

Teknologi pembaikbakaan nangka: Kaedah penghibridan melalui pendebungaan berbantu (Jackfruit breeding technology: hybridization method through assisted-pollination)

Noor Baiti Abdul Aziz, Maimun Tahir, Rozlaily Zainol,
Nor Hazlina Mat Sa'at dan Mohamad Zaki Razali

Pengenalan

Dasar Agromakanan Negara 2.0 (DAN 2.0) telah memfokuskan kepada beberapa aspek penting dalam menangani isu keterjaminan bekalan makanan negara. Salah satu matlamat utama yang digariskan ke atas tanaman buah-buahan adalah dengan penghasilan varieti baharu yang berkualiti, berhasil tinggi dan rintang penyakit. Beberapa perkara telah digariskan bagi mencapai dasar ini yang melibatkan peningkatan kadar sara diri (SSR) negara, memperluas pasaran eksport semasa serta pengurangan kadar kebergantungan import kepada buah-buahan dari luar negara.

Nangka merupakan antara tanaman buah-buahan tumpuan yang dipilih dalam merealisasikan hasrat kerajaan ini. Walaupun SSR nangka telah tercapai iaitu sebanyak 119.9%, namun tanaman ini dilihat sebagai tanaman berpotensi untuk laluan pasaran eksport, terutamanya ke negara China. Selari dengan hasrat dan matlamat tersebut, MARDI sebagai sebuah institusi yang telah diberi mandat untuk menjalankan penyelidikan dan kemajuan (R&D) dalam pertanian telah mengambil langkah menjalankan usaha melalui program pembaikbakaan nangka sejak DAN yang pertama lagi.

Kadar pengeluaran nangka pada tahun 2021 adalah sebanyak 41,047 tan metrik dengan nilai pengeluaran sebanyak RM77.2 juta. Manakala, keluasan kawasan bertanam pula meningkat kepada 5,074 hektar berbanding dengan tahun-tahun sebelumnya. Ini menunjukkan nangka Malaysia sebagai komoditi yang berdaya saing setanding varieti/klon dari negara pengeluar utama yang lain seperti India, Bangladesh dan Thailand. Di Malaysia, Pahang merupakan kawasan penanaman nangka paling luas (1,804 hektar) dengan kadar pengeluaran 8,597 tan metrik iaitu kedua tertinggi selepas Negeri Sembilan (633 hektar) yang mengeluarkan 10,616 tan metrik buah. Manakala Johor pula merupakan pengeluar ketiga tertinggi dengan kadar pengeluaran buah 7,680 tan metrik di 546 hektar kawasan penanaman nangka. Klon nangka J33 merupakan antara klon nangka komersial yang paling digemari dan banyak ditanam di Malaysia kerana kualiti buah yang sangat rangup dan manis berbanding dengan klon-klon lain seperti Mantin, Mastura, Hong dan Subang. Sehingga kini, penggunaan per kapita nangka di Malaysia adalah sebanyak 1.6 kg/orang setahun kerana rasanya yang enak dan manfaat

nutrisinya yang tinggi jika dimakan segar selain mudah diolah dalam masakan.

Sesuai ditanam di kawasan beriklim tropika, nangka dikategorikan sebagai tanaman yang tidak bermusim dan boleh berbuah sepanjang tahun. Nangka banyak dieksport ke Singapura, Hong Kong dan Timur Tengah selain berpotensi untuk dipasarkan ke China, Taiwan, Jepun dan Korea. Malaysia mengeksport 5,650 tan metrik buah nangka bernilai RM15.03 juta pada 2020 dan meningkat kepada 7,620 tan metrik buah bernilai RM18.5 juta pada 2021. Faktor kualiti dan fitosanitasi memainkan peranan penting dalam perluasan pasaran eksport nangka negara. Selain itu, bagi imbalan perdagangan Malaysia juga mengimport buah nangka sebanyak 227 tan metrik dengan nilai RM312 ribu pada tahun 2020.

Program pembaikbakaan nangka

Nangka atau nama saintifiknya *Artocarpus heterophyllus* Lam. tergolong dalam famili Moraceae yang terdiri daripada 40 genera dan lebih daripada 1,200 spesies. Antara spesies tanaman lain yang tergolong dalam keluarga sama dengan nangka ialah sukun (*Artocarpus altilis*), cempedak (*Artocarpus integer*) dan marang/tarap (*Artocarpus odoratissimus*). Nangka merupakan tanaman tetraploidi iaitu $2n = 4x$ dengan mempunyai sebanyak 56 bilangan kromosom. Pembaikbakaan adalah sangat penting bagi sesuatu tanaman dan berperanan dalam menambah baik ciri kualiti buah-buahan sedia ada selain meningkatkan hasil dan kerintangan terhadap faktor biotik (perosak dan penyakit) atau abiotik (persekitaran). Program pembaikbakaan nangka telah bermula di MARDI sejak tahun 1990-an lagi melalui aktiviti pengumpulan aksesori dan penilaian koleksi janaplasm nangka dari pelbagai lokasi dari dalam dan luar negeri. Pemilihan induk-induk nangka berpotensi telah dikenal pasti dan diberi tumpuan ke arah matlamat pembangunan hibrid baharu nangka secara terancang dan sistematik. Ini kerana penggunaan induk nangka yang bersifat poliploidi atau kromosom berganda dapat meningkatkan variasi dalam takungan genetik atau titisan progeni nangka F_1 yang dihasilkan.

Kaedah penghibridan/hibridisasi

Pada tahun 2012, program pembaikbakaan nangka secara konvensional telah dilaksanakan dengan intensif di MARDI Kluang, Johor melalui kaedah penghibridan. Hibridisasi merupakan kaedah penghasilan hibrid baharu sesuatu tanaman melalui kombinasi antara dua klon induk terpilih atau varieti nangka berbeza. Pendekatan melalui kaedah ini didapati paling tepat serta menepati ciri morfologi dan keserasian bunga nangka. Tujuan kaedah ini dilaksanakan untuk memberi fokus kepada kajian penambahbaikan dari segi peningkatan hasil dan kualiti tanaman nangka yang sedia ada selain kerintangan terhadap

penyakit-penyakit utama nangka iaitu layu bakteria dan karat buah.

Kacukan interspesies dua induk terpilih telah dilaksanakan antara beberapa klon nangka komersial dengan klon nangka liar yang rintang penyakit layu bakteria daripada koleksi janaplasma MARDI. Benih kacukan yang terhasil mewujudkan populasi F_1 yang bersegregasi dan membahagi secara genetik sekali gus mempamerkan kepelbagaian genotip hasil keterwarisan daripada salah satu atau kombinasi antara kedua-dua induk. Variasi genetik yang diperolehi dapat dinilai melalui ciri fenotip ke atas setiap progeni dari segi morfologi pokok, daun, bunga dan buah. Proses pemilihan hibrid yang *superior* pula dinilai berdasarkan analisis ciri-ciri kualitatif dan kuantitatif yang disasarkan ke atas populasi progeni F_1 . Seterusnya keseragaman dan kestabilan genetik hibrid-hibrid terpilih dinilai pula di pelbagai lokasi untuk menentukan interaksi antara genotip dan persekitaran berbeza. Secara keseluruhannya, penghasilan hibrid baharu mengambil masa 10 – 15 tahun melalui kaedah penghibridan sehingga ciri genetiknya kekal stabil dan seragam.

Proses pendebungaan berbantu

Nangka merupakan tanaman yang boleh menjalankan pendebungaan sendiri, oleh itu proses penghasilan hibrid perlu dilakukan secara terkawal melalui pendebungaan berbantu (*assisted pollination*) antara induk-induk terpilih. Selain memastikan bunga betina induk terpilih tidak menerima debunga daripada pokoknya sendiri, pendebungaan berbantu juga dapat mengekang pendebungaan silang (*cross pollination*) daripada debunga pokok-pokok nangka lain di sekitarnya, sama ada melalui sebaran angin atau serangga. Melalui pendebungaan berbantu juga, proses pemindahan butir debunga kepada stigma bunga dapat dipastikan berlaku sepenuhnya di seluruh permukaan bunga betina. Faktor ini sangat menyumbang kepada proses pelekatan sempurna dan pembentukan putik buah yang lengkap sehingga buah matang. Buah yang terhasil juga menunjukkan bilangan ulas yang tinggi dengan pembentukan biji benih yang lengkap berbanding dengan ulas nangka yang kesep (ulas tiada biji) akibat bahagian ovul yang tidak bersenyawa dengan sempurna.

Manakala bahagian stigma yang tidak lengkap membentuk tiub debunga akan kekal membentuk struktur buah yang dikenali sebagai jerami. Oleh itu, bunga nangka juga dikenali sebagai bunga majmuk yang komposit dan ini menerangkan mengapa proses pendebungaan nangka perlu berlaku secara berulang kali. Stigma bunga nangka didapati mampu menerima debunga untuk tempoh masa 3 – 4 hari selepas stigma lengkap keluar daripada permukaan jambak. Pendebungaan terbuka (PT) antara bunga nangka daripada pokok-pokok sekitarnya dapat menghasilkan pembentukan buah yang lebih tinggi iaitu 84% seperti dalam *Jadual 1*. Ini kerana bunga nangka bebas melakukan pendebungaan silang secara berulang kali oleh agen pendebungaan alami sama

ada angin atau serangga. Berbeza dengan proses pendebungaan berbantu, bunga didebungakan sepenuhnya oleh bantuan manusia. Oleh itu, proses pengulangan semula teknik kacukan silang pada hari berbeza dapat meningkatkan sehingga 96% pembentukan buah lengkap yang sempurna dan matang sebagaimana yang ditunjukkan oleh pendebungaan berbantu pada hari ketiga (PB3). Sebaliknya peratus pembentukan buah hibrid adalah paling rendah (40%) secara signifikan jika proses pendebungaan berbantu dilakukan sekali sahaja kacuk silang (PB1) iaitu pada hari pertama. Begitu juga hasil buah yang diperoleh adalah rendah (72%) bagi dua kali pendebungaan berbantu (PB2) dan kebiasaannya buah yang banyak terbentuk adalah *off-type*.

Hasil pemerhatian yang diperoleh daripada lima siri kacukan klon angka terpilih seperti dalam *Rajah 1* menunjukkan tidak terdapat perbezaan yang ketara antara semua siri kacukan ke atas sistem pendebungaan terbuka (PT), proses pendebungaan berbantu tiga hari (PB3) dan proses pendebungaan berbantu dua hari (PB2). Bagaimanapun, terdapat sedikit perbezaan bagi beberapa siri kacukan angka terpilih pada proses pendebungaan berbantu satu hari (PB1). Ini kerana selepas pendebungaan berbantu dilakukan, jambak bunga betina akan terus dibungkus bagi mengelakkan pencemaran debunga terjadi. Bunga yang menerima kurang 50% butir debunga akan mengakibatkan putik bunga gugur.

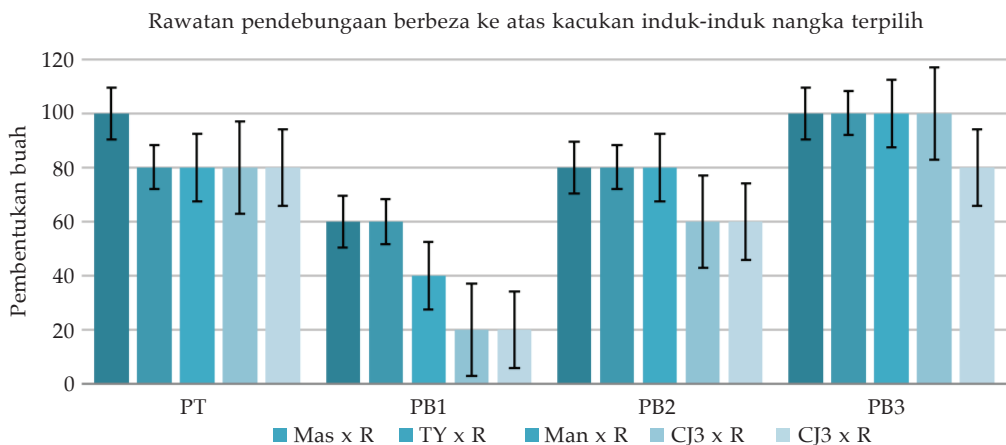
Jadual 1. Min peratus pembentukan buah hasil kacukan induk-induk angka terpilih melalui proses pendebungaan berbantu yang berbeza

| Rawatan | Pembentukan buah (%) |
|--|----------------------|
| Pendebungaan terbuka - kawalan (PT) | 84 ^{ab} |
| Hari pertama selepas pendebungaan berbantu (PB1) | 40 ^c |
| Hari kedua selepas pendebungaan berbantu (PB2) | 72 ^b |
| Hari ketiga selepas pendebungaan berbantu (PB3) | 96 ^a |

Min-min dengan abjad yang sama adalah tidak berbeza dengan ketara ($p < 0.05$)

Peralatan asas

Antara peralatan yang digunakan dalam aktiviti kacukan bunga angka ialah pembalut kertas, dawai pengikat kecil, berus lukisan, botol berisi etanol, gunting, bekas plastik bunga jantan, tag atau label penanda dan pensil seperti dalam *Gambar 1*. Semua peralatan diisi dalam beg kecil yang mudah dibawa. Berus lukisan yang disyorkan bagi tujuan kacukan bunga angka adalah yang berbulu halus dan lembut agar tidak merosakkan butir debunga dan stigma bunga betina sepanjang proses pemindahan debunga dilakukan. Selain itu, 70% etanol digunakan sebagai bahan steril dan diisi dalam botol simpanan bertutup agar bahan tidak mudah meruap.



Nota: Mas = Mastura, R = Renggam, TY = Tekam Yellow (J33), CJ3 = Crystal Jackfruit 3, CJ6 = Crystal Jackfruit 6

Rajah 1. Peratus pembentukan buah hasil kacukan antara induk-induk nangka terpilih melalui proses pendebungaan berbantu yang berbeza



Gambar 1. Peralatan asas aktiviti pendebungaan berbantu

Bahan asas

Bunga nangka bersifat *monoecious* di mana bunga jantan dan bunga betina terasing di antara satu jambak dengan jambak yang lain. Sebelum melaksanakan proses pendebungaan berbantu, pemilihan debunga daripada jambak bunga jantan klon terpilih perlu dilaksanakan terlebih dahulu. Jambak bunga jantan yang sesuai diambil untuk proses pendebungaan berbantu adalah putik bunga yang kantung debunganya telah lengkap keluar dan matang sepenuhnya pada seluruh permukaan bunga [Gambar 2(a)]. Proses pelepasan butir debunga matang daripada kantung debunga adalah sekitar jam 1 – 5 petang. Tangkai putik bunga jantan terpilih dipotong dan disimpan di dalam bekas bertutup yang mempunyai lubang pengudaraan [Gambar 2(b)] bagi mengelakkan bunga menjadi lembap dan rosak akibat proses pemeruapan gas hasil respirasi sel.

Manakala bunga betina daripada klon induk terpilih pula perlu dilakukan proses emaskulasi dengan membuang semua putik bunga jantan yang berhampiran sebelum bunga dibungkus dan ditanda. Proses emaskulasi bertujuan mencegah daripada berlaku pencemaran butir debunga yang tidak dikehendaki ke atas stigma bunga. Pemilihan dan pembungkusan bunga dilakukan dua minggu setelah putik bunga berkembang. Proses pendebungaan berbantu pula boleh dilaksanakan dua minggu selepas bunga dibungkus. Putik bunga yang telah bersedia menerima butir debunga akan mengeluarkan jalur-jalur putih stigma yang bersaiz optimum dan seragam pada keseluruhan permukaan putik bunga betina.

Teknik kacuk silang

Terdapat pelbagai teknik kacuk silang yang diguna pakai ke atas struktur dan morfologi bunga berbeza dalam proses menghasilkan hibrid baharu (hibridisasi). Aktiviti kacuk silang bunga nangka melibatkan dua jambak bunga berbeza dan sebaiknya dilaksanakan pada waktu awal pagi antara pukul 7 – 9 pagi. Ini kerana pada waktu tersebut suhu berada dalam keadaan rendah dan kelembapan persekitaran juga dalam keadaan tinggi. Faktor ini menggalakkan proses lekatan butir debunga ke atas stigma bunga betina. Malah proses percambahan butir debunga juga dapat berlaku dengan optimum seiring berlakunya proses fotosintesis tumbuhan beberapa jam kemudian. Ini kerana glukosa dan tenaga yang dihasilkan melalui proses fotosintesis akan lebih merangsang kadar pertumbuhan tiub debunga dalam ovari bunga. *Jadual 2* menunjukkan prosedur yang terlibat semasa aktiviti kacuk silang berlaku di ladang melalui proses pendebungaan berbantu. Setiap langkah memberi gambaran jelas tentang keperluan asas dalam program pembaikbakaan nangka.

Jadual 2. Teknik kacuk silang bunga nangka melalui proses pendebungaan berbantu di ladang

Gambar teknik kacuk silang bunga nangka

Proses pendebungaan berbantu

Langkah 1



Pemilihan putik bunga betina klon nangka terpilih dilaksanakan selepas dua minggu bunga berkembang dan setelah stipula terbuka serta jatuh ke tanah.

Langkah 2



Putik bunga betina yang telah dipilih dibungkus dengan pembalut kertas dan diikat menggunakan dawai halus. Putik bunga diperiksa setiap satu minggu.

Langkah 3



Beberapa putik bunga jantan matang daripada klon induk terpilih dipotong dan diletakkan ke dalam bekas plastik bertutup sebelum dibawa ke putik bunga betina yang telah dibungkus pada pokok induk terpilih yang lain.

Langkah 4



Pada hari pertama pendebungaan berbantu. Dua minggu selepas dibungkus, putik bunga jantan terpilih dibawa dekat ke putik betina. Butir debunga berwarna oren kekuningan disapu lembut ke atas permukaan bunga betina menggunakan berus halus yang telah disteril 70% etanol.

Langkah 5



Butir debunga (jantan) disapu lembut ke seluruh permukaan bunga betina dengan berus agar lebih banyak stigma menerima debunga. Bunga betina yang selesai didebungakan dibungkus dan diikat semula agar tidak tercemar.

Langkah 6



Pada hari kedua pendebungaan berbantu. Pembalut dibuka dan didapati hampir 50% stigma bunga telah layu manakala sebahagian lagi perlu diulang semula proses-proses pendebungaan berbantu menggunakan debunga jantan lain daripada induk jantan yang sama.

Langkah 7



Pada hari ketiga pendebungaan berbantu. Pembalut kertas dibuka dan didapati 75% stigma telah layu dan terdebunga manakala 25% lagi tidak. Proses pendebungaan berbantu diulang semula pada keseluruhan bunga betina agar bahagian 25% stigma ini dapat menerima butir debunga yang baharu.

Langkah 8



Setelah hari keempat, pembalut dibuka dan didapati keseluruhan stigma telah layu dan kering berwarna coklat sepenuhnya. Ini menunjukkan pendebungaan telah sempurna 100% berlaku membentuk putik buah.

Kesimpulan

Secara keseluruhan, kajian menunjukkan pembangunan hibrid baharu nangka dapat dihasilkan melalui kaedah penghibridan. Kaedah ini merupakan salah satu pendekatan utama yang diguna pakai dalam program pembaikbakaan tanaman nangka secara konvensional. Hibridisasi nangka melibatkan proses pendebungaan berbantu antara induk-induk terpilih dengan menggunakan teknik kacuk silang secara terkawal. Hibrid baharu yang terhasil melalui teknik kacukan silang berbantu akan menunjukkan salah satu atau kombinasi daripada ciri-ciri induk yang pelbagai. Walaupun hibridisasi mengambil masa yang lama untuk sesuatu tanaman memperoleh hibrid, namun proses penghasilan kepelbagaian genotip adalah tinggi sekali gus menyumbang sebagai sumber pemilihan genetik berguna untuk program pembaikbakaan nangka untuk jangka masa panjang. Sebelum kaedah ini diaplikasi kepada tanaman nangka, pembangunan protokol yang berkaitan perlu dikenal pasti daripada setiap komponen pembaikbakaan tanaman nangka. Ia meliputi aspek fenologi, morfologi dan biologi bunga nangka yang sangat berkait rapat dengan sistem reproduktif bunga secara kompleks dan menyeluruh. Protokol penghibridan ini dibangunkan sebagai panduan dan bahan rujukan dalam melaksanakan program pembaikbakaan tanaman nangka secara berterusan pada masa akan datang.

Penghargaan

Penulis merakamkan ucapan terima kasih kepada ahli pasukan yang terlibat dalam kajian ini terutama kepada semua staf program baik baka di MARDI Kluang, Johor. Penghargaan juga diberikan kepada Dr. Abd Rahman Milan atas sumbangan pembangunan plot janaplasma dan koleksi tanaman nangka di MARDI Kluang bagi tujuan kajian ini. Projek ini telah diberi peruntukan oleh MARDI kepada Pusat Penyelidikan Hortikultur bawah Geran Jangka Pendek WRM kod JP-RH-0401 sepanjang kajian dijalankan di MARDI Kluang.

Bibliografi

- Maimun, T., & Siti Hawa, J. (2008). Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*). *Breeding Horticulture Crops at MARDI*. m.s. 119–132. Serdang: MARDI.
- Noor Baiti, A. A., Maimun, T., & Rozlaily, Z. (2013). Flower biology study for future breeding of jackfruit. Kertas kerja yang dibentangkan dalam *the 10th Malaysia Congress on Genetics*. 3–5 December 2013. Palm Garden Hotel IOI Resort, Putrajaya. m.s. 1–5.
- Noor Baiti, A. A., Rozlaily, Z., Maimun, T., & Mohd Zaki, R. (2014). Pollen viability and stigma receptivity for successful pollination of jackfruit. Kertas kerja yang dibentangkan dalam *BioJohor Biotechnology Conference and Exhibition 2014*. 25–27 August 2014. Puteri Pacific Hotel, Johor Bharu. m.s. 1–8.

- Noor Baiti, A. A., Rozlaily, Z., Maimun, T., Abd Rahman, M., & Mohd Zaki, R. (2015). Floral biology study - A new protocol for jackfruit breeding at Hari Inovasi MARDI 2015, 25–27 Ogos 2015, MAEPS Serdang, Selangor, Malaysia. m.s. 79.
- Noor Baiti, A. A., Abd Rahman, M., & Mohd Zaki, R. (2016). Fruit morphology description of seven jackfruit clones from farmers collection. (Nor Azizah, Y., Mesliza, M., & Megat Ahmad Kamal, M. H. ed.). *Regional Conference on Science, Technology and Social Sciences (RCSTSS 2014) Publication*. Springer, Singapore. m.s. 549–555.
- Noor Baiti, A. A., Maimun, T., Nor Hazlina, M. S., & Mohamad Zaki, R. (2022). Pencirian dan pengenalanpastian klon-klon nangka komersial di Malaysia. *Buletin Teknologi MARDI Bil. 30 (Khas Kolokium Pembaikbakaan Tanaman)*, 217–224.
- Noor Baiti, A. A., Abd Rahman, M., Maimun, Tahir., Nor Hazlina, M.S., & Azlan Azizi, M. N. (2023). Peranan morfologi dan biologi bunga dalam teknologi pembaikbakaan nangka. *Buletin Teknologi MARDI Bil. 35*, 75–84.
- Zainal Abidin, A. A., & Lim, C. G. 1999. Birth of Mastura (CJ-USM 2000), the new jackfruit cultivar. *Proceedings of National Horticulture Conference 1999*. m.s. 157–166.

Ringkasan

Nangka adalah salah satu komoditi utama buah-buahan di Malaysia dan kini berjaya menembusi pasaran eksport ke China selain nanas dan durian. Ekoran perkembangan pasaran eksport semasa, penghasilan varieti baharu nangka yang berhasil tinggi, berkualiti dan rintang penyakit dijangka akan dapat memberi pilihan kepada industri nangka negara. Hasrat ini selaras dengan hasrat kerajaan dalam Dasar Agromakanan Negara (DAN) 1.0 dan 2.0. Nangka merupakan tanaman poliploidi yang berpotensi menghasilkan kepelbagaian genetik melalui pendekatan hibridisasi. Penemuan hibrid baharu juga dapat diperolehi melalui kaedah penghibridan iaitu melalui aktiviti kacuk silang berbantu antara dua klon induk berbeza secara terarah dan terkawal. Prosedur penghibridan ke atas tanaman nangka bagi tujuan penghasilan hibrid baharu ini telah dikaji, dikenal pasti dan dicadangkan sebagai salah satu protokol penting yang harus dipatuhi dalam program pembaikbakaan nangka.

Summary

Jackfruit is one of the main fruit commodities in Malaysia and has now successfully penetrated the export market to China, along with pineapple and durian. Due to the development of the current export market, the production of new jackfruit varieties with high yields, quality and disease resistance is expected to be an option for the country's jackfruit industry. This desire is in line with the government's inspiration in National Agro-Food Policy 1.0 and 2.0. Jackfruit is a polyploid plant that has the potential to produce genetic diversity through a hybridization approach. The discovery of new hybrids can also be obtained through the hybridization method, which involves assisted cross-breeding activity between two different parent clones in a directed and controlled manner. For the purpose of producing this new hybrid, the hybridization procedure on jackfruit plants has been studied, identified and recommended as one of the important protocols that should be followed in the jackfruit breeding programme.

Pengarang

Noor Baiti Abdul Aziz
Pusat Penyelidikan Hortikultur, MARDI Kluang,
KM15 Jalan Kluang-Kota Tinggi, 86000 Kluang, Johor
E-mel: aabaiti@mardi.gov.my

Maimun Tahir dan Nor Hazlina Mat Sa'at
Pusat Penyelidikan Hortikultur, Ibu Pejabat MARDI,
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

Rozlaily Zainol (Dr.)
Pusat Penyelidikan Tanaman Industri, Ibu Pejabat MARDI,
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

Mohamad Zaki Razali
Pusat Penyelidikan Hortikultur, MARDI Kluang,
KM15 Jalan Kluang-Kota Tinggi, 86000 Kluang, Johor