

## RESPON PERTUMBUHAN *Tithonia diversifolia* TERHADAP INOKULASI CENDAWAN MIKORIZA ARBUSKULA (CMA)

Agustian<sup>1)</sup>, Mutia Faiza, Lusi Maira

<sup>1)</sup>Laboratorium Biologi Tanah Fakultas Pertanian Universitas Andalas  
Kampus Limau Manis, Padang (25163) telp. 0751-72773, Fax. 0751-777061  
Alamat korespondensi, email: agustian@faperta.unand.ac.id

### ABSTRACT

The success of symbiotic arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in plants was determined by three main factors namely by edaphic factors (environment), genetic and physiological plants and fungi. In this study AMF inoculations were attempted in *Tithonia* (*Tithonia diversifolia*) which is known as Mexican sunflower that is often used as a source of green manure. The purpose of this study was to find out AMF species that has the highest physiological compatibility with *Tithonia* and to study the effects of AMF species on *Tithonia* growth. Experimental design used in this study was Completely Randomized Design (CRD) with 5 treatments and 3 replications. The data were statistically analyzed the variance, if the value of F-calculated was larger than that of F-table, then the analyses were continued using DNMRT at 5% level of significance. The treatment given were: without AMF, giving inoculant *Glomus manihottis*, *Glomus etunicatum*, *Gigaspora margarita* and a mixture of AMF. The number of spores that are given at each treatment was 100 spores / pot. From this study it could be concluded that *Tithonia* species could be infected by the inoculated AMF. AMF infection had not yet demonstrated beneficial effects for *Tithonia* although the frequency of infection and the number of spores on rhizosphere were also high. Inoculation of *G.*, *Glomus manihottis*, *G. etunicatum*, and a mixture of AMF did not have a significant influence on plant height, stem and leaf dry weight, fresh and dry weight of roots. Response of *Tithonia* growth were shown only on the fresh weight of stems and leaves that are found with the inoculation of *G. margarita*.

**Keywords:** arbuscular mycorrhiza, growth, inoculation, *Tithonia diversifolia*,

### PENDAHULUAN

*Tithonia* (*Tithonia diversifolia*) merupakan tumbuhan semak famili Asteraceae yang dikenal sebagai bunga matahari Mexico berbatang agak besar, bercabang sangat banyak, berbatang lembut dan agak kecil, tumbuh sangat kecil dan dalam waktu yang singkat dapat membentuk semak yang lebat (Jama et al, 2000). Penggunaan *Tithonia* sangat beragam jenisnya, ada yang digunakan sebagai pengusir serangga atau insect repellent (Owolade, 2004), tanaman anti malaria (Oyewole, 2008), antioksidan dan antibiotik (Obafemi et al, 2006; Srividya et. al, 2009), sekarang ini penyebarannya telah meluas di daerah tropik humid dan sub humid, di Amerika Tengah dan Selatan serta di Afrika dan Asia.

Di Kenya-Afrika, *Tithonia* sudah dimanfaatkan sebagai sumber N dan K oleh petani dan memberikan hasil yang tinggi bagi tanaman pangan yang dicobakan (Sanchez dan Jama, 2000; Hakim dan Agustian, 2005). Sebagai sumber pupuk hijau *Tithonia* dikenal 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). Daun *Tithonia* kering mengandung hara yang tinggi yaitu sekitar 3.5 %-4.0 % N; 0.35 %-0.38 % P; 3.5 %-4.1 % K; 0.59 % Ca dan 0.27 % Mg (Machua, Buresh, Odec, Kibor dan Estubi, 2000) dan cepat terurai dibanding tanaman legum (Partey et al, 2011). Menurut Rutunga et al (1999) dan Jama et al (2000) *Tithonia* dapat tumbuh dan

berkembang dengan cepat berkemungkinan karena adanya infeksi mikoriza pada akarnya sehingga sangat membantu penyerapan hara terutama pada tanah-tanah miskin hara.

Kajian yang dilakukan Gerderman (1968) dan Jakobsen et al. (1992) memperlihatkan adanya potensi simbiosis mikoriza dalam meningkatkan serapan hara khususnya P dan N kedalam jaringan tanaman. Mosse (1981) dan Hayman (1983) mengemukakan bahwa fungsi yang menonjol dari CMA adalah kemampuannya berasosiasi dengan 97% spesies tumbuhan. Namun demikian simbiosis akan memberikan efek yang bervariasi terhadap tanaman inang tergantung sinergisitas metabolisme para simbion dalam penyerapan nutrisi. Dalam hal ini menurut Turjaman (1998) infeksi akar tanaman oleh mikoriza ditentukan oleh kesesuaian fisiologis (compatibility) antara tanaman dan cendawan mikoriza. Oleh sebab itu kesesuaian jenis CMA yang diinokulasikan pada tanaman sangat menentukan hasil kerjasama antara tanaman dengan cendawan dalam bersimbiosis. Gianinazzi dan Gianinazzi-Pearson (1986) mendefinisikan kompatibilitas sebagai suatu kesesuaian fungsional dalam aktifitas fisiologi antara para simbion dalam hal ini cendawan dan akar tanaman (inang).

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%. Melalui teknik Polymerized Chain Reaction (PCR), Sharrock et al (2004) menemukan kisaran infeksi CMA pada akar *Tithonia* rata-rata 40% dengan species dominan adalah dari keluarga Glomaceae. Hal ini menunjukkan bahwa pada saat yang bersamaan ada banyak species CMA yang dapat menginfeksi akar *Tithonia*. Smith dan Read (2008) mengemukakan bahwa tidak ada kekhususan antara CMA dengan tanaman inang, namun demikian banyak bukti menunjukkan adanya kompetisi antara spesies CMA dalam kolonisasi akar tanaman (Pearson et al. 1993; Jacquot-Plumey et al. 2001). Penelitian ini bertujuan untuk menemukan spesies CMA yang memiliki

kesesuaian fisiologis tinggi dengan *Tithonia* dan mempelajari pengaruh spesies CMA terhadap pertumbuhan *Tithonia*.

## BAHAN DAN METODA

Penelitian ini dilaksanakan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang. Analisis tanaman dan pengamatan CMA dilakukan di laboratorium Jurusan tanah Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang.

### Bahan dan Alat

Dalam penelitian media tumbuh yang digunakan adalah pasir sungai yang telah disterilkan. Tujuan sterilisasi adalah supaya media pasir selama penelitian hanya didiami oleh CMA yang diinokulasikan. Inokulan CMA yang digunakan adalah *Glomus manihottis*, *Glomus etunicatum*, *Gigaspora margarita* dan CMA campuran yang diproduksi oleh PT INAGRO Parung, Bogor. Kemudian biji *Tithonia* yang diambil diperoleh dari *Tithonia* yang tumbuh sepanjang jalan menuju kampus Unand Limau Manis Padang.

### Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 5 perlakuan dan 3 Ulangan. Data dianalisis dengan menggunakan sidik ragam, uji lanjutan Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) pada taraf nyata 5%. Spesies CMA yang diinokulasikan yaitu sebagai berikut : A, tanpa CMA (Kontrol); B, *G. etunicatum* ; C, *G. margarita*; D, *G. manihottis*; E, Campuran CMA produksi PT INAGRO Parung, Bogor. Bahan inokulan yang digunakan mengandung 11-15 spora/10 g media.

### Pelaksanaan Penelitian

Persiapan media tumbuh dilakukan dengan modifikasi prosedur Husin (2000). Pasir sungai disterilkan dengan menggunakan alat sterilisasi tanah (soil sterilisator) selama 60 menit dengan suhu 110° C. Penggunaan pasir dimaksudkan karena pasir mempunyai aerasi dan drainase yang baik untuk pembentukan dan pertumbuhan mikoriza. Berat pasir yang

digunakan sebagai media tumbuh adalah 1 kg/pot.

*Tithonia* yang dicobakan merupakan hasil perbanyakan berasal dari biji *tithonia* yang tumbuh liar dipinggir jalan. Benih disterilisasi dengan menggunakan metoda sterilisasi permukaan dengan mencelup ke dalam alkohol 70 % kemudian dibilas dengan aquades steril dan selanjutnya dikeringkan dan siap ditanam.

Suplai unsur hara untuk pertumbuhan *tithonia* dilakukan dengan menggunakan larutan hiponex red dan hiponex blue (Husin, 2000) yaitu 2.5 g hiponex dalam 10 liter air. *Tithonia* disiram setiap hari dengan aquades selama seminggu pertama, kemudian pada minggu ke-2 hingga minggu ke-4 disiram dengan larutan hiponex red yang berfungsi sebagai suplai unsur hara untuk pertumbuhan *tithonia* juga berfungsi untuk merangsang pembentukan spora. *Tithonia* dipanen pada umur 60 hari setelah daun *tithonia* tumbuh seperti bentuk jari tangan. Panen dilakukan dengan mengambil seluruh bagian tanaman, dengan cara mengambil bagian atas (batang dan daun) serta bagian bawah (akar).

#### Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, bobot basah dan kering batang dan daun, bobot basah dan kering akar, persentase dan intensitas infeksi CMA

### HASIL DAN PEMBAHASAN

*Pengamatan tinggi tanaman, jumlah daun, bobot basah dan kering batang dan daun, bobot basah dan kering akar*

Pemberian inokulan CMA pada *Tithonia* tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun (Tabel 1). Namun demikian perlakuan inokulasi dengan *G. margarita* cenderung memperbaiki tinggi tanaman dibandingkan dengan *G. etunicatum*, *G. manihottis* dan campuran CMA. *Tithonia* yang diinokulasikan dengan *G. margarita* memiliki rata-rata berat basah batang dan daun tertinggi yaitu (18.59 g/pot) jika

dibandingkan dengan inokulasi CMA yang lain. Data pada Tabel 1, menunjukkan bahwa inokulasi *G. margarita* tidak memberikan perbaikan dalam jumlah daun namun berpengaruh bagi penyerapan air dan hara. Secara keseluruhan inokulasi CMA berpengaruh tidak nyata terhadap bobot basah dan kering akar *tithonia*.

Perkembangan akar pada tanaman menurut Gianinazzi dan Gianinazzi-Pearson (1986) cenderung terhambat jika terinfeksi CMA. Akar tanaman inang perkembangannya tereduksi karena fungsinya dalam serapan hara digantikan oleh miselium cendawan yang berfungsi sebagai bulu-bulu akar. Hal ini dapat diasumsikan bahwa diantara spesies CMA yang diinokulasikan memiliki tingkat kesesuaian fisiologis yang tergolong rendah dengan *Tithonia*. Gianinazzi dan Gianinazzi-Pearson (1986) mengemukakan bahwa terdapat kesesuaian fungsional dalam aktifitas fisiologi antara cendawan dan akar tanaman. CMA yang sesuai akan lebih efektif membantu penyerapan unsur hara di dalam tanah. Peningkatan penyerapan unsur hara akan meningkatkan kecepatan pertumbuhan tanaman.

Allen (1992) mengemukakan bahwa peningkatan penyerapan nutrien oleh mikoriza arbuskula dapat merupakan penyerapan oleh hifa secara langsung maupun tidak langsung yang disebabkan oleh adanya perubahan morfologi dan fisiologi akar. Salah satu perubahan itu adalah keberadaan hifa CMA yang masuk dan berkembang dalam sel akar tanaman inang. Hifa ini menurut Smith and Read (2008) nantinya akan berfungsi sebagai penyerap hara dalam tanah dan membentuk rajutan hifa secara internal di jaringan korteks pada tanaman inang. Sebagian hifa akan memanjang dan menjulur keluar dan masuk ke tanah untuk menyerap air dan unsur hara.

Duddrige (1986) mengemukakan bahwa kebanyakan mikoriza mempunyai tanaman inang yang spesifik, oleh sebab itu efek simbiosis pada tanaman bervariasi sesuai keefektifan CMA dalam membantu penyerapan nutrisi bagi inang. Dengan

Tabel 1. Pengaruh CMA terhadap tinggi Tithonia (8 minggu HST), jumlah daun, bobot basah dan kering batang dan daun serta bobot basah dan bobot kering akar setelah panen.

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun (helai)	Bobot basah batang dan daun (g/pot)	Bobot kering batang dan daun (g/pot)	Bobot basah akar (g/pot)	Bobot kering akar (g/pot)
A = Kontrol	26.73a	17.00a	14.43b	3.33a	5.33a	2.56a
B = <i>Glomus etunicatum</i>	29.00a	12.00a	14.26b	3.43a	4.41a	1.79a
C = <i>Gigaspora margarita</i>	37.17a	16.67a	18.59a	3.64a	4.54a	1.55a
D = <i>Glomus manihottis</i>	22.63a	19.67a	10.67b	2.74a	4.97a	2.13a
E = Campuran	27.60a	14.67a	14.31b	3.36a	3.97a	2.10a
KK	5.8%	8,9%	9.33%	10.42 %	10 %	14.64 %

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

adanya penyerapan hara yang efektif oleh CMA maka akan meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman. Hasil penelitian Tian et al (2010) memperlihatkan bahwa kesesuaian metabolisme N antara kedua simbiosis merupakan salah satu yang mempengaruhi keberhasilan dan sinergisitas simbiosis para simbiosis. Jika kedua simbiosis bisa menyerap dan memetabolisir N dalam bentuk  $\text{NO}_3$  dan  $\text{NH}_4$  maka kontribusi simbiosis akan lebih tinggi dibandingkan simbiosis yang hanya bisa memetabolisir salah satu bentuk saja.

#### Berat Kering Batang dan Daun

Hasil penujian statistik menunjukkan, bahwa CMA berpengaruh tidak nyata terhadap berat kering batang dan daun tithonia. Namun demikian Tithonia dengan inokulan *G. margarita* cenderung memiliki berat kering yang tinggi yaitu 3.64 g/pot bila dibandingkan dengan inokulan lain. Berat kering ini berkaitan dengan metabolisme tanaman (Turjaman, et al, 2003) dimana meningkatnya berat kering tanaman berkaitan dengan metabolisme tanaman. Meningkatnya berat kering tanaman mencerminkan akumulasi senyawa organik yang berhasil disintesa tanaman dari senyawa anorganik. Unsur hara yang telah diserap akar, baik yang digunakan dalam sintesis senyawa organik maupun yang tetap dalam bentuk ionik dalam jaringan tanaman

akan memberikan kontribusi terhadap pertambahan berat kering tanaman.

#### Berat Kering Akar

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa CMA berpengaruh tidak nyata terhadap berat kering akar tithonia. Dalam penelitian ini bobot basah dan kering akar ditemukan justru lebih tinggi pada tanaman kontrol dibandingkan dengan inokulan lain dengan bobot sebesar 5,33 g/pot dan 2.56 g/pot secara berurutan. Brundrett et al (1996) menyatakan bahwa infeksi CMA dapat memperluas jangkauan serapan sehingga mengurangi pembentukan akar baru, yang artinya menghemat energi dari fotosintesis untuk pembentukan jaringan baru.

#### Persentase dan intensitas infeksi CMA

Frekuensi dan intensitas infeksi juga ditandai dengan adanya pembentukan arbuskula dan vesikula dalam akar (Allen, 1992). Arbuskula merupakan struktur infeksi yang sangat penting dalam simbiosis CMA, karena berfungsi dalam proses transfer unsur hara antar kedua simbiosis (Allen, 1992; Smith dan Read, 1997). Dari hasil uji statistik menunjukkan bahwa inokulasi CMA berpengaruh nyata terhadap frekuensi dan intensitas infeksi. Frekuensi tertinggi ditemukan pada *Glomus manihottis* (97,33%) berbeda nyata dengan kontrol dan CMA campuran namun berbeda tidak nyata dengan *G. etunicatum* dan *G. margarita*.

Intensitas infeksi juga ditemukan pada perlakuan *G. margarita* (7.60 %) walaupun berbeda tidak nyata dengan *G. etunicatum* dan *G. manihottis* serta dengan kontrol (4.86 %). Intensitas infeksi terendah ditemukan pada perlakuan dengan CMA campuran dengan intensitas infeksi sebesar 1,08%. Termasuk kategori 1 (terinfeksi sedikit) menurut Trouvelot *et al* (1986). Frekuensi dan intensitas infeksi yang rendah pada perlakuan control dan CMA campuran menurut Simanungkalit (2003) mengindikasikan adanya kompetisi antar spesies CMA dalam menggunakan fotosintat sehingga inokulasi dengan spesies majemuk akan mengurangi potensi masing-masing spesies dalam simbiosis tersebut.

Selain itu bila ditinjau dari frekuensi infeksi maka inokulan *G. manihottis* cenderung lebih banyak ditemui dalam menginfeksi (lihat Tabel 2) daripada inokulan lain. Namun bila ditinjau dari intensitas infeksi inokulan *G. margarita* lebih tinggi dari yang lain dan kelihatannya lebih mencerminkan kesesuaian antara simbiosis karena memberikan efek terhadap peningkatan bobot basah batang dan daun. Hayman (1983) menjelaskan bahwa jaringan hifa yang dihasilkan dari simbiosis antara cendawan dan tanaman merupakan komponen yang sangat penting dalam siklus nutrisi. Sebesar 10–20 % hasil fotosintesis menurut Jakobsen *et al* (1992) dikirimkan tanaman untuk pembentukan, pemeliharaan dan pengaktifan struktur mikoriza, sebaliknya tanaman memperoleh bantuan

dalam penyerapan unsur hara. Hasil pengamatan ini menunjukkan bahwa suatu akar yang frekuensi infeksi yang tinggi belum tentu diikuti oleh intensitas infeksi yang tinggi, dikarenakan intensitas infeksi dihitung berdasarkan banyaknya arbuskul atau vesikul yang terbentuk pada potongan akar yang diamati. Sedangkan persentase infeksi hanya melihat ada tidaknya akar terinfeksi berdasarkan penampakan hifa atau miselium pada potongan akar. Oleh sebab itu pengamatan terhadap intensitas infeksi lebih menentukan dalam menilai keefektifan simbiosis (Trouvelot *et al*, 1985). Tambahan lagi menurut Hayman (1982), CMA memiliki kespesifikkan inang yang sangat kecil dan setiap jenis cendawan ini dapat mengkolonisasi setiap tanaman dengan tingkat keefektifan yang dapat saja berbeda.

#### Jumlah Spora

Berdasarkan hasil uji statistik terlihat bahwa inokulasi CMA pada *Tithonia* berpengaruh nyata terhadap jumlah spora CMA yang ditemukan pada tanah. Dari Tabel 2 terlihat bahwa inokulan *G. margarita* memiliki jumlah spora yang cenderung tinggi (6.33 spora/ g tanah ) dan hanya berbeda tidak dengan *G. etunicatum* (5,33%). Dari jumlah spora yang ditemukan terlihat bahwa adanya korelasi antara frekuensi dan intensitas infeksi dengan jumlah spora yang ditemukan dalam tanah. Tingginya frekuensi dan intensitas infeksi terlihat juga diikuti oleh tingginya spora CMA yang bersangkutan dalam tanah.

Tabel 2. Persentase dan intensitas infeksi CMA pada akar *tithonia* serta jumlah spora yang ditemukan pada rhizosfer

Perlakuan	Rata-rata persentase infeksi ( % )	Intensitas infeksi (%)	Jumlah spora (spora/ 10 g tanah)
A = Kontrol	71.33b	4.86a	4.33b
B = <i>Glomus etunicatum</i>	91.33a	6.00a	5.33a
C = <i>Gigaspora margarita</i>	90.00a	7.60a	6.33a
D = <i>Glomus manihottis</i>	97.33a	6.08a	3.66b
E = Campuran	75.33b	1.08b	3.00b
KK	8.0 %	16.2 %	20.1%

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

## Penilaian tingkat kompatibilitas inokulan CMA

Berdasarkan penilaian terhadap beberapa parameter pertumbuhan yang diamati terlihat bahwa tidak terdapat pengaruh yang nyata spesies yang diinokulasikan terhadap pertumbuhan *Tithonia* walaupun terlihat ada kecenderungan inokulasi memperlihatkan nilai yang lebih tinggi pada parameter tertentu. Seperti inokulan *G. margarita* memiliki nilai tertinggi pada tinggi tanaman, berat basah batang dan daun, berat kering batang dan daun, intensitas infeksi, dan jumlah spora. Namun tidak untuk jumlah daun, berat basah akar, panjang akar, berat kering akar dan persentase infeksi CMA.

Dilihat dari parameter yang diamati *Tithonia* yang diinokulasikan *G. margarita* memiliki nilai tertinggi pada berat basah batang dan daun, berat kering batang dan daun serta tinggi tanaman. Menurut Setiadi (2000) dalam pemanfaatan Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA) untuk benih tanaman ditemukan bahwa tidak semua jenis tanaman dapat memberikan respon pertumbuhan positif terhadap inokulasi CMA. Hal ini sangat tergantung pada tingkat "Mycorrhizal dependency" atau ketergantungan mikoriza dari tanaman tersebut. Tingkat ketergantungan tanaman akan mikoriza adalah tingkat relatif dimana tanaman tergantung pada keberadaan CMA untuk mencapai pertumbuhannya yang maksimal pada tingkat kesuburan tanah tertentu. Tanaman yang mempunyai tingkat ketergantungan tinggi pada keberadaan CMA, biasanya akan menunjukkan respon pertumbuhan yang nyata terhadap inokulasi CMA, dan sebaliknya tidak dapat tumbuh dengan sempurna tanpa adanya asosiasi dengan CMA. Tingkat ketergantungan tanaman terhadap CMA selain ditentukan oleh tanaman itu sendiri, juga akan ditentukan oleh kandungan hara dalam tanah (Karasawa et al, 2001) khususnya fosfat dalam tanah dan jenis isolat CMA yang dipakai.

Tingkat ketergantungan beberapa tanaman hortikultura terhadap CMA telah cukup banyak diketahui, sebagai contoh tanaman jeruk, pepaya dan anggur sangat

ekstrim tergantung pada CMA. Respon pertumbuhannya dapat mencapai 1200-1300 % lebih besar dibandingkan dengan yang tidak bermikoriza. Jenis tanaman lain yang menunjukkan respon terhadap inokulasi CMA adalah jagung, kacang-kacangan, kedelai, terung, jambu, ketela pohon dan alpukat (Setiadi, 2000).

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Dari parameter pengamatan yang diteliti dapat disimpulkan bahwa inokulasi spesies Cendawan Mikoriza Arbuskula yang dicobakan pada *Tithonia* tidak memperlihatkan pengaruh yang spesifik terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, berat basah akar, panjang akar, berat kering batang dan daun, berat kering akar, persentase infeksi, intensitas infeksi dan jumlah spora. Pengaruh inokulasi hanya terlihat terhadap berat basah batang dan daun.
2. Berat basah batang dan daun tertinggi ditemukan pada inokulasi spesies CMA *G. margarita* kemudian diikuti *G. etunicatum*, *G. manihottis* dan inokulan campuran.
3. Tidak ditemukan kespesifikan spesies CMA yang diinokulasi terhadap *Tithonia* walaupun terlihat spesies *G. margarita* memperlihatkan tingkat kompatibilitas yang lebih tinggi untuk *tithonia* dibandingkan dengan spesies *G. etunicatum*, *G. manihottis* dan inokulan campuran.

### Saran

Pengujian dengan menggunakan spesies CMA yang lebih banyak diperlukan untuk melihat spesies yang memiliki kompatibilitas yang tinggi dengan *tithonia*. Penggunaan teknik biomolekuler bisa digunakan untuk melacak kompetisi antar spesies jika inokulan yang digunakan merupakan campuran CMA.

## 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, M. F. 1992. Mycorrhizal Functioning an Integrative Plant-Fungal Process. Chapman and Hall New York. London, 534 halaman.
- Brundrett, M, N. Bougher, B. Dell, T. Grove, dan N. Malajzuk. 1996. Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture. Pirie Printers. Canberra. Australia. 374 halaman.
- 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
- Duddridge, J. A. 1986. Micorrhizae; physiology and genetics. Proceeding 1<sup>st</sup> SEM. Dijon, 1-5 July. 1985. INRA. Paris. 7 halaman.
- 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
- Gerderman, J.W. 1968. Vesicular Arbuscular Mycorrhiza and plant growth. *Hann. Rev. Phitophatol.* 6. : 397-418
- Gianinazzi S. dan V. Gianinazzi-Pearson . 1986. Progress and headaches in endomycorrhiza biotechnology. Balaban Publisher. France. 10 halaman.
- Hakim, N. and 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.
- Husin, E F. 2000. Penuntun praktikum cendawan mikoriza arbuskula. Fakultas Pertanian. Unand. Padang. pp 37
- Jacquot-Plumey, E., D. van Tuinen, S. Chatagnier, S. Gianinazzi, V. Gianinazzi-Pearson. 2001. 25S rDNA-based molecular monitoring of glomalean fungi in sewage sludge-treated field plots. *Environ. Microbiol.* 3:525–531
- 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. *Agroforest. Syst* 49:201–221
- 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
- Machua, J. R. J. Buresh, D. Odde, B. Kibor and B. Estubi. 2000. Colonization of *Tithonia diversifolia* by Ericoid and arbuskular mycorrhiza. 39 halaman.
- 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
- Obafemi, C. A., T. O. Sulaimon, D. A. Akinpelu, T. A. Olugbade. 2006. Antimicrobial activity of extracts and a germacranolidetype sesquiterpene lactone from *Tithonia diversifolia* leaf extract. *African J. Biotech.* 5 (12): 1254-1258
- Owolade. O. F., B. S. Alabi, Y.O.K. Osikanlu and O.O. Odeyemi. 2004. On-farm evaluation of some plant extracts as biofungicide and bioinsecticide on cowpea in Southwest Nigeria. *Food, Agric. & Environ.* 2 (2) :237-240. 2004

- Oyewole, I. O., C. A. Ibidapo, D. O. Moronkola, A. O. Oduola, G.O. Adeoye, G. N. Anyasor. and J. A. Obansa. 2008. Anti-malarial and repellent activities of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) leaf extracts. *J. Medi. Plants Res.* 2(8):171-175
- Partey, S. T., S. J. Quashie-Sam, N. V. Thevathasan, A. M. Gordon. 2011. Decomposition and nutrient release patterns of the leaf biomass of the wild sunflower (*Tithonia diversifolia*): a comparative study with four leguminous agroforestry species. *Agroforest Syst.* 81:123–134
- Pearson, J.N., L.K. Abott, and D.A. Jasper. 1993. Mediation of competition between two colonizing VA mycorrhizal fungi by host plants. *New Phytol* 123:93–98
- Rutunga, V., N.K. Karanja, C.K.K. Gachene, C. Palm. 1999. Biomass production and nutrient accumulation by *Tephrosia vogelii* (Hemsl.) 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
- Sanchez, P.A and B.A. Jama. 2000. Soil fertility replenishment takes off in East and Southern Africa. International symposium on balanced nutrient management system for the most savana and humid forest zones of Africa. Cotonou. Benin. 9 October. 29 halaman.
- 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
- Setiadi. 2000. Pengembangan Cendawan mikoriza arbuskular dalam bidang kehutanan : prospek dan tantangan. Makalah seminar sehari tentang prospek dan tantangan era agroindustri, 28 September. Universitas Andalas. Padang 12 halaman.
- Simanungkalit, R. D. M. 2003. Teknologi cendawan mikoriza arbuskular : produksi inokulan dan pengawasan mutunya. Prosiding seminar mikoriza Bandung
- 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
- Smith, S.E., D.J. Read. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*, Ed 3. Elsevier and Academic, New York
- Srividya, A.R., A. Shalom, R. Chandrasekhar, P. Vijayan. 2009. Antioxidant, antimicrobial and in vitro cytotoxicity studies of *tithonia diversifolia* a.grey. *Int. J. Ph. Sci.* 1 (2):276-279
- Tian, Ch., B. Kasiborski, R. Koul, P. J. Lammers, H. Bücking, and Y.S.Hill. 2010. Regulation of the Nitrogen Transfer Pathway in the Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis: Gene Characterization and the Coordination of Expression with Nitrogen Flux. *Plant Physiol.* Vol. 153, p.1175–1187
- Trouvelot, A.J., L. Kough dan V. Gianinazzi-Pearson. 1985. Measure du Taux de mycorrhization vesicle arbuscular d'un systeme racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. Proc. of 1<sup>st</sup> European Symposium on Mycorrhizae, p.217-222
- Turjaman, M, I. R. Sitepu, R. S. B. Irianto, dan E. Santoso. 2003 Penggunaan cendawan mikoriza arbuskular *Glomus manihottis* dan *Glomus Aggregatum* sebagai pemacu pertumbuhan semai jati (*Tectona grandis*) asal jatirogo dipersemaian. Prosiding seminar mikoriza. Bandung.