PEMANFAATAN AKAR *Tithonia diversifolia* TERINFEKSI CENDAWAN MIKORIZA ARBUSKULA SEBAGAI INOKULUM TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI JAGUNG

Agustian¹⁾

¹⁾Laboratorium Biologi Tanah Fakultas Pertanian Universitas Andalas
Kampus Limau Manis, Padang (25163) telp. 0751-72773, Fax. 0751-777061
Alamat korespondensi, email: agusti_an@yahoo.fr

ABSTRACT

Tithonia (*Tithonia diversifolia*) has been known as shrubs having potential as a green manure crop. Its growth exceeding legume in poor soil nutrients is strongly influenced by mycorrhizosphere. This study tried to use infected root of tithonia as inoculant of arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) on growth and yield of maize (*Zea mays* L.). The purpose of this research was to study the effect of a given amount of root of tithonia as AMF inoculants on the growth and yield of maize. The study was designed in Completely Randomized Design (CRD) with 5 replicates. The treatment used in this experiment was amount of inoculum consisting of 4 levels: without inoculum (0 g), 10 g, 20 g, and 30 g of inoculum per pot. The results obtained showed that tithonia roots infected with AMF could be used as inoculum. It also caused plant height, dry weight of straw, and P- uptake by crops significantly increased. The use of 20 g of inoculum was the best treatment in this experiment which could increase the weight of dry maize straw to 69.67 g per pot which was significantly different from treatment without inoculation. At the same treatment was also found that the best nutrients (N, P, and K) uptake was determined on straw. Inoculation of AMF using tithonia roots affected the increase in frequency and intensity of infection and numbers of spores found in maize rhizosphere.

Keywords: *arbuscular-mycorrhiza, inoculation, maize, production, tithonia*

PENDAHULUAN

Tithonia (*Tithonia diversifolia*) atau bunga matahari Mexico adalah sebangsa tumbuhan semak yang agak besar, bercabang sangat banyak, berbatang lembut dan agak kecil, tumbuh sangat kecil dan dalam waktu yang singkat dapat membentuk semak yang lebat (Sanke, 1997). Selama ini *Tithonia* telah dimanfaatkan sebagai sumber bahan organik tanah yaitu sebagai pupuk hijau karena kemampuannya dalam mengakumulasi unsur hara esensial seperti fosfor (P), nitrogen (N), kalium (K) kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) pada jaringan tubuhnya (Nziguheba et al. 1998; Gachengo et al. 1999; Jama et al. 2000; Cobo et al. 2002a). Namun demikian mekanisme bagaimana unsur hara tersebut bisa diakumulasi dengan kadar yang tinggi belum bisa dijelaskan dengan baik. Menurut Rutunga et al (1999), akumulasi hara yang cukup tinggi pada *Tithonia* diduga sebagai akibat akarnya yang dalam sehingga area jelajah akar lebih luas dan adanya infeksi ekto dan endomikoriza turut serta membantu penyerapan hara. Kajian yang dilakukan terhadap tanaman lain (Gerderman, 1968; Jakobsen et al. 1992) memperlihatkan

adanya potensi simbiosis mikoriza dalam meningkatkan serapan hara khususnya P dan N kedalam jaringan tanaman.

Hasil penelitian Agustian (2004) menunjukkan bahwa terdapat tingkat infeksi CMA yang tinggi pada perakaran *Tithonia* yang tumbuh pada berbagai ketinggian tempat di Sumatera Barat yaitu berkisar antara 75–87%. Dengan menggunakan teknik Polymerized Chain Reaction (PCR), Sharrock et al. (2004) menemukan kisaran infeksi CMA rata-rata 40% dan mendeterminasi species CMA dari keluarga Glomaceae yang dominan menginfeksi akar *Tithonia*. Adanya infeksi yang tinggi pada perakaran *Tithonia* ini berpotensi dijadikan sebagai inokulum CMA.

Ditinjau dari budidaya nya, *Tithonia* sangat potensial dijadikan tanaman pupuk hijau dan dapat ditanam sebagai pagar lorong atau ditanam pada pinggir-pinggir petakan di areal pertanian (Hakim dan Agustian (2005). Dengan adanya interaksi akar antar tanaman di bawah permukaan tanah maka kemungkinan adanya infeksi silang CMA antar tanaman akan sangat menguntungkan apalagi jika tanaman pokok adalah tanaman jagung karena menurut Hayman (1983) jagung sangat efektif bersimbiosis dengan

CMA indigenous. Penelitian Allen dan Allen (1990), Oliviera dan Sanders (1999) pada berbagai tanaman yang ditanam secara rotasi membuktikan adanya interaksi dan infeksi silang tersebut.

Sampai saat ini peneliti belum berhasil membuat biakan murni dari CMA untuk dipakai sebagai inokulum, inokulum yang biasa dipakai adalah tanah yang mengandung spora hasil biakan pot tanaman inang yang diinfeksi CMA. Akan tetapi teknik ini masih dianggap kurang efisien, karena tidak saja berat, tetapi juga memerlukan ruang yang cukup luas untuk pembuatannya (Setiadi, 2000). Cara lain untuk mengatasi kendala penyediaan inokulum CMA melalui kultur hydroponik dan aeroponik. Cara ini dinilai cukup efisien, karena untuk menginokulasi 2.000 bibit tanaman untuk 1 ha hanya diperlukan bahan baku akar 5 g saja, namun demikian menurut Setiadi (2000) masih ditemukan permasalahan pada cara penyimpanan dan teknik pengemasan. Hal ini menimbulkan pemikiran untuk mencoba penggunaan akar *tithonia* sebagai inokulum yang belum pernah diketahui keberhasilannya jika digunakan untuk tanaman yang dibudidayakan. Cara ini jika berhasil, selain praktis karena inokulum hanya dibutuhkan dalam jumlah yang sedikit juga menghemat biaya karena akar yang digunakan telah terinfeksi secara alami dan dapat diperoleh dengan mudah tanpa perlu dibiakkan lagi.

BAHAN DAN METODA

Percobaan pot ini dilaksanakan di Rumah Kawat Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang. Analisis tanah, tanaman dilakukan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, sedangkan dan perbanyakan inokulum dan pengamatan CMA dilakukan pada laboratorium Biologi Tanah Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang.

Bahan dan Alat

Bahan tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah contoh tanah Ultisol yang diambil dari kebun percobaan Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Akar *Tithonia* yang terinfeksi 80% oleh CMA diambil dari daerah Kapalo Koto Limau Manis Padang. Varietas jagung yang digunakan adalah hibrida varietas Andalas (A4). Untuk memperbaiki reaksi tanah digunakan kapur kalsit serta untuk memenuhi kebutuhan hara jagung digunakan pupuk kandang sapi, pupuk Urea, SP-36 dan KCl.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini merupakan percobaan pot dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 kali ulangan, dimana perlakuan yang dicobakan adalah akar *tithonia* sebagai bahan inokulan CMA dengan 4 taraf yaitu 0, 10, 20 dan 30 g akar *tithonia*. Penelitian ini menggunakan ulangan 5 kali, selanjutnya hasil yang diperoleh diuji lanjutan dengan Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) pada taraf 5%. Jumlah tanah per pot yang digunakan adalah sebanyak 7 kg setara kering mutlak yang lolos ayakan 2mm.

Persiapan bahan inokulan

Akar *tithonia* diambil di daerah Kapalo Koto Limau Manis, akar *Tithonia* yang digunakan adalah akar yang membentuk rumpun dan terinfeksi CMA dengan intensitas infeksi sebesar 80%. Bagian akar yang dijadikan bahan inokulan adalah akar yang berdiameter kecil dan halus, selanjutnya akar dipotong-potong kurang lebih 1 cm dan ditimbang sesuai dengan jumlah yang digunakan untuk perlakuan.

Pemberian perlakuan dan pemeliharaan

Media tanah yang digunakan pada percobaan pot ini merupakan contoh tanah Ultisol, yang sebelum digunakan diberi kapur setara 1 x Al-dd yaitu 7 g/pot dan pupuk kandang sebagai pupuk dasar sebanyak 10 ton/ ha (35 g/pot). Tanah disiram hingga kadar air berada pada keadaan kapasitas lapang, kemudian ditutup dengan plastik dan diinkubasikan selama 2 minggu. Contoh tanah untuk analisis setelah inkubasi diambil setelah masa inkubasi selesai. Tanah yang telah diinkubasikan dengan kapur dan pupuk kandang dikeluarkan sebanyak ¼ bagian kemudian bahan inokulan dimasukkan sesuai perlakuan dengan cara sebar rata, selanjutnya ditutup dengan sisa tanah yang telah dikeluarkan sebelumnya. Setelah itu baru ditanam benih jagung sebanyak 3 biji/pot sedalam 3 cm dari permukaan tanah. Dosis pupuk yang digunakan adalah setengah dari rekomendasi untuk tanaman jagung yaitu 150 kg/ha Urea, 50 kg/ha SP-36, 50 kg/ha KCl. Perhitungan takaran pupuk per pot yang diberikan yaitu 3 g Urea, 1 g SP-36 dan 1 g KCL yang dihitung berdasarkan populasi perhektar yaitu sebanyak 50.000 tanaman. Urea diberi 2 tahap yaitu diawal tanam dan 20 hari setelah tanam. Panen dilakukan setelah tanaman berumur 53 hari dengan kriteria panen untuk jagung semi yaitu apabila rambut tongkol sudah mencapai 2-3 cm, berwarna putih kemerah-merahan dan kelobot berwarna hijau.

Pengamatan.

Analisis ciri kimia tanah lengkap dilakukan terhadap tanah awal dan setelah inkubasi kapur. Pengamatan pertumbuhan tanaman meliputi tinggi tanaman, bobot kering tanaman dan angkutan hara Nitrogen (N), Posfor (P), Kalium (K). Persentase dan intensitas infeksi CMA dihitung dibawah mikroskop dengan mengamati potongan-potongan akar yang telah diwarnai dengan Lactofenol Tryphan Blue (Trouvelot et al, 1985), sedangkan pengamatan jumlah spora dilakukan terhadap spora pada tanah perakaran tanaman jagung menggunakan metoda penyaringan basah. Produksi tanaman jagung dilakukan melalui bobot tongkol jagung tanpa kelobot.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ciri kimia tanah awal dan setelah inkubasi kapur

Penambahan pupuk kandang dan kapur yang diinkubasikan selama 2 minggu memberikan perubahan terhadap beberapa ciri kimia tanah seperti dapat dilihat pada Tabel 1. Peningkatan nilai pH tanah yang dikapur menjadi 5,99 serta peningkatan terhadap kandungan kation basa tanah merupakan efek nyata dari pemberian kapur. Kamprath (1970) menyatakan pengapuran akan menurunkan kejenuhan Al dan kation Al terlarut dan merupakan kriteria terbaik dalam menentukan jumlah kapur yang digunakan. Sementara peningkatan kandungan C-organik, N-total, serta KTK tanah agaknya merupakan pengaruh dari

pemberian pupuk kandang yang diinkubasi bersamaan sewaktu pengapuran.

Pertumbuhan dan berat kering tanaman

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan inokulasi CMA dengan akar tithonia meningkatkan tinggi tanaman, dimana pertumbuhan tanaman yang diinokulasi dengan CMA pertumbuhannya berbeda nyata dengan yang tidak diinokulasi (Tabel 2). Namun demikian penambahan jumlah inokulum menjadi 20 dan 30 g tidak lagi meningkatkan tinggi tanaman. Dari hasil ini dapat kita lihat bahwa inokulasi CMA dengan 10 g akar tithonia sudah merupakan jumlah yang optimal untuk diinokulasikan bagi tanaman jagung. Berbeda halnya dengan tinggi tanaman, bobot kering batang dan daun baru menunjukkan hasil yang berbeda nyata dengan tanpa pemberian (0 g) jika jumlah inokulum yang dipakai sebanyak 20 g. Inokulasi CMA pada percobaan ini tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap peningkatan bobot kering akar jagung walaupun bobot kering akar terbaik juga ditemukan pada perlakuan 20 g akar Tithonia.

Peningkatan bobot kering batang dan daun serta bobot kering akar tampaknya tidak terlepas dari adanya pengaruh dari inokulasi CMA. Hasil yang diperoleh sejalan dengan hasil Karasawa (2001) pada tanaman jagung yang menunjukkan bahwa bertambahnya pertumbuhan tanaman dan bobot kering tanaman erat kaitannya dengan keberhasilan kolonisasi akar jagung oleh CMA.

Tabel 1. Hasil analisis tanah awal dan setelah diinkubasi dengan pupuk kandang dan kapur

No	Ciri kimia tanah	Sebelum Inkubasi	Kriteria	Setelah Inkubasi kapur	Kriteria
1	pH H ₂ O	5,54	masam	5,99	agak masam
2	C-org (%)	3,00	sedang	3,70	tinggi
3	N-total (%)	0,22	sedang	0,29	sedang
4	P ₂ O ₅ HCl 25% (mg/100g)	23,65	sedang	27,70	sedang
5	P ₂ O ₅ Bray II (ppm)	9,62	sedang	12,07	tinggi
6	KTK (me/100g)	12,20	rendah	17,40	sedang
7	K (me/100g)	0,63	tinggi	0,96	tinggi
8	Na (me/100g)	0,88	tinggi	0,97	tinggi
9	Ca (me/100g)	1,59	sgt rendah	2,47	rendah
10	Mg (me/100g)	1,03	rendah	1,57	-
11	Al-dd (me/100g)	1,90	-	0,87	sedang
12	Kj Al (%)	31.51	tinggi	12.72	

Sumber Kriteria : LPT Bogor cit Harjowigeno (2003)

Tabel 2. Pengaruh inokulasi CMA dengan akar tithonia terhadap pertumbuhan dan produksi jagung

Berat akar (g/pot)	Hasil pengamatan			
	Tinggi tanaman (cm)	Bobot kering batang dan daun (g/pot)	Bobot kering akar (g/pot)	Bobot tongkol tanpa kelobot (g/pot)
0	155,38 b	53,03 b	110,74a	6,34b
10	171,16 a	52,41 b	124,78a	6,91b
20	176,56 a	69,67 a	141,56a	9,04a
30	171,24 a	67,72 a	117,03a	7,68b
KK	15,56 %	10,13 %	3,76 %	7,36 %

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata menurut DNMRT pada taraf nyata 5%

Tabel 3. Pengaruh perlakuan inokulasi CMA dengan akar tithonia sebagai sumber inokulum CMA terhadap angkutan hara tanaman jagung

Berat akar (g/pot)	Hasil pengamatan		
	mg N/pot	mg P/pot	mg K/pot
0	113,2a	144,7 d	102,5a
10	127,1a	160,0 c	127,5a
20	149,2a	205,2 a	151,4a
30	123,0a	171,0 b	151,3a
KK	9,2 %	12,7 %	5,5 %

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata menurut DNMRT pada taraf nyata 5%

Inokulan CMA juga berpengaruh dalam meningkatkan angkutan hara N tanaman. Pemberian 20 g/pot inokulan CMA memberikan peningkatan terbesar atas angkutan hara N yaitu sebesar 30,45 mg/pot dibandingkan tanpa pemberian inokulan CMA, namun demikian semua perlakuan masih belum memberikan hasil yang berbeda nyata walaupun jumlah pemberian ditingkatkan sampai 30 g /pot. Pengaruh inokulasi CMA hanya terlihat pengaruhnya terhadap angkutan hara P dimana pemberian inokulan CMA 20 g/pot terlihat paling tinggi serapan P nya dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Penelitian lain yang dilakukan Nurlaeny et al (1996) menemukan bahwa pada tanah yang dikapur inokulasi mikoriza sangat signifikan meningkatkan serapan P baik pada batang dan akar jagung. Pada penelitian ini peningkatan jumlah inokulum menjadi 30 g/pot tidak lagi memberikan perbaikan terhadap serapan hara.

Persentase frekuensi dan intensitas infeksi CMA serta jumlah spora

Dari hasil sidik ragam menunjukkan adanya pengaruh jumlah akar tithonia yang diberikan sebagai bahan inokulan CMA terhadap frekuensi dan intensitas infeksi CMA. Inokulasi dengan 10 g akar tithonia menaikkan frekuensi

infeksi sebesar 50% dan berbeda nyata dibandingkan dengan yang tidak diinokulasi dengan akar tithonia. Frekuensi infeksi tertinggi ditemukan pada perlakuan 20 g akar tithonia dengan frekuensi infeksi mencapai 98%. Peningkatan taraf pemberian sampai 30 g akar tithonia tidak lagi berbedanya lagi antar sesama perlakuan yang diinokulasi. Selaras dengan hasil frekuensi infeksi, inokulasi CMA juga berpengaruh nyata terhadap intensitas infeksi dengan nilai tertinggi juga ditemukan pada perlakuan 20 g akar tithonia seperti terlihat pada Tabel 4 walaupun masih belum berbeda nyata dengan dosis 10 dan 30 g akar tithonia. Inokulasi CMA juga terlihat meningkatkan secara signifikan jumlah spora CMA yang ditemukan di daerah rhizosfer, namun demikian hasil yang diperoleh pada perlakuan 10, 20 dan 30 g akar tithonia terhadap jumlah spora pada rhizosfer masih berbeda tidak nyata antar sesama perlakuan yang diinokulasi.

Hasil percobaan ini memperlihatkan bahwa inokulasi CMA memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan dan produksi jagung. Hal ini ditunjukkan oleh adanya korelasi antara tinggi tanaman, peningkatan bobot kering jerami jagung dengan persentase infeksi dan intensitas infeksi CMA.

Tabel 4. Pengaruh perlakuan inokulasi CMA dengan akar tithonia sebagai sumber inokulum CMA terhadap frekuensi dan intensitas infeksi CMA pada akar jagung dan jumlah spora pada rhizosfer

Berat akar (g/pot)	Hasil pengamatan		
	Frekuensi infeksi (%)	Intensitas infeksi (%)	Jumlah spora (spora/50 g tanah)
0	40,4b	0,6b	3,2b
10	90,4a	37,3a	20,6a
20	98,0a	46,1a	26,2a
30	93,2a	37,7 a	22,0a
KK	4,4 %	6,6%	4,3%

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata menurut DNMRT pada taraf nyata 5%

Gerderman (1968) dan Mosse (1981) mengemukakan bahwa jamur endophit mikoriza merupakan kelompok jamur yang memiliki arti penting dan distribusi yang luas di alam, berkontribusi yang signifikan terhadap biomassa mikroba tanah dan siklus hara dalam tanaman. Terbentuknya simbiosis mikoriza menurut Gianinazzi dan Gianinazzi-Pearson (1986) dan Bethlenfalvay (1985) berperan dalam meningkatkan produktivitas berbagai tanaman dan penting peranannya dalam mewujudkan pertanian yang berkelanjutan. Penelitian Smith et al. (1989), Schroeder dan Janos (2004) menunjukkan mikoriza dapat meningkatkan serapan hara tanaman khususnya fosfor (P) dan juga unsur mikro seperti Zn dan Cu, dapat menstimulir pertumbuhan tanaman mengurangi pengaruh cekaman terhadap kekeringan serta serangan hama dan penyakit tanaman

Dari berbagai parameter pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan akar Tithonia sebagai inokulum CMA memberikan hasil yang positif bagi peningkatan pertumbuhan dan produksi jagung semi. Frekuensi infeksi yang mencapai 90% dengan intensitas yang relative tinggi ($\pm 40\%$) pada perlakuan yang diinokulasi dengan akar Tithonia menunjukkan akar Tithonia berpeluang dijadikan sumber inokulum alami terutama jika Tithonia ditanam sebagai pagar lorong pada tanah-tanah yang berlereng (Nurhajati Hakim dan Agustian, 2005). Menurut Hayman (1987) jagung dan sorghum efektif dalam bersimbiosis dengan CMA indigenus dimana hasil percobaan pot yang dilakukannya pada jagung menunjukkan peningkatan bobot kering dari 3%, 56% sampai 101%. Percobaan lapangan yang dilakukan Oliviera and Sanders (1999) menguatkan akan hal itu dimana plot bekas lahan yang ditanami jagung memberikan

kolonisasi CMA yang maksimal jika ditanami kembali dengan *Phaseolus vulgaris*. Jenis tanaman yang ditanam dalam sistem rotasi berpengaruh terhadap kontinuitas kolonisasi CMA pada tanaman berikutnya. Mengingat sulitnya menyiapkan inokulum CMA dalam jumlah yang banyak dikarenakan masalah penyimpanan dan aplikasinya di lapangan maka memanfaatkan CMA indigenus dari akar Tithonia dalam budidaya tanaman pangan merupakan langkah alternatif untuk mengatasi persoalan tersebut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penggunaan akar Tithonia yang terinfeksi CMA sangat mungkin digunakan sebagai inokulum dengan takaran 20 g akar Tithonia per pot merupakan pilihan terbaik dalam inokulasi tanaman jagung. Hal ini dapat dijadikan cara alternatif dalam menyiapkan inokulum bagi mikorisasi tanaman dengan CMA. Namun demikian masih perlu penelitian lanjutan untuk mendapatkan akar Tithonia yang terinfeksi mikoriza dengan mudah dan dalam jumlah yang banyak. Oleh sebab itu penelitian lanjutan berkenaan cara efektif mempersiapkan inokulum dan teknik inokulasi yang efisien sangat diperlukan tidak hanya pada tanaman jagung tetapi juga pada berbagai tanaman budidaya lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustian. 2004. Keragaman Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA) pada tithonia (*Tithonia diversifolia*) yang tumbuh pada berbagai ketinggian tempat di Sumatera Barat. *Jurnal Stigma Vol XI No. 4, p. 85-92*
- Allen, E. B., and M. F. Allen. 1990. The

- mediation of competition by mycorrhizae in successional and patchy environments. p 367–389 in J. B. Grace, and G. D. Tilman, editors. Perspectives on plant competition. Academic Press Inc., New York.
- Bethlenfalvay, G. J., Thomas, R. S., Dakessian, S., Brown, M. S. and Ames, R. N. (1985). Mycorrhizae in stressed environments: effects on plant growth, endophyte development, soil stability and soil water. In: *Arid Lands* (Ed. by I. E. E. Whitehead). Westview Press, Boulder, Colorado.
- Cobo J.G., E. Barrios, D.C.L. Kass, R.J. Thomas. 2002a. Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. *Plant Soil* 240:331–342
- Cobo J.G., E Barrios, D.C.L Kass, R.J. Thomas. 2002b. Nitrogen mineralization and crop uptake from surface-applied leaves of green manure species on a tropical volcanic-ash soil. *Biol Fertil Soils* 36:87–92
- Gachengo, C.N., C.A. Palm, B. Jama, C. Othieno .1999. *Tithonia* and senna green manures and inorganic fertilisers as phosphorus sources for maize in western Kenya. *Agrofor Syst* 44:21–36
- Gerdeman, J.W. 1968. Vesicular Arbuscular Mycorrhiza and plant growth. *Hann. Rev. Phitopathol.* 6. : 397-418
- Gianinazzi-Pearson, V. 1984. Host-fungus specificity recognition and compatibility in mycorrhizae. INRA. Station d'Amelioration des Plantes. Laboratoire des Plantes Laboratoire de Phytoparasitology. BV1540. 21034 Dijon Cedex France. 14 hal.
- Gianinazzi, S. and V. Gianinazzi-Pearson. 1986. Progress & Head aches in Endomycorrhiza Biotechnology. Balaban Publisher. France 10 pp
- Hakim, N. dan Agustian. 2005. Cultivation of *Tithonia diversifolia* as a source of organic matter and plant nutrients. In Proc. of Plant Nutrition for Food Security, Human Health and Environmental Protection Held on in Tsinghua University Beijing China p. 996-997
- Hayman, D S. 1983. The physiology of vesicular-arbuscular endomycorrhizal symbiosis. *Can. J. Bot.* 61, 944–963.
- Hayman, D.S. 1987. VA mycorrhizas in field crop systems. In: SAFIR, G.R. (Ed.). Ecophysiology of VA mycorrhizal plants. Boca Raton: CRC, p.171-192.
- Jakobsen, I., L.K. Abbott, A.D. Robson. 1992. External hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Trifolium subterraneum* L. 1. Spread of hyphae and phosphorus inflow into roots. *New Phytol* 120:371–380
- Jama, B., C.A. Palm, R.J. Buresh, A. Niang, C. Gachengo, G. Nziguheba, B. Amadalo .2000. *Tithonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya: a review. *Agrofor Syst* 49:201–221
- Kamprath EJ. 1970. Exchangeable Al as a criterion for liming leached mineral soils. *Soil Sci Soc Am Proc* 34:252-4
- Karasawa, T., Y. Kasahara and M.Takebe. 2001. Variable response of growth and arbuscular mycorrhizal colonization of maize plants to preceding crops in various types of soils. *Biol and Fert. of Soils*, 2001, Volume 33 (4): 286-293
- Molina R. J., Trappe J. M., Strickler G. S. 1978. Mycorrhizal fungi associated with *Festuca* in the western U.S. and Canada. *Can. J. Bot.* 56, 1691-1695.
- Mosse, 1981. Vesicular Arbuscular research for tropical agricultural. Ress Bul Hawaii Instrop. Agric. and Human research England. 82 pp
- Nurlaeny, N., H. Marschner, E. George. 1996. Effects of liming and mycorrhizal colonization on soil phosphate depletion and phosphate uptake by maize (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.) grown in two tropical acid soils. *Plant and soil* 181, 275-285
- Oliveira, .A.R. and F.E. Sanders. 1999. Effect of management practices on mycorrhizal infection, growth and dry matter partitioning in field-grown bean. *Pesq. Agropec. Bras.*, 34(7), p.1247-1254
- Nziguheba G., C.A. Palm, R.J. Buresh, P.C. Smithson.1998. Soil phosphorus fractions and absorption as affected

- by organic and inorganic sources.
Plant Soil 198:159–168
- Rutunga, V., N.K. Karanja, C.K.K. Gachene, C. Palm. 1999. Biomass production and nutrient accumulation by *Tephrosia vogelii* (Hemsley) A. Grey and *Tithonia diversifolia* Hook F. fallows during the six-month growth period at Maseno, Western Kenya. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 3(4), 237-246
- Setiadi, Y. 2000. Pengembangan Cendawan Mikoriza Arbuskular dalam bidang kehutanan, prospek dan tantangan. Makalah seminar sehari tentang prospek dan tantangan era agroindustri. Universitas Andalas. 12 hal.
- Sharrock, R.A., F.L. Sinclair, C. Gliddon, I.M. Rao, E. Barrios, P.J. Mustonen, P. Smithson, D.L. Jones, D.L. Godbold. 2004. A global Assessment using PCR techniques of mycorrhizal fungal populations colonizing *Tithonia diversifolia*. Mycorrhiza 14 (2), p.103-109
- Schroeder, M. S. and D. P. Janos. 2004. Phosphorus and intraspecific density alter plant responses to arbuscular mycorrhizas. Plant and Soil 264 (1-2), 335-348
- Smith, S. E., C. M Long, and F. A. Smith. 1989. Infection of roots with a dimorphic hypodermis: possible effects on solute uptake. Agric. Ecos. Environ. 29, 403-407.
- Trouvelot, A.J., L Kough dan V. Gianinazzi-Person. 1985. Measure du Taux de mycorrhization vesicle arbuscular d'un systeme racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. Proc. of 1st European Symposium on Mycorrhizae, p.217-222