

Teknologi peningkatan ketahanan betik terhadap serangan patogen mati rosot betik melalui aplikasi bahan kimia dan protein rekombinan

(Technology to improve papaya defence against papaya dieback pathogen via application of chemicals and recombinant proteins)

Norliza Abu Bakar, Rafidah Badrun, Mohd Zulfadli Sohaime dan Mohd Waznul Adly Zaidan

Industri betik Malaysia dan kekangannya

Buah-buahan tempatan seperti betik, pisang, durian, manggis dan tembikai mempunyai permintaan yang tinggi sama ada di pasaran tempatan mahupun antarabangsa. Buah betik antara yang menjadi pilihan kerana dapat terus dimakan secara segar oleh penggemarnya dan mempunyai khasiat yang tinggi kerana kaya dengan vitamin B2, C dan beta karotena. Selain dipasarkan di Malaysia, industri betik kini berjaya menembusi pasaran luar negara dengan adanya betik hibrid Eksotika yang berjaya dihasilkan oleh penyelidik MARDI. Pasaran eksport semasa betik Malaysia ialah Singapura, Hong Kong, Timur Tengah dan Eropah. Ia semakin berkembang pesat dengan peningkatan eksport terutamanya ke Hong Kong dan Singapura. Pasaran eksport ini dijangka akan dapat diperluaskan ke China, USA, Jepun, Australia, New Zealand dan Rusia, sekiranya kerajaan Malaysia berjaya meningkatkan aktiviti promosi dan pengeluaran betik pada masa akan datang. Pada tahun 2001, Malaysia menyumbang sebanyak 60,000 tan ataupun 1.33% pengeluaran betik dunia dengan menduduki tangga ke-15. Indonesia, Thailand dan Filipina merupakan saingan terdekat di peringkat Asia Tenggara dengan masing-masing menyumbang sebanyak 10.39, 2.63 dan 1.71% pengeluaran betik dunia dengan kedudukan pada tangga ke-5, 9 dan 13 (Pelan Pemasaran Komoditi Betik, Jabatan Pertanian).

Penyakit mati rosot betik (*Papaya Dieback Disease*) telah menyebabkan kemusnahan hampir satu juta pokok yang meliputi 800 hektar daripada 2,100 hektar tanaman betik di negara ini. Penyakit ini mula dikesan di Batu Pahat, Johor pada tahun 2003 dan seterusnya merebak ke kawasan ladang betik komersial di sekitar Perak, Selangor, Negeri Sembilan, Melaka, Kedah dan Pahang. Menjelang akhir tahun 2006, penyakit ini telah merebak ke lima negeri pengeluar betik yang lain di pantai barat Semenanjung Malaysia. Penyakit mati rosot betik telah dikenal pasti disebabkan oleh sejenis bakteria gram negatif yang dikenali sebagai *Erwinia mallotivora*. Penyakit ini bukan sahaja menjejaskan reputasi Malaysia sebagai pengeksport utama betik, malah menjejaskan pendapatan peladang dan petani.

Pengawalan penyakit mati rosot betik

Banyak usaha telah dilakukan bagi menangani penyakit mati rosot betik, namun begitu mekanisme yang efektif untuk mengawal jangkitan penyakit dan penularannya masih belum berjaya ditemui. Pengurangan jangkitan oleh patogen daripada satu plot kepada plot yang lain hanya boleh dicapai dengan memusnahkan pokok betik yang dijangkiti serta melalui amalan tanaman secara giliran. Penghasilan satu varieti betik yang rintang terhadap serangan bakteria penyakit mati rosot betik mungkin merupakan salah satu alternatif terbaik bagi mempertahankan industri betik Malaysia agar sentiasa mampan. Proses penilaian dan penyaringan janaplasma bagi mencari varieti betik yang rintang ini merupakan salah satu pendekatan yang menyeluruh serta boleh diguna pakai untuk menyelesaikan masalah ini.

Pengawalan penyakit mati rosot betik ini perlu dilakukan bagi mengekang penyebaran patogen ini secara besar-besaran. Beberapa langkah interim telah diambil bagi tujuan tersebut. Antaranya adalah dengan mengamalkan pengurusan dan pengendalian ladang betik yang sistematik. Dalam amalan penanaman betik yang sistematik, langkah-langkah seperti menghadkan kenderaan memasuki kawasan ladang dilakukan kerana ditakuti tayar kenderaan akan membawa tanah yang mengandungi patogen dan akhirnya menyebabkan penyebaran penyakit berlaku. Peralatan ladang dan pakaian pekerja ladang juga hendaklah dibasuh selepas digunakan. Selain itu, pengawasan perlu dilakukan setiap hari dengan membuang dan memusnahkan pokok yang disyaki berpenyakit di ladang yang diusahakan. Mengikut Seksyen 11, Akta Kuarantin Tumbuhan 1976, petani/peladang dikehendaki memusnahkan segera benih dan anak pokok betik di tapak semaian dan ladang sekiranya diserang penyakit ini. Manakala menurut Seksyen 18, Akta Kuarantin Tumbuhan 1976, petani/peladang yang enggan memusnahkan tanaman betik yang diserang oleh penyakit mati rosot boleh disabitkan kesalahan di mahkamah dan dikenakan denda tidak lebih RM10,000.00.

Racun serangga juga boleh disembur bagi mengawal serangga vektor daripada menyebarkan bakteria kepada pokok dan racun kulat berasaskan kuprum pula boleh digunakan untuk mengurangkan kesan jangkitan. Ladang perlu dibersihkan secara berkala daripada rumpai kerana dikhuatiri boleh menjadi perumah alternatif kepada bakteria patogen ini. Di samping itu, biji benih betik yang digunakan juga perlu dipastikan bebas penyakit dan diperolehi daripada sumber yang boleh dipercayai. Selain itu, sistem saliran dan perparitan ladang perlu dipantau bagi memastikan risiko ladang betik untuk dijangkiti oleh patogen mati rosot betik ini dapat dikurangkan.

Strategi pengawalan penyakit mati rosot melalui kerintangan perolehan sistemik (*systemic acquired resistance /SAR*)

Secara semula jadinya, tumbuh-tumbuhan mempunyai dua lapisan sistem imuniti atau pertahanan bagi menghadapi serangan patogen. Lapisan pertama pertahanan tumbuhan dicetuskan oleh tindak balas imuniti atau “pathogen triggered immunity” (PTI) yang dicapai melalui pengenalpastian molekul “patogen recognition system” (PRS) daripada patogen oleh reseptor tumbuhan yang berada di bahagian *trans-membran* tumbuhan. Apabila patogen bertindak balas menyekat pertahanan asas atau pertahanan pertama ini, tumbuh-tumbuhan akan mengatur sistem pertahanan kedua iaitu melalui penghasilan gen rintang yang mengekodkan protein tertentu bagi bertindak balas dengan efektor patogen. Mekanisme ini dikenali sebagai pencetus imuniti efektor [*Effector triggered Immunity (ETI)*] yang mengaktifkan gen-gen kerintangan dan tindak balas hipersensitif (HR) di tapak jangkitan. Hasilnya, beberapa isyarat transduksi untuk pengaktifan pertahanan tumbuhan akan diaktifkan. Hormon-hormon seperti asid salisilik (SA), asid jasmonik (JA) dan etilena (ET) ini memainkan peranan sebagai molekul isyarat bagi pengaktifan tindak balas pertahanan tumbuhan terhadap patogen.

Berdasarkan mekanisme pertahanan tumbuhan ini, saintis telah mengenal pasti satu teknologi di mana sistem pertahanan tumbuhan boleh dimanipulasi untuk melawan patogen. Teknologi ini telah digunakan di MARDI sebagai salah satu langkah pencegahan alternatif dan berdaya maju untuk mengawal penyakit mati rosot betik. Teknologi ini berasaskan mekanisme yang dikenali sebagai ‘*Sistemic Acquired Resistance*’ atau SAR. SAR merupakan satu fenomena di mana tumbuhan mengaktifkan mekanisme pertahanannya dengan kesan yang berpanjangan bawah pengaruh agen biologi, mikroorganisma atau bahan kimia sebagai pencetus. SAR dapat memberi kekebalan atau imuniti kepada spektrum patogen yang luas dan boleh meningkatkan kerintangan terhadap jangkitan berikutnya walaupun disebabkan oleh patogen yang berbeza. SAR bertindak secara sistematik untuk melindungi tumbuh-tumbuhan dengan merangsang tindak balas yang lebih cepat dan efisien/pantas apabila dijangkiti oleh patogen lain yang boleh menyebabkan penyakit.

Secara amnya, antara ciri-ciri SAR adalah seperti yang berikut:

1. Sistem kerintangan sistemik yang dipertingkatkan.
2. Menyebabkan peningkatan pengumpulan dalaman asid salisilik (SA).
3. Boleh dicetuskan oleh aplikasi luaran SA atau molekul berkaitan seperti benzo (1,2,3) thiadiazole-7-carbothioic asid S-metil ester (BTH) atau 2,6-dichloroisonicotinic asid (INA).
4. Mempunyai hubung kait dengan pengekspresan gen yang berkaitan dengan pertahanan tumbuhan (Gen PR), termasuk gen-gen PR1, kitinase, peroksidase dan osmotin.

Terdapat pelbagai pencetus atau bahan kimia seperti oligosakarida, glikoprotein, peptida dan asid salisilik serta bahan yang berasaskannya yang telah dilaporkan mempunyai keupayaan untuk mencetuskan dan mengaktifkan SAR dalam tumbuhan. Ini seterusnya akan membawa kepada peningkatan pertahanan tumbuhan terhadap serangan penyakit. Antara bahan kimia utama yang boleh mencetuskan SAR ialah asid salisilik (SA) dan kompaun pencetus acibenzolar-S-Methyl (ASM), asid β -aminobutirik (BABA), asid 2,6-dikloroisoinikotinic (INA) atau benzo (1,2,3) thiadiazole-7-carbothioic asid S-metil ester (BTH). SAR juga boleh diaktifkan melalui aplikasi SA secara eksogenous atau melalui aplikasi analog berfungsi SA seperti benzothiadiazole (BTH) dan asid 2,6-dikloroisoinikotinic (INA). Pencetus kimia telah berjaya digunakan untuk meningkatkan pertahanan pokok terhadap beberapa penyakit seperti hawar tomato dan lada serta serangan bakteria *Pseudomonas solanacearum* pada tomato di rumah hijau dan di lapangan. Selain itu, perlindungan sistemik tumbuhan turut diperolehi melalui penggunaan patogen yang telah dilemahkan iaitu patogen avirulen atau patogen yang tidak aktif.

Pengaktifan SAR sering dikaitkan dengan peningkatan aras asid salisilik serta pengaktifan dan pengekspresan gen atau protein yang dikenali sebagai protein berkaitan patogenesis (PR). Antara gen/protein PR yang terkandung dalam kumpulan ini termasuk PR1, glukanasase β -1,3 (PR2), kitinase (PR3), PR4, osmotins (PR5) dan PR10. Sumbangan dan pengekspresan gen PR tertentu atau gen dan protein berkaitan SAR boleh dijadikan sebagai penanda berguna untuk SAR. Gen atau protein ini selalunya ialah gen yang mempunyai ciri-ciri kerintangan terhadap penyakit dan merupakan salah satu gen pertahanan tumbuhan. Oleh itu, ia berpotensi digunakan dalam strategi perlindungan tanaman terhadap serangan perosak melalui aplikasi kejuruteraan genetik.

Pendekatan bioteknologi untuk meningkatkan pertahanan tumbuhan melalui SAR di MARDI

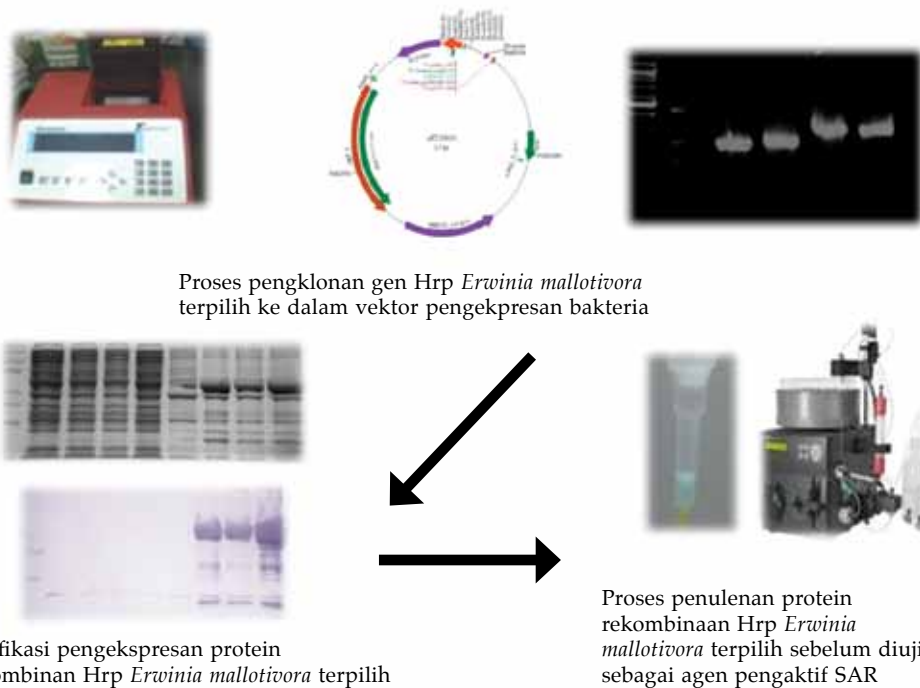
Kajian SAR betik telah mencadangkan satu pendekatan dalam pembangunan teknologi alternatif dan strategi baru perlindungan tanaman terhadap penyakit. Memandangkan kaedah ini berpotensi dalam pengurusan penyakit tumbuhan, maka kerja-kerja penyelidikan bagi mengeksploitasi kemungkinan penggunaan SAR untuk mengawal penyakit mati rosot betik sebagai sistem model terhadap patogen betik yang lain perlu diberi perhatian. Di MARDI, penyelidikan berasaskan SAR sama ada yang melibatkan pengenalanpastian agen pengaktif SAR atau gen-gen yang memainkan peranan sebagai pertahanan dalam tumbuhan dan gen-gen sebagai penanda pengaktifan SAR telah diterokai. Antara bahan pengaruh SAR yang telah diuji ialah bahan kimia seperti asid salisilik, riboflavin, acibenzolar-S-Methyl (ASM), asid 2-6-dikloroisoinikotinic (INA), probenazole dan methyl jasmonate. Perlindungan tumbuhan terhadap patogen melalui mekanisme sistemik rintangan (SAR) juga boleh diperolehi

melalui penggunaan protein daripada patogen itu sendiri. SAR boleh diaktifkan melalui aplikasi luaran protein daripada mikroorganisma. Aplikasi protein ini akan turut menyebabkan pengaktifan dan peningkatan pengekspresan gen-gen atau protein berkaitan patogenesis (*pathogenesis related gene and protein / PR*) daripada tumbuhan.

Di MARDI, selain penggunaan bahan kimia, protein rekombinan daripada *Erwinia mallotivora* juga telah diuji kesannya terhadap peningkatan pertahanan tumbuhan melalui mekanisme SAR. Genom *Erwinia mallotivora* telah diujuk sepenuhnya dan dalam proses pencirian oleh sekumpulan penyelidik di MARDI. Analisis bioinformatik telah digunakan bagi mengenal pasti gen-gen yang berkemungkinan berfungsi sebagai faktor virulen, toksin atau patogenesis. Bagi pengaktifan SAR menggunakan protein pula, protein Harpins (Hrp) daripada bakteria patogenik tumbuhan gram negatif adalah antara pilihan utama agen pengaruh SAR. Jujukan gen Hrp terpilih ini telah diperolehi daripada projek penjujukan penuh genom *Erwinia mallotivora*. Protein Hrp adalah sekumpulan protein yang kaya dengan asid amino glisina, stabil haba dan dirembeskan melalui sistem rembesan jenis III (*Type III Secretion System*). Protein ini dapat memberi tindak balas pertahanan dan mengaktifkan gen-gen pertahanan tumbuhan bagi meningkatkan toleransi tumbuhan terhadap patogen.

Untuk mengkaji kesan protein rekombinan dalam meningkatkan imuniti betik melalui tindak balas SAR, proses pengklonan gen Hrp daripada *Erwinia mallotivora* ke dalam vektor terpilih telah dijalankan untuk menghasilkan protein Hrp rekombinan. Sistem bakteria telah dipilih untuk mengekspreskan protein Hrp terpilih iaitu menggunakan gen yang mengekodkan protein Hrp daripada *Erwinia mallotivora*. Gen yang mengekodkan protein-protein ini telah diklonkan dalam vektor pengekspresan bakteria, Pet-20b (+). Proses pengekspresan gen Hrp terpilih dalam Pet-20b (+) diaktifkan oleh isopropyl-beta-D-thiogalactopyranoside (IPTG). Protein rekombinan yang terhasil telah dicerap melalui gel SDS- poliakrilamid dan juga telah menggunakan kaedah penjerapan Western. *Gambar 1* menunjukkan proses penghasilan protein rekombinan Hrp terpilih dalam sistem bakteria. Ia dimulakan dengan tindak balas PCR untuk mengamplifikasi gen Hrp terpilih, diikuti dengan pengklonan dalam vektor pengekspresan, transformasi ke dalam sel *E. coli* yang bersesuaian, pencerapan protein dan seterusnya penulenan protein rekombinan.

Rawatan pencetus dan pemerhatian telah dijalankan untuk menilai kesan bahan kimia dan protein rekombinan sebagai agen pengaruh SAR kepada pertumbuhan tanaman betik. Kajian yang dijalankan di rumah jaring ini menggunakan aplikasi semburan protein rekombinan dan bahan-bahan kimia yang berbeza. Selepas aplikasi, *Erwinia mallotivora* telah diinokulasi ke atas semua anak pokok yang telah menjalani rawatan aruhan. Di samping itu, pokok betik yang tidak dirawat dengan bahan kimia atau protein



Gambar 1. Proses penghasilan protein rekombinan sebelum diuji sebagai agen pengaruh SAR

rekombinan turut diinokulasi dan dijadikan sebagai kawalan eksperimen. Untuk mengetahui tahap jangkitan *Erwinia mallotivora*, gejala penyakit berdasarkan skala 0, simptom; 1, menguning daun sedikit; 2, daun kuning dan sedikit layu; 3, daun layu dan jatuh 4, daun dan batang layu serta jatuh; dan 5, mati telah diguna pakai.

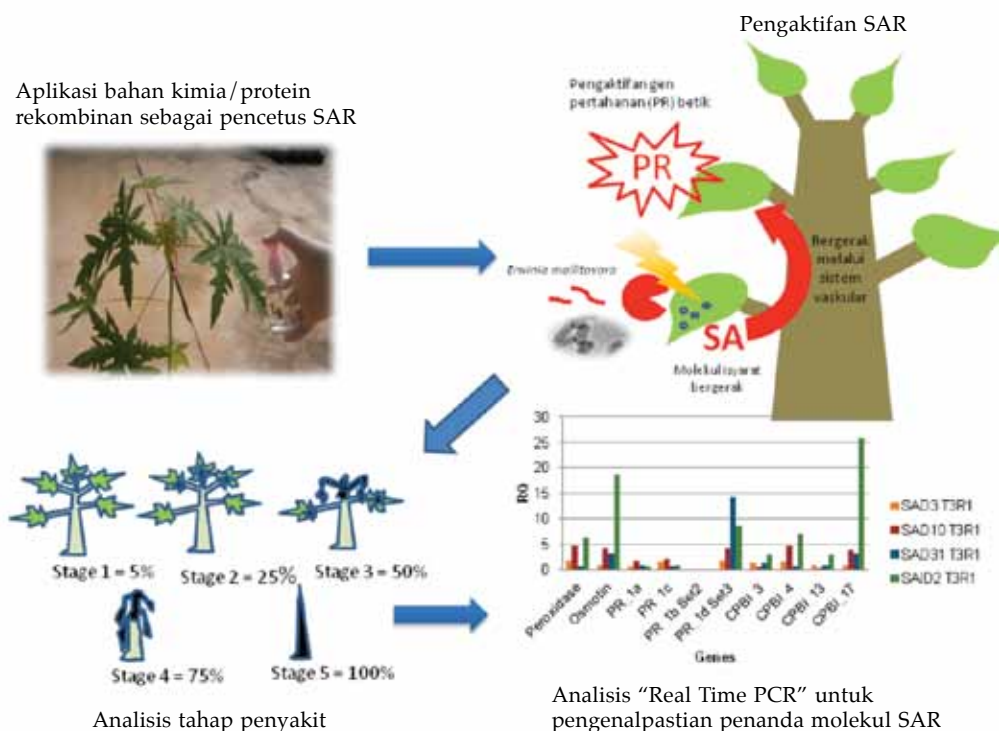
Kesan rawatan kimia bersama patogen yang diinokulasi telah dinilai menggunakan enam pengaruh SAR sintetik iaitu asid salisilik, riboflavin, asid isonicotinoik, probenazole, methyl jasmonat dan asid 2,6-dichloropyridine-4-karboksilik. Penilaian awal menunjukkan semua tumbuh-tumbuhan yang dirawat akhirnya mati. Walau bagaimanapun, terdapat perbezaan pada masa tumbuh-tumbuhan yang telah dirawat menunjukkan gejala simptom penyakit mati rosot betik terutamanya selepas aplikasi asid salisilik dan aplikasi riboflavin. Ini menunjukkan bahawa terdapat peningkatan pada tahap toleransi terhadap patogen selepas aplikasi asid salisilik dan riboflavin. Penggunaan Probenazole bagaimanapun telah menunjukkan sedikit perubahan warna pada daun pokok betik manakala penggunaan methyl jasmonat dan 2,6-dichloropyridine-4-karboksilik pula membawa kepada perubahan pada morfologi tumbuhan dan fizikal tumbuhan, menjadikan ia tidak sesuai digunakan untuk kajian selanjutnya. Penggunaan protein rekombinan Hrp turut menunjukkan peningkatan toleransi betik terhadap serangan patogen mati rosot betik.

Penyelidikan berkaitan pengaktifan pertahanan tumbuhan oleh agen kimia atau patogen avirulen melalui mekanisme SAR sering disertai dengan penyelidikan berkaitan penanda molekul yang boleh digunakan untuk pengenalpastian molekul tumbuhan yang terlibat dalam pengaktifan mekanisme SAR. Pemilihan penanda SAR adalah berdasarkan peningkatan dan pengekspresan berterusan gen-gen selepas aruhan dengan bahan pengaruh SAR. Kajian yang dijalankan menunjukkan antara gen-gen yang berpotensi dibangunkan sebagai penanda SAR dalam betik ialah gen PR1a, PR1b, PR1d dan osmotin.

Secara amnya, ringkasan keseluruhan aktiviti yang terlibat dalam pembangunan teknologi bagi meningkatkan ketahanan pokok betik terhadap serangan patogen mati rosot betik melalui aplikasi bahan kimia dan protein rekombinan boleh digambarkan melalui *Gambar rajah 1*.

Hala tuju penyelidikan berasaskan SAR

Aktiviti penyelidikan ini dimulakan untuk mengkaji kesan bahan kimia dan protein rekombinan dalam memberikan perlindungan sistemik bagi mewujudkan model biologi SAR menggunakan pokok betik di samping mendalami mekanisme SAR dalam penyakit mati rosot betik. Ini merupakan satu daripada pelbagai strategi yang telah diambil untuk menangani penyakit mati rosot betik di MARDI. Kajian ini juga bertujuan untuk membangunkan



Gambar rajah 1. Proses penyaringan dan pengesahan sebatian kimia atau protein rekombinan sebagai agen pengaruh SAR di MARDI

kaedah baru melalui pendekatan berasaskan mekanisme SAR yang berkesan dan mesra alam dalam pengurusan penyakit mati rosot betik. Maklumat yang diperolehi daripada kajian ini boleh menentukan jumlah optimum pencetus kimia terpilih yang mampu memberikan perlindungan maksimum dalam usaha mengawal penyakit mati rosot betik. Pencirian gen patogenesis yang berkaitan juga telah meningkatkan pemahaman tentang pertahanan betik. Penggunaan penanda molekul berkaitan SAR ini boleh dijadikan sebagai kaedah untuk memudahkan penilaian bagi tujuan rawatan ataupun pencegahan penyakit, di samping dapat membantu dalam mengenal pasti gen yang mengawal SAR bagi manipulasi tumbuh-tumbuhan untuk pengaktifan SAR. Seterusnya, pencetus kimia sama ada bahan kimia atau protein rekombinan akan diuji keberkesanannya dalam meningkatkan toleransi betik terhadap serangan patogen penyakit mati rosot betik melalui peningkatan pengekspresan gen-gen pertahanan betik. Formulasi berasaskan sebatian kimia dan protein rekombinan tertentu juga akan diuji kesannya ke atas pengaktifan SAR pada pokok betik. Profil pengekspresan gen-gen berkaitan patogenesis yang turut dikaitkan dengan daya tahan penyakit boleh diaplikasikan sebagai penanda molekul bagi pengaktifan SAR dan amat berguna pada masa hadapan. Penanda molekul yang dikaji ini dijangka dapat digunakan untuk menyaring betik yang mungkin rintang terhadap penyakit ini. Pemindahan teknologi SAR yang dihasilkan ini boleh dipindahkan kepada petani untuk digunapakai bagi meningkatkan keberkesanan pengurusan penyakit tanaman di ladang mereka.

Penghargaan

Penulis ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi (MOSTI) dan MARDI atas penganugerahan geran penyelidikan Sciencefund RB5042SF10 dan dana pembangunan MARDI P270. Sekalung budi dan ucapan penghargaan juga ditujukan kepada semua kolaborator dan kakitangan sokongan di Pusat Penyelidikan Bioteknologi khususnya serta kakitangan MARDI Pontian khususnya En. Khairul Anuar yang telah memberi nasihat dan membekalkan biji betik Eksotika untuk tujuan penyelidikan.

Bibliografi

- Anastasia, P.T., Skandalis, N., Anastasia, D.G., Marina, N.B., Sarris, P.F., Spyridoula, N.C., Michael, K. dan Nickolas, J.P. (2010). Playing the "Harp": evolution of our understanding of *hrp/hrc* Genes. *Annual Review of Phytopathology* Vol. 48: 347 – 370
- Anon. (2009). Penyakit mati rosot betik. Diperoleh dari http://www.moa.gov.my/web/guest/penyakit_mati_rosot_betik
- Choi, M.S., Heu, S., Chon, P.N., Jong, K.H., Sook Lee, J. dan Sik Oh, C. (2012). Expression of *hpa1* gene encoding a bacterial harpin protein in *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* enhances disease resistance to both fungal and bacterial pathogens in rice and arabidopsis. *The Plant Pathology Journal* Vol. 28: 364 – 372

- Koné, D., Csinos, A.S., Jackson, K.L. dan Ji, P. (2009). Evaluation of systemic acquired inducers for control of *Phytophthora capsici* on squash. *Crop Protection* 28: 533 – 538
- Liu, R., Lü, B., Wang, X., Zhang, C., Zhang, S., Qian, J., Chen, J., Shi, H. dan Dong, H. (2010). Thirty-seven transcription factor genes differentially respond to a harpin protein and affect resistance to the green peach aphid in Arabidopsis. *Journal of Biosciences* Vol. 35: 435 – 450
- Maktar, N.H., Kamis, S., Mohd Yusof, F.Z. dan Hussain, N.H. (2008). *Erwinia papayae* causing papaya dieback in Malaysia. *Plant Pathology* 57(4): 774 – 774
- Noriha, A., Hamidun, B. dan Indu, B. (2011). *Erwinia mallotivora* sp. a new pathogen of papaya (*Carica papaya*) in Peninsular Malaysia. *Int J. Mol Sci.* 12(1): 39 – 45
- Qiu, D., Mao, J., Yang, X. dan Zeng, H. (2009). Expression of an elicitor-encoding gene from Magnaporthe grisea enhances resistance against blast disease in transgenic rice. *Plant Cell Reports* Vol. 28: 925 – 933
- Rabu, M.R. dan Mat Lin, R. (2005). Prospect of papaya in the world market: Malaysia perspective. *Proceeding of First International Symposium on Papaya*, 22 – 24 November 2005, Genting Highlands, Malaysia
- Van Loon, L.C., Rep, M., Pieterse, C.M.J. (2006). Significance of inducible defense-related proteins in infected plants. *Ann. Rev. Phytopath* 44: 135 – 162

Ringkasan

Betik merupakan buah yang sangat berkhasiat dan mempunyai pasaran luas sama ada di peringkat domestik mahupun antarabangsa. Betik mempunyai kepentingan ekonomi yang besar di Malaysia. Pada satu masa dahulu, Malaysia merupakan salah satu negara pengeksporth betik utama dengan menguasai 21% pasaran dunia. Walau bagaimanapun, pengeluaran betik di Malaysia menghadapi ancaman utama penyakit mati rosot betik oleh bakteria patogen yang menyebabkan penurunan dalam penanaman dan pengeluaran betik. Walaupun penyakit mati rosot ini merupakan salah satu faktor utama yang mengehadkan pengeluaran betik di Malaysia, pengetahuan mengenai mekanisme pengawalan jangkitan penyakit dan cara ia merebak adalah amat terhad/sedikit. Pengurangan jangkitan oleh patogen dari satu plot ke plot yang lain hanya boleh dicapai dengan memusnahkan tumbuhan yang dijangkiti dan juga amalan kitaran tanaman serta melalui pelaksanaan sistem perladangan yang baik. Teknologi berasaskan kerintangan perolehan sistemik atau SAR sedang diimplementasi di MARDI bagi meningkatkan pertahanan pokok betik semasa serangan patogen penyakit mati rosot betik. Kaedah ini dihasilkan melalui aplikasi foliar samada bahan kimia atau protein rekombinan bakteria. Hasil kajian menunjukkan bahawa terdapat peningkatan tahap toleransi terhadap patogen selepas aplikasi bahan kimia dan protein rekombinan terpilih. Kajian yang dijalankan juga berjaya memperoleh penanda molekul yang berfungsi untuk mengenal pasti pengaktifan mekanisme SAR.

Summary

Papaya is an extremely nutritious fruit that has a broad market either domestically or internationally. Papaya is of great economic importance in Malaysia. Previously Malaysia was one of the main exporters of papaya and dominated 21% of the overall world market share. However, papaya production in Malaysia is facing a major threat from pathogenic bacteria that cause papaya dieback disease and resulted in the decline of papaya production. While papaya dieback is one of the most important factors that limit the production of papaya in Malaysia, little is known about the mechanism to control the infection and spread of the diseases. Reduction

of infections by pathogens from one plot to another can be achieved by destructing the infected plants, practice crop rotation and the implementating of good agricultural practice. Systemic acquired resistance or SAR is being implemented in MARDI to enhance its effectiveness in increasing papaya defense during the papaya dieback pathogen attack. This technology is implemented through the foliar application of either selected chemical or recombinant proteins of papaya trees. Results obtained have shown an increase in the level of tolerance towards pathogen after the selection of the chemical and recombinant protein. This study also managed to characterise the potential molecular markers that can be used to identify the activation mechanism of the SAR.

Pengarang

Norliza Abu Bakar

Pusat Penyelidikan Bioteknologi dan Nanoteknologi, Ibu Pejabat MARDI, Serdang,
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

E-mel: lizaab@mardi.gov.my