

Saringan dan pengenalpastian varieti padi yang membawa gen Sub1A untuk ketahanan terhadap banjir

(Screening and identification of rice varieties carrying the Sub1A gene for flood resistance)

Norliza Abu Bakar, Mohd Zulfadli Sohaime, Mohd Shahril Firdaus Ab Razak, Alny Marlynni Abd Majid, Sew Yun Shin dan Muhamad Ridzuan Abd Rashid

Kata kunci: padi, Sub1A, toleransi banjir, penanda molekul, tekanan abiotik

Pengenalan

Padi (*Oryza sativa*) merupakan tanaman utama yang sangat penting di Malaysia. Padi adalah tanaman yang menghasilkan beras, makanan ruji bagi majoriti penduduk dunia, termasuk Malaysia. Penanaman padi di Malaysia mempunyai sejarah yang panjang dan mendalam, sekali gus menggambarkan kepentingannya dalam kehidupan seharian masyarakat. Komuniti pesawah juga bergantung kepada penanaman padi sebagai sumber pendapatan dan mata pencarian utama. Cabaran yang dihadapi oleh Malaysia terhadap pengeluaran padi untuk beras adalah peningkatan permintaan beras yang semakin tinggi yang tidak seiring dengan populasi penduduk yang semakin bertambah, tetapi berlaku kekurangan bekalan beras. Bekalan beras perlu mencukupi dengan meningkatkan penghasilan beras tempatan atau melalui import beras. Selain itu, tekanan biotik dan abiotik juga menjejaskan penanaman padi. Tekanan abiotik seperti kemasinan, banjir atau tenggelam, kemarau dan peningkatan suhu lazimnya berada di luar kawalan manusia serta berkait rapat dengan perubahan iklim.

Banjir kilat dikenal pasti sebagai salah satu daripada tiga kekangan abiotik yang paling penting sewaktu proses penanaman padi oleh 51% responden dalam satu tinjauan mengenai kebimbangan pembaikbaka padi di selatan dan Asia Tenggara. Banjir terutamanya banjir tahunan mencabar penanaman padi di ekosistem padi tanah rendah kerana air banjir kekal untuk jangka masa agak lama. Kedua-dua hujan lebat dan banjir kilat merosakkan sawah padi dan membawa kepada kerugian ekonomi akibat kehilangan hasil. Contohnya, pada tahun 2019 telah berlaku banjir besar di Pantai Timur yang menjejaskan petani di wilayah tenggara Pahang. Selain itu, pada tahun 2024, banjir di utara tanah air khususnya di negeri Kedah telah menyebabkan kerugian yang dianggarkan berjumlah RM2 juta akibat tekanan banjir.

Tekanan tenggelam boleh disebabkan oleh varieti padi yang terjejas oleh persekitaran hidrologi yang berbeza, seperti banjir pasang surut, air bertakung dan banjir kilat. Banjir tahunan dan takungan air mencabar penanaman padi dalam ekosistem padi tanah rendah yang bergantung kepada hujan kerana air banjir kekal selama anggaran dua minggu. Walaupun padi mampu menyesuaikan diri dengan keadaan tanah rendah atau tenggelam, ia cenderung untuk mati jika tenggelam lebih daripada tiga hari akibat kekurangan oksigen.

Pengurangan hasil padi yang ketara di kawasan yang terdedah kepada banjir ini mendorong kepada keperluan untuk mengenal pasti genotip padi yang mengandungi gen toleran atau rintang banjir dalam pelbagai jenis padi.

Padi tahan tenggelam dan banjir merujuk kepada varieti padi khusus yang mampu kekal hidup serta menyesuaikan diri dalam keadaan banjir dan air bertakung. Apabila perubahan iklim semakin teruk dan banjir lebih kerap, keperluan untuk varieti padi tahan tenggelam dan banjir adalah sangat penting untuk keterjaminan makanan. Padi dengan ciri ini adalah kritikal bagi pesawah di kawasan rendah yang terdedah kepada banjir di mana varieti padi komersial sedia ada di Malaysia sering dan tidak dapat bertahan dalam keadaan banjir berpanjangan. Kehilangan hasil yang besar akibat banjir menekankan keperluan untuk meningkatkan produktiviti serta kebolehpercayaan tanaman padi. Penggunaan varieti padi tahan tenggelam dapat membantu tanaman pulih dengan lebih cepat dan seterusnya mengekalkan hasil.

Penyaringan varieti padi tahan banjir menggunakan kaedah berasaskan penanda molekul

Pengenalpastian gen yang membawa kerintangan terhadap tekanan banjir

Padi adalah makanan penting di Asia dan di seluruh dunia, tetapi sering terancam oleh risiko banjir, terutama di kawasan berdekatan sungai atau tanah rendah. Usaha aktif telah dilaksanakan oleh MARDI untuk meningkatkan hasil tanaman padi. Antaranya, varieti padi yang toleran terhadap genang air telah dibangunkan untuk bertahan di bawah air untuk tempoh yang lama bagi memastikan hasil yang stabil walaupun dalam keadaan banjir. Penyelidikan sedang giat dijalankan untuk mendapatkan varieti padi yang tahan terhadap banjir melalui kaedah tradisional dan juga pendekatan bioteknologi.

Tenggelam penuh daripada banjir kilat memberi kecederaan kritikal kepada pertumbuhan dan kemandirian tumbuhan. Oleh itu, adalah penting untuk mengenal pasti varieti padi tempatan yang mempunyai toleransi terhadap banjir atau tenggelam. Pengenalpastian lokasi atau lokus ciri kuantitatif atau *Quantitative Trait Loci* (QTL) yang berkaitan dengan toleransi tenggelam telah mempercepatkan proses ini. Penemuan gen *Submergence1* (Sub1) pada QTL ini berkeupayaan untuk meningkatkan kadar kemandirian bawah keadaan tenggelam dan telah merevolusikan pembaikan padi. Gen Sub1 terkenal dengan peranannya dalam toleransi terhadap keadaan tenggelam, terutamanya dalam padi. Gen ini membolehkan pokok padi menahan tempoh tenggelam sepenuhnya yang penting di kawasan terdedah kepada banjir bermusim. Kehadiran gen ini di dalam padi akan mengawal kemandirian padi dengan menghalang pemanjangan semasa tenggelam. Proses ini menjimatkan tenaga dan karbohidrat, membolehkan padi yang mengalami tekanan tenggelam bertahan untuk tempoh yang lebih lama, biasanya sehingga dua minggu. Kajian lanjut juga menunjukkan bahawa kehadiran gen Sub1A membolehkan pemulihan dan pertumbuhan semula selepas aras air surut.

Lokus ciri kuantitatif (QTL), *Submergence1* (Sub1) telah dikenal pasti dan dipetakan pada kromosom 9 menggunakan penanda DNA. Saintis mengenal pasti lokus Sub1 daripada varieti padi toleran banjir dan menggabungkannya ke dalam varieti yang ditanam secara meluas, menghasilkan titisan padi toleran terendam dan tenggelam contohnya seperti Swarna-Sub1, IR64-Sub1. Titisan ini memberikan daya tahan terendam, memberi manfaat kepada petani di kawasan yang mudah banjir. Secara normalnya, padi apabila ditenggelami, biasanya akan memanjang dengan cepat yang menyebabkan kematian jika banjir berterusan kerana berkurangnya tenaga yang digunakan untuk proses pemanjangan. Walau bagaimanapun, padi yang mengandungi gen Sub1 dapat meminimumkan penggunaan tenaga dan kerosakan tersebut. Gen Sub1A telah dikenal pasti dalam varieti padi tradisional dari India yang dikenali sebagai FR13A dan telah berintegrasi ke varieti padi lain untuk menghasilkan Swarna-Sub1, IR29-Sub1 dan IR64-Sub1.

Walaupun QTL Sub1 telah dikenal pasti, setakat ini tiada varieti padi komersial Malaysia yang diisytiharkan secara rasmi mempunyai toleransi untuk tekanan banjir atau tenggelam. Oleh itu, terdapat keperluan untuk mengenal pasti varieti padi tradisional menggunakan varieti tradisional sebagai sumber gen Sub1. Penggunaan penanda DNA seperti penanda SSR dan penanda CAPS yang berkait rapat dengan lokus Sub1 boleh digunakan untuk mengenal pasti genotip dalam varieti padi melalui Pemilihan Berbantuan Penanda (MAS) berdasarkan pemetaan QTL yang dikaitkan dengan gen toleransi terendam.

Pengenalpastian varieti toleran terhadap tekanan banjir dan tenggelam pada peringkat anak benih

Kemajuan dalam biologi molekul dan genomik membolehkan penyelidik mempelajari dan memanipulasi gen yang berkaitan dengan ketahanan padi terhadap banjir yang seterusnya membuka peluang untuk memilih varieti padi yang lebih tahan terhadap banjir. Di MARDI, penyelidikan telah dijalankan untuk mengenal pasti varieti toleran terhadap tenggelam pada peringkat anak benih bagi varieti padi tempatan terpilih untuk menentukan faktor genetik dan polimorfisme menggunakan penanda *Simple Sequence Repeats* (SSR) yang berpotensi dan penanda *Cleaved Amplified Polymorphic Sequence* (CAPS) yang dikaitkan dengan toleransi tenggelam dalam padi semasa peringkat anak benih. Kedua-dua penanda ini dapat mengesan tahap kebolehubahan dan polimorfisme yang tinggi. Penanda DNA ini dapat membantu mengesan pelbagai genotip dengan gen Sub1. Pengenalpastian varieti dengan sifat toleransi tekanan banjir amatlah penting kerana varieti ini boleh digunakan sebagai induk dalam proses pembaikbakaan. Selain itu, penanda dikenal pasti juga boleh digunakan untuk saringan titisan pembaikbakaan yang membawa gen tersebut dalam kajian akan datang.

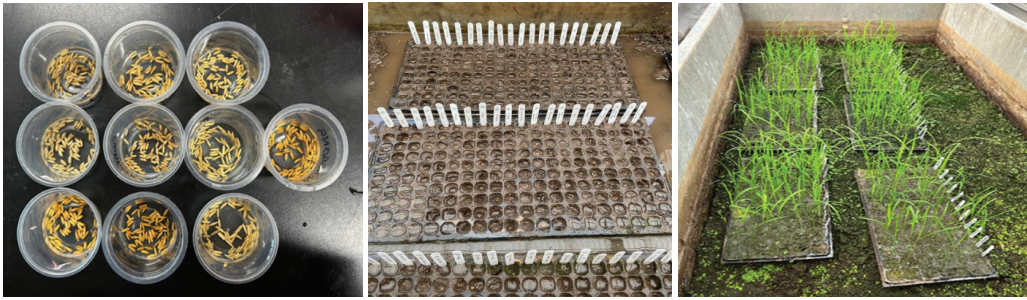
Proses saringan untuk ketahanan tenggelam atau banjir dijalankan dengan menjadikan varieti yang toleran terhadap tekanan banjir, iaitu Swarna Sub1 dan FR13A sebagai kawalan positif manakala varieti

IR42 yang sensitif sebagai kawalan negatif. Benih-benih padi daripada varieti terpilih dicambahkan dan ditumbuhkan selama 14 hari di bawah cahaya dalam rumah kaca pada suhu persekitaran. Anak benih itu ditenggelamkan selama 14 hari lagi sebelum dikeluarkan daripada air (*Gambar 1*). Pada hari ke-15, tanaman tersebut dikeluarkan daripada air. Pengukuran panjang pucuk daripada pangkal ke hujung pucuk pada akhir tempoh percambahan 14 hari dan tempoh tekanan 14 hari telah direkodkan. Manakala, set kawalan telah ditanam bawah sistem pengairan biasa. Proses saringan dijalankan dengan menjadikan varieti yang toleran terhadap tekanan banjir, iaitu Swarna Sub1 dan FR13A sebagai kawalan positif manakala varieti IR42 yang sensitif sebagai kawalan negatif.

Antara parameter yang diukur selepas varieti ditenggelamkan adalah pemanjangan padi semasa proses rendaman. Pemanjangan atau pertumbuhan ketinggian tumbuhan merupakan antara parameter penting untuk penilaian varieti bawah tekanan tenggelam atau banjir selain keupayaan kemandirian. Pemanjangan batang semasa banjir kilat bagi varieti padi yang membawa gen Sub1 pada kebiasaannya adalah menunjukkan kadar pemanjangan yang minimum, iaitu kecenderungan varieti tahan terhadap tekanan tenggelam/banjir berkorelasi dengan tahap pertumbuhan pemanjangan batang mereka. Pokok yang rentan mempunyai tinggi yang hampir sama atau lebih tinggi berbanding dengan kawalan bagi varieti yang sama. Pokok dalam kumpulan yang toleran mempunyai perbezaan ketinggian yang lebih rendah berbanding dengan kawalan bagi varieti yang sama. Penggunaan penanda CAPS adalah satu lagi cara untuk menentusahkan kehadiran gen Sub1, kerana ia digunakan sebagai penanda berfungsi. Penanda ini paling baik digunakan dengan penanda sisi (*flanking marker*) seperti penanda SSR bagi membezakan varieti toleran dan mudah terdedah dengan tepat. Teknik *Polymerase Chain Reaction* (PCR) dan pengekstrakan DNA juga digunakan untuk mengesan kehadiran gen Sub1 tersebut dalam setiap varieti padi yang diuji (*Gambar 2*).



Gambar 1. Proses percambahan dan pertumbuhan varieti terpilih padi selama 14 hari sebelum direndam selama 14 hari untuk pengujian terhadap tekanan tenggelam atau banjir



(a) Pemilihan varieti dan penanaman



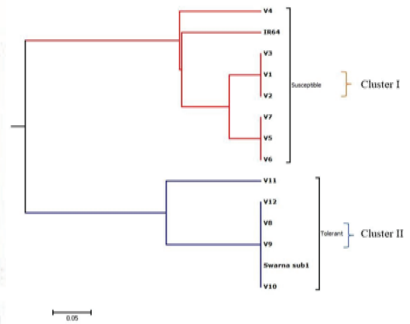
(b) Proses penyaringan dan pengambilan data morfologi



PCR



Analisis Kapilari Produk PCR



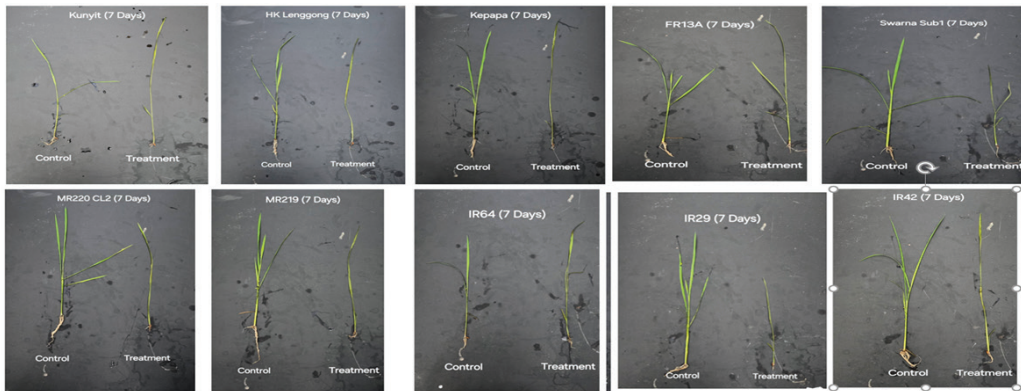
Marker	MAF	Chr. No.	Allele No.	Gene Diversity	PIC	Type of Marker
RM8300	0.5714	9	2.0000	0.4898	0.3698	polymorphic
RM8303	0.5714	9	3.0000	0.5816	0.5174	polymorphic
RM23805	0.8571	9	4.0000	0.2577	0.2464	polymorphic
RM23917	1.0000	9	1.0000	0.0000	0.0000	monomorphic
RM23922	0.7143	9	3.0000	0.4388	0.3862	polymorphic
GNS2	0.5714	9	2.0000	0.4898	0.3698	polymorphic
Mean	0.7143	NA	2.5000	0.3763	0.3150	NA

(c) Proses penyaringan menggunakan teknik biologi molekul di makmal

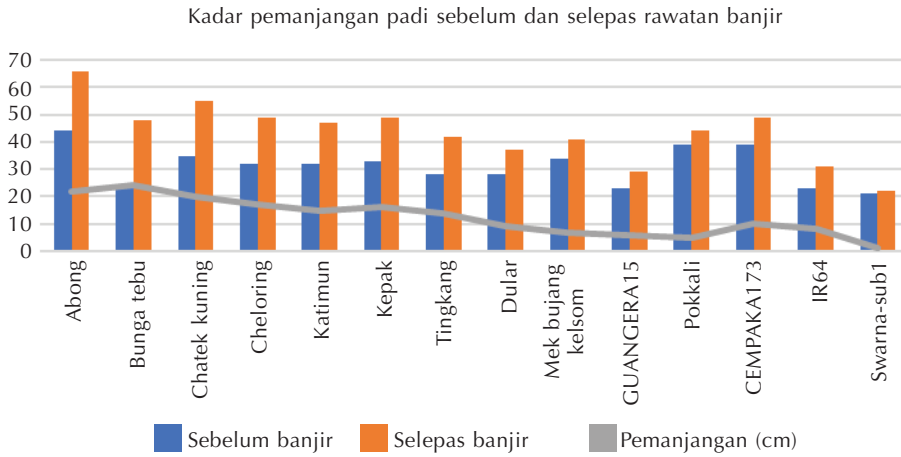
Gambar 2. Gambar rajah skematik yang menggambarkan keseluruhan proses saringan dan pengenalpastian varieti padi yang membawa gen *Sub1* untuk ketahanan terhadap banjir

Ciri utama varieti padi yang tahan terhadap tekanan banjir adalah kemampuan untuk hidup di bawah air untuk tempoh yang panjang, selalunya antara 10 – 20 hari bergantung kepada varieti yang membawa gen Sub1. Tumbuhan padi tahan tekanan banjir ini menunjukkan pertumbuhan yang perlahan semasa banjir dan menjimatkan tenaga sehingga air surut (*Gambar 3*). *Rajah 1* menunjukkan kadar pemanjangan varieti padi terpilih di mana padi varieti Swarna Sub1 yang membawa gen Sub1 menunjukkan kadar pemanjangan yang paling rendah selepas tekanan banjir diberikan.

Untuk memastikan perkaitan antara ciri ketahanan terhadap banjir dengan gen Sub1, penanda SSR dan CAPS digunakan untuk validasi dan mengesahkan kehadiran gen Sub1. Antara penanda SSR yang diuji, penanda RM8303 menunjukkan nilai PIC tertinggi (0.5174) dan kepelbagaian gen (0.5816) dan sangat berkaitan dengan sifat toleransi tenggelam ialah penanda SSR RM8303 yang bertindak sebagai penanda sisi SSR yang paling sesuai untuk membezakan individu yang membawa gen Sub1 manakala penanda GNS2 sebagai penanda berfungsi (*Jadual 1*). Secara keseluruhan, objektif kajian telah dicapai dan hubungan antara alel Sub1 dan sifat toleransi penenggelaman dalam varieti padi telah disahkan melalui aktiviti penyaringan dan validasi yang dijalankan.



Gambar 3. Varieti padi terpilih tujuh hari tanpa tekanan banjir dan apabila tekanan banjir diberi selepas tujuh hari



Rajah 1. Penentuan kadar pemanjangan varieti padi yang toleran terhadap kesan tenggelam disahkan melalui kadar pemanjangan yang lebih rendah berbanding dengan padi yang tidak sensitif terhadap tekanan banjir

Jadual 1. Ringkasan penanda SSR dan CAPS untuk 14 varieti padi

Penanda	RM8300	RM8303	RM2380	RM23917	RM23922	GNS2 CAPS	Sub 1	Ketahanan banjir
Abong	215/215	147/147	281/281	172/172	242/242	100	0	Rentan
Bunga Tebu	215/215	147/147	281/281	172/172	242/242	100	0	Rentan
Chatek	207/207	139/139	281/281	172/172	242/242	100	0	Rentan
Kuning Cheloring	215/215	136/147	283/283	172/172	0/0	100	0	Rentan
Katimun	215/215	139/145	281/281	172/172	242/242	100	0	Rentan
Kepak	222/222	147/147	281/281	172/172	242/242	100	0	Rentan
Tingkang	207/207	147/147	281/281	172/172	242/242	100	0	Rentan
Dular	215/215	147/147	281/281	172/172	242/242	111	1	Toleran
MekBujangK	207/207	139/145	281/281	172/172	242/242	111	1	Toleran
Guangera	207/207	147/147	281/281	172/172	242/242	111	1	Toleran
Pokkali	215/215	136/136	281/289	172/172	235/235	111	1	Toleran
Chempaka173	207/207	139/139	281/281	172/172	242/242	111	1	Toleran
IR64	207/207	147/147	279/281	172/172	242/242	100	0	Rentan
Swarna Sub1	215/215	139/145	281/281	172/172	242/242	111	1	Toleran

Cadangan

Sebagai cadangan masa hadapan, genotip yang dikenal pasti dengan toleransi terhadap tenggelam perlu ditambah baik untuk hasil dan kualiti yang efisien. Penyaringan juga harus dilakukan pada tempoh dan kedalaman air yang berbeza untuk proses klasifikasi varieti padi dengan tepat mengikut tahap toleransi. Selain itu, penanda yang menunjukkan polimorfisme tinggi ini perlu digunakan untuk pemilihan varieti padi rekombinan dalam MAS untuk tujuan pembaikbakaan. Secara alternatif, dengan menggunakan penanda sisi lain, genotip toleran ini juga boleh digunakan sebagai induk atau penderma dalam pembaikbakaan bagi membangunkan varieti mega atau elit dengan ciri-ciri agronomi lebih baik. Ini dapat membantu mengenal pasti penanda berbeza dengan polimorfisme dalam genotip padi dan membantu dalam memetakan QTL Sub1 untuk gen ketahanan terhadap banjir.

Kesimpulan

Peningkatan toleransi terhadap banjir telah mengurangkan kehilangan hasil tanaman dan membantu pesawah siap siaga terutamanya di kawasan yang terjejas. Penyelidikan telah dijalankan untuk mengenal pasti varieti padi terpilih bagi mengatasi tekanan banjir dan tenggelam di kawasan yang terdedah kepada banjir melalui kaedah penyaringan fizikal dan penyaringan genotip untuk memastikan kehadiran gen Sub1. Penggunaan varieti padi ini akan membantu pesawah mengurangkan risiko kerugian yang berkaitan dengan kehilangan tanaman akibat banjir. Amalan penanaman dan kepelbagaian biologi dalam pemilihan varieti padi tenggelam perlu mengamalkan amalan khusus untuk penghasilan yang optimum. Justeru, ia dapat menyokong kepelbagaian biologi pertanian, mewujudkan kepelbagaian sistem tanaman dan keseimbangan ekologi yang lebih baik. Ini termasuk memilih varieti yang sesuai berdasarkan keadaan serantau mereka, melalui teknik penanaman yang betul dan pengurusan tekanan tenggelam terutama sebelum dan selepas banjir.

Penghargaan

Penulis ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada Kementerian Pertanian dan Keterjaminan Makanan (KPKM) dan pihak MARDI kerana memberi peruntukan bawah Projek Pembangunan MARDI P502. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih bagi sesiapa yang terlibat secara tidak langsung dalam menjayakan projek dan penulisan ini.

Bibliografi

- Afrin, W., Nafis, M. H., Hossain, M. A., Islam, M. M., & Hossain, M. A. (2018). Responses of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to different levels of submergence. *Comptes Rendus Biologies*, 341(2), 85–96.
- Basu, S. M., Kumari, S., & Kumar, G. (2024). Sub1 QTL confers submergence tolerance in rice through nitro-oxidative regulation and phytohormonal signaling 2024. *Plant Physiol Biochem*, 211, 108682. Diperoleh dari <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.108682>. PMID:38714133.
- Masuduzzaman, A., Haque, M., Ahmed, M. E., & Mohapatra, C. K. (2016). SSR marker- based genetic diversity analysis of tidal and flood prone areas in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal Biotechnology and Biomaterials*, 6(3).
- Sandhu, N., Dixit, S., Swamy, B. P. M., Raman, A., Kumar, S., Singh, S. P., Yadaw, R. B., Singh, O. N., Reddy, J. N., & Anandan, A., (2019). Marker assisted breeding to develop multiple stress toleran varieties for flood and drought prone areas. *Rice*, 12(1).
- Sukiran, N. L., Jaya Karso, M. A. H. Mohrazemin, Q. Q., & Shamsuddin, N. A. A. (2022). The effects of submergence on selected Malaysian rice varieties. *Malaysian Applied Biology*, 51(5), 97–106.
- Xu, K., Deb, R., & Mackill, D. J. (2004). A microsatellite marker and a codominant PCR-based marker for marker-assisted selection of submergence tolerance in rice. *Crop Science*, 44(1), 248–253.
- Yusoff, I. M., Ramli, A., Alkasirah, N. A. M., & Nasir, N. M. (2018). Exploring the managing of flood disaster: A Malaysian perspective. *Geografia-Malaysian. Journal of Society and Space*, 14(3), 24–36.

Rumusan

Padi tahan tekanan banjir memainkan peranan penting dalam keterjaminan makanan bagi berjuta-juta orang, terutamanya di negara-negara Asia Selatan yang mengalami banjir dan merupakan fenomena biasa dalam era perubahan iklim yang ketara. Ia membantu mengekalkan tahap pengeluaran makanan semasa bencana yang disebabkan oleh perubahan iklim. Padi tahan banjir adalah satu inovasi dalam pertanian dan sangat penting bagi meningkatkan daya tahan tanaman terhadap perubahan iklim yang ekstrem. Pengenalpastian kebolehpayaan tahan banjir berserta data genotip gen ketahanan banjir Sub1 amatlah penting dalam pembangunan varieti padi baharu. Sebanyak 14 varieti padi Malaysia telah diuji berkaitan tahap toleransi tenggelam dan analisis telah dilakukan terhadap saringan fenotip dan genotip menggunakan enam penanda DNA. Analisis fenotip menyimpulkan bahawa pertumbuhan pucuk ke atas dan kadar pemanjangan yang rendah berkorelasi kuat dengan kadar kemandirian terhadap tekanan tenggelam. Penanda SSR dan CAPS telah digunakan untuk mengenal pasti dan mengesahkan kehadiran gen Sub1, iaitu penanda yang menunjukkan polimorfisme yang tinggi dan sangat rapat dengan sifat toleransi penenggelaman ialah RM8303 sebagai penanda sisi yang sesuai dan GNS2 sebagai penanda berfungsi. Dengan menekankan keterjaminan makanan dan menyokong sumber pencarian pesawah, padi tahan banjir akan memainkan peranan penting dalam mengurangkan kesan banjir di kawasan tanaman padi. Penyelidikan dan pembangunan yang berterusan adalah kritikal untuk meningkatkan varieti padi tenggelam dan amalan penanaman bagi memastikan kemampunan pada masa akan datang.

Summary

Flood-tolerant rice plays a vital role in food security for millions of people, especially in South Asian countries, due to floods, a common phenomenon especially in an era of significant climate change. It helps maintain food production levels during climate-induced disasters. Flood-tolerant rice is an innovation in agriculture and is crucial for increasing crop resilience to extreme climate change. Identification of flood-tolerant rice potential and genotyping data of the Sub1 flood resistance gene are essential for the development of new rice varieties. Fourteen Malaysian rice varieties were studied on their tolerance to submergence, whereby analysis was done on phenotypic and genotypic screening using six DNA markers. The phenotypic analysis concluded that upwards shoot with less growth correlates strongly with a low survival rate in rentan lines. Microsatellite and CAPS markers were used to identify and confirm the presence of the Sub1 gene, whereby markers that show high polymorphism and highly associate with submergence tolerance trait are RM8303 as a suitable flanking marker and GNS2 as a functional marker by emphasizing food security and supporting farmers' resource sourcing, flood-tolerant rice will play a vital role in reducing the impact of floods in rice-growing areas. Continued research and development are critical to improve submerged rice varieties and cultivation practices to ensure future sustainability.

Pengarang

Norliza Abu Bakar (Dr.)

Pusat Penyelidikan Agrobiodiversiti dan Persekitaran

Ibu Pejabat MARDI, Persiaran MARDI-UPM, 43400, Serdang, Selangor

E-mel: lizaab@mardi.gov.my

Mohd Zulfadli Sohaime, Mohd Shahril Firdaus Abdul Razak, Alny Marlynni Abd

Majid, Sew Yun Shin (Dr.) dan Muhamad Ridzuan Abd Rashid

Pusat Penyelidikan Bioteknologi dan Nanoteknologi, Ibu Pejabat MARDI

Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor