

Kesan terhadap ciri hasil dan ciri berkaitan hasil pada hibrid cili berasaskan induk mandul jantan sitoplasma

(Effects on yield and yield related traits in chilli hybrids based on cytoplasmic male sterile parent)

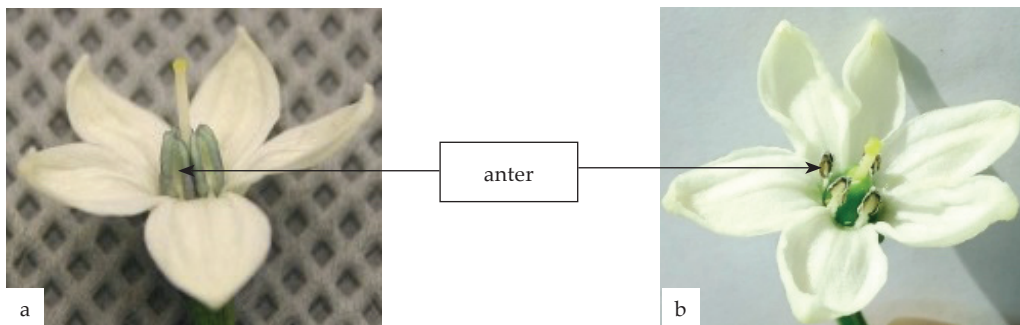
Norfadzilah Ahmad Fadzil dan Mohd. Raimi Abd. Kuadi

Pengenalan

Penggunaan biji benih cili hibrid adalah popular dalam kalangan petani di Malaysia kerana keupayaannya untuk menghasilkan tanaman yang berprestasi tinggi dari segi hasil, kecepatan penghasilan buah, saiz tanaman dan buah yang besar, kerintangan terhadap penyakit serta kualiti buah yang lebih baik. Penghasilan benih hibrid bagi tanaman cili adalah mencabar kerana bunga cili adalah jenis bunga lengkap yang berfungsi dan cili juga menjalankan pembiakan secara kacuk sendiri. Selain itu, penghibridan sukar dijalankan disebabkan oleh saiz bunga cili yang kecil. Bagi bunga lengkap seperti tanaman cili, proses emaskulasi iaitu pembuangan stamen perlu dilakukan sebelum pengacukan dibuat bagi mengelakkan kontaminasi daripada debunga pokok sendiri. Proses ini biasanya akan mencederakan bunga dan mengurangkan keberkesanan penghasilan benih hibrid.

Kemandulan jantan sitoplasma (CMS) adalah satu keadaan pada tanaman di mana organ reproduktif tidak mampu menghasilkan anter atau debunga atau gamet jantan. Kemandulan ini dikawal oleh sitoplasma (gen mitokondria) dan diwariskan oleh induk betina. Gen pemulihan kesuburan yang terdapat pada gen nukleus induk penderma yang sesuai akan membantu pembentukan benih hibrid bagi setiap kombinasi. Anter bagi bunga jantan mandul biasanya mengecil dan warna putih atau kuning cair dengan sedikit warna ungu (*Gambar 1*) berbeza dengan bunga cili normal yang mempunyai anter yang penuh, berwarna ungu kebiruan. Kebiasaannya, anter jenis mandul jantan mempunyai bilangan debunga *viable* yang sangat sedikit iaitu 1 – 15 butir debunga berbanding dengan anter biasa yang mengandungi lebih 500 debunga yang *viable*.

Penggunaan induk CMS dalam penghasilan benih hibrid akan memudahkan proses penghasilannya di mana proses pemencilan sumber kontaminasi debunga dapat dilakukan dengan mudah. Proses pembuangan stamen yang kebiasaannya dibuat sebelum memulakan kacukan berbantu tidak perlu dilakukan lagi kerana induk betina tidak mempunyai debunga (mandul jantan). Dengan reka bentuk penanaman yang sesuai antara induk-induk dalam struktur tertutup atau terpencil, penghasilan benih hibrid secara berskala besar boleh dilakukan.



Gambar 1. Perbezaan bunga cili (a) Anter bunga normal (fertile), bersaiz besar dan berwarna ungu kebiruan (b) Bunga mandul jantan, anter bersaiz kecil, berkedut

Untuk menghasilkan hibrid berasaskan CMS memerlukan tiga titisan induk iaitu induk CMS (titisan A), titisan maintainer (titisan B) dan induk jantan (titisan C). Titisan A adalah induk mandul jantan yang digunakan sebagai induk betina. Titisan B adalah isogenik kepada titisan A dari segi keseluruhan genotip kecuali gen pada sitoplasma adalah normal berbanding dengan titisan A yang mempunyai sitoplasma steril. Titisan B diperlukan untuk penghasilan benih titisan A yang tidak mempunyai debunga untuk proses kacuk sendiri. Titisan C pula adalah induk-induk jantan terpilih yang akan digunakan untuk menghasilkan hibrid. Bagi menjana dan memastikan ketulenan induk CMS, terdapat dua langkah yang perlu dibuat iaitu pengacukan induk CMS dengan titisan B dan juga kacuk sendiri titisan B. Perbezaan sistem penghasilan hibrid menggunakan CMS dan secara konvensional adalah seperti dalam *Jadual 1*.

Jadual 1. Perbezaan langkah penghasilan benih cili hibrid menggunakan kaedah konvensional dan induk CMS

| Langkah | Aktiviti | CMS | Konvensional |
|------------------|---------------------------------------|---|--|
| Pengacukan | Pembuangan stamen induk betina | Tidak perlu | Perlu |
| | Pembungkusan bunga yang telah dikacuk | Tidak perlu jika induk-induk telah ditanam dalam satu struktur tertutup | Perlu kerana tanaman boleh kacuk sendiri |
| Pengandaan induk | Kacuk sendiri | Kacuk sendiri titisan B | Kacuk sendiri genotip induk |
| | Kacukan dengan titisan maintainer | Kacukan untuk penghasilan induk steril (titisan A x titisan B) | Tidak perlu |

Penilaian prestasi hibrid

Penilaian prestasi hibrid telah dijalankan di Plot Penyelidikan Sayur-sayuran, Pusat Penyelidikan Hortikultur, MARDI Serdang. Sebanyak empat genotip cili CMS yang telah diperolehi dari *World Vegetable Centre* iaitu tiga varieti titisan tulen tempatan dan enam hibrid telah dinilai (*Jadual 2*).

Jadual 2. Senarai genotip cili yang digunakan dalam penilaian prestasi

| Genotip | Huraian |
|--------------|--|
| Induk betina | |
| S1 | CCA 7233 |
| S2 | CCA 7244 |
| S4 | CCA7232 |
| S5 | CCA7238 |
| Induk jantan | |
| MC12 | Titisan tulen, induk jantan, varieti piawai tempatan |
| Kulai | Titisan tulen, induk jantan, varieti piawai tempatan |
| L5 | Titisan tulen, induk jantan, varieti piawai tempatan |
| Hibrid | |
| S1L5 | Hibrid F ₁ S1 (CCA7233) x L5 |
| S2L5 | Hibrid F ₁ S2 (CCA7244) x L5 |
| S5L5 | Hibrid F ₁ S5 (CCA x 7238) x L5 |
| S1MC12 | Hibrid F ₁ (CCA 7233) x MC12 |
| S5MC12 | Hibrid F ₁ S5 (CCA7238) x L5 |
| S4MC12 | Hibrid F ₁ S4 (CCA7232) x MC12 |

Penghasilan benih hibrid

Hibrid-hibrid cili telah dihasilkan secara kacukan berbantu antara induk betina bergenotip CMS dengan varieti titisan tulen tempatan. Pengumpulan bunga induk jantan dilakukan bermula jam lapan pagi kerana bunga cili biasanya mula berkembang pada waktu ini. Bunga induk jantan yang terpilih dikumpulkan di dalam bekas bertutup. Kudup bunga daripada pokok induk betina bersaiz kira-kira 1 cm dibuka menggunakan forsep. Anter daripada induk jantan terpilih yang telah pecah disapukan pada stigma bunga induk betina. Bunga yang telah dikacuk disarungkan dengan beg kain kapas dan dilabelkan dengan nama kacukan dan tarikh kacukan dibuat. Pembentukan putik buah akan berlaku dalam tempoh 5 – 7 hari. Sarung kain kapas akan dibuka apabila putik buah telah terbentuk bagi membolehkan pembesaran buah cili berlaku dengan sempurna. Buah cili yang dikacuk ini dituai apabila matang dan biji benih hibrid dikeluarkan dan dikeringkan. Biji yang telah kering disimpan di dalam peti sejuk bersuhu 5 °C.

Penilaian prestasi di lapangan

Eksperimen ini dijalankan dalam reka bentuk rawak blok lengkap dengan tiga ulangan. Setiap genotip dalam setiap blok diwakili oleh 10 pokok yang ditanam pada jarak 0.5 m di dalam batas dan 1.5 m di antara batas. Genotip ini dinilai untuk karakter kuantitatif sebagaimana berikut:

- Ketinggian dan lebar kanopi pokok: Diukur pada awal pemuatan. Tinggi diukur dari aras tanah sehingga pucuk tertinggi. Lebar kanopi yang digunakan adalah purata daripada dua ukuran lebar kanopi yang diukur secara bersilang.
- Hari berbunga, hari tuai dan tempoh matang: Hari berbunga dan hari tuai adalah dikira berdasarkan 50% populasi bagi setiap genotip dalam setiap replikasi yang berbunga atau mempunyai buah yang berwarna merah (indeks 5: 100% merah). Tempoh matang adalah masa yang diambil dari hari berbunga ke hari tuai.
- Panjang buah (cm), diameter buah (cm) dan lebar buah (g) diukur secara pensampelan daripada setiap genotip dan setiap replikasi. Berat buah yang diukur adalah berat segar.
- Bilangan buah dan hasil sepokok adalah dikira berdasarkan pensampelan bagi setiap genotip dalam setiap replikasi.

Prestasi genotip dianalisis menggunakan analisis varians (ANOVA) dan perbandingan min dilakukan dengan menggunakan ujian *Duncan New Multiple Range Test* (DNMRT). Data yang dikumpulkan dianalisis menggunakan perisian SAS versi 9.4 2016.

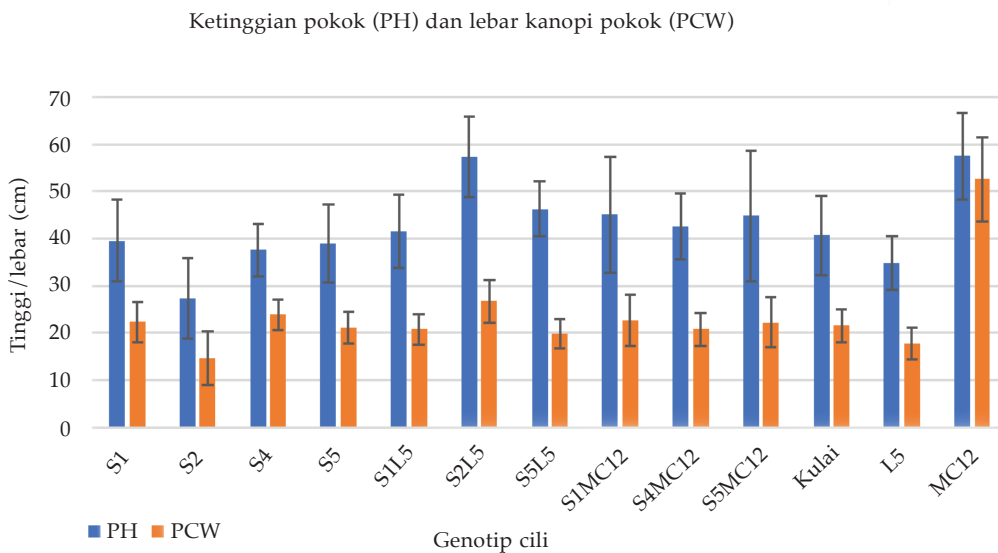
Prestasi cili di lapangan

Analisis varians yang dibuat menunjukkan terdapat perbezaan yang bererti bagi semua ciri yang dinilai. Hasil yang diperolehi menunjukkan peningkatan prestasi hibrid berasaskan CMS berbanding dengan induk betina pada kesemua ciri yang dinilai. Namun begitu, peningkatan ini kebanyakannya adalah setara atau lebih rendah berbanding dengan prestasi induk jantan yang merupakan titisan tulen tempatan.

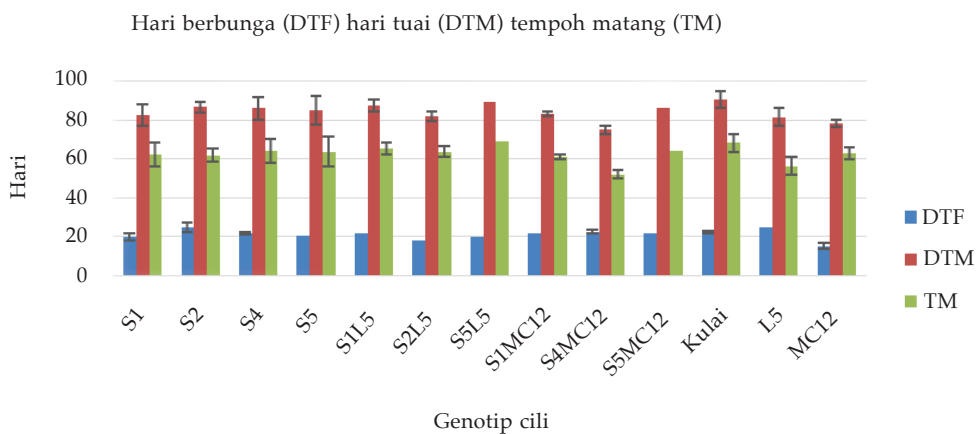
Bagi ciri ketinggian pokok, tinggi maksimum telah direkodkan daripada MC12 (57.5 cm), S2L5 (57.3 cm) manakala tinggi minimum direkodkan daripada S2 (27.4 cm). Dalam kalangan hibrid, S2L5 didapati menunjukkan peningkatan ketara berbanding dengan induk-induknya, S2 dan L5. Lebar kanopi maksimum diperolehi daripada MC12 (52.6 cm) manakala lebar minimum adalah daripada S2 (14.7 cm). Hibrid S2L5 direkodkan mempunyai lebar kanopi yang terbesar dalam kalangan hibrid (*Rajah 1*).

Hari berbunga terawal direkodkan daripada induk MC12 (15.3 hari) dan bagi kategori hibrid, hari berbunga terawal adalah daripada hibrid S2L5 (18 hari). Genotip paling lewat berbunga direkodkan daripada L5 (25 hari) dan diikuti S2 (24.7 hari). Hari tuai terawal diperolehi daripada S4MC12 (74.7 hari) dan paling lewat dituai adalah daripada varieti Kulai (90.3 hari). Tempoh

matang tercepat diperoleh daripada: S4MC12 (52 hari) dan paling lewat adalah daripada hibrid S5L5 (69 hari) dan varieti Kulai (68 hari) (Rajah 2).



Rajah 1. Ketinggian pokok dan lebar kanopi 13 genotip cili

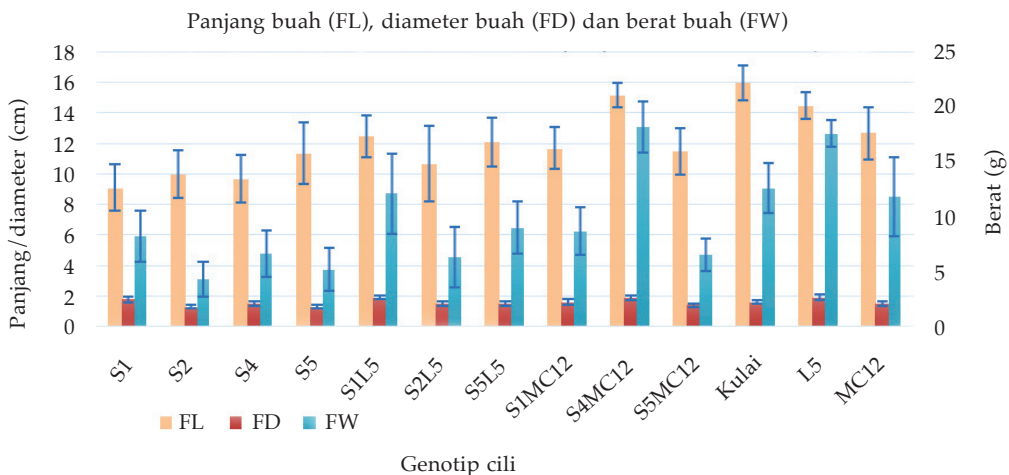


Rajah 2. Hari berbunga, hari tuai dan tempoh matang 13 genotip cili

Purata panjang buah maksimum adalah bagi genotip Kulai (16 cm) dan S4MC12 (15.2 cm). Buah terpendek diperoleh daripada S1 (9.1 cm). Diameter terbesar diperoleh daripada S4MC12 (1.9 cm), L5 (1.9 cm), S1L5 (1.9 cm) dan S1 (1.8 cm). Buah berdiameter terkecil ialah S2 (1.3 cm) dan S5 (1.3 cm). Bagi berat buah, berat tertinggi adalah daripada hibrid S4MC12 (18.2 g) dan setara dengan L5 (17.6 g). Berat paling minimum diperoleh daripada S2 (4.3 g) (Rajah 3).

Bilangan buah sepokok paling banyak direkod daripada MC12 (133) dan paling sedikit adalah daripada S2 (4.1). Dalam kalangan hibrid, S4MC12 didapati menghasilkan purata buah sepokok yang terbanyak iaitu 58.4. Hasil sepokok tertinggi adalah daripada MC12 (1009.5 g) dan paling sedikit adalah daripada S2 (17.5 g). S4MC12 merupakan hibrid yang memberikan hasil tertinggi iaitu 737.9 g sepokok (Rajah 4).

Berdasarkan data yang diperoleh, prestasi tanaman induk betina yang mandul jantan adalah rendah dari pelbagai aspek. Hasil tanaman CMS ini adalah rendah walaupun ditanam secara terbuka. Kesan terhadap ciri hasil dapat dilihat pada hibrid hasil kacukan dengan CMS. Hasil tertinggi hibrid diperoleh daripada S4MC12 namun tidak mencapai prestasi induk jantannya, MC12. Begitu juga dengan bilangan buah sepokok hibrid ini yang jauh lebih rendah berbanding dengan MC12. Prestasi hasil yang rendah pada hibrid berasaskan induk CMS turut direkodkan pada hibrid *Triticale* berasaskan induk CMS. Terdapat pelbagai aspek diandaikan menjadi faktor prestasi hasil hibrid yang rendah, antaranya adalah gen pemulih yang tidak homozigus dominan, kewujudan gen pengubah yang memberi kesan terhadap kesuburan dan juga faktor persekitaran termasuk cuaca yang boleh mengubah kesuburan debunga seterusnya menjejaskan hasil. Purata bagi ciri-ciri yang diukur bagi 13 genotip cili adalah seperti dalam *Jadual 3*.

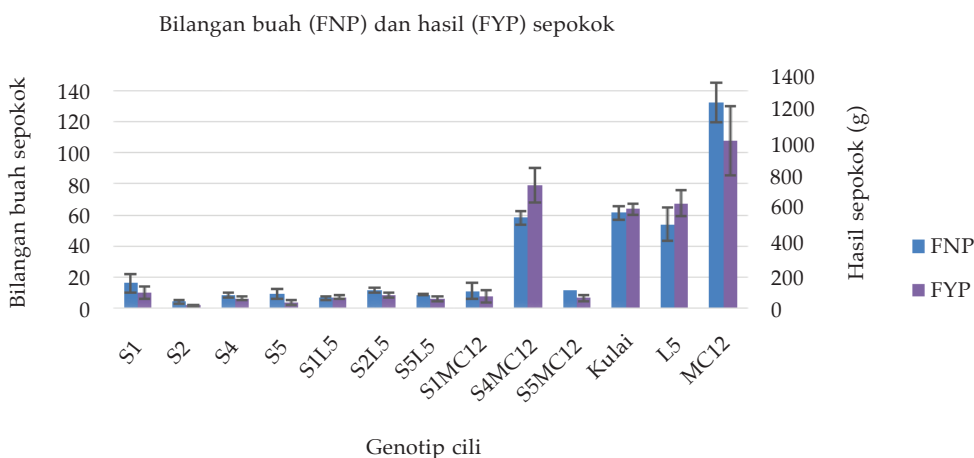


Rajah 3. Panjang buah, diameter buah dan berat buah bagi 13 genotip cili

Jadual 3. Purata bagi ciri-ciri yang diukur untuk 13 genotip cili

| Ciri | PH | PCW | | DTF | | DTM | | TM | | FW | | FL | | FD | | FNP | | FYP | |
|---------|--------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|--------------|----------------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|
| | | Mean | Std Dev | Mean | Std Dev | Mean | Std Dev | Mean | Std Dev | Mean | Std Dev | Mean | Std Dev | Mean | Std Dev | Mean | Std Dev | Mean | Std Dev |
| Genotip | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S1 | 39.6 ± 8.77 | 22.3 ± 4.19 | 20 ± 2 | 82.3 ± 5.77 | 62.3 ± 6.11 | 8.2 ± 2.34 | 9.1 ± 1.52 | 1.8 ± 0.19 | 16.2 ± 6.15 | 94.1 ± 37.43 | | | | | | | | | |
| S2 | 27.4 ± 8.59 | 14.7 ± 5.63 | 24.7 ± 2.3 | 86.3 ± 2.52 | 61.7 ± 3.21 | 4.3 ± 1.56 | 10 ± 1.59 | 1.3 ± 0.14 | 4.1 ± 1.42 | 17.5 ± 4.44 | | | | | | | | | |
| S4 | 37.6 ± 5.61 | 23.9 ± 3.18 | 21.7 ± 0.6 | 85.7 ± 5.77 | 64 ± 6.08 | 6.63 ± 2.13 | 9.7 ± 1.55 | 1.5 ± 0.14 | 8.6 ± 1.67 | 59.5 ± 11.12 | | | | | | | | | |
| S5 | 38.9 ± 8.23 | 21.1 ± 3.33 | 21 ± 0 | 84.7 ± 7.51 | 63.7 ± 7.51 | 5.2 ± 1.94 | 11.4 ± 2.03 | 1.3 ± 0.14 | 9.2 ± 3.3 | 36.8 ± 14.12 | | | | | | | | | |
| S1L5 | 41.6 ± 7.78 | 20.8 ± 3.2 | 22 ± 0 | 87.3 ± 2.89 | 65.3 ± 2.89 | 12.1 ± 3.64 | 12.5 ± 1.38 | 1.9 ± 0.11 | 6.6 ± 1.24 | 66.3 ± 12.45 | | | | | | | | | |
| S2L5 | 57.3 ± 8.52 | 26.7 ± 4.48 | 18 ± 0 | 81.7 ± 2.52 | 63.7 ± 2.52 | 6.3 ± 2.79 | 10.7 ± 2.49 | 1.5 ± 0.18 | 11.6 ± 1.86 | 79.2 ± 14.16 | | | | | | | | | |
| S5L5 | 46.3 ± 5.85 | 19.9 ± 3.12 | 20 ± 0 | 89 ± 0 | 69 ± 0 | 9 ± 2.41 | 12.1 ± 1.59 | 1.5 ± 0.12 | 8.7 ± 0.51 | 57.1 ± 12.46 | | | | | | | | | |
| S1MC12 | 45.1 ± 12.26 | 22.7 ± 5.5 | 22 ± 0 | 82.7 ± 1.15 | 60.7 ± 1.15 | 8.7 ± 2.22 | 11.7 ± 1.36 | 1.6 ± 0.19 | 11 ± 5.03 | 70.3 ± 35.26 | | | | | | | | | |
| S4MC12 | 42.6 ± 7.05 | 20.8 ± 3.44 | 22.7 ± 1.2 | 74.7 ± 2.31 | 52 ± 2 | 18.2 ± 2.36 | 15.2 ± 0.81 | 1.9 ± 0.14 | 58.4 ± 4.25 | 737.9 ± 103.21 | | | | | | | | | |
| S5MC12 | 44.9 ± 13.84 | 22.2 ± 5.33 | 22 ± 0 | 86 ± 0 | 64 ± 0 | 6.5 ± 1.47 | 11.5 ± 1.5 | 1.4 ± 0.13 | 11.5 ± 0.1 | 62.8 ± 19.6 | | | | | | | | | |
| Kulai | 40.7 ± 8.4 | 21.6 ± 3.47 | 22.3 ± 0.6 | 90.3 ± 4.04 | 68 ± 4.58 | 12.6 ± 2.28 | 16 ± 1.14 | 1.6 ± 0.11 | 61.7 ± 4.31 | 597.3 ± 32.33 | | | | | | | | | |
| L5 | 34.8 ± 5.72 | 17.7 ± 3.41 | 25 ± 0 | 81.3 ± 4.62 | 56.3 ± 4.62 | 17.6 ± 1.24 | 14.5 ± 0.85 | 1.9 ± 0.19 | 54.1 ± 10.65 | 632.5 ± 77.63 | | | | | | | | | |
| MC12 | 57.5 ± 9.15 | 52.6 ± 8.9 | 15.3 ± 1.5 | 78 ± 2 | 62.7 ± 3.21 | 11.8 ± 3.6 | 12.7 ± 1.72 | 1.5 ± 0.17 | 133 ± 12.66 | 1009.5 ± 209 | | | | | | | | | |

PH: Ketinggian pokok, PCW: Lebar kanopi pokok, DTF: Hari 50% berbunga, DTM: Hari 50% matang, TM: Tempoh matang, FW: Berat buah, FL: Panjang Buah, FD: Diameter buah, FNP: Bilangan buah sepokok, FYP: Hasil sepokok



Rajah 4. Bilangan buah dan hasil sepokok bagi 13 genotip cili

Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian ini, penggunaan induk betina mandul jantan sitoplasma untuk menghasilkan hibrid cili tidak memberikan peningkatan yang signifikan terhadap progeni-progeni hibridnya di mana nilai peningkatan tersebut (bagi ciri-ciri seperti tinggi pokok, panjang buah, diameter buah, berat buah) adalah setara dengan prestasi varieti titisan tulen yang merupakan induk jantan hibrid tersebut ataupun varieti tempatan lain yang digunakan dalam eksperimen ini. Penggunaan induk bergenotip CMS berkemungkinan memberikan hibrid yang berhasil lebih rendah berbanding dengan varieti titisan tulen. Namun begitu, terdapat pelbagai faktor yang memungkinkan dapatan seperti ini diperolehi seperti ketakserasian antara induk, heterozigositi gen pemulih pada titisan C dan kewujudan gen pengubah yang memberi kesan terhadap kesuburan induk. Untuk menangani isu ini, kajian lebih lanjut perlu dijalankan dan bilangan genotip induk jantan perlu ditingkatkan bagi mendapatkan gabungan yang benar-benar serasi untuk mendapatkan hibrid yang berhasil tinggi.

Bibliografi

- Arakawa, T., Uchiyama, D., Ohgami, T., Ohgami, R., Murata, T. dan Honma, Y. (2018) A fertility-restoring genotype of beet (*Beta vulgaris* L.) is composed of a weak restorer-of-fertility gene and a modifier gene tightly linked to the *Rf1* locus. *PLoS ONE* 13(6). Diperoleh dari e0198409. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198409>
- Delph, L.F., Johannsson, M.H. dan Stephenson, A.G. (1997). How environmental factors affect pollen performance: Ecological and evolutionary perspectives. *Ecology* 78(6): 1,632 – 1,639
- Peterson, P.A. (1958). Cytoplasmically inherited male sterility in *Capsicum*. *The American Naturalist*. Vol. XCII

Muhleisen, J., Peter Piepho, H., Peter Maurer, H. dan Christoph Reif, J. (2014). Yield performance and stability of CMS-based triticales hybrids. *Theoretical and Applied Genetics* 128(2). DOI 10.1007/s00122-014-2429-1

Ringkasan

Proses penghibridan cili secara konvensional adalah agak rumit kerana saiz bunga yang kecil, ciri bunga yang hermafrodit dan menjalankan pembiakan secara kacuk sendiri. Penggunaan induk mandul jantan dijangka memudahkan proses penghasilan biji benih di mana proses emaskulasi anter tidak diperlukan, kecederaan pada bunga dapat dielakkan dan kadar kejayaan penghibridan dijangka akan meningkat. Kertas kerja ini membentangkan dapatan daripada penilaian yang dibuat ke atas enam hibrid berasaskan induk CMS iaitu S1L5, S2L5, S5L5, S1MC12, S4MC12 dan S5MC12 berserta induk-induknya. Secara umumnya prestasi cili hibrid yang berasaskan induk CMS adalah rendah berbanding dengan titisan tulen tempatan. Hibrid dengan prestasi terbaik ialah S4MC12. Bagaimanapun hibrid ini menunjukkan nilai terbaik yang hanya setara dengan beberapa varieti tulen tempatan iaitu MC12, L5 dan Kulai. Menerusi dapatan ini disimpulkan bahawa penggunaan induk mandul jantan sebagai induk hibrid berkemungkinan untuk menghasilkan progeni yang berhasil rendah. Keserasian induk CMS dan titisan tulen perlu dikaji dengan lebih lanjut untuk mendapatkan hibrid yang berhasil tinggi.

Summary

Conventional chilli hybridization process is quite complicated due to the small flower size, hermaphrodite flower characteristics and self-pollinated reproduction system. The use of male sterile parent is expected to facilitate the seed production process where anther emasculation process is not required, thus avoiding flower injury and increase the hybridization success rate. This paper presents the findings from the evaluation made on six CMS parent-based hybrids namely S1L5, S2L5, S5L5, S1MC12, S4MC12 and S5MC12 along with their parents. In general, the performance of CMS parent-based hybrid chillies was low compared to local pure line varieties. The hybrid with the best performance was the S4MC12. However, this hybrid shows the best value which is only equivalent to some local pure line varieties, namely MC12, L5 and Kulai. From these findings it is concluded that the use of male sterile parent is likely to produce low-yielding progeny. The compatibility between the parental lines the CMS and pure-lines donor parents needs to be studied further in order to obtain high-yielding hybrids.

Pengarang

Norfadzilah Ahmad Fadzil
Pusat Penyelidikan Hortikultur, Ibu Pejabat MARDI
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor
E-mel: fadzilah@mardi.gov.my

Mohd Raimi Abd Kuadi
Pusat Penyelidikan Hortikultur, Ibu Pejabat MARDI
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

