

Penggunaan Galur Lemah *Chili veinal mottle virus* untuk Proteksi Silang

The Use of Mild Strains of *Chili veinal mottle virus* for Cross Protection

Asniwita^{1*}, Sri Hendrastuti Hidayat², Gede Suastika², Slamet Susanto², Sriani Sujiprihati²

¹Universitas Jambi, Jambi 36361

²Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

ABSTRAK

Inokulasi virus galur lemah sebelum inokulasi galur kuat adalah prinsip proteksi silang. Lima galur lemah *Chili veinal mottle virus* (ChiVMV), yaitu KAR, SPR, SKT, CSR, dan PGL digunakan sebagai agens proteksi silang untuk melindungi tanaman cabai dari infeksi ChiVMV-CKB. Inokulasi galur lemah secara mekanis dilakukan pada 7, 14, 21, dan 28 hari sebelum inokulasi galur kuat. Proteksi silang dievaluasi dengan mengamati gejala penyakit yang muncul dan bobot buah. Inokulasi ChiVMV galur lemah pada interval waktu 7 hari sebelum inokulasi ChiVMV galur kuat tidak mampu melindungi tanaman dari infeksi galur kuat. Pengaruh inokulasi galur lemah mulai tampak pada interval waktu 14, 21, dan 28 hari berupa penghambatan gejala penyakit dan produksi tanaman yang tidak berbeda nyata dengan tanaman sehat. Oleh karena itu, inokulasi ChiVMV galur lemah sebagai agens proteksi silang disarankan seawal mungkin sebelum terjadi infeksi oleh galur kuat.

Kata kunci: cabai, galur kuat, gejala belang, inokulasi mekanis

ABSTRACT

Inoculation of mild virus strain prior to severe virus strain to protect plant against viral disease is the principle of cross protection. Five mild strains of *Chili veinal mottle virus* (ChiVMV), i.e. -KAR, -SPR, -SKT, -CSR, and -PGL were used as cross protection agent to protect chili pepper plants against severe strain infection of ChiVMV-CKB. The mild strains were inoculated mechanically prior inoculation of severe strain and the efficiency of cross protection was evaluated by observing symptom development and measuring crop yield. Inoculation of mild strains 7 days prior inoculation of severe strain was not able to protect the plant from infection of severe strain ChiVMV-CKB. Protective effect was observed when mild strains were inoculated at 14, 21, and 28 days prior inoculation of severe strain. Symptom development was suppressed or delayed, and crop yield was not significantly different with healthy plants. It was suggested that to obtain the best protection against severe strain, the mild strain should be applied as early as possible before the occurrence of severe strain infection.

Key words: chili pepper, mechanical inoculation, mottle symptom, severe strain

*Alamat penulis korespondensi: Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus Darmaga, Jalan Kamper, Bogor 16680
Tel: 0251-8629364, Faks:0251-8629362, Surel: asniwita@yahoo.com

PENDAHULUAN

Cabai merah (*Capsicum annuum*) adalah salah satu komoditas unggulan hortikultura. Tanaman cabai ditanam hampir di seluruh provinsi di Indonesia dan memiliki nilai ekonomi yang tinggi sehingga mendapat prioritas untuk dikembangkan. Produksi cabai di Indonesia masih rendah dengan rata-rata hasil 7.34 ton ha⁻¹ (BPS 2012) dibandingkan dengan potensi produksi cabai yang dapat mencapai 13.11 ton ha⁻¹ (Syukur *et al.* 2010). Tanaman cabai sangat sensitif terhadap penyakit yang disebabkan oleh virus dan infeksi virus dapat menurunkan produksi secara nyata. Di antara virus-virus yang menginfeksi cabai, *Chili veinal mottle virus* (ChiVMV) merupakan virus penting dan dapat menurunkan hasil sampai 50% (Shah *et al.* 2001).

Pengendalian penyakit yang disebabkan oleh virus pada umumnya sulit dilakukan. Sampai saat ini belum ada strategi pengendalian ChiVMV yang efektif sehingga perlu dicari alternatif pengendalian yang lain. Salah satu strategi pengendalian yang perlu dievaluasi ialah teknik proteksi silang. Fenomena ini menggunakan virus galur lemah untuk melindungi tanaman dari kerusakan ekonomi yang disebabkan oleh virus galur kuat (Komar *et al.* 2008).

Keberhasilan proteksi silang telah dilaporkan dalam mengendalikan *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) pada *Cucurbitaceae* (Kosaka *et al.* 2006), dan *Papaya ringspot virus* (PRSV) pada pepaya dan *Cucurbitaceae* (You *et al.* 2005).

Mekanisme proteksi silang sangat berkaitan dengan proses replikasi virus dalam sel tanaman inang. Virus galur lemah mampu berkompetisi dengan virus galur kuat untuk mendapatkan zat-zat yang dibutuhkan dalam proses replikasi sehingga virus galur lemah dapat menekan replikasi virus galur kuat. Virus galur lemah dapat menghambat proses translasi virus galur kuat sehingga tidak terbentuk protein (Ziebell *et al.* 2007).

Oleh karena itu, penggunaan galur lemah dalam proteksi silang berguna dalam pengendalian penyakit virus. Proteksi silang

pada ChiVMV belum pernah dilaporkan di Indonesia maka penelitian ini bertujuan menguji kemampuan lima galur lemah ChiVMV (-KAR, -SPR, -SKT, -CSR, dan -PGL) dalam melindungi tanaman cabai dari infeksi galur kuat ChiVMV-CKB.

BAHAN DAN METODE

Galur Virus dan Sumber Inokulum

Galur lemah ChiVMV yang digunakan yaitu -KAR, -SPR, -SKT, -CSR, dan -PGL diisolasi dari tanaman cabai yang dikoleksi dari beberapa lokasi seperti dideskripsikan oleh Asniwita *et al.* (2012). Galur kuat ChiVMV-CKB merupakan koleksi Laboratorium Virologi Tumbuhan IPB. Lima galur lemah ChiVMV dan satu galur kuat ChiVMV-CKB masing-masing diinokulasi secara mekanis ke tanaman cabai varietas IPB C13. Tanaman yang telah diinokulasi dipelihara di rumah kaca kedap serangga sebagai sumber inokulum.

Perlakuan Proteksi Silang

Tanaman uji yang digunakan ialah tanaman cabai varietas IPB C13. Faktor yang diuji ialah kemampuan galur lemah untuk melindungi cabai terhadap galur kuat ChiVMV dan waktu inokulasi antara galur lemah dan galur kuat.

Bibit cabai diinokulasi secara mekanis dengan masing-masing galur lemah ChiVMV (-KAR, -SPR, -SKT, -CSR, dan -PGL) sebagai galur proteksi dan selanjutnya tanaman diinokulasi dengan galur kuat. Perlakuan kontrol terdiri atas tanaman diinokulasi dengan bufer fosfat pH 7.0, tanaman diinokulasi dengan masing-masing ChiVMV galur lemah saja, dan tanaman diinokulasi dengan galur kuat ChiVMV-CKB saja. Semua tanaman cabai yang telah diinokulasi dengan ChiVMV galur lemah diuji melalui *tissue blot immunoassay* (TBIA) mengikuti metode Hu *et al.* (1997) untuk memastikan infeksi galur lemah sebelum diinokulasi dengan galur kuat ChiVMV-CKB.

Penelitian disusun dengan rancangan faktorial dalam acak lengkap dengan dua faktor. Faktor pertama ialah galur ChiVMV dengan tujuh taraf yang terdiri atas galur lemah ChiVMV (-KAR, -SPR, -SKT, -CSR, dan -PGL), dan kontrol (galur kuat ChiVMV-

CKB dan inokulasi dengan bufer). Faktor kedua ialah interval waktu inokulasi antara inokulasi galur lemah dan inokulasi galur kuat dengan lima taraf yang terdiri atas kontrol (galur lemah saja), 7, 14, 21, dan 28 hari sebelum inokulasi galur kuat. Masing-masing perlakuan diulang tiga kali dan masing-masing ulangan terdiri atas empat tanaman.

Pengamatan

Pengamatan meliputi gejala penyakit dan komponen produksi. Tipe gejala penyakit diamati pada 28, 56, 84, dan 112 hari setelah inokulasi galur kuat ChiVMV-CKB. Data bobot buah dianalisis dengan *statistical analysis system* (SAS) 9.1 untuk *Windows*. Perlakuan yang berbeda nyata diuji lanjut dengan *duncan multiple range test* pada taraf 5%.

HASIL

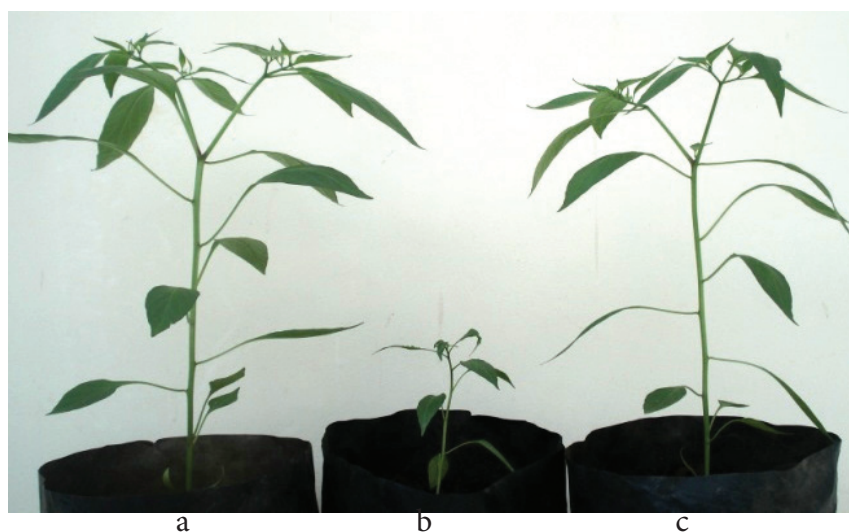
Proteksi Silang ChiVMV Galur Lemah terhadap Infeksi Galur Kuat ChiVMV-CKB

Tanaman yang diproteksi dengan masing-masing galur lemah ChiVMV (-KAR, -SPR, -SKT, -CSR, dan -PGL) pada berbagai interval waktu inokulasi dan tanaman yang diinokulasi dengan galur lemah saja tidak menunjukkan gejala atau bila gejala muncul hanya tergolong belang ringan. Keberadaan galur lemah ChiVMV pada semua tanaman perlakuan

sebelum diinokulasi galur kuat ChiVMV berhasil terdeteksi melalui TBIA (data tidak ditampilkan). Hal sebaliknya, tanaman yang tidak diproteksi atau hanya inokulasi dengan galur kuat ChiVMV-CKB saja menunjukkan gejala belang berat, malformasi, dan lamina menyempit, serta tanaman kerdil (Gambar 1; Tabel 1).

Semakin panjang interval waktu inokulasi antara galur lemah dan galur kuat maka perkembangan gejala semakin lambat. Interval 7 hari menunjukkan gejala muncul lebih cepat. Pada perlakuan galur lemah PGL dan CSR interval 14, 21, dan 28 hari, semua tanaman tidak menunjukkan gejala, sedangkan perlakuan galur lemah SKT interval 21 dan 28 hari, semua tanaman tidak menunjukkan gejala sampai pengamatan hari ke-84 (Tabel 1). Hal ini membuktikan bahwa perlakuan galur lemah dapat melindungi tanaman dari infeksi galur kuat, bahkan sampai pengamatan hari ke-84 setelah inokulasi galur kuat ChiVMV-CKB.

Secara umum tanaman cabai yang diproteksi dengan galur lemah ChiVMV (-KAR, -SPR, -SKT, -CSR, dan -PGL) pada berbagai interval waktu inokulasi dapat melindungi tanaman cabai dari infeksi galur kuat ChiVMV-CKB yang ditandai dengan gejala yang ringan dibandingkan dengan kontrol (tanpa proteksi).



Gambar 1 Tanaman cabai yang diinokulasi dengan *Chili veinal mottle virus*. a, inokulasi galur lemah saja; b, inokulasi galur kuat saja; c, inokulasi galur lemah kemudian galur kuat.

Tabel 1 Tipe gejala penyakit yang disebabkan *Chili veinal mottle virus* (ChiVMV) pada tanaman cabai IPB C13 pada berbagai interval waktu inokulasi antara galur lemah dan galur kuat

Galur ChiVMV	Interval waktu inokulasi (hari)	Tipe gejala pada pengamatan hari ke-			
		28	56	84	112
KAR	7	TB	BR	BR	BS
	14	TB	BR	BR	BR
	21	TB	BR	BR	BR
	28	TB	TB	BR	BR
	Kontrol*	TB	TB	TB	BR
SPR	7	TB	BR	BR	BS
	14	TB	TB	BR	BR
	21	TB	TB	BR	BR
	28	TB	TB	BR	BR
	Kontrol	TB	TB	TB	BR
SKT	7	TB	BR	BR	BR
	14	TB	TB	BR	BR
	21	TB	TB	TB	BR
	28	TB	TB	TB	BR
	Kontrol	TB	TB	TB	TB
CSR	7	TB	BR	BR	BR
	14	TB	TB	TB	BR
	21	TB	TB	TB	BR
	28	TB	TB	TB	BR
	Kontrol	TB	TB	TB	TB
PGL	7	TB	BR	BR	BR
	14	TB	TB	TB	BR
	21	TB	TB	TB	BR
	28	TB	TB	TB	BR
	Kontrol	TB	TB	TB	TB
CKB**	7	BB, M, U, K	BB, M, U, K	BB, M, U, K	BB, M, U, K
	14	BB, M, U, K	BB, M, U, K	BB, M, U, K	BB, M, U, K
	21	BB, M, U	BB, M, U	BB, M, U	BB, M, U
	28	TB	BB, M	BB, M	BB, M
	Kontrol***	BB, M, U, K	BB, M, U, K	BB, M, U, K	BB, M, U, K
Tanaman sehat		TB	TB	TB	TB

TB, tidak bergejala; BR, belang ringan; BS, belang sedang; BB, belang berat; M, malformasi; U, lamina daun menyempit; K, tanaman kerdil.

*Kontrol adalah perlakuan inokulasi isolat galur lemah saja; **Pada perlakuan inokulasi galur kuat saja (CKB) tanaman diinokulasi terlebih dahulu dengan bufer sebagai pengganti isolat galur lemah; ***Perlakuan kontrol untuk perlakuan inokulasi galur kuat saja (CKB) ialah dengan menginokulasi ChiVMV-CKB pada waktu yang bersamaan dengan kontrol isolat galur lemah.

Proteksi Silang terhadap Produksi Cabai

Bobot buah pada tanaman yang diproteksi dengan ChiVMV galur lemah pada interval waktu 7 hari nyata lebih rendah dibandingkan dengan bobot buah pada tanaman sehat, tanaman yang diinokulasi dengan galur lemah saja, tanaman yang diinokulasi pada interval 14, 21, 28 hari, dan tanaman yang tidak diproteksi (inokulasi dengan galur kuat saja). Namun, tanaman yang diinokulasi pada interval waktu 14, 21, dan 28 hari menghasilkan bobot buah

tidak berbeda nyata dengan bobot buah pada tanaman sehat dan tanaman yang diinokulasi dengan galur lemah saja (Tabel 2).

Tanaman yang diinokulasi dengan galur lemah saja tidak mempengaruhi produksi, hal ini dapat diketahui dari bobot buah yang dihasilkan tidak berbeda nyata dengan tanaman sehat, tetapi berbeda nyata dengan tanaman yang diinokulasi dengan galur kuat ChiVMV-CKB saja (Tabel 2). Sebaliknya semua tanaman yang diinokulasi galur kuat saja memperlihatkan

gejala sangat berat pada waktu tanaman masih muda (Tabel 1) sehingga tanaman sedikit atau bahkan tidak menghasilkan buah dan buah berukuran kecil (Gambar 2). Inokulasi galur kuat ChiVMV-CKB pada berbagai waktu inokulasi menunjukkan bobot buah yang tidak berbeda nyata, tetapi berbeda nyata dengan tanaman sehat.

Efektivitas proteksi silang pada penelitian ini dipengaruhi oleh jenis galur lemah ChiVMV yang digunakan sebagai galur proteksi dan interval waktu inokulasi antara inokulasi

galur lemah dan inokulasi galur kuat. Galur lemah ChiVMV (-KAR, -SPR, -SKT, -CSR, dan -PGL) berhasil melindungi tanaman dari infeksi galur kuat ChiVMV-CKB melalui proteksi silang pada interval waktu inokulasi 7, 14, 21, dan 28 hari. Proteksi silang lebih efektif pada perlakuan galur lemah (-SKT, -CSR, dan -PGL) daripada galur lemah (-KAR dan -SPR). Pada semua perlakuan, proteksi tanaman dari infeksi galur kuat efektif ditunjukkan pada interval waktu mulai 14 hari setelah inokulasi galur lemah (Tabel 1 dan 2).

Tabel 2 Rata-rata bobot buah pertanaman pada berbagai perlakuan interval waktu inokulasi antara galur lemah *Chili veinal mottle virus* dan galur kuat ChiVMV-CKB

Galur ChiVMV	Bobot buah per tanaman (g) pada berbagai interval inokulasi (hari)				
	7	14	21	28	Kontrol
KAR	132.55 c C	186.13 b B	204.56 a A	207.11 a A	213.69 a* A**
SPR	149.70 bc B	209.28 a A	208.05 a A	213.04 a A	241.50 a A
SKT	141.89 bc B	209.94 a A	207.71 a A	210.33 a A	220.49 a A
CSR	160.50 b B	208.22 a A	205.00 a A	208.87 a A	214.86 a A
PGL	157.00 b B	206.95 a A	208.33 a A	210.40 a A	213.83 a A
CKB	2.30 d A	5.43 c A	11.30 b A	13.01 b A	0.53 b A
Tanaman sehat (bufer)	229.80 a A	226.67 a A	224.40 a A	226.76 a A	230.30 a A

*Rata-rata jumlah buah pada masing-masing interval waktu yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda (DMRT 5%); **Rata-rata jumlah buah pada masing-masing interval waktu yang diikuti oleh huruf besar yang sama pada baris yang sama tidak berbeda (DMRT 5%).



Gambar 2 Bentuk buah cabai pada perlakuan interval waktu inokulasi *Chili veinal mottle virus* galur lemah dengan inokulasi galur kuat. a, 28 hari; b, 21 hari; c, 14 hari; d, 7 hari; e, galur lemah saja; f, tanaman sehat; g, galur kuat ChiVMV-CKB saja.

PEMBAHASAN

Galur lemah dapat menekan atau memperlambat ekspresi gejala penyakit cabai yang ditimbulkan oleh galur kuat atau galur kuat masih mampu menunjukkan gejala, tetapi replikasi galur kuat menjadi lebih lambat. Hasil penelitian ini sejalan dengan Kosaka *et al.* (2006) bahwa tanaman yang dilindungi dengan galur lemah lebih lambat menunjukkan gejala dan tingkat ekspresi gejala lebih ringan daripada tanaman ketimun yang hanya diinokulasi dengan ZYMV galur kuat. You *et al.* (2005) melaporkan bahwa galur lemah PRSV HA5-1Wcp3u dapat memproteksi 100% sampai 5 minggu setelah inokulasi galur kuat dan proteksi 97% sampai 6 minggu. Namun, semua tanaman yang diinokulasi dengan galur kuat menunjukkan gejala pada 5 sampai 8 hari setelah inokulasi.

Proteksi silang pada tanaman tomat yang terinfeksi *Pepino mosaic virus* (PepMV) lebih baik hasilnya bila menggunakan galur lemah PepMV-CH2 dibandingkan dengan menggunakan galur lemah PepMV-EU atau -LP (Hanssen *et al.* 2010). Hal yang sama dilaporkan pada PRSV oleh Yeh dan Gonsalves (1984) bahwa galur lemah PRSV-P lebih efisien dibandingkan dengan PRSV-W.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proteksi silang ChiVMV galur lemah, efektif pada interval waktu mulai dari 14–28 hari. Galur lemah ZYMV-WK yang diinokulasi pada 16 dan 22 hari sebelum inokulasi galur kuat ZYMV-S lebih efektif melindungi tanaman *Cucurbita pepo* daripada interval waktu inokulasi 8 hari, tetapi tidak ada proteksi apabila galur kuat diinokulasi 2 hari setelah inokulasi galur lemah (Walkey *et al.* 1992). Menurut Roossinck (2005) pada proteksi silang diperlukan interval beberapa hari setelah virus galur lemah diinfeksi ke tanaman untuk terjadinya proteksi terhadap virus kedua (galur kuat). Adanya interval waktu inokulasi antara galur lemah dan galur kuat menyebabkan keterlambatan munculnya gejala. Interval waktu dapat menyediakan kesempatan untuk perbanyakan dan penyebaran galur lemah yang lebih baik sehingga menyebabkan lebih efisien

dalam melindungi tanaman dibandingkan dengan galur kuat (Bodaghi *et al.* 2004). Interval waktu beberapa hari memungkinkan galur lemah terakumulasi dalam sel terinfeksi dapat berkompetisi dengan galur kuat sehingga dapat mencegah replikasi virus galur kuat (You *et al.* 2005). Adanya mekanisme kompetisi *niche* pada sel yang telah terinfeksi oleh satu virus tidak dapat diinfeksi oleh virus kedua yang sekerabat. Hal ini karena virus yang sekerabat bersaing terhadap faktor inang yang sama untuk digunakan dalam melengkapi siklus hidupnya.

Selain itu tanaman mungkin secara aktif (*host-mediated*) menginduksi respons imunitas spesifik inang seperti PTGS terhadap satu virus (Roossinck 2005). PTGS merupakan mekanisme proteksi silang, tempat proteksi silang dimediasi oleh preaktivasi melalui *RNA-induced silencing complex* (RISC) dengan *small interfering RNA* (siRNA) yang berasal dari RNA virus galur lemah, yang dapat menghambat replikasi virus kuat. Mekanisme lain dari proteksi silang menghalangi *uncoating* virus galur kuat melalui interferensi oleh *coat protein* virus galur lemah (You *et al.* 2005).

Shah *et al.* (2009) melaporkan tanaman cabai yang terinfeksi ChiVMV galur kuat di lapangan menunjukkan pembentukan bunga dan buah menurun atau tanaman yang terinfeksi menjadi tidak berbuah atau ukuran buah menjadi kecil. Begitu juga halnya dengan infeksi ZYMV galur kuat pada tanaman *Cucurbitaceae* (Wang *et al.* 1991).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa produksi buah cabai lebih tinggi pada tanaman yang dilindungi oleh galur lemah ChiVMV dibandingkan dengan tanaman yang diinfeksi galur kuat saja. Hal ini menunjukkan tanaman yang dilindungi dengan galur lemah menghasilkan lebih banyak jumlah buah daripada tanaman yang tidak dilindungi, sementara galur lemah tidak mengurangi bobot buah. Penggunaan galur lemah virus saja—seperti ZYMV-S, ZYMV-WK, ZYMV-2002, ZYMV-M dan GFLV—juga dilaporkan tidak mempengaruhi produksi buah (Kosaka *et al.* 2006; Komar *et al.* 2008; Bonilha *et al.* 2009).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Beasiswa Pendidikan Pascasarjana tahun 2008-2011, atas dukungan tersebut penulis mengucapkan terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

- Asniwita, Hidayat SH, Suastika G, Sujiprihati S, Susanto S, Hayati I. 2012. Eksplorasi galur lemah *Chilli veinal mottle virus* pada pertanaman cabai di Jambi, Sumatera Barat dan Jawa Barat. *J Hort.* 22(2):181–186.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2012. Produksi cabai besar, bawang merah, dan mangga tahun 2011. <http://www.bps.go.id>. [diakses 5 Agu 2012].
- Bodaghi S, Matthews DM, Dodds JA. 2004. Natural incidence of mixed infection and experimental cross protection between two genotypes of *Tobacco mild green mosaic virus*. *Phytopathology.* 94(12):1337–1341. DOI: <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO.2004.94.12.1337>.
- Bonilha E, Gioria R, Kobori RF, Vecchia PTD, Piedade SMS, Rezende JAM. 2009. Yield of varieties of *Cucurbita pepo* preimmunized with mild strains of *Papaya ringspot virus*-type W and *Zucchini yellow mosaic virus*. *Sci Agric.* 66(3):419–424. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162009000300019>.
- Hanssen IM, Gutierrez-Aguirreb I, Paelemana A, Goenc K, Wittemansd L, Lievensae B, Vanachtera ACRC, Ravnikarb M, Thommaf BPHJ. 2010. Cross-protection enhanced symptom display in greenhouse tomato co-infected with different *Pepino mosaic virus* strains. *Plant Pathol.* 59:13–21. DOI: [10.1111/j.1365-3059.2009.02190.x](http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3059.2009.02190.x).
- Hu JS, Sether DM, Liu XP, Wang M. 1997. Use the tissue blotting immunoassay to examine the distribution of *Pineapple closterovirus* in Hawaii. *Plant Dis.* 81:1150–1154. DOI: <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS.1997.81.10.1150>.
- Komar V, Vigne E, Demangeat G, Lemaire O, Fuchs M. 2008. Cross-protection as control strategy against *Grapevine fanleaf virus* in naturally infected vineyards. *Plant Dis.* 92(12):1689–1694. DOI: <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-92-12-1689>.
- Kosaka Y, Ryang BS, Kobori T, Shiomi H, Yasuhara H, Kataoka M. 2006. Effectiveness of an attenuated *Zucchini yellow mosaic virus* galur for cross protecting cucumber. *Plant Dis.* 90(1):67–72. DOI: <http://dx.doi.org/10.1094/PD-90-0067>.
- Roossinck M. 2005. Symbiosis versus competition in plant virus evolution. *Microbiology.* 3:917–924. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/nrmicro1285>.
- Shah H, Khalid S, Ahmad I. 2001. Prevalence and distribution of four pepper viruses in Sindh, Punjab and North west frontier province. *Bio Sci.* 1(4):214–217.
- Shah H, Yasmin T, Fahim M, Hameed S, Haque MI. 2009. Prevalence, occurrence and distribution of *Chilli veinal mottle virus* in Pakistan. *Pak J Bot.* 41(2):955–965.
- Syukur M, Sujiprihati S, Yuniarti R, Kusumah DA. 2010. Evaluasi daya hasil cabai hibrida dan daya adaptasinya di empat lokasi dalam dua tahun. *J Agron Indones.* 38(1):43–51.
- Walkey DGA, Lecoq H, Collier R, Dobson S. 1992. Studies of control of *Zucchini yellow mosaic virus* in courgettes by mild galur protection. *Plant Pathol.* 41:762–771. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3059.1992.tb02560.x>.
- Wang HL, Gonsalves D, Provvidenti R, Lecoq HL. 1991. Effectiveness of cross protection by a mild galur of *Zucchini yellow mosaic virus* in cucumber, melon, and squash. *Plant Dis.* 75(2):203–207. DOI: <http://dx.doi.org/10.1094/PD-75-0203>.
- Yeh SD, Gonsalves D. 1984. Evaluation of induced mutants of *Papaya ringspot virus* for control by cross protection. *Phytopathology.* 74(9):1086–1091. DOI: <http://dx.doi.org/10.1094/Phyto-74-1086>.
- You BJ, Chiang CH, Chen LF, Su WC, Yeh SD. 2005. Engineered mild strains of *Papaya ringspot virus* for broader cross protection in cucurbits. *Phytopathology.* 95(5):533–

540. DOI: <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-95-0533>.

Ziebell H, Payne T, Berry JO, Walsh JA, Carr JP. 2007. A *Cucumber mosaic virus* mutant lacking the 2b counter-defence protein gene provides protection against wild type

strains. *J Gen Virol.* 88:2862–2871. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/srep00187>.