

PENGARUH FREKUENSI IRIGASI TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI LIMA GALUR PADI SAWAH

Eko Sulistyono¹⁾, Suwarno²⁾, Ikandar Lubis¹⁾, Deni Suhendar³⁾

¹⁾ Dept Agronomi dan Hortikultura, Faperta IPB, email:ekosulistyono@ipb.ac.id, ²⁾ BB Padi
Kementerian Pertanian, ³⁾ Mahasiswa Departemen Agronomi dan Hortikultura, IPB

ABSTRAK

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari-Juli 2010 di rumah kaca University Farm, Cikabayan, Dramaga, Bogor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh frekuensi irigasi terhadap pertumbuhan dan produksi lima galur padi sawah dan untuk mendapatkan nilai titik kritis potensial air tanah untuk seleksi padi tahan kekeringan. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok terdiri atas dua faktor dengan tiga ulangan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa frekuensi irigasi berpengaruh terhadap tinggi tanaman 8 MST dan 12 MST, jumlah anakan 8 MST dan 12 MST, panjang daun, nisbah panjang/lebar daun, umur berbunga, jumlah anakan produktif, panjang malai, jumlah malai, jumlah gabah per malai, persentase jumlah gabah isi, bobot gabah kering panen, bobot kering tajuk, bobot gabah kering giling, dan persentase penurunan produksi. Cekaman kekeringan menyebabkan penurunan produksi sebesar 32.44%, 41.52%, dan 48.87%, berturut-turut pada frekuensi irigasi 8, 12, dan 16 hari sekali. Pada kondisi ketersediaan air optimum, galur padi yang menghasilkan produksi tertinggi adalah galur 1, 2, dan 5. Pada kondisi kekeringan, semua galur yang diuji mengalami penurunan produksi. Titik kritis potensial air tanah pada fase vegetatif, reproduktif dan pemasakan masing-masing adalah -35.9, -25.8 dan 0.3 kPa.

Kata Kunci: *Oryza sativa L*, frekuensi irigasi, cekaman kekeringan, titik kritis potensial tanah.

ABSTRACT

The research was conducted in February-July 2010 in the greenhouse University Farm, Cikabayan, Dramaga, Bogor. This study aims to determine the effect of irrigation frequency on growth and production of five strains of lowland rice, to determine critical point

of soil water potential for drought tolerant screening. This study used a randomized block design which consists of two factors and three replications for each combination of treatments. The results of this study indicate that the frequency of irrigation effect on plant height at 8 and 12 weeks after planting (WAP), the number of tillering at 8 and 12 WAP, leaf length, ratio length / width of leaves, flowering age, number of productive tillers, panicle length, panicle number, number of grain per panicle, the percentage amount of grain fill, the weight of dry grain harvest, canopy dry weight, dry weight of milled grain, and the percentage decrease in production. Drought stress decreased production by 32.44%, 41.52% and 48.87% respectively at irrigation frequency of 8, 12, and 16 days. At optimum conditions of water availability, rice strains that produce the highest production is strain 1, 2, and 5. In drought conditions, all strains tested decreased production. Critical point of soil water potential were -35.9, -25.8 and 0.3 kPa respectively on the vegetative phase, reproductive phase, and ripening phase.

Keywords: *Oryza sativa L*, irrigation frequency, drought stress, critical point of soil moisture

PENDAHULUAN

Kebutuhan air pada budidaya tanaman padi secara umum dipengaruhi oleh topografi, jenis tanah, periode pertumbuhan, dan praktik budidaya. Menurut Yoshida (1981) tanaman padi membutuhkan air sebanyak 180-300 mm/bulan agar dapat berproduksi dengan baik. Lebih lanjut Bouman (2009) menambahkan bahwa untuk menghasilkan 1 kg gabah, tanaman padi membutuhkan 2 500 liter air yang berasal dari hujan atau irigasi.

Stress atau cekaman air dapat berarti kelebihan atau kekurangan air. Kelebihan air berupa cekaman banjir sedangkan kekurangan air

berupa cekaman kekeringan. Padi merupakan tanaman yang sangat sensitif terhadap cekaman kekeringan. Tanda awal penurunan air tanah adalah penggugulan daun yang pada akhirnya mengurangi radiasi surya pada daun. Penggugulan daun merupakan ekspresi sederhana kehilangan turgor pada daun (Fischer and Fukai, 2003). Kekeringan mempengaruhi morfologi, fisiologi, dan aktivitas pada tingkatan molekular tanaman padi seperti menunda pembungaan, mengurangi distribusi dan alokasi bahan kering, mengurangi kapasitas fotosintesis sebagai akibat dari menutupnya stomata, pembatasan berkenaan dengan metabolisme, dan kerusakan pada koroplas (Farooq *et al.*, 2009).

Cekaman kekeringan pada tiap tahap pertumbuhan dapat menurunkan hasil. Gejala yang paling umum terjadi akibat cekaman kekeringan antara lain penggugulan daun, daun mengering, terhentinya pertumbuhan, tertundanya pembungaan, bulir hampa, dan pengisian bulir yang tidak sempurna (Yoshida, 1981). Menurut Lafitte (2003) tanaman padi sensitif terhadap cekaman kekeringan terutama pada masa pembungaan. Galur padi yang berbunga dalam waktu tidak lama setelah pengairan dilakukan, akan lebih sedikit terpengaruh cekaman kekeringan daripada galur padi yang berbunga lebih lambat. Fischer dan Fukai (2003) menyatakan bahwa pembungaan sering tertunda selama 2 – 3 minggu pada kondisi cekaman kekeringan. Dalam beberapa kasus, bahkan bunga tidak muncul.

Pertumbuhan daun merupakan proses fisiologi pertama yang dipengaruhi oleh cekaman kekeringan. Penurunan ukuran daun menyebabkan penurunan hantaran stomata dan fotosintesis. Perubahan ukuran daun dan stomata merupakan mekanisme untuk menghindari kekeringan dengan cara mengurangi transpirasi. Berbagai karakter morfologi daun padi yaitu daun panjang, daun lebar dan daun sempit sudah diuji keterkaitannya dengan toleransi terhadap kekeringan. Cekaman kekeringan menurunkan jumlah daun, luas daun, luas daun spesifik, bobot kering tanaman, jumlah anakan, tinggi tanaman, transpirasi. Galur modifikasi IR-64 dengan daun lebar lebih baik dibandingkan dengan galur berdaun sempit dan pendek pada kondisi cekaman kekeringan (Farooq, *et al.*, 2010).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh frekuensi irigasi terhadap pertumbuhan dan produksi lima galur padi sawah dan mendapatkan titik kritis potensial air tanah untuk seleksi padi sawah tahan kekeringan

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Rumah kaca *University Farm*, Cikabayan, Dramaga, Bogor. Ketinggian tempat di lahan percobaan adalah 250 m dpl. Pengamatan pascapanen dilakukan di Laboratorium Pascapanen, Departemen Agronomi dan Hortikultura. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari – Juli 2010.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Kelompok Lengkap Teracak (RKLK) yang terdiri atas dua faktor. Faktor pertama adalah lima galur padi sawah (G) yaitu: (1) G1 = BP1027F-PN-1-2-1-KN-1-MR-3-3; (2) G2 = B10894B-MR-2-3-KN-2-1 (3) G3 = B10214F-KN-2-3-2-1; (4) G4 = B10214F-KN-2-1-1-2; (5) G5 = KAL9418F-KN-2-1-1-2. Faktor kedua adalah frekuensi irigasi (I) dengan empat taraf perlakuan yaitu: (1) I1 = irigasi 4 hari sekali; (2) I2 = irigasi 8 hari sekali; (3) I3 = irigasi 12 hari sekali; (4) I4 = irigasi 16 hari sekali. Dengan demikian terdapat 20 kombinasi percobaan, masing-masing dengan tiga ulangan sehingga seluruhnya terdapat 60 satuan percobaan.

Penanaman dilakukan dalam pot yang telah diisi tanah latosol sebanyak 7 kg setiap pot dengan cara tanam benih langsung. Penjarangan tanaman dilakukan pada umur 2 minggu setelah tanam (MST) menjadi 3 tanaman setiap pot. Pemupukan urea dengan dosis optimum diberikan tiga kali, yaitu pada 3 MST, 7 MST, dan 12 MST. Pupuk SP-18 dan KCl diberikan seluruh dosis optimum pada 3 MST. Pengendalian gulma dilakukan secara manual dengan membersihkan gulma yang ada di ember. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan dengan menggunakan pestisida yang berbahan aktif *deltametrin* dan *karbofuran*.

Perlakuan frekuensi irigasi dilakukan mulai 3 MST. Irigasi diberikan sampai tinggi genangan 2.5 cm dengan selang pemberian air sesuai perlakuan yaitu 4, 8, 12, dan 16 hari sekali. Peubah-peubah yang diamati meliputi tinggi

tanaman, jumlah anakan per rumpun, panjang dan lebar daun, nisbah panjang/lebar daun, umur berbunga, jumlah anakan produktif/rumpun, panjang malai, jumlah malai per rumpun, jumlah gabah per malai, persentase bobot gabah isi, persentase jumlah gabah isi, bobot 100 butir gabah, bobot kering tajuk, bobot gabah kering giling, evapotranspirasi harian (mm/hari) dan titik kritis potensial air tanah untuk seleksi padi toleran kekeringan adalah nilai potensial air tanah yang menyebabkan penurunan produksi > 30 %. Panen dilaksanakan pada saat 80 % malai telah menguning dan bulir padi yang terletak di bagian malai terbawah telah masak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Frekuensi irigasi berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah anakan, jumlah anakan produktif, bobot gabah kering panen (BGKP), dan bobot gabah kering giling (BGKG). Frekuensi irigasi 16 hari sekali menghasilkan tinggi tanaman, jumlah anakan, jumlah anakan produktif, bobot gabah kering

panen (BGKP), dan bobot gabah kering giling (BGKG) nyata lebih rendah dari pada frekuensi irigasi optimum 4 hari sekali (Tabel 1). Produksi pada frekuensi irigasi 16 hari sebesar 23.785 g/rumpun nyata lebih rendah dibandingkan dengan produksi pada frekuensi irigasi optimum yaitu 41.77 g/rumpun.

Penurunan pertumbuhan dan produksi yang sangat nyata pada frekuensi irigasi 16 hari sekali disebabkan oleh ketersediaan air yang sangat rendah. Ketersediaan air yang rendah menyebabkan penurunan evapotranspirasi. Karena terdapat korelasi positif antara evapotranspirasi dengan produksi, maka semakin rendah evapotranspirasi semakin rendah produksi tanaman (Sulistyono et al., 2007).

Frekuensi irigasi 16 hari sekali sangat menekan besarnya evapotranspirasi. Evapotranspirasi harian selama awal, pertengahan dan akhir pertumbuhan tanaman masing-masing sebesar 4.1, 7.2 dan 7.3 mm/hari pada frekuensi irigasi 16 hari sekali (Tabel 2). Frekuensi irigasi yang rendah ini menyebabkan produktifitas yang rendah.

Tabel 1. Pengaruh Frekuensi Irigasi terhadap Pertumbuhan dan Produksi Padi

Peubah	Frekuensi Irigasi (hari)			
	4	8	12	16
Tinggi Tanaman (cm)	112.780 a	99.293 b	93.460 c	94.173 bc
Jumlah Anakan	32.200 a	25.467 b	15.667 c	19.267 c
Jumlah Anakan Produktif	24.133 a	20.467 ab	14.067 c	17.467 bc
Panjang Malai (cm)	22.9000 a	21.6607 b	21.2687 b	21.0480 b
Jumlah Gabah/Malai	107.200 a	84.000 b	81.949 b	81.333 b
Bobot 100 butir (g)	2.78067 a	2.81333 a	2.81400 a	2.7000 a
BGKP (g/rumpun)	45.508 a	31.425 b	23.147 c	27.327 bc
Gabah Isi (% bobot)	87.159 a	84.907 a	86.254 a	87.843 a
Gabah Isi (% Jumlah)	71.573 a	63.536 a	70.023 a	69.455 a
BGKG (g/rumpun)	41.770 a	27.345 b	20.248 c	23.785 bc

Keterangan: Data pada baris yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey (0.05)

Evapotranspirasi yang rendah pada frekuensi irigasi 16 hari sekali disebabkan oleh potensial air tanah yang rendah. Evapotranspirasi berbanding lurus dengan beda potensial air antara tanah dengan akar. Semakin rendah potensial air

tanah maka semakin rendah beda potensial air antara tanah dan akar. Semakin rendah beda potensial air maka semakin rendah gerakan air dari tanah ke akar, sehingga evapotranspirasi rendah.

Tabel 2. Pengaruh Frekuensi Irigasi Terhadap Evapotranspirasi Harian (mm/hari)

Umur Tanaman	Frekuensi Irigasi (hari)			
	4	8	12	16
0 – 1 BST	10.5800 a	6.5467 b	5.5333 c	4.1267 d
1 – 2 BST	18.1933 a	12.7000 b	6.3267 c	7.2133 c
2 – 3 BST	13.2133 a	11.1933 ab	9.4333 b	7.2733 c

Keterangan: Data pada baris yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey (0.05).

Frekuensi irigasi 16 hari sangat menurunkan ketersediaan air yang terukur dari rendahnya potensial air tanah yaitu - 35.9 kPa (Tabel 3). Pada potensial air ini penurunan BGKG mencapai lebih dari 45%. Karena penurunan produksi sangat besar pada padi peka kekeringan, maka

potensial air tanah -35.9 kPa dapat digunakan sebagai titik kritis untuk menseleksi padi sawah tahan kekeringan. Titik kritis untuk seleksi artinya irigasi diberikan jika kelembaban tanah mencapai -35.9 kPa.

Tabel 3. Pengaruh Frekuensi Irigasi Potensial Air Tanah (kPa) Sebelum Irigasi

Umur Tanaman	Frekuensi Irigasi (hari)			
	4	8	12	16
0 – 1 BST	1.9 d	-15.7 c	-24.9 b	-35.9 a
1 – 2 BST	1.8 c	0.1 c	-11.8 b	-25.8 a
2 – 3 BST	25.1 c	16.6 b	14.8 b	0.3 a

Keterangan: Data pada baris yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey (0.05)

Galur padi berpengaruh sangat nyata terhadap beberapa peubah produksi dan komponen hasil antara lain umur berbunga, panjang malai, jumlah gabah per malai, bobot 100 butir, dan kadar air gabah panen. Galur padi memberikan tanggap yang nyata terhadap persentase jumlah gabah isi, namun memberikan tanggap yang tidak nyata terhadap jumlah anakan produktif, jumlah malai per rumpun, bobot gabah

Tabel 4). Setiap galur memiliki umur berbunga yang berbeda-beda. Galur padi yang berbunga lebih cepat mampu berproduksi lebih baik dibandingkan galur yang berbunga lebih lambat. Chang *et al.* (1979) menemukan bahwa genotipe yang berbunga lebih awal secara umum

Tabel 4). Galur yang menghasilkan malai lebih panjang berpotensi memberikan hasil yang

kering panen, persentase bobot gabah isi, bobot kering tajuk, bobot gabah kering giling, dan persentase penurunan produksi.

Galur yang paling cepat berbunga adalah galur 5 yaitu 84 HST, sedangkan yang paling lambat berbunga adalah galur 3 yaitu 100 HST. Umur berbunga galur 1, 2, dan 3 tidak berbeda nyata satu sama lain (

menghasilkan gabah lebih banyak dibandingkan yang berbunga lebih lambat karena dapat lolos dari cekaman kekeringan yang parah pada periode kritis.

Galur 2 menghasilkan panjang malai nyata lebih tinggi dibandingkan galur 3, 4, dan 5, tetapi tidak berbeda nyata dengan panjang malai yang dihasilkan oleh galur 1 (

lebih tinggi dibandingkan galur yang menghasilkan malai lebih pendek jika disertai jumlah gabah per malai yang tinggi. Malai yang terlalu panjang jika tidak diimbangi dengan

pengisian bulir yang cepat dapat menyebabkan tingkat kehampaan gabah yang tinggi. Menurut Jennings *et al.* (1979) pengukuran rutin terhadap panjang malai sebagai kriteria seleksi komponen produksi mungkin tidak terlalu efektif.

Galur 5 menghasilkan jumlah gabah per malai yang nyata lebih tinggi dibandingkan galur 2, 3, dan 4, namun tidak berbeda nyata dengan jumlah gabah per malai yang dihasilkan oleh galur

1 (Tabel 4). Jumlah gabah per malai merupakan salah satu faktor yang menentukan tinggi rendahnya hasil panen. Galur 5 dan 1 lebih banyak menghasilkan jumlah gabah per malai dibandingkan galur yang lain. Galur 4 menghasilkan persentase jumlah gabah isi yang nyata lebih tinggi dibandingkan galur 5, namun tidak berbeda nyata dengan persentase jumlah gabah isi yang dihasilkan galur 1, 2, dan 3.

Tabel 4. Pengaruh galur terhadap umur berbunga, jumlah anakan produktif, panjang malai, jumlah malai per rumpun, jumlah gabah per malai, persentase bobot gabah isi

Galur	UB	JAP	PM	JMR	JGM	%BGI	%JGI
1	91.33b	20.08	22.43ab	20.17	102.17ab	87.84	68.45ab
2	94.33b	16.75	23.18a	16.75	87.35bc	86.94	66.23ab
3	100.50a	20.75	20.07d	20.75	70.75c	86.65	70.11ab
4	93.67b	18.75	21.11cd	18.75	77.00c	87.34	79.19a
5	84.75c	18.83	21.81bc	19.42	105.83a	83.95	59.25b

Keterangan: Nilai pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf 5%

UB=Umur berbunga (HST); JAP=Jumlah anakan produktif (batang); PM=Panjang malai (cm); JMR=Jumlah malai per rumpun (malai); JGM=Jumlah gabah per malai (butir); %BGI=Persentase bobot gabah isi; %JGI=Persentase jumlah gabah isi

Bobot 100 butir tertinggi dihasilkan oleh galur 2 yaitu sebesar 3.27 gram. Galur 3 dan 4 menghasilkan bobot 100 butir masing-masing sebesar 3.01 gram dan 2.87 gram, nyata lebih tinggi dibandingkan galur 1 dan 5 yaitu sebesar 2.33 gram dan 2.42 gram. Kadar air gabah panen

galur 2 sebesar 34.78% nyata lebih tinggi dibandingkan galur 1, 4, dan 5 yaitu masing-masing sebesar 29.75%, 27.95%, dan 27.84%, namun tidak berbeda nyata dengan kadar air gabah panen galur 3 yaitu sebesar 33.28% (Tabel 5).

Tabel 5. Pengaruh galur terhadap bobot 100 butir, bobot kering tajuk, kadar air gabah panen, bobot gabah kering panen, bobot gabah kering giling, persentase penurunan produksi

Galur	BSB	BKT	KAGP	BGKP	BGKG	%PP
1	2.33c	31.11	29.75bc	33.45	29.47	36.03
2	3.27a	32.54	34.78a	34.66	30.75	32.84
3	3.01b	39.95	33.28ab	30.92	26.46	28.39
4	2.87b	37.88	27.95c	30.69	27.44	29.57
5	2.42c	32.72	27.84c	29.54	27.32	26.72

Keterangan: Nilai pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf 5%

BSB=Bobot 100 butir (gram); BKT=Bobot kering tajuk (gram); KAGP=Kadar air gabah panen (%); BGKP=Bobot gabah kering panen (gram); BGKG=Bobot gabah kering giling (gram); %PP=Persentase penurunan produksi

Interaksi antara galur dengan frekuensi irigasi tidak berpengaruh nyata terhadap semua peubah pengamatan kecuali pada tinggi tanaman 4 MST dan 12 MST, panjang daun, panjang malai, jumlah gabah per malai, dan kadar air gabah panen. Pada umur 12 MST, tinggi tanaman yang tertinggi dihasilkan oleh interaksi antara galur 5 dan frekuensi irigasi 4 hari sekali yang tidak

berbeda nyata dengan interaksi galur 4 dan frekuensi irigasi 4 hari sekali serta galur 5 pada frekuensi irigasi 8 hari sekali. Jumlah anakan terbanyak dihasilkan oleh interaksi antara galur 3 dengan frekuensi irigasi 4 hari sekali yang tidak berbedanyata dengan interaksi galur-galur lainnya dengan frekuensi irigasi 4 dan 8 hari sekali (Tabel 11).

Tabel 1. Interaksi antara galur dengan frekuensi irigasi terhadap tinggi tanaman dan jumlah anakan

Galur	Frekuensi Irigasi	Tinggi Tanaman (cm)			Jumlah Anakan (batang)		
		4 MST	8 MST	12 MST	4 MST	8 MST	12 MST
1	1	62.43	92.27	110.10	8.67	32.33	36.33
	2	62.70	77.60	96.33	8.67	22.67	28.00
	3	61.00	85.20	89.00	9.00	27.00	15.67
	4	57.00	77.47	84.33	8.00	21.33	21.33
2	1	62.83	94.87	98.97	8.67	23.67	27.00
	2	59.53	85.97	91.80	8.67	24.00	20.67
	3	59.53	83.47	90.33	8.33	19.33	20.00
	4	58.20	68.10	92.30	7.67	19.00	17.00
3	1	62.63	86.83	104.37	10.33	36.67	38.33
	2	59.83	79.63	93.33	10.00	28.00	28.67
	3	63.00	78.87	92.00	10.00	27.67	15.00
	4	61.43	76.17	90.70	11.00	21.67	20.33
4	1	63.50	96.13	120.23	8.33	32.67	32.67
	2	62.93	85.40	98.43	9.00	28.67	27.67
	3	63.00	86.87	104.53	9.33	29.33	10.67
	4	64.63	81.00	104.67	9.67	20.33	19.67
5	1	67.00	106.27	130.23	8.67	23.67	26.67
	2	66.20	99.63	116.57	7.33	21.33	22.33
	3	70.37	94.37	91.43	8.67	20.00	17.00
	4	69.33	81.23	98.87	9.67	18.00	18.00
Nilai Tukey (0.05)		6.950	17.091	16.478	3.185	12.135	17.679

Keterangan: Dua angka yang selisihnya < nilai Tukey menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada uji lanjut Tukey taraf 5%

KESIMPULAN

Frekuensi irigasi berpengaruh terhadap tinggi tanaman 8 MST dan 12 MST, jumlah

anakan 8 MST dan 12 MST, panjang daun, nisbah panjang/lebar daun, umur berbunga, jumlah anakan produktif, panjang malai, jumlah malai, jumlah gabah per malai, persentase jumlah gabah

isi, bobot gabah kering panen, bobot kering tajuk, bobot gabah kering giling, dan persentase penurunan produksi.

Cekaman kekeringan menyebabkan penurunan produksi sebesar 32.44%, 41.52%, dan 48.87%, berturut-turut pada frekuensi irigasi 8, 12, dan 16 hari sekali. Titik kritis kelembaban tanah pada fase vegetatif yaitu -35.9 kPa, pada fase reproduktif yaitu -25.8 kPa dan pada fase pemasakan yaitu 0.3 kPa.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2004. Statistik Indonesia 2004. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2009. Harvested area, yield rate and production of paddy by province. <http://www.bps.go.id/sector/agri/pangan/tables.shtml>. [29 Mei 2009].
- Boonjung, H. and S. Fukai. 1996. Effects of soil water deficit at different growth stages on rice growth and yield under upland conditions. 2. Phenology, biomass production and yield. *Field Crop Research* 48: 47-55.
- Bouman, B.A.M., R.M. Lampayan, and T.P. Tuong. 2007. Water Management in Irrigated Rice: Coping with Water Scarcity. International Rice Research Institute. Los Banos. 54p.
- Bouman, B.A.M. 2009. How much water does rice use?. *Rice Today*. 8 (2): 28-29.
- Chang, T.T., B. Somrith, and J.C. O'Toole. 1979. Potential for improving drought resistance in raifed lowland rice. *In* Rainfed Lowland Rice: Selected Papers From 1978. International Rice Research Institute. Los Banos. p. 149-164.
- Eko Sulistyono, Sudrajat, Bintoro, Handoko dan Gatot Irianto. 2007. Pengaruh Sistem irigasi terhadap Produksi dan kualitas Tembakau. *Bul. Agron* (35)(3): 53-59.
- Farooq M., N. Kobayashi, O. Ito, A. Wahid and R. Serraj. 2010. Broader leaves result in better performance of indica rice under drought stress. *J. of Plant Physiol.* 167 (13): 1066-1075.
- Farooq, M., A. Wahid, D.J. Lee, O. Ito, and K.H.M. Siddique. 2009. Advances in drought resistance of rice. *Critical Reviews in Plant Sciences*. Boca Raton. 28(4): 199.
- Fischer, K.S. and S. Fukai. 2003. How rice responds to drought. *In* K. S. Fischer, R. Lafitte, S. Fukai, G. Atlin and B. Hardy. *Breeding Rice for Drought-Prone Environments*. International Rice Research Institute. Los Banos. p. 32-36.
- Jennings, P. R., W. R. Coffman, and H. E. Kauffman. 1979. *Rice Improvements*. International Rice Research Institute. Los Banos. 186p.
- Kumar, R., A.K. Sarawgi, C. Ramos, S.T. Amarante, A.M. Ismail, and L.J. Wade. 2006. Partitioning of dry matter during drought stress in rainfed lowland rice. *Field Crop Research* 98: 1-11.
- Lafitte, R. 2003. Managing water for controlled drought in breeding plots. *In* K. S. Fischer, R. Lafitte, S. Fukai, G. Atlin and B. Hardy. *Breeding Rice for Drought-Prone Environments*. International Rice Research Institute. Los Banos. p. 23-26.
- Murty, K.S. and G. Ramakrishnawa. 1982. Shoot characteristics of rice for drought resistance. *In* IRRI. *Drought Resistance in Crops with Emphasis on Rice*. International Rice Research Institute. Los Banos. p. 145-152.
- Pantuwan, G., S. Fukai, M. Cooper, S. Rajatasereekul, and J.C. O'Toole. 2002. Yield response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to different types of drought under rainfed lowlands Part1. Grain yield and yield components. *Field Crop Research* 73: 153-168.
- Woperies, M.C.S., M.J. Kropff, A.R. Maligaya, and T.P. Tuong. 1996. Drought-stress responses of two lowland rice cultivars to soil water status. *Field Crop Research* 46: 21-39.
- Yoshida, S. 1981. *Fundamentals of Rice Crop Science*. International Rice Research Institute. Los Banos. 269p.

