

4º PAINEL – MANEJO INTEGRADO DE PLANTAS DANINHAS

MODERADOR – Erivelton S. Roman, Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS

CULTIVARES DE ARROZ COMPETITIVOS CON MALEZAS

Albert J. Fischer¹

Kevin D. Gibson²

Aldo Merotto, Jr.^{3,4}

Introducción

El arroz alimenta a millones de seres humanos y se lo cultiva en una amplia gama de ambientes y sistemas de cultivo (Evans, 1998; IRRI, 1993). La competencia de malezas es un serio problema en arroz al causar pérdidas de rendimiento y su control eleva los costos de producción (Moody, 1996). Incrementando la capacidad del cultivo para suprimir malezas mediante la modificación de características específicas del tipo de planta, es posible desarrollar una nueva herramienta para el control integrado de malezas poco costosa y de bajo impacto ambiental que permita reducir significativamente el periodo crítico de competencia y el uso de herbicidas. Se obtendría así una herramienta adicional no química para suprimir biotipos de malezas resistentes a herbicidas que escapan al control. Este concepto ya ha tenido éxito para reducir la necesidad de control manual de malezas con arroz de secano en la Costa de Marfil, donde muy pocos agricultores tienen acceso al uso de herbicidas (Johnson *et al.*, 1998). Cultivares competitivos de arroz serían fácilmente adoptados por los productores e integrados a las prácticas agronómicas usuales. Se han documentado variedades de diversos cultivos altamente competitivas con

¹ Weed Science Program, University of California, Davis, California, USA

E-mail-ajfischer@ucdavis.edu

² Botany Department, Purdue University, Lafayette, Indiana, USA

E-mail-gibson@btony.purdue.edu

³ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, RS, Brazil E-mail-amerotto@ucdavis.edu

⁴ Current address, Weed Science Program, University of California, Davis, CA, USA

malezas (Jordan 1993; Callaway 1992; Pester 1999). La gran variabilidad genética y fenotípica del arroz ha permitido documentar diferencias en competitividad con diversas malezas entre cultivares en diversos sistemas de cultivo y áreas geográficas (Dingkuhn *et al.*, 1999; Fischer *et al.*, 1997 & 2001; Gibson *et al.*, 2001b; Johnson *et al.*, 1998; Ntanos and Koutroubas, 2000; Ni *et al.*, 2000). También se han documentado efectos alelopáticos sobre las malezas con ciertos cultivares (Olofsdotter, 1996), pero en este artículo enfocaremos nuestro análisis en la competencia por factores de crecimiento.

Características de la planta

Rápida emergencia y desarrollo de raíces, elevadas tasas de crecimiento juvenil y de expansión foliar, número de macollas, altura de planta, ángulo de inserción foliar y tasa de absorción de nutrientes del suelo son características asociadas a la capacidad de los cultivos para competir con malezas (Jordan 1993, Pester 1999). La capacidad competitiva del arroz ha sido en general asociada con características relacionadas a la captura de luz (Khush, 1996) tales como altura de planta, macollaje, morfología de la hoja y área foliar. En Costa de Marfil, Dingkuhn *et al.*, (1999) concluyeron que la expresión temprana de elevada área foliar específica ($\text{mm}^2 \text{g}^{-1}$) era una característica que contribuía significativamente a la capacidad competitiva del arroz. Garrity *et al.*, (1992) hallaron que la altura del arroz estaba altamente asociada con la supresión de malezas.

Nuestros trabajos con arroz compitiendo con especies como *Echinochloa colona*, *E. phyllopogon*, *E. oryzoides*, *Brachiaria brizantha*, o *B. decumbens* (Fischer *et al.* 1995, 1997, 2001) nos permiten concluir que no es necesario desarrollar cultivares de porte alto (susceptibles al volcamiento) para obtener niveles significativos de competitividad. Es posible desarrollar modernos cultivares semi-enanos de alto rendimiento potencial que a la vez sean altamente competitivos. En estos estudios, la competencia por luz fue un factor crítico en la interferencia entre el arroz y las malezas. Características como área foliar, y número de macollas (Fig. 1), estaban directamente correlacionadas con la capacidad del cultivo para interceptar luz y suprimir el desarrollo de las malezas (Tabla 1). Lo cual sugiere la importancia de combinar características para maximizar la interferencia por luz y la competitividad del arroz. Muchas malezas poseen, sin embargo, mecanismos plásticos que les permiten escapar en cierta medida los efectos del sombreado. Estudios con malezas de arroz en California demuestran que ciertas especies responden al sombreado alocando más fotosíntatos hacia el aparato foliar. De esta forma incrementan su habilidad para capturar luz mediante mayor área foliar. En muchos casos el incremento de área foliar va acompañado de un aumento

en el área foliar específica (cm^2/g), es decir, se producen hojas más grandes pero delgadas lo cual representa un uso eficiente de la biomasa aérea. Gibson & Fischer, 2001; Gibson et al., 2001b). En algunos casos, ciertas malezas (*Ammannia coccinnea*) tienen una elongación tardía que les permite atravesar el follaje del arroz luego de completar un periodo inicial de porte bajo y de sombreado parcial. Las hojas que merced al elongamiento caulinar consiguen ser reexpuestas a una iluminación completa, registran tasas fotosintéticas más altas que las hojas que han estado siempre expuestas al sol (Gibson et al., 2001a). Esta es otra forma de adaptación al sombreado que resulta en un incremento de la habilidad competitiva de la maleza. Sin embargo estos estudios indican que dicha plasticidad en beneficio del crecimiento foliar se logra en detrimento de la adjudicación de fotosintatos para el crecimiento radical (Fig. 2). Esto significa que a medida que malezas como *E. phyllopogon*, *E. oryzoides*, y *A. coccinnea* comienzan a ser sombreadas por el dosel del arroz, éstas se volverían más vulnerables a la competencia por nutrientes. De allí la importancia de desarrollar cultivares de arroz con elevada capacidad precoz para capturar nutrientes, antes de que su dosel se “cierre” y pueda ejercer un sombreado completo que inhiba el establecimiento de nuevas malezas y establezca el final del período crítico de competencia del arroz (Fischer et al., 1993).

Actualmente se especula sobre los efectos de la alteración de la calidad de luz en relación con la competencia interespecífica. La alteración de la calidad de luz está relacionada con los efectos de la relación luz roja-oscura/luz roja y puede concebirse como una señal de la presencia de plantas en la comunidad (Ballare & Casal, 2000) que es utilizada para determinar la plasticidad del crecimiento de las plantas en competencia. En este sentido, Merotto Jr. et al. (2002) encontraron un efecto aislado de calidad de luz proveniente de la presencia de malezas sobre el desarrollo del arroz ya a los 15 días posteriores a la emergencia (Table 2). El estudio de los procesos básicos relacionados con la calidad de la luz representa un tópico de actualidad en biología vegetal. Varios de estos estudios utilizan al cultivo del arroz como modelo para comprender los procesos fisiológicos y bioquímicos de la fotorregulación (Takano et al, 2001). La aplicación de estos conocimientos podría resultar en cultivares de arroz más competitivos a través de la disminución de la sensibilidad a los efectos de la calidad de luz o por el incremento de la capacidad de emisión de luz rojo-oscura de forma de aumentar la supresión de las malezas. Alternativamente, el conocimiento de los procesos relacionados con la calidad da luz podría ser utilizado en el desarrollo de métodos más precisos para determinar el inicio de la competencia interespecífica o para modificar prácticas culturales a fin de alterar el patrón de distribución de luz en una comunidad.

Cultivares de maduración tardía pueden recobrase mejor de la competencia de malezas precoces (Dingkuhn et al., 1999). Pero, por otra

parte, ciertos cultivares de maduración temprana son capaces de mantener sus rendimientos frente a la competencia de malezas de emergencia tardía o establecimiento lento. Fischer *et al.*, (2001) estudiaron la competencia entre cultivares de arroz con pasturas forrajeras perennes sembradas en asociación con arroz de secano. El cultivar más precoz fue el que mejor toleró la competencia de *Brachiaria brizantha* debido a que pudo completar su llenado de grano antes de que el desarrollo de la pastura le permitiera maximizar su competitividad.

La competencia con malezas por nutrientes es importante (Aspinall, 1960; Irons and Burnside, 1982; Satorre and Snaydon, 1992), sin embargo, la interferencia subterránea ha recibido menos atención que la competencia por luz. Fofana and Rauber (2000) estudiando la competencia del arroz y la especie relacionada *O. glaberrima* con malezas en Africa Occidental hallaron que la biomasa de malezas estaba negativamente correlacionada con el crecimiento temprano de las raíces de arroz, y con el crecimiento del follaje y las raíces en etapas más tardías del cultivo. Otros estudios demuestran que las interacciones subterráneas son quizás más importantes de lo que generalmente se supone. Según Gibson *et al.*, (1999), la interferencia solamente por luz del arroz tenía un efecto relativamente menor en el crecimiento de *Echinochloa phyllopogon*, mientras que la competencia por luz y nutrientes reducía severamente el crecimiento de dicha maleza. Existe considerable variabilidad entre cultivares de arroz en cuanto al crecimiento morfología y fisiología de las raíces (Slaton *et al.*, 1990). Un desarrollo radical vigoroso permite incrementar la competitividad del cultivo en etapas tempranas, cuando la cobertura del follaje aún no es completa como para eliminar el crecimiento de malezas por sombreado.

Competitividad y rendimiento potencial

Algunas veces se ha asociado la alta competitividad de una variedad con menores rendimientos potenciales (Callaway 1992). Incrementos en altura, biomasa vegetativa y área foliar representan una elevación de las tasas respiratorias, sombreado interno de la planta, y un desvío de fotosíntesis hacia el desarrollo vegetativo en detrimento de la producción de grano (Peng *et al.*, 1994). Por lo que la selección por estas características para incrementar la competitividad del arroz podría afectar su productividad. Pero esto no necesariamente es así. Por ejemplo, este tipo de argumento surgió de trabajos conducidos hace años con arroz, donde se comparaba la performance de modernos cultivares semi-enanos con la de ancestros tradicionales de porte alto y mucho follaje. Tales trabajos concluyeron que la habilidad competitiva del arroz estaba negativamente correlacionada con su rendimiento potencial (Jennings and Aquino, 1968, Jennings and De Jesús, 1968; Jennings and Herrera, 1968; Kawano *et al.*, 1974) y que no valía la pena desarrollar cultivares de arroz competitivos

mientras hubiera herbicidas disponibles. Este panorama ha cambiado radicalmente dada la dispersión alarmante de malezas del arroz resistentes a herbicidas y a los elevados costos del control químico en áreas donde el control de malezas por inundación permanente no es posible. El resultado de tales conclusiones es haber trabado por mucho tiempo el desarrollo de cultivares de arroz competitivos con malezas. Sin embargo, estudios más recientes han demostrado que es posible obtener variedades de arroz altamente competitivas sin mermas significativas en el rendimiento potencial (Fischer *et al.* 1995, 1997, 2001, Ni *et al.* 2000; Garrity *et al.* 1992, Johnson *et al.* 1998; Fofana and Rauber 2000). Incluso, si cierta merma de productividad pudiera ocurrir, es posible que esto sea altamente compensado por los beneficios resultantes de reducir la competencia de malezas, el uso de herbicidas, los costos de control, y de manejar el desarrollo de resistencia a herbicidas.

Criterios de selección

Este es un trabajo en el que malherbólogos y genetistas deben colaborar estrechamente. La selección de líneas competitivas basadas en su comportamiento bajo condiciones de enmalezamiento (mecanismo de selección directa) es un proceso costoso y laborioso que, además, debe conducirse en fases avanzadas de un programa de mejoramiento cuando exista suficiente semilla disponible de cada genotipo para efectuar las pruebas a campo (Wall, 1993). Un mecanismo indirecto es la selección basada en características específicas de la planta que le confieren habilidad competitiva (Lemerle *et al.* 1996), lo que permitiría efectuar la selección en fases tempranas del mejoramiento. Este tipo de selección indirecta requiere que las características que confieren competitividad sean identificadas previamente, permitiendo así conducir los experimentos posteriores de selección en ausencia de malezas. Sin embargo, Fischer *et al.* (1995, 1997) en Colombia demostraron que si las características morfológicas que conferían competitividad a cultivares de arroz de secano y riego eran medidas en ausencia de enmalezamiento, éstas no se correlacionaban bien con la competitividad de un cultivo enmalezado. Los autores sugirieron que probablemente los programas de selección deberían conducirse bajo competencia con malezas. Este tipo de conclusiones compromete la factibilidad de un programa de selección indirecta basado en características evaluadas bajo monocultivo. Sin embargo, en otros casos ha sido posible identificar características bajo condiciones de monocultivo que se correlacionaban bien con la competitividad del arroz en condiciones de enmalezamiento (Dingkuhn *et al.*, 1998). Trabajando con soja, Jannink *et al.*, (2001) hallaron correlaciones genéticas negativas entre ciertas características de la planta y su capacidad para suprimir el crecimiento de *Brassica hirta* Moench. Los autores sugirieron que la altura de la soja en

época temprana sería un excelente criterio de selección indirecta. La introgresión de genes de arroz salvajes representa una oportunidad adicional para incrementar la competitividad del arroz cultivado. Una vez superada la barrera de esterilidad, la hibridación de *O. sativa* con *O. glaberrima* permitió combinar la competitividad de *O. glaberrima* con el rendimiento potencial del arroz de secano en África Occidental (Jones et al., 1997; Dingkuhn et al., 1998). *O. rufipogon* puede ser también otra fuente de introgresión de características agronómicas en arroz. Moncada, et al. (2001) trabajando con cruza de *O. rufipogon* y un cultivar de arroz de secano, demostraron que 56% de los QTLs asociados con el incremento de características agronómicas en arroz de secano provenían de *O. rufipogon*. P. Neves y D. Mackill (comunicación personal), trabajando con cruza de *O. nivara* y *O. sativa*, identificaron QTLs para características de vigor inicial y desarrollo precoz de área foliar.

Conclusión

El empleo de cultivares de arroz competitivos permitiría reducir el uso de herbicidas (Christensen 1994; Salonen 1992; Lemerle et al. 1996) y la presión de selección hacia biotipos de malezas resistentes a herbicidas. Esto contribuiría a la sustentabilidad y compatibilidad ambiental del control de malezas en arroz. La competitividad del arroz al reducir la producción de semillas de malezas disminuiría sus efectos a largo plazo. Esta tecnología permitiría reducir costos y se podría incorporar fácilmente a las prácticas de cultivo del agricultor. Sin embargo, aún se requiere más investigación sobre la heredabilidad de las características de competitividad, las correlaciones genéticas entre estas características y la supresión de malezas, y su relación con otras características agronómicas. Es necesario profundizar en estudios mecanísticos de competencia y de la adaptación de las malezas al estrés competitivo.

SL

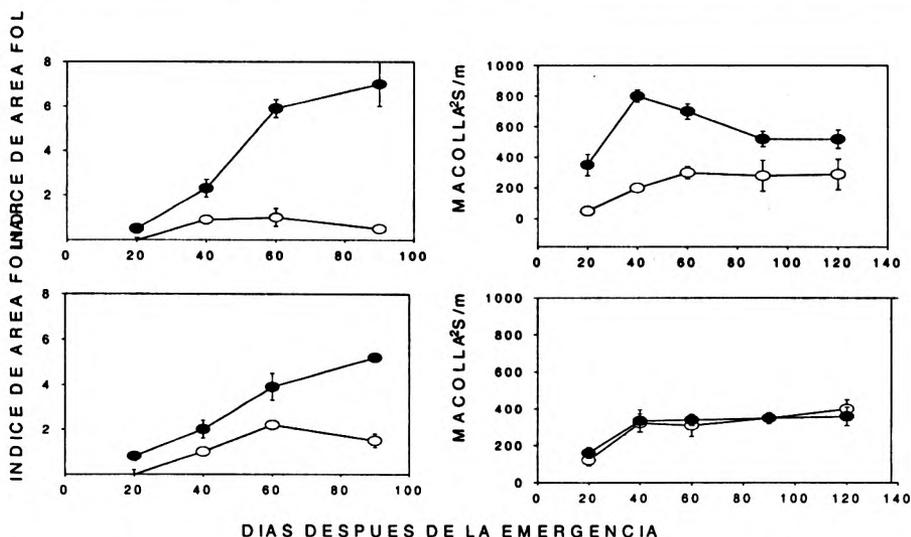


Figura 1. Índice de área foliar y número de macollas de *Echinochloa colona* (símbolos blancos) y de un cultivar de arroz (símbolos negros) competitivo (cuadros superiores) y poco competitivo (cuadros inferiores), cuando ambas especies crecieron en competencia.

Adaptado de Fischer et al. (1997)

Agron. J. 89:516-521

Tabla 1. Coeficientes de correlación (r) entre parámetros de arroz y *Echinochloa colona*, 90 días después de la emergencia, cuando ambas especies crecieron en competencia (Adaptado de Fischer et al. (1997) Agron. J. 89:516-521)

Característica	<i>E. colona</i>	Intercepción de RFA†
Intercepción de RFA	-0.81**	-
Índice de área foliar	-0.71*	0.77**
Número de macollas	-0.80*	0.58*
Altura	0.1 ns	0.043ns
Biomasa	-0.72*	0.79**

*,** Significativo al 0.05 y 0.01 respectivamente.

† Radiación fotosintéticamente activa.

Tabla 2. Materia seca de la parte aérea (mg planta¹), estado de desarrollo del culmo principal (escala Haun) y porcentag de plantas de arroz con macollo a los 15 días después de la emergencia afectados por la competencia de malezas (*Brachiaria plantaginea* y *Bidens pilosa*). Porto Alegre (RS). FA/UFRGS, 2000.

Tratamientos	Interferencia ¹	Materia seca (mg)	Estado de desarrollo	Plantas con macollo (%)
Arroz	Ninguna	98 a ²	5,0 a	19 a
Arroz con tabique de separación	Ninguna /testigo	92 a	5,0 a	20 a
Arroz + malezas en toda el área	Cantidad y calidad de luz, agua y nutrientes	64 b	4,3 c	3 c
Arroz + malezas en la entrefila	Calidad de luz, agua y nutrientes.	68 b	4,6 b	10 b
Arroz + malezas en la entrefila con tabique de separación	Calidad de luz	73 b	4,5 b	6 bc
CV (%)		25	14	17

¹ Se refiere a los efectos esperados de los tratamientos en relación a la interferencia interespecífica sobre las plantas de arroz.

² Medias seguidas por la misma letra en una columna no difieren entre sí según la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad.

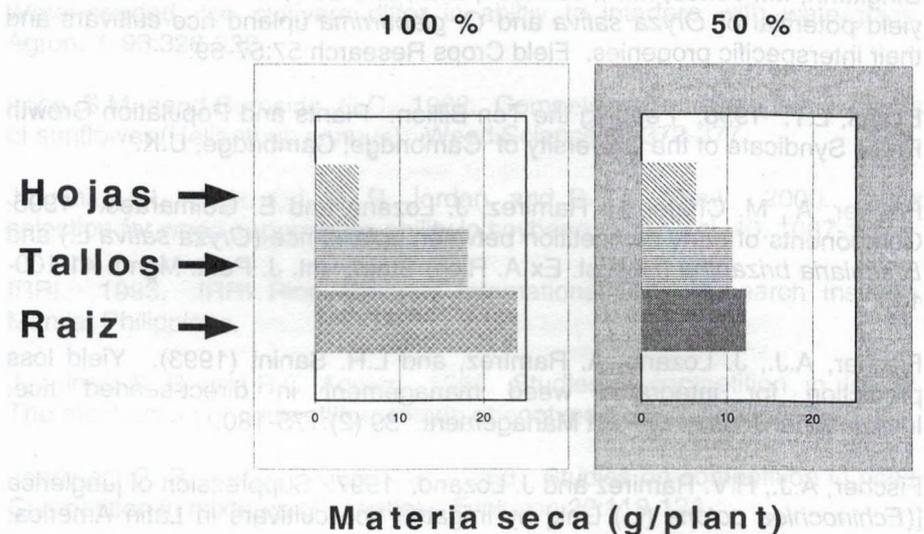


Figura 2. Partición de materia seca de *Echinochloa oryzoides* en respuesta a dos niveles de irradiación (50% y 100%).

Adaptado de Gibson & Fischer (2001).

Referencias

Aspinall, D. 1960. An analysis of competition between barley and white persicaris. II. Factors determining the course of competition. *Annals of Applied biology* 48:637-654.

Ballaré, C. L.; Casal, J. J. 2000. Light signals perceived by crop and weed plants. *Field Crops Res.* 67:149-160.

Callaway, M.B. 1992. A compendium of crop varietal tolerance to weeds. *Am. J. Altern. Agric.* 7:169-180.

Christensen, S. 1994. Crop weed competition and herbicide performance in cereal species and varieties. *Weed Res.* 34:29-36.

Dingkuhn, M., Johnson, D.E., Sow, A. and Audebert, A.Y. 1999. Relationships between upland rice canopy characteristics and weed competitiveness. *Field Crops Research* 61:79-95.

Dingkuhn, M., Jones, M.P., Johnson, D.E., and Sow, A. 1998. Growth and yield potential of *Oryza sativa* and *O. glaberrima* upland rice cultivars and their interspecific progenies. *Field Crops Research* 57:57-69.

Evans, L.T. 1998. *Feeding the Ten Billion: Plants and Population Growth* Press Syndicate of the University of Cambridge, Cambridge, U.K.

Fischer, A., M. Châtel, H. Ramirez, J. Lozano and E. Guimarães. 1995. Components of early competition between upland rice (*Oryza sativa* L.) and *Brachiaria brizantha* (Hochst. Ex A. Rich) Stapf. *Int. J. Pest. Mgmt.* 41:100-103.

Fischer, A.J., J. Lozano, A. Ramirez, and L.R. Sanint (1993). Yield loss prediction for integrated weed management in direct-seeded rice. *International Journal of Pest Management.* 39 (2):175-180.

Fischer, A.J., H.V. Ramirez and J. Lozano. 1997. Suppression of junglerice [(*Echinochloa colona* (L.) Link] by irrigated rice cultivars in Latin America. *Agron. J.* 89:516-552.

Fischer, A.J., H.V. Ramirez, K.D. Gibson, and B. Da Silveira Pinheiro (2001). Competitiveness of semidwarf upland rice cultivars against palisadegrass (*Brachiaria brizantha*) and signalgrass (*B. decumbens*). *Agron. J.* 93:967-973.

Fofana, B. and R. Rauber. 2000. Weed suppression ability of upland rice under low-input conditions in West Africa. *Weed Res.* 40:271-280

Garrity, D.P., M. Movillon and K. Moody. 1992. Differential weed suppression ability in upland rice cultivars. *Agron. J.* 84: 586-591.

Gibson, K. D., T. C. Foin, and J. E. Hill. 1999. The relative importance of root and shoot competition between water-seeded rice and watergrass. *Weed Res.* 39:181-190.

Gibson, K. D. and A. J. Fischer (2001). Relative Growth and Photosynthetic Response of Water-Seeded Rice and *Echinochloa oryzoides* (Ard.) Fritsch to Shade. *International Journal of Pest Management* 47: 305-309.

Gibson, K.D, A.J. Fischer, and T.C. Foin (2001a). Shading and the growth and photosynthetic responses of *Ammannia coccinea*. *Weed Research* 41:59-67.

Gibson, K.D., J. E. Hill, T.C. Foin, B.P. Caton, and A.J. Fischer (2001b). Water-seeded rice cultivars differ in ability to interfere with watergrass. *Agron. J.* 93:326-332.

Irons, S.M. and Burnside, O.C. 1982. Competitive and allelopathic effects of sunflower (*Helianthus annuus*). *Weed Science* 30:372-377.

Jannink, J.-L., J. H. Orf, N. R. Jordan, and R. G. Shaw. 2000. Index selection for weed suppressive ability in soybean. *Crop Sci.* 40. 1087-1094.

IRRI. 1993. IRRI Rice Almanac International Rice Research Institute, Manila, Philippines.

Jennings, P. R. and R.C. Aquino. 1968. Studies on competition in rice: III. The mechanism of competition among phenotypes. *Evolution* 22:529-542.

Jennings, P. R. and J. DeJesus, Jr. 1968. Studies on competition in rice:I. Competition in mixtures of varieties. *Evolution* 22:119-124.

Jennings, P. R. and R.M. Herrera. 1968. Studies on competition in rice:II. Competition in segregating populations. *Evolution* 22:332-336.

Johnson, D.E., M. Dingkuhn, M.P. Jones and M.C. Mahamane. 1998. The influence of rice plant type on the effect of weed competition on *Oryza sativa* and *Oryza glaberrima*.

Jones, M.P., M. Dingkuhn, G.K. Aluko, and M. Semon. 1997. Interspecific *Oryza sativa* L. x *O. glaberrima* Steud. progenies in upland rice improvement. *Euphytica* 94:237-246.

Jordan, N. 1993. Prospects for weed control through crop interference. *Ecol. Appl.* 3:84-91.

Kawano, K., H. Gonzalez and M. Lucena. 1974. Intraspecific competition, competition with weeds, and spacing response in rice. *Crop Sci.* 14:841-845.

Khush, G. S. 1996. Genetic improvement of rice for weed management. Pages 201-207 in R. Naylor, ed. *Herbicides in Asian rice: Transitions in weed management*. Inst. for Int. Stud., Stanford Univ., Palo Alto, CA and IRRI, Manila Philippines.

Lemerle, D., B. Verbleek, R.D. Cousens, and N.E. Coombes. 1996. The potential for selecting wheat cultivars strongly competitive against weeds. *Weed Res.* 36:505-513.

Merotto Jr, A., Vidal, R. A., Fleck, N. G., Almeida, M. L. 2002. Qualidade da luz como um fator de interferência das plantas daninhas sobre o desenvolvimento inicial de plantas de soja e arroz. *Planta Daninha*, 20: in press.

Moncada, P., C.P. Martínez, J. Borrero, M. Châtel, H. Gauch, E. Guimarães, J. Thome, and S.R. McCouch. 2001. Quantitative trait loci for yield and yield components in an *Oryza sativa* x *O. rufipogon* BC2F2 population evaluated in an upland environment. *Theoretical and Applied Genetics* 102, 41-52.

Moody, K. 1996. Priorities for Weed Science Research.. Pages 277-290 in R. E. Evenson, Herdt, R. W. and Hossain, eds. *Rice Research in Asia: Progress and Priorities*. CAB International, Wallingford, UK. .

Ni, H., K. Moody, R.P. Robles, E.C. Paller and J. S. Lales. 2000. *Oryza sativa* plant traits conferring competitive ability against weeds. *Weed Sci.* 48:200-204.

Ntanos, D.A. and Koutroubas, S.D. 2000. Competition of barnyardgrass with rice varieties. *Zeitschrift für Acker und Pflanzenbau* 184: 241-246.

Olofsdotter, M., Navarez, D., 1996. Allelopathic rice for *Echinochloa crus-galli* control. Proceedings of the Second International Weed Control Congress, Copenhagen, Denmark, pp. 1175-1181.

Pester, T.A., O.C. Burnside and J.H. Orf. Increasing crop competitiveness to weeds through crop breeding. In D. Buhler, ed. *Expanding the context of weed management*. The Haworth Press, pp. 59-76.

Peng, S., Khush, G.S., and Cassman, K.G. 1994. Evolution of the new plant ideotype for increased yield potential. In: *Breaking the Yield barrier*. Edited by K.G. Cassman. IRRI, Los Baños Philippines. pp. 5-20.

Salonen, J. 1992. Efficacy of reduced herbicide doses in spring cereals of different competitive ability. *Weed Res.* 32:483-491.

Slaton, N.A., Beyrouthy, B.R. wells, B.R., Norman, R.J., and Gbur, E.E. 1990. Rot growth and distribution of two short-season rice Genotypes. *Plant and Soil* 121, 269-278.

Satorre, E.H. and Snaydon, R.W. 1992. A comparison of root and shoot competition between spring cereals and *Avena fatua* L. *Weed Research* 32, 45-55.

Takano, M.; Kanagae, H.; Shinomura, T.; Mikao, A.; Hirochika, H. Isolation and characterization of rice phytochrome A mutants. *Plant Cell*, 13:521:534.

Wall, P. C. 1983. The role of plant breeding in weed management in the advancing countries. *In* Improving weed management. Proc. FAO/IWSS Expert Consultation on Improving Weed Management in Developing Countries. Rome. 6-10 Sept. 1982. FAO, Rome. pp. 40-46.