

**KARAKTERISASI PARSIAL *STREPTOMYCES* SPP., AGENS
PENGENDALI HAYATI PENYAKIT LINCAT TEMBAKAU**

***PARTIAL CHARACTERIZATION OF STREPTOMYCES SPP.,
BIOLOGICAL CONTROL AGENTS OF TOBACCO BACTERIAL WILT
(LINCAT DISEASE)***

Triwidodo Arwiyanto, Ari Astuti, dan YMS Maryudani

Fakultas Pertanian UGM

ABSTRACT

Local isolates of Streptomyces spp, were proven could suppress lincat disease of tobacco in the field. Six isolates were chosen for partial charachterization of their bacteriological properties as based for the next experiments purposes. The results indicated that the isolates produce miselium with spore chains, Gram positive, aerob, catalase and oxidase positive. The isolates also hydrolize starch, gelatine, and esculine; produce lecithinase enzyme, reduce nitrate to nitrite, do not produce melanine pigment, did not produce hydrogen sulfide. The isolates were sensitive against streptomycine and rifampicin; able to use several carbon and nitrogen sources tested. Capable to grow on several medium pH, from 4,3 to 8,0. The isolates were able to grow from 5C to 45C; able to grow on medium containing 4% to 7% NaCl and ion the medium containing 0,1% of phenol. Plant pathogenecity tests result showed negative responses which indicated that the used isolates were non plant pathogenic. The capability in suppressing lincat pathogen (Ralstonia solanacearum and Meloidogyne incognita) in vitro was vary between isolates.

Keywords: *Streptomyces spp, biological control agents, lincat disease of tobacco.*

INTISARI

Streptomyces spp, isolat lokal terbukti dapat menekan penyakit luncat tembakau di lapangan. Sebanyak enam isolat dipilih untuk dicirikan sebagian sifat-sifat bakteriologinya sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam penelitian berikutnya. Penelitian dilakukan terhadap sifat morfologi, fisiologi dan sifat biokimia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat yang diteliti menghasilkan miselium yang memproduksi rangkaian spora, Gram positif, aerob, katalase dan oksidase positif. Isolat-isolat tersebut

menghidrolisis pati, gelatin, eskulin; membentuk enzim lecithinase, mereduksi nitrat menjadi nitrit, tidak menghasilkan pigmen melanin, tidak membentuk hidrogen sulfida. Isolat yang diteliti peka terhadap antibiotik streptomisin dan rifampisin; mampu menggunakan beberapa sumber karbon dan sumber nitrogen yang diujikan. Kisaran pH untuk pertumbuhan sangat lebar mulai dari pH 4,3 sampai pH 8,0 sedangkan kisaran suhu pertumbuhannya dari 5C sampai 45C. *Streptomyces* spp yang diuji mampu tumbuh pada media yang mengandung NaCl 4% dan 7% serta dapat tumbuh pada medium yang mengandung 0,1% fenol. Hasil pengujian patogenisitas terhadap tanaman menunjukkan bahwa keenam isolat tersebut bukan patogen tumbuhan. Terdapat variasi di antara enam isolat dalam kemampuan menekan pertumbuhan patogen lintat secara *in vitro*, baik terhadap *Ralstonia solanacearum* maupun terhadap *Meloidogyne incognita*.

Kata kunci : *Streptomyces* spp, agens pengendali hayati, penyakit lintat tembakau.

PENGANTAR

Streptomyces spp merupakan mikroorganisme prokariotik dengan sel filamentous dan beberapa di antaranya mampu membentuk spora (Locci, 1991). Kelompok mikroorganisme ini dapat tumbuh dengan mudah pada berbagai substrat namun pertumbuhannya lambat. Banyak anggota dari genus *Streptomyces* mampu menghasilkan antibiotik (Pridham and Tresner, 1974) sehingga banyak diteliti oleh para ahli untuk berbagai keperluan (Liu *et al*, 1995). Karena kemampuannya membentuk antibiotik, *Streptomyces* banyak diteliti kemampuannya menekan patogen tumbuhan meskipun masih terbatas di luar negeri. Di Indonesia, penelitian pengendalian hayati dengan *Streptomyces* jarang dijumpai terlebih lagi terhadap penyakit layu bakteri yang disebabkan oleh *Ralstonia solanacearum*. Beberapa isolat lokal dari *Streptomyces* spp telah diisolasi dan

terbukti mampu menekan penyakit lintat di lapangan (Arwiyanto *et al.*, 2007). Untuk dasar penelitian selanjutnya diperlukan pengetahuan tentang sifat-sifat *Streptomyces* tersebut. Tulisan ini melaporkan hasil penelitian tentang beberapa sifat *Streptomyces* yang bermanfaat bagi pengembangan pengendalian hayati penyakit lintat selanjutnya.

BAHAN DAN METODE

Semua isolat bakteri yang digunakan merupakan koleksi Laboratorium Bakteriologi Tumbuhan, Fakultas Pertanian UGM.

A. Isolat *Streptomyces* spp. Isolat *Streptomyces* spp yang akan diteliti sifat-sifatnya merupakan koleksi Laboratorium Bakteriologi Tumbuhan, Fakultas Pertanian UGM, seperti tercantum dalam tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Isolat *Streptomyces* yang digunakan dalam penelitian

No.	Kode Isolat	Asal Isolat	Tahun Isolasi
1	Stre-4	Temanggung	2004
2	Stre-7	Temanggung	2004
3	Stre-48	Temanggung	2004
4	Stre-61	Temanggung	2004
5	Stre-66	Temanggung	2004
6	Stre-67	Temanggung	2004

B. Isolat *R. Solanacearum*. Isolat Rs-13 dan Rs-16 merupakan isolat *R. solanacearum* yang diisolasi dari lahan lincat di daerah Temanggung pada tahun 2004.

C. Isolat bakteri antagonis lainnya. Dikarenakan tujuan akhir dari penelitian pengendalian hayati penyakit lincat adalah mendapatkan agens-agens hayati yang kompatibel maka dilakukan pula pengujian kompatibilitas antar agens hayati yang diteliti. Isolat agens hayati tersebut adalah *bacillus spp* (Ba4, Ba22, Ba24, Ba30, Ba33, dan Ba41) dan pseudomonad fluoresen (pf22, pf23, pf30, pf42, pf51, dan pf83).

D. Tanaman. Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah tembakau varietas klemoko.

E. Pengamatan Sifat Morfologi. Semua isolat *Streptomyces* ditumbuhkan secara terpisah pada medium YME (Yeast Malt Extract) selama 21 hari. Bentuk dan warna koloni diamati secara visual dengan mata-

telanjang. Miselium dan rantai spora diamati dengan metoda William *et al.*, (1973) sedangkan rantai spora dan bentuk konidianya diamati berdasarkan metode Locci, 1991.

F. Pengamatan Sifat Fisiologi dan Biokimia dan patogenisitas. Pengujian berbagai sifat-sifat fisiologi dan biokimia dilakukan sebagai berikut: pengujian sifat Gram, hidrolisis pati, reduksi nitrat (Fahy dan Persley, 1983); oksidatif fermentatif (Hayward, 1994); pengujian oksidase, katalase, pembentukan pigmen melanin, uji reaksi hipersensitif, uji patogenisitas (Klement *et al*, 1990); pertumbuhan pada berbagai pH media, produksi hidrogen sulfida, hidrolisis eskulin, pertumbuhan pada berbagai suhu inkubasi, pertumbuhan pada 0,1% fenol, toleransi terhadap NaCl, penggunaan sumber nitrogen (Locci, 1991); hidrolisis gelatin dan penggunaan sumber karbon (Nishiyama dan Ezuka, 1991); aktivitas ensim lecithinase (Gordon *et al*, 1973).

Tabel 2. Beberapa sifat fisiologi dan biokimia *Streptomyces* spp. isolat Temanggung

Karakter	Isolat yang diuji						Isolat pembanding (Locci, 1991)				
	Str-4	Str-7	Str-48	Str-61	Str-66	Str-67	<i>S. violaceusniger</i>	<i>S. phaeochromogenes</i>	<i>S. antibioticus</i>	<i>S. flaveus</i>	<i>S. aurantiogriseus</i>
Gram	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Oksidase	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Katalase	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Hidrolisis											
- pati	+	+	+	+	+	+					
- gelatin	+	+	+	+	+	+					
Pigmen melanin	-	-	-	-	-	-	-	V	V		
Lesitinase	+	+	+	+	+	+	V	+	+		
Reduksi nitrat	+	+	+	+	+	+	+	V	+		
Produksi HS	-	-	-	-	-	-	-	V	-		
Degradasi eskulin	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
Ketahanan terhadap:											
Rifampicin 50 ppm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	V	-
Rifampicin 100 ppm	-	-	-	-	-	-					
Streptomisin 50 ppm	-	-	-	-	-	-					
Streptomisin 100 ppm	-	-	-	-	-	-					
Pertumbuhan pada suhu :											
5°C	+	+	+	+	+	+					
10°C	+	+	+	+	+	+					
20°C	+	+	+	+	+	+					
37°C	+	+	+	+	+	+					
45°C	+	+	+	+	+	+					

Karakter	Isolat yang diuji						Isolat pembanding (Locci, 1991)				
	Str-4	Str-7	Str-48	Str-61	Str-66	Str-67	<i>S. violaceusniger</i>	<i>S. phaeochromogenes</i>	<i>S. antibioticus</i>	<i>S. flaveous</i>	<i>S. aurantiogriseus</i>
Pertumbuhan pada medium mengandung NaCl kadar:											
4 %	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-
7 %	-	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-
10 %	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pertumbuhan pada 0,1% fenol	+	+	-	+	+	+	-	+	V	V	-
Pertumbuhan pada pH:											
4,3	-	-	+	+	+	-					
6,0	+	+	+	-	+	+					
8,0	+	+	+	-	+	+					
Penggunaan sumber nitrogen:											
- cystein	-	-	-	-	-	-	V	-	V		
- histidin	+	+	+	+	+	+	+	+	+	V	+
- prolin	+	+	+	+	+	+					
Penggunaan sumber karbon:											
Glukosa	+	+	+	+	+	+					
Maltosa	+	+	+	+	+	+					
Selobiosa	+	+	+	+	+	+					
Sukrosa	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Trehalosa	+	+	+	+	+	+					
Amilum	+	+	+	+	+	+					
Mannitol	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Keterangan : + = bereaksi positif, - = bereaksi negatif, V = hasil bervariasi

G. Pengujian antibiosis terhadap patogen lincat dan Pengujian antagonisme antar agens pengendali hayati. Pengujian antar isolat bakteri dilakukan seperti yang dilaporkan oleh Arwiyanto *et al.*, (2007) sedangkan pengujian penekanan terhadap nematoda oleh *Streptomyces* spp dilakukan seperti yang dilakukan oleh Dropkin (1996) dan Dalmadiyo (2004).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Morfologi Koloni. Isolat *Streptomyces* spp pada awal pertumbuhan pada medium YME mempunyai permukaan yang halus, setelah lima hari menjadi kering, padat dan kasar. Pada permukaan koloni tampak kusut seperti lumut atau keriput dengan warna putih kecoklatan berbau tanah. Hasil pengamatan ini menunjukkan bahwa isolat yang diamati merupakan *Streptomyces*. Miselium udara yang merupakan ciri khas *Streptomyces* spp (Locci, 1991) terbentuk setelah koloni berumur 21 hari.

B. Morfologi miselium dan untaian spora. Semua isolat membentuk miselium substrat dan miselium udara. Keberadaan miselium ini sangat penting untuk membedakan *Streptomyces* dengan genus lainnya (Schaad, 2001). Miselium udara tidak mengalami fragmentasi tetapi menghasilkan rantai spora. Miselium yang bercabang dan tidak mengalami fragmentasi serta miselium yang menghasilkan rantai spora merupakan ciri morfologi dari famili Streptomycetaceae (Pridham and Tresner, 1974).

C. Sifat-sifat Fisiologi dan Biokimia dan Patogenisitas. Semua isolat menunjukkan Gram positif, aerob, katalase dan oksidase positif. Isolat-isolat tersebut menghidrolisis pati, gelatin, eskulin, membentuk enzim lecithinase, mereduksi nitrat menjadi nitrit, tidak menghasilkan pigmen melanin, tidak membentuk hidrogen sulfida. Isolat yang diteliti peka terhadap antibiotik streptomisin dan rifampisin; mampu menggunakan beberapa sumber karbon dan sumber nitrogen yang diujikan. Kisaran pH untuk pertumbuhan sangat lebar mulai dari pH 4,3 sampai pH 8,0 sedangkan kisaran suhu pertumbuhannya dari 5C sampai 45C. *Streptomyces* spp yang diuji mampu tumbuh pada media yang mengandung NaCl 4% dan 7% serta dapat tumbuh pada medium yang mengandung 0,1% fenol. Sebagai komparasi maka sifat-sifat yang diuji di laboratorium dibandingkan dengan sifat-sifat bakteriologi spesies yang sudah dipublikasikan. Dari tabel 2 tersebut nampaknya isolat Stre-4 memiliki sebagian sifat-sifat fisiologi dan biokimia dengan *Streptomyces antibioticus* atau *S. aurantiograceus*. Sedangkan isolat Stre-7, Stre-48, Stre-66, dan Stre-67 memiliki kemiripan sifat dengan *S. phaeochromogenes*.

Hasil pengujian reaksi hipersensitif menunjukkan bahwa tidak terjadi nekrosis pada daun tembakau var. klemoko setelah diinjeksi dengan suspensi isolat *Streptomyces*. Pada check, yang diinjeksi dengan *R. solanacearum*, menunjukkan gejala nekrosis setelah 24 jam. Inokulasi pada akar tembakau juga tidak menunjukkan gejala. Hal ini membuktikan

bahwa semua isolat yang diteliti dalam penelitian ini bukan merupakan patogen tumbuhan.

D. Pengujian Antibiosis *in vitro*

1. Penekanan pertumbuhan *R. solanacearum*. Meskipun semua isolat yang diuji mampu menekan perkembangan penyakit di lapangan namun tidak semuanya mampu menekan pertumbuhan *R. solanacearum* secara *in vitro*. Kemungkinan mekanisme yang terjadi adalah di luar antibiosis karena seleksi di laboratorium berdasarkan kemampuan bakteri antagonis menekan bakteri patogen dengan antagonisme *in vitro*. Hal ini menunjukkan bahwa seleksi langsung di lapangan (Arwiyanto *et al.*, 2006) memungkinkan mendapatkan

isolat-isolat calon agensia hayati yang mekanisme penghambatannya bukan antibiosis. Di antara enam isolat yang diuji secara *in vitro*, isolat Stre-7 mempunyai kemampuan yang tinggi dalam menekan *R. solanacearum* dengan zona hambatan sebesar 20 mm terhadap isolat Rs-13 dan 17,8 mm terhadap isolat Rs-16. (Tabel 3). Sebaliknya, *R. solanacearum* isolat Rs-13 dan Rs-16 tidak mampu menghambat pertumbuhan *Streptomyces* secara *in vitro*.

2. Penekanan *M. incognita*. Dibandingkan dengan kontrol, maka perlakuan telur nematoda dengan supernatant *Streptomyces* spp dapat menghambat penetasan telur (Tabel 4). Supernatant *Streptomyces* spp diasumsikan mengandung senyawa yang

Tabel 3. Penghambatan *R. solanacearum* oleh *Streptomyces* spp.

Isolat <i>Streptomyces</i> spp.	Rerata zona hambatan (mm) terhadap		Mekanisme penghambatan
	<i>R. solanacearum</i> isolat* :		
	Rs-13	Rs-16	
Stre-4	16,4	15,0	Bakteriostatik
Stre-7	20,0	17,8	Bakteriostatik
Stre-48	1,0	0	Bakteriostatik
Stre-61	2,2	0	Bakteriostatik
Stre-66	0	3,5	Bakteriostatik
Stre-67	0	2,5	Bakteriostatik

* rerata dari empat ulangan

Tabel 4. Pengaruh supernatan *Streptomyces* spp. terhadap *M. incognita*

Supernatan dari isolat :	Rerata jumlah telur dan larva*			
	Telur		Larva	
	Hari ke 1	Hari ke 7	Hari ke 1	Hari ke 7
Stre-4	29	3	0	0
Stre-7	40,3	3	0	0
Stre-48	24,7	3	5,3	10
Stre-61	35	0	2,7	5
Stre-66	34,7	0	5,7	9,7
Stre-67	24	0	3	4,3
Kontrol	37	0	6	43

* rerata dari tiga ulangan

mampu mendegradasi massa telur karena isolat-isolat yang diuji terbukti mampu menghidrolisa gelatin (Tabel 2). Menurut Luc *et al.*, 1995, masa telur nematoda diselubungi oleh gelatin sedangkan dinding telur nematoda tersusun atas kitin dan *egg yolk*.

3. Antagonisme antar agensia pengendali hayati. Dari enam isolat *Streptomyces* yang diuji, hanya ada dua isolat yang mampu menekan pertumbuhan agensia hayati lainnya. Stre-4 mempunyai kemampuan penekanan yang paling tinggi karena mampu menekan semua isolat *Bacillus* spp dan dua isolat pseudomonad fluoresen. Sedangkan isolat Stre-7 menekan pertumbuhan semua isolat *Bacillus* spp dan hanya menekan satu isolat pseudomonad fluoresen (Tabel 5).

Di antara sesama isolat *Streptomyces* ada beberapa yang menekan pertumbuhan isolat *Streptomyces* lainnya namun tidak ada yang menghambat pertumbuhannya sendiri (Tabel 6). Kemampuan menekan isolat lain yang sejenis seperti halnya antar isolat *R. solanacearum* yang saling menekan karena membentuk bakteriosin (Arwiyanto *et al.*, 1993). *Bacillus* spp. isolat Ba4 mampu menekan pertumbuhan empat isolat *Streptomyces* sedangkan isolat Ba22 mampu menekan tiga isolat *Streptomyces*. Sementara sebanyak tiga isolat pseudomonad fluoresen mampu menekan pertumbuhan lima isolat *Streptomyces*. Dari hasil pengujian ini dapat diperoleh beberapa isolat yang dapat dikombinasikan untuk membuat biopestisida yang terdiri dari beberapa isolat bakteri dari tiga genus yang berbeda.

Tabel 5. Penghambatan bakteri antagonis lain oleh *Streptomyces* spp.

Isolat <i>Streptomyces</i> spp.	Rerata zona hambatan terhadap* :											
	Pseudomonad fluoresen						<i>Bacillus</i> spp					
	Pf2 2	Pf2 3	Pf3 0	Pf4 2	Pf5 1	Pf8 3	Ba 4	Ba2 2	Ba2 4	Ba3 0	Ba3 3	Ba4 1
Stre-4	3,4	0	0,5	0	0	0	5,2	4,7	6,0	4,5	5,4	3,4
Stre-7	2,9	0	0	0	0	0	2,3	2,2	32,7	3,2	4,0	3,6
Stre-48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stre-61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stre-66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stre-67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

* rerata dari empat ulangan

Tabel 6. Penghambatan *Streptomyces* spp. oleh bakteri antagonis lain

Bakteri uji :	Rerata zona hambatan terhadap <i>Streptomyces</i> spp. isolat* (mm) :					
	Stre-4	Stre-7	Stre-48	Stre-61	Stre-66	Stre-67
Stre-4	0	0	0	0	1,1	0
Stre-7	0	0	0	0	0	0
Stre-48	0	0,8	0	0	0	0
Stre-61	0	0	0	0	0	0
Stre-66	0	0	0	0	0	0
Stre-67	0	0	0	0	0	0
Ba4	3,5	8,5	0	0	11,6	8,4
Ba22	0	2,8	0	0	0,3	1,5
Ba24	0	0	0	0	0	0
Ba30	0	0	0	0	0	0
Ba33	0	0	0	0	0	0
Ba41	0	0	0	0	0	0
Pf22	0	0	0	0,8	0	0
Pf23	6,0	4,5	0	0	7,1	9,3
Pf30	2,6	6,8	0	0	8,0	12,9
Pf42	0	0	0	0	0	0
Pf51	0	0	0	0	0	0
Pf83	4,5	2,4	0	0	6,9	6,1

* rerata dari empat ulangan

KESIMPULAN

1. Isolat *Streptomyces* spp yang diteliti memiliki kisaran suhu yang sangat luas untuk pertumbuhannya, mampu menggunakan berbagai sumber karbon dan tumbuh baik pada pH netral memudahkan dalam produksi biomasa untuk keperluan perbanyakan agenisa pengendali hayati.
2. Isolat *Streptomyces* spp yang diteliti bukan merupakan patogen tumbuhan.

UNGKAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini merupakan sebagian dari hasil penelitian Riset Unggulan Terpadu XI yang didanai oleh Menristek dengan surat perjanjian Nomor 03/Perc/Dep.III/RUT/PPKI/II/2005 tanggal 1 Februari 2005. penulis mengucapkan banyak terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

Arwiyanto, T. 1997. Biological Control of Tobacco Bacterial Wilt: 1. Isolation of Antagonistic Bacteria Indonesian Journal of Plant Protection 3: 54-60.

Arwiyanto, T., M. Goto, and Y. Takikawa. 1993. Characterization of Bacteriocins Produced by *Pseudomonas solanacearum*. Annals Phytopathol. Soc. Japan 59: 114-122.

Arwiyanto, T., K. Haryono, A. Priyatmojo, T. Martoredjo, dan Dalmadiyo, G. 2007. Penekanan Penyakit Lincat Tembakau Temanggung dengan *Streptomyces*. Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia 13 : 13-21.

Dalmadiyo, G. 2004. Kajian Interaksi Infeksi Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne incognita*) dengan Bakteri *Ralstonia solanacearum* pada Tembakau Temanggung. Fakultas Pertanian UGM. Disertasi.

Dropkin, V.H. 1996. Introduction to Plant Nematology (Pengantar Nematologi Tumbuhan, alih bahasa Supratoyo). Edisi ke-3. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 366 hal.

Gordon, R.E., W.C. Haynes, and C.H. Pang. 1973. The Genus *Bacillus*. Agriculture Research Service. United States Department of Agriculture. Washington.

Hayward. 1994. Systematic and Phylogeny of *Pseudomonas solanacearum* and Related Bacteria. In: Hayward, A.C. and G.L. Hartman (Eds.). Bacterial Wilt. The Disease and The Causative *Pseudomonas solanacearum*. CAB International. Wallingford. 123-136

Klement, Z., K. Rudolph, and D.C. Sands. 1990. Methods in Phytobacteriology. Akademia Kiado. Budapest.

Locci, R. 1991. Streptomycetes and Related Genera. In Ballows, A., H.G. Truper, M. Dworkin, W. Horder, and K.H. Schleisfer (Eds.). The Prokaryotes, A Handbook on the Biology of Bacteria. Ecophysiology, Isolation, Identification, Application. 2nd Edition. Springer-Verlag. New York. 2451-2492

- Luc, M., R.A. Sikora, and J. Bridge. 1995. Plant Parasitic Nematodes in Subtropic and Tropic Agriculture (Nematoda Parasitik Tumbuhan di Pertanian Subtropik dan Tropik, alih bahasa Supratoyo). Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 838 hal.
- Nishiyama, K. and A. Ezuka. 1991. Manual of Identification of Plant Pathogenic Bacteria. Japan Plant Protection Association. Tokyo.
- Pridham, T.G. and H.D. Tresner. Streptomycetaceae Waksman and Heinrici, 1943. In: Buchanan, R.E. and N.E. Gibbon (Eds.). Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. 8th Edition. Williams and Walkins Co. Baltimore. 747-829.
- Schaad, N.W. 2001. Initial Identification of Common Genera. In; Schaad, N.W., J.B. Jones, and W. Chun (Eds.) Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenis Bacteria. 3rd Edition. APS Press. St Paul. Minnesota. 1-16.
- Williams, T.S., G.P. Sharples, and R.M. Bardshaw. 1973. The Fine Structure of the Actinomycetales. In: Sykes, G and F.A. Skinner (Eds.). Actinomycetales: Characteristics and Practical Importance. Academic Press. London. 113-127.
- Liu D, Anderson N.A, Kinkel L.L. 1995. Biological control of potato scab in the field with *Streptomyces* spp. Phytopathology 85:827-831.