

Influence des endomycorhizes à arbuscules sur la croissance et la nutrition minérale de vitroplants d'ananas dans un sol à forte salinité

JP GUILLEMIN

Département des sciences
et techniques agronomiques
ENESAD
21, bd Olivier-de-Serres
21802 Quetigny cedex
France

S GIANINAZZI

V GIANINAZZI-PEARSON
Laboratoire de
phytoparasitologie
Station de génétique et
d'amélioration des plantes
INRA-CNRS
BV 1540
21034 Dijon cedex
France

J MARCHAL

Laboratoire de physiologie
et biochimie
CIRAD-FLHOR
BP 5035
34032 Montpellier cedex 01
France

Reçu : janvier 1995
Accepté : juin 1995

Influence des endomycorhizes à arbuscules sur la croissance et la nutrition minérale de vitroplants d'ananas.

RÉSUMÉ

Les sols à forte teneur en chlorure de sodium (NaCl) seraient peu propices à la culture de l'ananas (*Ananas comosus* (L) Merr). Des vitroplants des variétés de Queen Tahiti (QT) et Cayenne lisse (CL) ont été inoculés avec un champignon endomycorhizogène (*Glomus* sp), puis repiqués dans un sol salin ou non. Le NaCl n'a pas influencé la colonisation endomycorhizienne de QT, et ont maintenu leur croissance. En revanche, chez CL, la diminution de l'infection symbiotique en présence de NaCl s'est traduite par une croissance réduite, malgré le maintien d'un taux de phosphore élevé dans la partie aérienne des plantes endomycorhizées. La nutrition phosphatée ne peut donc pas, à elle seule, expliquer l'effet endomycorhizien. Cette étude souligne l'intérêt de trouver des variétés d'ananas qui optimisent l'effet mycorhizien en présence de NaCl.

Effects of arbuscular endomycorrhizae on growth and mineral nutrition of pineapple vitroplants.

ABSTRACT

Soils with high levels of sodium chloride (NaCl) are considered not to be suitable for pineapple production (*Ananas comosus* (L) Merr). Vitroplants of Queen Tahiti and Smooth Cayenne varieties were inoculated with an endomycorrhizal fungus (*Glomus* sp) before outplanting into a soil with or without a high level of salinity. NaCl did not influence endomycorrhizal colonization in Queen Tahiti variety and the inoculated plants maintained optimum growth. However, a decrease in endomycorrhizal infection in the Smooth Cayenne variety in the presence of a high level of NaCl induced growth reductions in spite of the high P level in shoots of endomycorrhizal plants. Thus, the positive endomycorrhizal effect in the Queen Tahiti variety cannot be explained only in terms of P nutrition. These studies underline the need to obtain pineapple varieties which optimize endomycorrhizal effects in NaCl conditions.

Influencia de las endomicorizas arbusculares sobre el crecimiento y la nutrición mineral de vitroplantas de piñas.

RESUMEN

Los suelos con fuerte tenor en cloruro de sodio (NaCl) serían poco propicios al cultivo de la piña (*Ananas comosus* (L) Merr). Unas vitroplantas de Queen Tahiti (QT) y Cayenne lisse (CL) fueron inoculadas con un hongo endomicorizogéno (*Glomus* sp), y luego transplantadas en un suelo salino o no. El NaCl no influyó la colonización por las endomicorizas de QT, cuyas plantas inoculadas mantienen un fuerte crecimiento. Sin embargo, en CL, la disminución de la infección simbiótica en presencia de NaCl se tradujo por un crecimiento reducido, a pesar del mantenimiento de un porcentaje de fósforo importante en la parte aérea de las plantas con endomicorizas. La nutrición fosforada no puede entonces, por ella sola, explicar el efecto debido a las endomicorizas. La puesta en evidencia de variedades bien adaptadas a la vida simbiótica permitiría optimizar el efecto de las endomicorizas.

Fruits, 1995, vol 50, p 333-341
© Elsevier, Paris

MOTS CLÉS

Ananas comosus, croissance, nutrition des plantes, tolérance au sel, mycorhize à vésicule et arbuscule, *Glomus*, infection, chlorure de sodium.

KEYWORDS

Ananas comosus, growth, plant nutrition, salt tolerance, vesicular arbuscular mycorrhizae, *Glomus*, infection, sodium chloride.

PALABRAS CLAVES

Ananas comosus, crecimiento, nutrición de las plantas, tolerancia a la sal, micorizas arbusculares vesiculares, *Glomus*, infección, cloruro sódico.

au rapport des plantes non endomycorhizées (fig 2A). En revanche, la teneur de matière sèche de la partie aérienne s'accroît chez les plantes endomycorhizées en même temps que le taux de NaCl dans le sol (fig 2B).

Chez la variété Cayenne lisse, l'intensité de l'infection (M%) évaluée après coloration non vitale est réduite avec la dose la plus élevée de NaCl dans le sol (fig 1B) et la fréquence des

arbuscules (A%) l'est pour les deux taux de NaCl (fig 1C). Avec la coloration de l'activité SDH, seules les valeurs de A% sont diminuées, et seulement par la dose la plus élevée de NaCl (fig 1C), alors que l'estimation de l'infection endomycorhizienne après coloration de l'activité Pase donne des valeurs plus faibles chez les plantes en présence de NaCl, aussi bien pour M% que pour A% (figures 1B, 1C). Cela est lié à une réduction importante de la croissance des plantes endomycorhizées en présence de NaCl (baisse de 56% avec 2 g de NaCl, et de 228% avec 5 g de NaCl, par rapport au témoin) (tableau II).

La variété Cayenne lisse est donc plus sensible aux fortes teneurs en NaCl du sol que la variété Queen Tahiti. Pour cette variété, le rapport entre le poids de matière fraîche de la partie racinaire et le poids de matière fraîche de la partie aérienne diminue au fur et à mesure que le taux NaCl augmente, et, avec des sols à fortes teneurs en NaCl (5 g/kg de sol), ce rapport est plus élevé chez les plantes endomycorhizées que chez les plantes non endomycorhizées (fig 2C). Par ailleurs, les teneurs en matière sèche des parties aériennes de ces plantes non endomycorhizées sont augmentées par rapport à celles des plantes endomycorhizées (fig 2D) ; les résultats obtenus pour la variété Cayenne lisse sont donc inverses de ce qui a été observé précédemment pour la variété Queen Tahiti.

quantification des teneurs et contenus en éléments minéraux

L'analyse des éléments minéraux des parties aériennes des plantes étudiées montre que, chez la variété Queen Tahiti, l'endomycorhization accroît les teneurs et les contenus en phosphore (P), calcium (Ca) et magnésium (Mg), avec ou sans apport de NaCl. En revanche, les concentrations en azote (N) et potassium (K) sont plus faibles chez les plantes endomycorhizées – ce qui pourrait être dû à un effet de dilution, car plus l'effet endomycorhizien sur la croissance est important, plus les concentrations sont faibles (tableau III) – alors que les contenus en ces éléments N et K sont toujours supérieurs chez ces plantes (tableau III).

Chez la variété Cayenne lisse, l'augmentation des teneurs en NaCl dans le sol se traduit par des concentrations accrues en N, P et K chez les

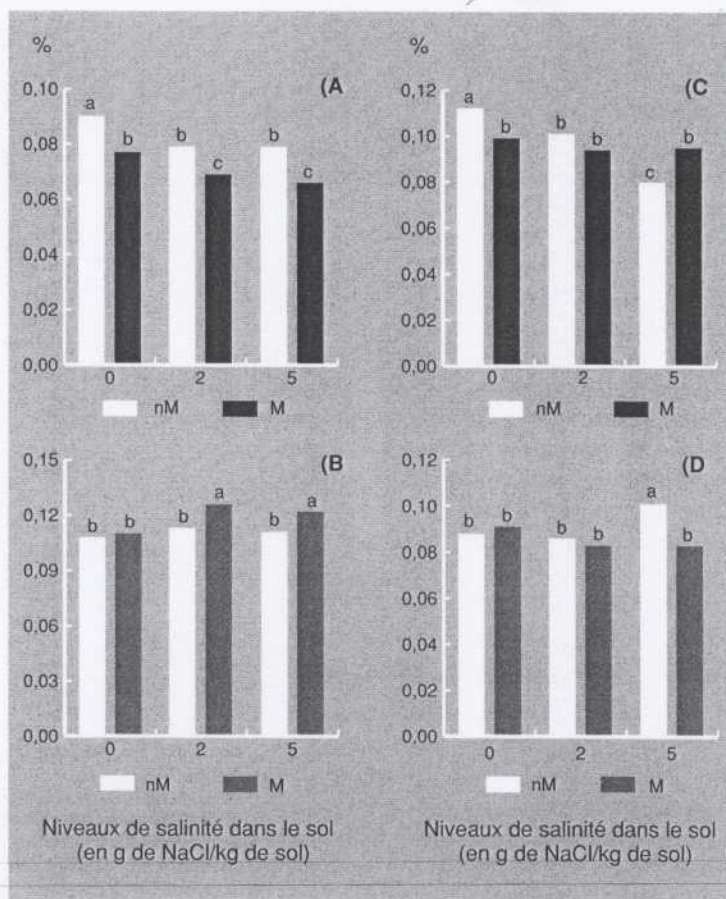


Figure 2
Évaluation de la croissance de microplants d'ananas appartenant à deux variétés différentes, mycorhizés (M) ou non (nM), en fonction de salinités croissantes (0, 2 et 5 g de NaCl/kg de sol).
A) rapport [poids de la matière fraîche de la partie racinaire] / [poids de la matière fraîche de la partie aérienne] de microplants de Queen Tahiti ;
B) teneur en matière sèche (%) de la partie aérienne de microplants de Queen Tahiti ;
C) rapport [poids de la matière fraîche de la partie racinaire] / [poids de la matière fraîche de la partie aérienne] de microplants de Cayenne lisse ;
D) teneur en matière sèche (%) de la partie aérienne de microplants de Cayenne lisse.
Pour chaque type de coloration, les lettres différentes, placées au-dessus de l'histogramme, permettent d'identifier les valeurs significativement différentes à p = 0,05.

INFLUENCE DES ENDOMYCORHIZES SUR VITROPLANTS D'ANANAS

Tableau I

Surface foliaire, poids de matière fraîche de la partie aérienne (Pmf aérien) et des racines (Pmf racines) et poids de matière sèche de la partie aérienne (Pms aérien) mesurés sur des microplants d'ananas de la variété Queen Tahiti, endomycorhizés (M) ou non (nM), cultivés sur des sols salés ou non.

	Teneur en NaCl (g/kg de sol)							
	0		2		5			
	nM	M	nM	M	nM	M	nM	M
Surface foliaire (cm ²)	249,2 c	514,4 a	225,1 c	452,4 a	212,0 c	365,0 ab		
Pmf aérien (g)	21,03 c	41,57 a	21,40 c	37,80 a	19,24 c	30,75 ab		
Pmf racines (g)	1,90 b	3,21 a	1,70 b	2,63 a	1,52 b	2,04 ab		
Pms aérien (g)	2,27 b	4,57 a	2,41 b	4,75 a	2,13 b	3,75 a		

a, b, c : pour chaque ligne, les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes à $p = 0,05$ (test de Newman et Keuls).

Tableau II

Surface foliaire, poids de matière fraîche de la partie aérienne (Pmf aérien) et des racines (Pmf racines) et poids de matière sèche de la partie aérienne (Pms aérien) mesurés sur des microplants d'ananas de la variété Cayenne lisse, endomycorhizés (M) ou non (nM), cultivés sur des sols salés ou non.

	Teneur en NaCl (g/kg de sol)							
	0		2		5			
	nM	M	nM	M	nM	M	nM	M
Surface foliaire (cm ²)	299,7 b	640,9 a	251,6 bc	361,3 b	81,3 d	167,8 c		
Pmf aérien (g)	23,54 bc	54,87 a	19,82 c	30,52 b	5,53 e	12,52 d		
Pmf racines (g)	2,63 b	5,48 a	2,01 b	2,86 b	0,44 d	1,19 c		
Pms aérien (g)	2,08 b	5,02 a	1,70 bc	2,53 b	0,56 d	1,10 c		

a, b, c : pour chaque ligne, les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes à $p = 0,05$ (test de Newman et Keuls).

Tableau III

Teneur (% de matière sèche) et contenu (mg) en éléments minéraux de la partie aérienne de microplants d'ananas de la variété Queen Tahiti endomycorhizés (M) ou non mycorhizés (nM), cultivés sur des sols salés ou non.

	Teneur en NaCl (g/kg de sol)							
	0		2		5			
	nM	M	nM	M	nM	M	nM	M
Azote (N)								
teneur	2,24	1,61	2,06	1,88	2,11	1,94		
contenu	5,08	7,36	4,96	8,93	4,49	7,28		
Phosphore (P)								
teneur	0,15	0,18	0,09	0,18	0,07	0,16		
contenu	0,34	0,83	0,22	0,86	0,15	0,60		
Potassium (K)								
teneur	5,13	2,94	5,23	3,84	5,26	4,13		
contenu	11,65	13,44	12,60	18,24	11,21	15,49		
Calcium (Ca)								
teneur	0,65	0,82	0,69	0,86	0,61	0,75		
contenu	1,48	3,75	1,66	4,09	1,30	2,81		
Magnésium (Mg)								
teneur	0,28	0,32	0,29	0,34	0,27	0,32		
contenu	0,64	1,52	0,70	1,62	0,58	1,20		

● références

- Allen EB, Cunningham GL (1983) Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizae on *Distichlis spicata* under three salinity levels. *New Phytol* 93, 227-236
- Anonymous (1968) Comité inter-instituts pour le diagnostic foliaire. Méthode de référence pour la détermination des éléments minéraux dans les végétaux. In: *Coll Eur Méd sur le contrôle de l'alimentation des plantes cultivées, Séville, Espagne, septembre 1968*, 12-20
- Anonyme (1972) Comité inter-instituts pour le diagnostic foliaire. Méthode de référence pour la détermination des éléments minéraux dans les végétaux. In: *Coll Eur Méd sur le contrôle de l'alimentation des Plantes cultivées, Budapest, Hongrie, septembre 1972, Université de Budapest*, 144-150
- Barea JM (1991) Vesicular-arbuscular mycorrhizae as modifiers of soil fertility. In: *Advances in Soil Science*. New York, Springer-Verlag, USA, vol 15, 1-40
- Barea JM, Azcon-Aguilar C, Azcon R (1987) Vesicular-arbuscular mycorrhiza improve both symbiotic N₂ fixation and N uptake from soil as assessed with a N¹⁵ technique under field conditions. *New Phytol* 106, 717-725
- Cooke JC, Lefor MW (1990) Comparaison of vesicular-arbuscular mycorrhizae in plants from disturbed and adjacent undisturbed regions of a coastal salt marsh in Clinton, Connecticut, USA. *Environ Management* 14, 131-137
- Dixon RK, Garg VK, Rao MV (1993) Inoculation of *Leucaena* and *Prosopis* seedlings with *Glomus* and *Rhizobium* species in saline soil: rhizosphere relations and seedling growth. *Arid Soil Res Rehabil* 7, 133-144
- Duke ER, Johnson CR, Koch KE (1986) Accumulation of phosphorus, dry matter and betaine during NaCl stress of split-root citrus seedlings colonized with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on zero, one or two halves. *New Phytol* 104, 583-590
- Estaun MV (1989) Effect of sodium chloride and mannitol on germination and hyphal growth of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. *Agric Ecosystems Environ* 29, 123-129
- Frey B, Schüepp H (1993) Acquisition of nitrogen by external hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Zea mays* L. *New Phytol* 124, 221-230
- Gianinazzi-Pearson V, Gianinazzi S (1988) Morphological integration and functional compatibility between symbionts in vesicular arbuscular endomycorrhizal associations. In: *Cell to cell signals in plant, animal and microbial symbiosis*, Berlin, Deutschland, Scannerini S, Smith D, Bonfante-Fasolo P, Gianinazzi-Pearson V, eds, Springer-Verlag, 73-84
- Gianinazzi S, Gianinazzi-Pearson V, Trouvelot A (1982) *Les mycorhizes, partie intégrante de la plante : biologie et perspective d'utilisation*. Paris, France, INRA-Press, 397 pp
- Guillemin JP, Gianinazzi S, Gianinazzi-Pearson V (1991) L'endomycorhization de vitroplants d'*Ananas comosus* : mise en évidence d'un effet mycorrhizien. *Fruits* 46, 355-358
- Guttay AJR (1976) Impact of deicing salts upon the endomycorrhizae of roadside sugar maples. *Soil Sci Soc Am J* 40, 952-954*
- Harley JL, Smith SE (1983) *Mycorrhizal Symbiosis*. London-New York, Academic Press, 483 p
- Hartmond U, Schaesberg NV, Graham JH, Syvertsen JP (1987) Salinity and flooding stress effects on mycorrhizal and non-mycorrhizal citrus rootstock seedlings. *Plant Soil* 104, 37-43
- Hirrel MC (1981) The effect of sodium chloride salts on the germination of *Gigaspora margarita*. *Mycologia* 73, 610-617
- Hirrel MC, Gerdemann JW (1980) Improved growth of onion and bell pepper in saline soils by two vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Sci Soc Am J* 44, 654-655
- Hoagland DR, Arnon DI (1950) The water-culture method for growing plants without soil. *Cit Calif Agric Exp Stn* 347, 1-32
- Jasper DA, Abbott LK, Robson AD (1989) Acacias respond to additions of phosphorus and to inoculation with VA mycorrhizal fungi in soils stockpiled during mineral sand mining. *Plant Soil* 115, 99-108
- Jindal V, Atwal A, Sekhon BS, Singh R (1993) Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizae on metabolism of moong plants under NaCl salinity. *Plant Physiol Biochem* 31, 475-481
- Khan AG (1974) The occurrence of mycorrhizas in halophytes, hydrophytes and xerophytes, and of endogone spores in adjacent soils. *J Gen Microbiol* 81, 7-14
- Morard P, Garcia M (1977) La salinité due au chlorure de sodium et les végétaux supérieurs. *Fruits* 32, 263-267
- Ojala JC, Jarrell WM, Menge JA, Johnson ELV (1983) Influence of mycorrhizal fungi on the mineral nutrition and yield of onion in saline soil. *Agron J* 75, 255-259
- Pfeiffer CM, Bloss HE (1988) Growth and nutrition of guayule (*Parthenium argentatum*) in a saline soil as influenced by vesicular-arbuscular mycorrhiza and phosphorus fertilization. *New Phytol* 108, 315-321
- Philipps JM, Hayman DS (1970) Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans Br Mycol Soc* 55, 158-161
- Pond EC, Menge JA, Jarrell WM (1984) Improved growth of tomato in salinized soil by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi collected from saline soils. *Mycologia* 76, 74-84

- Poss JA, Pond EC, Menge JA, Jarrell WM (1985) Effect of salinity on mycorrhizal onion and tomato in soil with and without additional phosphate. *Plant Soil* 88, 307-319
- Raines DW (1972) Salt transport by plants in relation to salinity. *Ann Rev Plant Physiol* 23, 367-388
- Rosendahl CN, Rosendahl S (1991) Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus* spp) on the response of cucumber (*Cucumis sativus* L) to salt stress. *Environ Experim Bot* 31, 313-318
- Rozema J, Arp W, van Diggelen J, van Esbroek M, Broekman R, Punte H (1986) Occurrence and ecological significance of vesicular-arbuscular mycorrhiza in the salt marsh environment. *Acta Bot Neerl* 35, 457-467
- Sengupta A, Chaudhuri S (1990) Vesicular arbuscular mycorrhiza (VAM) in pioneer salt marsh plants of the Ganges river delta in West Bengal (India). *Plant Soil* 122, 111-113
- Sideris CP (1955) Effects of sea water sprays on pineapple plants. *Phytopathology* 45, 590-594
- Smith SE, Gianinazzi-Pearson V (1990) Phosphate uptake and vesicular-arbuscular activity in mycorrhizal *Allium cepa* L: effect of photon irradiance and phosphate nutrition. *Aust J Plant Physiol* 17, 177-188
- Smith SE, St John BJ, Smith FA, Nicholas DJD (1985) Activity of glutamine synthetase and glutamate dehydrogenase in *Tritolium subterraneum* L and *Allium cepa* L: effects of mycorrhizal infection and phosphate nutrition. *New Phytol* 99, 211-227
- Su NR (1961) Potassium requirements of formosan pineapple soils. *Soils Fertilizers* 24, 60-73
- Stahl PD, Williams SE (1986) Oil shale process water affects activity of vesicular-arbuscular fungi and *Rhizobium* 4 years after application to soil. *Soil Biol Biochem* 18, 451-455
- Tisserant B, Gianinazzi-Pearson V, Gianinazzi S, Golotte A (1993) In planta histochemical staining of fungal alkaline phosphatase activity for analysis of efficient arbuscular endomycorrhizal infections. *Mycol Res* 97, 245-250
- Trouvelot A, Kough JL, Gianinazzi-Pearson V (1986) Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire ayant une signification fonctionnelle. In : *Les mycorhizes : physiologie et génétique*. Paris, France, Gianinazzi-Pearson V, Gianinazzi S, ed, INRA Press, 217-221
- Van Duin WE, Rozema J, Ernst WHO (1989) Seasonal and spatial variation in the occurrence of vesicular-arbuscular (VA) mycorrhiza in salt marsh plants. *Agric Ecosystems Environ* 29, 107-110
- Warner MH, Jones JB (1967) Determination of total tissue using a Technicon Kjeldahl Nitrogen apparatus. In: *Technicon Symposia Automation in analytical chemistry. Vol 1*. New York, USA, Mediad Inco, 145-148
- White JM, Munn LC, Williams SE (1989) Edaphic and reclamation aspects of vesicular-arbuscular mycorrhizae in Wyoming red desert soils. *Soil Sci Soc Am J* 53, 86-90
- Yeo AR (1983) Salinity resistance : Physiologies and prices. *Physiol Plant* 58, 214-222