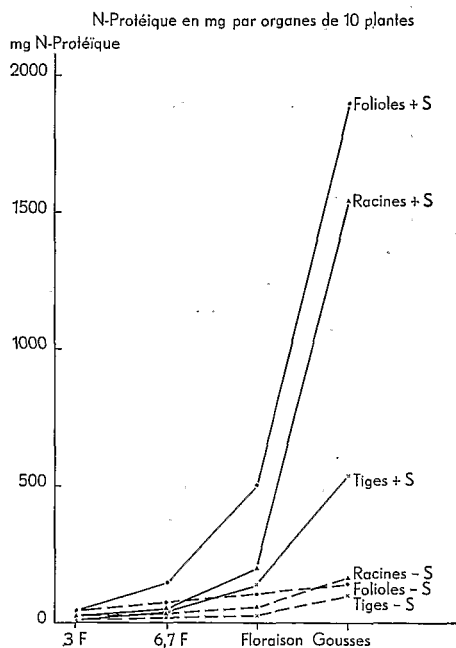
En vue des analyses, des prélèvements ont été effectués aux différents stades de la végétation à raison de deux échantillons par traitement nutritionnel. Chaque échantillon a été constitué par 10 plantes.

Immédiatement après les récoltes les plantes ont été introduites dans une enceinte réfrigérée à -20°C , congelées, fractionnées en divers organes et lyophilisées. Les poudres végétales ont été conservées à froid, sous vide. La séparation en fractions soluble et protéique a été réalisée par des nombreuses extractions à froid, d'abord à l'alcool à 95°C , ensuite à l'alcool aqueux à 80° . Le soufre a été dosé par néphélométrie, après calcination du résidu insoluble en présence de nitrate de magnésium selon la méthode A.O.A.C. ²⁾ et la précipitation du sulfate sous forme de SO_4Ba . Le dosage de l'arginine a été effectué sur hydrolysats des résidus insolubles (hydrolyse pendant 24 heures dans un bain d'huile à 120°C par l' HCl 6N) par le chloro-4 méta-crésol, en présence d'hypobromite de sodium ¹²⁾. L'azote a été dosé par la microméthode de Kjeldahl.

RÉSULTATS ET DISCUSSION. — Nous avons porté sur le Graphique 1 les poids secs en g par organes de dix plantes +S et -S à chacun des quatre stades de la végétation et sur le Graphique 2 — les résultats des dosages de l'azote insoluble exprimés en mg par organes de dix plantes +S et -S aux mêmes stades.



Graphique 1.



Graphique 2.

L'analyse des courbes montre que la déficience en soufre entraîne une baisse considérable de la croissance globale et de la teneur en protéines. Les différences pondérales deviennent particulièrement sensibles à partir de la floraison et, au moment de la formation des gousses, les trois organes des plantes +S pèsent huit fois plus que les organes correspondant des plantes -S. Ce chiffre monte à quinze si l'on prend en considération tous les organes de la plante dont nous n'apportons pas ici les détails. La teneur en azote protéique est au même stade dix fois plus élevée dans les trois organes +S et dix-huit fois plus élevée pour la plante entière en comparaison avec la plante -S.

Nous avons consigné dans le tableau les chiffres représentant les rapports S/N et N-arginine/N. Ces rapports mettent en lumière les variations dans la composition des protéines.

Teneurs des protéines en soufre et en arginine, exprimées en mg de S. par g de N. et en g de N-arginine par 100 g de N.

Stade du développement		Organes végétaux							
		Folioles des tiges principales		Tiges principales + Pétioles		Tiges laterales + Feuilles		Racines	
Plantes sur H ₂ O									
3 Feuilles	Soufre N-arginine	47,6 15,62		39,7 14,54		-- —		48,8 13,82	
Plantes sur solutions nutritives +S et -S									
		+ S	- S	+ S	- S	+ S	- S	+ S	- S
6-7 Feuilles	Soufre	54,0	43,0	49,0	40,0	45,0	41,2	68,7	48,0
	N-arginine	14,83	15,32	14,48	18,51	13,68	16,26	11,49	10,98
Floraison	Soufre	57,0	40,9	53,1	33,3	54,2	39,6	73,1	41,3
	N-arginine	14,93	20,30	14,00	22,93	13,77	16,73	11,57	12,56
Gousses	Soufre	64,4	39,9	62,6	30,6	60,2	38,4	91,5	42,1
	N-arginine	15,64	21,28	20,40	29,03	19,81	19,39	12,07	13,49

En suivant l'évolution, au cours de la végétation, des teneurs en soufre des protéines chez les plantes +S, on constate qu'ils augmentent avec l'âge des organes. Ceci vient du fait que les teneurs en S baissent plus lentement que les teneurs en N.

Dans les organes déficients le rapport S/N est toujours inférieur à celui des organes correspondants des plantes +S. La déficience en soufre, tout en provoquant une chute des teneurs en S et en N, fait davantage baisser celles du soufre que celles de l'azote. Par conséquent, les protéines des plantes déficientes sont moins riches en soufre que celles des plantes +S.

En considérant à présent les teneurs des protéines en arginine on constate qu'à l'exception des tiges au stade de la formation des gousses, les valeurs ne varient pratiquement pas au cours de la végétation. C'est que l'évolution des teneurs en arginine est presque parallèle à celle de l'azote. Il n'en est pas de même pour les plantes —S. Pour ces dernières et dans tous leurs organes présentés ici, les rapports Arginine/N vont en augmentant. Ils deviennent nettement supérieurs pour les plantes —S en comparaison avec les plantes +S. Autrement dit, les protéines chez les plantes —S s'enrichissent progressivement en arginine et finissent même par en contenir davantage que les plantes +S.

En résumé, le tableau montre que la déficience en soufre a entraîné des modifications de la composition des protéines lesquelles deviennent moins riches en soufre et plus riches en arginine.

Du point de vue de la teneur en arginine, les racines sont les moins affectées.

Nous tenons à exprimer notre gratitude à M. le Professeur C. LIORET pour l'intérêt qu'il a porté à notre travail et pour les remarques qu'il a bien voulu formuler à son sujet.

Nous remercions de même M. R. CHEZEAU, Mlle H. LEBLANC et Mme D. RAILLOT, techniciens du Laboratoire du Métabolisme, pour l'aide qu'ils nous ont apportée dans la préparation du matériel végétal et l'exécution des analyses.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) ALLAWAY W. H. et THOMPSON J. F.: Sulfur in the Nutrition of Plants and Animals. *Soil Sci.*, 101, 240 (1966).
- 2) CHILLO P., CLIFFORD P. A. and REYNOLDS H.: Methods of Analysis A.O.A.C., 106 (1965).
- 3) COÏC Y., FOUCONNEAU G., PION R., LESAINTE C. et GODEFROY S.: Influence de la déficience en soufre sur l'absorption des substances minérales et le métabolisme de l'azote et des acides organiques chez l'orge. *Ann. Physiol. Vég.*, 4, 295 (1962).
- 4) CRANE F. A. et STEWARD F. C.: Effects of Acute Deficiency of Specified Nutrients on *Mentha piperita* L. *V-Memoir* 379, p. 114, Cornell University Agricultural Experiment Station, New York State College of Agriculture, Ithaca (1962).
- 5) EGGLE D. R. et EATON F. M.: Sulphur Nutrition of Cotton. *Plant Physiol.*, 26, 639 (1951).
- 6) FUJIWARA A. et TORII K.: Physiology of sulfate on higher plants. I. - Effect of sulfur deficiency on metabolism of higher plants. *Tohoku J. Agric. Res.*, 12, 277 (1961).
- 7) HANOWER P. et BRZOWSKA J.: Absorption et distribution du ³⁵S chez l'arachide (*Arachis hypogaea* L). Influence de la carence en S sur le métabolisme des glucides et de l'azote. *Agrochimica*, 8, 264 (1964).
- 8) HANOWER P. et BRZOWSKA J.: Evolution de l'arginine libre chez l'arachide déficiente ou non en soufre. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 263, 1969, Sér. D (1966).
- 9) HEWITT E. J.: Sand and water culture methods used in study of plant nutrition. *Commun. Agr. Bureaux, J. B. Sc. Ph. D.A.K.C.*, 189 (1952).
- 10) JORDAN H. V.: Sulfur as a Plant Nutrient in the Southern United States. *U.S. Dep. Agr. Tech. Bull.*, 1297 (1964).
- 11) MERTZ E. T. et MATSUMOTO H.: Further studies on the Amino Acids and Proteins of Sulfur-Deficient Alfalfa. *Arch. Biochem. Biophys.*, 63, 50 (1956).

- ¹²⁾ STARON T., ALLARD C., CHAMBRE M. M., NGUYEN DAT XUONG: Sur une méthode de dosage de l'arginine et des groupements guanidyles dans les milieux biologiques et dans les protéines. *C.R. Acad. Sc. Fr.*, 257, 2552 (1963).
- ¹³⁾ THOMPSON J. F., MORRIS C. J. et GERING R. K.: The effect of mineral suply upon the amino acid composition of plants. *Qualitas Plantarum et Materiae Vegetabiles*, 6, 261 (1960).
- ¹⁴⁾ WILLENBRINK J.: Über Beziehungen zwischen Proteinumsatz und Schwefelversorgung der Chloroplasten. *Z. Pflanzenphysiol.*, 56, 427 (1967).

RÉSUMÉ — Les plantes d'arachide cultivées en serre sur sable, sur solutions nutritives +S et —S ont été récoltées à divers stades de la végétation, fractionnées à froid en différents organes et lyophilisées.

On apporte ici les résultats des dosages relatifs à l'azote, au soufre et à l'arginine.

L'influence de la déficience en soufre sur la diminution de l'azote protéique se trouve une fois de plus confirmée. Chez les plantes —S la quantité des protéines dans tous les organes et à tous les stades de la végétation est nettement inférieure à celle des plantes +S. A la fin de l'expérience, au stade de la formation des gousses, elle est environ dix fois plus faible pour les trois organes prises ensemble.

La déficience en soufre entraîne une diminution de la teneur en soufre des protéines de tous les organes et une augmentation de la teneur en arginine des protéines de l'appareil aérien.

SUMMARY — In this report are referred the dosages relative to nitrogen, sulphur and arginine of peanut plants cultivated in greenhouse on the sand, with nutritive solutions +S and —S, picked at different vegetative stages, fractionated at cold in the different organs and liophylized.

The sulphur carence influences on the reduction of nitrogen proteic. In that case the quantity of proteins in all the organs and in all the vegetative stages results clearly inferior than in the plants +S. At the end of the experiment, in the stage of formation of the legumes the quantity of protein results about ten times lower.

The sulphur carence determines a diminution of sulphur in proteins of all the organs and an increase of the amount in arginine in the proteins in the aerial apparatus of the plant.

ZUSAMMENFASSUNG — Hier werden die relativen Dosierungen des Stickstoffes, des Schwefels und des Arginins von unter Glas auf Sand kultivierten Erdnüssen mit Nährlösungen mit +S und —S mitgeteilt, geerntet in verschiedenen vegetativen Stadien, kalt extrahiert aus verschiedenen Organen und Geweben. Der Schwefelmangel beeinflusst die Abnahme des Proteinstickstoffes. Dabei ergibt sich in allen Organen und allen Wachstumsstadien eine geringere Menge Protein gegenüber den Pflanzen mit +S. Am Ende des Versuches, im Stadium der Hülsenbildung, ist die Eiweissmenge rund 10 mal tiefer. Der Schwefelmangel bedingt eine Abnahme des S im Protein aller Organe und eine Zunahme des Arginingehaltes der Proteine im Oberirdischen Teil der Pflanzen.

RESUMEN — Se refieren aquí las dosis relativas al nitrógeno, al azufre y a la arginina de plantas de aráquides cultivadas en invernadero en arena, con soluciones nutritivas +S y —S, recogidas en diferentes estadios vegetativos, fraccionadas en frío en los diferentes órganos y liofilizadas.

La carencia de azufre influye en la disminución del nitrógeno proteínico. In dicho caso, la cantidad de proteínas in todos los órganos y en todos los estados vegetativos resulta claramente inferior a la de las plantas +S. Al final del experimento, en el momento de la formación de las legumbres, la cantidad de proteínas resulta unas diez veces menor.

La carencia de azufre determina una disminución de azufre en las proteínas de todos los órganos y un aumento del tenor de arginina en las proteínas presentes en el aparato aéreo de la planta.

RIASSUNTO — Si riferiscono qui i dosaggi relativi all'azoto, allo zolfo ed alla arginina di piante di arachide coltivate in serra su sabbia, con soluzioni nutritive +S e —S, raccolte in diversi stadi vegetativi, frazionate a freddo nei differenti organi e liofilizzate.

La zolfo-carencia influisce sulla diminuzione dell'azoto proteico. In tal caso la quantità di proteine in tutti gli organi ed in tutti gli stadi vegetativi risulta nettamente inferiore a quella delle piante +S. Alla fine dell'esperienza, nello stadio di formazione dei legumi, la quantità di proteina risulta circa dieci volte piú bassa.

La carencia di zolfo determina una diminuzione di zolfo nelle proteine di tutti gli organi ed un aumento del tenore in arginina nelle proteine presenti nell'apparato aereo della pianta.

AGROCHIMICA

Rivista Internazionale
di Chimica vegetale, Pedologia e Fertilizzazione del suolo



**Influence de la déficience en soufre
sur la composition des protéines de l'arachide**

P. HANOWER et J. BRZOZOWSKA

Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, Bondy

CR/3169