

## ETUDE COMPARATIVE DE L'EFFET DE SOUCHES DE CHAMPIGNONS MYCORHIZIENS ARBUSCULAIRES SUR LA CROISSANCE ET LA NUTRITION MINÉRALE DU SÉSAME CULTIVÉ AU SÉNÉGAL

LEYE EL HADJI MALICK<sup>1,2</sup>, NDIAYE MALICK<sup>2</sup>, DIOUF MACOUMBA<sup>1,3</sup> et DIOP TAHIR<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), Ministère de l'Agriculture, Bel Air, Route des Hydrocarbures, BP : 3120 Dakar (Sénégal)

<sup>2</sup> Laboratoire de Biotechnologies des Champignons (LBC), Université Cheikh Anta DIOP, Fann, BP 5005 Dakar (Sénégal)

<sup>3</sup> Direction de l'Horticulture, Ministère de l'Agriculture, zone de captage front de terre lot N 165, BP: 4005 - Dakar (Sénégal)

**Auteur correspondant** : elhadjmalickleye@yahoo.fr

(Received 2 June, 2015; accepted 30 July, 2015)

### RESUME

La croissance et la nutrition minérale de huit variétés locales de Sésame (*Sesamum indicum* L.) ont été évaluées en réponse à l'inoculation mycorrhizienne arbusculaire. Les essais conduits en serre pendant trois mois, ont montré un meilleur développement et une meilleure nutrition minérale chez les plants inoculés comparé aux témoins non inoculés. Les variétés testées se sont révélées très dépendantes de la mycorhization arbusculaire. Le degré de dépendance est généralement supérieur à 55 % et est fortement corrélé à l'isolat fongique et à la variété testée. Il ressort de cette étude que les biofertilisants à base de champignons mycorrhiziens procurent des bénéfices importants à la plante, et peuvent être utilisés pour améliorer la croissance et le rendement du sésame.

*Mots Clés*: Biofertilisation, mycorrhizienne, *Sesamum indicum*

### ABSTRACT

The growth and mineral nutrition of eight local varieties of Sesame (*Sesamum indicum* L.) were evaluated in response to arbuscular mycorrhiza inoculation in a greenhouse. There was greater plant growth and better mineral nutrition in inoculated pots compared to non-inoculated controls. The varieties tested showed high dependence on arbuscular mycorrhiza. The degree of dependence was generally greater than 55% and was highly correlated with the fungal isolates and variety tested. It is evident that mycorrhizae fungi-based biofertilisers provide significant benefits to the plant and can be used to improve growth and yield in sesame.

*Key Words*: Biofertilisation, Mycorrhiza, *Sesamum indicum*

### INTRODUCTION

Le sésame (*Sesamum indicum* L.) est une plante des régions chaudes situées généralement dans les zones tropicales et intertropicales. C'est une plante connue pour ses besoins modestes en eau et en fumure (Purseglove, 1984). Son importance économique est surtout liée au fait que sa graine

est riche en huile de qualité (50%) et une composition en protéines (25%) comparable à celle de la viande (FAO, 1999). Les graines de sésame sont utilisées en sucrerie et en boulangerie comme ornements. L'huile extraite des graines est stable du point de vue biochimique (Yahya, 1998) et sert pour l'alimentation humaine, dans l'industrie de la

savonnerie, en parfumerie, en margarinerie, en cosmétique et en confiserie. En médecine l'huile de sésame présente des vertus antioxydant, analgésique et anti-inflammatoire. De plus le tourteau de sésame est une source d'alimentation pour la volaille, le bétail laitier, les autres animaux à l'embouche mais également peut être utilisé comme engrais (Mbow, 1996 ; Diouf, 2001).

Au Sénégal, l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA) a mis au point une collection de plusieurs variétés de sésame (*Sesamum indicum* L.) répondant aux principales zones agroécologiques du pays. Les études menées au Centre d'Etude Régionale pour l'Amélioration de l'Adaptation à la Sécheresse (CERAAS) depuis quelques années ont porté sur l'évaluation variétale et les aspects techniques pour l'amélioration de la culture du sésame au Sénégal. Cependant très peu d'étude ont été menées dans le sens d'une exploitation du potentiel de microorganismes bénéfiques (composant principal du biofertilisant mycorhizien) du sol pour améliorer le rendement en sésame. Des travaux, effectués dans d'autres localités comme l'Inde, sur l'utilisation des champignons mycorhiziens arbusculaires (MA) ont montré une amélioration significative du rendement et de la production en sésame. En effet L'inoculation avec *G. fasciculatum* a permis à Selvaraj et Subramanian (1988) d'obtenir une augmentation significative de la biomasse de plantes de sésame sur sol stérile avec une importante infection mycorhizienne des racines. En outre, une production importante de phénols est observée dans les racines mycorhizées sur sol non stérile synonyme de résistance aux pathogènes. Sampath Kumar *et al.* (2002) travaillant sur des variétés locales de sésame ont montré que l'association avec différents genres de champignons mycorhiziens arbusculaires (*Acaulospora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Sclerocystis* et *Scutellospora*) a permis d'avoir une biomasse plus grande aussi bien au niveau des racines que des parties aériennes ; en plus une concentration élevée en éléments minéraux (NPK) au niveau des plants mycorhizés comparés aux témoins a été observée. Cette étude démontre également que dans cette étude, le genre *Glomus* est la plus infective (97%) et le genre *Acaulospora* la moins infective (68%). Des cultures réalisées en serre

dans des pots par Anil Prakash *et al.* (2004) ont montré également une bonne assimilation du phosphate naturel et indirectement une intense absorption de nutriments azotés avec une amélioration de la biomasse des plantes de sésame mycorhizées couplées à un apport de phosphate naturel. En effet, les résultats ont permis d'obtenir une biomasse totale chez toutes les plantes mycorhizées supérieure aux témoins. La présente étude a été conduite dans le but de sélectionner les meilleurs couples, entre variétés de locales de sésame et souches de champignons mycorhiziens arbusculaires (MVA) isolées au Sénégal, permettant une meilleure croissance et nutrition hydrominérale des plants de sésame.

## MATERIEL ET METHODES

**Semis des plants.** L'étude avait été menée, au Département de Biologie Végétale de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal) en serre de culture pendant trois mois sur sol stérile pauvre en éléments minéraux et particulièrement en phosphore assimilable (Tableau 1). La stérilisation a été faite à l'autoclave (1h à 100 °C) durant deux jours de suite.

Les variétés de sésame utilisées appartenait à la collection de l'ISRA. Il s'agissait de « Ceraas 1-98 », une variété de type monotige et de « 32-15 », « PI 278-160 », « PI 179-033 », « Jaalgon 128 » « SN 98-80 », « SN 98-86 » et « Primoca » qui sont des variétés de type ramifié.

Les graines de sésame avaient été désinfectées dans de l'eau de javel (90%) diluée de moitié pendant cinq minutes puis rincées abondamment avant d'être imbibées pendant trente minutes dans de l'eau stérile. Ensuite, elles sont mises à germer dans des boîtes de Pétri

TABLEAU 1 : Caractéristiques physico-chimiques du sol d'étude

Eléments composants	Teneur
Argile	3,3 %
Limon	2,4 %
Sable grossier	94,3 %
Matière organique	0,00
P (ppm)	18 (ppm)
N (ppm)	170 (ppm)

contenant de la gélose (0,8%) et placées à l'obscurité à 28 °C

**Matériel fongique.** Six isolats fongiques isolés au Sénégal et appartenant à la collection du Laboratoire de Biotechnologies des Champignons (LBC) du Département de Biologie Végétale (Université Cheikh Anta DIOP/Sénégal) ont été utilisés. Il s'agit des champignons mycorhiziens arbusculaires suivants : *Glomus mosseae*, G. (Nicholson & Gerd. Gerd. & Trappe) (DAOM 227 131), *Glomus aggregatum* (Schenke & Smith emend. Koske) (DAOM 227 128), *Glomus fasciculatum* (Thaxter *sensu* Gerdemann Gerd.) (DAOM 227 130), *G. manihotis* (Howeler, Sieverding & Schenk) (IR. 15) *Glomus intraradices* (Schenke & Smith) (DAOM 197 198), *Glomus verruculosum* (Blaszkowski & Tadych) (DAOM 227 115). L'inoculum mère était composé d'un mélange de spores et de fragments de mycorhizes obtenus par piégeage en utilisant le maïs comme plante hôte.

**Inoculation des plantes de sésame.** L'inoculation avait eu lieu en même temps que le transfert des plantules des variétés de sésame. Chaque pot de culture reçoit 20g d'inoculum avec une fréquence de mycorhization d'au moins 85% et une densité sporale d'environ 40 pour chaque isolat fongique. L'inoculum est enfoui dans le substrat de culture à 2 ou 3 cm de profondeur en contact du système racinaire de la plante piège.

**Conditions de culture.** Dans cette étude, deux facteurs ont été étudiés : la variété à huit niveaux et le facteur inoculation à deux niveaux.

Les plants ont été répartis en blocs. Chaque bloc étant constitué de plants inoculés ou non avec cinq répétitions. Le dispositif expérimental était complètement aléatoire. Les plants ont été cultivés en serre pendant trois mois avec les conditions suivantes : température moyenne 30/25 ± 2 °C et une humidité relative variant entre 50 % et 60 %.

**Mesures et analyses chimiques.** Pour évaluer la biomasse des parties aériennes, les plants de sésame ont été récoltés, débarrassés de leur partie racinaire et séchés à 60 °C à l'étuve jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Pour évaluer la

dépendance mycorhizienne (DM) des plants de sésame, les racines de chaque traitement ont été récoltées, éclaircies au KOH (10 %) et colorées au Bleu Trypan (0,05 %) selon la technique développée par Philips et Hayman (1970). La dépendance mycorhizienne a été déduite par la méthode dite de « Grid line intersect method » (Giovannetti et mosse, 1980).

La composition des plants de sésame en éléments minéraux (N, P et K) a été évaluée après minéralisation des échantillons des parties aériennes par HNO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Les données ont été analysées par la technique de l'analyse de variance avec le logiciel XL-Stat et la comparaison des moyennes entre traitements a été effectuée suivant le test de Newman-Keuls.

## RESULTATS

**Biomasse et développement symbiotique.** Nos résultats indiquent un développement végétatif satisfaisant tout au long de la culture. Aucun signe de nécrose ni de perte de feuilles n'a été constaté. Pour chaque variété, le poids sec des parties aériennes a varié en fonction de la souche inoculée. Le poids sec des plants inoculés était généralement supérieur à celui des plants témoins pour toutes les variétés. Les résultats obtenus sur le poids sec des parties aériennes des plants des différentes variétés de sésame en fonction de la souche inoculée sont présentés dans le Tableau 2.

Les résultats ont montré une absence d'infections mycorhiziennes au niveau des racines des plants témoins. L'observation des racines colorées a révélé la présence de structures caractéristiques de l'infection mycorhizienne arbusculaire au niveau de toutes les plantes inoculées. Les plants de sésame ont été infectés par tous les champignons MA avec une dépendance mycorhizienne moyenne variant de 38% à 98% (Tableau 2).

**Nutrition minérale.** Les teneurs en éléments minéraux (N, P et K) des parties aériennes des plants de sésame après récolte sont mentionnées dans le Tableau 3. Les teneurs en N, P et K ont montré que l'absorption de ces éléments varie en fonction de la variété et du traitement appliqué.). L'inoculation mycorhizienne par *Glomus*

TABLEAU 2 : Biomasse et dépendance mycorhizienne (DM) des huit variétés de sésame après trois mois de culture en serre

Variété	Traitements	Biomasse	DM (%)
	Gm	2,67 a	95,14 a
	Ga	2,29 b	94,33 a
	Gf	1,77 c	92,69 a
Ceraas 1-98	Gma	1,31 d	90,13 a
	Gi	1,02 e	87,35 b
	Gv	1,63 c	92,06 a
	T	0,13 f	
32-15	Gm	1,52 b	65,71 b
	Ga	1,33 b	60,78 c
	Gf	1,26 b	58,72 c
	Gma	1,53 b	65,91 b
	Gi	1,96 a	73,39 a
	Gv	2,13 a	75,49 a
	T	0,52 c	
PI 278-160	Gm	1,48 a	90,93 a
	Ga	1,51 a	91,14 a
	Gf	0,91 b	85,26 b
	Gma	0,94 b	85,74 b
	Gi	0,93 b	85,55 b
	Gv	1,03 b	86,94 b
	T	0,13 c	
Jaalgon 128	Gm	1,83 b	71,44 b
	Ga	2,23 a	76,65 a
	Gf	1,78 b	70,63 b
	Gma	1,23 c	57,72 c
	Gi	1,23 c	57,46 c
	Gv	0,84 d	38,27 d
	T	0,52 e	
PI 179-033	Gm	1,00 a	97,37 a
	Ga	0,84 b	96,86 a
	Gf	0,83 b	96,83 a
	Gma	1,10 a	97,60 a
	Gi	0,71 c	96,29 a
	Gv	0,26 d	89,98 b
	T	0,03 e	
SN 98-86	Gm	1,65 a	84,77 a
	Ga	1,30 b	80,73 b
	Gf	1,08 c	76,75 c
	Gma	1,38 b	81,88 b
	Gi	1,13 d	77,88 c
	Gv	1,40 c	82,06 ab
	T	0,25 e	

TABLEAU 2 : Contd.

Variété	Traitements	Biomasse	DM (%)
SN 98-80	Gm	1,30 c	82,03 a
	Ga	1,58 a	85,23 a
	Gf	1,23 d	81,01 a
	Gma	1,38 b	83,08 a
	Gi	1,13 c	79,35 b
	Gv	1,40 b	83,25 a
	T	0,23 d	
PRIMOCA	Gm	1,77 a	77,02 a
	Ga	1,75 a	76,74 a
	Gf	1,24 b	67,23 b
	Gma	1,32 b	69,19 b
	Gi	0,97 c	58,24 c
	Gv	0,80 d	48,89 d
	T	0,41 e	

Gm: *Glomus mossea*; Ga: *Glomus aggregatum*, Gf: *Glomus fasciculatum*, Gma: *Glomus aggregatum*, Gi: *Glomus intraradices*, Gv: *Glomus verruculosum*, T: Témoin . Sur une colonne les valeurs avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes à  $P < 0,05$  au test de Newman-Keuls

*mosseae*, *Glomus aggregatum* et *Glomus fasciculatum* a beaucoup plus amélioré l'absorption de ces éléments nutritifs comparativement aux trois autres champignons. Le N est le minéral qui présente de plus grandes teneurs chez les inoculés comparativement au témoin.

## DISCUSSION

Comme il a été observé chez le sésame, l'apport d'inoculum mycorhizien se traduit par la formation de structures mycorhizienne (Béreau et Garbaye, 1994 ; De Alwis et Abeynayake, 1980 ; Lodge, 1987 ; Newbery *et al.*, 1988) Toutes les variétés testées ont répondu significativement à l'inoculation mycorhizienne. En outre, le sésame ne manifeste pas de spécificité dans le choix de champignon pour former une symbiose (Harley, 1991). Excepté les variétés *Jalgon* et *SN 98 80*, *Glomus mosseae* est le champignon qui a montré les performances les plus significatives concernant la dépendance mycorhizienne et l'amélioration de la nutrition minérale chez les variétés testées de sésame.

La variabilité observée dans la réponse de la plante vis-à-vis des six souches de champignons

mycorhiziens testées est en conformité avec les résultats de Vasanthakrisna et Bagyaraj (1993) et serait due à une préférence d'hôte manifestée envers certaines souches. La différence des valeurs de dépendance mycorhizienne (MD) observée au sein d'une même variété a été décrite par plusieurs études (Koide *et al.*, 1988 ; Bryla et Koide, 1990 ; Khalil *et al.*, 1994 ; Sampath Kumar *et al.*, 2002 et Diop *et al.*, 2003).

Le taux de colonisation relativement élevée (compris entre 95 % pour Gm avec la variété *CERAAS 1-98*) et 38 % pour Gv avec la variété *Jalgon 128*) des racines des plantes pourrait être expliquée par la mycotrophie élevée du sésame qui naturellement forme un réseau dense de filaments mycélium au niveau du sol (Prakash *et al.*, 2004; Selvaraj et Subramanian, 1988 ; Shukla et Vanjare, 1992)

Le sol pauvre en phosphore ( $P=18\text{ppm}$ ) justifierait aussi l'efficacité de la symbiose. En effet, plusieurs études ont montré que les teneurs optimales ou élevées de phosphore inhibent la colonisation arbusculaire des racines des plantes (Amirjee *et al.*, 1989 ; Abbott *et al.*, 1984 ; Koide and Li, 1990) et par conséquent diminuer les bénéfices tirés de la symbiose.

TABLEAU 3 : Teneur en éléments minéraux des huit variétés de sésame après trois mois de culture en serre

Variété	Traitements	N (mg)	P (mg)	K (mg)
Ceraas 1-98	Gm	56,38 a	14,65 a	102,98 a
	Ga	48,36 a	12,57 a	88,32 a
	Gf	37,38 b	9,71 a	68,27 b
	Gma	27,66 c	7,19 b	50,53 b
	Gi	21,54 c	5,60 b	39,34 c
	Gv	34,42 b	8,95 b	62,87 b
	T	18,16 c	4,72 b	33,17 c
32-15	Gm	125,10 b	27,14 b	211,01 b
	Ga	109,46 c	23,75 b	184,63 b
	Gf	103,70 c	22,50 b	174,92 c
	Gma	125,92 b	27,32 b	212,40 a
	Gi	161,31 a	34,99 a	272,09 a
	Gv	175,30 a	38,03 a	295,69 a
	T	79,01 d	17,14 c	133,27 d
PI 278-160	Gm	121,81 a	26,42 a	205,46 a
	Ga	124,28 a	26,96 a	209,62 a
	Gf	74,89 b	16,25 b	126,33 b
	Gma	77,36 b	16,78 b	130,49 b
	Gi	76,54 b	16,60 b	129,11 b
	Gv	84,77 b	18,39 b	142,99 b
	T	29,63 c	6,43 c	49,98 c
Jaalgon 128	Gm	213,72 a	53,94 a	345,50 b
	Ga	260,43 a	65,73 a	421,02 a
	Gf	207,88 a	52,47 a	336,06 b
	Gma	143,65 b	36,26 b	232,22 c
	Gi	143,65 b	36,26 b	232,22 c
	Gv	98,10 c	24,76 c	158,59 d
	T	75,91 c	19,16 c	122,72 d
PI 179-033	Gm	115,63 a	30,55 a	190,95 a
	Ga	97,13 b	25,67 a	160,40 b
	Gf	95,97 b	25,36 a	158,49 b
	Gma	127,19 a	33,61 a	210,05 a
	Gi	82,10 b	21,69 a	135,58 b
	Gv	30,06 c	7,94 b	49,65 c
	T	15,03 c	3,97 b	24,82 c
SN 98-86	Gm	188,35 a	51,01 a	294,97 a
	Ga	148,40 b	40,19 a	232,40 b
	Gf	123,29 b	33,39 b	193,07 c
	Gma	157,53 b	42,66 a	246,70 b
	Gi	128,99 b	34,93 b	202,01 c
	Gv	159,82 b	43,28 a	250,28 b
	T	97,03 c	26,28 b	151,95 d

TABLEAU 3 : Contd.

Variété	Traitements	N (mg)	P (mg)	K (mg)
SN 98-80	Gm	147,07 b	38,10 a	233,45 a
	Ga	178,74 a	46,30 a	283,73 a
	Gf	139,15 b	36,05 a	220,88 a
	Gma	156,12 b	40,44 a	247,82 a
	Gi	127,84 c	33,12 a	202,92 b
	Gv	158,38 b	41,03 a	251,41 a
	T	85,98 c	22,27 b	136,48 c
PRIMOCA	Gm	200,33 a	57,32 a	314,20 a
	Ga	198,07 a	56,67 a	310,65 a
	Gf	140,35 b	40,15 a	220,12 b
	Gma	149,40 b	42,74 a	234,32 b
	Gi	109,79 c	31,41 b	172,19 c
	Gv	90,55 c	25,91 b	142,01 d
	T	78,10 c	22,34 b	122,48 d

P= phosphore ; N= Azote ; K= Potassium. Gm: *Glomus mossea*; Ga: *Glomus aggregatum*, Gf: *Glomus fasciculatum*, Gma: *Glomus aggregatum*, Gi: *Glomus intraradices*, *Glomus verruculosum*, T: Témoin. Sur une colonne les valeurs avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes à  $P < 0,05$  au test de Newman-Keuls

La différence dans les valeurs obtenues avec la dépendance mycorhizienne (DM) entre variétés de sésame vis-à-vis des souches est en parfaite conformité avec les travaux de Lambert *et al.*, (1980) sur le luzerne, de Carling et Brown (1982) sur le soja, de Kesavo-Rao *et al.* (1990) sur l'arachide et de Kumar *et al.* (1998) sur le sésame. Les meilleurs résultats sur la croissance et sur la production de biomasse obtenus sont semblables aux résultats des travaux de plusieurs auteurs dont Daft et El-Giahmi (1976), Mosse (1981), Parvathi *et al.* (1985) qui rapportèrent que l'inoculation de plants avec des champignons MA entraîne une amélioration de la nutrition hydrominérale associée à une importante amélioration du rendement.

Les résultats les plus significatives obtenus avec *G. aggregatum* et *Glomus mossea* sur la croissance en hauteur et sur la biomasse de la plupart des variétés sont liés à une efficacité différentielle des souches pour les variétés testées. Ces résultats sont similaires à ceux de Caris *et al.* (1998) sur l'arachide et le sorgho et de Sulochana *et al.* (1989) sur le sésame.

L'inoculation de champignons MA avec des variétés de sésame pourrait améliorer le développement de la plante par une amélioration

de la nutrition minérale, même si notre étude a porté que sur trois éléments minéraux (N, P et K). Il est probable que l'augmentation de la biomasse végétale des plantes soit liée à l'amélioration de la nutrition minérale et par ricochet la nutrition hydrique. La contribution des champignons MA observée sur la nutrition minérale n'est pas seulement valable que pour le transfert de P. Les bilans de l'azote et, dans une moindre mesure, du K dans la plante ont été influencés de la même manière que le P par l'inoculation MA. Les différents mécanismes de prélèvements de nutriments utilisés par les différents isolats fongiques ne semblent donc pas discriminer le phosphore au détriment de l'azote et du potassium.

L'inoculation mycorhizienne améliore de façon significative la croissance et la nutrition minérale du sésame selon nos conditions d'étude. Ainsi les biofertilisants microbiens à base de champignons mycorhiziens arbusculaires (MVA) pourraient être recommandés aux producteurs sur des sols pauvres en éléments minéraux comme le phosphore. Dans la perspective d'une agriculture durable, la pratique de l'inoculation apparaît comme une alternative à l'utilisation des engrais chimiques.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbott, L.K. and Robson, A.D. 1984. The effect of root density, inoculum placement and infectivity of inoculum on the development of vesicular arbuscular mycorrhizas. *New Phytologist* 97: 285-299
- Amirjee, F., Tinker, P. B. and Stribley D. P. 1989. The development of endomycorrhizal root systems. VII. A detailed study of the effects of soil phosphorus on colonisation. *New Phytologist* 111: 435-446.
- Anil Prakash, Vandana Tandon and Sharma, N.C. 2004. Effect of rock phosphate and VAM inoculation on growth and nutrient uptake in *Sesamum indicum* L. *Physiology and Molecular Biology of Plants* 101:137-141.
- Béreau, M. et Garbaye, J. 1994. First observations on the root morphology and symbioses of 21 major tree species in the primary tropical rain forest of French Guyana. *Annales de Sciences Forestières* 51: 407-416.
- Bryla, D.R. and Koide, R.T. 1990. Role of mycorrhizal infection in the growth and reproduction of wild vs. Cultivated plants: II Eight wild accessions and two cultivars of *Lycopersicon esculatum* Mill. *Oecologia* 84: 82-92.
- Caris, C., Hordt, W., Hawkins, H.J., Romheld, V. and George, E. 1998. Studies of iron transport by arbuscular mycorrhizal hyphae from soil to peanut and sorghum plants. *Mycorrhiza* 8: 35-39.
- Carling, D.E et Brown, M.F. 1980. Anatomy and physiology of vesicular-arbuscular and non-mycorrhizal roots. *Phytopathology* 72:1108-1114.
- Daft, M. et El-Giahmi, A.A. 1976. Studies on nodulated and mycorrhizal peanuts. *Annals of Applied Biology* 83: 405.
- De Alwis, D.P. and Abeynayake, R. 1980. A survey of mycorrhizae in some forest trees of Sri Lanka. pp. 146-153. In: Mikola, P. (Ed.). *Tropical mycorrhiza research*. Clarendon Press, Oxford.
- Diop, T., Wade, T.K., Diallo, A., Diouf, M. and Gueye, M. 2003. Solanum cultivar responses to arbuscular mycorrhizal fungi: growth and mineral status. *African Journal of Biotechnology* 2 11:429-443.
- Diouf, M. 2001. Besoins en eau, croissance et productivité du sésame *Sesamum indicum* L. en zone semi-aride du Sénégal. Mémoire de titularisation, ISRA-CERAAS, Thiès, 63p. + 7 ann.
- FAO (Food and Agricultural Organization), 1999. Annuaire FAO de la production 1998. FAO, Coll. Statistiques, 52 148, Rome, Italy. 233p.
- Giovannetti, M. and Mosse, B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist* 84: 489-500.
- Harley, J.L. 1991. Introduction to the state of art, in methods in microbiology. Techniques for studies of Mycorrhiza. Norris, J.R., Read, D.J. and Varma, A.K. (Eds.). Academic Press, London. 23: 1-23.
- Kesava-Rao, P.S., Tilak, K.V.B.R. and Arunachalam, V. 1990. Genetic variation for VA mycorrhiza-dependent phosphate mobilisation in groundnut (*Arachis hypogea* L.). *Plant and Soil* 122:137-142.
- Khalil, S., Loynachan, T.E. and Tabatabai, M.A. 1994. Mycorrhizal dependency and nutrient uptake by improved and unimproved corn and soybean cultivars. *Agronomy Journal* 86: 949-958.
- Koide, R., Li, M., Lewis, J. and Irby, C. 1988. Role of mycorrhizal infection in the growth and reproduction of wild vs. cultivated plants. I. Wild vs. cultivated oats. *Oecologia* 77: 537-543.
- Koide, R.T. and Li, M. 1990. On host regulation of vesicular arbuscular mycorrhizal symbiosis. *New Phytologist* 114: 59-65.
- Kumar, P.P., Shailja, K.M., Rao, M.S. and Ram, S. Reddy. 1998. Genotype dependent variation in VAM infection and growth response of tender cultivars of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of the Indian Botanical Society*. 77: 71 -74.
- Lambert, D.H., Cloe, H. and Baker, D.E. 1980. Variation in the response of Alfalfa clones and cultivars of mycorrhiza and phosphorus. *Crop Science* 20: 615-618.
- Lodge, D.J. 1987. Resurvey of mycorrhizal associations in the EL Verde rain forest in Puerto Rico. p. 127. In: Sylvia, D.M., Hung, L.L. and Graham, J.H. (Eds.). *Proceedings of the 7 th North American Conference on*



- Mycorrhizae*. Institute of Food and Agriculture Science, University of California, Gainesville.
- Mbow, M. 1996. Contribution à l'étude comparative de la valeur du tourteau d'arachide *Arachis hypogaea* L. et du tourteau de sésame *Sesamum indicum* L. dans la ration du poulet de chair en zone tropicale. Thèse de doctorat vétérinaire, Ecole inter états des sciences et médecine vétérinaires EISMV, Dakar, 55 p. + annexes.
- Mosse, B. 1981. Vesicular arbuscular mycorrhizal research, Research Bulletin 194, Hawaï. p. 81.
- Newbery, D.M., Alexandre, I.J., Thomas, D.W. and Gartlan J.S. 1988. Ectomycorrhizal rain-forest legumes and soil phosphorus in Korup National Park, Cameroon. *New Phytologist* 109: 433-450.
- Parvathi, K.R., Venkateswarlu, K. and Rao, A.S. 1985. *Proceedings of the Indian Academy of Science (Plant Science)* 95: 35.
- Philips and Hayman 1970. Improved procedures for cleaning roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions British Mycological Society* 55: 93-130.
- Prakash, A., Tandon, V. and Sharma, N.C. 2004. Effect of rock phosphate and VAM inoculation on growth and nutrient uptake in *Sesamum indicum* L. *Physiology and Molecular Biology of Plants* 10(1): 137-141.
- Purseglove, J.W. 1984. Tropical crops: Dicotyledons. Longman group Ltd. ed. Singapour. 719p.
- Sampath Kumar, G., Muruges, S., Rajendran, A., Madhumathi, B. and Ganesh Kumar, A. 2002. Association of vam fungi with sesame and its influence on growth. *Sesame and Safflower Newsletter* No. 17.
- Selvaraj, T. and Subramanian, G. 1988. Light and scanning electron microscopic studies of VAM in *Sesamum indicum* L. roots. *Mycorrhizae for Green Asia: Proceedings of the first Asian Conference on Mycorrhizae* pp. 106-110.
- Shukla, B.N. and Vanjare, N. 1992. Effect of available NPK on VAM spore population in oilseeds cropped soil. *Indian Journal of Mycology and Plant Pathology* 22: 187-1189.
- Sulochana, T., Manoharachary, C. and Rama Rao, T. 1989. Growth response and root colonization in cultivars of sesame to VAM fungi. *Current Science* 589: 519-520.
- Vasanthakrisna, M. and Bagyaraj, D.J. 1993. Selection of efficient VA mycorrhizal fungi for inoculation *Casuariana equisetifolia*. *Arid Research and Rehabilitation* 7:377-380.
- Yahya, A. 1998. Responses to salinity of Sesame (*Sesamum indicum* L.) and Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.). Agaria 122, Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Swedish University of Agricultural Sciences. 87p.