

ARTICLES ORIGINAUX

OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

ORIGINAL ARTICLES

ARTICULOS ORIGINALES

Effets de la double symbiose *Rhizobium* TAL 1147- *Glomus clarum* sur la croissance et la nodulation de *Racosperma auriculiforme* en République Démocratique du Congo.

B. Bulakali*, K. Lumande*, N. Mbaya**, N. Luyindula** & K. Mwangi**

Keywords: *Racosperma* - *Rhizobium* - *Glomus* - Compatibility - Synergism - Growth improvement - Kinzono.

Résumé

L'évaluation de l'efficacité de cinq espèces de champignons endomycorhiziens à vésicules et arbuscules *Spp.* a révélé que le mycosymbiote *Glomus clarum* est convenable pour le repeuplement mycorrhizogène de la savane herbeuse de Kinzono.

Ce présent travail rapporte les résultats des effets de son inoculation au même moment que le *Rhizobium* TAL 1147 sur la croissance et la nodulation en pépinière de *Racosperma auriculiforme* dans le sol de cette même savane.

Comparée à la simple inoculation (*Glomus clarum* ou *Rhizobium* TAL 1147) et au témoin, la double inoculation *Rhizobium* TAL 1147-*Glomus clarum* a significativement ($P < 0,01$) amélioré la croissance et la nodulation de cette légumineuse ligneuse cinq mois après le semis. Une telle inoculation peut être recommandée pour une implantation efficace à grande échelle de cette essence végétale dans le sol de Kinzono pauvre en azote et en phosphore soluble.

Summary

The efficiency evaluation of five vesicular-arbuscular mycorrhiza spp. revealed that the mycobiont *Glomus clarum* is suitable for the mycorrhizogène replanting of the Kinzono grassy savanna.

This present study reports results of effects of its inoculation at the same time that the *Rhizobium* TAL 1147 in nursery on *Racosperma auriculiforme* growth and nodulation in this same savanna's soil.

Compared to the individual inoculation (*Glomus clarum* or *Rhizobium* TAL 1147) and to the uninoculated control, the dual inoculation *Rhizobium* TAL 1147-*Glomus clarum* has improved significantly ($P < 0.01$) the growth and the nodulation of this legume tree five months after the sowing. A such inoculation can be recommended for an effective implantation at large-scale of this specie in poor Kinzono soil in nitrogen and in soluble phosphore.

Introduction

Il est largement reconnu que l'azote et le phosphore constituent souvent les facteurs nutritionnels limitants de la croissance des plantes dans la plupart des sols tropicaux (5, 15, 25, 32). Pour relever le niveau de ces éléments dans ces sols pauvres, le recours aux engrais chimiques phosphatés et azotés est une véritable aubaine.

L'utilisation des biofertilisants pourvoyeurs de ces nutriments est une alternative plausible à bon marché. L'effet positif de la double inoculation des mycorhizes et *Rhizobium* sur la croissance de la plupart des légumineuses a déjà fait l'objet de plusieurs investigations (3, 14, 18, 21, 24, 28, 40). L'efficacité de ces inoculations combinées est tributaire non seulement de la spécificité légumineuses-endomycorhizes-*Rhizobium* mais aussi des conditions éco-pédoclimatiques d'un site donné.

Racosperma auriculiforme est intensément utilisé dans le programme de reboisement des milieux urbains et ruraux en R.D.C.. La localité de Kinzono, un des sites de plantation choisis, est caractérisée par des sols acides et pauvres en azote et en phosphore. Mbaya et al. (26) ont observé la stimulation de la croissance de *R. auriculiforme* grâce à l'inoculation du *Rhizobium* isolé de ce sol. Aussi dans une étude de criblage des endomycorhizes du genre *Glomus*, Bulakali et al. (non encore publié) ont retenu *Glomus clarum* pour le repeuplement mycorrhizogène des sols à Kinzono.

La présente étude tente d'évaluer les effets de l'inoculation combinée *Rhizobium* TAL 1147-*Glomus clarum* sur la stimulation de la croissance et de la nodulation en pépinière de *R. auriculiforme* dans le sol de Kinzono.

* Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, B.P. 190 Kinshasa XI, Département de Biologie, R.D. du Congo.

** Division des Sciences de la vie, Département de Microbiologie, C.R.E.N.-K, B.P. 868, Kinshasa XI, R.D. du Congo.

Reçu le 17.07.95 et accepté pour publication le 17.05.96.

Matériel et Méthodes

Le site expérimental est situé au campus de l'Université de Kinshasa. Pendant la période de culture, la pluviométrie y enregistrée a été de 737,8 mm, la température moyenne de 26,1°C, l'humidité relative moyenne de 76,1% et l'évaporation journalière moyenne de Piche de 2,2 mm (2). Le substrat de culture récolté dans le domaine du centre forestier de Kinzono - situé à 150 km Nord-Est de Kinshasa, 4°22' latitude Sud, 16°17' longitude Est, altitude: 650 m - a été prélevé dans les vingt premiers centimètres d'une jachère de savane (22). Il est classé dans l'ordre des kaolisols et est constitué de sable limoneux de la série du système de Kalahari (20). Ce sol a ensuite été séché à l'air libre, puis tamisé (maille: 3 mm). Les analyses chimiques et microbiologiques de ce sol présentent les caractéristiques suivantes: pH (KCl 1N): 4,6; C: 1,35% (38); N: 0,07% (7); C/N: 19,29; Matières organiques: 3,3% (38); phosphore disponible: 102,7 ppm (6); C.E.C.: 5,5 méq/100 g (37); Mg: 0,1 méq/100g; K: 0,1 méq/100 g; K/Mg: 1; Al³⁺: 0,43 méq/100 g et 1517 spores endomycorhiziennes natives par 100 g de sol sec. Chaque sachet en polyéthylène noir a été chargé de 1 kg de ce sol.

Traitement et semis de graines

Les semences de *R. auriculiforme* de 4 mois d'âge ont été récoltées sur un semencier du jardin expérimental de biologie au Campus de l'Université de Kinshasa. Les graines ont ensuite été séchées pendant 3 jours et conservées dans des sachets en polyéthylène blanc hermétiquement fermés jusqu'à leur utilisation. Avant le semis, elles ont été trempées, immergées dans l'acide sulfurique concentré (H₂SO₄ 95-97%, V/V) pendant 30 minutes, suivi d'un rinçage abondant à l'eau distillée. Chaque sachet a reçu 3 graines.

Préparation des inoculum et inoculation en pépinière. L'espèce endomycorhizienne *G. Clarum* et la souche du *Rhizobium* TAL 1147 utilisées proviennent du centre de Recherche en Biologie Forestière, Université Laval, Ste-Foy, Québec. L'inoculum du champignon endophyte, *Glomus clarum* Nicolson et Schenck a été produit à la ferme selon la technique décrite par Sieverding (34). Il a été prélevé dans la mycorrhizosphère de *Brachiaria ruziziensis* Germ. et Edv. et avait accusé une charge sporale de 2706 spores/100 g de sol sec et un niveau de colonisation endomycorhizienne racinaire de 42%.

Chaque sachet a reçu un inoculum comprenant 30 g de

sol de la rhizosphère prélevés dans un rayon et une profondeur de 15 cm de la plante-hôte et de 4 g de jeunes racines endomycorhizées préalablement segmentées à plus ou moins 2 cm chacune. L'inoculum endomycorhizé e été placé à environ 3 à 5 cm en dessous du semis sur toute la circonférence.

Quant à l'inoculum de *Rhizobium* TAL 1147 requis pour notre expérience, il a été produit en milieu liquide de yeast-Extract-Mannitol au laboratoire de physiologie végétale de l'Université de Kinshasa selon le protocole décrit par Somasegaran et Hoben (36). 1 ml contenait 1,7. 10¹⁰ cellules de *Rhizobium* TAL 1147 et l'inoculation a été appliquée avec 10 ml de suspension eubactérienne diluée à 10% V/V avec de l'eau distillée stérile au-dessus de chaque point d'ensemencement contenant 3 graines de *R. auriculiforme*.

Dispositif expérimental

Les sachets ont été disposés en blocs complètement randomisés avec les traitements suivants: le témoin: T, le *Rhizobium* TAL 1147: R, le *Glomus clarum*: CLA et la double inoculation *Rhizobium* TAL 1147-*Glomus Clarum*: R + CLA ont été effectués simultanément pour la réalisation d'un synergisme évident (4). Chaque traitement a été constitué de douze plantes et répété trois fois. L'écartement entre les sachets a été de 40 cm dans la rangée et entre les rangées. La conduite de la pépinière a été menée de la même manière que celle décrite par Bulakali et al. (8).

Récolte et analyse des données

Après 150 jours de pépinière, toutes les plantules ont été récoltées. Un échantillon représentatif de racine de chaque traitement a été prélevé et conservé dans une solution de FAA composée comme suit: Formaldéhyde 37% (50 ml), Acide acétique glacial (50 ml) et Ethanol 50% (900 ml). Ensuite, les racines ont été éclaircies au KOH 10% par autoclavage et colorées à la fuchsine acide à 0,05%; puis observées qualitativement à la grandeur de la boîte de pétri sous stéréomicroscope de marque Olympus H 011 (23).

Les tiges plus les feuilles et les racines des plantules ont été séchées séparément à 75°C pendant 48 heures et puis leur masse de matière sèche déterminée.

Le nombre et le poids frais de nodules, la taille et le diamètre au collet ont été enregistrés.

Quant aux analyses statistiques des données, les comparaisons multiples des moyennes ont été effectuées selon le test de Waller-Duncan (39).

Tableau 1
Influence de différents microsymbiotes racinaires sur la croissance et la nodulation de *R. auriculiforme*

Traitement	C.E.R.	Nodules		Taille (cm)	Diamètre au collet (mm)	Plantules		
		Nombre/Plante	Poids frais (mg)			Tiges + feuilles	Poids sec (g) racines	total
Témoin	+	22,53b	230d	45,54c	4,36d	10,72c	2,22c	12,94c
<i>Rhizobium</i>	+	29,50b	590b	65,26b	5,88c	23,41b	4,77b	28,18b
<i>Glomus clarum</i>	+	42,07b	420c	87,04a	7,14b	27,51ab	5,59ab	33,10ab
<i>Rhizobium</i> TAL 1147								
<i>Glomus clarum</i>	+	86,23a	690a	85,88a	8,35a	39,49a	8,76a	48,25a

Les valeurs d'une même colonne non suivies par la même lettre sont significativement différentes à P<0,01 (Test de Waller-Duncan).

Abréviation: C.E.R.: Colonisation endomycorhizienne racinaire.

+: Présence qualitative de champignons endomycorhiziens.

Résultats

Dans nos conditions d'essai, un champignon endomycorhizien à vésicules et arbuscules, *G. Clarum* criblé et retenu pour le repeuplement mycorhizogène des sols de Kinzono (non encore publié) et une souche de *Rhizobium* TAL 1147 ont été testés pour stimuler la croissance en pépinière de *R. auriculiforme*.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 1. A la lumière des résultats, une endomycorhization qualitative a été observée dans tous les traitements. Elle était formée soit par des champignons endophytes indigènes, soit par ceux inoculés artificiellement. La même constatation a été faite dans tous les traitements quant à la nodulation des plantules inoculées ou non avec la souche de *Rhizobium* TAL 1147.

Le nombre de nodules enregistré chez les plantules inoculées avec *G. clarum*, *Rhizobium* TAL 1147 ainsi que chez les témoins n'est pas significativement différent à $P < 0,01$. Le poids frais de nodules a été plus élevé sur les sujets inoculés avec le diazotrophe introduit qu'avec le champignon exotique et chez le témoin. La double inoculation R + CLA a stimulé le nombre et le poids frais des nodules mieux que la simple inoculation du *Rhizobium* TAL 1147 ou du symbiote fongique *G. Clarum*. Quant à la taille et au diamètre au collet des plantules, les faibles valeurs ont été enregistrées chez le témoin par comparaison aux autres traitements. Aucune différence significative ($P < 0,01$) n'a été observée entre le champignon endomycorhizien seul CLA et la double symbiose R + CLA pour le paramètre taille. Le meilleur développement des sujets inoculés a été obtenu avec l'inoculation combinée R + CLA.

Pour le poids sec caulinaire plus foliole, racinaire et total des plantules, on a noté le meilleur comportement de la double inoculation R + CLA.

Discussion

D'une manière générale, l'inoculation du couple symbiotique R + CLA, du champignon endomycorhizien seul CLA et du *Rhizobium* TAL 1147 individuel a diversément stimulé de manière significative ($P < 0,01$) la croissance et la nodulation de la plante-hôte comparativement au témoin. Ces performances ont été plus amplifiées par la double inoculation R + CLA.

La colonisation endomycorhizienne racinaire et la nodulation observées sur le traitement témoin confirment la présence des microsymbiotes racinaires infectifs de *R. auriculiforme* comme l'ont rapporté respectivement Bulakali et al. (non encore publié) et Mbaya et al. (26). Dans cette investigation, l'apport de la souche TAL 1147 de *Rhizobium* n'a pas induit un nombre plus élevé de nodules que chez *G. clarum* ou chez le témoin. L'observation de l'effet dépressif de la capacité de nodulation du diazotrophe exotique traduit l'antagonisme dû aux interactions avec les souches natives. Car, une fois introduit, le *Rhizobium* TAL 1147 devrait entrer en compétition avec les souches locales qui ont déjà fait preuve d'efficacité dans la stimulation de la croissance de *R. auriculiforme* malgré leur induction nodulaire tardive et la faible présence des cellules infectives (26). Comme la souche de *Rhizobium* TAL 1147 n'a pas supplanté rapidement les eubactéries indigènes, c'est que son métabolisme n'est pas aussi rapide.

En croissant lentement dans le sol acide de Kinzono, une région tropicale, la souche TAL 1147 n'est pas productrice d'acides comme les natives. D'où, le *Rhizobium* TAL 1147 est une souche qui provient des sols acides des régions tropicales (30). Malgré son effet neutre sur la formation des nodosités la souche introduite s'est révélée plus efficace en stimulant significativement ($P < 0,01$) les poids frais des nodules comparativement au témoin et au mycosymbiote CLA. Ceci ne peut être que l'expression de son adaptabilité aux conditions éco-pédoclimatiques de Kinzono et aussi de son degré de compatibilité avec le macrosymbiote (9, 30, 35). Son efficacité symbiotique vis-à-vis des diazotrophes indigènes s'est confirmée dans la stimulation significative ($P < 0,01$) de la croissance des plantules dans tous les paramètres étudiés pas rapport au témoin. C'est suivant le degré de compatibilité avec la plante-hôte que le *Rhizobium* TAL 1147 a induit une nodulation efficiente. Obaton (31) et Denissov (15) ont d'ailleurs déjà rapporté que la plupart des souches originelles des sols tropicaux sont peu efficaces.

Cette constatation peut justifier le comportement des souches diazotrophes de la savane herbeuse de Kinzono vis-à-vis de celles introduites.

Quant à l'espèce endomycorhizienne seule CLA, a amélioré la croissance du macrosymbiote de manière significative ($P < 0,01$) pour tous les paramètres évalués excepté le nombre de nodules comparativement au témoin. Ces résultats rejoignent ceux déjà observés par Bulakali et al. (non encore publié).

En outre, ce symbiote fongique CLA a donné des rendements plus satisfaisants que ceux réalisés par le *Rhizobium* TAL 1147 individuel. Le mycosymbiote a aussi de façon significative ($P < 0,01$) stimulé la taille et le diamètre au collet que le diazotrophe introduit, qui à son tour a aussi augmenté de manière significative ($P < 0,01$) le poids frais moyen de nodules. Mais *G. clarum* semble avoir incité l'infectivité nodulaire de 42,6% et 86,7% sur la souche eubactérienne TAL 1147 individuel et le témoin respectivement, tout en ne présentant aucun degré de signification. La simple inoculation avec ce microsymbiote racinaire fongique CLA occasionne de ce fait une meilleure infectivité des *Rhizobia* locaux ainsi qu'une bonne croissance de *R. auriculiforme* en termes de taille, de diamètre au collet et de biomasse. Ceci est évident dans la mesure où le champignon endomycorhizien criblé *G. clarum* assure à la plante des conditions nutritionnelles requises pour une bonne croissance végétative et pour un bon développement des nodules dans le sol de Kinzono pauvre en azote et en phosphore. A ce sujet, beaucoup d'auteurs (1,11,16,27,29,33) ont rapporté les effets synergiques de certaines espèces de champignons endomycorhiziens sélectionnées efficaces sur la stimulation de la croissance des plantes, l'élévation de leur biomasse et l'induction d'une fixation accrue d'azote par le *Rhizobium* surtout dans des sols peu fertiles et ayant une faible teneur en phosphore disponible. Il s'avérerait alors logique que la productivité moyenne annuelle de 12 m³/ha/an de bois de feu de première qualité obtenue à Kinzono résulterait en partie des interactions biotiques bénéfiques et synergiques entre les souches de *Rhizobium* autochtones et leurs partenaires endomycorhizes (13,17,20).

La double inoculation *Rhizobium* TAL 1147-G. *Clarum* a donné des rendements supérieurs par rapport à l'inoculation simple de *Rhizobium* TAL 1147 et au témoin sur tous les paramètres étudiés. Elle a permis de doubler la taille et le diamètre au collet, de tripler le poids frais de nodules et de presque quadrupler le nombre de nodules et la biomasse sèche totale de la plante-hôte comparativement au témoin. Ces meilleurs effets de la double symbiose racinaire R + CLA dans nos conditions montrent toute l'importance et l'utilité de l'inoculation combinée *Rhizobium*-endomycorhizes dans le rendement de *R. auriculiforme* dans le sol de Kinzono. Cette maximisation d'efficacité serait due à des interactions biotiques synergiques évidentes et une compatibilité créée entre deux biofertilisants exotiques introduits, la plante-hôte et la microflore tellurique autochtone (3,10,12,14,18,20,28). Ceci est rendu possible par le fait que les endomycorhizes produisent un exsudat qui modifie la rhizosphère et incite l'installation de la symbiose *Rhizobium*-plante (12). Ces structures seraient responsables d'une meilleure absorption du phosphore et par conséquent d'autres éléments biogènes indispensables qu'ont besoin les *Rhizobia* pour fixer biologiquement l'azote de l'air (16,18). Israël (19) a rapporté le rôle que joue le phosphore dans l'initiation des nodules, leur développement, et leur fonction en plus de son implication directe sur la croissance de la plante-hôte.

De ce qui précède, le couple symbiotique R + CLA a accru l'inféctivité et l'effectivité nodulaires améliorant ainsi la croissance en pépinière de *R. auriculiforme* par une action synergique évidente de ces deux biofertilisants inoculés au même moment et la microflore indigène (3,9,14,28).

Conclusion

L'inoculation avec le *Rhizobium* TAL 1147 individuel R, le champignon endomycorhizien à vésicules et arbuscules seul *Glomus Clarum* CLA, le couple symbiotique R. + CLA montre que ces microsymbiotes ont de façon

variable stimulé significativement ($P < 0,01$) la nodulation et la croissance de *Racosperma auriculiforme* dans un sol pauvre et acide d'une jachère de la savane de Kinzono sur le plateau des Bateke.

Dans cette expérimentation, la double symbiose racinaire *Rhizobium* TAL 1147 - *Glomus clarum* a assuré un bon comportement des plantules de *Racosperma auriculiforme* en termes de nodulation, croissance et biomasse en comparaison aux autres microsymbiotes racinaires testés. Elle semble la mieux appropriée dans un programme de boisement industriel de la plante-hôte sur ce sol. Ceci à cause de son efficacité à maximiser la stimulation de la croissance végétative en pépinière, expression d'une évidente optimisation de la productivité au champ. Il est impérieux de disposer des plantules vigoureuses écologiquement adaptées en pépinière avant leur mise au champ, ceci afin de prévenir le taux de mortalité souvent élevé au stade juvénile de ce matériel végétal. Bulakali et al. (8) ont fait ce constat dans une étude antérieure des systèmes symbiotiques *Rhizobium-Glomus spp* sur la croissance de *Leucaena leucocephala* en pépinière, et dix mois après transplantation.

La sélection des microsymbiotes racinaires de *R. auriculiforme* dans le sol de Kinzono mérite d'être poursuivie.

Remerciements

Nous tenons à exprimer toute notre gratitude au Centre de Recherche pour le Développement International (C.R.D.I.) à Ottawa, Canada, qui a subventionné ce travail de recherche dans le cadre du Projet Endomycorhizes n° 3-P-86-1031-02/1.

L'expression de notre profonde reconnaissance s'adresse également au Service National de Reboisement du Ministère de l'Environnement, Conservation de la Nature et Tourisme pour la logistique mise à notre disposition.

Références bibliographiques

- Abbott L.K. & Robson A.D., 1984. The effect of VA mycorrhizae on plant growth. In: VA mycorrhiza, C.L.I. Powell & D.J. Bagyaraj (éd.) CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. 113-120.
- Anonyme, 1992. Relevé des données météorologiques du laboratoire de physique des sols et d'hydrologie du Département de physique des sols. CGEA/CREN-K.
- Bayne H.G. & Bethlenfalvay G.T., 1987. The *Glycine-Glomus-Rhizobium* symbiosis. IV. Interactions between the mycorrhizal and nitrogen-fixing endophytes. *Plant, cell and Environment* **10**: 607-612.
- Bethlenfalvay G.T., Brown M.S. & Stafford A.E., 1985. *Glycine-Glomus-Rhizobium* symbiosis. II. Antagonistic effects between mycorrhizal colonization and nodulation. *Plant physiol.* **79**: 1054-1058.
- Bouyer S. & Damour M., 1964. Les formes du phosphore dans quelques types de sols tropicaux. *Transactions 8th int. Cong. soil Sci.* **4**: 551-561
- Bray R.H. & Kurtz L.T., 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus. *Soil Sci.* **59**: 39-42.
- Bremner J.M. & Mulvaney C.S., 1982. Nitrogen total. In: *Methods of Soil Analysis, in: chemical and Microbiological properties, part 2, 2nd ed.* (eds. Page A.L., Miller R.T.F. Keeney D.R.) Agronomy 9, Madison, Wisconsin, ASA-SSSA. 595-624.
- Bulakali, B., Khasa P.D. & Luyindula N., 1992. Effets de la double symbiose *Rhizobium-Glomus Spp.* sur la croissance de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit en pépinière, et dix mois après transplantation au Zaïre. *Tropicultura* **10**, 4: 132-136.
- Caldwell B.E. & Vest H.G., 1977. Genetic aspects on nodulation and nitrogen fixation by legumes: the macrosymbiont. In: *A treatise on dinitrogen fixation # 3.* (eds. Hardy R.W.F. & Silver W.S.) John Wiley and sons. New-York: 557-576.
- Colonna J.P., Thoen D., Ducousso M. & Badji S., 1991. Comparative effects of *Glomus mosseae* and P. fertilizer on foliar mineral composition of *Acacia senegal* seedlings inoculated with *Rhizobium*. *Mycorrhiza* **1**: 35-38.
- Cooper K.M., 1984. Physiology of VA mycorrhizal association. In: *VA mycorrhiza.* C.L.I. Powell & D.T. Bagyaraj (éd.). CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. 155-185.
- Crush T.R., 1974. Plant growth responses to V.A. mycorrhiza VII. Growth and nodulation of some herbage legumes. *New phytol.* **73**: 73-749.
- Daft M.J. & El-Giahmi A.A., 1976. Studies on nodulated and mycorrhizal peanuts. *Ann. Appl. Biol.* **83**: 273-276.

14. Dela Cruz R.E., Manalo M.Q., Aggangan N.S. & Tambalo J.D., 1988. Growth of three legume trees inoculated with VA mycorrhizal fungi and *Rhizobium*. *Plant and Soil* **108**: 111-115.
15. Denissov I., 1982. *Principes d'agriculture tropicale*. Mir. Moscou, 31-37.
16. Ganry F. Diem H.G., Wey T. & Dommergues Y.R., 1985. Inoculation with *glomus mosseae* improves N₂ fixation by field grown soybeans. *Biol. Fert. Soils* **1**: 15-23.
17. Gerkens M. & Kasali L., 1988. Productivité des peuplements d'A. auriculiformis sur le plateau des Bateke au Zaïre. *Tropicultura* **6**, 4: 171-175.
18. Habte M. & Manjunath A., 1991 Categories of Vesicular arbuscular mycorrhizal dependency of host species. *Mycorrhiza* **1**: 3-12.
19. Israël D.W., 1987. Investigation of the role of phosphorus in symbiotic dinitrogen fixation. *Plant physiol* **84**: 835-840.
20. Khasa P.D., Furlan V. & Lumande K., 1990a. Symbioses racinaires chez quelques essences forestières importantes au Zaïre. *Bois et Forêts des tropiques*, **224**: 27-33.
21. Khasa P.D., Furlan V. & Fortin J.A., 1990b. Effets de différentes espèces de champignons endomycorhiziens sur la croissance de dix espèces de plantes tropicales au Zaïre. *Tropicultura* **8**,4: 159-164.
22. Khasa P.D., Furlan V. Fortin T.A., 1992. Response of some tropical plant species to endomycorrhizal fungi under field conditions. *Trop. agric.* **69**,3: 279-283.
23. Kormanik P.P. & Mw Graw A.C., 1982. Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhize in plant roots. In: *Methods and Principles of Mycorrhizal Research*. N.C. Schenk (ed.) APS, St. Paul, Minnesota, USA: 37-45.
24. Manjunath A., Bagyaraj D.J. F Gopala Gowda H.S., 1984. Dual inoculation with VA mycorrhiza and *Rhizobium* is beneficial to *leucaena*. *Plant and soil*, **78**: 445-448.
25. Masozera R.R., 1975. Pouvoir fixateur de quelques sols zairois à l'égard du phosphore. *Rapport de recherche*. CREN-K., **21**: 159-163.
26. Mbaya N., Tshitenge W.K., Luyindula N., Kabinda ya P.P., Mwange K. & Nyembo K., 1990. Isolement et sélection des souches de *Rhizobium* chez *Acacia auriculiformis* en culture au plateau des Bateke. Communication présentée lors des 3èmes journées scientifiques du C.G.E.A. en 1990. Sous presse dans la Revue Zaïroise les Sciences Nucléaires.
27. Menge J.A., Lembright H. & Johnson E.L.V. 1977. Utilization of mycorrhizal fungi in citrus nurseries. *Proc. Int. Soc. Citriculture* **1**: 129-132.
28. Mohammad G. & Singh S.P., 1988. Effect of tripartite symbiosis on containerized *Acacia auriculiformis*. *Vaniki Sandesh* **12**: 10-12.
29. Mosse B., 1973. The role of mycorrhiza in phosphorus solubilization. In: *Global impact of applied microbiology 4th intern. Conf. Sao Paulo, Brazil*. 543-561.
30. Norris D.O., 1967. *Tropical grasslands* **1**: 107-221.
31. Obaton M., 1974. Légumineuses tropicales: problèmes posés par la symbiose fixatrice d'azote et l'inoculation des semences. *Agron. Trop.* **29**: 1128-1139.
32. Roche P., Criere L., Ba-Lre L., Calba A. & Pallavier P., 1978. La carence en phosphore des sols intertropicaux et ses méthodes d'appréciation. *Science du sol*, **4**: 251-256.
33. Safir G.R., 1980. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and crop productivity. In: *The biology of crop productivity*. P.S. Carlson (éd.) Academic Press, Inc., New-York, USA. 231-252.
34. Sieverding E., 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Technical cooperation, Gmbh, Germany, 371 p.
35. Skinner K.J., 1976. Nitrogen fixation. *C. and En. Oct.* **4**: 23-35.
36. Somasegaran P. & Hoben H.J., 1985. *Methods in legume-Rhizobium technology*. Research report from University of Hawai, NIFTAL project and MIRCEN. Hawai Institute of Tropical Agriculture and Human Resources. 367 p.
37. Stuanes A.O., Ogner G. & Open M., 1984. Ammonium nitrate as extracted for soil exchangeable cations, exchangeable acidity and aluminium. *Commun. Soil Sci. Plant Anal* **15**: 773-778.
38. Walkey A. & Black I.A., 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method, *Soil Sci*: **37**: 29-38.
39. Waller R.A. & Duncan D.B., 1969. A Bayes rule for the symmetric multiple comparison problem. *Journal of American Statistical Association*, **64**: 1484-1499.
40. Young C.C., Juang T.C. & Chao C.C., 1988. Effects of *Rhizobium* and vesicular-arbuscular mycorrhiza inoculations on nodulation, symbiotic nitrogen fixation and soybean yield in subtropical-tropical fields. *Biol. Fert. Soils*, **6**: 165-169.

B. Bulakali, Congolais. Ingénieur en Sciences Agronomiques, Professeur assistant au Département de Biologie de l'Université de Kinshasa - R.D.C.
 K. Lumande, Congolais. Docteur en Sciences Botaniques, Professeur au Département de Biologie de l'Université de Kinshasa - R.D.C.
 N. Mbaya, Congolais. Docteur en Sciences Botaniques, chargé de Recherche au Centre Régional d'études nucléaires de Kinshasa - R.D.C.
 N. Luyindula, Congolais. Docteur en Sciences Botaniques, Directeur de Recherche au Centre Régional d'études nucléaires de Kinshasa - R.D.C.
 K. Mwange, Congolais. Licencié en biologie, Assistant de Recherche au Centre Régional d'études nucléaires de Kinshasa - R.D.C.