

FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA ASAL PANGALENGAN JAWA BARAT SEBAGAI AGENS HAYATI PENGENDALI NEMATODA SISTA KENTANG

Anne Nurbaity¹, Toto Sunarto¹, Reginawanti Hindersah¹, Amir Solihin¹, Marthin Kalay²

¹Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Bandung

²Fakultas Pertanian Universitas Pattimura, Ambon

annenurbaity@unpad.ac.id

ABSTRACT

ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI FROM PANGALENGAN WEST JAVA AS CONTROLLING AGENTS OF POTATO CYST NEMATODE. Potato cyst nematode (PCN) is known as organism that could suppress the growth of potatoes and it has been found in West Java. Controlling of PCN by the use of chemical agents has been reduced, hence the use of biological agents such as soil fungi is one of the alternatives. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) has a potential to be used as a controlling agents. However, the information about its effect on nematode, especially in Indonesia is limited. The objectives of this study were to isolate the indigenous AMF from potatoes plantation in a high land at Pangalengan district, West Java, to be used as an agents for controlling nematodes. AMF isolates were cultured and propagated to be used in the test of AMF effectiveness in controlling PCN in a glasshouse. Results showed that AMF at the rate of 150 spores/pot reduced the PCN parameters in term of numbers of juveniles II, females and cysts. The mechanisms of AMF in reducing PCN activities was more likely because of the production of antifungi isoflavonoid that increased as increasing the rate of AMF spores. The experiment in general showed the successful results in explaining the potential use of AMF as bio-control agents of PCN. **Keywords:** Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Potato Cyst Nematode

PENDAHULUAN

Salah satu organisme pengganggu tanaman (OPT) yang berbahaya dan dapat menurunkan produksi tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) adalah nematoda sista kentang *Globodera* spp. Spesies *Globodera* yang menyerang tanaman kentang adalah *G. rostochiensis* (Woll.) dan *G. pallida* Stone (Turner and Evans, 1998; Bridge and Starr, 2007). Di Indonesia nematoda *G. rostochiensis* (Woll.) pertama kali dilaporkan ditemukan di areal pertanian kentang di Batu Malang (Daryanto, 2003a).

Pengendalian nematoda sista kentang (NSK) sangat penting dilakukan mengingat kentang merupakan salah satu komoditas penting yang dibudidayakan di Indonesia. Pada umumnya pengendalian NSK dilakukan dengan penggunaan tanaman resisten dan rotasi tanaman (Jaffee *et al.*, 1998; Gent *et al.*, 1999), penggunaan bahan kimia seperti klorin dan metil bromida (Rupe, 2000; Daryanto 2003b), pengolahan tanah dan pengaturan jarak tanam (Chen *et al.*, 2002; Walber *et al.*, 2002), dan pemanfaatan agens hayati (Dropkin, 1989; Linderman, 1994; Bridge and Star, 2007).

Pengendalian NSK melalui pemanfaatan agens hayati, akhir-akhir ini mendapat perhatian penting mengingat sifatnya yang ramah lingkungan dan ekonomis karena agens hayati yang diinokulasikan dapat berada terus di dalam tanah selama kondisi tanah kondusif dan sehat (Cook and Baker, 1989). Agens hayati yang dapat digunakan pada umumnya berupa mikroorganisme tanah, baik itu dari golongan bakteri atau fungi.

Fungi tanah diketahui memiliki potensi untuk digunakan sebagai agens hayati di dalam menekan nematoda parasit (Singh and Sitaramaiah, 1994). Kalay (2007) juga menunjukkan bahwa perkembangan NSK di tanah dapat dihambat oleh sejumlah spesies fungi tanah. Namun demikian, penelitian mengenai potensi fungi tanah sebagai agens hayati pengendali NSK, terutama di Indonesia, belum banyak diteliti. Fungi mikoriza arbuskula (FMA) dikenal sebagai *biofertilizer*, *bioprotector* dan *phytostimulator*, yang selain berfungsi untuk meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman, juga diketahui dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen (Castillo *et al.*, 2006; Tripathi *et al.*, 2008).

Aplikasi bioteknologi tanah berupa penggunaan FMA di lahan terinfeksi NSK berpotensi untuk disertakan sebagai komponen strategis pengendalian NSK di Indonesia. Oleh karenanya kajian potensi FMA dalam mengendalikan NSK perlu dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi FMA pada areal tanaman kentang di Pangalengan Jawa Barat untuk digunakan sebagai agens hayati pengendali NSK pada tanaman kentang.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilaksanakan di Laboratorium Nematologi dan Rumah Kaca Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran (700 m dpl) dari Agustus sampai dengan Oktober 2010. Percobaan menggunakan Rancangan Acak Kelompok pola faktorial dengan empat perlakuan dan tiga ulangan. Faktor pertama adalah kepa-

datan spora FMA (F) terdiri atas 4 taraf : f0 = 0 spora/2.5 kg tanah, f1 = 50 spora/2.5 kg tanah, f2 = 100 spora/2.5 kg tanah, dan f3 = 150 spora/2.5 kg tanah. Faktor kedua adalah kepadatan NSK *G. rostochiensis* terdiri atas 2 taraf : g0 = 0 juvenil II *G. Rostochiensis*, dan g1 = 4000 juvenil II *G. Rostochiensis*.

Sista NSK diekstraksi dari areal kentang Pangalengan Jawa Barat dengan menggunakan metode *Fenwick*. Untuk keperluan inokulasi, sista dipecah dan telurnya direndam dalam air selama 3 hari hingga diperoleh juvenil II. Sista NSK diberikan pada tanaman kentang setelah berumur satu minggu.

Tanah yang digunakan sebagai media tanam pada percobaan rumah kaca ini adalah tanah dari Pangalengan yang telah disterilkan (pH 6.5; C organik 5.52%; N organik 0.49%; P₂O₅ 11.86 mg/100g; KTK 25.54 cmol/kg). Dua setengah kg tanah dimasukkan ke dalam pot plastik dicampur dengan isolat FMA sesuai dosis dan diinkubasikan di dalam rumah kaca selama satu minggu. Selanjutnya pot ditanami dengan benih kentang kultivar Granola L. Bersertifikasi yang diperoleh dari petani kentang Pangalengan. Tanaman selanjutnya dipelihara selama 6 minggu.

Enam minggu setelah tanam, dilakukan pengamatan terhadap: (1) jumlah juvenil stadium IV (J4) NSK *G. rostochiensis* (metode Sentrifugal), (2) jumlah betina NSK *G. rostochiensis*, (3) jumlah sista NSK *G. rostochiensis*, (4) kolonisasi akar oleh FMA (metode *gridline intersection*), dan (4) berat umbi kentang. Data pengamatan dianalisis dengan analisis sidik ragam (ANOVA) dan uji lanjut dengan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5 % (Johnson & Bhat-tacharyya, 1996) menggunakan program SPSS 16.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah Juvenil II NSK *G. Rostochiensis*

Hasil analisis menunjukkan bahwa pemberian spora FMA mampu menurunkan jumlah juvenil II (J2) NSK di perakaran tanaman kentang secara nyata (Tabel 1). Dosis spora FMA 50, 100 maupun 150 tidak berbeda nyata di dalam menekan jumlah J2 NSK, walaupun penekanannya meningkat seiring dengan meningkatnya dosis spora FMA. Penekanan NSK tertinggi (45%) dicapai oleh perlakuan spora 150, diikuti oleh perlakuan 100 spora dan 50 spora. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak spora FMA yang diberikan, jumlah J2 semakin tertekan.

Tabel 1. Jumlah juvenil 2 *G. rostochiensis* dalam 100ml tanah akibat penambahan spora FMA

Perlakuan FMA (Jumlah spora/pot)	Jumlah juvenil 2 <i>G. rostochiensis</i>	Penekanan FMA terhadap NSK (%)
0	47 b	-
50	35 a	26
100	27 a	43
150	26 a	45

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan (p> 0.05)

Jumlah Nematoda Betina

Hasil analisis terhadap jumlah nematoda betina yang menempel di akar tanaman kentang akibat perlakuan FMA menunjukkan bahwa pemberian spora FMA pada dosis tertinggi (150 spora) secara nyata menurunkan jumlah nematoda betina. Pemberian spora FMA pada dosis 50 dan 100 tidak berpengaruh nyata terhadap penurunan jumlah nematoda betina (Tabel 2).

Tabel 2. Jumlah nematoda betina *G. rostochiensis* yang menempel pada akar per pot akibat penambahan spora FMA

Perlakuan FMA (Jumlah spora/pot)	Jumlah nematoda betina <i>G. rostochiensis</i> pada akar	Penekanan FMA terhadap NSK (%)
0	6,7 b	-
50	5,3 b	20
100	5,0 b	25
150	2,0 a	70

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan (p> 0.05)

Jumlah Sista *G. Rostochiensis*

Pemberian spora FMA secara nyata menurunkan jumlah sista *G. Rostochiensis* yang terbentuk di dalam tanah (Tabel 3). Peningkatan dosis spora FMA menurunkan jumlah sista dengan persentase penekanannya berturut-turut 42, 60 dan 86 %. Pemberian jumlah spora 100/pot tidak berbeda nyata dengan pemberian spora 50 maupun 150. Akan tetapi, spora dosis 50 berbeda nyata dengan 150 di dalam menurunkan jumlah sista NSK.

Tabel 3. Jumlah sista *G. rostochiensis* dalam 100 ml tanah akibat penambahan spora FMA

Perlakuan FMA (Jumlah spora/pot)	Jumlah sista <i>G. rostochiensis</i>	Penekanan FMA terhadap NSK (%)
0	16,7 c	-
50	9,7 b	42
100	6,7 ab	60
150	2,3 a	86

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan (p> 0.05)

Kolonisasi Akar oleh FMA

Persentase kolonisasi akar oleh FMA pada tanaman kentang yang diberi NSK menunjukkan adanya peningkatan, walaupun tidak berbeda nyata (Tabel 4). Peningkatan dosis spora FMA secara nyata meningkatkan kolonisasi akar. Pemberian dosis spora FMA 50 dan 100 per pot tidak berbeda nyata di dalam meningkatkan kolonisasi akar, namun pada dosis tertinggi (150 spora/pot) kolonisasi akar mencapai nilai tertinggi (52%). Tidak terdapat kolonisasi pada tanaman yang tidak bermikoriza.

Tabel 4. Kolonisasi akar FMA (%) pada akar kentang akibat penambahan spora FMA dan NSK *G. rostochiensis*

Perlakuan	Persentase Kolonisasi Akar
FMA (spora/pot)	
0	0
50	31 a
100	37 a
150	52 b
NSK (J2/pot)	
0	36 a
4000	43 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan ($p > 0.05$)

Berat Umbi Kentang

Hasil analisis berat umbi tanaman kentang akibat perlakuan FMA maupun NSK menunjukkan bahwa FMA meningkatkan berat umbi, sedangkan NSK menurunkan berat umbi kentang (Tabel 5).

Berat umbi kentang meningkat sejalan dengan dosis pemberian spora FMA 50, 100 dan 150 spora/pot berturut-turut sebesar 37%, 56% dan 63%. Penambahan juvenil 2 NSK menurunkan berat umbi sampai dengan 50 %. Pengamatan terhadap umbi ini memperlihatkan bahwa tanaman yang diberi nematoda saja (kontrol positif; tanpa FMA) belum menghasilkan umbi, dibandingkan dengan kontrol negatif (tanpa NSK dan tanpa FMA)

Tabel 5. Berat umbi (g/pot) tanaman kentang akibat penambahan spora FMA dan NSK *G. rostochiensis*.

Perlakuan	Berat Umbi (g/pot)
FMA (spora/pot)	
0	6.4 a
50	10.2 ab
100	14.5 b
150	17.3 b
NSK (J2/pot)	
0	16.1 b
4000	8.1 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan ($p > 0.05$)

Hasil percobaan pemberian fungi mikoriza arbuskula (FMA) terhadap kentang yang diinokulasi nematoda sista kentang (NSK) secara umum menunjukkan bahwa FMA menekan pertumbuhan NSK, ditinjau dari jumlah J2, betina, dan sista (Tabel 1-3). Hasil yang didapat dari percobaan ini sejalan dengan penelitian Suresh *et al.* (1985) yang menemukan bahwa

wa ekstrak akar bermikoriza mampu menekan 50% larva nematoda dan jumlah nematoda betina di tanaman bermikoriza yang nyata lebih rendah. Smith *et al.* (2001) mengamati jumlah juvenil *M. incognita* yang lebih rendah pada kapas terinfeksi serta jumlah betina berkurang jika kolonisasinya lebih dari 50%. Peningkatan level kolonisasi oleh mikroza pada kapas menurunkan reproduksi *M. incognita*. Jumlah telur menurun pada kolonisasi 55% atau lebih. Perkembangan juvenil dapat terhambat pada tanaman bermikoriza segera setelah penetrasi selesai (Suresh *et al.*, 1985). Selanjutnya, MacGuidwin *et al.* (1985) menemukan bahwa nematoda betina dari *M. hapla* memerlukan waktu 3 hari lebih lama untuk matang pada bawang yang dikolonisasi *G. fasciculatum*.

Perubahan fisiologis akibat formasi FMA dapat menyebabkan akar menjadi antagonis bagi nematoda. Suresh *et al.* (1985) menyatakan bahwa faktor-faktor pra infeksi seperti eksudat akar atau ketersediaan tempat infeksi berkaitan dengan keberadaan fungi.

Mekanisme utama penekanan NSK oleh FMA yang diajukan adalah karena adanya efek kompetisi dengan FMA dan karena adanya senyawa isoflavonoid yang dikeluarkan FMA yang meningkat sejalan dengan dosis FMA (data tidak ditampilkan). Senyawa isoflavonoid ini dapat merupakan nematisidal seperti yang dikemukakan oleh Morandi *et al.* (1984). Mereka menemukan adanya peningkatan konsentrasi senyawa isoflavonoid yang menyerupai fitoalexin (*phytoalexin-like*) pada kedelai bermikoriza dan diduga dapat meningkatkan resistensi terhadap jamur dan nematoda patogen akar. Suresh and Bagyaraj (1985) juga menyatakan bahwa kadar asam amino dan gula di akar tanaman bermikoriza berasosiasi dengan meningkatnya resistensi tanaman yang baik secara tunggal maupun kolektif berperan di dalam menekan perkembangan nematoda. Keberadaan substansi nematisidal pada akar bermikoriza dapat karena adanya peningkatan vigor tanaman yang meningkatkan serapan P atau meningkatnya konsentrasi fenilalanin dan/atau serin yang merupakan nematisida.

Respon nematoda terhadap FMA bervariasi, tergantung dari asosiasi spesifik, kandungan hara tanah dan waktu pengamatan. Efek lokalisasi fisiologis juga terjadi sebagai respon terhadap patogen akar. Fenomena ini karena efek dilusi dari sistem perakaran bermikoriza yang lebih besar atau ada kompetisi ruang antar keduanya. Talavera *et al.* (2001) menemukan bahwa *Globodera rostochiensis* Wollenweber berkurang pada kentang yang diinokulasi *G. fasciculatum*. Kompetisi untuk P tersedia atau produk senyawa nematisidal lebih penting daripada kompetisi ruang, karena nematoda berkurang walaupun pada sistem akar yang tidak terkolonisasi oleh fungi (Vierheilig *et al.*, 2008).

Pada pengamatan terhadap kolonisasi akar oleh FMA pada kentang (Tabel 4) terlihat bahwa nematoda tidak berpengaruh nyata terhadap besarnya kolonisasi akar FMA. Hal ini sesuai dengan (Vierheilig *et al.*, 2008) yang menyatakan bahwa pada be-

berapa studi, keberadaan nematoda tidak mengubah persentase infeksi akar oleh FMA.

Efek nematoda terhadap formasi FMA seringkali tergantung dari organisme mana yang menginfeksi akar terlebih dahulu. Infeksi akar biasanya berkurang jika inokulasi nematoda 7 hari sebelum atau bersamaan dengan FMA (Vierheilig *et al.*, 2008). Pada penelitian ini, inokulasi nematoda dilakukan 7 hari sesudah inokulasi FMA. Jika nematoda sudah ada terlebih dahulu, akar yang sudah dirusaknya akan meninggalkan ruang yang kecil bagi kolonisasi fungi sehingga formasi vesikel berkurang. Kolonisasi akan intensif pada akar baru yang tidak bernematoda dan vesikel maupun arbuskul terbentuk sebelum nematoda menginvasi ke dalam akar. Perubahan fisiologis akar yang disebabkan oleh nematoda menciptakan kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan bagi fungi. Beberapa fakta menunjukkan bahwa, nematoda dapat saja menginfeksi jaringan yang terkolonisasi oleh FMA, tetapi FMA tidak dapat mengkolonisasi jaringan yang sudah ditempati oleh nematoda (Smith and Read, 2008).

Efek interaksi antara nematoda dan FMA biasanya dinyatakan dalam respon pertumbuhan maupun hasil tanaman. Hasil pengamatan terhadap umbi kentang yang dihasilkan pada tanaman berumur 7 minggu pada penelitian ini menunjukkan bahwa nematoda menurunkan hasil kentang sebesar 50% (Tabel 5). Ukuran umbi kentang yang ditampilkan pada penelitian ini lebih kecil dari bibit karena tidak menunggu masa panen, melainkan berdasarkan satu siklus nematoda selama 7 minggu. Signifikansi respon pertumbuhan tanaman tergantung dari waktu inokulasi dan pengamatannya. Respon tanaman akan berbeda apabila inokulasi FMA bersamaan dengan nematoda, atau pra-inokulasi FMA terlebih dahulu yang menyebabkan delay inokulasi nematoda (Cooper and Grandison, 1986).

Secara umum, nematoda dan FMA umum terdapat bersama-sama pada akar tanaman dan keadaannya saling menghambat (*mutually inhibitory*). Fungi MA tidak mengkolonisasi daerah akar yang sudah diinfeksi oleh nematoda, begitu pula nematoda jarang meninfeksi daerah yang sudah terlebih dahulu diinfeksi oleh nematoda. Pada tanaman yang diberi FMA dan nematoda, populasi nematoda dapat meningkat akibat membesarnya sistem perakaran pada tanaman bermikoriza, tetapi umumnya penetrasi nematoda dan perkembangannya terhambat oleh adanya FMA. Resistensi tanaman bermikoriza terhadap nematoda tergantung dari kultivar tanaman, spesies nematoda atau fungi, status hara tanah dan waktu inokulasi serta pemanenan.

KESIMPULAN

1. Dosis inokulan FMA indigenus unggul yang dapat menekan perkembangan NSK terbesar (jumlah juvenil II, betina dan sista NSK) adalah 150 spora/pot.
2. Mekanisme penekanan NSK oleh FMA pada penelitian ini tidak hanya karena peningkatan status hara, tetapi karena adanya efek antifungi isoflavonoid yang meningkat seiring dengan penambahan dosis FMA.

DAFTAR PUSTAKA

- Bridge, J., and J.L. Starr. 2007. Plant Nematodes of Agricultural Importance. Academic Press. Elsevier, Boston, San Diego.
- Castillo, P., A.I. Nico, C. Azcon-Aguilar, C. Del Rio Rincon, C. Calvet, and R.M. Jimenez-Diaz. 2006. Protection of olive planting stocks against parasitism of root-knot nematodes by arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant Pathology*. 55:705-713.
- Chen, S.Y., Stienstra, W.C., Lueschen, W.E. & Hov-erstad, T.R. 2002. Response of *Heterodera glycines* and soybean cultivar to tillage and row spacing. *Plant Dis*. 85:311-316.
- Cook, R.J, Baker, K.F. 1989. The Nature and Prac-tice of Biological Control of Plant Pathogens. Minnesota: The American Phytopathological Society. St. Paul, APS Press.
- Cooper, K.M., Grandison, G.S. 1986. Interaction of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and root-knot nematode on cultivars of tomato and white clover susceptible to *Meloidogyne hapla*. *Annu. Appl. Biol*. 108:555-565.
- Daryanto, 2003a. Status Penyebaran dan Kerugian Nematoda Sista Kuning Pada Tanaman Ken-tang. Makalah disampaikan pada Lokakarya Nematoda Sista Kuning. Yogyakarta, 11-12 Desember 2003.
- Daryanto, 2003b. Kebijakan Pengendalian Penyakit Hortikultura Di Indonesia. Kumpulan Makalah Utama. Disampaikan pada Kongres XVII dan Seminar Ilmiah Nasional Perhimpunan Fitopatologi Indonesia. Bandung, 6-8 Agustus 2003.
- Dropkin, V.H. 1989. Introduction to Plant Nematol-ogy. New York: John Wiley and Sons.
- Gent, M.P.N., Ferrandino, F.J., Elmer, W.H., Stoner, K.A. 1999. The Influence of compost amend-ment or straw mulch on the reduction of gas exchange in potato by *Verticillium dahliae* and *Pratylenchus penetrans*. *Plant Dis*. 83:371-376.
- Jaffee, B.A., Ferris, H. and Scow, K.M. 1998. Nema-toda-trapping fungi in organic and conventional trapping systems. *Phytopathology* 88:244-350.
- Kalay, A.M. 2007. Kajian Beberapa Spesies Jamur Sebagai Pengendali Nematoda *Globodera ros-tochiensis* (Woll) secara *in vitro* dan *In Vivo* pada Tanaman Kentang di Rumah Kaca. (be-lum di publikasi).
- Linderman, R.G. 1994. Role of VAM Fungi in Bio-control. In: Mycorrhizae and Plant Health. E.L. Pflieger and R.G. Linderman (Eds). The Amer-ican Phytopathological Society, Minnesota.
- MacGuidwin, A.E., G.W. Bird and G.R. Sarif. 1985.

- Influence of *Glomus fasciculatum* on *Meloidogyne hapla* infecting *Allium cepa*. *J. Nematol.* 17:389-395.
- Morandi, D., J.A. Bailey, and V. Gianinazzi-Pearson. 1984. Isoflavonoid accumulation in soybean roots infected with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Physiol. Plant Pathol.* 24:357-364.
- Rupe, J.C. 2000. Effect of chloride and soybean cultivar on yield and the development of sudden death syndrome, soybean cyst nematode, and southern blight. *Plant Dis* 84:669-674.
- Singh, R.S. and K. Sitaramaiah. 1994. *Plant Pathogens the Nematodes*. New York: International Science Publisher.
- Smith, S.E., S. Dickson, and F.A. Smith. 2001. Nutrient transfer in arbuscular mycorrhizas : how are fungal and plant processes integrated ? *Aust. J. Plant Physiol.* 28:683-694.
- Smith, S.E., and D. Read. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. Elsevier. London.
- Suresh, C.K., D.K. Bagyaraj, and D.D.R. Reddy. 1985. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhiza on survival, penetration and development of root-knot nematode in tomato. *Plant and Soil.* 87:305-308.
- Talavera, M., K. Itou, and T. Mizukubo. 2001. Reduction of nematode damage by root colonization with Arbuscular Mycorrhiza (*Glomus* spp.) in tomato-*Meloidogyne incognita* (Tylenchida: Meloidogynidae) and carrot-*Pratylenchus penetrans* (Tylenchida: Pratylenchidae) pathosystems. *Appl. Entomol. Zoo.* 36:387-392.
- Tripathi, S., S. Kamal, I. Sheramati, R. Oelmuller, and A. Varma. 2008. Mycorrhizal fungi and other root endophytes as biocontrol agents against root pathogens. In: *Mycorrhiza: State of the Art, Genetics and Molecular Biology, Eco-Function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics*. Varma (Ed). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Turner, S.J. and K. Evans. 1998. The Original, global distribution and biology of PCN (*Globodera rostochiensis* (WoLL) and *Globodera pallida* (Stone). In: Marks, R.J and B.B. Brodie (Eds.). *Potato Cyst Nematodes : Biology, Distribution and Control*. New York: CAB International.
- Vierheilig, H., S. Steinkellner, T. Khaosaad, and J.M. Garcia-Garrido. 2008. The biocontrol effect of mycorrhization on soilborne fungal pathogens and the autoregulation of the am symbiosis: One mechanism, two effects? In: *Mycorrhiza: State of the Art, Genetics and Molecular Biology, Eco-Function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics*. Varma(Ed). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Walber, L., Gavassoni, G.L. Tylka, and G.P. Munkvold. 2002. Relationship between tillage and spatial patterns of *Heterodera glycines*. *Phytopathology* 91:534-545.

————— o —————