

JURNAL FITOPATOLOGI INDONESIA

- Pengendalian Penyakit Busuk Pangkal Batang Kelapa Sawit secara Kultur Teknis
Hari Priwiratama, Agus Eko Prasetyo, Agus Susanto 1
- Pengelolaan Penyakit Kuning pada Tanaman Lada oleh Petani di Wilayah Bangka
Abdul Munif, Ita Sulistiawati 8
- Sensitivitas Metode Serologi dan *Polymerase Chain Reaction* untuk Mendeteksi
Bean Common Mosaic Potyvirus pada Kacang Panjang
Sherli Anggraini, Sri Hendrastuti Hidayat 17
- Penapisan dan Identifikasi Bakteri Agens Biokontrol Penyakit Layu Fusarium
Hasil Isolasi dari Rizosfer Pisang
Dwi Agustiyani, Achirul Nditasari, Nur Laili, Sarjiya Antonius 23
- Trichoderma* spp. dan *Penicillium* spp. dari Tanah Rizosfer Lahan Rawa Lebak dalam
Menginduksi Ketahanan Tanaman Cabai Terhadap Serangan Penyakit Rebah Kecambah
Ahmad Muslim, Syahri, Harman Hamidson, Abdullah Salim 31



Diterbitkan oleh
PERHIMPUNAN FITOPATOLOGI INDONESIA
(*The Indonesian Phytopathological Society*)

ISSN: 2339-2479

Volume 10, Nomor 1, Februari 2014

JURNAL FITOPATOLOGI INDONESIA

Penanggung Jawab

Achmadi Priyatmodjo
Eliza S. Rusli

Ketua Dewan Penyunting

Sri Hendrastuti Hidayat

Anggota Dewan Penyunting

Agus Purwantara
Utut Widyastuti
Gayuh Rahayu
Abdul Gafur

Tri Asmira Damayanti
Supramana
Supriadi
Siti Subandiyah

Baharuddin
Cipta Ginting
Budi Marwoto
Wiwiek Sri Wahyuni

Penyunting Pelaksana

Agustin Wydia Gunawan
Widodo

Business Manager

Gede Suastika
Ifa Manzila

Sekretariat

Putri Syahierah
Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian
Institut Pertanian Bogor
Jalan Kamper, Kampus IPB Darmaga
Bogor 16680
Tel/Faks: 0251-8621267
Surel: jurnal.fitopatologi@gmail.com
Homepage: <http://jurnal.ipb.ac.id/index.php/jfiti>

Penerbit

Perhimpunan Fitopatologi Indonesia
Jurnal Fitopatologi Indonesia diterbitkan pada Februari, April, Juni, Agustus, Oktober, dan Desember

Harga berlangganan (belum termasuk ongkos kirim) untuk satu tahun:

Pribadi	Rp200 000.-
Institusi/ Perpustakaan	Rp300 000.-

Bank

Bank Mandiri KCP Sholeh Iskandar Bogor no rek. 900 000 364 6123 a/n Ifa Manzila dan Sri Hendrastuti Hidayat

***Trichoderma* spp. dan *Penicillium* spp. dari Tanah Rizosfer Lahan Rawa Lebak dalam Menginduksi Ketahanan Tanaman Cabai Terhadap Serangan Penyakit Rebah Kecambah**

Induced Resistance to Damping-off Disease in Chili Using *Trichoderma* spp. and *Penicillium* spp. Isolated from Soil Rhizosphere in Lowland Swampy Area

Ahmad Muslim*, Syahri, Harman Hamidson, Abdullah Salim
Universitas Sriwijaya, Ogan Ilir 30662

ABSTRAK

Mikroba yang berasosiasi dengan rizosfer sangat penting bagi pertumbuhan tanaman dan dapat melindungi tanaman dari penyakit. Penelitian dilakukan untuk menentukan kemampuan isolat cendawan *Trichoderma* spp. dan *Penicillium* spp. yang diisolasi dari rizosfer di lahan rawa lebak dalam mengendalikan penyakit rebah kecambah yang disebabkan oleh *Rhizoctonia solani* pada tanaman cabai. *Trichoderma* spp. dan *Penicillium* spp. diaplikasikan dalam bentuk inokulum dengan bahan pembawa dedak, jagung, dan merang padi. Aplikasi kedua isolat cendawan pada pembibitan tanaman cabai selama 2 minggu mampu menginduksi ketahanan tanaman cabai terhadap infeksi *R. solani*. Perlakuan *Trichoderma* spp. dan *Penicillium* spp. dapat menekan insidensi penyakit berturut-turut sebesar 61.5–100% dan 46.2–100%, dan keparahan penyakit berturut-turut sebesar 50–100% dan 30–95.9%. Hasil tersebut menunjukkan potensi *Trichoderma* spp. dan *Penicillium* spp. sebagai agens biokontrol untuk mengendalikan penyakit rebah kecambah pada tanaman cabai.

Kata kunci: induksi ketahanan, insidensi penyakit, keparahan penyakit, *Rhizoctonia solani*

ABSTRACT

Soil microbes associated with rhizosphere are important for promoting plant growth and inducing resistance to diseases. The research was conducted to study the ability of *Trichoderma* spp. and *Penicillium* spp. isolated from rhizosphere in lowland swampy area for controlling damping-off disease caused by *Rhizoctonia solani* Khun. *Trichoderma* spp. and *Penicillium* spp. were cultured in bran, corn meal, and rice straw containing media and applied as inoculum to 2-weeks old seedlings. Application of two fungi isolates effectively induced resistance of chili plants to damping-off disease. *Trichoderma* spp. and *Penicillium* spp. were significantly reduced disease incidence by 61.5–100% to 46.2–100%, respectively and disease severity by 50–100% and 30–95.9%, respectively. This experiment showed the potential of *Trichoderma* spp. and *Penicillium* spp. as biocontrol agents to control damping-off disease on chili.

Key words: chili, disease incidence, disease severity, induced resistance, *Rhizoctonia solani*

*Alamat penulis korespondensi: Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya
Jalan Raya Palembang-Prabumulih Km 32, Indralaya, Ogan Ilir 30662
Tel: 0711-580663, Faks:0711-580059, Surel: limpai2003@yahoo.com

PENDAHULUAN

Daerah rizosfer merupakan daerah yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman dan juga daerah pertahanan yang paling penting dari serangan patogen. Mikroorganisme yang berasosiasi dan hidup di sekitar akar (rizosfer dan rizoplen) sangat penting bagi pertumbuhan tanaman dan juga dalam ekosistem tanah. Shivana *et al.* (1996) melaporkan bahwa cendawan steril, *Phoma*, *Trichoderma*, *Fusarium*, dan *Penicillium* merupakan cendawan rizosfer yang efektif dalam menekan berbagai penyakit rebah kecambah dan layu fusarium pada tanaman mentimun, di samping itu cendawan tersebut juga dapat memacu pertumbuhan tanaman sehingga digolongkan sebagai cendawan pemacu pertumbuhan tanaman (PPT). Merrera *et al.* (1994) membuktikan bahwa, cendawan tersebut mempunyai kemampuan mengkolonisasi akar mentimun dengan baik dan mampu menginduksi ketahanan tanaman terhadap penyakit antraknosa.

Eksplorasi cendawan rizosfer dari daerah rawa lebak yang memiliki potensi sebagai penginduksi ketahanan tanaman belum banyak dilaporkan. Penelitian mengenai cendawan PPT yang memiliki kemampuan melindungi tanaman dari penyakit, baik sebagai agens biokontrol ataupun penginduksi ketahanan tanaman akan sangat berguna dalam mendukung pengembangan pengendalian ataupun pengelolaan penyakit secara terpadu dan berkelanjutan, khususnya di daerah rawa lebak. Penelitian ini bertujuan menentukan kemampuan cendawan *Trichoderma* dan *Penicillium* dalam menginduksi ketahanan tanaman cabai terhadap penyakit rebah kecambah yang merupakan penyakit penting pada tanaman cabai di lahan rawa lebak.

BAHAN DAN METODE

Inokulum Cendawan Rizosfer dan Patogen

Inokulum cendawan *Trichoderma* spp. dan *Penicillium* spp. yang digunakan diisolasi dari tanah rizosfer lahan rawa lebak di Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan yang

sudah diuji kemampuannya sebagai cendawan PPT (Muslim *et al.* 2006). Isolat patogen *R. solani* diisolasi dari akar tanaman cabai yang terserang penyakit rebah kecambah. Masing-masing cendawan *Trichoderma* spp., *Penicillium* spp., dan *Rhizoctonia solani* disiapkan dengan cara yang sama dalam bentuk inokulum yang menggunakan substrat campuran dedak, jagung, dan merang padi kering dengan perbandingan masing-masing volume yang sama. Masing-masing isolat cendawan ditumbuhkan pada medium agar-agar dekstrosa kentang (ADK) selama 3 hari pada suhu ruangan. Sebanyak 5 koloni miselium (\varnothing 5 mm) dari masing-masing biakan dipotong dari ujung pertumbuhan yang termuda dan diletakkan ke dalam 80 g substrat campuran dedak, jagung, merang padi basah (dicampur air distilasi dengan perbandingan 1:0.8 b/v campuran dedak, jagung, dan merang padi kering:air distilasi) yang sudah disterilkan dengan autoklaf di dalam botol erlemeyer (500 mL). Masing-masing biakan diinkubasikan selama 10-14 hari pada suhu ruangan. Biakan digoyang setiap hari supaya kolonisasi cendawan pada substrat merata. Substrat yang terkolonisasi oleh masing-masing cendawan dikering anginkan selama 7 hari dan disimpan pada suhu 4 °C sebelum digunakan (Muslim 2003).

Uji Induksi Ketahanan

Prinsip induksi ketahanan ialah perlindungan tanaman secara tidak langsung tanpa kontak langsung antara agens hayati dan patogen. Uji induksi ketahanan pada tanaman cabai terhadap penyakit rebah kecambah ini dilakukan mengikuti Cardoso dan Echandi (1987) yang dimodifikasi. Benih tanaman cabai ditanam pada wadah yang diisi tanah yang telah diinfestasi dengan *Trichoderma* spp. dan *Penicillium* spp., dengan konsentrasi 2% (b/b). Tanah sebagai media tumbuh berasal dari lahan rawa lebak. Bibit dibiarkan tumbuh selama 2 minggu, kemudian bibit dicabut dengan hati-hati untuk menghindari akar tanaman patah atau rusak. *Trichoderma* spp., dan *Penicillium* spp., yang mengkolonisasi akar tersebut dimatikan dengan

merendam akar bibit dalam larutan NaOCl 1% selama 1 menit lalu alkohol 70% selama 1 menit. Bibit tersebut ditanam kembali pada tanah yang telah diinfestasi *R. solani* dengan konsentrasi 1% (b/b) dari bobot medium tanam. Untuk memastikan *Trichoderma* spp., dan *Penicillium* spp., sudah tidak berasosiasi dengan akar tanaman, akar yang telah disterilisasi permukaannya, dipotong-potong sepanjang 1 cm, kemudian potongan akar diletakkan pada medium agar-agar air atau medium ADK dan diamati pertumbuhan agens hayati.

Peubah yang diamati pada uji induksi ketahanan ialah insidensi penyakit dan persentase keparahan penyakit. Insidensi dan keparahan penyakit dihitung dengan rumus:

$$M = \frac{n}{N} \times 100 \%, \text{ dengan}$$

M, insidensi penyakit; n, jumlah bibit mati; N, jumlah seluruh bibit yang disemai.

$$I = \frac{\sum(n \times v)}{Z \times N} \times 100 \%, \text{ dengan}$$

I, keparahan penyakit; n, jumlah bibit yang terserang; Z, harga numerik dari nilai kategori tertinggi; N, jumlah benih yang disemai; v, harga numerik dari setiap nilai kategori (0-5): 0, tidak ada penyakit; 1, lesio muncul pada leher akar sepanjang 1 mm; 2, lesio cokelat sampai cokelat gelap sepanjang 2-10 mm mengelilingi akar; 3, lesio cokelat gelap sepanjang 10-25 mm ketika miselium mengolonisasi koleoptil; 4, >25 mm area akar menjadi hitam dan busuk pada koleoptil; 5, bibit busuk secara menyeluruh atau bibit mati.

Persentase penghambatan terhadap insidensi dan keparahan penyakit dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$\text{Persentase penghambatan} = \frac{K - P}{K} \times 100\%, \text{ dengan}$$

K, nilai insidensi penyakit atau keparahan penyakit pada perlakuan kontrol; P, nilai insidensi penyakit atau keparahan penyakit pada perlakuan cendawan agens biokontrol.

Rancangan Percobaan

Penelitian disusun dalam rancangan acak lengkap dengan 13 perlakuan, yang terdiri

atas kontrol, 7 perlakuan isolat *Trichoderma* spp. (galur T1, T2, T5, T6, T9, T10, dan T11), dan 5 perlakuan isolat *Penicillium* spp. (galur P1, P2, P3, P8, dan P11). Masing-masing perlakuan diulang 4 kali dengan 5 tanaman untuk masing-masing ulangan.

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *analysis of variance*, dan uji lanjut dengan uji Beda Nyata Jujur menggunakan SAS 9.0.

HASIL

Semua isolat *Trichoderma* spp. dan *Penicillium* spp. yang diuji mempunyai kemampuan sebagai penginduksi ketahanan terhadap penyakit rebah kecambah pada tanaman cabai. Kemampuan isolat-isolat tersebut menginduksi ketahanan ditunjukkan dengan nilai insidensi dan keparahan penyakit pada masing-masing perlakuan (Tabel 1 dan 2). Insidensi penyakit pada perlakuan *Trichoderma* spp. dan *Penicillium* spp. berturut-turut berkisar 0-25% dan 0-35%, jauh lebih rendah dibandingkan perlakuan kontrol, yaitu 65%. Penghambatan insidensi penyakit oleh isolat-isolat *Trichoderma* spp. mencapai >84.6% bahkan isolat-isolat T5, T6, T9, T10 dan T11 mampu menghambat penyakit sebesar 100%. Perlakuan *Penicillium* spp. mampu menekan insidensi penyakit sebesar 46.2-100%, dengan penghambatan tertinggi (100%) terjadi pada perlakuan P11.

Demikian pula dengan pengamatan keparahan penyakit menunjukkan bahwa perlakuan *Trichoderma* spp. dan *Penicillium* spp. sangat efektif menekan penyakit. Keparahannya pada perlakuan *Trichoderma* spp. dan *Penicillium* spp. berturut-turut berkisar 0-37% dan 3-51.5%, jauh lebih rendah dibandingkan perlakuan kontrol, yaitu 74%. Penghambatan keparahan penyakit pada perlakuan *Trichoderma* spp. berkisar 50-100% dengan penghambatan tertinggi (100%) terjadi pada perlakuan T11. Penghambatan keparahan penyakit pada perlakuan *Penicillium* spp. berkisar 30.4-95.9% dengan penghambatan tertinggi (95.11%) terjadi pada perlakuan P11.

Tabel 1 Insidensi penyakit rebah kecambah tanaman cabai yang disebabkan oleh *Rhizoctonia solani* pada perlakuan *Trichoderma* spp. dan *Penicillium* spp. terhadap insidensi penyakit

Isolat	Insidensi penyakit* (%)	Peng-hambatan (%)
Kontrol	65 a	
<i>Penicillium</i> galur P3	35 b	46.2
<i>Penicillium</i> galur P2	30 b	53.8
<i>Trichoderma</i> galur T2	25 bc	61.5
<i>Penicillium</i> galur P1	20 bc	69.2
<i>Trichoderma</i> galur T1	10 cd	84.6
<i>Penicillium</i> galur P8	10 cd	84.6
<i>Penicillium</i> galur P11	0 d	100
<i>Trichoderma</i> galur T5	0 d	100
<i>Trichoderma</i> galur T6	0 d	100
<i>Trichoderma</i> galur T9	0 d	100
<i>Trichoderma</i> galur T10	0 d	100
<i>Trichoderma</i> galur T11	0 d	100

*Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%.
Data dianalisis setelah ditransformasi arc sin.

Tabel 2 Keparahan penyakit rebah kecambah tanaman cabai yang disebabkan oleh *Rhizoctonia solani* pada perlakuan *Trichoderma* spp. dan *Penicillium* spp.

Isolat	Keparahan penyakit* (%)	Peng-hambatan (%)
Kontrol	74 a	
<i>Penicillium</i> galur P2	51.5 b	30,4
<i>Penicillium</i> galur P3	38 bc	48,6
<i>Trichoderma</i> galur T2	37 bc	50,0
<i>Penicillium</i> galur P1	26 cd	64,9
<i>Trichoderma</i> galur T1	16 de	78,4
<i>Penicillium</i> galur P8	14 def	81,8
<i>Trichoderma</i> galur T5	6 efg	91,9
<i>Trichoderma</i> galur T9	5 fg	93,2
<i>Trichoderma</i> galur T6	4 gh	94,6
<i>Penicillium</i> galur P11	3 gh	95,9
<i>Trichoderma</i> galur T10	3 gh	95,9
<i>Trichoderma</i> T11	0 h	100

*Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%. Data dianalisis setelah ditransformasi arc sin

Keberhasilan reisolasi *Trichoderma* spp. dan *Penicillium* spp. dari akar yang sudah diberi perlakuan sterilisasi mencapai 10% yang menunjukkan keberhasilan mengeliminasi cendawan dari permukaan akar

PEMBAHASAN

Trichoderma spp. merupakan cendawan yang sudah banyak terbukti efektif dalam mengendalikan penyakit tanaman, terutama penyakit tular tanah dan juga menginduksi ketahanan tanaman terhadap penyakit. Harman *et al.* (2004) mengemukakan bahwa *Trichoderma* spp. merupakan cendawan yang memproduksi berbagai macam senyawa yang mampu menginduksi resistensi tanaman secara lokal dan sistemik terhadap serangan penyakit tanaman dan juga resistensi tanaman terhadap keadaan lingkungan yang tidak menguntungkan.

Djonovic (2005) melaporkan bahwa, tanaman padi, kapas, dan jagung yang diberi perlakuan *Trichoderma virens* pada sistem hidroponik mampu meningkatkan resistensi tanaman baik resistensi lokal maupun sistemik terhadap penyakit yang disebabkan oleh *Pythium ultimum* dan *R. solani* melalui *small protein SM 1 (small protein 1)* yang dihasilkan oleh *Trichoderma virens*. Singh *et al.* (2011) juga melaporkan bahwa perlakuan tanaman bunga matahari dengan *T. harzianum* mampu meningkatkan resistensi tanaman terhadap *R. solani*, dengan mekanisme yang berasosiasi dengan akumulasi *ROS gene network: the catalase (CAT), superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GPx), ascorbate peroxidase (APx), dan maximum activity of CAT.* Salas-Marina *et al.* (2011) menambahkan bahwa, inokulasi *T. atroviride* pada akar *Arabidopsis thaliana* mampu menginduksi ketahanan tanaman terhadap serangan *Botrytis cinerea* dan *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* pada bagian daun dengan ditandai adanya ekspresi gen untuk sintesis *salicylic acid, jasmonic acid/ethylene, phytoalexin, dan camalexin.* *Trichoderma* juga dilaporkan mampu meningkatkan resistensi tanaman tomat dan mentimun terhadap infeksi *R.*

solani melalui peningkatan *hydrogen peroxide* (H_2O_2), *lipid peroxidation*, dan aktivitas enzim *phenylalanine ammonia lyase* (PAL), *guaiacol* (POG) dan *ascorbate peroxidases* (APX) (Nawrocka *et al.* 2011)

Koike *et al.* (2001) melaporkan bahwa isolat cendawan PPT, seperti *Trichoderma*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Phoma*, dan cendawan steril yang diaplikasikan pada akar tanaman mentimun dalam bentuk inokulum biji gandum, miselium, dan filtrat biakan ternyata efektif dalam menginduksi ketahanan secara sistemik pada tanaman terhadap penyakit *angural leaf spot* yang disebabkan oleh bakteri *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* dan juga layu fusarium oleh cendawan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cucumerinum*. Perlakuan dengan cendawan PPT ini meningkatkan sistem pertahanan tanaman melalui lignifikasi, *superoxide generation*, dan aktivitas *chemiluminescence*.

De Cal *et al.* (2000) melaporkan bahwa, penurunan penyakit layu fusarium pada tanaman tomat berhubungan dengan induksi ketahanan melalui aktivitas kambium dan pembentukan tambahan xilem sekunder pada tanaman tomat yang diberi perlakuan *P. oxalicum*. Hossain *et al.* (2008) melaporkan bahwa, tanaman *Arabidopsis thaliana* yang diberi perlakuan biakan sel dan filtrat *Penicillium* isolat GP 16-2 mampu menginduksi ketahanan tanaman secara sistemik melalui peningkatan asam jasmonat, asam salisianat, etilena, dan *non-expressor of PR genes 1* (NPR1).

Perlakuan *Trichoderma* spp. dan *Penicillium* spp. pada bibit tanaman cabai sangat efektif dalam menekan insidensi dan keparahan penyakit rebah kecambah. Penelitian perlu dilanjutkan untuk mempelajari mekanisme induksi ketahanan, yaitu secara biokimia, histologi atau genetik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen

Pendidikan Nasional yang telah membiayai penelitian ini dengan nomor kontrak: 026/SP2H/PP/DP2M/III/2007.

DAFTAR PUSTAKA

- De Cal A, Garcia-Lepe R, Melgarejo P. 2000. Induced resistance by *Penicillium oxalicum* against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*: histological studies of infected and induced tomato stems. *Phytopathology*. 90:260-268. DOI: <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO.2000.90.3.260>.
- Djonovic S. 2005. Role of two secreted proteins from *trichoderma virens* in mycoparasitism and induction of plant resistance [disertasi]. Texas (US): UMI.
- Harman GE, Howell ChR, Viterbo A, Chet I, Lorito M. 2004. *Trichoderma* Species Opportunistic, Avirulent Plant Symbionts. *Nat Rev*. 2:43-56.
- Hossain, MdM, Sultana F, Kubota M, Hyakumachi M. 2008. Differential inducible defense mechanisms against bacterial speck pathogen in *Arabidopsis thaliana* by plant-growth-promoting-fungus *Penicillium* sp. GP16-2 and its cell free filtrate. *Plant Soil*. 304:227-239. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-008-9542-3>.
- Koike N, Hyakumachi M, Kageyama K, Tsuyumu S, Doke N. 2001. Induction of systemic resistance in cucumber against several diseases by plant growth-promoting fungi: lignification and superoxide generation. *Eur J Plant Pathol*. 107:523-533. DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1011203826805>.
- Merra MS, Shivanna MB, Kageyama K, Hyakumachi M. 1994. Plant growth-promoting fungi from zoyusia grass rhizosphere as potential inducer of systemic resistance in cucumbers. *Phytopathology*. 84:1399-1406. DOI: <http://dx.doi.org/10.1094/Phyto-84-1399>.
- Muslim A, Horinouchi H, Hyakumachi M. 2003. Control of fusarium crown and root rot of tomato with hypovirulent binucleate *Rhizoctonia* in soil and rock wool systems.

- Plant Dis. 87:739-747. DOI: <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS.2003.87.6.739>.
- Nawrocka J, Snochowska M, Gajewska E, Pietrowska, E, Szczech M. 2011. Activation of defense responses in cucumber and tomato plants by selected polish *Trichoderma* strains. *Veget Crops Res Bull* 75:105-116. DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/v10032-011-0022-6>.
- Salas-marina MA, Silva-Flores MA, Uresti-Rivera EE, Castro-Longoria E, Herrera-Estrella, A. 2011. Colonization of *Arabidopsis* roots by *Trichoderma atroviride* promotes growth and enhances systemic disease resistance through jasmonic acid/ethylene and salicylic acid pathways. *Eur J Plant Pathol*. 131:15-26. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10658-011-9782-6>
- Shivanna MB, Merra MS, and Hyakumachi M. 1996. Role of root colonization ability of plant growth promoting fungi in the suppression of take-all and common root rot of wheat. *Crop Proec.* 15:497-504. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0261-2194\(96\)00004-X](http://dx.doi.org/10.1016/0261-2194(96)00004-X).
- Singh BN, Singh A, Singh SP, Singh HB. 2011. *Trichoderma harzianum* - mediated reprogramming of oxidative stress response in root apoplast of sunflower enhances defence against *Rhizoctonia solani*. *Eur J Plant Pathol*. 131:121-134. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10658-011-9792-4>.