Uji Simbiosis Kapang Endofit pada Tanaman *Chinese cabbage* (*Brassica rapa*) dan Cabai (*Capsicum annuum*)

Symbiosis Assay of Endophytic Fungi on Chinese cabbage (Brassica rapa) and Chili (Capsicum annuum)

Hapipah R¹, Rahayu G¹, Hidayat I²

¹ Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Dramaga 16680

² Divisi Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Cibinong 16911

Hapipah R, Rahayu G, Hidayat I. 2018 – Uji Simbiosis Jamur Endofit pada Tanaman Sawi hijau (*Brassica rapa*) dan Cabai (*Capsicum annuum*). Jurnal Mikologi Indonesia 2 (1), 7–15.

Abstrak

Kapang endofit berperan membantu tanaman inang beradaptasi pada lingkungan yang kurang mendukung, dan membantu penyerapan nutrisi sehingga memperbaiki pertumbuhan inang melalui berbagai mekanisme. Penelitian ini bertujuan untuk menguji potensi simbiosis lima kapang endofit akar koleksi IPBCC (IYT11, IYT23, IYT42, IYT72, dan IYT84) dengan tanaman *chinese cabbage* dan cabai. Simbiosis diuji pada media *Oat Meal Agar* (OMA) dan zeolit selama 3 minggu. Potensi simbiosis diamati melalui kolonisasi akar dan respon tumbuh tanaman (tinggi tajuk, panjang akar, jumlah daun, dan bobot kering biomassa tanaman). Kolonisasi akar diamati menggunakan teknik pewarnaan biru tripan 0,005%. Hasil uji menunjukkan bahwa kelima isolat tidak mengkolonisasi akar *chinese cabbage*, namun mampu mengkolonisasi akar cabai pada medium OMA. Hasil uji pada medium zeolit menunjukkan bahwa isolat *Leohumicola* sp. IYT23 and *Hortea* sp. IYT42 mampu mengkolonisasi akar tanaman cabai, tetapi tidak meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Kata kunci – akar – cabai - endofit – *chinese cabbage* – simbiosis

Abstract

*Endophytic fungi help their host plants to adapt to an unfavorable environment and to absorb nutrients for plant growth through various mechanisms. In this study, five root endophytic fungi collection of IPBCC (IYT11, IYT23, IYT42, IYT72, and IYT84) were assayed for their capability to form a symbiotic association with Chinese cabbage and chili. Symbiosis was tested on Oat Meal Agar (OMA) and zeolite media for 3 weeks incubation. Effect of the presence of endosymbiosis was determined by root colonization and plant growth response (shoot height, root length, leaf number, and dry weight biomass plants). Root colonization was determined using a staining technique with trypan-blue 0.005%. The results showed that all fungal strains were capable of colonizing roots of chili on OMA. *Leohumicola* sp. IYT23 and *Hortea* sp. IYT42 were capable colonizing roots of chili, but do not improve plant growth on zeolite.*

Key words – chilli – *chinese cabbage* – endophyte – fungi – root – symbiosis

Pendahuluan

Kapang endofit merupakan kapang yang hidup di dalam jaringan inangnya dan tidak menyebabkan munculnya gejala sakit pada inangnya (Rodriguez *et al.* 2009). Kapang endofit mampu membantu tanaman inangnya beradaptasi pada berbagai kondisi lingkungan, melindungi tanaman dari cekaman biotik dan abiotik, serta meningkatkan pertumbuhan melalui penyerapan nutrisi (Maciá-Vicente *et al.* 2009). Simbiosis antara tumbuhan dan kapang tidak hanya terjadi di akar, seperti simbiosis dengan kapang mikoriza, tetapi dapat terjadi juga terjadi pada batang atau daun (Carroll 1988).

Kapang endofit, khususnya *dark septate endophyte* (DSE) atau kapang endofit bermiselium gelap, dilaporkan telah berasosiasi dengan 600 spesies tanaman yang diklasifikasikan ke dalam 320 genus dan 110 famili (Jumpponen & Trappe 1998, Jumpponen 2001). *Cruciferae* merupakan kelompok tanaman yang tidak bersimbiosis dengan kapang mikoriza, tapi dapat bersimbiosis dengan kapang endofit bermiselium gelap. Salah satu tanaman dari famili tersebut adalah *chinese cabbage* (Ocampo *et al.* 1980).

Cabai merah merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan potensi ekspor yang besar. Menurut laporan BAPPENAS (2013), banyak kendala yang dihadapi dalam upaya peningkatan produksi serta mutu cabai merah, seperti kurang tersedianya bibit cabai dengan mutu yang baik, biaya produksi yang masih cukup besar, dan adanya gangguan dari organisme pengganggu tanaman (OPT) misalnya kapang patogen. Kapang patogen dapat menyebabkan penurunan produksi dan mutu cabai merah. Salah satu upaya pengendalian yang dapat dilakukan yaitu simbiosis antara kapangendofit dan cabai. Kapang endofit diketahui dapat menghambat perkembangan patogen pada tanaman inang (Narisawa *et al.* 2004).

Beberapa isolat kapang endofit perakaran koleksi Institut Pertanian Bogor *Culture Collection* (IPBCC) belum diuji kemampuan endosimbiosisnya. Pemanfaatan kapang endofit sebagai agen peningkat pertumbuhan tanaman dan penghambat kapang patogen dapat dilakukan jika kemampuan simbiosis kapang endofit tersebut diketahui. Dalam penelitian ini, dianalisis dan dilaporkan kemampuan lima isolat kapang endofit koleksi IPBCC melakukan simbiosis dengan tanaman *chinese cabbage* (tanaman standar untuk uji simbiosis), dan cabai merah.

Metoda Penelitian

Persiapan Inokulum dan Bibit Tanaman

Kultur stok kapang IYT11, IYT23, IYT42, IYT72, dan IYT84 diremajakan dalam medium *Potato Dextrose Agar* (PDA) dan diinkubasi pada suhu ruang selama 4 minggu (Gb. 1). Kelima kapang endofit ini berasal dari perakaran tanaman paku-pakuan (*Huperzia selago*, *H. serrata*, dan *Lycopodium clavatum*) yang tumbuh di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (TNGGP) dengan ketinggian 1.000–3.000 mdpl, suhu udara berkisar antara 5 °C–28 °C dan dengan curah hujan rata-rata 3.600 mm/tahun.

Biakan berumur 4 minggu digunakan sebagai sumber inokulum dalam uji simbiosis. Benih *chinese cabbage* dan cabai yang memiliki daya kecambah >80% disterilisasi permukaan dengan cara direndam dalam larutan alkohol 70% dan sodium hipoklorit 1%, masing-masing selama 30 detik. Benih kemudian dibilas tiga kali dengan aquades steril masing-masing selama tiga menit, lalu dikeringkan dalam petri berdiameter 9 cm yang berisi kertas saring steril. Setelah kering benih dikecambahkan dengan cara ditanam secara aseptik pada medium *Water Agar* (WA) dan diinkubasi pada suhu ruang. Bibit yang berumur 2-4 hari dan seragam digunakan dalam uji simbiosis.

Gambar 1 Biakan kapang endofit yang dipergunakan dalam penelitian ini. (a) IYT11, (b) IYT 23, (c) IYT 42, (d) IYT 72, (e) IYT 84.

Uji Endosimbiosis

Uji endosimbiosis dilakukan pada dua media tanam yaitu *Oat Meal Agar* (OMA) dan zeolit. Isolat yang telah diremajakan ditumbuhkan pada medium OMA (Narisawa *et al.* 2004) dalam tabung reaksi dan diinkubasi pada suhu ruang. Setelah 2 minggu, kecambah dipindahkan dengan cara menempatkannya pada koloni kapang yang tumbuh pada medium OMA, masing-masing sebanyak 1 kecambah berumur 2-4 hari. Tabung kemudian diinkubasi dalam ruang tumbuh dengan penyinaran 12 jam terang dan 12 jam gelap selama 3 minggu. Bibit tanaman tanpa kapang digunakan sebagai kontrol. Percobaan dilakukan dengan sepuluh kali ulangan. Kapang endofit pada bibit tanaman yang memiliki bobot kering biomassa lebih besar dari kontrol dipilih untuk diuji kemampuan endosimbiosisnya pada medium zeolit.

Bibit *chinese cabbage* dan cabai berumur 2-4 hari ditanam pada zeolit steril dalam wadah gelas plastik. Bibit diinokulasikan pada koloni isolat-isolat kapang terpilih. Akar ditutup kembali dengan zeolit steril. Satu koloni kapang dipasangkan dengan 1 tanaman uji. Bibit tanpa inokulum digunakan sebagai kontrol. Tanaman disiram dengan air setiap hari dan larutan *Hoagland* sebanyak 5 mL dengan konsentrasi 1% sebanyak 3 kali dalam 3 minggu.

Analisis Kolonisasi Kapang pada Akar

Setelah inkubasi, kolonisasi kapang pada akar diamati mengikuti metode Kormanick & McGraw (1982) yang dimodifikasi. Akar tanaman diambil dari media tanam, kemudian dicuci dengan air mengalir. Akar dipotong, direndam dalam KOH 10% hingga akar menjadi transparan. KOH dibuang dan dibilas dengan akuades steril 3-5 kali sampai bersih. Akar diwarnai dengan biru tripan 0,005% selama 5 menit. Akar yang telah diwarnai disimpan dalam gliserol 50%, dan diamati menggunakan mikroskop cahaya. Kemampuan simbiosis ditetapkan berdasarkan kemampuan mengkolonisasi jaringan akar dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman inang.

Respon Tumbuh Tanaman

Respon tumbuh tanaman yang diamati adalah pertumbuhan (tinggi tanaman, jumlah daun, dan panjang akar) dan biomassa tanaman. Pengamatan dilakukan padaakhir masa interaksi. Pengukuran biomassa tanaman dilakukan dengan cara tanaman dibersihkan dari media uji kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C selama 48 jam. Setelah tanaman kering, tanaman kemudian ditimbang dan dinyatakan sebagai bobot kering biomassa tanaman.

Analisis Data

Penelitian dilakukan dengan rancangan acak lengkap (RAL). Uji simbiosis pada media yang berbeda adalah 2 set penelitian yang berbeda. Analisis data dilakukan menggunakan program SPSS versi 20.0 dan uji lanjut menggunakan uji jarak berganda *Duncan* pada selang kepercayaan 95%.

Hasil

Kolonisasi Kapang terhadap Akar Tanaman pada Medium OMA

Kemampuan kapang dalam mengkolonisasi akar *chinese cabbage* dan cabai pada medium OMA menunjukkan hasil yang berbeda. Perlakuan kontrol dan akar *chinese cabbage* yang diinokulasi kapang tidak menunjukkan adanya kolonisasi dalam jaringan akar (Gb. 2a-e). Struktur hifa hanya terdapat pada permukaan akar. Berbeda dengan *chinese cabbage*, akar cabai yang diinokulasi kapang menunjukkan adanya struktur bulat mirip noktah pada semua perlakuan kecuali kontrol (Gb. 3a-f).

Gambar 2 Sayatan melintang akar *chinese cabbage* setelah diinokulasikan kapang pada medium OMA. (a) IYT11, (b) IYT23, (c) IYT42, (d) IYT72, (e) IYT84, (f) kontrol. (H=Hifa).

Hasil analisis uji jarak berganda *Duncan* menunjukkan bahwa *chinese cabbage* yang diinokulasi isolat IYT23 dan IYT84 pada medium OMA memberikan respon tumbuh yang berbeda nyata pada parameter pertumbuhan kecuali pada jumlah daun dibandingkan dengan kontrol. Berbeda dengan *chinese cabbage*, inokulasi isolat kapang IYT23 dan IYT42 OMA memberikan respon tumbuh yang berbeda nyata terutama pada bobot kering tanaman cabai (Tabel 1). Isolat-isolat ini kemudian dipilih untuk uji endosimbiosisnya pada medium zeolit.

Gambar 3 Sayatan melintang akar cabai setelah diinokulasikan kapang pada medium OMA. (a) IYT11, (b) IYT23, (c) IYT42, (d) IYT72, (e) IYT84, (f) kontrol.(N, panah=Noktah)

Tabel 1 Pengaruh kapang endofit terhadap pertumbuhan tanaman pada medium OMA

Tanaman	Perlakuan	Tinggi tajuk (cm)	Panjang akar (cm)	Jumlah daun	Bobot kering (mg)
<i>Chinese cabbage*</i>	IYT 11	2.19 ^{ab}	0.32 ^a	2.00 ^a	1.51 ^a
	IYT 23	2.36 ^a	0.27 ^{ab}	2.00 ^a	1.81 ^a
	IYT 42	2.60 ^a	0.20 ^{bc}	2.00 ^a	1.42 ^{ab}
	IYT 72	1.86 ^b	0.34 ^a	2.00 ^a	1.88 ^a
	IYT 84	2.18 ^{ab}	0.37 ^a	2.00 ^a	1.61 ^a
	Kontrol	1.83 ^b	0.14 ^c	2.00 ^a	0.85 ^b
Cabai**	IYT 11	1.46 ^a	0.25 ^{ab}	1.30 ^a	3.92 ^c
	IYT 23	1.54 ^a	0.23 ^{ab}	2.00 ^a	5.38 ^{ab}
	IYT 42	1.35 ^{ab}	0.27 ^a	1.80 ^a	5.86 ^a
	IYT 72	1.11 ^b	0.24 ^{ab}	2.00 ^a	4.18 ^c
	IYT 84	1.29 ^{ab}	0.21 ^b	1.40 ^a	4.41 ^{bc}
	Kontrol	1.30 ^{ab}	0.13 ^c	1.20 ^a	4.70 ^{bc}

Angka pada masing-masing tanaman dalam kolom yang sama dan diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan, $\alpha = 0.05$. *) pada akhir minggu ke-2 interaksi, **) pada akhir minggu ke-3 interaksi.

Kolonisasi Kapang terhadap Akar Tanaman pada Medium Zeolit

Pada medium zeolit, tanaman *chinese cabbage* yang diinokulasi kapang IYT23 dan IYT84 tidak menunjukkan adanya kolonisasi pada akar (Gb. 4a-b), sedangkan akar tanaman cabai yang diinokulasi dengan isolat IYT23 dan IYT42 menunjukkan adanya struktur bulat seperti noktah yang sama dengan percobaan pada medium OMA (Gb. 4d-e).

Kemampuan simbiosis isolat-isolat terpilih yang diuji pada tanaman yang ditumbuhkan pada medium zeolit menunjukkan bahwa semua isolat tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan *chinese cabbage*. Namun, tanaman cabai yang diinokulasi dengan isolat IYT42 menunjukkan memiliki tinggi tajuk dan jumlah daun yang berbeda nyata dari perlakuan lainnya (Tabel 2).

Gambar 4 Sayatan melintang akar tanamanchinese cabbage dan cabai setelah diinokulasikan kapang. (a) IYT23 pada akar *chinese cabbage*, (b) IYT84 pada akar *chinese cabbage*, (c) kontrol akar *chinese cabbage*, (d) IYT23 pada akar cabai, (e) IYT84 pada akar cabai, (f) kontrol akar cabai.

Tabel 2 Pengaruh kapang terhadap pertumbuhan tanaman pada medium zeolit

Tanaman	Perlakuan	Tinggi tajuk (cm)	Panjang akar (cm)	Jumlah daun	Bobot kering (mg)
<i>Chinese cabbage</i>	IYT 23	2.50 ^a	3.03 ^a	5.00 ^a	4.13 ^a
	IYT 84	1.50 ^b	1.77 ^a	4.67 ^a	2.40 ^a
	Kontrol	2.53 ^a	1.53 ^a	3.33 ^a	2.80 ^a
Cabai	IYT 23	3.06 ^b	2.66 ^b	4.14 ^b	5.18 ^a
	IYT 42	4.63 ^a	6.16 ^a	5.00 ^a	5.39 ^a
	Kontrol	2.93 ^b	3.10 ^a	3.57 ^b	3.76 ^a

Hasil pengamatan selama tiga minggu menunjukkan bahwa interaksi *chinese cabbage* dengan kapangyang diuji pada medium OMA hanya berlangsung selama 2 minggu, karena pada akhir minggu ke-2 tanaman mulai menunjukkan gejala layu (Gb. 5a-b). Secara umum tanaman pada medium zeolit (Gb. 6a-b) menghasilkan penampakan fisik yang lebih baik daripada yang ditanam pada medium OMA.

Gambar 5 Pertumbuhan tanaman pada medium OMA yang diinokulasi oleh IYT11, IYT23, IYT42, IYT72, IYT84, dan kontrol (kiri ke kanan). (a) *chinese cabbage*,(b) cabai.

Gambar 6 Kondisi fisik tanaman (tinggi tajuk, panjang akar, dan jumlah daun) yang ditumbuhkan pada media zeolit. (a) *chinese cabbage* tanpa inoculasi, dengan inoculasi IYT 84, dan IYT 23 (dari kiri ke kanan), (b) cabai tanpa inoculasi, dengan inoculasi IYT 23, dan IYT 42 (dari kiri ke kanan).

Pembahasan

Kemampuan simbiosis antara kapang dan tanaman diindikasikan dengan adanya kolonisasi didalam jaringan akar tanpa menimbulkan efek negatif terhadap tanaman, seperti rusaknya jaringan akar dan layu. Akar *chinese cabbage* yang diinokulasi kapang pada medium OMA menunjukkan adanya struktur hifa pada permukaan akar. Sebaliknya, uji endosimbiosis tanaman *chinese cabbage* pada medium zeolit tidak menunjukkan adanya kolonisasi akar. Tidak adanya kolonisasi pada akar tanaman *chinese cabbage* yang ditanam pada medium zeolit diduga dipengaruhi oleh kandungan unsur hara pada medium. Pemupukan dengan larutan *Hoagland* yang digunakan sebagai sumber nutrisi mungkin mencukupi kebutuhan nutrisi bagi pertumbuhan tanaman sehingga tidak terjadi simbiosis. Karena pada umumnya, simbiosis terjadi pada saat tanaman berada pada kondisi stres akibat faktor-faktor lingkungan (Maciá-Vicente *et al.* 2009).

Berbeda dengan *chinese cabbage*, kolonisasi akar pada tanaman cabai menunjukkan adanya struktur bulat mirip noktah pada media OMA dan zeolit. Struktur noktah terbentuk setelah hifa masuk ke dalam epidermis akar. Struktur ini akan bertambah besar dan banyak, kemudian membentuk hifa renik. Hifa renik ini selanjutnya tumbuh kembali ke arah luar membentuk hifa eksternal. Struktur ini diduga berfungsi membantu penyerapan unsur hara bagi tanaman inang. Struktur noktah dilaporkan terdapat pada akar jagung (*Zea mays*) dan meranti merah (*Shorea selanica*) yang diinokulasi dengan *Penicillium* (Handayani 2011). Kolonisasi akar yang terbentuk pada kedua tanaman uji merupakan hasil dari inoculasi kapang IYT11, IYT23, IYT42, IYT72, dan IYT84.

Isolat kapang IYT11 dan IYT23 merupakan strain dari genus *Leohumicola* (Takashima *et al.* 2014). Genus ini memproduksi koloni hifa pada akar secara lambat (Hambleton *et al.* 2005). Penelitian sebelumnya menyebutkan kapang ini dapat membantu tanaman karnivora beradaptasi pada kondisi lingkungan yang miskin hara (Quiliam & Jones 2012). Isolat kapang IYT72 termasuk kedalam genus *Cryptosporiopsis* dan sedangkan isolat IYT84 merupakan anggota genus *Cladophialophora* (Takashima *et al.* 2014). Menurut Kernaghan & Patriquin (2011), simbiosis kapang *Cryptosporiopsis* umum ditemukan pada pohon hutan boreal. Kapang ini dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan lumut hati berdaun karena dimungkinkan simbiosis ini dapat membantu tanaman pada kondisi stres, menginduksi resistensi terhadap patogen, dan kemampuan mengfiksasi karbon (Newsham & Bridge 2010). Isolat lainnya, yaitu IYT42, diduga adalah strain dari *Hortea* sp. (Gayuh Rahayu, komunikasi pribadi).

Menurut Jumpponen (2001), simbiosis dapat bersifat negatif, netral, ataupun positif terhadap respon pertumbuhan tanaman, bergantung dari kondisi percobaan. Pengamatan respon tumbuh *chinese cabbage* yang ditanam pada medium OMA berlangsung selama 2 minggu, karena tanaman uji menunjukkan gejala kelayuan saat akan memasuki minggu ketiga interaksi. Beberapa penelitian sebelumnya melaporkan bahwa tanaman *chinese cabbage* yang diinokulasi kapang endofit pada medium OMA menunjukkan tanaman tumbuh sehat dan tidak menunjukkan adanya gejala penyakit selama 21 hari masa interaksi (Narisawa *et al.* 2004, Khastini *et al.* 2012). Selain itu, inokulasi kapang *Heteroconium chaetospora* H4007 dapat meningkatkan pertumbuhan *chinese cabbage* selama 45 hari masa interaksi (Narisawa *et al.* 1998).

Pertumbuhan kedua tanaman uji pada medium zeolit lebih baik dibandingkan pada medium OMA. Tanaman *chinese cabbage* pada medium OMA hampir semua memiliki penampakan fisik batang kecil, jumlah daun 2 pertanaman, dan akar yang pendek, sedangkan cabai memiliki penampakan fisik batang kecil, daun yang belum terlihat jelas karena kulit bibit yang belum lepas, dan akar yang pendek. Sedangkan pada medium zeolit, kedua tanaman uji memiliki batang lebih besar, jumlah daun yang lebih banyak dengan warna hijau, dan akar lebih panjang yang disertai akar lateral. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi pada medium zeolit dengan penambahan larutan *Hoagland* sebagai sumber nutrisi mampu meningkatkan interaksi tanaman dengan isolat kapang endofit. Selain itu, zeolit mampu mempertahankan kondisi kelembaban dari daerah sekitar perakaran dari kekeringan. Hal ini menyebabkan akar tetap segar dan mampu untuk terus berkembang dan menyerap nutrisi dari medium. Tidak adanya kolonisasi pada akar *chinese cabbage* dan cabai pada medium zeolit menunjukkan bahwa baiknya pertumbuhan tanaman tersebut bukan akibat simbiosis dengan isolat-isolat kapang, tetapi pengaruh langsung dari nutrisi yang terkandung di larutan *Hoagland*.

Pustaka

- [BAPPENAS]Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. 2013 –*Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RJMP) Bidang Pangan dan Pertanian 2015-2019*. Jakarta (ID), Direktorat Pangan dan Pertanian.
- Carroll G. 1988– Fungal endophytes in stems and leaves– from latent pathogen to mutualistic symbiont. *Ecology* 69, 2–9.
- Hambleton S, Nickerson NL, Seifert KA. 2005– *Leohumicola*, a new genus of heat-resistant hyphomycetes. *Studies in Mycology* 53, 29–52..
- Handayani D. 2011 – Potensi *Aspergillus* dan *Penicillium* asal serasah dipterocarp sebagai endosimbion akar pelarut fosfat [tesis]. Bogor (ID), Institut Pertanian Bogor.
- Jumpponen A, Trappe JM. 1998– Dark septate endophytes: a review of facultative biotrophic root colonizing fungi. *New Phytol.* 140, 295–310.
- Jumpponen A. 2001. Dark septate endophytes – are they mycorrhizal. *Mycorrhiza* 11, 207–211.
- Kernaghan G, Patriquin G. 2011– Host Associations Between Fungal Root Endophytes and Boreal Trees. *Microb Ecol.* 62, 460–473.
- Khastini RO, Ohta H, Narisawa K. 2012– The role of a dark septate endophytic fungus, *Veroneopsis simplex* Y34, in *Fusarium* disease suppression in *Chinese cabbage*. *J Microb.* 50, 1–7.
- Kormanick PP, McGraw AC. 1982 –*Quantification of Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza in plant roots*. St Paulus (US), APS Press.
- Maciá-Vicente JG, Hans-Börje J, Lopez-Llorca LV. 2009– Assessing fungal root colonization for plant improvement. *Plant Signal Behav.* 4, 445–447.

- Narisawa K, Tokumasu S, Hashiba T. 1998– Suppression of clubroot formation in *Chinese cabbage* by the root endophytic fungus, *Heteroconium chaetospira*. Plant Pathol. 47, 206–210.
- Narisawa K, Usuki F, Hashiba T. 2004– Control of verticillium yellows in *Chinese cabbage* by the dark-septate endophytic fungus LtVB3. Phytopathology 94, 412–418.
- Newsham KK, Bridge PD. 2010– *Sebacinales* are associates of the leafy liverwort *Lophoziaexcisa* in the southern maritime Antarctic. Mycorrhiza 20, 307–313.
- Ocampo JA, Martin J, Hayman DS. 1980– Influence of plant interactions on vesicular-arbuscular mycorrhizal infections. Host and non-host plants grown together. New Phytol. 84, 27–35.
- Quiliam RS, dan Jones DL. 2012–Evidence for host-specificity of culturable fungal root endophytes from the carnivorous plant *Pinguicula vulgaris* (Common Butterwort). Mycol Progress. 11, 583–585.
- Rodriguez JR, Jr WFJ, Arnold EA, Sedman SR. 2009– Fungal endhophyte: diversity and functional roles. New Phytol. 182, 314–330.
- Takashima Y, Narisawa K, Hidayat I, Rahayu G. 2014 – First report on fungalsymbionts of *Lycopodiaceae* root from mount Gede Pangrango National Park Indonesia. J Dev Sus Agr. 9, 81–88.