

TUMPANGSARI DENGAN KEDELAI DAN INOKULASI DENGAN MIKORIZA ARBUSKULAR UNTUK MENINGKATKAN PRODUKSI MALAI PADA BERBAGAI GALUR HARAPAN PADI GOGO DAN AMPIBI BERAS MERAH PADA SISTEM AEROBIK

Intercropping with Soybean and Inoculation with Arbuscular Mycorrhiza to Increase Panicle Production of Various Promising Lines of Upland and Amphibious Red Rice on Aerobic System

Wayan Wangiyana*, I Gusti Putu Muliarta Aryana, I Gde Ekaputra Gunartha, Ni Wayan Dwiani Dulur

Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Jln. Majapahit 62, Mataram, NTB, Indonesia

*Surel: w.wangiyana@unram.ac.id

Abstract

This study aimed to examine the effect of intercropping with soybean and inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in an effort to increase panicle production of various promising lines of upland and amphibious red rice, by carrying out a pot experiment in a plastic housing, from May to September 2017. The experiment was designed according to Completely Randomized Design by testing two treatment factors arranged factorially, namely cultivation techniques (T) of aerobic rice system, consisting of three treatment levels (T1= aerobic system without intercropping; T2= aerobic rice intercropped with soybean; T3= aerobic rice intercropped with soybeans and inoculated with AMF), and rice variety (V), consisting of 27 varieties or promising lines of upland and amphibious red rice together with their two parents and two national superior varieties. The results showed that intercropping those promising lines of upland and amphibious red rice in an aerobic system generally decreased tiller number and number of panicles per clump, but there was an interaction between the cultivation techniques and the varieties tested in which there were some promising lines showing no effects of cultivation techniques on the panicle number, some promising lines showing the highest panicle number on the aerobic system intercropped with soybean, and some promising lines showing the highest panicle number on aerobic system intercropped with soybeans accompanied with AMF inoculation, but most of the promising lines showing the highest panicle number on the aerobic system without intercropping. However, intercropping with soybean and/or inoculation with AMF significantly increased the percentage number of tillers capable of producing filled panicles (productive tillers).

Keywords: aerobic rice system, red rice, intercropping, soybean, arbuscular mycorrhiza

1. PENDAHULUAN

Pada umumnya padi ditanam di lahan sawah irigasi dengan sistem tergenang, dan bahkan petani umumnya memberikan air dengan cara mengalir terus, sedangkan di lahan tadah hujan yang tidak datar, umumnya ditanam padi gogo di musim hujan. Karena dalam suasana tergenang, bahkan air sampai mengalir antar petak, maka kebutuhan air irigasi untuk produksi padi menjadi sangat tinggi. Selain boros air irigasi, produksi padi dengan sistem tergenang (teknik budidaya padi konvensional) menimbulkan banyak kerugian, karena dapat mencemari perairan di daerah hilir akibat adanya perembesan (*seepage*), limpasan dan perkolasi dari air sawah pada saat-saat dilakukan proses pemeliharaan tanaman padi, seperti saat penyemprotan pestisida dan saat pemupukan.

Selain itu, karena suasana anaerobik akibat penggenangan, sawah-sawah dengan teknik budidaya padi konvensional menghasilkan emisi gas metan dan N_2O (Bouman *et al.* 2007). Pemupukan N dengan urea juga menjadi tidak efisien karena kehilangan melalui air rembesan dan perkolasi selain kehilangan N urea melalui volatilisasi menjadi gas NH_3 , yang dapat mencapai 50% dari pupuk urea yang diaplikasikan (Buresh & de Datta 1990). Suasana anaerobik menyebabkan sediaan unsur hara P lebih rendah dibandingkan dengan suasana aerobik (Kirk *et al.* 1999).

Namun demikian, dalam budidaya varietas padi sawah, jika kondisi airnya dikurangi, maka produktivitasnya akan menurun. Menurut Bouman *et al.* (2007), ada berbagai teknik untuk menghemat air irigasi, yang disebut sebagai teknik budidaya padi hemat air atau *water wise rice production*

(Bouman *et al.* 2002), antara lain padi gogo (upland rice); sistem padi aerobik (*aerobic rice system* atau ARS) di mana sistem perakaran padi tetap dalam suasana aerobik tetapi dengan pemberian air yang cukup; teknik irigasi intermiten (*alternate wetting and drying* atau AWD) maupun dengan tanah jenuh air (*saturated soil culture* atau SSC); dan teknik SRI (*system of rice intensification*). Menurut Bouman *et al.* (2007), teknik irigasi pada budidaya padi sistem aerobik antara lain dengan *flush flooding*, irigasi dengan *sprinkler*, dan irigasi parit pada sistem bedeng, sedangkan padi gogo tidak ada pengairan.

Salah satu keunggulan dari penerapan sistem aerobik dalam budidaya padi antara lain adalah adanya peluang penanaman padi dengan sistem tumpangsasi dengan tanaman kacang-kacangan, yang mempunyai kemampuan untuk bersimbiosis dengan bakteri *Rhizobium* sp untuk melakukan fiksasi N₂ dari atmosfer untuk meningkatkan ketersediaan N tanah (Peoples *et al.*, 1995), mengingat pada sistem aerobik, tanaman padi tidak digenangi dan tanah tidak dilumpurkan (Prasad, 2011). Penelitian terdahulu di Fakultas Pertanian Unram menemukan 11 galur harapan padi gogo beras merah (Aryana *et al.* 2013) dan 12 galur padi beras merah ampibi (Aryana & Wangiyana 2016). Pada penanaman di pot dengan sistem aerobik, beberapa dari galur-galur padi beras merah tersebut menunjukkan tampilan (jumlah anakan) yang jauh lebih tinggi dibandingkan pada sistem tergenang atau konvensional (Dulur *et al.* 2015).

Penelitian ini bertujuan untuk menguji apakah tumpangsari dengan kedelai dan inokulasi dengan FMA dapat meningkatkan produksi malai pada berbagai galur harapan padi gogo dan ampibi beras merah yang ditanam pada sistem aerobik.

2. METODE

Dalam penelitian ini digunakan metode eksperimental dengan percobaan penanaman di pot di dalam rumah plastik di kebun percobaan milik Fakultas Pertanian Unram yang berlokasi di Desa Nyur Lembang, Narmada (Lombok Barat), dari bulan Mei sampai September 2017. Percobaan ditata menurut Rancangan Acak Lengkap dengan dua faktor perlakuan yang diuji secara faktorial, yaitu teknik budidaya padi (T), yang terdiri atas tiga taraf perlakuan (T1= sistem aerobik tanpa tumpangsari, T2= sistem aerobik tumpangsari padi dengan kedelai; T3= sistem aerobik tumpangsari padi dengan kedelai dan inokulasi dengan FMA), dan varietas/galur padi (V), yang terdiri atas 27 varietas/ galur padi, yang terdiri atas 11 galur

harapan padi gogo beras merah, 12 galur harapan padi ampibi beras merah beserta dua tetuanya (Inpago Unram 1 dan Kala Isi Tolo (KIT)), dan dua varietas unggul nasional (IR-64 dan Ciherang). Setiap kombinasi perlakuan dibuat tiga ulangan.

Pot ember (timba cor) dengan tinggi 23 cm dan diameter permukaan bagian dalam 28 cm, setelah dilubangi (4 lubang keliling, dengan diameter lubang 9 mm) pada posisi 1 cm di atas dasar pot untuk sub-irrigation, kemudian diisi dengan tanah yang diambil dari lahan sawah entisol di kebun percobaan Narmada tetapi sudah dikering-anginkan dan diayak dengan ayakan bermata ayak 2 mm, sebanyak 6,5 kg. Pot yang telah diisi tanah kemudian ditempatkan di dalam bak yang diberi dinding kayu dan dilapisi lembaran plastik yang agak tebal (0,3 mm) kemudian diisi dengan air sedemikian sehingga permukaan air di bak mencapai 1-2 cm di atas lubang sub-irrigation.

Benih padi semua varietas/galur yang telah disiapkan dan telah dikecambahkan ditugal 3-4 kecambah per pot lalu ditutup tipis dengan tanah dalam pot. Khusus untuk pot dengan perlakuan T3, lubang tugal dibuat lebih dalam, dengan mengisi pupuk hayati Technofert (mengandung campuran inokulum FMA, produksi BPPT Serpong) sebanyak 7,5 g/pot yang ditempatkan di dasar lubang tugal, kemudian ditutup dengan pupuk organik berupa Bokashi pupuk kandang sapi 40 g/pot (setara 10 ton/ha), kemudian benih padi yang telah berkecambah ditempatkan di permukaan pupuk Bokashi lalu ditutup tipis dengan tanah dalam pot. Pada umur 7 hari setelah tanam (HST) bibit padi yang tumbuh dikurangi menjadi hanya 2 bibit per pot, kemudian dilakukan pemupukan dengan Phonska 1,2 g/pot (setera dengan 300 kg/ha), dengan cara ditugal 5 cm di samping pangkal padi sedalam 7 cm.

Pada saat padi berumur 21 HST, dilakukan penanaman kedelai varietas Anjasmoro untuk perlakuan T2 dan T3, dengan cara menugalkan 3-4 benih kedelai pada posisi berseberangan dengan posisi pupuk Phonska untuk padi, sejauh 5 cm dari pangkal padi. Tanaman kedelai hanya dipupuk dengan Phonska 0,8 g/pot (setara 200 kg/ha) pada umur 7 hari bersamaan dengan penjarangan kedelai dengan membiarkan tumbuh hanya 2 bibit kedelai per pot. Pupuk Phonska untuk kedelai ditugalkan 5 cm di samping pangkal kedelai pada sisi berseberangan dengan pangkal padi, sedalam 7 cm. Perawatan tanaman yang dilakukan setelah tanam kedelai meliputi pembersihan gulma, pengendalian hama, dan pemberian air dengan cara menambahkan air di dalam bak aerobik untuk

mencapai 1-2 cm di atas lubang sub-irrigation. Panen padi dilakukan pada umur 105-110 HST.

Data yang diamati meliputi jumlah anakan (jumlah batang padi) per pot, jumlah malai dan persentase jumlah anakan produktif. Tinggi tanaman, jumlah daun dan jumlah anakan, serta komponen hasil tanaman padi juga diamati tetapi tidak dilaporkan dalam artikel seminar ini. Data dianalisis dengan analisis keragaman (Analysis of Variance = ANOVA) menggunakan program statistik *CoStat for Windows* ver. 6.303. Juga dilakukan analisis secara grafis menggunakan nilai Mean dan *Standard Error* (SE), menurut Riley (2001).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Teknik budidaya padi sistem aerobik berpengaruh nyata terhadap semua variabel pengamatan, kecuali jumlah malai per rumpun pada galur padi ampibi beras merah (Tabel 1). Juga ada perbedaan jumlah anakan saat panen dan jumlah malai per rumpun antar varietas/galur padi yang diuji, dan perbedaan jumlah malai per rumpun antar galur padi gogo beras merah. Jika analisis dilakukan

hanya antar galur padi gogo beras merah, terlihat dari Tabel 1 bahwa ada interaksi yang nyata antara teknik budidaya padi sistem aerobik dan galur padi gogo beras merah terhadap semua variabel pengamatan, atau interaksi antara teknik budidaya padi sistem aerobik dan varietas terhadap jumlah malai per rumpun jika analisis dilakukan pada semua varietas/galur padi yang diuji.

Teknik budidaya padi sistem aerobik secara umum menunjukkan pengaruh signifikan terhadap jumlah anakan dan jumlah malai (atau yang disebut dengan jumlah anakan produktif), kecuali pada hasil analisis yang hanya dilakukan pada galur padi ampibi beras merah (Tabel 1). Rerata jumlah anakan maupun jumlah anakan produktif (jumlah malai) lebih tinggi pada padi yang ditanam pada sistem aerobik tanpa tumpangsari dengan kedelai kecuali jumlah malai galur padi ampibi beras merah (Tabel 2). Hal ini mengindikasikan bahwa tumpangsari menurunkan jumlah anakan maupun jumlah malai. Namun, tumpangsari dengan kedelai dan/atau inokulasi dengan FMA berpengaruh positif terutama terhadap persentase anakan produktif atau yang mampu menghasilkan malai.

Tabel 1. Ringkasan ANOVA pengaruh teknik budidaya dan varietas/galur padi terhadap jumlah anakan, jumlah malai per rumpun dan persentase anakan produktif

Sumber Keragaman	Semua varietas (27 var)			Galur gogo beras merah			Galur ampibi beras merah		
	Jumlah anakan	Jumlah malai	%-tase anakan produktif	Jumlah anakan	Jumlah malai	%-tase anakan produktif	Jumlah anakan	Jumlah malai	%-tase anakan produktif
Teknik	***	***	***	***	**	***	**	ns	***
Varietas	*	***	ns	ns	***	ns	Ns	ns	ns
Tek x Var	ns	**	ns	*	***	*	Ns	ns	ns

Keterangan: ns= non-signifikan; *, **, *** = signifikan pada p-value <0,05; p-value <0,01 dan p-value <0,001 berturut-turut

Tabel 2. Pengaruh teknik budidaya padi sistem aerobik terhadap jumlah anakan per rumpun saat panen, jumlah malai per rumpun dan persentase jumlah anakan produktif antar semua varietas, antar galur gogo dan ampibi beras merah.

Teknik budi- daya	Semua varietas (27 var)			Galur gogo beras merah			Galur ampibi beras merah		
	Jumlah anakan	Jumlah malai	%-anak-an prod.	Jumlah anakan	Jumlah malai	%-anak-an prod.	Jumlah anakan	Jumlah malai	%-anak-an prod.
T1: A	14.4 a	12.5 a	87.5 b	14.5 a	12.3 a	85.8 b	14.4 A	12.3 a	86.4 b ¹⁾
T2: AT	11.9 b	11.2 b	94.5 a	11.2 b	10.5 b	94.7 a	12.3 B	11.6 a	94.9 a
T3: ATM	12.7 b	11.7 b	93.1 a	12.0 b	11.1 b	92.5 a	13.1 ab	12.1 a	92.5 a
BNJ5%	1.0	0.8	3.0	1.5	1.2	4.4	1.5	1.2	5.2

¹⁾ Angka-angka pada setiap kolom yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata antar perlakuan teknik budidaya padi sistem aerobik menurut uji BNJ pada taraf nyata 5%

Pengaruh positif menumpangsarkan galur harapan padi beras merah dengan tanaman kedelai maupun tumpangsari disertai inokulasi dengan FMA terhadap persentase jumlah anakan yang dapat

menghasilkan malai (anakan produktif) diduga karena kontribusi nutrisi dari tanaman kedelai yang dapat melakukan fiksasi N₂ maupun kontribusi mikoriza arbuskular (FMA) yang membentuk

simbiosis dengan tanaman padi. Adanya kontribusi ini menyebabkan terpacunya pembentukan malai sehingga persentase jumlah anakan produktif menjadi lebih tinggi jika dibandingkan dengan tanaman padi yang tidak diinokulasi FMA atau tidak ditumpang-sarikan dengan tanaman kedelai.

Menurut beberapa hasil penelitian terdahulu, dalam sistem tumpangsari antara tanaman non-legum dan tanaman jenis legum, seperti pada tanaman jagung atau padi yang ditumpang-sarikan dengan kacang-kacangan, seperti kedelai, kacang tanah atau kacang hijau, bisa terjadi transfer N dari tanaman legum ke non-legum di sebelahnya. Beberapa peneliti menunjukkan adanya transfer unsur hara N dari rizosfir tanaman kacang-kacangan ke tanaman serealia dalam sistem tumpangsari, yang menyebabkan serapan N pada tanaman serealia yang ditumpangsarikan lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman serealia monokrop. Fujita *et al.* (1990) melaporkan transfer N dari kedelai ke tanaman sorghum, Inal *et al.* (2007) dari kacang tanah ke tanaman jagung, dan Chu *et al.* (2004) dari kacang tanah ke padi. Bahkan dengan teknik radioisotop, banyak peneliti telah membuktikan bahwa laju transfer N dari kacang-kacangan ke tanaman serealia lebih tinggi jika terlibat FMA yang hifanya menginfeksi akar kedua tanaman komponen dalam sistem tumpangsari (Bethlenfalvay *et al.* 1991; Hamel *et al.* 1991).

Dari kondisi tanaman di lapangan, tanaman padi dalam sistem tumpangsari dengan kedelai menunjukkan warna daun yang lebih hijau dibandingkan dengan tanaman padi tanpa tumpangsari. Tanaman padi sistem aerobik yang ditumpangsarikan dengan kedelai (perlakuan T2) menunjukkan warna daun yang lebih hijau dibandingkan dengan tanaman padi yang tidak ditanam bersama kedelai (Gambar 1). Demikian pula, tanaman padi sistem aerobik yang ditanam bersama kedelai dan diinokulasi dengan FMA (perlakuan T3) menunjukkan warna daun lebih hijau dibandingkan dengan tanaman padi sistem aerobik yang tidak ditanam bersama kedelai, untuk varietas yang sama (Gambar 2).

Menurut dosis pemupukan anjuran untuk tanaman padi sistem tugal langsung seperti padi gogo, pemupukan susulan dengan pupuk N (urea) biasanya dilakukan 2x, yaitu pada umur 30 dan 50 HST, 100 kg/ha urea masing-masing. Dalam penelitian ini, hanya dilakukan pemupukan Rerata susulan hanya sekali, yaitu pada umur 50 HST untuk menunjukkan pengaruh positif dari tumpangsari dengan kedelai. Terbukti bahwa warna daun padi yang ditanam bersama kedelai rerata

lebih hijau dibandingkan warna daun padi yang tidak ditanam bersama kedelai (Gambar 1 dan 2).

Walaupun jumlah malai per pot secara signifikan dipengaruhi oleh teknik budidaya padi sistem aerobik maupun ada pengaruh varietas, kecuali pada galur harapan padi ampibi beras merah), namun tampak adanya interaksi antara faktor perlakuan teknik budidaya padi sistem aerobik dan varietas (Tabel 1), yang berarti bahwa respon jumlah malai per pot terhadap perlakuan teknik budidaya bervariasi antar varietas/galur yang diuji, seperti terlihat pada Tabel 3. Di antara galur-galur padi beras merah yang diuji, ada galur yang jumlah malainya tidak dipengaruhi teknik budidaya, seperti galur AM11, tetapi ada varietas/ galur yang jumlah anakannya tertinggi sistem aerobik tumpangsari dengan kedelai dan diinokulasi FMA, seperti galur MG1, MG5, AM4, dan AM10 tetapi ada juga galur yang jumlah malainya tertinggi pada sistem aerobik tumpangsari dengan kedelai, seperti galur MG2, MG7, AM5 dan AM6, namun sebagian besar varietas/galur yang jumlah anakannya tertinggi pada sistem aerobik tanpa tumpangsari dengan kedelai (Tabel 3).



Gambar 1. Pertumbuhan padi antara sistem aerobik tanpa kedelai (Kiri) dan aerobik dengan kedelai (Kanan)



Gambar 2. Pertumbuhan padi antara sistem aerobik tanpa kedelai (Kiri) dan aerobik tumpangsari dengan kedelai dan diinokulasi dengan FMA (Kanan)

Menumpangsarikan berbagai galur padi gogo beras merah dengan kedelai pada sistem aerobik pada umumnya menurunkan jumlah anakan dan jumlah malai walaupun ada galur yang tidak dipengaruhi. Namun tumpangsari dengan kedelai dan/atau inokulasi FMA signifikan meningkatkan persentase jumlah anakan yang dapat menghasilkan malai (anakan produktif).

4. SIMPULAN

Tabel 3. Rerata (Mean \pm SE) jumlah malai per rumpun pada setiap galur harapan padi gogo (MG) dan ampibi (AM) beras merah pada setiap teknik budidaya padi

Galur padi beras merah	Rerata (Mean \pm SE) jumlah malai per rumpun pada setiap galur padi gogo (MG) dan ampibi (AM)					
	Aerobik tanpa kedelai (T1)		Aerobik + Kedelai (T2)		Aerobik + Kedelai + FMA (T3)	
	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE
MG1	10.7	0.9	11.0	1.2	12.7	0.9
MG2	11.3	1.3	14.0	1.5	12.7	0.9
MG3	13.0	1.5	13.0	0.6	11.0	0.6
MG4	14.3	0.3	8.7	0.9	13.3	0.9
MG5	10.3	0.3	11.7	1.8	13.0	0.6
MG6	11.0	0.6	7.3	0.3	9.0	0.6
MG7	10.7	0.7	12.0	1.5	9.3	0.9
MG8	12.3	1.7	7.7	1.9	8.0	0.6
MG9	13.7	2.2	9.0	1.5	11.3	0.7
MG10	17.3	1.9	9.7	0.9	12.3	0.7
MG11	10.7	0.3	11.7	1.5	9.7	0.7
AM1	12.3	2.8	11.0	1.0	11.0	0.6
AM2	12.0	1.5	10.3	1.2	11.3	0.3
AM3	13.0	1.7	8.0	0.6	12.3	1.2
AM4	13.3	1.5	13.0	1.2	14.0	0.6
AM5	11.0	2.0	14.7	0.3	12.0	1.2
AM6	11.3	1.2	12.0	1.2	11.3	1.3
AM7	11.7	1.2	9.7	0.9	11.3	0.9
AM8	12.3	0.3	12.0	0.6	11.0	0.6
AM9	13.3	0.7	10.7	0.9	11.7	0.7
AM10	13.7	3.2	13.3	1.5	14.3	0.7
AM11	11.3	0.9	11.0	0.6	11.7	0.7
AM12	12.7	1.7	13.3	0.3	12.7	1.2

Keterangan: SE = *standard error*

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti menyampaikan terima kasih setinggi-tingginya kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi atas bantuan hibah penelitian PTUPT sesuai dengan Kontrak Penelitian, No. 074/SP2H/LT/DRPM/IV/2017.

6. DAFTAR PUSTAKA

Aryana IGPM, Wangiyana W. 2016. Yield performance and adaptation of promising amphibious red rice lines on six growing environments in Lombok, Indonesia. *Agrivita*, 38(1), 40-46.

- Aryana IGPM, Sudantha IM, Santoso BB. 2013. *Pengembangan Padi Gogo Beras Merah Potensi Hasil Tinggi (> 7 t/ha) Dengan Kandungan Antosianin Tinggi (> 40 ppm)*. Laporan Penelitian Dana Insentif Riset SINas, Kemristek.
- Bethlenfalvay G, Reyes-Solis MG, Camel SB, Eerrera-Cerrato R. 1991. Nutrient transfer between the root zones of soybean and maize plants connected by a common mycorrhizal mycelium. *Physiologia Plantarum*, 82, 423-432.
- Bouman BAM, Lampayan RM, Tuong TP. 2007. *Water Management in Irrigated Rice: Coping with Water Scarcity*. IRRI: Los Bannos, The Philippines.
- Bouman BAM, Yang X, Huaqi W, Zhiming W, Junfang Z, Changgui W, Bin C. 2002. Aerobic Rice (Han Dao): A new way of growing rice in water-short areas. *Proceeding of 12th ISCO Conference - Beijing*.

- Buresh RJ, De Datta SK. 1990. Denitrification losses from puddled rice soils in the tropics. *Biology and Fertility of Soils*, 9, 1-13.
- Chu GX, Shen QR, Cao JL. 2004. Nitrogen fixation and N transfer from peanut to rice cultivated in aerobic soil in an intercropping system and its effect on soil N fertility. *Plant and Soil*, 263: 17-27.
- Dulur NWD, Farida N, Wiresyamsi A, Wangiyana W. 2015. Growth of several amphibious red rice lines between conventional and aerobic systems intercropped with soybean. *Intl. J. Agri. Crop Sci.*, 8(5), 774-778.
- Fujita K, Ogata S, Matsumoto K, Masuda T, Ofosu-Budu GK, Kuwata K. 1990. Nitrogen transfer and dry matter production in soybean and sorghum mixed cropping system at different population density. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 36(2), 233-241.
- Hamel C, Smith DL. 1991. Interspecific N-transfer and plant development in a mycorrhizal field-grown mixture. *Soil Biology and Biochemistry*, 23, 661-665.
- Inal A, Gunes A, Zhang F, Cakmak I. 2007. Peanut/maize intercropping induced changes in rhizosphere and nutrient concentrations in shoots. *Plant Physiology and Biochemistry*, 45, 350-356.
- Kirk GJD, Santos EE, Santos MB. 1999. Phosphate solubilization by organic anion excretion from rice growing in aerobic soil: rates of excretion and decomposition, effects on rhizosphere pH and effects on phosphate solubility and uptake. *New Phytologist*, 142, 185-200.
- Peoples MB, Herridge DE, Ladha JK. 1995. Biological nitrogen fixation: An efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production? *Plant and Soil*, 174, 3-28.
- Prasad R. 2011. Aerobic rice systems. *Advances in Agronomy*, 111, 208-233.
- Riley J. 2001. Presentation of statistical analyses. *Expl. Agric.*, 37: 115-123.

