

Action de la concentration en manganèse de la solution nutritive sur le comportement de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.)

R. BÉNAC (1)

Résumé. — L'arachide, *Arachis hypogaea* L., a été cultivée en serre, pendant un cycle complet de végétation, sur sable et solution de Hoagland plus ou moins enrichie en Mn (0,2 à 160 ppm). Une concentration dans le milieu d'environ 20 ppm est nécessaire pour provoquer une diminution significative de la croissance pondérale et de la production de fruits. Des nécroses apparaissent sur les feuillés quand le taux de Mn atteint dans ces organes une valeur voisine de 4 000 ppm. La sensibilité de l'arachide à l'égard des doses élevées de Mn peut être considérée comme modérée.

Comparée à d'autres plantes, l'arachide absorbe beaucoup de Mn ; l'absorption augmente très rapidement en fonction de la concentration dans le milieu jusqu'aux alentours de 40 ppm, plus lentement ensuite. L'examen des taux atteints dans les différents organes, en fonction du temps et de la concentration, montre que, sauf en début de végétation, on n'observe aucune rétention dans les racines, tiges ou pétioles ; des quantités importantes de Mn s'accumulent dans les feuilles.

Mots clés : Arachide, Nutrition minérale, Manganèse, Tolérance, Croissance.

INTRODUCTION

Les diminutions de rendement des cultures d'arachide implantées depuis longtemps sur les mêmes sols ont souvent été imputées à la toxicité du Mn [Prévoit et Ollagnier, 1955 ; Poisson, 1961].

Signalée tant en zone tropicale qu'en pays tempérés sur cotonnier [Franquin, 1958 ; Poisson, 1961], haricot [Fergus, 1954], pomme de terre, avoine [Coppinet, 1959, 1960], tabac [Hiatt, 1963, etc.], cette toxicité est reconnue comme une des causes principales des troubles observés sur sols acides [Olsen, 1936].

Nous avons cherché à préciser le comportement de l'arachide à l'égard du manganèse et les limites de sa tolérance en étudiant, sur des cultures faites en pots et sur sable, l'absorption et la répartition de cet élément dans les différents organes et son influence sur la croissance et le développement.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Nous avons utilisé l'arachide var. Bambey 28-204.

Les plantes ont été cultivées sur sable grossier, en pots « Riviera », en présence d'une solution nutritive dont la composition est indiquée par le tableau I (trois plantes et 10 l de solution par pot, percolation à liquide récupéré, irrigation de 9 h à 17 h, aération le reste du temps ; renouvellement de la solution : tous les 10 jours en début de culture, deux fois par semaine en fin de végétation).

TABLEAU I
Composition de la solution nutritive

Macroéléments mé l ⁻¹		Microéléments ppm	
NO ₃ ⁻	15	Zn	0,34
PO ₄ H ₂ ⁻	1	Cu	0,07
SO ₄ ⁻	2	B	0,15
K ⁺	6	Mo	0,06
Ca ⁺⁺	10	Mn	0,18
Mg ⁺⁺	2		

Pour éviter, en présence de fortes doses de Mn, l'interférence d'une carence en Fe [Levêque, 1959], cet élément est apporté sous forme de chlorure ferreux ammoniacal à la concentration de 10 ppm.

Vingt-sept jours après le semis, du manganèse est ajouté à la solution témoin de base (T) sous forme de MnCl₂, 4 H₂O de manière à réaliser les gammes suivantes :

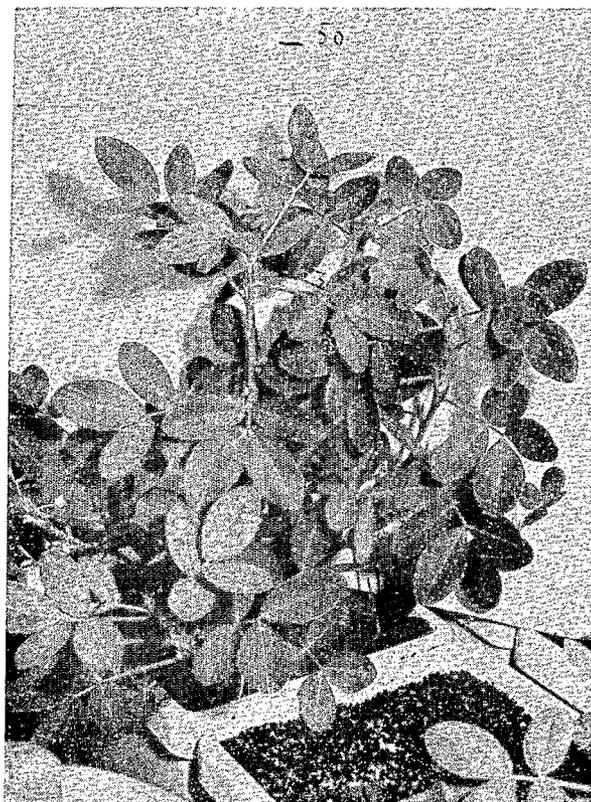
T 10 20 40 80 160 ppm

Des apports de HCl 0,1 N assurent à tous les traitements la même concentration en ions Cl⁻ (203 ppm).

En cours de culture, le pH est maintenu entre 4,8 et 5,2 (Mn restant sous forme divalente jusqu'à pH 5,8) par addition de SO₄H₂ N/50.

Chaque traitement est répété six fois.

Les plantes ont été cultivées en serre, de juillet à novembre, à l'O. R. S. T. O. M. (Services Scientifiques Centraux de Bondy). Les conditions de l'environnement (température : 18 à 24° ; humidité relative : 40 à 60 % ; éclairage naturel avec lumière d'appoint) ont été satisfaisantes ; la plante a eu un port rampant et ramifié (Fig. 1 ci-dessous).



1) Maître de recherches à l'O. R. S. T. O. M., Paris (France).

O. R. S. T. O. M. 31 AOUT 1977

Collection de Référence

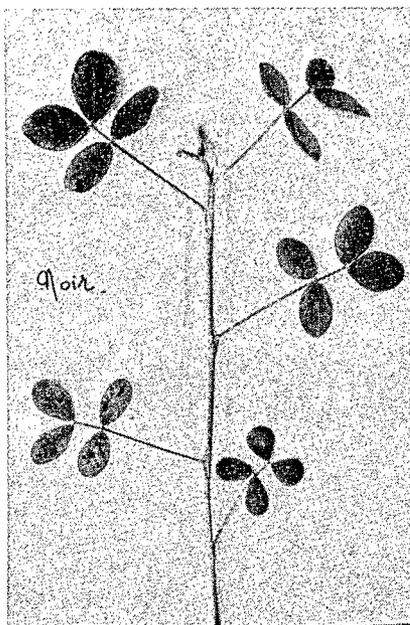
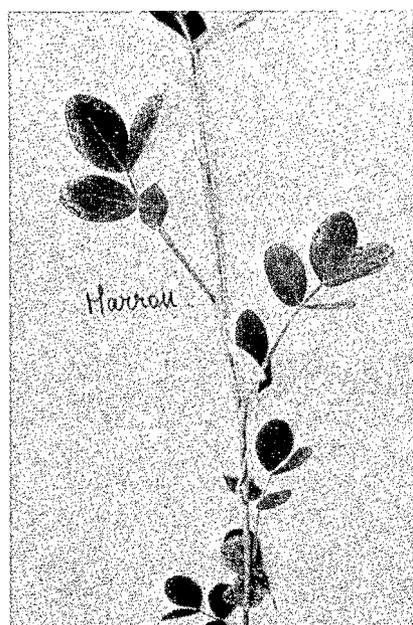
no 8683 P Z A

RÉSULTATS

I. — Croissance et développement.

1) *Symptômes visibles de toxicité* (Fig. 2, 3, 4 ci-dessous).

Au bout de 11 j sur 160 ppm, apparaissent sur les folioles, encore bien vertes, des plages gaufrées, marginales ou centrales ; en 48 h, ces plages perdent leur chlorophylle et se nécrosent, donnant des filots jaune vif et bruns qui bientôt s'étendent à tout le limbe.

2) *Croissance pondérale.*

Les récoltes ont été faites à trois stades :

- après 15 j de traitement, avant la formation des fleurs ;
- après 40 j, en pleine floraison ;
- après 90 j, en fin de végétation.

A la première récolte, les poids ne diffèrent pas significativement d'un traitement à l'autre.

Après 25 j, le nombre de feuilles apparues est, par rapport au témoin, significativement plus faible sur 80 et 160 ppm ; il en va de même du poids de récolte, après 40 j.

Après 90 j (Tabl. II et Fig. 5), le poids de récolte final (plante entière et fruits) est significativement inférieur à celui du témoin déjà à 20 ppm, en dépit de l'absence de tout symptôme visible de toxicité à cette concentration. Une dose de 10 ppm n'a pas d'effet significatif.

La diminution du poids des fruits, en fonction de

Les mêmes symptômes apparaissent sur 80 ppm après 13 j, sur 40 ppm après 18 j de traitement.

Sur 160 ppm, à un moindre degré sur 80 ppm, les nécroses gagnent les pétioles, puis le bourgeon terminal.

A plus forte concentration, aucune plante n'a porté de fleurs ; à 80 et 40 ppm, la moitié des plantes ont fleuri, au même moment que les témoins.

Sur 20 et 10 ppm, les plantes restent saines jusqu'en fin de culture.

La seule observation des plantes permet par conséquent d'établir que 40 ppm de Mn est déjà une concentration toxique pour l'arachide.

la concentration en Mn du milieu, est toujours relativement beaucoup plus marquée que celle des parties végétatives. La croissance pondérale des racines est beaucoup moins affectée que celle du reste de la plante.

II. — Absorption et répartition interne du Mn.

1) *Absorption.*

Nous avons calculé les quantités de Mn retenues par la plante entière pour les rapporter à l'unité de masse de matière sèche des racines au moment de la récolte (Fig. 6).

La pente de la courbe tracée en fonction des doses, fortement ascendante jusqu'aux alentours de 40 ppm, s'infléchit au-delà pour atteindre un palier à 80 ppm au 40^e j. A ce moment-là, la quantité de Mn absorbée par unité de masse de racines est 10 fois supérieure à celle du témoin à 20 ppm, 15 fois à 80 et 160 ppm.

TABLEAU II. — Poids de récolte au 90^e jour de traitement [exprimé en g de m. s. par plante]

Traitements	Plante entière	Feuilles	Tiges + pétioles	Racines	Gynophores + gousses
T	51,2	14,6	12,6	1,81	22,2
10 ppm	59,4	15,7	16,6	2,85	24,2
20 —	36,8	10,8	12,6	2,33	11,0
40 —	20,4	7,00	8,20	1,78	3,41
80 —	7,89	2,82	3,56	1,13	0,38
160 —	4,74	2,14	1,80	0,81	0
ppds 5 %	13,6	—	—	—	8.00

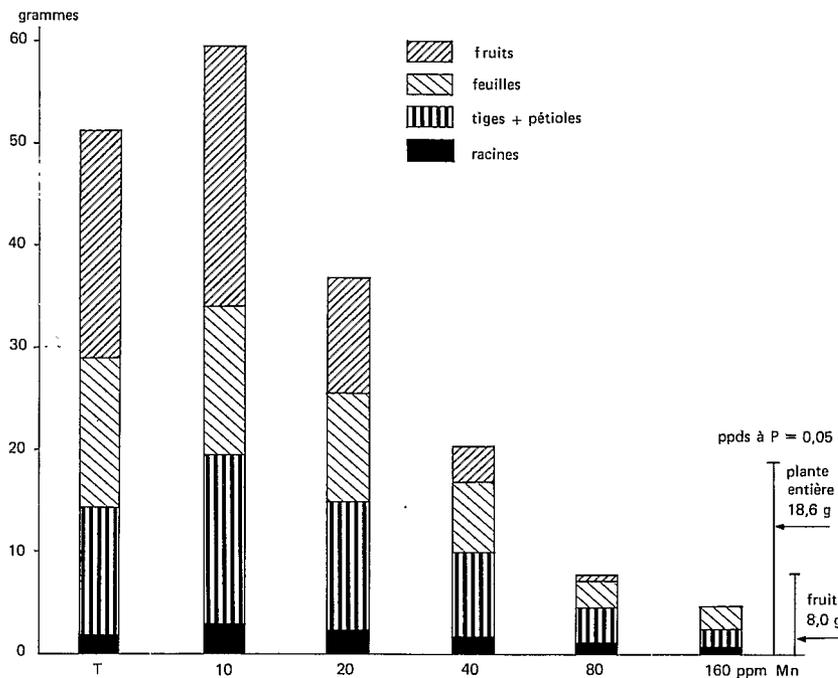


FIG. 5. — Poids de récolte à 90 jours de traitement (matière sèche).

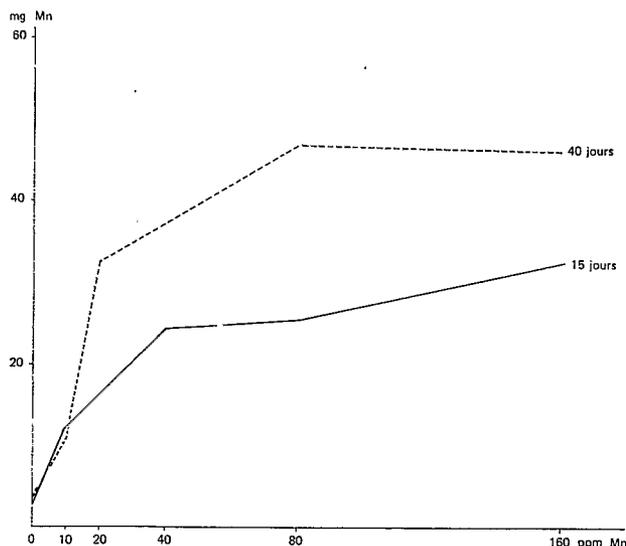


FIG. 6. — Quantité de Mn absorbée en fonction de la concentration dans le milieu (exprimée en mg par g de m.s. de racines)

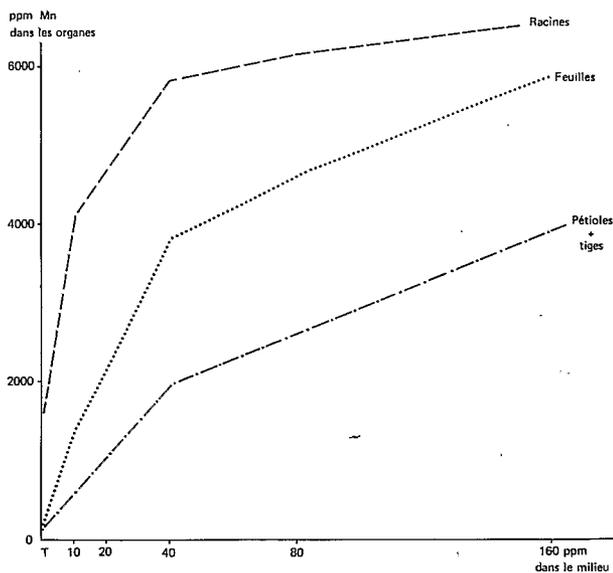


FIG. 7. — Taux du Mn dans les différents organes en fonction de la concentration dans le milieu après 15 jours de traitement.

2) Répartition.

Le tableau III et les figures 7 et 8 rendent compte de l'évolution des taux du Mn dans les différents organes en fonction de sa concentration dans le milieu.

En début de traitement (Fig. 7), le taux du Mn est toujours plus élevé dans les racines que dans n'importe quel autre organe ; la courbe se décompose

très nettement en deux branches : l'une, très fortement ascendante, jusqu'à 40 ppm, l'autre, au-delà, de pente très faible. Pour les organes aériens, on observe également un point d'inflexion à 40 ppm, mais la première branche de la courbe a une pente plus douce, la seconde, au contraire, une pente plus abrupte que dans le cas des racines.

TABLEAU III. — Taux du manganèse (exprimés en ppm)

Traitements	Feuilles			Tiges + Pétioles			Racines			Gynophores 90 j	Gousses 90 j
	15 j	40 j	90 j	15 j	40 j	90 j	15 j	40 j	90 j		
T	165	265	—	155	230	—	1 630	440	—	—	—
10	1 380	1 415	5 705	620	750	1 080	4 130	1 830	3 680	970	245
20	—	2 290	—	—	1 380	—	—	1 800	—	—	—
40	3 825	3 860	9 030	1 960	2 260	3 250	5 820	—	5 765	1 370	450
80	4 630	6 370	—	—	3 650	—	6 185	2 250	—	—	—
160	5 910	9 590	—	3 950	5 840	—	6 520	3 490	—	—	—

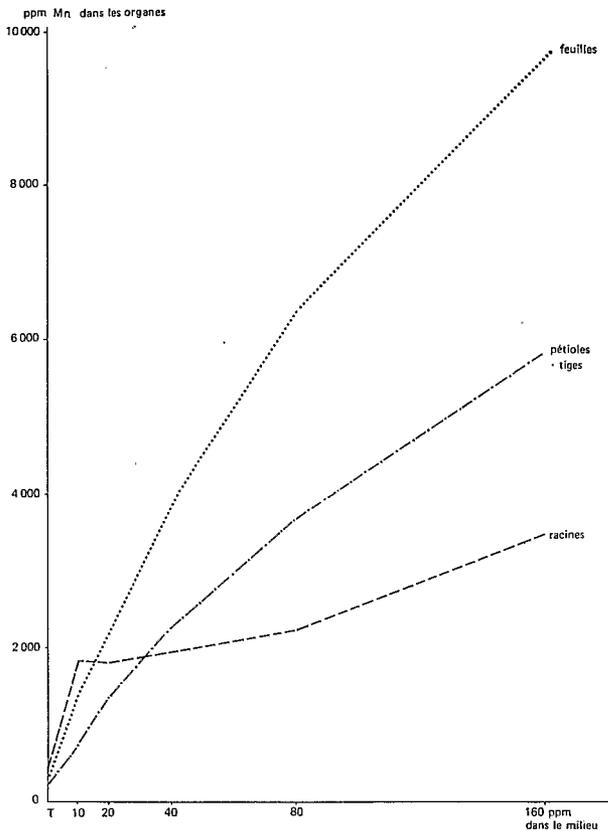


FIG. 8. — Taux du Mn dans les différents organes en fonction de la concentration dans le milieu après 40 jours de traitement.

Après 40 j de traitement (Fig. 8), la situation n'est plus du tout la même. Du 15^e au 40^e j, le taux du Mn a diminué dans les racines, de moitié au moins, pour tous les traitements, et augmenté dans les organes aériens; cette augmentation en fonction du temps, discrète jusqu'à 40 ppm, est très importante à 80 et 160 ppm, si bien que le taux du Mn est alors beaucoup plus élevé dans les organes aériens que dans les racines. Les feuilles sont toujours plus riches en Mn que l'ensemble tiges + pétioles.

Ces résultats inclinent à conclure à l'existence d'une certaine capacité temporaire de rétention du Mn dans les racines de la plante jeune.

DISCUSSION

Nos résultats concordent bien avec ceux obtenus en champ par Prevot et Ollagnier [1955]. Chez les plantes étudiées par ces auteurs au moment de la floraison, les taux foliaires des sujets sains se situaient autour de 250 ppm, les rendements en gousses commençaient à baisser pour ces taux dépassant 1 000 ppm, les symptômes visibles de toxicité (cloques) apparaissaient pour des taux de l'ordre de 4 000 ppm.

Ces résultats concernant l'arachide peuvent être

comparés à ceux obtenus avec d'autres espèces cultivées, en prenant comme critère les seuils de tolérance soit au Mn externe, soit au Mn interne.

Chez les plus sensibles, des nécroses apparaissent pour des concentrations, dans le milieu, inférieures à 10 ppm : patate [Berger, 1947], haricot [Lohnis, 1951], soja [Morris et Pierre, 1949]. D'autres plantes, comme la pomme de terre [Ouellette, 1965] ou la vigne [Fort, 1970], ne supportent pas plus de 25 ou 50 ppm. Les plantes cultivées les plus résistantes ne voient leur croissance réduite qu'à partir de 100 ppm; c'est le cas de l'orge [Gupta, 1972] et du maïs [Bénac, 1976]. Les symptômes visibles de toxicité ne se manifestent chez ces espèces que pour des concentrations encore plus fortes : 200 ppm pour l'orge, plus de 800 ppm pour le maïs.

Le taux du Mn dans les feuilles correspondant à l'apparition de nécroses ou à la défoliation est très variable d'une plante à l'autre : 150 ppm chez certains *Citrus* [Morita, 1971], 500 ppm chez l'avoine [Coppenet, 1959], 3 000 ppm chez la tomate [Lamb, 1961]. Pour l'arachide, nous avons vu qu'il se situe aux environs de 4 000 ppm. Les feuilles du tabac [Hiatt, 1963], du maïs surtout, restent apparemment saines pour des taux du Mn bien supérieurs : 11 000 ppm pour le maïs [Bénac, 1976].

Ces comparaisons font apparaître l'arachide comme une plante non pas très sensible, mais assez sensible au Mn.

Les plantes cultivées qu'on peut considérer comme tolérantes semblent soit absorber relativement peu de manganèse [Mulder et Gerretsen, 1952], soit limiter sa migration vers les feuilles [Millikan, 1961, sur luzerne; Foy, 1969, sur cotonnier]; les deux phénomènes peuvent évidemment aller de pair. Or, l'arachide en absorbe beaucoup; comme le montrent mes résultats et ceux d'autres auteurs [Morris et Pierre, 1949; Prevot et Ollagnier, 1955]; la comparaison avec le maïs, placé exactement dans les mêmes conditions, est démonstrative à cet égard [Bénac, 1976]. Nos résultats montrent aussi que, si les racines de la plante jeune paraissent avoir une certaine capacité de rétention à l'égard du Mn, celle-ci n'est que temporaire; des quantités très importantes de Mn s'accumulent dans les feuilles.

CONCLUSION

Contrairement à ce qu'on observe chez les espèces cultivées les plus tolérantes, l'arachide absorbe des quantités importantes de manganèse qui, sauf en début de végétation, migrent très largement vers les feuilles pour s'y accumuler. Elle n'est cependant que modérément sensible à la présence des doses élevées de Mn; en effet, il faut que la concentration dans la solution nutritive atteigne 20 ppm environ pour entraîner une diminution significative de la croissance pondérale.

BIBLIOGRAPHIE

- BENAC R. (1976). — Comportement à l'égard de différentes concentrations du Mn dans le milieu d'une espèce sensible (*Arachis hypogaea* L.) et d'une espèce tolérante (*Zea Mays* L.). *Cah. O. R. S. T. O. M.*, sous presse.
- BERGER K. C. and GERLOFF G. C., (1947). — Manganese toxicity of Potatoes in relation to strong soil acidity. *Soil Sc. Soc. of Amer. Proc.*, 12, p. 310-314.
- COPPENET M. (1959). — Le manganèse dans les sols de Bretagne et ses relations avec la croissance des végétaux. *Ann. agron.*, 10, p. 155-218.
- COPPENET M. et CALVEZ M. (1960). — Observation d'un cas d'intoxication manganique de la Pomme de terre sur sol très acide. *C. R. Acad. Agric., Fr.*, 46, p. 728-734.
- FERGUS I. F. (1954). — Manganese toxicity in an acid soil. *Queensland J. agric.*, 11, 1, p. 15-27.
- FORT B. (1970). — Influence d'une alimentation excessive en Mn sur la Vigne. *Thèse de 3^e cycle*, Université de Bordeaux.
- FOY C. D., FLEMING A. L. and ARMIGER W. H. (1969). — Differential tolerance of Cotton varieties to excess manganese. *Agron. J.*, 61 (5), p. 690-694.
- FRANQUIN P. (1958). — L'estimation du Mn du sol en rapport avec le phénomène de toxicité. *Coton et fibres tropicales*, 13, 3, p. 1-16.
- GUPTA U. (1972). — Effects of manganese and lime on yield and on the concentrations of manganese, molybdenum, boron, copper and iron in the boot stage tissue of Barley. *Soil Sci.*, 114 (2), p. 131-136.
- HIATT A. J. and RAGLAND J. L. (1963). — Manganese toxicity of Barley and Tobacco. *Agr. J.*, 55, p. 47-49.
- LAMB J. G. D. (1961). — A case of manganese toxicity affecting a cold house Tomato crop. *Irish j. of agric. res.*, 1, p. 17-20.
- LEVÉQUE L. A. et BELEY J. (1959). — Contribution à l'étude de la nutrition minérale de l'Arachide ; effets des toxicités borique et manganique. *Agron. trop.*, 14 (6), p. 657-707.
- LOHNIS M. P. (1951). — Manganese toxicity in field and marked garden crops. *Plant and soil*, III, p. 193-222.
- MILLIKAN C. R. (1961). — Plant varieties and species in relation to the occurrence of deficiencies and excess of certain nutrient elements. *J. austr. Inst. agric. sc.*, 27, p. 110-233.
- MORITA S., AOKI A., and YONEBAYASHI K. (1971). — Soil plant relationship of Mn in abnormal defoliation of Citrus. *International symposium on soil fertility evaluation proceedings*, 1, New Delhi.
- MORRIS H. D. and PIERRE W. H. (1949). — Minimum concentrations of manganese necessary for injury to various legumes in culture solutions. *Agron. J.*, 41, p. 107-112.
- MULDER E. G. and GERRETSEN F. C. (1952). — Soil manganese in relation to plant growth. *Adv. in agron.*, 4, p. 222-272.
- OLSEN C. (1936). — Absorption of manganese by plants. II Toxicity of manganese to various plant species. *C. R. laboratoires Carlsberg*, 21, p. 129-145.
- OUELLETTE G. J., and GÉNEREUX H. (1965). — Influence de l'intoxication manganique sur six variétés de Pomme de terre. *Can. j. of soil sci.*, 45 (1), p. 24-32.
- POISSON C. (1961). — Observations sur les réactions variétales du cotonnier à un taux excessif de Mn assimilable. *Coton et fibres trop.*, 16, 3, p. 312-320.
- PREVOT P., OLLAGNIER M., AUBERT G., BRUGIERE J. M. (1955). — Dégradation du sol et toxicité manganique. *Oléagineux*, 10, p. 239-243.

SUMMARY

Action of the Manganese concentration in the nutritive solution on the performance of groundnut (*A. hypogaea* L.).

R. BÉNAC, *Oléagineux*, 1976, 31, N° 12, p. 539-543.

Groundnut plants were raised in greenhouse during a complete cycle of vegetation in Hoagland's solution over a wide range of Mn concentrations (0,2 to 160 ppm). Significant decrease of total plant or fruit weight is observed with 20 ppm Mn in nutrient solution. Necrotic patterns occur on leaves when the concentrations in the tissues reach about 4 000 ppm. These experiments show Groundnut to have a moderate susceptibility to high Mn concentrations. As compared with other species, Groundnut shows a great Mn uptake. The Mn absorption increase very strongly according to increase of Mn concentrations in culture medium until to a value of 40 ppm ; over that concentration the Mn absorption is proportionally less important. The analysis of the tissues at various stages of development in different Mn concentrated nutrient solutions, do not show any Mn accumulation in the roots, stems and petioles, except in early stage ; highest quantities of Mn are found in the leaves.

RESUMEN

Acción de la concentración de manganeso de la solución nutritiva sobre el comportamiento del maní (*A. hypogaea* L.).

R. BÉNAC, *Oléagineux*, 1976, 31, N° 12, p. 539-543.

El cacahuete, *Arachis hypogaea* ha sido cultivado en invernadero durante un ciclo completo de vegetación, en arena y solución de Hoagland más o menos enriquecida en Mn (0,2 a 160 ppm). Una concentración en el medio de unos 20 ppm es necesaria para provocar una disminución significativa del crecimiento ponderal y de la producción de frutos. Algunas necrosis aparecen en las hojas cuando el porcentaje de Mn alcanza, en estos órganos, un valor próximo de 4 000 ppm. La sensibilidad del cacahuete, en consideración de las dosis elevadas de Mn, puede considerarse como moderada. En comparación a otras plantas, el cacahuete absorbe mucho Mn ; la absorción aumenta muy rápidamente en función de la concentración en el medio hasta los alrededores de 40 ppm, después la absorción se hace mas lentamente. El examen de los porcentajes alcanzados en los diferentes órganos, en función del tiempo y de la concentración, demuestra que, menos en los comienzos de vegetación, no se observa ninguna retención en las raíces, tallos o peciolas ; cantidades importantes de Mn se acumulan en las hojas.