

## Galur Harapan Padi Rawa Toleran Rendaman

Rini Hermanasari, Supartopo, Aris Hairmansis, Yullianida, dan Bambang Kustianto

*Balai Besar Penelitian Tanaman Padi  
Jln. Raya 9, Sukamandi, Subang, Jawa Barat*

**ABSTRACT. New Promising Lines of Swampy Rice Tolerant to Submergence.** The availability of high yielding rice varieties tolerant to water submergence at swamp lowland are limited. The study was aimed to determine tolerances of 6 promising lines of swampy rice to submergence. The experiment was conducted in a greenhouse of the Muara Experiment Station, Bogor, West Java, arranged in a factorial randomized complete block design with four replications. The first factor consisted of 6 promising swampy rice lines and 4 check rice varieties (IR64-Sub1, Swarna-Sub1, IR42, and Batanghari). The second factors consisted of three periods of rice seedlings submergence, i.e., at 6 days (R1), 10 days (R2), and 14 days (R3). The experiment was carried out in accordance with the standard methods. Results of the experiment indicated that the lines tested showed different responses to the submergence, for all observed variables (plant height before submergence, plant height after submergence, and the number of survive plants). Effects of submergences and interaction between submergences and rice genotypes was significant for the number of survive plants. Lines IR40931-1- 3-2 were tolerant to the 6 day submergence and could be considered to be developed into high yielding rice varieties tolerant to submergence as a backup or alternative varieties to IR64-Sub1.

Key words: Rice promising lines, swampy rice, submergence tolerance

**ABSTRAK.** Ketersediaan varietas unggul padi rawa tahan rendaman masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui toleransi enam galur harapan padi rawa terhadap cekaman rendaman. Penelitian dilaksanakan di rumah kaca Kebun Percobaan Muara, Bogor, Jawa Barat, dengan perlakuan faktorial dalam rancangan acak kelompok (Faktorial RAK) dan empat ulangan. Faktor pertama adalah 6 galur padi rawa dan 4 varietas pembanding (IR64-Sub1, Swarna-Sub1, IR42, dan Batanghari). Faktor kedua adalah lamanya perendaman tanaman, yaitu bibit direndam 6 hari (R1), 10 hari (R2), dan 14 hari (R3). Penyiapan bahan percobaan dilakukan sesuai dengan metode baku. Galur padi yang diuji memberikan respon yang berbeda terhadap rendaman, untuk semua peubah yang diamati (tinggi tanaman sebelum direndam, tinggi tanaman setelah direndam, dan jumlah tanaman hidup). Pengaruh perendaman dan interaksi perendaman dan genotipe padi hanya nyata pada jumlah tanaman yang hidup. Jumlah tanaman padi yang hidup setelah 6 hari perendaman lebih banyak daripada jumlah tanaman yang hidup setelah 10 hari dan 14 hari perendaman, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah tanaman yang hidup. Galur IR40931-1-3-2 tahan rendaman selama 6 hari dan dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi varietas unggul padi rawa sebagai cadangan atau alternatif untuk varietas IR64-Sub1.

Kata kunci: Galur harapan, padi rawa, toleran rendaman

Bercocok tanam padi pada lahan rawa dihadapkan pada banyak masalah biotik dan abiotik. Pada lahan rawa lebak, masalah utama adalah fluktuasi genangan air yang sulit diprediksi. Banjir akibat curah hujan tinggi pada musim hujan sering menggenangi pertanaman padi, sementara pada musim kemarau terjadi kekeringan.

Tanaman padi dapat beradaptasi baik pada lingkungan berair, namun genangan air yang dalam pada periode waktu lama dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat dan mati. Pada saat tanaman terendam air, suplai oksigen dan carbon dioksida berkurang sehingga mengganggu proses fotosintesis dan respirasi (Xu *et al.* 2006).

Rendaman mempengaruhi produktivitas tanaman padi, bahkan dapat menyebabkan kehilangan hasil (Kawano *et al.* 2008). Menurut Jackson (2003), tanaman padi mengalami kerusakan yang parah apabila terendam air selama beberapa hari karena pertumbuhan menurun dan anakan tidak bertambah.

Penggunaan varietas unggul toleran rendaman merupakan salah satu strategi dalam menanggulangi penurunan hasil akibat banjir. Aplikasi teknik biologi molekuler telah berhasil mengidentifikasi gen padi yang menyebabkan tanaman mampu bertahan dalam genangan air. Terdapat tiga gen yang berhubungan erat dengan proses biologi yang menyebabkan tanaman padi toleran terhadap rendaman, salah satu diantaranya dikenal sebagai gen Sub 1A (Siangliw *et al.* 2003; Toojinda *et al.* 2003). Menurut Xu *et al.* (2006) terdapat tiga gen yang mengandung *ethylene response factor* (ERF) pada lokus Sub1, yaitu Sub1A, B, dan C. Dari ketiga gen tersebut, gen Sub1A merupakan penentu utama toleransi tanaman yang mampu terinduksi dengan kuat sebagai respon terhadap rendaman. Varietas yang membawa gen toleran Sub1 mampu bertahan hidup pada kondisi terendam penuh hingga 14 hari.

Ditemukannya gen Sub1 pada tanaman padi memberikan peluang dalam perakitan varietas toleran genangan, sehingga dapat disediakan varietas unggul untuk lahan rawa (Badan Litbang Pertanian 2007). Galur-galur harapan padi yang mengandung gen Sub1 hasil penelitian IRRi telah diintroduksi melalui kerja sama antara Badan Litbang Pertanian dengan IRRi. Di antara

galur-galur yang diintroduksi tersebut telah dilepas yaitu IR70213-9-CPA-12-UBN-2-1-3-1 sebagai varietas unggul baru dengan nama Inpara 3, IR05F101 (Swarna-Sub1) dengan nama Inpara 4, dan IR07F102 (IR64-Sub1) dengan nama Inpara 5 (Hairmansis *et al.* 2009; Balai Besar Penelitian Tanaman Padi 2010).

Varietas toleran rendaman tersebut sebelum dilepas telah melalui berbagai pegujian, di samping adaptasi di lapangan pengujian juga dilakukan terhadap cekaman biotik dan abiotik di rumah kaca dan uji mutu beras di laboratorium. Pengujian cekaman abiotik rendaman di rumah kaca perlu dilakukan terhadap galur-galur baru yang dirakit untuk lahan rawa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui toleransi galur-galur padi rawa terhadap cekaman rendaman.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di rumah kaca Kebun Percobaan Muara, Bogor, Jawa Barat, pada bulan Juli-September 2008, rancangan faktorial acak kelompok dengan empat ulangan. Perlakuan pertama adalah enam galur dan empat varietas pembanding (Tabel 1). Perlakuan kedua adalah lama perendaman bibit, yaitu 6 hari (R1), 10 hari (R2), dan 14 hari (R3).

Penyiapan bahan percobaan sesuai dengan metode Vergara dan Mazaredo (1975), sebagai berikut: benih direndam dalam air selama 24 jam, kemudian dicuci dan diperam selama 24 jam. Media tanam berupa tanah liat dalam bak plastik berukuran 40 cm x 25 cm x 14 cm, dipupuk 2 g urea, 1 g TSP, dan 2 g KCl per bak. Benih ditanam dalam barisan sebanyak 12 benih, dan ditutup dengan tanah 2-3 cm. Setiap bak dibagi menjadi 10 baris. Pada umur 10 hari setelah tanam, bibit yang lemah dibuang dan disisakan 10 tanaman terbaik, kemudian diukur tinggi tanaman. Selanjutnya, tanaman berikut bak plastik direndam masing-masing selama 6 hari, 10 hari,

dan 14 hari sesuai dengan perlakuan di dalam bak air berukuran panjang 150 cm, lebar 150 cm, dan tinggi air 140 cm. Air dalam bak dipertahankan setinggi 70 cm di atas permukaan tanah sehingga seluruh bagian tanaman terendam. Kondisi air rendaman bening, dan suhu air 27°C. Setelah direndam, bak plastik berisi tanaman dikeluarkan, kemudian diukur tinggi tanaman. Setelah itu, bak plastik berisi tanaman diletakkan dalam rumah kaca. Setelah lima hari di rumah kaca kemudian dihitung tanaman yang daunnya masih berwarna hijau. Penilaian menggunakan *Standard Evaluation System of Rice* (IRRI 1996).

Pengamatan dilakukan terhadap tinggi tanaman dan tanaman hidup. Tinggi tanaman, diukur mulai dari pangkal tanaman sampai daun terpanjang. Pengukuran tinggi tanaman dilakukan sebelum tanaman direndam pada umur 10 hari setelah tanam dan satu minggu setelah perlakuan. Persentase jumlah tanaman hidup ditentukan dengan menghitung jumlah tanaman hidup setelah perendaman dibagi dengan jumlah tanaman awal tanam, dikali 100%.

Berdasarkan angka tersebut ditentukan skor toleransinya, yaitu:

Skor 1 = 100%	(sangat toleran)
Skor 3 = 95-99%	(toleran)
Skor 5 = 75-94%	(moderat)
Skor 7 = 50-74%	(rentan)
Skor 9 = 0-49%	(sangat rentan)

Data pengamatan dianalisis menggunakan analisis ragam. Data jumlah tanaman hidup ditransformasi *arc sin* sebelum dilakukan analisis.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa varietas memberikan respon yang berbeda nyata untuk semua peubah (tinggi tanaman sebelum dan setelah direndam, dan jumlah tanaman hidup). Pengaruh rendaman dan interaksi perendaman dan varietas hanya berbeda nyata pada peubah jumlah tanaman hidup. Rendaman tidak mempengaruhi perbedaan tinggi tanaman sebelum dan setelah direndam. Hal ini dapat ditunjukkan dari hasil analisis ragam bahwa setiap perlakuan rendaman tidak berpengaruh terhadap tinggi sebelum dan setelah direndam (Tabel 2).

Tinggi tanaman sebelum dan setelah terendam dan jumlah tanaman hidup dapat dilihat pada Tabel 3. Tinggi tanaman dari masing-masing perlakuan rendaman tidak berbeda antara sebelum dengan setelah direndam. Galur Sambha Mahsuri Sub1 memiliki tanaman terpendek pada ketiga perlakuan rendaman, baik

Tabel 1. Daftar galur/varietas yang diuji pada pengujian toleran rendaman di rumah kaca KP Muara, Bogor, MT 2 2008.

Galur/Varietas	Keterangan
IR49830-7-1-2-3	
IR40931-1-3-2	
Sambha Mahsuri-Sub1	6 galur yang di uji
IR70213-10-CPA-2-UBN-B-1-1-3	
IR70181-5-PMI-1-2-B-1	
IR72049-B-R-22-3-1-1	
IR64-Sub1	Pembanding toleran rendaman
Swarna-Sub1	Pembanding toleran rendaman
IR42	Pembanding peka rendaman
Batanghari	Pembanding peka rendaman

sebelum maupun setelah direndam. Galur IR49830-7-1-2-3 memiliki tanaman tertinggi pada rendaman 6 hari, namun setelah direndam tidak berpengaruh terhadap perubahan tinggi tanaman. Demikian juga pada perlakuan perendaman 10 hari dan 14 hari, tidak berpengaruh terhadap tinggi tanaman, baik sebelum maupun setelah direndam (Tabel 3).

Jumlah tanaman yang mampu hidup setelah rendam air selama 6 hari, 10 hari, dan 14 hari disajikan pada Tabel 4. Terdapat perbedaan jumlah tanaman yang hidup di antara perlakuan rendaman. Tiga galur dapat bertahan hidup selama 6 hari sesuai dengan kedua varietas pembanding toleran rendaman. Galur tersebut adalah IR49830-7-1-2-3, IR40931-1-3-2, dan IR70213-10-CPA-2-UBN-1-B-1-1-3 dengan jumlah tanaman yang hidup masing-masing sebesar 93%, 95%, dan 95%.

Tabel 2. Kuadrat tengah hasil analisis ragam untuk karakter tinggi tanaman sebelum dan setelah direndam dan persentase tanaman hidup.

	Tinggi sebelum direndam	Tinggi setelah direndam	Jumlah tanaman hidup (%)
Perlakuan	3,9 <sup>tn</sup>	4,0 <sup>tn</sup>	6587,5 <sup>**</sup>
Blok	0,4 <sup>tn</sup>	0,6 <sup>**</sup>	17,71 <sup>tn</sup>
Varietas	30,0 <sup>**</sup>	28,4 <sup>**</sup>	5375,76 <sup>**</sup>
Perlakuan*Varietas	2,0 <sup>tn</sup>	2,5 <sup>tn</sup>	480,2 <sup>**</sup>
Galat	2,9	3,1	153,3
KK (%)	7,6	7,9	22,3

\* berbeda nyata pada taraf 0,05

\*\* berbeda sangat nyata pada taraf 0,01

tn = tidak berbeda nyata pada taraf 0,05

Toleransi ketiga galur tersebut terhadap rendaman tidak berbeda nyata dengan varietas pembanding IR64-Sub1 (96%) dan Swarna-Sub1 (95%), namun tingkat toleransinya berbeda, kecuali galur IR40931-1-3-2 toleran terhadap rendaman dengan nilai 3, sedangkan galur IR49830-7-1-2-3 dan IR70213-10-CPA-2-UBN-1-B-1-1-3 tergolong moderat dengan nilai 5 (Tabel 4).

Pada perlakuan rendaman 10 hari terdapat tiga galur yang dapat bertahan hidup, sama dengan varietas pembanding toleran rendaman (IR64-Sub1 (99%) dan Swarna-Sub1 (97%). Ketiga galur tersebut adalah IR49830-7-1-2-3, IR40931-1-3-2 dan Samba Mahsuri-Sub1 dengan jumlah tanaman hidup masing-masing 91%, 91%, dan 87%. Toleransi rendaman ketiga galur tersebut tidak berbeda nyata dengan IR64 Sub1 dan Swarna-Sub1, masing-masing galur bereaksi moderat dengan nilai 5.

Galur IR49830-7-1-2-3 dan IR40931-1-3-2 dengan jumlah tanaman hidup 91,6% dan 92,7% dapat bertahan hidup selama 14 hari, setara dengan varietas pembanding toleran rendaman IR64-Sub1 (96%) dan Swarna-Sub1 (85%). Kedua galur ini walaupun tidak berbeda nyata dengan IR64-Sub1 dan Swarna-Sub1, namun toleransinya tergolong moderat sama dengan Swarna-Sub1 dengan nilai 5.

Lama rendaman tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, namun rendaman menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat. Menurut Sarkar *et al* (2006), toleransi rendaman merupakan adaptasi tanaman dalam merespon proses anaerob yang menggerakkan sel untuk mengatur atau memelihara keutuhannya sehingga tanaman mampu bertahan hidup dalam kondisi hipoksia tanpa kerusakan berarti.

Tabel 3. Tinggi tanaman galur/varietas padi rawa sebelum dan setelah direndam selama 6 hari, 10 hari, dan 14 hari di rumah kaca, KP Muara, Bogor, 2008.

Galur/varietas	R1 6 Hari		R2 10 Hari		R3 14 Hari	
	Tinggi tanaman sebelum direndam (cm)	Tinggi tanaman setelah direndam (cm)	Tinggi tanaman sebelum direndam (cm)	Tinggi tanaman setelah direndam (cm)	Tinggi tanaman sebelum direndam (cm)	Tinggi tanaman setelah direndam (cm)
IR49830-7-1-2-3	23,9 <sup>A</sup>	22,6 <sup>A</sup>	25,1 <sup>A</sup>	25,1 <sup>A</sup>	23,8 <sup>A</sup>	23,8 <sup>A</sup>
IR40931-1-3-2	22,0 <sup>AB</sup>	22,0 <sup>A</sup>	21,5 <sup>ABC</sup>	21,5 <sup>ABC</sup>	20,9 <sup>A</sup>	20,9 <sup>A</sup>
Sambha Mahsuri-Sub1	19,8 <sup>B</sup>	19,8 <sup>A</sup>	19,3 <sup>C</sup>	19,3 <sup>C</sup>	17,8 <sup>B</sup>	17,8 <sup>B</sup>
IR70213-10-CPA-2-UBN-B-1-1-3	23,1 <sup>AB</sup>	23,1 <sup>A</sup>	24,0 <sup>AB</sup>	24,0 <sup>AB</sup>	23,4 <sup>A</sup>	23,4 <sup>A</sup>
IR70181-5-PMI-1-2-B-1	20,6 <sup>AB</sup>	20,6 <sup>A</sup>	22,1 <sup>ABC</sup>	22,1 <sup>ABC</sup>	22,1 <sup>A</sup>	22,1 <sup>A</sup>
IR72049-B-R-22-3-1-1	22,4 <sup>AB</sup>	22,1 <sup>A</sup>	24,1 <sup>AB</sup>	24,1 <sup>AB</sup>	24,4 <sup>A</sup>	24,4 <sup>A</sup>
IR64-Sub1	23,6 <sup>AB</sup>	23,8 <sup>A</sup>	24,0 <sup>AB</sup>	24,0 <sup>AB</sup>	22,9 <sup>A</sup>	22,2 <sup>A</sup>
Swarna-Sub1	20,6 <sup>AB</sup>	20,6 <sup>A</sup>	21,3 <sup>BC</sup>	21,3 <sup>BC</sup>	21,8 <sup>A</sup>	21,8 <sup>A</sup>
IR42	21,1 <sup>AB</sup>	21,1 <sup>A</sup>	22,5 <sup>ABC</sup>	22,5 <sup>BC</sup>	21,8 <sup>A</sup>	21,8 <sup>A</sup>
Batanghari	22,4 <sup>AB</sup>	22,4 <sup>A</sup>	21,8 <sup>ABC</sup>	21,8 <sup>ABC</sup>	22,8 <sup>A</sup>	22,8 <sup>A</sup>

Angka selanjur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 0,05 HSD

Tabel 4. Persentase tanaman hidup dari galur/varietas padi toleran rendaman selama 6 hari, 10 hari, dan 14 hari di rumah kaca KP Muara, Bogor, MK 2008.

Galur/Varietas	R1 = 6 hari		R2 = 10 hari		R3 =14 hari	
	Persentase jumlah tanaman hidup* (%)	Skor	Persentase jumlah tanaman hidup* (%)	Skor	Persentase jumlah tanaman hidup* (%)	Skor
IR49830-7-1-2-3	93 <sup>A</sup>	5	91 <sup>A</sup>	5	92 <sup>A</sup>	5
IR40931-1-3-2	95 <sup>A</sup>	3	80 <sup>ABC</sup>	5	93 <sup>A</sup>	5
Sambha Mahsuri-Sub1	88 <sup>AB</sup>	5	87 <sup>A</sup>	5	52 <sup>BC</sup>	7
IR70213-10-CPA-2-UBN-B-1-1-3	95 <sup>A</sup>	5	39 <sup>BCD</sup>	9	32 <sup>CD</sup>	9
IR70181-5-PMI-1-2-B-1	83 <sup>AB</sup>	5	32 <sup>CD</sup>	9	31 <sup>CD</sup>	9
IR72049-B-R-22-3-1-1	75 <sup>AB</sup>	7	32 <sup>CD</sup>	9	29 <sup>CD</sup>	9
IR64-Sub1**	97 <sup>A</sup>	3	83 <sup>AB</sup>	3	96 <sup>A</sup>	3
Swarna-Sub1**	95 <sup>A</sup>	3	86 <sup>AB</sup>	3	85 <sup>AB</sup>	5
IR42***	65 <sup>AB</sup>	7	14 <sup>D</sup>	9	7 <sup>DE</sup>	9
Batanghari***	49 <sup>B</sup>	9	12 <sup>D</sup>	9	0 <sup>E</sup>	9

Angka selanjur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 0,05 HSD

\*) Untuk uji beda data ditransformasi dengan Arc. sin; untuk tingkat toleransi digunakan data nontransformasi

\*\*\*) Pembanding toleran rendaman

\*\*\*\*) Pembanding peka rendaman

Skor: 3 = toleran; 5 = moderat ; 7 = rentan dan 9 = sangat rentan

Evaluasi terhadap tanaman toleran maupun tidak toleran rendaman menunjukkan bahwa bibit padi toleran memiliki 30-50% cadangan karbohidrat nonstruktural dibanding varietas tidak toleran. Karbohidrat ini dimanfaatkan selama terendam untuk mensuplai energi yang dibutuhkan untuk tumbuh dan mengatur metabolisme (Sarkar *et al.* 2006).

Tingkat toleransi dari galur-galur yang diuji bervariasi untuk setiap perlakuan rendaman: galur IR40931-1-3-2 tergolong toleran rendaman selama 6 hari dengan skor 3, namun tingkat toleransi berubah menjadi moderat dengan skor 5 pada rendaman 10 hari dan 14 hari. Keadaan ini menunjukkan bahwa semakin lama tanaman tergenang air semakin kecil jumlah tanaman yang bertahan hidup. Menurut Ito *et al.* (1999) dan Setter *et al.* (1996) tanaman yang tidak toleran rendaman memperlihatkan pertumbuhan yang sangat jelek sampai mati. Di samping itu, tanaman yang terendam akan mengalami kerusakan mekanis pada daun, karena berkurangnya cahaya dan terbatasnya difusi gas. Hal ini mengakibatkan suplai oksigen dan karbondioksida menjadi berkurang sehingga mempengaruhi proses fotosintesis dan respirasi. Terhambatnya proses fotosintesis dalam jangka waktu yang lama menyebabkan pertumbuhan tanaman semakin tertekan dan sulit untuk memperbaiki diri (Kawano *et al.* 2002).

## KESIMPULAN

1. Galur/varietas yang diuji memberikan respon yang berbeda terhadap perlakuan rendaman. Semakin lama galur/varietas direndam semakin sedikit jumlah tanaman yang hidup. Lama rendaman tidak berpengaruh terhadap tinggi tanaman, namun rendaman menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat.
2. Diperoleh satu galur harapan yang toleran terhadap rendaman selama 6 hari yaitu IR40931-1-3-2. Galur tersebut dapat dikembangkan menjadi varietas alternatif IR64-Sub1.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Litbang Pertanian. 2007. IRRI temukan varietas padi tahan banjir. <http://www.litbang.deptan.go.id>. Download pada 01 Desember 2010.
- Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. 2010. Deskripsi varietas padi. Sukamandi.
- Hairmansis, A., Diah Wurjandari, dan M. Syam. 2009. Padi Toleran Rendaman. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan-International Rice Research Institute. Bogor. 12p.
- IRRI. 1996. Standard evaluation system of rice. Los Banos, Philippines.
- Ito, O., E. Ella, and N. Kawano. 1999. Physiological basis of submergence tolerance in rainfed lowland rice ecosystem. *Field Crops Res.* 64:75-90.
- Jackson, M.B. 2003. Physiological and molecular basis of susceptibility and tolerance of rice plant to complete submergence. *Annals of Botany* 91(2):227-241.

- Kawano, N., E. Ella, O. Ito, Y. Yamauchi, and K. Tanaka. 2002. Metabolic changes in rice seedlings with different submergence tolerance after desubmergence. *Environmental and Experimental Botany* 47:95-203.
- Kawano, N., O. Ito, and J. Sakagami. 2008. Flash flooding resistance of rice *Oryza sativa* L and *O. glaberrima* Steud., and interspecific hybridization progeny. *Environmental and Experimental Botany* 639(1-3):9-18.
- Sarkar, R.K., J.N. Reddy, S.G. Sharma, and A.M. Ismail. 2006. Physiological basis of submergence tolerant in rice and implication on crop development. *Current Science*. 91:899-906.
- Setter, T.L. and E.V. Laureles. 1996. The beneficial effect of reduce elongation growth on submergence tolerance of rice. *J. Exp Bot.* 47:1551-1559.
- Siangliw, M., T. Toojinda, S. Tragoonrung, and A. Vanavichit. 2003. Thai jasmine rice carrying QTLch9 (SubQTL) is submergence tolerant. *Annals of Botany* 91:255-261.
- Toojinda, T., M. Siangliw, S. Tragoonrung, and A. Vanavichit. 2003. Molecular genetics of submergence tolerance in rice: QTL analysis of key traits. *Annals of Botany* 91:243-253.
- Vergara, B.S. and Mazaredo. 1975. Screening for resistance to submergence under greenhouse condition. In Proc.Int. Seminar on Deep Water Rice, BRRI, Joidepur, Dacca, Bangladesd.
- Xu, K., X. Xia, T. Fukao, P. Canlas, R. Maghirang-Rodriguez, S. Heuer, A. Ismail, J. Bailey-Serres, P.C. Ronald, and D.J. Mackill. 2006. Sub1A is an ethylene response factor-like gene that confers submergence tolerance to rice. *Nature* 442:705-708.
-