

## Influence de l'infection endomycorhizienne sur la concentration en P et Zn des parties aériennes de *Vigna unguiculata* cultivé dans un sol Dek

B. OLLIVIER\*, H.G. DIEM\*, M. PINTA\*\* et Y.R. DOMMERGUES\*

\* ORSTOM, Laboratoire de Biologie des Sols,  
Dakar, Sénégal

\*\* ORSTOM, Services Scientifiques centraux,  
93140 Bondy, France

### INTRODUCTION

Dans certains sols, on sait que l'infection du système racinaire par des champignons endomycorhiziens vésiculo-arbusculaires (désignés ici sous le terme de champignons VA) améliore la croissance des plantes. Cette amélioration est liée à une stimulation de l'absorption de plusieurs éléments nutritifs, en particulier P dans les sols déficients en cet élément (8). Cette amélioration de la croissance peut ou non être accompagnée d'un accroissement des concentrations des tissus de la plante-hôte en P (12-13-14-16-17-29-33), Cu (3-14-17-18-33) ou Zn (3-6-17-23-32-35). La concentration dans les tissus végétaux des éléments plus mobiles (K, Ca, S, Mg, Fe, Mn, Na, Al) peut être soit plus élevée soit plus faible, en cas d'infection mycorhizienne (13-18-27-29). De l'abondante littérature traitant des problèmes de nutrition chez les plantes mycorhizées, on retire l'impression générale que les champignons VA ont tendance à augmenter la concentration des tissus végétaux en éléments peu mobiles du sol, soit P, Zn, Cu et probablement Mo, alors que leur effet sur les autres éléments est peu marqué.

Le but du présent travail a été de déterminer si, dans un sol réputé déficient en P, les champignons VA étaient susceptibles d'accroître les concentrations en P essentiellement, mais aussi en d'autres éléments : Zn, K, Mg, Ca, Fe, Mn, Cu, Ca et Mo. Des essais préliminaires ayant montré que dans le sol considéré les seules réponses significatives concernaient P et Zn, notre étude a été focalisée sur ces deux éléments. Les expériences effectuées ont consisté à comparer l'effet de différentes souches de champignons VA et à déterminer l'influence d'apport au sol de P sous différentes formes ; accessoirement, on a comparé le comportement de deux cultivars de *V. unguiculata*.

**Matériel Végétal.** Deux cultivars de *Vigna unguiculata* ont été utilisés : cv.58-185 et cv. Bambeï 30 fournis par le Centre de Recherches Agronomiques de Bambeï. Chaque plant a été repiqué, à l'âge d'une semaine, dans un pot contenant le sol stérile, l'inoculation étant faite en même temps par apport de 1 g (en poids frais) de racines infectées avec la souche de champignon VA testée. Les témoins non inoculés ont reçu seulement les eaux de lavage de l'inoculum. Toutes les plantes ont ensuite été inoculées par 1 ml de suspension renfermant  $10^9$  cellules/ml de *Rhizobium* souche CB 756. Les plants cultivés en serre ont reçu chaque semaine pendant toute la durée de l'expérience 100 ml d'une solution nutritive diluée au 1/4 carencée en P et N (9).

14. OCT. 1983  
O. R. S. I. O. M. Fonds Documentaire

No : 3364ex1

Date : B

B3364 ex1

Tableau 1. Poids sec, infection des racines, concentration en P et Zn des parties aériennes de *Vigna unguiculata* (cv. 58-185) inoculé avec différentes souches de champignon VA et cultivé dans le sol Dek stérile. (1).

Traitements	Poids sec des parties aériennes (g/plante)	Infection %		Concentration des parties aériennes en :	
		Fréquence	Intensité	P %	Zn (ppm)
Témoin (sans VA)	1.50 a	0	0	0.053 a	16 a
<i>Gigaspora margarita</i>	2.28 ed	11 a	0	0.069 ab	12 a
<i>Acaulospora laevis</i>	2.20 ed	25 a	0 a	0.073 b	13 a
<i>Glomus fasciculatus</i> (E <sub>3</sub> )	2.80 d	90 b	57 c	0.095 cd	18 ab
<i>Glomus macrocarpus</i>	4.20 c	91 b	48 c	0.088 bd	17 ab
<i>Glomus mosseae</i>	5.26 b	100 b	87 b	0.108 c	25 b
<i>Glomus epigaeus</i>	1.84 ae	23 a	5 a	0.063 a	13 a
Témoin (sans VA) + P20 (2)	4.70 bc	0	0	0.138 e	10 a

(1) Les nombres dans les colonnes non suivis de la même lettre diffèrent significativement P = 0.05 (Duncan, 1955).

(2) Addition de P à la dose de 20 ppm.

Souches de champignons VA. Cinq souches provenaient de la collection de la station expérimentale de Rothamsted (Angleterre) : *Glomus mosseae*, *G. macrocarpus*, *G. fasciculatus* (type E3), *Acaulospora laevis*, *Gigaspora margarita*. Une souche provenant du Abbott Research Center, Long Grove (USA) : *Glomus epigaeus*.

Sol. Le sol utilisé a été un sol sableux répondant au nom vernaculaire de Dek et provenant du Centre de Recherches Agronomiques de Bambey, Sénégal. Composition granulométrique : sable : 88,1 % ; argile : 8,5 % ; limon : 3,3 %. Autres caractéristiques : C : 0,45% ; N : 0,03 % ; P assimilable (Olsen) : 11 ppm ; pH : 6,2. La stérilisation a été faite dans les pots (1,5 kg de sol par pot) par autoclavage à 120°C pendant une heure.

Forme de P ajoutée au sol. Quatre formes différentes de P ont été utilisées :  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (P : 22,76 %) ; supertriple dit super (P : 20 %) ; phytate de calcium (P : 26,1 %) ; phosphate naturel de Taïba (P : 16 %)

Méthodes de dosage. Les parties aériennes ont été récoltées à 49 ou 55 jours. Après séchage et broyage, des échantillons d'environ 1 g ont été calcinés, puis dissous dans 100 ml de HCL 0,24 N. Le P de la solution a été ensuite déterminé au réactif vanadomolybdique par colorimétrie (11). Les autres éléments ont été dosés soit par spectrométrie d'absorption atomique (cas de Zn), soit par spectrométrie d'émission de flamme (25,26). N a été déterminé par la méthode Kjeldahl. Le contrôle de l'infection mycorhizienne (infection racinaire) a été fait au microscope après clarification à KOH 10 % et coloration au bleu trypan-lactophénol (24), les comptages étant faits sur des fragments de lcm et exprimés en pourcentage du nombre de fragments infectés (fréquence de l'infection) ou en pourcentage du volume de racine infecté (intensité de l'infection) (22).

Schéma expérimental. On a réalisé trois expériences :

- expérience 1. Le cultivar cv. 58-185 a été soumis à huit traitements : inoculation par six espèces de champignons VA, témoins non inoculés avec ou sans apport de P sous forme de super (20 ppm). Les plants ont été récoltés après 49 jours, répartis en cinq lots pour la mesure de l'infection racinaire et du poids des tiges, trois servant ensuite aux analyses de P, les deux restant aux autres dosages. Les données ont été traitées par le test de Duncan (4) (P = 0,05).

- expérience 2. L'expérience de type factoriel comportait l'étude de deux facteurs avec deux répétitions :

- . facteur A (formes de P) : super, phytate, phosphate de Taïba
- . facteur B : inoculation ou non par *Glomus mosseae*.

Les plants ont été cultivés 55 jours et analysés dans les mêmes conditions que précédemment. Le test de Duncan a été appliqué seulement aux données d'infection. Les autres résultats d'analyse ont été interprétés en utilisant la méthode de Van den Driessche (1).

- expérience 3. Il s'agit encore d'une expérience factorielle à deux répétitions, les deux facteurs étudiés étant les suivants :

- . facteur A (souche de champignons VA) (*G. epigaeus*, *G. fasciculatus* E3 ou *G. mosseae*).
- . facteur B (nature de la plante) (Cultivar 58-185 ou Bambey 30). Les plantes ont été cultivées 49 jours et analysées comme dans l'expérience 2.

Expérience 1. (tableau 1). Les concentrations en P et Zn des parties aériennes de la plante sont plus élevées en présence de *Glomus mosseae*, *Glomus fasciculatus* E3 et *Glomus macrocarpus*. C'est également avec ces trois espèces que les infections racinaires sont les plus fortes (90 à 100 % en fréquence, 48 à 57 % en intensité). Toutes les autres mesures ne manifestent aucune dif-

Tableau 2. Poids sec et concentration en P des parties aériennes de *Vigna unguiculata* cultivé dans le sol Dek stérile. Interactions significatives apparaissant entre les deux traitements : apport de différentes formes de P ; inoculation avec *Glomus mosseae*.

Formes de P apporté	Poids sec des parties aériennes (g/plante)		Concentration en P %	
	ni	Gm	ni	Gm
Superphosphate	3.520	4.080 (+ 16 %)	0.0760	0.1425 (+ 88 %)
Phytate ou Phosphate naturel de Taïba	2.335	3.560 (+ 52 %)	0.0697	0.0760 (+ 9%)

ni : non inoculé ; Gm : inoculation avec *Glomus mosseae*

Entre parenthèses, pourcentage d'accroissement dû à l'inoculation avec *Glomus mosseae*

férence significative par rapport au témoin.

#### Expérience 2.

1/ Effet des traitements sur les concentrations en P. Il n'y a pas d'effet principal significatif. Par contre il existe (tableau 2) deux interactions significatives entre les deux traitements (formes de P ; inoculation avec *G. mosseae*). En présence de P facilement soluble (super), le poids des parties aériennes augmente de 16 % et leur concentration en P augmente de 88 %. En présence de P insoluble (phytate ou Taïba) le poids sec des parties aériennes augmente de 52 % mais leur concentration en P augmente seulement de 9 %.

2/ Effet des traitements sur les concentrations en Zn. Il existe un effet principal significatif : l'inoculation par *Glomus mosseae* entraîne une augmentation de la concentration de Zn de 47 % dans les parties aériennes. Aucune interaction significative n'a été relevée.

Expérience 3. Les résultats obtenus dans cette expérience permettent, sur la base du poids sec des tiges, de classer l'efficacité des souches dans l'ordre décroissant suivant : *Glomus fasciculatus* E<sub>3</sub>, *Glomus mosseae* et *Glomus epigaeus*. Si l'on considère l'augmentation des concentrations en P, cet ordre devient : *Glomus mosseae*, *Glomus fasciculatus* E<sub>3</sub>, *Glomus epigaeus*. Une analyse des concentrations en Zn permet également de classer les trois espèces dans ce dernier ordre.

#### CONCLUSION

La capacité des différentes souches de champignon VA d'affecter les concentrations en P et Zn des parties aériennes de *V. unguiculata* est apparue très variable. Cette variabilité est due, en partie, à l'efficacité relative des souches, ce qu'avaient déjà montré MENGE et ses collaborateurs (17). La hiérarchie observée ici dans l'efficacité des *Glomus* est en accord avec les résultats récents de ISLAM et AYANABA (10). La sélection de souches de champignons VA apparaît donc comme une des approches prometteuses pour améliorer à l'avenir l'efficacité de la symbiose mycorhizienne VA. Néanmoins, il convient d'être très prudent dans l'extrapolation d'un sol à l'autre des résultats concernant l'effet d'une souche de champignon VA : le meilleur champignon VA dans un sol donné peut être surpassé par un autre dans un sol différent (21).

Les trois expériences rapportées ici montrent que, dans le sol considéré, l'inoculation avec les champignons VA, et en particulier avec *Glomus mosseae*, accroît significativement les concentrations en P et en Zn des tissus de la plante-hôte, confirmant ainsi le fait bien connu que l'infection mycorhizienne stimule l'absorption de ces deux éléments par la plante. Mais cet effet dépend beaucoup plus qu'on ne pouvait le supposer, de certains facteurs édaphiques, en particulier de la teneur en P du sol. Ainsi la concentration en P des tissus de la plante-hôte dépend de la nature et de la quantité de P ajouté au sol. En présence de P facilement soluble (super), l'inoculation accroît la concentration en P (+ 88 %) beaucoup plus que le poids sec (16 %). Ceci pourrait indiquer une absorption de P plus élevée qu'il ne serait nécessaire. Cette hypothèse d'une consommation de luxe de P sous l'influence de l'inoculation est à l'étude. En présence de P insoluble (phytate ou phosphate de Taïba), les résultats sont différents : la concentration en P de la plante n'est que légèrement accrue (+ 9 %) alors que le poids sec augmente de 52 %. Ceci suggère que, à de faibles niveaux de P assimilable (il provient ici en majeure partie du sol puisque les formes de P apportées sont insolubles), le faible accroissement d'absorption de P dû aux mycorhizes est suffisant pour accroître substantiellement le poids sec de la plante.

L'augmentation de la concentration en Zn des parties aériennes de *V. unguiculata* après inoculation avec *Glomus mosseae* est importante (+ 47 %). En se fon-

dant sur le fait que la concentration en Zn des plantes non inoculées est seulement de 15 ppm, on peut conclure que la teneur en Zn du sol Dek utilisé est anormalement faible. Des expériences complémentaires sont en cours pour vérifier l'impact d'une telle carence sur la croissance de la plante.

Dans la troisième expérience, les réponses des deux cultivars de *V. unguiculata* n'ont pas différé significativement, très probablement parce que tous deux étaient compatibles avec *Glomus mosseae*. Cependant des variations dans l'efficacité de souches de champignons VA associés à différents cultivars appartenant à une espèce donnée ont pu être notées par divers auteurs (2-5-22-30). Des variations du même type pourraient vraisemblablement se manifester dans le cas de *V. unguiculata* pour d'autres cultivars que ceux utilisés dans l'expérience rapportée ici.

## BIBLIOGRAPHIE

- 1/ BECK G., DOMMARGUES Y., VAN DEN DRIESSCHE R., 1969. *Oecol. Plant* 4 ; 237-266
- 2/ BERTHEAU Y., GIANINAZZI-PEARSON V., GIANINAZZI S., 1980. *Ann. Amel. Plantes*, 30 ; 67-78.
- 3/ DAFT M.J., HACSKAYLO E., 1977. *Forest Sc.* 23 ; 207-216.
- 4/ DUNCAN D.B., 1955. *Biometrics*, 11 ; 1-42.
- 5/ GIANINAZZI-PEARSON V., FARDEAU J.C., ASIMI S., GIANINAZZI S., 1981. *Physiol. Vég.*, 19 ; 33-44.
- 6/ GILMORE A.E., 1971. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 96 ; 35-38.
- 7/ GODSE D.B., WANI S.P., PATIL R.B., BAGYARAJ D.J., 1978. *Curr. Sci.*, 47 ; 784-785.
- 8/ HAYMAN D., 1978. *in Interactions between non pathogenic soil microorganisms and plants. Elsevier, Amsterdam.* ; 401-447.
- 9/ HEWITT E.J., 1966. *Technical Comm.* 22. CAB London.
- 10/ ISLAM R., AYANABA A., 1981. *Plant soil*, 61 ; 341-350.
- 11/ JACKSON M.L., 1964. *Soil Chemical Analysis, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.* ; 153-154.
- 12/ JACKSON N.E., FRANKLIN R.E., MILLER R.H., 1972. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 36 ; 64-67.
- 13/ KLEINSCHMIDT G.D., GERDEMANN J.W., 1972. *Phytopathology*, 62 ; 1447-1453.
- 14/ KRICKUN J., LEVY Y., 1980. *Phytoparasitica* 8 ; 195-200.
- 15/ Mc ILVEEN W.D., COLE H., 1978/1979. *Agric. Environ.* 4 ; 245-256.
- 16/ MENGE J.A., LABANAUSKAS C.K., JOHNSON E.L.V., PLATT R.G., 1978. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 42 ; 926-930.
- 17/ MENGE J.A., LARUE J., LABANAUSKAS C.K., JOHNSON E.L.V., 1980. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105 ; 400-404.
- 18/ MOSSE B., 1957. *Nature* 179 ; 922-924
- 19/ MOSSE B., 1972. *Rev. Ecol. Biol. Sol* 9 ; 529-537.
- 20/ MOSSE B., 1977. *in Exploiting the legume-Rhizobium symbiosis in tropical agriculture, University of Hawaii, Nifal Projects* ; 275-292.
- 21/ MOSSE B., HAYMANN D.S., 1980. *in Tropical Mycorrhiza Research, Clarendon Press, London* ; 213-230.
- 22/ OLLIVIER B., BERTHEAU Y., DIEM H.G., GIANINAZZI-PEARSON V., 1982. *Can. J. Bot.* (sous presse).

- 23/ PAIRUNAN A.K., ROBSON A.D., ABBOTT L.K., 1980. *New Phytol.* 84 ; 327-338.
- 24/ PHILLIPS J.M., HAYMAN D.S., 1970. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 55 ; 158-161.
- 25/ PINTA M., 1968. in *Deuxième Colloque Europ. Méd. Cont. Alim. Plant Cult. Seville, Espagne* ; 1-20.
- 26/ PINTA M., 1973. *Oléagineux*, 28 ; 87-92.
- 27/ POWELL C.L., 1974. in *Endomycorrhizas*, Academic Press, London ; 461-468.
- 28/ RHODES L.H., GERDEMANN J.W., 1978. *Soil Sci.*, 126 ; 125-126.
- 29/ SAIF S.R., 1981. *New Phytol.*, 88 ; 649-660.
- 30/ SANDERS F.F., TINKER P.B., BLACK R.L.B., PALMERLEY S.M., 1977. *New Phytol.* 78 ; 257-268.
- 31/ SANNI S.O., 1976. *New Phytol.*, 77 ; 667-671.
- 32/ SWAMINATHAN K., VERMA B.C., 1979. *New Phytol.*, 82 ; 481-487.
- 33/ TIMMER L.W., LEYDEN R.F., 1978. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 103 ; 533-537.
- 34/ TRUONG B., PICHOT J., BEUNARD P., 1978. *Agron. Trop.*, 33 ; 136-145.
- 35/ VAN DER ZAAG P., FOX R.L., DE LA PENA R.S., YOST R.S., 1979. *Field Crops Research* 2 ; 253-263.