



**Pengaruh Pupuk Organik dan Dosis Cendawan Mikoriza Terhadap Pertumbuhan, Hasil dan Bahan Aktif Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.)**

***Response of Some Organic Fertilizer and Dose of Arbuscular Mycorrhiza Fungi on Growth, Yield and Active Content of Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.)***

Sani Hanifah

BBPP Lembang Jl. Kayuambon No. 82 Lembang 40391 Bandung Jawa Barat  
Email : sanie\_78@yahoo.com , HP. 081320751231

**Abstrak**

Default Paragraph Font;Pertumbuhan dan hasil temulawak dipengaruhi oleh banyak faktor seperti ketersediaan hara tanaman dan penyerapan nutrisi dari pupuk organik dan cendawan mikoriza arbuskula (CMA). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pupuk organik dan CMA terhadap hasil, dan bahan aktif dari temulawak. Penelitian ini dilakukan di Desa Sindukarto, Kecamatan Eromoko, Kabupaten Wonogiri. Penelitian ini dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 ulangan. Perlakuan menggunakan beberapa jenis pupuk: (1) tanpa pupuk kandang (kontrol), (2) pupuk kandang puyuh, (3) pupuk kandang kambing, (4) pupuk kandang sapi dan dosis CMA (0 g / tanaman, 5 g / tanaman, 10 g / tanaman, dan 15 g / tanaman). Temulawak ditanam di polybag dengan diameter 30 cm, ditempatkan di rak berukuran tinggi 50 cm, panjang 13 m dan lebar 2 m. Polybag ditaruh dalam rumah paranet dengan kerapatan 55%. Media tanam diisi dengan tanah : pupuk kandang : sekam (2 : 2 : 1). Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi pupuk organik memiliki peningkatan yang signifikan pada tinggi tanaman, jumlah anakan, bobot segar rimpang, bobot kering rimpang, bahan aktif kurkumin, dan xanthorrhizol. Sementara pada perlakuan CMA terdapat signifikansi pada bahan aktif kurkumin. Terdapat interaksi antara pupuk organik dan perlakuan CMA pada variabel tinggi tanaman dan jumlah anakan.

**Kata kunci:** *mikoriza arbuskula*, pupuk organik, bahan aktif

**Abstract**

Growth and yield of temulawak influenced by many factors such as crop nutrient availability and nutrient absorption due to applied organic fertilizer and Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF). The objective of the



research was to find out the effect of organic fertilizer and AMF on growth, yield, and active content of temulawak. The research was conducted at Sindukarto Village, Sub District Eromoko, Wonogiri Regency. The experiment was done in a Completely Randomized Design (CRD) with 3 replications. The treatment uses certain types of manure : (1) no manure (control), (2) quail manure, (3) goat manure, (4) cow manure and inoculum dose of AMF (0 g/plant, 5 g/plant, 10 g/plant, and 15 g/plant). Temulawak planted in polybag with a diameter of 30 cm, placed on a shelf measuring 50 cm, length of 13 m and a width of 2 m. The polybag placed in paranet house with 55% shade. Planting media is filled with soil : manure : husk (2 : 2 : 1) according with treatment. The results showed that application organic fertilizer has significant increase on plant height, tiller number, rhizome fresh weight, rhizome dry weight, curcumin content, and xanthorrhizol content. While the treatment of AMF has significant to curcumin content. There is interaction between organic fertilizer and AMF treatment on plant height and number of tiller.

**Key words :** *Arbuscular Mycorrhiza*, organic fertilizer, active content

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

*Curcuma xanthorrhiza* termasuk famili Zingiberaceae, umumnya dikenal sebagai temulawak, merupakan tanaman ekonomis penting yang digunakan sebagai bumbu, pewarna, obat, dan kosmetik. Kurkumin merupakan pigmen kuning aktif yang ditemukan di rimpang temulawak, telah dikenal sebagai antioksidan alami dengan aktivitas anti tumor (Ruby *et al.*, 1995), penghambat metabolisme asam *arachidonic* (Conney *et al.*, 1991), dan anti-inflammatory (Mkhopadhyay *et al.*, 1982).

Temulawak membutuhkan nutrisi yang banyak untuk mendapatkan hasil yang lebih tinggi (Govind *et al.*, 1990). Terutama, aplikasi nitrogen (N) yang lebih tinggi efektif untuk produksi rimpang temulawak (Hossain dan Ishimine, 2007). Aplikasi bahan organik seperti pupuk kandang, pupuk hijau, sisa tanaman dan bahan organik kompos digunakan sebagai pembenah tanah yang baik dalam pertanian berkelanjutan karena meningkatkan kesuburan tanah melalui modifikasi fisik tanah, kimia dan biologi (Asuegbu dan Uzo, 1984). Pupuk kandang efektif digunakan sebagai pupuk selama berabad-abad. Kotoran unggas, merupakan pupuk alami yang telah diakui mempunyai kandungan nitrogen yang tinggi. Selain itu, pasokan pupuk nutrisi lain pada tanaman sangat penting dan berfungsi untuk meningkatkan kesuburan tanah (Sloan *et al.*, 2003).

Cendawan mikoriza arbuskular (CMA) merupakan mikroorganisme tanah yang bersimbiosis dengan akar tanaman, seperti tanaman sorgum dan tomat yang memiliki potensi kolonisasi tinggi dengan CMA (Mwangi *et al.*, 2011). Hal ini terjadi karena CMA dapat meningkatkan penyerapan hara yang akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman inang. Smith *et al.*, (1986) melaporkan bahwa CMA dapat meningkatkan penyerapan fosfor pada tanaman yang tumbuh pada tanah yang memiliki kesuburan rendah.

Mikroorganisme tanah berperan penting dalam transformasi hara tanaman dari bentuk tidak tersedia menjadi tersedia yang berhubungan dengan peningkatan kesuburan tanah (Leaungvutiviroj *et al.*, 2010). Cendawan mikoriza arbuskular



(CMA) merupakan simbiosis yang menkolonisasi 80% akar tanaman terestrial. Dalam hubungan ini, CMA meningkatkan pertumbuhan tanaman inang dengan meningkatkan penyerapan air dan mineral, terutama penyerapan fosfor (P) dalam tanah, sehingga CMA mendapatkan fotosintat dari tanaman inang (Newsham *et al.*, 1995).

Dengan terjadinya simbiosis antara tanaman dan cendawan mikoriza, tanaman mendapatkan lebih banyak nutrisi dan air dari tanah, dan cendawan mendapatkan tempat hidup dan karbon (Mulai *et al.*, 2002). Di antara berbagai jenis simbiosis mikoriza, cendawan mikoriza arbuskular yang memiliki penyebaran terluas. Sekitar 90% dari tumbuhan vaskular membentuk simbiosis dengan cendawan mikoriza arbuskular (CMA) (Gai *et al.*, 2006).

Inokulasi dengan cendawan mikoriza arbuskular (CMA) merupakan strategi untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dan nutrisi P sekaligus mengurangi pasokan pupuk terutama di daerah tropis (Radovich, 2009). CMA merupakan simbiosis obligat yang mengkolonisasi akar tanaman, umumnya manfaat dari simbiosis antara CMA dan akar tanaman terjadi peningkatan serapan hara tanaman, terhadap pertumbuhan tanaman dan tingkat kelangsungan hidup tanaman itu sendiri (Akhtar dan Siddiqui, 2007).

Di sini, diharapkan hubungan simbiosis antara temulawak dan CMA akan meningkat tidak hanya pada hasil temulawak akibat stimulasi serapan nutrisi serapan tetapi juga meningkatkan kualitas temulawak dengan meningkatkan kandungan kurkumin dan xanthorrhizol.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan efek dan interaksi dari aplikasi CMA dan beberapa jenis pupuk pada pertumbuhan dan hasil temulawak. Juga kita dapat menentukan dosis CMA dan jenis pupuk yang sesuai untuk meningkatkan produksi temulawak.

## II. BAHAN DAN METODE

### 2.1. Bahan

Penelitian lapangan dilakukan di Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah. Analisis laboratorium yang dilakukan di Ekologi dan Manajemen Tumbuhan Laboratorium Produksi, Kimia dan Kesuburan Tanah Laboratorium Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Bahan tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah bibit tanaman temulawak. Bahan lain yang digunakan adalah paranet, polybag, pupuk organik (pupuk kandang puyuh, pupuk kandang kambing dan pupuk kandang sapi), dan cendawan mikoriza arbuskular. Peralatan yang digunakan untuk persiapan lahan, penanaman, pemeliharaan, dan pengamatan.

### 2.2. Metode Penelitian

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari dua faktor perlakuan dengan 16 kombinasi perlakuan dan masing-masing diulang 3 kali. Faktor pertama adalah pemberian pupuk kandang, terdiri dari empat macam, yaitu P0 = tanah tanpa pupuk kandang, P1 = tanah + puyuh, P2 = tanah + kambing, P3 = tanah + kotoran sapi. Faktor kedua adalah CMA (Cendawan Mikoriza Arbuskular), yang terdiri dari 4 tingkat dosis M0 = tanpa CMA, M1 = yaitu dengan CMA 5 g/tanaman, M2 = dengan CMA 10 g/tanaman, dan M3 = dengan CMA 15 g/tanaman.



Pengamatan dilakukan terhadap variabel tinggi tanaman, jumlah anakan, berat segar rimpang, bobot kering rimpang, kolonisasi mikoriza, kandungan kurkumin, dan xanthorizol. Data dianalisis dengan menggunakan analisis varians (ANOVA) F-test pada 5 tingkat%, dan jika ada perbedaan yang signifikan diikuti oleh Duncan Multiple Range Uji (DMRT) pada tingkat 5%.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Efek pemupukan diamati pada tinggi tanaman saat panen, yaitu 9 bulan setelah tanam. Tabel 1 menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang signifikan mempengaruhi tinggi tanaman temulawak. Berdasarkan analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang dapat meningkatkan tinggi tanaman temulawak. Tetapi pemberian jenis pupuk kandang puyuh, pupuk kandang kambing, dan pupuk kandang sapi memberikan efek tidak berbeda nyata.

Kita bisa melihat bahwa tanaman dengan pupuk lebih baik daripada tanaman tanpa pupuk. Karena mereka tidak memiliki gizi yang cukup untuk pertumbuhan. Di sisi lain tanaman dengan pupuk memiliki gizi yang cukup untuk pertumbuhan. Aplikasi mikoriza hanya meningkatkan kandungan kurkumin dalam rimpang temulawak tapi tidak meningkatkan kandungan xanthorrhizol, tinggi tanaman, jumlah anakan, bobot segar dan bobot kering temulawak rimpang (Tabel 2).

Tabel 2 menunjukkan bahwa aplikasi cendawan mikoriza arbuskula (CMA) dengan berbagai dosis (5 g/tanaman, 10 g/tanaman, 15 g/tanaman) mampu meningkatkan tinggi tanaman temulawak dibandingkan dengan kontrol, tetapi satu sama lain tidak berbeda nyata. Mikoriza berperan dalam penyerapan nutrisi dan air. Keuntungan dari tanaman yang terinfeksi oleh mikoriza adalah peningkatan efisiensi penyerapan beberapa nutrisi seperti P, K, Zn, dan S (Gianinazzi-Pearson dan Diem, 1982).

Tabel 1. Pengaruh berbagai aplikasi jenis pupuk terhadap tinggi tanaman, jumlah anakan, bobot segar rimpang dan bobot kering rimpang

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah anakan	Bobot segar rimpang (g)	Bobot kering rimpang (g)
Tanpa pupuk	121. 66 a	0.00 a	19 5.8 3 a	30. 92 a
Pupuk kandang puyuh	278. 76 b	2.25 b	100 2.67 b	104. 42 b
Pupuk kandang kambing	266. 14 b	2.34 b	891. 42 b	114. 17 b
Pupuk kandang sapi	273. 14 b	3.08 b	978. 75 b	109.34 b

Catatan: Nilai diikuti dengan tanda kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan DMRT pada tingkat 5%

Jumlah daun yang diproduksi tanaman temulawak dipengaruhi oleh jumlah anakan yang terbentuk dalam satu rumpun tanaman. Daun yang dibentuk oleh tanaman temulawak yang memiliki banyak anakan akan meningkatkan jumlah daun sesuai dengan jumlah anakan yang tersedia. Anakan per rumpun pada tanaman temulawak mampu menghasilkan 6-9 helai daun yang akan mempengaruhi peningkatan jumlah daun dalam satu tanaman (Pujiasmanto dan Samanhudi, 2011).

Tabel 1 menunjukkan bahwa pupuk organik dapat meningkatkan jumlah anakan temulawak, dibandingkan dengan tanpa pemberian pupuk kandang. Hasil analisis ragam menunjukkan perbedaan yang signifikan antara pemberian pupuk kandang dengan tanpa pemberian pupuk kandang dalam meningkatkan jumlah



anakan temulawak. Pupuk kandang yang digunakan dapat meningkatkan hasil panen kualitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan budidaya konvensional dengan penggunaan pupuk anorganik. Aplikasi pupuk kandang dapat meningkatkan penyerapan nitrogen, fosfor, kalium, dan sulfur (Ashrafi et al., 2010).

Analisis statistik menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan antara antara berbagai jenis pupuk dalam jumlah anakan. Tabel 1 menunjukkan bahwa jumlah anakan tertinggi ditemukan pada perlakuan dengan pemberian pupuk kandang sapi, sementara tanaman yang tidak diberi pupuk kandang menghasilkan jumlah anakan yang terendah. Pemberian CMA tidak berpengaruh pada pertumbuhan temulawak. Tabel 2 menunjukkan bahwa pemberian CMA dengan dosis 5 g/tanaman, 10 g/tanaman, dan 15 g/tanaman menunjukkan tidak berbeda nyata dibandingkan dengan tanpa mikoriza.

Tabel 2. Pengaruh penerapan fungi mikoriza arbuskula (CMA) dosis untuk tinggi tanaman, jumlah anakan, bobot segar rimpang, dan bobot kering rimpang

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah anakan	Bobot segar rimpang (g)	Bobot kering rimpang (g)
Tanpa CMA	235.09 b	1.42 a	756.33 a	88.92 a
CMA 5 g / tanaman	225.45 a	2.17 b	849.83 a	102.58 a
CMA 10 g / tanaman	235.36 b	1.67 b	651.83 a	75.92 a
CMA 15 g / tanaman	243.80 b	2.42 b	810.67 a	91.42 a

Catatan: Nilai diikuti dengan tanda kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan DMRT pada tingkat 5%

Analisis statistik berat segar rimpang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara tanaman. Pemberian pupuk kandang puyuh menunjukkan bobot segar tertinggi (1002.67 g) (Tabel 1), sementara tanaman tanpa diberi pupuk kandang adalah yang terendah, hanya mencapai 195,83 g. Hasil panen rimpang segar meningkat karena pupuk kandang dapat memodifikasi kondisi fisik, kimia dan biologis tanah dan akibatnya meningkatkan daya kesuburan tanah (Manna et al., 2007). Sementara Tabel 2 menunjukkan CMA belum dapat meningkatkan bobot segar rimpang temulawak. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian CMA dosis 5 g/tanaman, dan 15 g/ tanaman berpengaruh tidak berbeda nyata dalam meningkatkan berat rimpang segar dibandingkan tanpa pemberian CMA.

Tabel 3. Kolonisasi mikoriza pada akar tanaman temulawak

Perlakuan	Kolonisasi mikoriza (%)
P0M0	7.14
P0M1	84.60
P0M2	75.00
P0M3	71.40
P1M0	7.14
P1M1	26.60
P1M2	58,30
P1M3	71.43
P2M0	27.27
P2M1	50.00
P2M2	78.57



P2M3	76.92
P3M0	18.75
P3M1	36.36
P3M2	83.33
P3M3	85.71

Tabel 1 menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang menyebabkan peningkatan bobot kering rimpang (114.17 g) daripada tanpa pemberian pupuk kandang (30.92 g). Tapi CMA belum dapat meningkatkan bobot segar rimpang temulawak, hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian CMA dengan dosis 5 g/tanaman, 10 g/tanaman, dan 15 g/tanaman berpengaruh tidak berbeda nyata dalam meningkatkan bobot segar rimpang dibandingkan dengan tanpa pemberian CMA.

Semua akar tanaman temulawak terdapat kolonisasi mikoriza berkisar antara 7,14% -85,71% (Tabel 3). Efektivitas inokulasi CMA dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan dan biologis, terutama ketersediaan P dalam tanah dan potensi inokulum CMA asli. Disarankan bahwa peningkatan potensi inokulum mikoriza yang diberikan dapat meningkatkan aktivitas mikoriza pada tanaman selanjutnya (Karasawa *et al.*, 2002).

Jagung, yang dibudidayakan sebagai tanaman sebelumnya, dikenal dapat meningkatkan populasi CMA asli. Kemungkinan lain adalah bahwa tanah sebelumnya sudah terinfeksi CMA. CMA bersimbiosis tidak hanya dengan akar, tetapi juga dengan tanah bagian bawah. Hal ini terbukti dengan adanya temuan kolonisasi alami pada tanah bagian bawah dari tanaman temulawak (Sampath dan Sullia, 1992). Sebaiknya, produk inokulan paling baik digunakan adalah jika keberadaan CMA rendah dan CMA asli tidak lagi efektif (Yamawaki *et al.*, 2013).

Val *et al.*, (1999) melaporkan bahwa kolonisasi mikoriza dapat dihambat oleh tanah yang terkontaminasi oleh Zn dan Cu. Selain itu, kolonisasi CMA tergantung pada pasokan P dan ketersediaan nutrisi lain, juga tanaman yang tumbuh pada tanah dengan kandungan P rendah dan cukup unsur hara lain yang memiliki kolonisasi CMA tinggi. Dalam proses ini muncul fakta bahwa mikronutrien akan mengurangi kolonisasi CMA ketika ketersediaan unsur tersebut sangat tinggi contohnya seperti tanah dan air yang tercemar oleh unsur-unsur logam tetapi pada konsentrasi moderat atau lebih rendah tidak mempengaruhi kolonisasi CMA pada akar. Selain itu, tampaknya bahwa kolonisasi akar lebih dipengaruhi oleh ketersediaan unsur P (Shirmohammadi dan Aliasghar zad, 2013).

Tabel 4. Pengaruh berbagai aplikasi jenis pupuk terhadap kandungan kurkumin dan xanthorrhizol

Perlakuan	Kandungan kurkumin (g / tanaman)	Kandungan xanthorrhizol (g / tanaman)
Tanpa pupuk	5.44 a	9.89 a
Pupuk kandang puyuh	17.66 b	49.83 b
Pupuk kandang kambing	18.23 b	43,53 b
Pupuk kandang sapi	16.17 b	46.99 b

Catatan: Nilai diikuti dengan tanda kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan DMRT pada tingkat 5%



Kurkumin, yang merupakan pigmen kuning aktif yang ditemukan pada rimpang temulawak. Dari Tabel 4 menunjukkan bahwa kandungan kurkumin tertinggi (18,23 g/tanaman) adalah pada perlakuan dengan pemberian pupuk kandang kambing, sedangkan kandungan kurkumin terendah (5.44 g/tanaman) terdapat pada tanaman tanpa pemberian pupuk kandang.

Rata-rata kandungan kurkumin dengan perlakuan CMA berbeda secara signifikan antara perlakuan dengan pemberian pupuk kandang kambing dan pupuk kandang puyuh (Tabel 5). Hal ini terjadi karena pupuk kandang puyuh memiliki nutrisi P lebih tinggi daripada kandungan P pada pupuk kandang kambing. P adalah salah satu nutrisi utama yang terlibat dalam sintesis metabolit sekunder untuk memproduksi ATP (Sangwan *et al.*, 2001). Kemungkinan peningkatan ketersediaan P melalui simbiosis antara akar tanaman dan mikoriza mendasari peningkatan kurkumin (Yamawaki *et al.*, 2013).

Tabel 5. Pengaruh dosis CMA pada kandungan kurkumin dan xanthorrhizol

Perlakuan	Kandungan kurkumin (g / tanaman)	Kandungan xanthorrhizol (g / tanaman)
Tanpa pupuk	13.54 b	37.60 a
Pupuk kandang puyuh	18.34 b	40.69 a
Pupuk kandang kambing	10.45 a	30.90 a
Pupuk kandang sapi	15.17 a b	41.04 a

Catatan: Nilai diikuti dengan tanda kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan DMRT pada tingkat 5%

Xanthorizol adalah bagian dari minyak esensial pada temulawak rimpang berguna untuk obat. Hasil penelitian Itokawa *et al.*, (1985) menunjukkan bahwa  $\alpha$ -kurkumen,  $\alpha$ -turmeron dan xanthorrhizol memiliki aktivitas anti tumor. Kandungan xanthorrhizol tidak berbeda nyata pada aplikasi mikoriza. Hal ini terjadi karena xanthorrhizol tidak berfungsi sebagai pertahanan terhadap serangan atau stress yang dialami oleh tanaman (Khaerana *et al.*, 2008).

#### IV. KESIMPULAN

Pemberian pupuk kandang dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil temulawak pada setiap variabel dibandingkan dengan tanpa pemberian pupuk. Perlakuan mikoriza dengan dosis 5 g /tanaman dan 10 g/ tanaman meningkatkan kandungan kurkumin. Terdapat interaksi antara pemberian pupuk kandang dan perlakuan mikoriza untuk tinggi dan jumlah anakan temulawak.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia yang telah membiayai penelitian ini melalui program Sistem Inovasi Nasional Insentif Riset dan PT. Deltomed Laboratories Wonogiri sebagai mitra yang telah membantu peneliti melakukan penelitian di lapangan.

#### DAFTAR PUSTAKA

Akhtar, M. S. and Siddiqui, Z. A. 2007. Bio-control of a chickpea-rot disease complex with *Glomus intraradices*, *Pseudomonas putida* and *Paenibacillus polymyxa*. *Aust. Plant Pathol.*, 36 : 175-180



- Ashrafi R, Biswas MHR, Rahman GKMM, Khatun R, Islam MR. 2010. Effect of organic manure on nutrient contents of rice grown in an arsenic contaminated soil. *Bangladesh J. Sci. Ind. Res.* 45(3): 183-188.
- Asuegbu JE and Uzo JO, 1984. Yield and yield components; Response of Vegetable crops to farm yard manure rates in the presence of inorganic fertilizers on the growth and yield of maize. *J. Agric. Univ. Puerto Rico.*, 68: 238-243.
- Conney, A.H., Lysz, T., Ferraro, T., Abidi, T.F., Manchand, P.S., Laskin, J.D. and Huang, M.T. 1991. Inhibitory effect of curcumin and some related dietary compounds on tumour promotion and arachidonic acid metabolism in mouse skin. *Advances in Enzyme Regulation*, 31, 385-396. [doi:10.1016/0065-2571\(91\)90025-H](https://doi.org/10.1016/0065-2571(91)90025-H)
- Entry JA, Rygielwicz PT, Watrud LS, Donnelly PK, 2002. Influence of adverse soil conditions on the formation and function of arbuscular mycorrhizas. *Adv. Environ. Res.* 7, 123-138.
- Gai JP, Christie P, Feng G, Li XL, 2006. Twenty years of research on community composition and species distribution of arbuscular mycorrhizal fungi in China : a review. *Mycorrhiza* 16, 229-239.
- Gianinazi-Pearson V, Diem HG. 1982. Endomycorrhizae in the tropics. In Dommergues YS and Diem HG (Eds.). *Microbiology of Tropical Soils and Plant Productivity*. Pp 209-251. Martinus Nijhoff. Le Havre.
- Govind, S., Gupta, P.N. and Chandra, R. 1990. Response of N and P levels on growth and yield components of turmeric in acid soils of Meghalaya. *Indian Journal of Horticulture*, 47, 79-84.
- Hossain, M.A. and Ishimine, Y. 2007. Effects of farmyard manure on growth and yield of turmeric (*Curcuma longa* L.) cultivated in dark-red soil, red soil and gray soil in Okinawa, Japan. *Plant Production Science*, 10, 146-150. [doi:10.1626/ppp.10.146](https://doi.org/10.1626/ppp.10.146)
- Itokawa, H., F. Hirayama, K. Takeya. 1985. Studies of the antitumor bisabolane sesquiterpenoids isolated from *Curcuma xanthorrhiza*. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin* 33(8):3288-92.
- Karasawa, T., Kasahara, Y. and Takebe, M. 2002. Differences in growth responses of maize to preceding cropping caused by fluctuation in the population of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biology and Biochemistry*, 34, 851-857.
- Khaerana, Munif Ghulamahdi, and Edi Djauhari Purwakusumah. 2008. Effect of Drought Stress and Harvesting Time on Plant Growth and Xanthorrhizol Content of *Curcuma xanthorrhiza* Roxb. *Buletin Agronomi* 36, 3, 241-247.
- Leaungvutiviroj, C., Piriyaopin, S., Limtong, P. and Sasaki, K. 2010. Relationships between soil microorganisms and nutrient contents of *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash and *Vetiveria nemoralis* (A.) Camus in some problem soils from Thailand. *Applied Soil Ecology*, 46, 95-102. [doi:10.1016/j.apsoil.2010.06.007](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.06.007)
- Manna MC, Swarup A, Wanjari RH, Mishra B and Shahi DK, 2007. Longterm fertilization, manure and liming effects on soil organic matter and crop yields. *Soil and Tillage Research*, 94 : 397-409.
- Mukhopadhyay, A., Basu, N., and Gujral, P.K. 1982. Anti-inflammatory and irritant activities of curcumin analogues in rats. *Agents Actions*, 12, 508-515. [doi:10.1007/BF01965935](https://doi.org/10.1007/BF01965935)
- Mwangi MW, Monda EO, Okoth SA, Jefwa JM 2011. Inoculation of tomato seedlings with *Trichoderma Harzianum* and Arbuscular Mycorrhizal Fungi and their effect on growth and control of wilt in tomato seedlings. *Braz. J. Microbiol.*





42(2):508-513.

- Newsham, K.K., Fitter, A.H. and Watkinson, A.R. 1995. Multi-functionality and biodiversity in arbuscular mycorrhizas. *Trends in Ecology and Evolution*, 10, 407-411. [doi:10.1016/S0169-5347\(00\)89157-0](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)89157-0)
- Pujiasmanto, B., and Samanhudi. 2011. Growth analysis of superior clones of temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) grown with organic fertilizers. Proceeding of The 7<sup>th</sup> ACSA Conference.
- Radovich, T. J. 2009. Arbuscular Mycorrhizal Dependency of Three Moringa Genotypes. Proceedings of the 2009 Annual Conference of The American Society for