

PERTUMBUHAN *Cassuarina equisetifolia* BERMIKORIZA DALAM KONDISI CEKAMAN SALINITAS

Delvian dan Elfiati, D.

Program Studi Kehutanan FP USU
Jl. Tri Dharma Ujung No 1 Kampus USU Padang Bulan Medan
E-mail : Delvian@usu.ac.id & dvilly6@yahoo.co.uk

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari peranan fungi mikoriza arbuskula (FMA) dalam meningkatkan toleransi dan pertumbuhan tanaman pada kondisi cekaman garam. Percobaan dilaksanakan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial terdiri atas dua taraf konsentrasi NaCl dan 7 taraf jenis inokulum FMA. Pengujian dilakukan dengan menggunakan kultur pot bertingkat. Hasil percobaan menunjukkan bahwa FMA tidak hanya meningkatkan berat kering dan serapan P tanaman, tetapi juga toleransi tanaman terhadap cekaman salinitas. Peningkatan toleransi salinitas diduga berhubungan dengan penyerapan P yang lebih efisien oleh tanaman bermikoriza. Serapan P tanaman bermikoriza meningkat sebesar 115,00% dibandingkan tanaman yang tidak bermikoriza. Mikoriza juga mampu mengurangi pembentukan prolin sebesar 64,47% dan menekan akumulasi Na sebesar 61,58%.

Kata kunci: Fungi mikoriza arbuskula, salinitas, serapan P, proline, natrium

ROLE OF ARBUSCULE MYCORRHIZA FUNGI ON GROWTH OF *Cassuarina equisetifolia* UNDER SALINITY STRESS

ABSTRACT

This research aims to study the role of arbuscular mycorrhizae fungi (AMF) in improving tolerance and plant growth in salinity stress conditions. Experiments carried out by using the Completely Randomized Design that consisted of two NaCl concentrations and seven inoculum of AMF. Testing is done by using multilevel pot culture. The results showed that the AMF does not only increase the dry weight and P uptake of plants, but also the tolerance of plants to salinity stress. Increasing salinity tolerance associated to the absorption of P is more efficiently by mycorrhizal plants. P uptake in mycorrhizal plant P increased by 115.00% compared to plants that do not mycorrhizae. Mycorrhizae also able to reduce the formation of proline equal to 64.47% and suppress the accumulation of sodium equal to 61.58%.

Key words: Arbuscule mycorrhizae fungi, salinity, P content, proline, sodium

PENDAHULUAN

Asosiasi FMA dengan perakaran tanaman tidak hanya meningkatkan penyerapan nutrisi dan pertumbuhan, tetapi juga meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman garam (Al-Karaki, 2000a; Al-Karaki *et al.*, 2001). Peningkatan toleransi terhadap garam yang mengikuti kolonisasi mikoriza disebabkan oleh penyerapan P yang lebih efisien oleh tanaman bermikoriza (Al-

Karaki, 2000b; Grattan & Grieve, 1999). Hal ini akan meningkatkan pertumbuhan tanaman dan mengurangi pengaruh dari ion-ion toksik (Jacoby, 1999).

Meskipun peningkatan toleransi tanaman bermikoriza terhadap cekaman garam berhubungan dengan nutrisi tanaman, pengaruh FMA terhadap toleransi garam mungkin tidak hanya terbatas dengan mekanisme ini. Mekanisme lain yang mungkin terjadi adalah penyesuaian osmotik yang membantu memelihara turgor daun,

dan berpengaruh terhadap proses fisiologis, seperti fotosintesis, transpirasi, dan efisiensi penggunaan air (Al-Karaki, 2000a; Ruiz-Lozano & Azcon, 2000).

Salah satu respon tanaman terhadap cekaman kekeringan atau cekaman salinitas/garam adalah akumulasi senyawa dengan berat molekul rendah dan dapat larut, yaitu prolin (Heuer, 1999). Akumulasi prolin dalam daun adalah salah satu cara penyesuaian osmotik tanaman untuk meningkatkan toleransi terhadap salinitas dengan cara melindungi berbagai sistem enzim dari pengaruh dehidrasi. Keberadaan FMA pada akar tanaman mungkin dapat memodifikasi potensial osmotik daun melalui akumulasi prolin sebagaimana pengaruhnya terhadap fotosintesis tanaman inang (Heuer, 1999; Smith & Read, 1997).

Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian untuk mengetahui peranan FMA dalam meningkatkan ketahanan terhadap cekaman garam. Tanaman yang digunakan adalah *Cassuarina equisetifolia* (cemara udang) yang merupakan jenis legum yang cepat tumbuh dan tahan kekeringan serta bersimbiosis dengan FMA

METODE

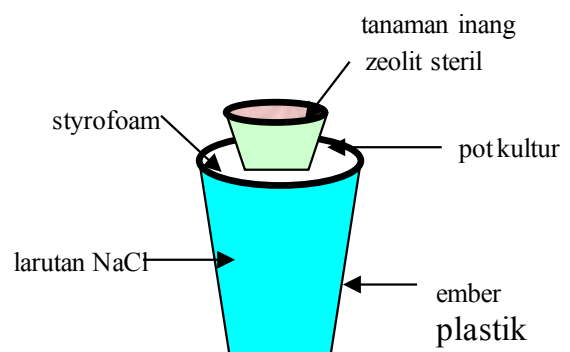
Penelitian ini dilakukan di rumah kaca dan Laboratorium Biologi Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara. Kegiatan percobaan dilaksanakan pada bulan September-Desember 2008 dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial.

Bahan yang digunakan antara lain NaCl, tiga jenis mikoriza (*Glomus* sp., *Acaulospora* sp. dan *Gigaspora* sp.), bibit tanaman *Casuarina equisetifolia*, zeolit sebagai media tanam, dan sejumlah bahan kimia untuk analisa jaringan yang meliputi kandungan P, kandungan proline dan kandungan Na tanaman.

Percobaan ini terdiri atas dua faktor, yaitu tingkat salinitas (diatur berdasarkan konsentrasi NaCl) dan inoculan FMA. Tingkat salinitas yang digunakan adalah (1) 0‰ dan (2) 5‰. Inoculan FMA yang digunakan adalah (1) kontrol, (2) *Glomus*

sp., (3) *Acaulospora* sp., (4) *Gigaspora* sp., (5) *Glomus* sp. + *Acaulospora* sp., (6) *Glomus* sp. + *Gigaspora* sp., (7) *Acaulospora* ap. + *Gigaspora* sp., dan (8) *Glomus* sp. + *Acaulospora* sp. + *Gigaspora* sp.. Jumlah inoculan yang diberikan adalah 20 g dengan kepadatan spora 30 spora per 10 g inoculan.

Metode yang digunakan dalam penanaman adalah pot kultur terbuka sistem bertingkat (Gambar 1). Pada pot kultur dipasang sumbu sehingga larutan perlakuan akan tetap membasahi media tanam dengan sistem kapilaritas. Parameter yang diamati adalah berat kering tanaman, serapan P, dan kandungan prolin dalam daun. Pengukuran kandungan dan serapan P tanaman dilakukan dengan metode ammonium paramolybdate-vanadate, kandungan prolin dengan metode colometrical dan Na dengan metoda flame photometry (Sutedjo, 2004). Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis sidik ragam dan perlakuan yang memberikan pengaruh nyata dilanjutkan dengan uji Duncan Multiple Range Test.



Gambar 1. Kultur pot terbuka untuk uji efektivitas mikoriza

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemberian FMA mampu meningkatkan berat kering *C. equisetifolia*, baik pada kondisi atau tanpa cekaman salinitas seperti yang tampak pada Tabel 1. Pemberian FMA pada kondisi salinitas 0‰ mampu meningkatkan berat kering tanaman sebesar 145,62% dimana berat kering tanaman tanpa inoculasi FMA adalah 6,51 g dan dengan inoculasi FMA (*Acaulospora* sp.+*Gigaspora* sp.) sebesar 15,99 g. sedangkan peningkatan

berat kering yang dihasilkan antar jenis FMA tidak berbeda nyata. Sedangkan pada kondisi cekaman salinitas 5% pemberian FMA mampu meningkatkan berat kering tanaman sebesar 186,87%, dimana berat kering tanaman tanpa FMA adalah 4,8 g

dan dengan inokulasi FMA (*Acaulospora* sp. + *Gigaspora* sp.) sebesar 13,77 g. Hasil pengukuran berat kering menunjukkan bahwa pemberian *Acaulospora* sp + *Gigaspora* sp. memberikan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan inokulum lainnya

Tabel 1. Pengaruh FMA terhadap berat kering dan serapan P tanaman *Cassuarina equisetifolia* di bawah kondisi cekaman salinitas

Perlakuan	Berat Kering (g)			Serapan P (mg.tan ⁻¹)		
	Rataan		Persentase Peningkatan	Rataan		Persentase Peningkatan
Salinitas 0 ‰						
Tanpa inokulan	6,51	ab	000,00	2,07	ab	00,00
<i>Glomus</i> sp.	13,43	de	106,29	3,61	de	74,39
<i>Acaulospora</i> sp.	13,88	de	113,21	3,68	de	77,78
<i>Gigaspora</i> sp.	15,45	e	137,33	4,13	e	99,51
<i>Glomus</i> sp. + <i>Acaulospora</i> sp.	14,84	de	127,95	3,92	de	89,37
<i>Glomus</i> sp. + <i>Gigaspora</i> sp.	14,06	de	115,97	3,83	de	85,02
<i>Acaulospora</i> sp. + <i>Gigaspora</i> sp.	15,99	de	145,62	3,89	de	87,92
<i>Glomus</i> sp. + <i>Acaulospora</i> sp. + <i>Gigaspora</i> sp.	14,99	de	130,26	4,06	de	96,13
Salinitas 5 ‰						
Tanpa inokulan	4,80	a	00,00	1,69	a	00,00
<i>Glomus</i> sp.	8,79	bc	83,12	2,34	bc	38,46
<i>Acaulospora</i> sp.	7,05	ab	46,87	2,82	ab	66,86
<i>Gigaspora</i> sp.	11,62	cd	142,08	3,07	cd	81,65
<i>Glomus</i> sp. + <i>Acaulospora</i> sp.	12,90	de	168,79	3,38	cde	100,00
<i>Glomus</i> sp. + <i>Gigaspora</i> sp.	12,65	de	163,54	3,39	cde	100,59
<i>Acaulospora</i> sp. + <i>Gigaspora</i> sp.	13,77	de	186,87	3,63	de	114,79
<i>Glomus</i> sp. + <i>Acaulospora</i> sp. + <i>Gigaspora</i> sp.	12,50	de	160,42	3,26	cde	92,89

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5%

Peningkatan salinitas sampai 5% menekan penyerapan P sebesar 18,35%. Pada kondisi salinitas 0% serapan P tanaman adalah 2,07 mg.tan⁻¹ sedangkan pada kondisi cekaman salinitas 5% serapan P tanaman hanya sebesar 1,69mg. tan⁻¹. Selanjutnya dengan pemberian FMA terjadi peningkatan serapan P baik pada kondisi cekaman salinitas maupun tanpa cekaman salinitas seperti tampak pada Tabel 1. Persentase peningkatan serapan P yang dihasilkan dengan pemberian FMA pada kondisi salinitas 0% tertinggi adalah sebesar 99,51% yang dihasilkan dari inokulasi dengan *Gigaspora* sp. Sedangkan pada kondisi cekaman salinitas 5% terjadi peningkatan hingga 114,79% yaitu pada tanaman yang diinokulasi dengan *Acaulospora* sp. + *Gigaspora* sp..

Pada Tabel 2 tampak bahwa pada kondisi salinitas 0% pemberian berbagai macam inokulum FMA memberikan pengaruh yang tidak berbeda terhadap akumulasi prolin tanaman, meskipun terjadi peningkatan kandungan prolin pada beberapa tanaman yang bermikoriza. Peningkatan salinitas dari 0% menjadi 5% meningkatkan kandungan prolin tanaman tanpa mikoriza dari 0,373µmol.mg⁻¹ menjadi 1,213µmol.mg⁻¹ atau meningkat sebesar 225,2%. Akumulasi prolin tanaman ini berkurang secara signifikan dengan adanya simbiosis tanaman dengan FMA. Secara umum pemberian FMA pada kondisi cekaman salinitas mampu menurunkan akumulasi prolin tanaman berkisar antara 49,46%-61,25%.

Tabel 2. Pengaruh FMA terhadap akumulasi prolin dan akumulasi Na tanaman *Cassuarina equisetifolia* di bawah kondisi cekaman salinitas

Perlakuan	akumulasi prolin (µmol.mg ⁻¹)		akumulasi Na (µmol.mg ⁻¹)	
	Rataan	Persentase Penurunan	Rataan	Persentase Penurunan
Salinitas 0 %	0,373 ab	00,00	0,0857 a	0,00
Kontrol	0,333 a	10,72	0,0822 a	4,08
<i>Glomus</i> sp.	0,420 abcd	12,60*	0,0844 a	1,52
<i>Acaulospora</i> sp.	0,403 abc	8,04*	0,0875 a	2,10*
<i>Gigaspora</i> sp.	0,387 ab	3,75*	0,0896 a	4,55*
<i>Glomus</i> sp. + <i>Acaulospora</i> sp.	0,390 ab	4,55*	0,0851 a	0,70
<i>Glomus</i> sp. + <i>Gigaspora</i> sp.	0,393 ab	5,36*	0,0972 a	13,42*
<i>Acaulospora</i> sp. + <i>Gigaspora</i> sp.				
<i>Glomus</i> sp. + <i>Acaulospora</i> sp. + <i>Gigaspora</i> sp.	0,405 abc	8,58*	0,0987 a	15,16*
Salinitas 5 %	1,213 f	00,00	1,0150 c	00,00
Kontrol	0,507 de	58,20	0,4813 ab	52,58
<i>Glomus</i> sp.	0,613 e	49,46	0,5633 b	44,50
<i>Acaulospora</i> sp.	0,503 de	58,53	0,4503 ab	55,63
<i>Gigaspora</i> sp.	0,470 bcde	61,25	0,3914 ab	61,44
<i>Glomus</i> sp. + <i>Acaulospora</i> sp.	0,497 cde	59,02	0,4367 ab	56,97
<i>Glomus</i> sp. + <i>Gigaspora</i> sp.	0,493 cde	59,35	0,4867 ab	52,05
<i>Acaulospora</i> sp. + <i>Gigaspora</i> sp.				
<i>Glomus</i> sp. + <i>Acaulospora</i> sp. + <i>Gigaspora</i> sp.	0,517 de	57,38	0,3967 ab	60,92

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5%

*) = terjadi peningkatan

Keberadaan FMA pada perakaran tanaman yang mengalami cekaman salinitas juga mampu menekan akumulasi Na dalam daun tanaman seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Pada tanaman dengan salinitas 0% terjadi peningkatan akumulasi Na pada beberapa tanaman yang diinokulasi dengan FMA akan tetapi semua perlakuan tidak berbeda nyata. Untuk tanaman yang tumbuh pada kondisi cekaman salinitas 5% akumulasi Na tertinggi terjadi pada tanaman tanpa FMA (control) yaitu sebesar $1,015 \text{ } \mu\text{mol.mg}^{-1}$. Selanjutnya akumulasi Na menurun dengan adanya pengaruh dari asosiasi tanaman dengan FMA dan semua perlakuan berbeda nyata dengan control. Penurunan akumulasi Na berkisar antara 44,50%-61,44% yang masing-masing dihasilkan oleh tanaman yang diinokulasi dengan *Acaulospora* sp. dan inokulan *Glomus* sp. + *Acaulospora* sp..

Pembahasan

Kemampuan FMA memperbaiki pertumbuhan tanaman, dalam hal ini diukur sebagai berat kering tanaman, berkaitan dengan peranannya dalam penyerapan fosfor (Al-Karaki, 2000b; Ruiz-Lozano & Azcon, 2000; Marschner & Dell, 1999). Inokulasi FMA dalam penelitian ini memberikan peningkatan serapan P berkisar antara 74,39-99,51% pada kondisi salinitas 0% dan 38,48-114,79% pada kondisi cekaman salinitas 5%. Besarnya peningkatan serapan P pada media salin ini diduga menyebabkan tanaman tetap bisa tumbuh dan berkembang meskipun pada kondisi salin. Tingginya serapan P sebagai respon dari kolonisasi FMA diduga sebagai strategi tanaman untuk mengurangi pengaruh negatif dari cekaman salinitas.

Serapan P pada tanaman tanpa mikoriza di bawah kondisi cekaman salinitas hanya $1,69 \text{ mg.tan}^{-1}$, sedangkan pada tanaman bermikoriza berkisar antara $2,34\text{--}3,63 \text{ mg.tan}^{-1}$. Rendahnya serapan P pada tanaman tanpa mikoriza tersebut adalah alasan buruknya pertumbuhan tanaman yang dihasilkan, di samping kemungkinan pengaruh buruk dari unsur Na dan Cl serta kekeringan fisiologis akibat cekaman salinitas. Beberapa hasil penelitian menunjukkan

bahwa tanaman yang mengalami defisiensi P pertumbuhannya akan tertekan (Poljakoff-Mayber & Lerner, 1999; Marschner, 1995) sebagaimana yang ditunjukkan oleh berat kering tanaman tanpa diinokulasi dengan FMA (Tabel 1).

Mekanisme fisiologis dari tanaman bermikoriza dalam meningkatkan toleransi terhadap cekaman salinitas bervariasi. Penyesuaian osmotik merupakan salah satu mekanisme yang mungkin terjadi (Al-Karaki *et al.*, 2001; Cantrell & Linderman, 2001) dan keberadaan FMA pada akar tanaman dapat mempengaruhi potensial osmotik daun (Fagbola *et al.*, 2001; Heuer, 1999) dengan mempengaruhi akumulasi prolin pada daun.

Akumulasi prolin dalam daun tanaman *Cassuarina equisetifolia* yang tidak bermikoriza meningkat secara signifikan dengan meningkatnya salinitas media tanam, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2. Adanya kandungan prolin yang tinggi diketahui sebagai usaha perlindungan berbagai macam sistem enzim untuk melawan proses dehidrasi (Fagbola *et al.*, 2001; Heuer, 1999). Sebaliknya dengan pemberian mikoriza terjadi penurunan kandungan prolin pada tanaman yang tumbuh pada kondisi cekaman salinitas dibandingkan dengan tanaman tanpa mikoriza (kontrol). Besarnya penurunan kandungan prolin berkisar antara 49,46%-61,25%. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman bermikoriza lebih tahan terhadap pengaruh salinitas sehingga akumulasi prolin dalam daun tanaman relatif rendah (Tabel 2). Pada tanaman tanpa cekaman salinitas (salinitas 0%) akumulasi prolin dalam daun tanaman berkisar antara $0,333\text{--}0,420 \text{ } \mu\text{mol.mg}^{-1}$. Rendahnya kisaran nilai akumulasi prolin ini terjadi karena tidak adanya kondisi lingkungan yang merangsang tanaman untuk memproduksi prolin dalam jumlah yang lebih tinggi sebagai upaya untuk menekan pengaruh cekaman lingkungan.

Seperti diuraikan di atas bahwa FMA dapat meningkatkan serapan P tanaman pada kondisi cekaman salinitas. Perbaikan status P ini akan meningkatkan integritas membran (Smith & Read, 1997; Marschner, 1995) sehingga dapat mengurangi pengaruh negatif dari Na dan Cl dengan cara mencegah

ion-ion tersebut masuk dan mengganggu siklus metabolisme pertumbuhan (Cantrell & Linderman, 2001; Cuartero & Fernandez-Munoz, 1999). Pada tanaman yang bermerkori Na yang terserap ditahan dalam akar dan tidak ditranslokasikan ke tajuk (Subbarao & Johansen, 1999; Marcum, 1999). Bagaimana dan dimana Na ditahan di dalam akar belum menjadi kajian dalam penelitian ini. Banyak peneliti yang menduga bahwa Na mungkin ditahan dalam hifa-hifa FMA yang ada dalam akar (hifa internal) atau disimpan dalam vakuola sel akar (Al-Karaki *et al.*, 2001; Subbarao & Johansen, 1999; Ansari *et al.*, 1999; Jacoby, 1999). Dengan demikian Na tidak bergerak masuk ke dalam sitoplasma sel akar darimana Na mungkin dapat ditranslokasikan ke tajuk.

SIMPULAN

Pemanfaatan FMA dapat meningkatkan pertumbuhan dan ketahanan tanaman *C. equisetifolia* meskipun salinitas meningkat dari 0% menjadi 5%. Pada kondisi cekaman salinitas 5% penggunaan FMA dapat meningkatkan berat kering *C. equisetifolia* sampai 186,87% dan serapan P tanaman sampai 114,79%, sedangkan kandungan prolin dan Na dalam daun *C. equisetifolia* masing-masing menurun tertinggi hingga 61,25% dan 61,44% dari perlakuan kontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Karaki, G.N. 2000. Growth, water use efficiency and mineral acquisition by tomato cultivar grown under salt stress. *Journal Plant Nutrition*. 23:1-8
- Al-Karaki, G.N. 2000b. Growth and mineral acquisition by mycorrhizal tomato grown under salt stress. *Mycorrhiza*. 10:51-54
- Al-Karaki, G.N., Hammad, R. & Rusan, M. 2001. Response of two cultivars differing on salt tolerance to inoculation with mycorrhizal fungi under salt stress. *Mycorrhiza*. 11:43-47.
- Ansari, R., Alam, S.M., Naqvi, S.S.M., Marcar, N.E., & Ismail, S. 1999. Response of woody species to salinity. *Di Dalam: Pessarakli M (Ed.). Handbook of plant and crop stress*. 2nd Edition. Marcel Dekker, Inc. New York. p. 931-946
- Cantrell, I.C. & Linderman, R.G. 2001. Preinoculation of lettuce and onion with VA mycorrhizal fungi reduces deleterious effects of soil salinity. *Plant and Soil*. 233: 269-281
- Cuartero, J. & Fernandez-Munoz. 1999. Effects of salinity on tomato. *Scientia Horticulturae*. 78:83-125
- Fagbola, O., Osonubi, O., Mulongoy, K., & Odunfa, S.A. 2001. Effect of drought stress and arbuscular mycorrhiza on the growth of *Gliricidia sepium* (Jacq). Walp, and *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. in simulated eroded soil conditions. *Mycorrhiza*. 11:215-223
- Grattan, S.R. & Grieve, C.M. 1999. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. Hal: 203-230. *Di Dalam: Pessarakli M (Ed.). Handbook of plant and crop stress*. 2nd Edition. New York Marcel Dekker, Inc.
- Heuer, B. 1999. Osmoregulatory role of proline in plant exposed to environmental stresses. *Di Dalam: Pessarakli M (Ed.). Handbook of plant and crop stress*. 2nd Edition. New York. Marcel Dekker, Inc. p. 675-696
- Jacoby, B. 1999. Mechanisms involved in salt tolerance of plants. *Di Dalam: Pessarakli M (Ed.). Handbook of plant and crop stress*. 2nd Edition. New York. Marcel Dekker, Inc. p.97-124
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd. Academic Press. Harcourt Brace & Company, Publishers. London. San Diego. New

- York. Boston. Sydney. Tokyo. Toronto. 889 p.
- Marschner, H. & Dell, B. 1999. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil*. 159:89-102
- Marcum, K.B. 1999. Salinity tolerance in turfgrasses. *Di Dalam*: Pessarakli M (Ed.). Handbook of plant and crop stress. 2nd Edition. New York. Marcel Dekker, Inc. p. 891-906
- Poljakoff-Mayber, A. & Lerner, H.R. 1999. Plants in salin environmetns. Hal: 125-152. *Di Dalam*: Pessarakli M (Ed.). Handbook of plant and crop stress. 2nd Edition. New York Marcel Dekker, Inc.
- Ruiz-Lozano, J.M. & Azcon, R. 2000. Symbiotic efficiency and infectivity of an autochthonous arbuscular mycorrhizal *Glomus* sp. From saline and *Glomus deserticola* under salinity. *Mycorrhiza* 10:137-143
- Smith, S.E. & Read, D.J. 1997. Mycorrhizal symbiosis. Second edition. Academic Press. Harcourt Brace & Company Publisher. London. Hal: 32-79.
- Subbarao, G.V. & Johansen, C. 1999. Strategies and scope for improving salinity tolerance in crop plants. *Di Dalam* : Pessarakli M (Ed.). Handbook of plant and crop stress. 2nd Edition. New York Marcel Dekker, Inc. p. 1069-1087
- Sutedjo, M.M. 2004. Analisis Tanah, Air dan Jaringan Tanaman. Rineka Cipta. Jakarta