

# POTENSI CENDAWAN MIKORIZA ARBUSKULA UNTUK MENINGKATKAN HASIL TANAMAN JAGUNG

Musfal

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Utara, Jalan A.H. Nasution No. 1B, Medan 20143  
Telp. (061) 7870710, Faks. (061) 7861020, E-mail: [bptp-sumut@litbang.deptan.go.id](mailto:bptp-sumut@litbang.deptan.go.id)

Diajukan: 30 Maret 2010; Diterima: 1 September 2010

## ABSTRAK

Cendawan mikoriza arbuskula (CMA) dapat berasosiasi dan bersimbiosis dengan 97% famili tanaman tingkat tinggi. CMA termasuk ordo Glomales, dan berdasarkan struktur tubuh dan cara menginfeksi dibagi atas endomikoriza dan ektomikoriza. CMA berguna untuk memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah, meningkatkan serapan hara, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan, melindungi akar dari serangan patogen, meningkatkan hasil tanaman, dan melepaskan fosfat yang terfiksasi. Cendawan kelompok ektomikoriza dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan dan obat-obatan. Aplikasi CMA pada tanaman jagung di tanah Inceptisol dapat meningkatkan infeksi akar, serapan fosfat, bobot kering tanaman, dan hasil pipilan kering seiring dengan bertambahnya dosis CMA hingga 20 g/batang dan pupuk NPK hingga 100%. Serapan fosfat berkorelasi positif dengan hasil pipilan kering jagung. CMA dapat mengefisienkan penggunaan pupuk hingga 50%. Pemberian 50% pupuk NPK ditambah CMA 15 g/batang memberikan hasil pipilan kering jagung yang tidak jauh berbeda dengan pemberian 100% NPK. Hasil pipilan kering tertinggi diperoleh pada pemberian 100% NPK ditambah dengan CMA 20 g/batang.

**Kata kunci:** *Zea mays*, mikoriza, hasil

## ABSTRACT

### *Potential of vesicular arbuscular mycorrhiza in increasing maize yield*

*Vesicular arbuscular mycorrhizae* (VAM) can associate and symbiose with 97% high level plant family. VAM is included in ordo *Glomales*, and based on the body structure and infection way can be grouped into endomycorrhizae and ectomycorrhizae. VAM is able to improve the physical and chemical properties of soil, increase nutrient absorption, improve plant resistance to drought, protect roots from pathogens, increase plant yield, and release the P fixation. Ectomycorrhizae fungi can be consumed and as medicine. Application of VAM up to 20 g/plant and 100% NPK dosage in Inceptisols affected root infection, P absorption, biomass weight, and increased maize yield. P absorption was positively correlated with the maize yield. VAM reduced the rate of NPK fertilizer up to 50%. Application of 50% NPK fertilizer added with VAM 15 g/plant produced maize yield that was not significantly different with application of 100% NPK fertilizer. The highest maize yield was produced with application of 100% NPK fertilizer added with VAM 20 g/plant.

**Keywords:** *Zea mays*, vesicular arbuscular mycorrhizae, yield

Cendawan mikoriza arbuskula (CMA) adalah salah satu cendawan yang hidup di dalam tanah. Cendawan ini selalu berasosiasi dengan tanaman tingkat tinggi dan keduanya saling memberikan keuntungan (Nuhumara 1993). CMA dapat bersimbiosis dengan sebagian besar (97%) famili tanaman, seperti tanaman pangan, hortikultura, kehutanan, perkebunan, dan tanaman pakan.

CMA termasuk dalam ordo Glomales (Zygomycotona) dan terdiri dari dua subordo, yaitu Glomineae dan Gigasporineae. Subordo Glomineae dibagi dalam dua famili, yaitu Glomaceae dan Acaulosporaceae, sedangkan Gigasporineae terdiri atas dua genus, yaitu *Gigaspora* dan *Scutellospora*. Kedua genus tersebut dapat dibedakan berdasarkan pembentukan sporanya (Mansur 2003b).

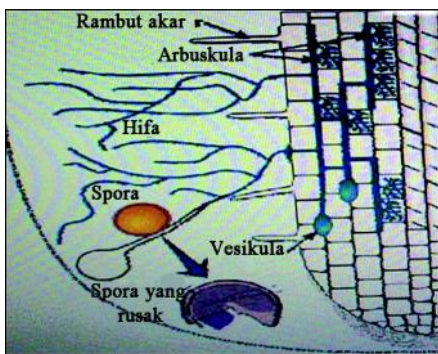
Berdasarkan struktur tubuh dan cara menginfeksi akar, CMA dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu ektomikoriza dan endomikoriza (Rao dan Shuba 1994). Jenis cendawan endomikoriza memiliki jaringan hifa yang masuk ke dalam sel korteks, membentuk struktur yang khas seperti oval yang disebut vesikula atau bercabang yang disebut arbuskula. Dengan demikian, jenis cendawan endo-

mikoriza disebut pula sebagai cendawan mikoriza arbuskula atau mikoriza vesikula (Gambar 1). Jenis ektomikoriza memiliki jaringan hifa yang tidak masuk sampai ke sel korteks, tetapi berkembang di antara sel tersebut membentuk mantel pada permukaan akar (Gambar 2). Ciri lain dari cendawan endomikoriza adalah tidak memiliki batang tubuh dan tidak dapat diperbanyak tanpa tanaman inang, sedangkan cendawan ektomikoriza memiliki batang tubuh dengan bentuk dan warna yang beragam dan dapat diperbanyak tanpa tanaman inang.

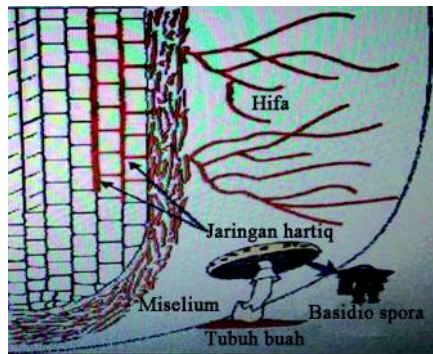
Keberadaan CMA pada akar tanaman memiliki peran penting karena dapat membantu meningkatkan hasil tanaman. Tulisan ini bertujuan mengulas peran CMA dalam meningkatkan hasil tanaman jagung.

## MANFAAT CENDAWAN MIKORIZA

Manfaat CMA dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu untuk tanaman, ekosistem, dan bagi manusia. Bagi tanaman, CMA sangat berguna untuk meningkatkan serapan hara, khususnya unsur fosfat (P). Bolan (1991) melaporkan bahwa kecepatan masuknya hara P ke dalam hifa CMA dapat mencapai enam kali lebih cepat pada akar tanaman yang terinfeksi CMA dibandingkan dengan yang tidak terinfeksi CMA. Hal ini terjadi karena jaringan hifa eksternal CMA mampu memperluas bidang serapan. Hasil penelitian serapan hara lainnya dilaporkan oleh Kabirun (2002), Hasanudin (2003), dan Musfal (2008), yaitu CMA dapat meningkatkan serapan nitrogen (N) dan kalium (K). Tarafdar dan Rao (1997) juga melaporkan bahwa pemberian CMA pada tanaman kacang-kacangan dapat meningkatkan serapan unsur mikro Cu dan Zn.



Gambar 1. Cendawan endomikoriza (Invam 2005).



Gambar 2. Cendawan ektomikoriza (Invam 2005).

Manfaat CMA bagi ekosistem dilaporkan oleh Bolan (1991). CMA menghasilkan enzim fosfatase yang dapat melepaskan unsur P yang terikat unsur Al dan Fe pada lahan masam dan Ca pada lahan berkapur sehingga P akan tersedia bagi tanaman. CMA juga berperan dalam memperbaiki sifat fisik tanah, yaitu membuat tanah menjadi gembur. Menurut Wright dan Uphadhyaya (1998), CMA melalui akar eksternalnya menghasilkan senyawa glikoprotein glomalin dan asam-asam organik yang akan mengikat butir-butir tanah menjadi agregat mikro. Selanjutnya melalui proses mekanis oleh hifa eksternal, agregat mikro akan membentuk agregat makro yang mudah diserap tanaman.

Mikoriza juga dimanfaatkan sebagai bahan makanan dan obat-obatan, terutama jenis ektomikoriza, seperti jamur kuping dan jamur merang. Jenis ini mudah dikenali dan dapat dikonsumsi karena mempunyai batang buah dan mengandung protein yang tinggi, vitamin, fosfat, dan kalsium. Namun, jenis ini juga mengandung bahan toksik sehingga dapat menyebabkan keracunan bila dikonsumsi. Menurut Brundrett *et al.* (1996), beragamnya bentuk dan warna cendawan ektomikoriza serta adanya beberapa jenis yang mengandung racun maka cendawan tersebut juga berfungsi sebagai indikator kualitas lingkungan.

## EKOLOGI CENDAWAN MIKORIZA

Faktor lingkungan sangat berpengaruh terhadap perkembangan CMA. Lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman biasanya juga cocok untuk perkembangan spora CMA. Cendawan ini

dapat hidup dalam tanah yang berdrainase baik hingga yang tergenang seperti lahan sawah. CMA banyak dijumpai pada tanah dengan kadar mineral tinggi, baik pada hutan primer, hutan sekunder, kebun, padang alang-alang, pantai dengan salinitas tinggi, dan lahan gambut (Soelaiman dan Hirata 1995). Karena lingkungan hidup CMA yang sangat luas, CMA sering dijadikan dasar dalam upaya bioremediasi lahan kritis.

Ekosistem alami CMA di daerah tropis dicirikan oleh keanekaragaman spesies yang sangat tinggi, khususnya dari jenis ektomikoriza. CMA yang banyak ditemukan berasal dari genus *Acaulospora* dan *Glomus* (Delvian *et al.* 2001). Hutan alami dengan beragam umur tanaman dan jenisnya sangat mendukung pertumbuhan CMA. Konservasi hutan untuk pertanian akan mengurangi keragaman jenis dan jumlah CMA karena jenis tanaman, unsur hara yang tersedia, dan kandungan bahan organik tanah telah berubah. Praktek pertanian seperti pengolahan tanah, ameliorasi bahan organik, pemupukan, dan penggunaan pestisida sangat berpengaruh terhadap keberadaan CMA (Zarate dan de la Cruz 1995). Pengolahan tanah yang intensif akan merusak jaringan hifa eksternal, sebaliknya pengolahan tanah minimal akan meningkatkan populasi CMA. Sistem tumpang sari atau pergiliran tanaman juga dapat meningkatkan populasi CMA (McGonigle dan Miller 1993).

## APLIKASI DAN PENGARUH CMA PADA TANAMAN JAGUNG

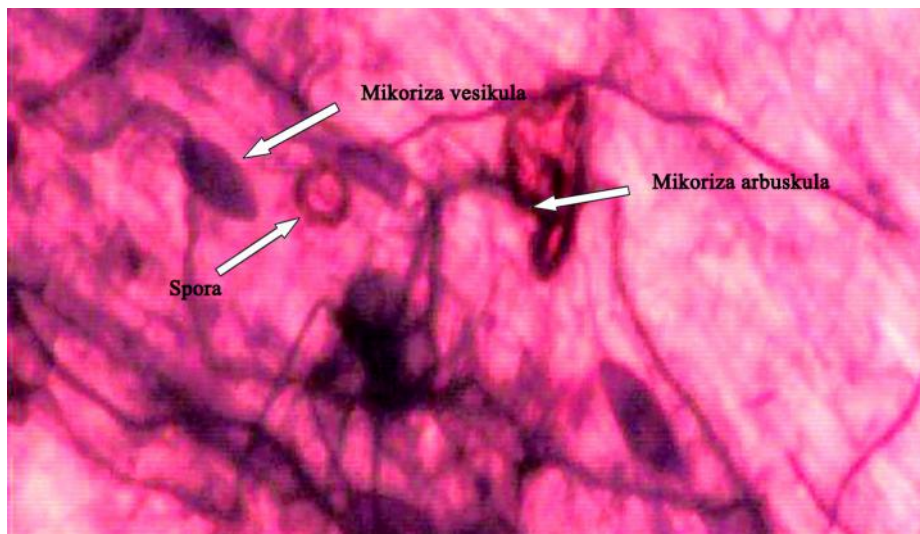
### Aplikasi

Menurut Mansur (2003a), CMA yang banyak dijumpai berasal dari spesies *Glomus* dan *Acaulospora*. Dalam aplikasinya, sebaiknya digunakan *starter* yang berasal dari campuran dua spesies. *Starter* yang diperoleh dapat diperbanyak di lapangan atau di rumah kaca dengan media batuan zeolit dan tanaman indikator jagung. Setelah tanaman berumur dua bulan, media batuan zeolit dan potongan akar yang terinfeksi CMA dapat diaplikasikan. CMA diberikan di dekat perakaran tanaman atau di dalam lubang benih. Cara aplikasi CMA perlu diperhatikan karena akan memengaruhi efektivitasnya terhadap tanaman.

## Infeksi CMA pada Akar

Musfal (2008) melaporkan bahwa infeksi CMA pada akar tanaman jagung sangat dipengaruhi oleh dosis CMA atau pupuk yang diberikan. Tanpa pemberian pupuk, infeksi CMA meningkat sejalan dengan bertambahnya dosis CMA hingga 15 g/tanaman. Hal yang sama juga terlihat pada pemberian 100% pupuk NPK, di mana infeksi akar meningkat pada pemberian CMA sampai 20 g/tanaman. Pemberian 50% pupuk NPK ditambah 5 g CMA memberikan persentase infeksi akar yang sama dengan 100% pupuk NPK ditambah 15 g CMA. Hasil yang sama dilaporkan Muzar (2006), bahwa tinggi rendahnya persentase infeksi CMA pada akar tanaman jagung dipengaruhi oleh banyaknya CMA dan pupuk yang diberikan.

Infeksi CMA pada akar tanaman jagung dapat dilihat melalui metode pewarnaan Kormanik dan Graw (1982). Akar yang sudah dicuci dengan akuades kemudian direndam dalam larutan KOH 10% selama 24 jam untuk mengeluarkan cairan sitoplasma yang terdapat dalam akar. Selanjutnya, akar yang sudah berwarna putih dicuci lagi dengan air bebas ion dan direndam dalam larutan HCl 2% selama 24 jam. Pada hari berikutnya, akar dibilas menggunakan air bebas ion dan direndam dalam larutan *Trypan blue* 0,05% dan laktogliserol. Kemudian akar ditempatkan di atas kaca preparat dan diamati di bawah mikroskop. Gambar 3 memperlihatkan mikoriza vesikula dan mikoriza arbuskula yang terdapat di dalam akar.



Gambar 3. Infeksi cendawan mikoriza arbuskula pada akar tanaman jagung di tanah Inceptisols Tiga Binanga yang diberi pupuk NPK (Musfal 2008).

## Serapan Hara P

Jaringan hifa eksternal CMA yang menginfeksi akar tanaman akan memperluas bidang serapan akar terhadap air dan unsur hara. Di samping itu, ukuran hifa yang sangat halus pada bulu-bulu akar memungkinkan hifa dapat menyusup ke pori-pori tanah yang paling halus sehingga hifa menyerap air pada kondisi kadar air tanah yang sangat rendah (Kilham 1994). Serapan air yang lebih besar oleh tanaman bermikoriza juga akan membawa unsur hara seperti N, P, dan K sehingga serapan hara oleh tanaman akan meningkat.

Musfal (2008) dan Kabirun (2002) melaporkan bahwa tanaman yang terinfeksi CMA mampu menyerap unsur P yang lebih tinggi dibandingkan tanaman yang tidak terinfeksi. Tingginya serapan P oleh tanaman yang terinfeksi CMA disebabkan hifa CMA mengeluarkan enzim fosfatase sehingga P yang terikat di dalam tanah akan terlarut dan tersedia bagi tanaman. Penelitian pada tanah Inceptisols Tiga Binanga Sumatera Utara memperlihatkan bahwa serapan P pada tanaman jagung jauh lebih tinggi dibandingkan tanpa pemberian CMA (Musfal 2008). Pemberian 15 g CMA memberikan serapan P tertinggi pada tanaman tanpa pupuk NPK, dengan 50% NPK, atau dengan 100% NPK. Pemberian CMA lebih dari 15 g akan menurunkan serapan P. Penurunan serapan P pada pemberian CMA dosis tinggi diduga berkaitan dengan kompetisi CMA itu sendiri dalam meng-

infeksi akar dan kemampuan akar untuk menyerap P yang ada dalam larutan tanah.

## Bobot Kering Tanaman

Bobot kering tanaman mencerminkan pertumbuhan tanaman dan banyaknya unsur hara yang terserap per satuan bobot biomassa yang dihasilkan. Semakin berat bobot kering tanaman yang dihasilkan, pertumbuhan tanaman semakin baik dan unsur hara yang terserap tanaman semakin banyak. Bobot kering tanaman jagung pada tanah Inceptisols Tiga Binanga meningkat sangat nyata dengan pemberian pupuk NPK dan CMA dan kedua perlakuan memberikan interaksi yang sangat nyata (Musfal 2008). Bobot kering tertinggi (93,58 g/tanaman) diperoleh pada pemberian 15 g CMA yang diikuti dengan 100% pupuk NPK. Sebaliknya, perlakuan tanpa CMA dan pupuk memberikan bobot kering terendah (19,82 g/tanaman). Peningkatan dosis pupuk NPK juga meningkatkan bobot kering tanaman. Hal yang sama diperoleh dari pemberian 15 g CMA. Peningkatan dosis CMA hingga 20 g menurunkan bobot kering tanaman.

Adanya interaksi antara pupuk NPK dan CMA yang diberikan dalam meningkatkan bobot kering tanaman menunjukkan bahwa kedua faktor yang diuji saling berpengaruh. Pengaruh yang sama dilaporkan terjadi pada padi gogo (Kabirun 2002). Pemberian CMA meningkatkan bobot kering tanaman padi gogo secara nyata pada tanah Entisols. Rendahnya bobot kering tanaman pada perlakuan tanpa pupuk dan CMA dibandingkan perlakuan lainnya diduga karena walaupun tanaman telah menyerap hara P dan K yang cukup tersedia dalam tanah, ketersediaan unsur N dalam tanah menjadi faktor pembatas pertumbuhan tanaman. Syafruddin *et al.* (2006) melaporkan bahwa unsur hara N pada tanah Inceptisols Wolangi menjadi faktor pembatas utama dalam peningkatan pertumbuhan dan hasil tanaman jagung.

## Hasil Pipilan Kering

Hasil pipilan kering jagung pada tanah Inceptisols Tiga Binanga Sumatera Utara sangat nyata dipengaruhi oleh pemberian pupuk NPK dan CMA. Tanpa pemberian

pupuk NPK dan CMA, hasil pipilan kering yang diperoleh paling rendah, yaitu 1,06 t/ha (Musfal 2008). Pemberian 100% pupuk NPK saja hanya mampu memberikan hasil pipilan kering 10,29 t/ha. Namun, bila pemberian 100% pupuk NPK diikuti dengan penambahan CMA 20 g/tanaman, hasil pipilan kering meningkat menjadi 15,32 t/ha. Bila takaran pupuk NPK dikurangi 50% dan diikuti dengan penambahan CMA 15 g/tanaman, hasil pipilan kering yang diperoleh adalah 9,40 t/ha dan tidak berbeda nyata dengan pemberian 100% pupuk NPK. Hal ini mencerminkan bahwa CMA dapat mengefisienkan penggunaan pupuk hingga 50%.

De la Cruz (1991) menyatakan, meningkatnya hasil pipilan kering jagung dengan penambahan CMA karena tanaman yang terinfeksi CMA melalui jaringan hifa eksternalnya mampu memperluas bidang serapan akar sehingga tanaman mendapatkan pasokan hara yang cukup untuk pertumbuhan dan peningkatan hasil. Peningkatan hasil pipilan kering tanaman jagung dengan pemberian CMA juga dilaporkan oleh Muzar (2006) dan Hasanudin (2003) dan pada tanaman kacang tanah dilaporkan oleh Endang dan Santosa (2005).

Pemberian 75% pupuk NPK (R3) dan diikuti dengan penambahan CMA masing-masing 0, 5, 10, 15, dan 20 g/tanaman memberikan panjang tongkol yang berbeda (Gambar 4). Pemberian 15 g CMA dan 75% pupuk NPK (R3M3) menghasilkan tongkol terpanjang dibandingkan perlakuan lainnya. Bila dihubungkan dengan serapan P, terjadinya peningkatan hasil pipilan kering tanaman jagung berkaitan sangat erat dengan peningkatan serapan P oleh tanaman (Musfal 2008).



Gambar 4. Pengaruh cendawan mikoriza arbuskula terhadap hasil jagung pada tanah Inceptisols Tiga Binanga, Sumatera Utara (Musfal 2008).

## POTENSI MIKORIZA

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, banyak manfaat yang diberikan oleh CMA, antara lain meningkatkan serapan P oleh tanaman, bobot kering tanaman, dan hasil pipilan kering jagung. Aplikasi CMA juga dapat mengefisienkan penggunaan pupuk hingga 50%.

Penggunaan CMA tidak mencemari lingkungan, bahkan dalam jangka panjang dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah serta berguna sebagai bioremediasi lingkungan. CMA berpotensi untuk dikembangkan karena ketersediaannya di alam cukup banyak serta perbanyakannya dan aplikasinya di lapangan sangat mudah dilakukan oleh petani tanpa perlu tanaman inang dan perlakuan yang khusus.

## KESIMPULAN

CMA dapat bersimbiosis dengan 97% famili tanaman tingkat tinggi. Berdasarkan struktur tubuh dan cara menginfeksi akar, CMA dibedakan menjadi ektomikoriza dan endomikoriza.

Pemberian 100% pupuk NPK dan 20 g CMA/tanaman memberikan hasil jagung lebih tinggi 5,03 t/ha dibandingkan dengan hanya 100% pupuk NPK. Pemberian 100% pupuk NPK menghasilkan pipilan kering 10,29 t/ha. CMA juga dapat mengefisienkan penggunaan pupuk. Pemberian 50% pupuk NPK ditambah CMA 15 g/tanaman memberikan hasil 9,40 t/ha, yang tidak berbeda nyata dengan pemberian 100% pupuk NPK.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bolan, N.S. 1991. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plant Soil* 134: 189–207.
- Brundrett, M., N. Bougher, B. Dell, T. Grove, and N. Malajczuk. 1996. Working with mycorrhizal in forestry and agriculture. ACIAR, Canberra.
- de la Cruz, R.E. 1991. Final Report of the Consultant on Mycorrhizal Program Development in the IUC Biotechnology Center. Pusat Antaruniversitas Institut Pertanian Bogor.
- Delvian, Y. Setiadi, I. Mansur, and Soedarmadi. 2001. Correlation between soil salinity with arbuscular mycorrhiza fungi distribution, population and seasonal dynamics in coastal forest. Paper of Seminar and Workshop on Mycorrhiza in Agriculture, University of Bengkulu, 11–13 June 2001.
- Endang, P. dan Santosa. 2005. Efisiensi pemupukan fosfat, ketahanan terhadap kekeringan dan pertumbuhan kacang tanah (*Arachis hypogae* L.) dengan inokulasi jamur mikoriza vesikular-arbuskular pada tanah berkapur. Program Studi Biologi Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. 15 hlm.
- Mc Gonigle, T.P.M. and M.H. Miller. 1993. Mycorrhizal development and phosphorus absorption in maize under conventional and reduced tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57(4): 1002–1006.

- Hasanudin. 2003. Peningkatan ketersediaan dan serapan N dan P serta hasil tanaman jagung melalui inokulasi mikoriza, azotobakter dan bahan organik pada Ultisol. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* 5(2): 83–89.
- Invam. 2005. Fungal Taxonomy International Culture Collection of (vesicular) Arbuscular Mycorrhiza fungi. <http://incam.caf.wvu.edu/fungi/taxonomy/species/D.htm>. [3 Maret 2008]
- Kabirun, S. 2002. Tanggapan padi gogo terhadap inokulasi mikoriza arbuskula dan pemupukan fosfat di Entisol. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* 3(2): 49–56.
- Kilham, K. 1994. *Soil Ecology*. Cambridge University Press.
- Kormanik, P.P. and A.C. Mc. Graw. 1982. Quantification of VA mycorrhizae in plant root. In N.C. Schenk (Ed.). *Methods and Principles of Mycorrhizae Research*. Am. Phytopathol. Soc. 46: 37–45.
- Mansur, I. 2003a. Bahan Kuliah dan Praktikum dalam Penelitian Mycorrhiza. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Mansur, I. 2003b. Gambaran umum cendawan mikoriza arbuskula. Makalah disampaikan dalam kegiatan "Teknikal Asistensi dalam Penelitian Mikoriza" di Fakultas Pertanian Universitas Haluoleo, Kendari 11–12 Juli 2003.
- Musfal. 2008. Efektivitas cendawan mikoriza arbuskula (CMA) terhadap pemberian pupuk spesifik lokasi tanaman jagung pada tanah Inceptisol. Tesis, Universitas Sumatera Utara. 79 hlm.
- Muzar, A. 2006. Respons tanaman jagung (*Zea mays* L.) kultivar Arjuna dengan populasi tanaman bervariasi terhadap mikoriza vesikular arbuskular (MVA) dan kapur pertanian superfosfat (KSP) pada Ultisol. *Jurnal Akta Agrosia* 9(2): 75–85.
- Nuhamara, S.T. 1993. Peranan mikoriza untuk reklamasi lahan kritis. Program Pelatihan Biologi dan Bioteknologi Mikoriza. Universitas Sebelas Maret, Solo.
- Rao, N. dan S. Shuba. 1994. Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman. Edisi 2 Universitas Indonesia, Jakarta.
- Soelaiman, M.Z. and H. Hirata. 1995. Effect of indigenous arbuscular mycorrhizae fungi in paddy fields rice growth and NPK nutrition under different water regimes. *Soil Sci. Plant Nutr.* 41(3): 505–514.
- Syafruddin, M. Rauf, Y. Rahmi, Arvan, dan M. Akil. 2006. Kebutuhan pupuk N, P, dan K tanaman jagung pada tanah Inceptisol Haplusteps. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 25(1): 1–8.
- Tarafdar, J.C. and A.V. Rao. 1997. Response of arid legumes to VAM fungal inoculation. *Symbiosis* 22: 265–274.
- Wright, S.F. and A. Uphadyaya. 1998. Survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant Soil* 198: 97–107.
- Zarate, J.T. and R.E. de la Cruz. 1995. Pilot testing the effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi in the reforestation of marginal grassland. *Biology and Biotechnology of Mycorrhizae*. Biotrop. Spec. Publ. 56: 131–137.