

PENINGKATAN KETERSEDIAAN DAN SERAPAN N DAN P SERTA HASIL TANAMAN JAGUNG MELALUI INOKULASI MIKORIZA, AZOTOBAKTER DAN BAHAN ORGANIK PADA ULTISOL

THE INCREASING OF NUTRIENT AVAILABILITY AND UPTAKE OF N AND P AND YIELD OF CORN THROUGH INOCULATION OF MYCORIZA, AZOTOBACTER, AND ORGANIC MATTER ON ULTISOL

Hasanudin

Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu

ABSTRACT

The aims of this research were to know the effect of mycoriza and azotobacter inoculation and organic matter application on nutrient availability and uptake and yield of corn on Ultisol from Bengkulu. This research was carried out in Jembatan Kecil Bengkulu province from October 1999 until February 2000. The materials that used in this research are namely mikoriza, azotobacter, organic matter, Urea, TSP, KCl, BISI-I and chemical for soil and plant analysis. The experimental design used were a 4 x 4 factorial Randomized Block Design with three replication. The first factor was inoculant (no inoculant, mycoriza inoculant, azotobacter inoculant, and mycoriza + azotobacter inoculant) and second factor was organic matter application (0, 10, 20, and 30 ton ha⁻¹). The result of experiment showed that there was not interaction effect between Mycoriza and Azotobacter and organic matter on N and P availability and N and P uptake and yield of corn, but significant on each factors mycoriza + azotobacter inoculants and organic matter 30 ton ha⁻¹ highest increased availability of N (3.7% for mikoriza + azotobacter and 1.5% for organic matter) and P (26.4% for micoriza + azotobacter and 7.3% for organic matter) and uptake of N (2.0% for mikoriza + azotobacter and 0.6% for organic matter) and P (5.4% for micoriza + azotobacter and 7.5% for organic matter).

Key words : azotobacter, mycoriza, organic matter, Ultisol, corn

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian inokulasi mikoriza, azotobakter, dan bahan organik terhadap ketersediaan hara, serapan hara dan hasil tanaman jagung pada Ultisol asal Bengkulu. Penelitian ini dilakukan di Kelurahan Jembatan Kecil Bengkulu dari bulan Oktober 1999 sampai bulan Februari 2000. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah mikoriza, azotobakter, bahan organik Urea, TSP, KCl, benih jagung BISI-I dan bahan kimia untuk analisis tanah dan tanaman. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok pola faktorial 4 x 4 dengan tiga ulangan. Faktor pertama pemberian inokulan (tanpa inokulasi, inokulan mikoriza, inokulan azotobakter, dan inokulan mikoriza + azotobakter) dan faktor kedua pemberian bahan organik (0, 10, 20, dan 30 ton ha⁻¹). Hasil penelitian menunjukkan tidak terdapat pengaruh interaksi antara pemberian inokulan dengan bahan organik terhadap ketersediaan dan serapan hara N dan P serta hasil tanaman jagung, tetapi pengaruh mandirinya nyata terhadap ketersediaan N (3.7% untuk mikoriza + azotobakter dan 1.5% untuk bahan organik) dan P (26.4% untuk mikoriza + azotobakter dan 7.3% untuk bahan organik) dan serapan hara N (2.0% untuk mikoriza + azotobakter dan 0.6% untuk bahan organik) dan P (5.4% untuk mikoriza + azotobakter dan 7.5% untuk bahan organik) serta hasil tanaman jagung (19.5% untuk mikoriza + azotobakter dan 20.1% untuk bahan organik).

Kata kunci : azotobakter, mikoriza, bahan organik, Ultisol, jagung

PENDAHULUAN

Sejalan dengan laju populasi penduduk Indonesia yang semakin meningkat, maka kebutuhan lahan untuk pertanian dan pemukiman juga semakin meningkat. Untuk menunjang usaha pemerintah dalam memenuhi kebutuhan tersebut perlu upaya pengembangan tanah-tanah marginal yang masih cukup luas. Salah satunya adalah Ultisol yang luasnya mencapai 30% dari seluruh wilayah Indonesia (Drissen and Soeprahardjo, 1974).

Ultisol merupakan jenis tanah dengan horizon argilik dan kejenuhan basa pada kedalaman 180 cm kurang dari 35% (Soil Survey Staff, 1994) dan biasanya terbentuk pada ketinggian antara 50 sampai 350 m dari atas permukaan laut dengan tipe iklim A, B, dan C berdasar Schmidt & Ferguson (Dudal and Soeprahardjo, 1957). Pada jenis tanah ini biasanya ketersediaan haranya rendah seperti N, P dan K. Bentuk P umumnya didominasi oleh bentuk *reduction soluble* Fe-P kemudian berturut-turut dalam bentuk Fe-P, Al-P, dan Al-P terselubung (Liwakabessy *et al.*, 1972).

Dalam upaya pemanfaatan lahan Ultisol, tanaman jagung terpilih sebagai tanaman percobaan karena perhatian pemerintah terhadap tanaman ini cukup besar yaitu dengan dilaksanakannya perluasan areal tanam, yang terutama ditujukan kepada lahan-lahan kering bereaksi masam. Akan tetapi sampai saat ini rata-rata hasil pertanaman jagung masih rendah. Hal ini disebabkan adanya beberapa kendala pada lahan kering yaitu tingkat kesuburan, kemasaman tanah, dan keracunan Al dan Fe. Oleh karena itu perlu adanya usaha perbaikan tanah sebelum digunakan.

Telah banyak usaha yang dilakukan untuk dapat meningkatkan produktivitas Ultisol seperti pengapuran dan pemberian pupuk buatan seperti Urea, dan TSP. Namun penggunaan pupuk buatan tersebut memerlukan biaya dan energi yang relatif besar. Selain itu, juga menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, yaitu meningkatnya kandungan hara (*eutrofikasi*) di perairan dan air tanah.

Salah satu tindakan untuk mengatasi masalah tersebut di atas adalah dengan pemberian pupuk hayati berupa mikoriza dan azotobakter serta bahan organik (kotoran ayam) ke dalam tanah.

Mikoriza termasuk cendawan dari kelas Zygomycetes, ordo Endogenales, famili Endogenoaceae (Sieverding, 1991). Berdasarkan beberapa hasil penelitian menyatakan bahwa mikoriza dapat meningkatkan hara yang tidak mobil seperti P (Bolan, 1991). Sedangkan Burbey dan Simanungkalit (1989) menyatakan bahwa selain P unsur hara lain yang dapat dipengaruhi sara-pannya oleh mikoriza ialah N, K, Zn, Cu, Cl, Fe, Mo, S dan B.

Azotobakter merupakan bakteri non-simbiotik yang mampu memfiksasi nitrogen dari udara yang dapat ditemukan pada beberapa jenis tanah (Mengel and Kirkby, 1987 ; Hamdi, 1982). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa azotobakter dapat meningkatkan produksi tomat antara 2 - 29% (Subba Rao, 1982). Begitu juga dengan Simarmata (1994) yang menyatakan bahwa azotobakter dapat meningkatkan hasil tomat sampai 100% akibat adanya peningkatan ketersediaan dan serapan N serta meningkatnya hormon tumbuh dan vitamin. Selain itu beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa azotobakter dapat menghasilkan IAA (Tabares *et al.*, 1987), sitokinin (Nieto and Frankenberger, 1989), gibberelin (Toledo *et al.*, 1988) dan sejumlah vitamin (Gonzales-Lopez *et al.*, 1983).

Soepardi (1982) menyatakan bahwa bahan organik yang diberikan ke dalam tanah akan mempengaruhi sifat fisika, kimia dan biologi tanah. Bahan organik mempunyai peranan penting dalam kehidupan dan kesuburan tanah seperti dalam pelapukan dan dekomposisi mineral tanah, sumber hara tanaman, pembentuk struktur tanah yang stabil dan mempunyai pengaruh langsung pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Brady, 1990). Penelitian mengenai mikoriza, azotobakter dan bahan organik secara mandiri sudah banyak dilakukan tetapi pemanfaatan mikoriza dan azotobakter serta bahan organik secara bersama-sama pada tanaman jagung masih sedikit diungkap. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk melihat pengaruh pemanfaatan

mikoriza, azotobakter, dan bahan organik terhadap ketersediaan dan serapan hara N dan P serta hasil tanaman jagung. Diharapkan dengan inokulasi mikoriza dan azotobakter serta pemberian bahan organik, baik tunggal maupun kombinasinya pada Ultisol terjadi peningkatan produktivitas tanah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Kelurahan Jembatan Kecil Kecamatan Gading Cempaka Propinsi Bengkulu dari bulan Oktober 1999 sampai bulan Februari 2000. Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak kelompok (RAK) dengan pola faktorial 4×4 dengan tiga kali ulangan. Faktor pertama adalah jenis inokulan yang terdiri atas empat taraf yaitu: tanpa inokulan (m_0), inokulan mikoriza (m_1), inokulan azotobakter (m_2), dan inokulan campuran mikoriza dan azotobakter (m_3). Faktor kedua adalah perlakuan pemberian bahan organik terdiri atas empat taraf yaitu: 0 (b_0), 10 (b_1), 20 (b_2), dan 30 ton ha^{-1} (b_3). Kombinasi dari kedua faktor perlakuan diperoleh $4 \times 4 = 16$ perlakuan, dengan tiga ulangan sehingga diperoleh $16 \times 3 = 48$ unit perlakuan.

Analisis contoh tanah awal dilakukan terhadap beberapa sifat tanah seperti pH, N-total, C-organik, P-tersedia, KTK, kadar Al-dd, dan tekstur tanah. Penyiapan inokulan Mikoriza dimulai dengan isolasi spora jamur tersebut dari tanah yang berasal dari sekitar perakaran tanaman jagung. Sedangkan penyiapan inokulan azotobakter dimulai dengan isolasi bakteri tersebut dari tanah yang berasal dari sekitar perakaran tanaman jagung dengan medium Ashby cair yang kemudian dibiakan dalam Ashby padat

Pupuk dasar diberikan sebagai starter dengan dosis 60 kg N ha^{-1} , 25 kg P_2O_5 ha^{-1} , dan 75 kg K_2O ha^{-1} . Sedangkan kapur diberikan satu minggu sebelum tanam sebanyak $2.0 \times Al-dd$. Inokulan mikoriza, azotobakter dan bahan organik diberikan pada saat benih jagung akan ditanam. Setiap pot ditanami dengan tiga biji benih jagung. Setelah tumbuh, maka dua dari tiga tanaman tersebut dipotong, selanjutnya hanya dibiarkan tumbuh satu tanaman setiap pot.

Pemeliharaan terpenting selama percobaan adalah menjaga tanaman agar terhindar dari kekurangan air, serangan hama dan penyakit serta membersihkan gulma. Kelembaban tanah dipertahankan pada kondisi yang baik dengan melakukan penyiraman setiap hari. Untuk mencegah serangan hama dan penyakit dilakukan penyemprotan baik dengan insektisida maupun fungisida.

Panen tanaman (untuk analisis jaringan tanaman) dilakukan pada massa vegetatif akhir pada umur 75 hari. Sedangkan panen hasil dilakukan pada saat tanaman telah berwarna kuning 75%. Selanjutnya tongkol dipisahkan dari kelobotnya, dikeringkan, kemudian dipipil dan ditimbang (kadar air 14%).

Pengamatan utama dalam penelitian ini meliputi ketersediaan dan serapan N dan P (pada saat vegetatif akhir) serta hasil tanaman jagung (pada saat panen) berupa berat pipilan. N-tersedia menggunakan metode KCl 10%, P-tersedia menggunakan metode Bray-I, serapan N dan P menggunakan metode destruksi basah.

Untuk mengetahui pengaruh masing-masing faktor dan interaksinya, data dianalisis secara statistik dengan sidik ragam peubah ganda (Manava). Sedangkan untuk membandingkan rata-rata dari masing-masing perlakuan digunakan uji beda serempak SKS (Selang Kepercayaan Serempak) pada taraf 5 %

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan penunjang yang dilakukan meliputi analisis tanah awal dan pertumbuhan tanaman secara visual. Dari hasil analisis tanah awal didapat bahwa pH tanah tersebut termasuk masam (pH 4.30) dengan aluminium yang dapat ditukar 1.01 Cmol (+) kg^{-1} tergolong tinggi. Ini menunjukkan bahwa tanah tersebut didominasi oleh aluminium. Sedangkan unsur hara makronya tergolong rendah (N-total 0.15 %, P-tersedia 12.14 μg g^{-1} , dan K-dapat ditukar 0.21 Cmol (+) kg^{-1}). Kapasitas Tukar Kation 17.16 Cmol (+) kg^{-1} termasuk katagori sedang dengan kation-kation

yang dapat ditukar seperti Ca dan Mg termasuk rendah masing-masing sebesar 3.27 dan 0.78 Cmol (+) kg⁻¹. Sedangkan pengamatan visual tanaman menunjukkan bahwa perbedaan pertumbuhan tanaman mulai terlihat pada minggu ketiga.

Perbedaan ini mungkin diakibatkan mulai berpengaruh pemberian baik mikoriza, azotobakter dan bahan organik. Hama ulat dan belalang yang menyerang dikendalikan dengan Curacron 500 EC dengan konsentrasi 2 mL L⁻¹

Tabel 1. Hasil Manava perlakuan inokulan mikoriza, azotobakter dan bahan organik terhadap ketersediaan N dan P

Sumber Keragaman	db	Determinan	U hit	U 0.05
Replikasi	2	-	-	
Inokulan (M)	3	0.967335	0.024981 *	0.563023
Bahan Organik (B)	3	35.243839	0.000686 *	0.563023
)Interaksi (M*B)	9	0.061607	0.392246	0.288158
Galat	30	0.024165		
Total	47	-		

* berbeda nyata pada taraf 5 %

Tabel 2. Hasil Manava perlakuan inokulan mikoriza, azotobakter dan bahan organik terhadap serapan N dan P dan hasil pipilan jagung

Sumber Keragaman	db	Determinan	U hit	U 0.05
Replikasi	2	-	-	
Inokulan (M)	3	0,609047	0,000126 *	0,563023
Bahan Organik (B)	3	0,054116	0,001415 *	0,563023
Interaksi (M*B)	9	0,064839	0,295161	0,288158
Galat	30	0,000077		
Total	47	-		

* berbeda nyata pada taraf 5 %

Tabel 3. Rata-rata NH₄⁺, NO₃⁻ dan P-tersedia pada perlakuan inokulan mikoriza, azotobakter dan bahan organik

Perlakuan	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	P-Tersedia
	(mg/100)	(mg/100)	(μ g g ⁻¹)
m ₀	5.2850 a	29.5417 a	14.5000 a
m ₁	5.3442 b	29.5800 b	14.7500 a
m ₂	5.4158 c	29.5975 bc	17.2500 bc
m ₃	5.4825 d	29.6175 c	18.3333 c
b ₀	5.3383 a	29.3500 a	15.9167 a
b ₁	5.3733 b	29.3667 ab	15.5000 a
b ₂	5.3992 bc	29.4108 b	16.3333 ab
b ₃	5.4167 c	30.2092 c	17.0833 b

Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata

Tabel 4. Rata-rata serapan N dan P serta hasil pipilan jagung pada perlakuan inokulan mikoriza, azotobakter dan bahan organik

Perlakuan	Serapan N	Serapan P	Hasil Pipilan
	(g tanaman ⁻¹)	(gtanaman ⁻¹)	(g tanaman ⁻¹)
m ₀	0.92142 a	0.026027 a	0.53033 a
m ₁	0.92583 b	0.026523 b	0.56775 a
m ₂	0.93317 c	0.027356 c	0.58892 a
m ₃	0.94017 d	0.027442 d	0.63383 b
b ₀	0.92700 a	0.025608 a	0.52708 a
b ₁	0.92925 b	0.026688 b	0.56442 a
b ₂	0.93158 c	0.027526 c	0.59633 a
b ₃	0.93275 c	0.027526 c	0.63300 b

Angka yang diikuti huruf yang sama berbeda tidak nyata

Variabel ketersediaan N dan P, serapan N dan P, dan hasil jagung tidak menunjukkan interaksi secara nyata, tetapi pengaruh mandirinya semuanya menunjukkan perbedaan secara nyata (Tabel 1 dan 2).

Berdasarkan hasil uji beda serempak SKS (Selang Kepercayaan Serempak) pada taraf 5% (Tabel 3) menunjukkan bahwa ketersediaan N (NH₄⁺ dan NO₃⁻) dan ketersediaan P menunjukkan perbedaan nyata secara menaik dari masing masing taraf baik pada perlakuan mikoriza, dan azotobakter, maupun pada perlakuan bahan organik. Nilai tertinggi pada perlakuan mikoriza, azotobakter dan bahan organik didapat pada azotobakter dan taraf dosis 30 ton ha⁻¹ sebesar 5.48 dan 5.41 Cmol (+) kg⁻¹ untuk NH₄⁺, 29.61 dan 30.20 Cmol (+) kg⁻¹ untuk NO₃⁻, serta 18.33 ig g⁻¹ dan 17.08 ig g⁻¹ untuk P-tersedia.

Serapan N, serapan P, dan hasil pipilan jagung nyata meningkat dari masing-masing taraf baik pada perlakuan mikoriza, dan azotobakter, maupun pada perlakuan bahan organik. Rata-rata tertinggi pada perlakuan mikoriza, azotobakter dan bahan organik didapat pada taraf azotobakter dan taraf dosis 30 ton ha⁻¹ sebesar 0.94 g per tanaman dan 0.93 g per tanaman untuk serapan N, 0.03 g per tanaman dan 0.03 g per tanaman untuk serapan P serta 0.63 g per tanaman dan 0.63 g per tanaman untuk hasil pipilan jagung.

Adanya peningkatan ketersediaan N dan P dengan adanya inokulasi mikoriza, azotobakter dan pemberian Bahan organik disebabkan azotobakter mampu memfiksasi N dari udara secara non simbiotik. Selanjutnya N tersebut akan dilepaskan ke dalam tanah setelah azotobakter tersebut mengalami penguraian. Dari hasil penguraian selain melepaskan N juga akan melepaskan P yang selanjutnya akan meningkatkan juga ketersediaan P dalam tanah. Begitupun dengan adanya inokulasi mikoriza dan pemberian bahan organik keduanya hampir sama pengaruhnya terhadap peningkatan ketersediaan N dan P di dalam tanah. Keduanya bila dimasukkan ke dalam tanah akan terjadi proses dekomposisi yang selanjutnya akan melepaskan beberapa unsur seperti N dan P sehingga akan mampu meningkatkan ketersediaan baik N maupun P di dalam tanah.

Hal ini sesuai dengan apa yang dijelaskan oleh Brady (1990) yang menyatakan bahwa hasil dekomposisi bahan organik bila dimasukkan ke dalam tanah akan menghasilkan beberapa unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman seperti N, P, dan K. Selain itu pemberian bahan organik akan menghasilkan asam humat dan fulvat yang memegang peranan penting dalam pengikatan Fe dan Al yang larut dalam tanah sehingga ketersediaan P akan meningkat.

Peningkatan serapan N dan P serta hasil pipilan jagung dengan adanya perlakuan inokulasi mikoriza, azotobakter dan pemberian bahan organik disebabkan mikoriza dengan bantuan miseliumnya mampu memperluas jangkauan perakaran tanaman, sehingga dapat meningkatkan serapan hara bagi tanaman khususnya hara P dan N. Hal ini sesuai dengan Bolan (1991) yang menyatakan bahwa peningkatan serapan P oleh tanaman karena 1) adanya perluasan volume tanah yang dapat dijelajahi oleh akar tanaman, dan 2) adanya percepatan gerakan P ke dalam hipa. Selanjutnya Smith *et al.* (1993) menyatakan bahwa P yang diambil oleh hipa eksternal ditransfer ke arbuskul melalui hipa internal sehingga serapan P oleh tanaman dapat meningkat. Sedangkan azotobakter akan memfiksasi N dari udara yang selanjutnya mikroba tersebut akan melepaskan N ke dalam tanah bersama-sama tubuhnya melalui proses penguraian, sehingga nitrogen dalam tanah cukup tersedia yang menyebabkan serapan N meningkat. Begitu juga dengan pemberian bahan organik hasil dekomposisinya akan meningkatkan ketersediaan N dan P dalam tanah yang kemudian serapan terhadap kedua hara tersebut bagi tanaman juga akan meningkat. Hal ini sesuai dengan Soepardi 1982 yang menyatakan bahwa serapan unsur hara oleh tanaman sangat dipengaruhi oleh tersedianya unsur hara dalam tanah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa pemberian inokulasi mikoriza dan azotobakter serta pemberian bahan organik tidak menunjukkan pengaruh interaksi yang nyata terhadap ketersediaan N dan P, serapan N dan P, dan hasil pipilan jagung. Namun secara mandiri menunjukkan pengaruh yang nyata baik terhadap ketersediaan N dan P, serapan N dan P, dan hasil pipilan jagung. Rata-rata tertinggi pada perlakuan mikoriza, azotobakter dan bahan organik didapat pada taraf azotobakter dan taraf dosis 30 ton ha⁻¹ sebesar 5,48 mg 100 g⁻¹ dan 5,41 mg 100 g⁻¹ untuk NH₄⁺, 29,61 mg 100g⁻¹ dan 30,20 mg 100 g⁻¹ untuk NO₃⁻, 18,33 ìg g⁻¹ dan 17,08 ìg g⁻¹ untuk P-tersedia,

0,94 g per tanaman dan 0,93 g per tanaman untuk serapan N, 0,03 g per tanaman dan 0,03 g per tanaman untuk serapan P serta 0,63 g per tanaman dan 0,63 g per tanaman untuk hasil pipilan jagung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada DUE Project Universitas Bengkulu yang telah memberikan biaya penelitian melalui program penelitian Research Grand. Selain itu terima kasih juga disampaikan kepada Dekan Fakultas Pertanian dan Ketua Lembaga Penelitian Universitas Bengkulu atas fasilitas yang diberikan selama penelitian hingga selesainya penulisan laporan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bolan, N.S. 1991. A Critical Review on The Role of Mycorrhizal Fungi in The Uptake of Phosphorus by Plant. *Plant and Soil* 134:189-207.
- Brady, M. 1990. *The Nature and Properties of Soils*. 10th ed. Macmillan Publ. Company. New York,
- Burbey dan R.D.M. Simanungkalit. 1989. Tanggapan Padi Gogo terhadap Inokulasi Mikoriza dengan Pupuk P dan Kapur di Tanah Ultisol. *Risalah Seminar Latihan Penelitian Pertanian dan Bioteknologi Pertanian III*. Sukamandi, 13-14 Desember 1989. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Proyek Pembangunan Penelitian Pertanian Nasional/NAR-II. Sukamandi.
- Drissen, P.M. and Soepraptohardjo. 1974. *Soil Agriculture Expension in Indonesia*. LPT Bogor.
- Dudal, R and Soepraptohardjo. 1957. *Soil Classification in Indonesia*. Pemb. BPTP Bogor. 148:3-5.
- Gonzalez-Lopez, J., V. Salmeron, J. Moreno, and A. Ramos-Cormenzana. 1983. Amino Acids and Vitamins Produced by *Azotobacter vinelandii* ATCC 12837 in Chemically-Defined Media and Dialysed Soil Media. *Soil Biol. Biochem.* 16:711-713.

- Hamdi, Y.A. 1982. Application of Nitrogen-Fixing System in Soil Improvement and Management. FAO Soil Bulletin 49. FAO, Rome.
- Leiwakabessy, F. M., O. Koswara and Soedjadi. 1972. Preliminary Study on P-Fixing of Major Soil Groups in Java. Second Asian Soil Conference. Jakarta.
- Mengel, K and E.A. Kirkby. 1987. Principles of Plant Nutrition. 4th ed. International Potash Institute. Worblaufen-Bern, Switzerland.
- Nieto, K.F. and W.T. Frankenberger. 1989. Biosynthesis of Cytokinin by *Azotobacter chroococcum*. Soil Biol. Biochem. 21:967-977.
- Sieverding, E. 1991. Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems. GTZ, Dag Hammarsjold Weg 1+2, Eschborn, Germany.
- Simarmata, T. 1994. Prospek Pemanfaatan Bioteknologi Tanah (*Azotobacter* dengan pupuk kandang) dalam meningkatkan Produktivitas Lahan Marginal Ultisol dengan Indikator Tanaman Tomat. Jurnal Agricultura. 5(1):60-74.
- Smith, S.E, E.S. Dickson, F.A Smith, and V. Gianiazzi-Pearson. 1993. Nutrient Transport Between Fungus and Plant in Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal . Proceeding Of Second Asian Conference on Mycorrhiza. Chiang Mai, Thailand, 11-15 March 1991. Biotrop Special Publication no.42. Seameo Biotrop. Bogor.
- Soepardi, G. 1982. Sifat dan Ciri Tanah. Departemen Ilmu-Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian IPB. Bogor.
- Soil Survey Staff. 1994. Keys to Soil Taxonomy. 6th ed. USDA, Soil Conservation Service.
- Subba-Rao, N.S. 1982. Biofertilizers in Agriculture. Oxford and IBH Publishing Co. New Delhi, Bombay, Calcutta.
- Tabares, F.G., T.H. Tomico, F.A. Guerri, and J.G. Bilbao. 1987. Production of 3-indole-acetic acid and 3-indolelactic acid in *Azotobacter vinelandii* Cultures Supplemented with Tryptophan. Appl. Microbiol. Biotechnol. 25:502-506.
- Toledo, M.V.M., T de la Rubia, J. Moreno, and J.G. Lopez. 1988. Root Exudates of Zea mays and Production of Auxins, Gibberellin and Cytokinins by *Azotobacter chroococcum*. Plant and Soil 110:149-152