

ANAIS DO

II SEMINÁRIO
LATINO
AMERICANO
SOBRE



**ARRIZ
VÉRMELH**

Porto Alegre | RS,
4 e 5 de junho de 2013

Realização:



Promoção:



Apoio:



Secretaria da Agricultura,
Pecuária e Agronegócio



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

GOVERNADOR
Tarso Genro

SECRETÁRIO DA AGRICULTURA E ABSTECIMENTO
Luiz Fernando Mainardi



INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ - IRGA

Presidente
Claudio Fernando Brayer Pereira

Diretor Técnico Agrícola
Sérgio Iraçu Gindri Lopes

Diretor Administrativo
Paulo Renato Sampaio

Diretor Comercial
Elói José Thomas

Gerente da Divisão de Pesquisa
Estação Experimental do Arroz
Carlos Alberto Alvez Fagundes

**II Seminário
Latino
Americano
sobre
Arroz
Vermelho**

**II Latin
American
Symposium
of
Red
Rice**

ANAIS

Editores

Aldo Merotto Jr.; Sérgio Iraçu Gindri Lopes;
Augusto Kalsing

04 A 05 DE JUNHO DE 2013

Porto Alegre - Rio Grande do Sul - Brasil

CIP – Catalogação Internacional na Publicação
Biblioteca Setorial da Faculdade de Agronomia – UFRGS
Biblioteca Prof. Antônio Tavares Quintas

S471

Seminário Latino Americano sobre Arroz Vermelho (2. : 2013 : Porto Alegre,RS)

Anais do ... / editores Aldo Merotto Jr., Sérgio Iraçu Gindri Lopes,
Augusto Kalsing. – Porto Alegre : IRGA : UFRGS, 2013.

85 p.; il.

ISBN 978-85-66106-37-4

1. Arroz vermelho - manejo I. Título II. Merotto Júnior,
Aldo (Ed.) III. Lopes, Sérgio I. G. (Ed.) IV. Kalsing, Augusto

CDD 633.18

Bibliotecária: Elisângela da Silva Rodrigues CRB10/1457

Referência:

SEMINÁRIO LATINO AMERICANO SOBRE ARROZ VERMELHO, 2., 2013, Porto Alegre, RS. **Anais do...** Porto Alegre: IRGA : UFRGS, 2013. 85 p.

II Seminário Latino Americano sobre Arroz Vermelho

II Latin American Symposium of Red Rice

COMITÊ ORGANIZADOR

Aldo Merotto, Professor, Faculdade de Agronomia (UFRGS)
Augusto Kalsing, Pesquisador, Estação Experimental do Arroz (IRGA)
Felipe Gutheil Ferreira, Pesquisador, Estação Experimental do Arroz (IRGA)
Mara Cristina Barbosa Lopes, Pesquisadora, Estação Experimental do Arroz (IRGA)
Sérgio Iraçu Gindri Lopes, Pesquisador, Diretor Técnico Agrícola (IRGA)

COMITÊ TÉCNICO CIENTÍFICO

Antônio P. S. Souza, Pesquisador, CPATU (EMBRAPA); Presidente (SBCPD)
Gonzalo U. Zorrilla, Engenheiro Agrônomo, Diretor Executivo (FLAR)
Leandro S. da Silva, Professor, Faculdade de Agronomia (UFSM); Presidente (SOSBAI)
André Andres, Pesquisador, CPACT (EMBRAPA)
Felipe O. Matzenbacher, Pesquisador, Estação Experimental do Arroz (IRGA)
Rui Ragagnin, Engenheiro Agrônomo, gerente da Divisão de Extensão Rural (IRGA)
José A. Noldin, Pesquisador, Chefe da estação experimental de Itajaí, SC (EPAGRI)
Ênio Marchezan, Professor, Faculdade de Agronomia (UFSM)
Luis A. de Ávila, Professor, Faculdade de Agronomia (UFPEL)
Paulo R. F. da Silva, Professor, Faculdade de Agronomia (UFRGS)

Apresentação

O **arroz-vermelho** é a planta daninha que mais causa prejuízos econômicos à cadeia agroindustrial do arroz irrigado na maioria das regiões orizícolas de todos os continentes do mundo. Os grandes prejuízos causados por esta planta daninha justificam a realização de atividades de pesquisa e de extensão com o objetivo de melhor entender e manejar o arroz vermelho. No ano de 1998 o Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) organizou o I Seminário Latino Americano sobre Arroz Vermelho, evento que reuniu mais de 500 participantes e promoveu a discussão dos principais temas relativos ao problema e manejo desta planta daninha no âmbito de toda a cadeia produtiva do arroz. No entanto, após a realização desse Seminário, novas práticas agrícolas e tecnologias foram introduzidas na lavoura de arroz, muitas das quais para o controle do arroz vermelho. Neste sentido é necessária a continuidade de eventos relativos ao arroz vermelho principalmente como forma de contribuição para o debate entre cientistas, extensionistas e produtores de órgãos públicos e privados envolvidos com a cultura do arroz e com o manejo desta planta daninha.

O **II Seminário Latino Americano sobre Arroz Vermelho** foi realizado em Porto Alegre nos dias 04 e 05 de junho de 2013 com o objetivo dar continuidade ao debate e a transferência de tecnologias relacionadas ao arroz vermelho. Esse seminário está sendo organizado pelo IRGA e UFRGS em parceria com FLAR, SOSBAI, SBCPD, EPAGRI, EMBRAPA, UFSM e UFPel. Mais do que divulgar os problemas causados pelo arroz vermelho à orizicultura, pretendeu-se colaborar para a formação de uma nova consciência sobre o manejo desta planta daninha. Estamos certos de que a segunda edição desse evento foi extremamente relevante para a cadeia produtiva do arroz na América Latina, e trará valiosas contribuições a todos os participantes.

Preface

Red rice is one of the most important problems of the rice crop in most of the rice growing regions of Latin America and worldwide. The significance of the damage caused by red rice justifies the large amount of research and the necessity of intensive extension services in order to better understand and manage this weed. In 1998 the Institute Riograndense of Rice (IRGA) organized the I Latin-American Symposium of Red Rice, an event that brought together over 500 participants and promoted the discussion of the main issues related with research and management of this weed in the rice agribusiness. However, in the recent years new agricultural practices and technologies were introduced in the rice crop, many of which related with the red rice control. Therefore, it's necessary to continue with the debates about the management of red rice among scientists, extensionists and farmers from public and private institutions in order to better understand and use these new technologies.

The **II Latin-American Symposium of Red Rice** occurred in Porto Alegre, RS, Brazil, on June 04-05th, 2013, and aimed to cover the diagnostic of the red rice problem in the main rice growing regions of the world, management and control, basic biology and evolution, and the new biotechnologies techniques applied to red rice study and management. The II Latin-American Symposium of Red Rice was organized by IRGA and UFRGS in partnership with FLAR, SOSBAI, SBCPD, EPAGRI, EMBRAPA, UFSM and UFPel. More than disclose the problems caused by red rice, we wished to collaborate to form a new consciousness about the management of this weed. We are certain that the second edition of the event was extremely relevant to the local and global rice productions system, and that it will bring valuable contributions to all participants.

SUMÁRIO

1 - CONJUNTURA E DIAGNÓSTICO DO PROBLEMA DO ARROZ VERMELHO NOS PRINCIPAIS PAÍSES PRODUTORES DE ARROZ DO MUNDO	11
1.1 - SITUAÇÃO DO ARROZ VERMELHO DANINHO NO BRASIL – Giovani Theisen; EMBRAPA, Brasil.....	13
1.2 - CONJUNTURA E DIAGNÓSTICO DOS PROBLEMAS DO ARROZ VERMELHO NA AMÉRICA LATINA E CARIBE – Luciano Carmona; FLAR, Colômbia	20
1.3 - DIAGNOSTICS OF THE RED RICE PROBLEM IN THE U.S.A – David R. Gealy; USDA, EUA.	22
1.4 - DIAGNOSTICS OF RED RICE IN EUROPE – Aldo Ferrero, Francesco Vidotto, Silvia Fogliatto; Universita di Torino, Italia	24
1.5 - THE RED RICE PROBLEM IN ASIA – David E. Johnson, Bhagirath S. Chauhan; IRRI, Filipinas	26
2 - MANEJO DA CULTURA DO ARROZ APLICADO AO CONTROLE DE ARROZ VERMELHO	29
2.1 - AVANÇOS E PROBLEMAS DAS PRÁTICAS DE MANEJO DE ARROZ APLICADO AO CONTROLE DE ARROZ VERMELHO – Luis Antonio de Avila; UFPEL, Brasil	31
2.2 - RESPONSABILIDADE DO USO DE SEMENTES DE ARROZ: DO CONTROLE PREVENTIVO A CAUSA DA DISPERSÃO DO PROBLEMA – Felipe G. Ferreira; IRGA, Brasil	33
2.3 - SISTEMAS DE ESTABELECIMENTO DE ARROZ IRRIGADO COMO ESTATÉGIA DE CONTROLE DE ARROZ VERMELHO – Enio Marchesan, Gerson M. S. Sartori; UFSM, Brasil	36
2.4 - OPORTUNIDADE DA ROTAÇÃO DE CULTURAS PARA A SUSTENTABILIDADE DO MANEJO DO ARROZ-VERMELHO Augusto Kalsing, Anderson Vedelago, Cláudia E. Lange, Valmir G. Menezes, Marcos A. Turra, Fabiane Barbosa Lopes, Liza E. Ferrari; IRGA, Brasil	45
2.5 - ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE INTEGRADO DE ARROZ VERMELHO NAS ÁREAS DE VÁRZEA – Valmir Menezes; Oryza, Brasil	49
3 - BIOLOGIA, EVOLUÇÃO E ECOFISIOLOGIA DO ARROZ VERMELHO	53
3.1 - BIOLOGIA E RESISTÊNCIA A HERBICIDAS EM ARROZ VERMELHO - Aldo Merotto Jr, Anderson L. Nunes, Ives C. G. R Goulart , Ana C. Roso, UFRGS, Brasil; Valmir G. Menezes, Oryza, Brasil; Augusto Kalsing, IRGA, Brasil	55

3.2 - CONTRASTING POPULATION DYNAMICS AND ORIGINS OF SOUTHERN U.S. AND CALIFORNIA WEEDY RICE - Amy Lawton-Rauh, Clamson Univ, USA; Nilda R. Burgos, Univ. of Arkansas, EUA; Albert J. Fischer, Univ. of California, USA	63
3.3 - GENETIC DIVERSITY OF THE GENUS ORYZA APPLIED TO THE STUDY OF WEEDY RICE ADAPTATION – Ana L. Caicedo; Univ. of Massachusetts Amherst, USA.....	65
3.4 - EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON RED RICE ECOPHYSIOLOGY – Lewis H. Ziska; USDA, USA.....	67
4 - BIOTECNOLOGIA, TRANSGÊNICOS E NOVAS TECNOLOGIAS RELACIONADAS COM O CONTROLE DO ARROZ VERMELHO	69
4.1 - BIOTECHNOLOGICAL APPROACHES APPLIED TO MITIGATION AND CONTROL OF RED RICE – Jonathan Gressel; Weizmann Inst., Israel.....	71
4.2 - DESENVOLVIMENTO E LANÇAMENTOS DE TECNOLOGIAS RELACIONADAS AO CONTROLE DE ARROZ VERMELHO – MELHORAMENTO DA INICIATIVA PÚBLICA – BRASIL – Mara Cristina Barbosa. Lopes; IRGA, Brasil	74
4.3 - DEVELOPMENT OF RICE CULTIVARS RELATED TO THE TECHNOLOGIES APPLIED TO RED RICE CONTROL: PUBLIC INSTITUTIONS – USA –Steve Linscombe – USA	77
4.4 - DEVELOPMENT OF RICE CULTIVARS RELATED WITH TECHNOLOGIES APPLIED TO RED RICE CONTROL – PRIVATE COMPANIES. Dwight More; BASF, USA.....	79
4.5 - INTEGRAÇÃO DA BIOLOGIA, BIOTECNOLOGIA E MANEJO PARA O CONTROLE DE ARROZ VERMELHO - Aldo Merotto Jr, Anderson L. Nunes, Catarine Markus, Giliardi Dalazen, Everton D. Bortoly, UFRGS, Brasil	80

**1 - CONJUNTURA E DIAGNÓSTICO DO PROBLEMA DO ARROZ
VERMELHO NOS PRINCIPAIS PAÍSES PRODUTORES DE ARROZ
DO MUNDO**

1.1 - SITUAÇÃO DO ARROZ VERMELHO DANINHO NO BRASIL

Giovani Theisen¹

Na safra 2012/13, a produção brasileira de arroz alcançou 11,97 milhões de toneladas, representando este volume um incremento superior a 5% em relação à safra anterior. Os estados do Rio Grande do Sul (RS) e de Santa Catarina (SC) contribuíram com 66% e 7% da produção nacional de arroz respectivamente, cultivando uma área aproximada de 1,1 milhão de hectares no RS e cerca de 150 mil hectares em SC (IBGE, 2013). Analisando-se dados sobre os sistemas de produção de arroz no Brasil a partir de 1990, constata-se uma tendência de redução acentuada da produção de arroz de sequeiro, que passou de mais de 3 milhões de hectares para pouco mais de 1 milhão na atualidade; já a área de arroz irrigado aumentou em cerca de 400 mil hectares no Brasil. Uma análise mais detalhada dos dados aponta que a partir do ano 2000, oito estados brasileiros reduziram a área cultivada com arroz entre 18 e 50%, e doze estados reduziram a área de arroz em mais de 50%. Os estados do RS, SC e MA, justamente os três produtores nacionais de arroz mais importantes, praticamente tem mantido a mesma área cultivada neste período de 13 anos. A ocorrência de plantas daninhas nas regiões produtoras de arroz irrigado no Brasil é apontada como um dos principais limitantes no aumento da produtividade neste sistema de produção. O arroz vermelho (*Oriza sativa* L.), nesse sentido, tem sido a planta daninha mais frequentemente citada como causadora de problemas, especialmente nas áreas de produção mais intensiva (irrigada).

No primeiro Seminário Latino Americano sobre Arroz Vermelho realizado em 1998, elaborou-se detalhada matéria sobre a origem do arroz vermelho que ocorre no Brasil (Noldin, 1998), o qual, por sua importância, recapitularemos no presente artigo. A exemplo do arroz cultivado, o arroz vermelho também é oriundo da Ásia (Sato, 1998), e daquela região foi disseminado para outras partes do mundo, possivelmente como contaminante em sementes de arroz cultivado. A presença de arroz vermelho nos Estados Unidos foi mencionada por Craigmiles (1978), o qual cita que em 1846 já haveriam registros da ocorrência desta planta daninha nos arrozais da Carolina do Norte e Carolina do Sul, provinda de sementes cultivadas contaminadas originárias do leste da Ásia. Em 1850, segundo este mesmo autor, pesquisadores do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos citam a ocorrência de quatro tipos de arroz daninho nos Estados Unidos. O arroz daninho (incluindo nesta denominação as diferentes populações de arroz vermelho, arroz preto e espécies de arroz silvestre) em 1998 se fazia presente em praticamente todas as áreas produtivas de arroz irrigado do mundo (Noldin, 1998); e na atualidade, a tendência não parece ter se alterado. Esta planta daninha era considerada um problema ao cultivo do arroz em países da Ásia e da África (Bakar et al., 1998; Chin et al., 1998; Noldin, 1998; Pyon et al., 1998) e continua sendo nos dias atuais (Kaloumenos et al., 2013; Shivrain et al. 2010), distinguindo-se o fato de que vários biótipos tem se tornado resistentes aos herbicidas, notadamente em sistemas de produção com cultivares de arroz tolerantes a herbicidas. Na China, por exemplo, a área afetada pelo arroz daninho tem alcançado 3,3 milhões de hectares e esta infestante tem reduzido a produção em 3,4 milhões de toneladas por ano (Liang & Qiang, 2011). O aumento da infestação do arroz vermelho em vários países pode estar relacionado com as alterações no sistema de cultivo. Na Ásia, a passagem do sistema de plantio por mudas em solo molhado para a semeadura em solo seco, em linhas, pode ter favorecido a proliferação do arroz vermelho (Xia et al., 2011).

¹ Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, Brasil.

No Brasil os registros sobre a introdução do arroz vermelho não são precisos e são escassos. Em 1968, o Laboratório de Análise de Sementes do Ministério da Agricultura em SC constatou a ocorrência de elevada infestação de arroz vermelho em amostras de sementes enviadas a aquele laboratório. Este trabalho (Palhares, 1968) relatou índices muito altos de contaminação por arroz vermelho nas sementes: de um total de 291 amostras analisadas, 84,5% apresentavam mais de 24 sementes de arroz daninho por 500g de amostra, e 12,7% apresentavam mais de 900 sementes de arroz vermelho. Ainda, em três por cento das amostras, constataram-se entre 1951 e 7500 sementes de arroz daninho em 500 gramas de sementes (Noldin (1998) apud Palhares (1968)). Entretanto, é interessante salientar que no trabalho “Diagnóstico da situação atual da lavoura arrozeira no Brasil”, realizado em 1975 durante a Reunião Nacional de Pesquisadores de Arroz, a ocorrência do arroz vermelho não foi mencionada como fator limitante à cultura em nenhum dos 19 estados produtores (EMBRAPA, 1975). Neste mesmo sentido, tanto em 1977 quanto em 1978, a revista “A Lavoura Arrozeira”, apresentou duas matérias sobre as dificuldades ocorrentes nas lavouras de arroz do Rio Grande do Sul, onde consta que, em ambas as safras a principal planta daninha nas lavouras de arroz irrigado era, à época, o capim arroz (*Echinochloa* sp.), presente em mais de 95% das áreas. O arroz vermelho era registrado em somente 3 a 4% das áreas, segundo dados gerados em consistente amostragem feita em 944 lavouras na safra 1976/77, e 688 lavouras na safra 1977/78.

Em um levantamento sobre a ocorrência de arroz vermelho em sementes de arroz proveniente de diversos estados produtores, Freire et al (1990) constataram contaminação em 41,3% das sementes, em um total de 225 amostras. Já no Rio de Janeiro, um trabalho realizado na safra 1988/89 revelou que o número médio de sementes de arroz vermelho e arroz preto encontrados em 78 amostras provenientes de 13 municípios daquele estado foi 12 sementes em 500 gramas (Fernandes et al., 1994). À época desta pesquisa o RJ cultivava por volta de 20mil hectares de arroz; na atualidade aquele estado cultiva menos de 1900 hectares (IBGE, 2013). No início dos anos 90 a Embrapa compilou um novo trabalho a nível nacional denominado “A pesquisa de arroz no Brasil nos anos 80: avaliação crítica dos principais resultados” (Souza et al., 1994), em que sugere que os trabalhos com arroz vermelho deveriam ser prioritários para os anos 90, tendo em vista o crescimento da infestação desta planta daninha nas áreas de arroz irrigado no país. Como previram os pesquisadores daqueles tempos, o arroz vermelho expandiu-se e atualmente consiste em um problema sério nas áreas de produção de arroz irrigado.

No sentido de se complementar a informação de literatura e de cunho científico já apontadas por Noldin (1998), nos meses de abril e maio de 2013 foram realizados contatos com pesquisadores, produtores e assistentes técnicos das principais regiões produtoras de arroz no Brasil, e seus depoimentos retratam com boa fidedignidade o que vem ocorrendo no campo. Também se procedeu a nova busca literária sobre a ocorrência desta planta daninha, a qual se relata. No estado do Maranhão, o segundo em área cultivada no Brasil (mais de 400 mil hectares de arroz), somente uma pequena parte é irrigada, em áreas denominadas várzeas “de vazante” à beira da região amazônica. Nestes locais, segundo levantamentos divulgados por Faria Filho & Ferraz Jr. (2011), os maiores problemas nos arrozais em pequenas propriedades consistem em ataques de ratos, falta de água no final do ciclo, ocorrência de lagartas na fase inicial, invasão das áreas pelo gado e ataque por aves. As plantas daninhas identificadas foram uma espécie de maracujá (*Passiflora* sp) e o capim-marreca (*Pararteria prostrata*), sem menção ao arroz daninho. Recentemente, duas pesquisas divulgadas no 28º Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas sobre plantas daninhas em arrozais nas terras altas do MA, apontam as várias espécies ocorrentes na região (descrevem-se os gêneros *Cyperus*, *Alternanthera*, *Eleusine*, *Fimbristilis*, *Senna*, *Sida*, *Thalia*, e *Phyllanthus*). Os trabalhos não fazem menção à importância de *Oryza sativa* (Costa Jr. Et al., 2012; Catanhede et al., 2012). Contudo, em informação pessoal de pesquisadores da Embrapa atuantes na região, o arroz vermelho é uma invasora que preocupa e ocorre com frequência nas áreas de arroz irrigado

daquele estado. Cabe destacar que em recente Workshop realizado em maio de 2013 em São Luís, MA, sobre a cadeia produtiva do arroz no Maranhão, discorreu-se que há uma perspectiva de aumento das áreas irrigadas naquele estado.

Em Tocantins, a principal área de produção de arroz situa-se na bacia sedimentar do Rio Araguaia, região plana de elevado potencial à produção irrigada de arroz e outras culturas. A maior parte da produção de arroz em TO é irrigada, e situada na região dos municípios de Lagoa da Confusão e Formoso do Araguaia. Segundo depoimentos de uma empresa de consultoria agrônômica local, um importante sistema de produção de arroz irrigado é a rotação com soja (plantada no sistema convencional por 2 anos), seguido por 2 anos de arroz implantado sob cultivo mínimo, quando possível. As cultivares CL (de primeira e segunda geração) se fazem presente a pelo menos três safras, e já surgem problemas com arroz vermelho resistente aos herbicidas inibidores de ALS. Em uma fazenda com 2mil hectares de arroz, 150 ha estão completamente infestados com arroz vermelho e neste local constatou-se que diversas plantas que escaparam ao imazetapir, herbicida mais utilizado nestas áreas. Um dos problemas apontados na região é o elevado índice de semente salva (estimativa de até 80% em alguns casos).

No Mato Grosso do Sul, a maior parte da produção de arroz provém de áreas irrigadas, as quais são relativamente bem tecnificadas. Com uma produtividade média superior a 6,1 t/ha na última safra (IBGE, 2013), o sistema usual de produção é a rotação do arroz com a soja. A assistência técnica local relatou que o uso de sementes oficiais é o mínimo permitido, e as sementes certificadas são obtidas em grande parte da região central do RS (Dona Francisca e arredores). Os cultivares CL se fazem presente já a cinco safras, e possivelmente foram trazidas por produtores do RS e SC que também cultivam no MS. Já ocorrem escapes ao imazetapir, principal produto utilizado nestas áreas, que são manejadas com semeadura mais tardia e dessecação próxima ao plantio. A dose mais frequente deste herbicida tem sido 2,7 L ha (produto comercial com 100 g de ingrediente ativo), dividida em duas aplicações. Estima-se que mais de 75% da área esteja sendo cultivada com a cultivar Puitá Inta CL. As plantas daninhas de mais evidência, na opinião da assistência técnica, nesta safra 2012/13 na região de Rio Brillhante, foram a beldroega (*Portulaca oleracea*), o capim arroz (*Echinochloa* sp.) o papuã (*Brachiaria* sp.), a corda-de-viola (*Ipomoea* sp.), uma espécie não identificada, denominada localmente como 'maconha do brejo', além do arroz vermelho e arroz preto.

No Mato Grosso, o arroz já teve uma maior expressão, pois era a cultura implantada após a abertura das áreas de cerrado e matas. Atualmente, além da redução na expansão de novas áreas, a soja vem ocupando o espaço antes locado ao arroz. As áreas são predominantemente de sequeiro, e o arroz daninho não é considerado uma praga tão importante quanto o é nas áreas de cultivo irrigado no restante do país. A assistência técnica local (Paranatinga, MT) relata não haver importância, ou mesmo a presença na região, de cultivares tolerantes às imidazolinonas, e aponta como um problema sério no arroz a questão do uso de sementes próprias, de qualidade duvidosa. Apesar do arroz vermelho não ter no MT a mesma importância de sua ocorrência em locais onde o arroz é irrigado, uma pesquisa publicada em 2007 indicou que 74% das sementes utilizadas no norte daquele estado estavam contaminadas com arroz vermelho ou arroz preto (Souza et al., 2007). Quanto ao estado de Rondônia, relatos da Embrapa (Utumi, et al Brigin, 2013; Ferreira e Santiago, 2012) apontam que o arroz vermelho não tem sido um problema tão sério neste estado, possivelmente pelo arroz não ser uma cultura de monocultivo, ser implantado em boa parte em áreas de sequeiro ou nos casos irrigados, em várzeas de rio que permanecem alagadas grande parte do ano.

Em Santa Catarina, segundo Noldin (1998) a estimativa da ocorrência de arroz vermelho tem sido realizada por diagnósticos periódicos sobre a qualidade da semente utilizada por produtores de arroz irrigado (Palhares, 1968; Ramos e Santini, 1979; Miura et al., 1981; Marques et al., 1987; Noldin et al., 1997), e através de

levantamentos da ocorrência de arroz vermelho no arroz recebido pelas indústrias. Os levantamentos sobre qualidade de sementes evidenciam uma melhoria gradativa neste aspecto, principalmente com redução da infestação do arroz vermelho. No levantamento realizado na safra 1978/79, somente 2% das amostras analisadas eram isentas desta planta daninha e 22% das amostras continham mais de 500 sementes da invasora em 500g. No levantamento realizado na safra 1996/97 3% das amostras estavam isentas de arroz vermelho e o número de amostras contendo mais de 5 sementes/500g decresceu drasticamente (Noldin et al., 1997); já na safra 2007/2008, segundo levantamentos descritos por Noldin et al., (2009) em 307 amostras analisadas em SC 87% estavam isentas de arroz vermelho e 78% dos produtores utilizavam sementes certificadas. Atualmente o sistema de produção de Santa Catarina vem se alterando na medida da introdução de cultivares tolerantes aos herbicidas inibidores de ALS. Gradativamente o cultivo em solo seco vem tomando parte do espaço do sistema de cultivo pré-germinado. Segundo depoimentos da assistência técnica, na região sul do Estado que abrange cerca de 95mil hectares (65% da área de arroz de SC) o cultivo mínimo já substitui o sistema pré-germinado em uma área aproximada de 25mil hectares (27% da área). Aponta-se que grande parte destas áreas (mais de 90%) em cultivo mínimo na região de Tubarão estejam sendo cultivadas com um cultivar de 2ª geração da tecnologia já pela terceira safra consecutiva, e que em aproximadamente 5% destas áreas mais intensamente cultivadas já se encontram problemas com arroz vermelho resistente a herbicidas inibidores de ALS. Cabe destacar que em Santa Catarina a taxa de utilização de sementes certificadas é bastante elevada, e o trabalho da EPAGRI, juntamente com a Associação dos Produtores de Sementes (Acapsa) e demais empresas, tem resultado em alta conscientização dos produtores a respeito da importância da qualidade de sementes, bem como na estruturação de uma logística e adequação para a produção, que atenda a demanda do sistema produtivo, como bem relatam Martins e Schiocchet (2011).

No Rio Grande do Sul, o arroz vermelho teve um destaque mais pronunciado a partir de meados da década de 80, e desde então vem sendo a principal planta daninha infestante dos arrozais gaúchos. Para combater esta planta daninha, foram incorporadas diversas tecnologias ao sistema de produção de arroz, até então cultivado predominantemente no sistema convencional. A técnica que possivelmente tenha dado as melhores respostas para o manejo do arroz vermelho no RS foi a introdução do cultivo pré-germinado, cujas pesquisas comparativas aos outros métodos de manejo datam desde 1994, ou mesmo anteriormente a este ano. Em trabalho conduzido nas safras 1994, 1995, 1996 e 1997 Andres et al., (1999) relatam que o controle do arroz vermelho no sistema pré germinado proporcionou ganhos entre 23,7% a 56,8% no volume de arroz produzido. Este método de cultivo chegou a ser utilizado em até 12,5% da área do RS (safra 2004), reduziu-se a partir de então, tendo retomado nas últimas duas safras. Outra medida de manejo de arroz vermelho que naturalmente foi incorporada ao sistema produtivo de arroz no RS foi o cultivo mínimo, que atualmente predomina em cerca de 2/3 das áreas de arroz do estado. Destaca-se, entretanto, que nenhuma outra forma de controle e manejo de arroz vermelho teve um impacto tão grande quanto à introdução da tecnologia de tolerância dos cultivares de arroz aos herbicidas inibidores de ALS (tecnologia Clearfield®, ou CL), a qual teve grande avanço a partir das safras 2002/2003 e 2003/04. Atualmente mais da metade do arroz gaúcho é cultivado com cultivares CL, porém houve rápida adaptação do arroz vermelho a este sistema de controle. Em levantamentos realizados pelo IRGA ainda nas safras 2006/07 e 2007/08, já se constatava que na safra 2007, 55,7% das amostras de arroz escapes ao controle na safra anterior eram resistentes aos herbicidas, enquanto que na safra 2008 este número cresceu para 71%. Em recentes levantamentos realizados por Kalsing et al (2013), constatou-se que está ocorrendo, de fato, uma gradativa evolução temporal e espacial da resistência do arroz vermelho no RS, com um agravamento do problema. Considerando as regiões do Estado, a evolução da resistência na região da Depressão Central tem sido mais rápida que nas demais regiões, possivelmente devido ao maior uso de sementes salvas pelos

produtores. Um agravante à condição atual tem sido o relato de biótipos de arroz vermelho com porte similar às variedades de arroz cultivado, o que dificulta as operações de roguing manual ou químico; além disso, alguns relatos apontam que ocorrem biótipos de arroz daninho com formato similar (grãos longo-finos) ao cultivado, o que dificulta sobremaneira o processamento pós-colheita para purificação de sementes.

Nos depoimentos obtidos dos assistentes técnicos e produtores nas diversas regiões produtoras de arroz do RS, percebeu-se nítida preocupação sobre o futuro do manejo do arroz vermelho, especialmente dos biótipos resistentes aos herbicidas inibidores de ALS. As estratégias mais adotadas para contornar as dificuldades com esta planta daninha estão sendo a volta ao sistema pré-germinado (estima-se que na safra 2012/13 tenha superado 125 mil hectares, mais de 12% da área total de arroz do estado), o cultivo das áreas mais favorecidas quanto à drenagem e ao tipo de solo com a soja (cuja previsão é que esteja presente em cerca de 1/3 das áreas cultivadas de arroz irrigado, no sistema de rotação), e o uso de maiores doses dos herbicidas em áreas com arroz CL, em especial de imazetapir, aplicado em substituição aos produtos oficialmente recomendados para os cultivares CL. Esta última estratégia, aliada à taxa relativamente alta de utilização de sementes não certificadas para semeadura, tem, de fato, gerado um agravamento da pressão de seleção e dos problemas causados pelo arroz vermelho, e acredita-se que a atenuação das dificuldades causadas por esta planta daninha passe, invariavelmente, numa maior conscientização dos produtores quanto ao uso de sementes de alta qualidade (o que tem sido efusivamente repetido pelos diversos órgãos de pesquisa e empresas, através de campanhas e palestras voltadas aos produtores), pela organização quanto à produção de sementes, bem como uma qualificação da assistência técnica na orientação de boas práticas de manejo (manejo integrado) de pragas nas áreas cultivadas com arroz.

Em conclusão, e parafraseando Noldin (1998), pode-se afirmar que o arroz vermelho está presente em níveis variáveis de infestação na maioria das áreas cultivadas com arroz irrigado no Brasil, o problema parece ser mais crítico onde a semeadura é realizada em solo seco e o sistema de produção é mais intensivo (principalmente áreas irrigadas). Embora os indicadores de qualidade de sementes tenham gradativamente melhorado ao longo do tempo, a presença de arroz vermelho é bastante grande nas sementes denominadas “sementes comuns”. Excetuando-se o estado de Santa Catarina, a utilização deste tipo de semente é alta em todas regiões produtoras brasileiras. O uso de sementes de qualidade abaixo do padrão foi, e continua sendo, um dos principais fatores de aumento na infestação das áreas de cultivo e disseminação do arroz vermelho para novas áreas.

Agradecimentos

Muitos dados apontados neste relato foram obtidos em literatura científica e em revistas que tem a cultura do arroz como foco. Contudo, valioso relato pessoal foi nos dado por pessoas envolvidas diretamente com a cultura, e o senso pessoal muitas vezes complementa, de modo justo e perfeito, o informe científico. Assim, agradecemos a colaboração das seguintes pessoas: Alessandro Wargen, Rio Pardo, RS; Alex V. Franklin da Silva, CAAL, Alegrete, RS; André Andres, pesq. Embrapa Clima Temperado; Augusto Kalsing, pesquisador do IRGA; Augusto Tonello, Eng. Agr. Cotribá, Rio Pardo, RS; Daniel Fernandes Franco, pesq. Embrapa Clima Temperado; Divino Teodoro da Cunha, Eng. Agr. Agroterra e secretário municipal de Agricultura de Paranatinga, MT; Donald Luis Tau, Cotribá, Cachoeira do Sul, RS; Germani Concenço, pesq. Embrapa Agropecuária Oeste, MS; Eng Agr. Gerson Herter, presid. Associação de Produtores de Plantio Direto da Metade Sul do RS (Aplandisul); Jeder Luciano Meier, Eng. Agr. Sementes Guarujá, Rio Brilhante, MS; João Luís Venâncio Correia, Eng. Agr. Formoso do Araguaia, TO; Jordanis Hoffmann, Eng. Agr Cooperja, Jacinto Machado, SC; José Mario Frazão, pesq. Embrapa Cocais, MA; Juliano de Bastos Pazini e Robson Antônio Botta, Fac.Agronomia

Unipampa, Itaqui, RS; Luciano Malgarin, Eng Agr. AgroNutri, Dom Pedrito, RS; Leonardo Grupelli Costa, Arroio Grande, RS; Marley M. Utumi, pesq. Embrapa Rondônia, RO; Maurício Berkoff, Cotribá, Candelária, RS; Monica Zavaglia, pesq. Embrapa Soja, Balsas, MA; Odir Luis Spor, Cotrijuí, Dom Pedrito, RS; Rafael Ramos, Eng Agr. Alegrete, RS; Clair Teixeira de Souza e Rosicler Maria Vante – Engs. Agrs. Plantar, Tubarão, SC; Tarcisio Cobucci, pesq. Embrapa Arroz e Feijão, GO; Moacir Antonio Scioccheti, EPAGRI, Itajaí, SC.

Refências Bibliográficas

Andres A, Menezes Vg, Macedo SIm, Marchezan E. Controle de arroz vermelho em sistemas de cultivo de arroz irrigado: período 1994 a 1998. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado,3, 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. v.1. p.559-561.

Chin DV, Hien TV, Thiet LV. Weedy rice in Vietnam. In INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WILD AND WEEDY RICES IN AGRO-ECOSYSTEM, 10-11, ago 1998. Ho Chi Minh City, Vietnam. **Report...** Omon, Cantho, Vietnam: CLRR/ APWSS, 1998. P 69-77.

Craigmiles JP. Introduction. In E.F.Eastin, ed. **Red Rice Research and Control**. College Station, TX: Texas Agricultural Experiment Station Bulletin, B-1270, 1978, p 5-6.

EMBRAPA-CNPAF. **Diagnóstico da situação atual da lavoura arrozeira no Brasil**. Goiânia, GO: EMBRAPA CNPAF, 1975. 125p.

Fernandes GMB, Parente FC, Silva MFV. **Qualidade da semente de arroz utilizada no estado do Rio de Janeiro**. Niterói: PESAGRO, 1994. 5p. (PESAGRO, Comunicado Técnico, 224).

Ferreira CM, Santiago CM (Ed.). **Informações técnicas sobre o arroz de terras altas: estados de Mato Grosso e Rondônia - safras 2010/2011 e 2011/2012**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 112 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 268).

Freire MS, Freire AB, Vieira NRA, Fonseca JR. Ocorrência e tipos de arroz vermelho em lavouras de arroz cultivado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 4, Goiânia, GO. **Resumos...** Goiânia, GO: EMBRAPA CNPAF, 1990, p.72.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Base de dados disponível na Internet, no endereço <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 16 maio 2013.

Kaloumenos, NS, Capote, N., Aguado, A., Eleftherohorinos, IG. Red rice (*Oryza sativa*) cross-resistance to imidazolinone herbicides used in resistant rice cultivars grown in northern Greece. **Pesticide Biochemistry and Physiology**. v.105, n.3, p. 177–183, 2013.

Kalsing A, Goulart ICGR, Merotto Jr A, Mariot CHP, Menezes VG. **Red rice (*Oryza sativa*) imidazolinone-resistant in Clearfield-rice paddy fields: a case of spatial and temporal evolution on regional scale**. Relatório de pesquisa submetido à publicação (no prelo). IRGA/Embrapa Florestas/UFRGS. Porto Alegre, maio de 2013.

Liang DY, Qiang S. Current situation and control strategy of weedy rice in China. **China Plant Protection** v.31 p.21–24, 2011.

Marques LF, Ishiy T, Noldin JA. Qualidade da semente de arroz irrigado utilizada em Santa Catarina. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 16, Balneário Camboriú, 1987. **Anais...** Florianópolis: EMPASC, 1987. P.354-362.

Martins GN, Schiocchet MA. Produção de semente certificada de arroz irrigado das cultivares Epagri safras 2008/2009 e 2009/2010. In. **VII Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado – Anais**. Epagri/SOSBAI: Itajaí. Vol2, p.748-750, 2011.

Miura L, Marques LF, Frosi JF, Vieira NRA, Palhares Y. **Qualidade da sementes de arroz irrigado utilizada em Santa Catarina**. Florianópolis: EMPASC, 1981, 17p. (EMPASC, Comunicado Técnico 49).

Noldin JA, Knoblauch R, Dal Piva CA, Alfonso-Morel D. Qualidade da semente de arroz irrigado em Santa Catarina. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22. Balneário Camboriú, 1997. **Anais...** Florianópolis: EPAGRI, 1997. P. 487-490.

Noldin JA, Knoblauch R, Martins GN, Dal Piva CA. Qualidade das sementes de arroz irrigado utilizadas em Santa Catarina. In. VI Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado – Anais. SOSBAI: Porto Alegre, p.435-438, 2009.

Noldin JA. Situação do Arroz Vermelho no Brasil. In IRGA (2001). **Seminário Latino Americano Sobre Arroz Vermelho**. Porto Alegre, RS, 1998: Porto Alegre: IRGA, 2001. P. 29-33.

Palhares Y. Levantamento da qualidade das sementes de arroz. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE SEMENTES, 2, Pelotas, 1968. **Anais...** Pelotas, 1968, p.271-284.

Pyon JY, Kwon YW, Guh JO. Distribution, emergence and controlo f Korean weedy rice. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WILD AND WEEDY RICES IN AGRO-ECOSYSTEM, 10-11, ago 1998. Ho Chi Minh City, Vietnam. **Report...** Omon, Cantho, Vietnam: CLRRI/APWSS, 1998. P 58-63.

Ramos MG, Santini SV. **Ocorrência de arroz vermelho na semente utilizada em lavouras de arroz irrigado no estado de Santa Catarina.** Florianópolis: EMPASC, 1979. 8p. (EMPASC, Comunicado Técnico, 24).

Sato Y, 1998. Origin and evolution of wild, weedy and cultivated rice. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WILD AND WEEDY RICES IN AGRO-ECOSYSTEM, 10-11, ago 1998. Ho Chi Minh City, Vietnam. **Report...** Omon, Cantho, Vietnam: CLRRI/APWSS, 1998. P 14-28.

Shen, X, Gao, X, Eneji, AE; et al. Chemical control of weedy rice in precise hill-direct-seeded rice in South China. **Weed Biology and Management.** V.13, n.1, p.39-43, 2013.

Shivrain VK, Burgos NR, Agrama HA et al. Genetic diversity of weedy red rice (*Oryza sativa*) in Arkansas, USA. **Weed Research,** v.50, p.289–302, 2010.

Souza LCD, Yamashita OM, Carvalho MACC. Qualidade de sementes utilizadas no norte do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Sementes.** v.29, n.2, p.223-228, 2007.

Souza PR, Pedroso BA, Noldin JA, Infeld JA, Gomes AS, Pauletto EA. Avaliação crítica dos projetos do PNP-Arroz na Área de práticas culturais, no período de 1980 a 1989: Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: EMBRAPA-CNPAP. **A pesquisa de arroz no Brasil nos anos 80: avaliação crítica dos principais resultados.** Goiânia, 198, p.327-341. (Embrapa CNPAP, Documentos, 40).

Utimi MM, Godinho VPC, Brogin RL. **Comportamento da Cadeia Produtiva do Arroz em Rondônia.** Relatório apresentado à Comissão técnica do Arroz MT/RO em formato de apresentação, enviado por e-mail em 16 de maio 2013.

Xia HB, Xia H, Ellstrand NC, Yang C, Lu BR. Rapid evolutionary divergence and ecotypic diversification of germination behavior in weedy rice populations. **New Phytologist.** V. 191, p. 1119–1127, 2011.

[Volta ao sumário](#)

1.2 - CONJUNTURA E DIAGNÓSTICO DOS PROBLEMAS DO ARROZ VERMELHO NA AMÉRICA LATINA E CARIBE.

Luciano Carmona¹

A produção de arroz na América Latina e Caribe (ALC) ocorre desde o centro sul do Chile (38°S) até o norte do México (26°N). O arroz é cultivado numa grande diversidade de ambientes como: desertos, desertos de altitude, planícies, montanhas e florestas. A oferta ambiental é diversificada como por exemplo, solos com PH de 3.2 até 10, teor de argila de 5 a 80%, zonas com precipitações pluviométricas nulas a 4.000 mm ano⁻¹ e zonas com radiação solar de 200 até 700 cal.cm⁻².dia⁻¹. Os sistemas de cultivo utilizados são igualmente diversos, desde sistemas altamente mecanizados como o cultivo mínimo utilizado amplamente no Uruguai e Argentina até sistemas não mecanizados como algumas zonas de transplante no Peru e Pré-Germinado no Chile. A grande maioria dos cultivos de arroz na ALC utilizam tecnologias inadequadas para obtenção do rendimento potencial das variedades em uso.

No quadro abaixo se apresenta um resumo com algumas informações importantes para o entendimento da problemática do arroz vermelho AV na ALC como: áreas cultivadas com arroz de sequeiro (sec) ou irrigadas (irri); intensidade com que estas áreas são cultivadas (Inten – 1 cultivo anual, 2 cultivos anuais); os sistemas de cultivo mais utilizados (Sist onde: CO- convencional, CM-cultivo mínimo, PG-pré-germinado e TR-transplante); porcentagem das áreas com materiais Clearfield (% CI); e uma análise qualitativa das fortalezas institucionais locais em pesquisa, extensão e produção de sementes, numa escala de 1 a 5 onde: (1-inexistente, 2-fracas, 3-razoável, 4- média e 5- amplamente atuante).

Quanto a problemática do AV podemos agrupar os Países em três grandes Grupos:

Grupo 1- Países onde o AV afeta negativamente o setor arrozeiro:

Grupo formado por Bolívia, Colômbia, Venezuela e Guiana, onde os problemas com AV estão associados ao monocultivo de arroz irrigado de forma intensiva, geralmente no sistema pré-germinado com 2 cultivos anuais. Além disso, o uso de sementes certificada é baixo e/ou estas sementes são de baixa qualidade.

Nestes Países existem órgãos públicos e privados trabalhando diretamente para o setor arrozeiro, porém necessitam um aporte para a reestruturação de seus sistemas de produção de sementes e principalmente de seus programas de extensão que são inoperantes na maioria dos casos.

Grupo 2- Países onde o AV é uma ameaça para o setor arrozeiro:

Grupo formado por Argentina, Equador, Panamá, Costa Rica, Nicarágua, Honduras e México. Nestes Países existem regiões onde o AV causa sérios prejuízos, mas não afetam a produção nacional de forma significativa. Com exceção da Argentina são Países que tem grande parte de suas áreas em sequeiro com um cultivo anual. Na Argentina os problemas com AV estão ligados ao monocultivo e a intensidade com que estas áreas são cultivadas.

¹ Rice Production Specialist, Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego – FLAR, Tel: + 57 (2) 4450052/93 Cali, Colombia, Email: l.carmonal@cgiar.org, Skype: l.carmona, www.flar.org, CIAT – Centro Internacional de Agricultura Tropical

Em todos estes países existem instituições públicas trabalhando com arroz irrigado e de sequeiro, porém com exceção da Argentina não existem programas de extensão ativos e os programas de produção de sementes estão tecnicamente defasados.

Grupo 3º- Países onde o AV esta controlado:

Formado por Uruguai, Peru e Republica Dominicana. Nestes países existem pequenas zonas de produção com problemas de arroz vermelho, porém são casos pontuais e não afetam os rendimentos nacionais. Peru e Republica Dominicana, apesar de não contarem com instituições trabalhando em arroz, controlam o problema do AV utilizando o sistema de transplante e controlam os escapes de forma manual. Já o Uruguai tem como fortaleza o uso de sementes certificadas e rotação das áreas arroteiras com pastagens. Além disso, o Uruguai possui instituições locais trabalhando ativamente em programas de pesquisa e sementes.

Resumo das principais características dos Países produtores da ALC.

	Área (ha)	Rend (T.ha ⁻¹)	Características					Fortalezas Institucionais		
			Sec	Irri	Inten	Sist	% CI	Sementes	Pesquisa	Extensão
Uruguai	172.000	8.0		100	1	CO/CM	12	5	5	2
Argentina	234.000	6.6		100	1	PD/CM	35	4	4	3
Chile	25.500	5.2		100	1	PG	0	3	2	1
Bolívia	178.000	2.7	90	10	1	CO	5	1	2	1
Perú	278.000	7.5	95	5	1	TR/CO	0	2	2	1
Equador	345.000	3.5	70	30	1/2	TR/CO	0	2	2	1
Colômbia	430.000	5.5	40	60	1/2	CO	10	3	3	2
Venezuela	210.000	5.5		100	2	PG	0	3	3	3
Guiana	280.000	4.0		100	2	PG	0	2	3	3
Panamá	90.000	3.5	80	20	1	CO	5	2	2	2
C. Rica	60.000	3.3	70	30	1/2	CO	15	4	2	2
Nicaragua	86.000	4.0	40	60	1/2	CO/PG	5	2	1	3
Honduras	12.000	4.0	50	50	1	CO	0	1	1	2
R. Dominicana	270.000	5.2		100	2	TR	15	2	2	2
México	37.000	4.5	60	40	1	CO	5	2	1	2

No contexto da ALC, o AV continua sendo o principal problema enfrentado pelos produtores, causando prejuízos na quantidade, qualidade e incrementando os custos de produção. Seguramente podemos fazer frente a este problema, fortalecendo a pesquisa, a cooperação internacional, os programas nacionais de sementes e, sobretudo trabalhando em programas locais de transferência de tecnologia para que o conhecimento chegue de forma eficiente e eficaz aos produtores da região.

[Volta ao sumário](#)

1.3 - DIAGNOSTICS OF THE RED RICE PROBLEM IN THE U.S.A.

David R. Gealy¹

Rice was first grown in the United States in what is now North Carolina and South Carolina at the end of the 17th century. At the beginning of the 20th century, rice was being grown in North and South Carolina, Georgia, Louisiana (LA), and Arkansas (AR). Different red rice biotypes, including “strawhull” and “blackhull”, as well as “crosses” between rice and red rice, had been described in the U.S. by the mid 1800s, but the initial introductions of red rice-contaminated seed probably occurred much earlier. Presently, the main rice producing areas in the U.S. are in AR (~49%), LA (~17%), and California (CA; ~14%), along with Mississippi (MS), Missouri (MO), and Texas (TX). Weedy red rice is a major economic problem in all of these states except for CA. LA has the greatest red rice problem with essentially 100% of the rice infested, ~70% severely. In AR, red rice infests 60-65% of the rice, 25% severely.

Based on prominent phenotypic traits, several major biotypes of red rice are identifiable in the southern U.S. Strawhull (usually awnless) biotypes comprise 60 to 72%, blackhull (usually awned) biotypes comprise 22 to 40%, and brown, gray, or gold hull types comprise 1 to 14% of all accessions. Growth characteristics among red rice accessions are highly variable, and researchers in AR have identified several phenotypic clusters based on plant size and flowering time. In general, red rice biotypes produce highly shatterable, dormant seeds, and are substantially taller and produce more tillers compared to modern U.S. rice cultivars. Red rice biotypes recently identified in CA are pubescent, strawhull, and have long awns and medium-grain shape. In CA, red rice is extremely rare. Largely due to the adoption of red-rice-free seed certification and water-seeding systems in the 1940s and 1950s, red rice was virtually eliminated from rice fields. In the last decade, minor infestations have been identified, mitigated, and monitored in a few isolated locations.

Recent genetic marker analyses indicate that the southern U.S. strawhull and blackhull biotypes are closely related to certain cultivated indica and aus rice lines, respectively, from Asia, but they are genetically distinct from all U.S. rice cultivars. Although blackhull and awned biotypes represent a relatively small fraction of the total red rice in the southern U.S., they are more genetically variable than the strawhull awnless types. Genetic analyses of several geographically and phenotypically diverse red rice collections by ours and other laboratories also have revealed the presence of low levels of rice x red rice hybrid progeny (both “short” and “tall” plant types) and red rice x red rice hybrid progeny in some cases.

Early in the 21st century, imidazolinone (IMI)-resistant (‘Clearfield’) rice was deployed for use in the southern U.S., primarily as a means to control red rice. This technology generally has provided excellent control of red rice and other grass weeds, and has been adopted by a majority of rice growers in the South. In LA for instance, IMI rice has facilitated a shift from water-seeding to direct-seeded systems, and recent estimates indicate that it comprises >70% of all rice. In AR, where nearly 70% of rice is rotated with soybean, IMI rice comprises 60 to 70% of the rice. In TX, where 95% of rice land is rotated to pasture after each crop, nearly 50% of production is IMI rice. IMI rice is produced in MO and MS in proportions similar to that for AR, but is not produced in CA, where rice is typically grown in monoculture.

¹ USDA-Agricultural Research Service, Dale Bumpers National Rice Research Center, USA.

Some early-maturing rice cultivars (including IMI rice cultivars) have flowering periods that overlap significantly with those of common red rice biotypes in the southern U.S., particularly strawhull types. IMI rice x red rice outcrossing frequencies typically have been <0.7%, but frequencies >3% have been observed. Interestingly, flowering in F1 hybrid plants from rice x strawhull red rice crosses is usually substantially delayed in comparison to the parents, which can greatly reduce the potential for seed production. Blackhull or awned biotypes often flower much later than the strawhull types, which reduces the probability that they will outcross with early-maturing rice cultivars. F1 hybrid plants produced from crossing between blackhull or awned biotypes and rice, typically flower in a time-frame similar to that of the parents, and have distinctive reddish coloration on their awns and lower stems. F1 hybrids of rice and all major U.S. red rice biotypes produce seeds with red pericarp, “medium-grain” shape, and awns (when red rice parent is awned), and pubescent leaves.

IMI rice systems have significantly reduced the impacts of red rice in southern U.S. farms, although the incidences of IMI-resistant weedy rice are becoming more prevalent. Depending on the region, most farmers have been able to manage these systems adequately using various mitigation approaches, including crop rotation, reversion to water-seeding, or hand-roguing. However, some farms have developed severe IMI-resistance problems, apparently due to management issues and to the biological properties of the red rice biotypes present. In collaborative efforts to assess recent impacts of gene flow between IMI rice and red rice, at least ¼ of red rice plants were found to be IMI-resistant in 90% of the suspected IMI-tolerant red rice populations collected from AR farms in 2010.

Commercial hybrids now comprise more than half of all IMI rice grown in the southern U.S. Consequently, volunteer hybrid rice has become a major problem for many farmers due to the high propensity for shattering of F1 seed, and “weedy-like” segregating F2 plant types. The potential for outcrossing to red rice further complicates the challenges with hybrid rice. Published reports suggest that red rice outcrossing frequencies with hybrid rice are ≥ to those with true-breeding rice.

A diverse collection of red rice biotypes from the southern United States, consisting of 28 accessions (PI 653412 - PI 653439) is now maintained in the USDA-ARS National Small Grains Collection. Small quantities of seeds for research purposes can be obtained free of charge from the Germplasm Resources Information Network (http://www.ars-grin.gov/npgs/acc/acc_queries.html; NSGC, Aberdeen, Idaho, 83210).

[Volta ao sumário](#)

1.4 - DIAGNOSTICS OF RED RICE IN EUROPE

Aldo Ferrero
Francesco Vidotto
Silvia Fogliatto¹

Rice in Europe is cultivated on about 500,000 ha, mainly located in the Mediterranean area. The most important rice-producing countries are Italy, Spain, Portugal, Greece and France. Italy and Spain are the top rice producers in Europe.

The average crop yield is about 6.5 t/ha and ranges from less than 5 t ha⁻¹ in Portugal to about 7 t ha⁻¹ in Spain and Greece. Rice is cultivated in a wide range of ecological conditions with different soil and climatic conditions.

Seedbeds are commonly prepared by ploughing in autumn, right after the harvest of the previous rice crop. Minimum tillage practices are sometimes applied mainly to adopt stale seed bed practice in order to control weeds before rice planting.

Rice is mainly broadcast seeded in flooded fields, even though in some areas, mostly in Italy, rice is drill seeded in dry soil and then the field is maintained flooded from the 3-leaf stage of the crop onwards.

Weedy rice is one of the most troublesome weeds in rice worldwide as well as in Europe. The appearance of weedy rice in Europe dates back to at least the beginning of the 19th century, when this species was first reported in Italy. Weedy rice is nowadays spread in all rice European countries, but it is particularly problematic in Italy, France and Spain. Up to the '60s the spread of weedy rice has been successfully limited by the rice transplanting, the cultivation of tall and competitive *japonica* varieties and the hand-weeding. After this period, the shift to direct seeding facilitated the spread of weedy rice infestations particularly in the Italian rice fields. The infestations worsened dramatically across all of Europe during the '80s mostly because of the increased cultivation of semi-dwarf *indica*-type rice varieties, which are less competitive than *japonica* varieties towards this weed. Today, weedy rice is reported on more than 70% of European paddy fields, and continuous rice mono-cropping together with the absence of hand-weeding, are considered the main reasons for its spreading.

Recently, some studies were conducted in Italy to characterize weedy rice on the basis of the morphology, germination behaviour, genetics and sensitivity to herbicides.

The results pointed out that the populations were distinguishable, mainly according to awnedness. Awned populations were the most represented in the Italian rice fields and also had a greater morphological variability compared to awnless and mucronate ones.

Weedy rice control is often difficult because of its similarity to cultivated rice and the absence of selective herbicides. Prevention methods are necessary to avoid weedy rice seedbank enrichment. Even if the planting of rice seed free from weedy rice is considered one of the best methods to prevent weedy rice infestations, in some European countries seed legislations still allow the presence of up to 10 weedy rice grains/kg. Other preventive methods involve the use of clean harvest equipments and the application of agronomic methods, such as rice rotation with non-flooded crops. The most effective agronomic methods to control weedy rice are the stale seedbed and the winter flooding.

The main herbicides that are labeled in Europe for the application on rice against weedy rice are flufenacet, propaquizafop, cycloxydim, glufosinate, and glyphosate. Flufenacet is an anti-germinative herbicide applied to flooded fields in rice pre-planting. Propaquizafop, cycloxydim and glyphosate are applied in pre-seeding in

¹ Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università degli Studi di Torino, Grugliasco, ITALY.

combination with stale seed bed to control weedy rice seedlings. To avoid dissemination of weedy rice plants escaped to pre-planting treatments, additional interventions with cutting or wiping bars are often carried out in most European rice fields.

Particularly successful for weedy rice control proved to be the cultivation, since 2006, of Clearfield varieties, which are tolerant to imazamox, an imidazolinone broad-spectrum herbicide. The main issue with the use of herbicide-tolerant varieties is related to the risk of transfer of resistance genes to weedy rice. Resistant weedy rice populations have recently been reported in Italy and Spain.

Weedy rice in Europe is still an unresolved problem which adds to other important weed issues such as herbicide weed resistance. The most successful weedy rice control options mainly rely on the combination of preventive (clean seeds), agronomical and chemical control methods.

[Volta ao sumário](#)

1.5 - THE RED RICE PROBLEM IN ASIA

David E Johnson¹
Bhagirath S Chauhan¹

Weedy rice perhaps poses the greatest threat to the sustainability of direct seeded rice systems because of their close similarity to the cultivated crop, the difficulties of control that are a consequence, and the high yield losses. Over the past two decades, weedy rice has emerged as a major problem in direct seeded rice crops in areas of Vietnam, Malaysia, the Philippines, Sri Lanka, Korea, China, and Thailand. Severe infestations, as in some areas of the central region of Thailand among others, have led to farmers abandoning their crops.

Change in crop establishment practice, from transplanting to direct seeding, has resulted in major shifts in weed species. In Malaysia, within twelve years of adopting direct seeding, 'weedy' rice had become the dominant weed, followed by *Echinochloa* spp., *Leptochloa chinensis* and *Ischaemum rugosum* (Azmi and Mashor, 1995; Azmi, personal communication). In these situations, yield losses of 60-74%, were recorded with approximately 35% weedy-rice infestation (Watanabe *et al.*, 1997). Weedy rice has also been found to respond greater than cultivated rice to N rates. Recently, two weedy rice accessions (one from the Philippines and other from Vietnam) under competition produced a greater amount of shoot biomass with each additional unit of N, compared to cultivated rice (IR64) (Chauhan and Johnson 2011). These results illustrate that N fertilizer management might affect the outcome of weedy rice competition.

Weedy rice can also be found where the crop is predominantly transplanted and, while not currently causing serious losses, these populations represent a threat to any future direct seeded rice crops. Initial infestations in an area have spread rapidly often due to the movement of harvesting machinery, irrigation water, and contaminated seed stocks. At a stage when infestations were building rapidly in Vietnam, it was found there was up to 314 weedy rice seeds per kg rice seed, and some 40% of collected rice seed samples were contaminated (Mai *et al.*, 1998; 2000).

Weedy rice has been shown to be related to wild rice species, *O. nivara* and *O. rufipogon*, and with cultivated rice (Vaughan *et al.*, 2001). Weedy rice may also develop in areas without native wild rice populations (Vaughan and Morishima, 2003). *O. sativa* is known to become weedy in areas where wild and cultivated rice grow sympatrically, and hybrids result. Genotyping of weedy rice plants from Bangladesh has shown that alleles sharing occurs between weedy and cultivated rice, and that the former were more polymorphic than the latter (Tensaout *et al.*, 2009). Recent studies from Thailand reveal that weedy rice occurs as hybrids of wild and cultivated rice, and also in populations that are nearly identical to the local cultivated rice (Tonapha *et al.*, 2013). In addition, weedy rice hybridizes with both wild rice and cultivated varieties.

In Malaysia, as in other parts of Asia, rice farmers initially resorted to practicing manual weeding to partly overcome the weedy-rice problem (Azmi *et al.*, 2003). Water-seeding and control strategies combining preventive and cultural measures were also been shown to be effective (Chin *et al.*, 2000; Azmi *et al.*, 2003). In the Philippines, a flooding depth of 2 cm reduced seedling biomass by an amount greater than 85% of four weedy rice accessions (Chauhan 2012). This study also suggested that emergence and growth of weedy rice could be suppressed by deep tillage that buries seeds below their maximum depth of emergence and by flooding fields as early as possible. Weedy rice growth has also been suppressed by using high seeding rates. In Malaysia, for

¹ International Rice Research Institute, IRRI, Los Baños, Philippines

example, the grain yield of rice increased with increased seeding rate from 20 to 80 kg/ha in a direct-seeded field infested with weedy rice (Azmi et al. 2000). A study in the Philippines showed that there were considerable differences among five Asian weedy rice variants and yet, competition from the rice crop greatly suppresses weedy rice growth (Chauhan and Johnson 2010). In that study, shoot biomass of weedy rice variants in competition with 12 IR72 plants was 13 to 30% of that where plants were grown alone.

While selective herbicides are not available, the combination of pre-sowing treatment of pretilachlor at 0.6 kg a.i. ha⁻¹ in flooded conditions, drainage before sowing and seed treatment with fenclorim (as safener) is reported to be effective in controlling weedy rice in wet seeded rice (Azmi *et al.*, 2003). Further, Maneechote *et al.* (2004) reported that quizalofop-p-tefuryl at 50 g a.i. ha⁻¹ induced sterility of wild rice when applied at either flowering or booting stage, thereby increasing rice yield. More recently, in Malaysia, the Clearfield System based on imidazolinone resistant cultivars for direct-seeded rice has been adopted (Azmi et al., 2012).

It is likely that inadequate attention to clean seed and cultural practice has contributed to the rapid spread of weedy rice in some areas. Further, good crop husbandry can have a substantial impact on established weedy rice populations. This was demonstrated in the Philippines where the use of clean seeds, thorough land preparation, crop roguing and use of clean threshers and dryers as part of a farmer awareness program led to reductions in infestation of more than 80% (Martin et al. 2012). Further, recently in Sri Lanka, the use of clean rice seeds reduced weedy rice seed production by 29-41% compared with the farmers' practice (Chauhan et al. unpublished).

Cultural practices with novel aspects could provide farmers options to address weedy rice infestations. In situations where ample irrigation water is available, for example, there are opportunities to exploit the differential between the cultivated and weedy rice in their tolerance to flooding, with the use of cultivars with tolerance to anaerobic germination. Transplanting systems using mechanical transplanters, or the use of "parachute seeding" of transplants are systems that have advantages in terms of suppressing weedy rice growth compared to direct seeding. These options will be determined, in part, by the farm environments and the resources available to farmers, but it is also likely that greater attention must be paid to rotations of crops and management practices if they are to be sustainable.

[Volta ao sumário](#)

**2º PAINEL - MANEJO DA CULTURA DO ARROZ APLICADO AO
CONTROLE DE ARROZ VERMELHO**

2.1 - AVANÇOS E PROBLEMAS DAS PRÁTICAS DE MANEJO DE ARROZ APLICADO AO CONTROLE DE ARROZ VERMELHO

Luis Antonio de Avila¹

O arroz vermelho é a planta daninha de maior importância para a cultura do arroz irrigado. Se concentrarmos nossa atenção nos últimos 20 anos de produção de arroz irrigado no estado do Rio Grande do sul e dividirmos em duas partes, a primeira entre 1993 e 2003 e a segunda entre 2003 e 2013, teremos dois momentos bem distintos com relação a diversos aspectos da lavoura arroseira, principalmente de manejo de arroz vermelho. Essas duas décadas corresponderiam, respectivamente, a década anterior e posterior ao lançamento da tecnologia Clearfield® de controle de arroz vermelho. A tecnologia Clearfield® foi desenvolvida para o controle seletivo do arroz vermelho e baseia-se no uso de cultivares tolerantes as imidazolinonas e usando-se herbicidas do grupo das imidazolinonas para realizar o controle.

A primeira década (1993-2003) poderíamos denominar ela como a “época da convivência”, onde os produtores usavam, em menor ou maior grau, uma ou um conjunto de práticas de manejo para reduzir o problema de arroz vermelho em suas áreas. Práticas como:

1. Rotação de culturas;
2. pousio do solo;
3. integração com produção animal;
4. catação manual de plantas ou panículas de arroz vermelho (rouging);
5. uso de barra química com glyphosate para controlar o arroz vermelho por diferença de altura de plantas;
6. semeadura no sistema pré-germinado com lâmina contínua;
7. capina das plantas na entrelinha da cultura arroz;
8. cultivo mínimo com semeadura direta; ...entre outras...

Todas estas técnicas, quando possíveis de serem empregadas, permitiram que os produtores conseguissem conviver com a planta daninha, porém não eram suficiente para evitar os prejuízos nas áreas infestadas. Muitas lavouras onde não era possível, ou não eram usadas essas práticas de manejo integrado acabavam não sendo semeadas com arroz por um período variado de tempo.

A segunda década foi a década da “salvação da lavoura”, quando aconteceu o lançamento de uma ferramenta para o controle seletivo do arroz vermelho., o sistema Clearfield®. Tecnologia essa que os produtores de arroz irrigado estavam esperando há décadas. Essa tecnologia veio em um momento crucial, pois auxiliou na execução de projetos de elevação de produtividade das lavouras do estado, como o Projeto 10 do IRGA que teve excelentes resultados com auxílio desta ferramenta.

Os ganhos produtivos e tecnológicos da combinação Projeto 10/Sistema Clearfield foram enormes com diversos benefícios para a lavoura arroseira, como por exemplo:

1. Possibilidade do controle seletivo do arroz vermelho na cultura do arroz irrigado, com a aplicação de apenas um herbicida;
2. Aumento do rendimento de grãos do arroz irrigado como um parceiro importante para o Projeto 10 do IRGA;
3. retorno ao sistema produtivo das áreas que haviam sido abandonadas por excesso de infestação por arroz vermelho;

¹ Eng. Agr. Ph.D. Professor Adjunto, Departamento de Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas.

4. os herbicidas usados neste sistema de cultivo são muito eficientes e possuem um largo espectro de ação, o que possibilitou o controle de plantas daninhas com apenas um herbicida. Entre inúmeros outros benefícios...

Novas tecnologias trazem consigo novos desafios e novos aprendizados. Na fase inicial da implementação alguns problemas percalços podem acontecer, o que pode em longo prazo, e em certa extensão comprometer em parte o uso daquela tecnologia, com o Clearfield® isso não foi diferente. Durante o uso desta tecnologia nesta última década houveram alguns problemas:

1. Sementes de cultivares tolerantes chegaram ao mercado antes mesmo do lançamento oficial da tecnologia, essas sementes, muitas vezes com baixa qualidade e muitas infestadas com sementes de arroz vermelho;
2. Semeadura do sistema clearfield em áreas sem problemas de arroz vermelho devido a flexibilidade do sistema e a eficiência dos herbicidas;
3. Muitos produtores usaram herbicidas não registrados para a cultura e em dose muitas vezes não adequadas para o controle eficiente da planta daninha;
4. Apesar da recomendação do uso da tecnologia por apenas dois anos, e a rotação com outro cultivo ou arroz não tolerante, muitos produtores usaram da tecnologia por mais de dois anos, o que aumentou a pressão de seleção de plantas daninhas resistentes e o cruzamento com do arroz Clearfield com o arroz vermelho;
5. Outros métodos de manejo usados na década anterior, em geral, não foram empregados em conjunto com o Clearfield. Entre outras.

Apesar desses problemas, para aqueles produtores que fizeram um bom uso da tecnologia, e para a lavoura arrozeira como um todo, o legado dessa tecnologia foi imenso. Se unirmos o que aprendemos nas duas décadas, integrando manejo integrado de plantas daninhas com o sistema Clearfield, podemos construir uma lavoura sustentável com relação ao manejo de arroz vermelho.

Com o aprendizado adquirido com os problemas vistos nos últimos 20 anos, e com a chegada de uma alternativa economicamente viável (soja) de rotação de culturas nas terras baixas do Rio Grande do Sul, se espera que nós estejamos entrando em uma nova década, a década do manejo integrado e o controle seletivo de arroz vermelho, garantindo um manejo sustentável de arroz de longo prazo.

[Volta ao sumário](#)

2.2 - RESPONSABILIDADE DO USO DE SEMENTES DE ARROZ: DO CONTROLE PREVENTIVO A CAUSA DA DISPERSÃO DO PROBLEMA

Felipe Gutheil Ferreira¹

Utilizar sementes de qualidade deve ser a primeira decisão de um produtor rural no momento de planejar sua lavoura. Dentre todos os insumos necessários à formação de uma lavoura de qualidade, pode-se afirmar que a semente é o principal. Nela estão presentes os atributos genéticos, físicos, fisiológicos e fitossanitários que expressam o potencial produtivo de uma cultivar e todas as suas características agrônomicas. Além disto, com os avanços das pesquisas agrônomicas e biotecnológicas, as novas tecnologias estão sendo inseridas na semente, ou seja, a eficácia e a manutenção ao longo dos anos de uma nova tecnologia dependem do uso correto deste material de propagação.

Além das questões relacionadas à produtividade de um campo também pode-se afirmar que a semente, quando mal utilizada, pode ser o principal veículo de disseminação de plantas daninhas. No caso da cultura do arroz irrigado tem-se como principal invasora e de mais difícil controle o arroz vermelho. Esta planta daninha tem sido o principal limitante de produtividade e de qualidade de grãos nas lavouras dos principais países produtores de arroz. Portanto, controlar sua disseminação é um desafio que exige a aplicação de diferentes práticas agrônomicas, sendo a escolha de sementes isentas de arroz vermelho uma delas. A conscientização do uso de sementes isentas de impurezas e plantas daninhas tem sido objeto de diversas ações realizadas pelos técnicos do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA). O uso de sementes não oficiais ou até mesmo de sementes salvas é a maior causa da dispersão de sementes de arroz vermelho nas lavouras.

O hábito de reservar sementes para uso próprio, embora seja considerada uma prática legal, desde que atendidas às exigências impostas pela lei, pode ocasionar problemas ao produtor. Isto porque, em muitos casos, não há o planejamento e os cuidados necessários à produção de uma semente de qualidade, pois não existem critérios legais para estabelecer os padrões mínimos de qualidade desse tipo de semente. O simples fato de se identificar visualmente uma “boa lavoura” (aparentemente livre de plantas daninhas e misturas varietais) não é o suficiente para classificar esse campo como uma área apta à multiplicação de sementes. No caso da cultura do arroz esta afirmação é ainda mais relevante, visto a possibilidade de haver cruzamento entre o arroz cultivado e o arroz vermelho.

Alguns estudos indicam que a taxa de fluxo gênico entre plantas de arroz pode variar de 0,01 % a 0,2%. Em uma primeira análise isto pode parecer insignificante, mas em uma lavoura onde existem milhões de plantas por hectare isto passa a ser um problema real, ainda mais se for considerado que em uma planta de arroz existem centenas de espiguetas. Com isto, fica evidente que o principal meio de controlar a disseminação de arroz vermelho nas lavouras é com o uso de sementes isentas desta invasora. Caso contrário, em poucos anos, uma área não infestada ficará com alta infestação o que irá ocasionar a perda de produtividade e de qualidade dos grãos comercializados. Além da perda da pureza física do material semeado haverá também a perda da pureza genética deste insumo, perdendo-se então, todas as vantagens e tecnologias que uma boa semente pode oferecer ao produtor.

Sabe-se que atualmente novas cultivares de arroz chegam ao mercado contendo características próprias visando atender diferentes objetivos. Por exemplo, pode-se citar cultivares que se diferenciam pelo seu alto potencial produtivo, outras pela excelente qualidade de grãos, outras pela tolerância a doenças ou estresses

¹ Eng. Agr. M.Sc., Pesquisador Seção de Sementes da Divisão de Pesquisa do IRGA

abióticos e também cultivares contendo tolerância a herbicidas. Neste caso, cita-se o exemplo das cultivares resistentes aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, como a primeira cultivar lançada no RS contendo esta tecnologia, IRGA 422 CL, lançada no ano de 2003. Poucos anos após o lançamento deste material, surgiram os primeiros focos de plantas de arroz vermelho resistentes aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas. Após alguns estudos, foi identificado que o uso de sementes de baixa qualidade, infestadas com arroz vermelho, foi uma das principais causas que originaram este tipo de resistência. Isto pode ser explicado pelo fato das primeiras áreas semeadas com esta cultivar, logo do seu lançamento, ficarem aparentemente isentas ou com poucas plantas de arroz vermelho. Com isto, parte destas lavouras foram destinadas à produção de semente para uso próprio. No entanto, na maioria dos casos, lavouras comerciais não são planejadas nem são conduzidas com todos os cuidados necessários à produção de sementes de qualidade. Como resultado, muitas destas áreas originaram como produto final sementes de arroz contaminadas com grãos de arroz vermelho resistentes aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas. Este exemplo demonstra o quanto é importante investir anualmente em sementes visando à manutenção de uma nova tecnologia ou característica genética, bem como, prevenir a disseminação de espécies daninhas ao ambiente.

Visando comparar qualidade da semente oficial em relação à semente comum (semente sem origem ou semente salva) quanto à incidência de grãos de arroz vermelho, o IRGA realizou um monitoramento das sementes utilizadas pelos agricultores do RS durante as safras de 2008/09 a 2010/11. Foram coletadas nestas três safras 596 amostras de sementes utilizadas pelos agricultores. Desse total identificou-se que 53% eram amostras de semente oficial (C1, C2, S1 e S2), o restante (47%) eram amostras de semente comum. Quando se analisou a incidência de grãos de arroz vermelho nos diferentes grupos de semente (semente oficial e semente sem origem) pôde-se perceber a diferença de qualidade entre os materiais. Do total de amostras de semente comum, 62% apresentaram infestação com arroz vermelho. Para os lotes de semente oficial, 83% estavam isentas de arroz vermelho. Quando compara-se estes dois grupos de sementes existe uma grande diferença nos níveis de infestação de arroz vermelho entre semente oficial e semente comum. Pode-se justificar a incidência de grãos de arroz vermelho nas amostras de semente oficial, pois o atual padrão oficial de sementes, Instrução Normativa nº 25 de 16 de dezembro de 2005, permite a incidência de 2 grãos de arroz vermelho em 700 gramas para sementes S1 e S2 e de 1 grão de arroz vermelho para sementes certificadas C2 (neste caso, alguns obtentores de cultivares protegidas somente autorizam a certificação de lotes caso não seja encontrado nenhum grão de arroz vermelho em 700 gramas). Portanto, investir em sementes certificadas isentas de arroz vermelho é uma opção disponível aos orizicultores.

No caso do estado do Rio Grande do Sul (RS) muitos avanços ocorreram na lavoura arrozeira nos últimos anos, principalmente quanto às melhorias nas técnicas de manejo empregadas pelos produtores e à conscientização ao uso de sementes. Ao longo da última década a área semeada no estado tem sido de aproximadamente 1.000.000 ha ao passo que a produtividade média nas lavouras aumentou em aproximadamente duas toneladas por hectare. Isto representa um extraordinário aumento, pois sabe-se que o potencial de produtividade das cultivares utilizadas neste período são muito semelhantes. As principais causas do ganho de produtividade foram o aperfeiçoamento do uso das práticas de manejo nas lavouras e também a redução da infestação de plantas de arroz vermelho nestas áreas. Neste mesmo período houve um significativo aumento da oferta de sementes certificadas de arroz o que está diretamente relacionado ao aumento da demanda deste produto.

Houve também a melhoria da qualidade da semente produzida e ofertada ao mercado. No final da década de 90 muitas lavouras eram semeadas com densidade entre 150 e 200 kg/ha. Atualmente a maioria das lavouras é semeada com 100 kg/ha ou menos. Isso indica o ganho de qualidade nas sementes utilizadas, pois em alguns

casos o produtor está reduzindo a densidade de semeadura em 50% e obtendo significativos ganhos de produtividade. A redução na densidade de semeadura é resultado de sementes com maior germinação, vigor e uniformidade genética o que favorece o estabelecimento e o desenvolvimento homogêneo da lavoura, além de facilitar todos os tratamentos culturais envolvidos durante o processo de produção.

Preservar novas tecnologias, manter a pureza física e principalmente genética dos campos de produção e consequentemente garantir a sustentabilidade das áreas agrícolas é uma responsabilidade não apenas do produtor rural, mas também dos demais agentes envolvidos na cadeia produtiva. Em algum momento cada agente desta cadeia deve assumir sua responsabilidade. Empresas e instituições públicas e privadas, indústrias, cooperativas, revendas de insumos agrícolas, agências financeiras, pesquisadores e extensionistas e todos os demais agentes envolvidos direta ou indiretamente na produção de grãos de arroz devem fomentar para que os agricultores utilizem sementes de qualidade. Como resultado final tem-se o chamado benefício coletivo, pois além de facilitar a obtenção da sustentabilidade do meio de produção, haverá também, estímulo para o desenvolvimento de novos materiais genéticos e também de novas tecnologias, resultando em ganhos para toda a cadeia produtiva e toda a sociedade.

[Volta ao sumário](#)

2.3 - SISTEMAS DE ESTABELECIMENTO DE ARROZ IRRIGADO COMO ESTRATÉGIA DE CONTROLE DE ARROZ VERMELHO

Enio Marchesan¹

Gerson Meneghetti Sarzi Sartori²

1- Introdução

O arroz irrigado é uma cultura que tem a flexibilidade de ser implantada de diversas formas, o que se constitui numa ferramenta importante em termos de manejo e sustentabilidade do processo produtivo. Basicamente o arroz pode ser implantado de duas formas. Em solo seco, caracterizado como solo sem presença de lâmina de água na sua superfície, ou em solo com presença de lâmina de água. No primeiro caso, se recomenda semear o arroz em solo com teor de água suficiente para a semente germinar e emergir e, no segundo caso, se utiliza a semente pré-germinada ou transplante de mudas.

Em solo seco o arroz pode ser implantado no sistema chamado convencional, cultivo mínimo ou plantio direto. O sistema convencional de cultivo, aqui entendido como o preparo do solo logo antes da semeadura, visa adequá-lo para a semeadura, para a irrigação e para o controle de plantas daninhas. O sistema de cultivo mínimo ou plantio direto constitui-se na semeadura do arroz sobre vegetação previamente dessecada, podendo ser vegetação espontânea da área, vegetação de planta cultivada como o azevém, por exemplo, ou mesmo sobre resteva do cultivo anterior. Variações de denominações são encontradas na literatura e na comunicação entre usuários, devido a épocas de preparo e adequação do solo, que pode ocorrer logo após a colheita, ou na primavera, durante período de estiagens no inverno ou pouco antes da semeadura recebendo denominações como cultivo mínimo, plantio direto, cultivo mínimo com plantio direto. Em ambos os sistemas e suas variações, pressupõe-se o preparo antecipado e como princípio, o mínimo revolvimento do solo, especialmente próximo da semeadura para exercer maior controle de plantas daninhas, no caso o arroz-vermelho.

Na semeadura sobre lâmina de água (sistema pré-germinado), a semente de arroz pré-germinada é lançada sobre a área com lâmina de água, que tem o papel de auxiliar no controle de plantas daninhas. No entanto, também ocorrem variações de manejo da água após a semeadura do arroz, o que será tratado adiante. O transplante de mudas se constitui noutra forma de implantar a lavoura de arroz, agora com mudas de arroz produzidas em viveiros. Neste sistema, o solo está saturado no momento do transplante, recebendo novamente lâmina de água logo após as plântulas serem transplantadas.

No Rio Grande do Sul, o cultivo mínimo representa 68,3%, a semeadura convencional em solo seco 22,1% e o pré-germinado 9,6% do total cultivado no Estado (CONAB, 2012). A mesma fonte apresenta que para Santa Catarina predomina o sistema de cultivo em patamares sistematizados (CONAB, 2012), onde são usadas basicamente sementes pré-germinadas; no entanto, observa-se crescimento do sistema de implantação em solo seco, como medida de enfrentamento a plantas daninhas resistentes a herbicidas utilizados no sistema pré-germinado.

Esta possibilidade de o arroz ser implantado de diversas formas torna o arroz irrigado um cultivo único nas possibilidades de controle de arroz-vermelho. Assim, a rotação de sistemas de implantação fazem parte de estratégias de controle preventivo de arroz-vermelho em lavouras de cultivo de arroz, que além do controle cultural em suas diversas formas de realizar, como por exemplo a época de semeadura e o manejo da irrigação,

¹ Eng. Agr. Professor, Universidade Federal de Santa Maria - Centro de Ciências Rurais - Departamento de Fitotecnia, Prédio 44, sala 5335, Fone +55 55 3220-8451, Email: eniomarchesan@gmail.com.

² Aluno de doutorado. Universidade Federal de Santa Maria - Centro de Ciências Rurais - Departamento de Fitotecnia. Santa Maria, RS.

deve incluir o controle mecânico, químico e a rotação com outras culturas, tanto no período de inverno como no período de verão.

Para atingir sucesso no uso de áreas de várzea, onde um dos aspectos é o controle de arroz-vermelho e também de outras plantas daninhas de difícil controle, é necessário que se faça a “organização” da área de cultivo, que pode ser caracterizada como a “sistematização da área”. A operacionalização desta prática envolve algumas medidas de planejamento de uso da área, viabilizando-a para diversos usos que serão resumidamente apresentados a seguir. Inicia por obras que evitem ao máximo a entrada de água da chuva que ocorreu fora da área de cultivo, como canais externos ou diques de contenção. Internamente, na área de cultivo, deve-se planejar a rede de drenagem e de irrigação no sentido de rapidez do fluxo de água tanto de uma como de outra. A drenagem inclui os drenos superficiais da área de cultivo e os canais principais de escoamento da água para fora da área. Os canais de irrigação devem contemplar a distribuição da água na forma mais individualizada possível nos quadros de irrigação. O sistema de irrigação e drenagem com qualidade e rapidez se completa com o perfeito nivelamento superficial da área, permitindo controle da irrigação, prática esta indispensável ao manejo de arroz-vermelho. Em áreas onde a topografia permite, a área pode ser nivelada na sua superfície com nível zero ou com pequeno gradiente, tornando-a potencialmente utilizável com qualquer sistema de estabelecimento da cultura de arroz ou com rotação de culturas. Por fim, o sistema viário completa a “organização” da área para que seu uso seja potencializado de forma sustentável.

2- Sistemas de estabelecimento de arroz irrigado

Como se observa na Figura 1, através do esquema adaptado de Fisher (2011), deve-se planejar o controle de arroz-vermelho durante todo o ano e não apenas num cultivo, como forma de manejo no controle de plantas daninhas, evitando de todas as formas a resistência de plantas de arroz vermelho a herbicidas, que é o pior cenário para o controle. O controle de plantas daninhas deve contemplar medidas de manejo aplicadas antes e depois e não apenas durante o período de cultivo. E há diversas formas de fazer, representado pelo ponto de interrogação no antes e no depois do cultivo, aqui convencionado de Pré e Pós, para facilitar a comunicação. Nesse sentido, o manejo pós-colheita da área objetiva evitar a realimentação do banco de sementes de arroz-vermelho, através da eliminação de plantas não controladas, pela rebrotação da resteva ou pelo manejo de plantas na pós-colheita, antes do período de inverno. Da forma semelhante, estratégias de controle antes da semeadura podem ser realizadas com outros herbicidas ou através de estratégias de controle cultural, como o controle mecânico, por exemplo. O manejo de arroz-vermelho antes do cultivo, na verdade, inicia com o manejo da área logo após a colheita e estende-se até a semeadura seguinte. O controle químico deve contemplar a alternância de herbicidas com diferentes modos de ação para reduzir as possibilidades de surgir arroz-vermelho resistente. Em ampla revisão, Sudianto et al.(2013), caracterizam o problema e as consequências do surgimento de plantas daninhas resistentes a herbicidas do grupo das imidazolinonas utilizados em arroz no Sistema Clearfield®, elencando práticas de manejo para mitigação do problema e perspectivas de tecnologias futuras.

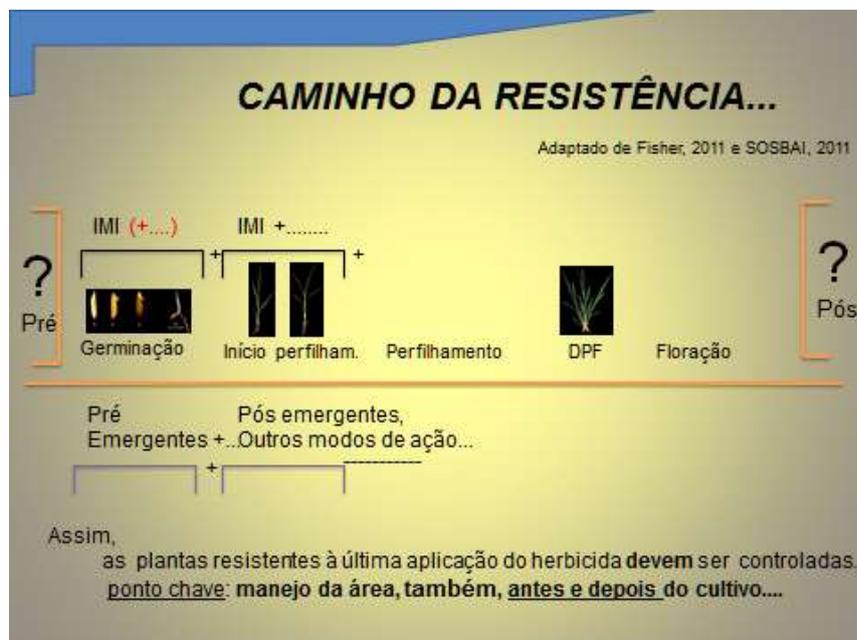


Figura 1 – Estratégias de manejo da área (antes, durante e depois do cultivo de arroz), para controle de arroz vermelho. (Adaptado de Fisher, 2011, com fotos de Sosbai, 2012)

2.1- Sistema convencional de estabelecimento em solo seco

Os relatos de eficiência de controle de arroz-vermelho podem ser divididos em antes e depois do Sistema Clearfield®. Até o surgimento deste sistema, os resultados mostram que a implantação de arroz irrigado no sistema convencional em solo seco promove aumento do banco de sementes de arroz-vermelho em áreas infestadas (NOLDIN, 1988; MARCHEZAN et al., 1998; AVILA et al., 2000). Isto se explica porque, apesar de utilizar controle, cultural, mecânico ou químico para eliminar as plantas de arroz-vermelho que emergem antes da semeadura, o fluxo de emergência de arroz-vermelho continua ocorrendo até o estabelecimento definitivo da lâmina de água e estas plantas podem realimentar o banco de sementes.

2.2- Sistema de cultivo mínimo e plantio direto

Da mesma forma que o sistema convencional, o cultivo mínimo sem utilização do Sistema Clearfield® não proporciona segurança para o controle de arroz-vermelho. Embora com presença de cobertura vegetal na superfície e sem mobilização do solo, as respostas de controle são muito dependentes das condições climáticas ocorridas no período inicial de estabelecimento da lavoura (ANDRES et al., 1997; AVILA et al., 2000). A mobilização do solo na linha de semeadura propicia condições favoráveis à germinação de sementes que estejam a maiores profundidades no solo. Associado a isso, o arroz-vermelho que emerge entre a semeadura do arroz cultivado e o estabelecimento da lâmina de água na lavoura também não é mais controlado. Marchezan et al., (1998), citam ainda que o controle de arroz vermelho está na dependência da época de semeadura e o regime de chuvas no período entre a semeadura e o estabelecimento da irrigação definitiva.

Com a utilização do Sistema Clearfield®, aplicando herbicida na pré-emergência e logo antes do estabelecimento da lâmina de água, o percentual de controle de arroz-vermelho é semelhante nos sistemas de implantação no cultivo convencional em solo seco, sistema de cultivo mínimo e sistema de plantio direto de arroz irrigado (VILLA et al., 2006; SARTORI et al., 2013). Apesar destes resultados, deve-se considerar que no sistema convencional de cultivo em solo seco, a pressão de arroz-vermelho é maior e com isso os riscos de escape também serão maiores, proporcionando mais chances da ocorrência de plantas de arroz-vermelho resistentes. No entanto, o controle de arroz-vermelho é dependente não apenas do sistema de estabelecimento do arroz, mas de outras práticas de manejo que afetam a eficiência do controle químico, como o nivelamento

superficial da área e a época do estabelecimento da lâmina de água. O estabelecimento da irrigação o mais cedo possível, em V3/V4 da escala de Counce et al. (2000), juntamente com a uniformidade da manutenção da lâmina de água e a época de semeadura no início do período recomendado, complementam o efeito residual do herbicida, até que a planta de arroz possa exercer maior controle cultural sobre a invasora, conforme pode ser visualizado na Tabela 1 de trabalho de Sartori et al., (2013). A análise da referida tabela revela que semeaduras de arroz realizadas no início da época recomendada proporcionam menor redução do banco de sementes de arroz-vermelho, provavelmente porque não germinaram, o que pode estar relacionado à quiescência ou à dormência das sementes ou a ambos (DELATORRE, 1999; AGOSTINETO et al., 2001). A maior redução de sementes de arroz-vermelho no solo ocorreu à medida que a semeadura ia aproximando-se do final da época de semeadura, pois mais plantas de arroz-vermelho iam emergindo e sendo controladas quimicamente com glifosato.

Tabela 1 – Plantas dessecadas de arroz-vermelho e redução do banco de sementes de arroz-vermelho em função da época de semeadura e do momento de aplicação do herbicida Kifix® (imazapyr+imazapic) na cultivar Puitá INTA CL. Média das safras 2010/11 e 2011/12. Santa Maria, RS. 2013.

Épocas de semeadura ¹	Momento de aplicação do herbicida			
	Sem aplicação	PRE ²	PRE + POS	POS
----- Plantas dessecadas de arroz vermelho (plantas m ⁻²) ³ -----				
30 e 27 Setembro	54	54	67	74
19 e 17 Outubro	44	34	61	26
08 e 08 Novembro	307	273	416	389
01 e 05 Dezembro	242	183	158	151
----- Redução do banco de sementes de arroz vermelho (%) ⁴ -----				
30 e 27 Setembro	3	3	4	4
19 e 17 Outubro	20	15	34	11
08 e 08 Novembro	17	34	32	41
01 e 05 Dezembro	65	68	59	76

¹Data de semeadura do arroz na safra agrícola de 2010/11 e 2011/12. ²Doses do herbicida imazapyr+imazapic utilizado: 105+35 g ha⁻¹ em PRE; 52,5+17,5 g ha⁻¹ e 52,5+17,5 g ha⁻¹ em PRE+POS; e 105+35 g ha⁻¹ em POS. ³Número de plantas dessecadas de arroz vermelho do último decêndio de setembro até a data de semeadura de cada época. ⁴Redução do banco de sementes em relação ao banco de sementes de arroz vermelho.. (Adaptado de SARTORI et al., 2013).

Na Tabela 2 do trabalho dos mesmos autores acima citados, encontra-se o rendimento de grãos de arroz do ensaio. Observa-se, na média dos dois anos, que de forma geral, à medida que se atrasou a época de semeadura houve redução do rendimento de grãos. De forma semelhante, Shivrain et al. (2009) relatam que em semeaduras realizadas no início da época recomendada, a competição do arroz-vermelho é menor quando comparada a semeaduras no final da época, pois à medida que se atrasa a semeadura, o arroz cultivado torna-se menos competitivo, resultando em maiores perdas de rendimento de grãos.

Tabela 2 - Rendimento de grãos da cultivar de arroz irrigado Puitá INTA CL em função da época de semeadura e do momento de aplicação do herbicida Kifix® (imazapyr+imazapic). Média das safras 2010/11 e 2011/12. Santa Maria, RS. 2013.

Épocas de semeadura ¹	Momento de aplicação do herbicida			
	Sem aplicação	PRE ²	PRE + POS	POS
----- Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) -----				
30 e 27 Setembro	8363	9944	10263	9895
19 e 17 Outubro	8642	8502	8960	9347
08 e 08 Novembro	5459	8740	8860	8796
01 e 05 Dezembro	7395	7879	8039	8125

¹Data de semeadura do arroz na safra agrícola de 2010/11 e 2011/12. ²Doses do herbicida imazapyr+imazapic utilizado: 105+35 g ha⁻¹ em PRE; 52,5+17,5 g ha⁻¹ e 52,5+17,5 g ha⁻¹ em PRE+POS; e 105+35 g ha⁻¹ em POS.

Desta forma, para áreas com presença de arroz vermelho que se deseja cultivar arroz irrigado no sistema de implantação em solo seco, pode-se dizer que a semeadura no início da época recomendada proporciona maior produtividade de arroz, mas com pequena redução do banco de sementes de arroz-vermelho. A semeadura realizada ao final da época recomendada e na época tardia proporciona maior redução do banco de sementes de arroz-vermelho, mas com diminuição na produtividade de arroz.

A utilização de herbicida específico para o Sistema Clearfield[®], fracionado em duas aplicações, sendo a primeira em “ponto de agulha”, juntamente com glifosato e a segunda até três dias antes da irrigação definitiva, caracteriza o manejo recomendado (SOSBAI, 2012). A prática de realizar a aplicação de glifosato no ponto de agulha é altamente recomendável como medida para eliminação de plantas de arroz-vermelho e para redução de riscos de surgimento de plantas de outras invasoras com resistência aos herbicidas do Sistema Clearfield[®].

Assim, o produtor pode fazer sua opção de acordo com o que é mais importante para a sua condição; reduzir o banco de sementes de arroz-vermelho e ter menor rendimento de grãos naquele ano ou optar por maior rendimento de grãos, mas com pequena redução do banco de sementes de arroz-vermelho no solo. Desta forma, para o manejo do arroz vermelho neste sistema de implantação, é necessário associar controle químico com herbicida específico e dessecações, época de irrigação e época de semeadura do arroz. O perfeito nivelamento da área é condição indispensável para implantar as medidas sugeridas. O profissionalismo e toda a equipe envolvida na realização do planejamento e da execução definem a resposta. No entanto, deve ser evitada a utilização continuada dos mesmos herbicidas, nas mesmas épocas, como estratégia de prevenção de surgimento de plantas resistentes. Assim, rotação de sistemas de implantação da lavoura é medida a ser adotada, nas áreas onde isto é possível, juntamente com herbicidas com outros modos de ação.

Os escapes de plantas de arroz-vermelho ao controle do herbicida aplicado constituem-se em possibilidade de cruzamento com o arroz cultivado, principal meio de surgimento de resistência de arroz-vermelho aos herbicidas utilizados no Sistema Clearfield[®] (ROSO et al., 2000). Por isso, a utilização deste sistema deve ser criteriosamente de acordo com as recomendações, que no Brasil é de até dois cultivos na sequência (SOSBAI, 2012) e plantas não controladas pelo herbicida devem ser eliminadas antes que produzam sementes.

2.3- Sistema pré-germinado de implantação de arroz irrigado e transplante de mudas

Estes sistemas estão entre os mais eficientes para supressão e controle de arroz-vermelho, pois a semeadura é realizada em solo com lâmina de água no caso do sistema pré-germinado ou em solo saturado no sistema de transplante. O transplante de mudas é um sistema pouco difundido no Rio Grande do Sul, mas proporciona elevado controle de arroz-vermelho, sendo superior ao pré-germinado (NOLDIN, 1988). Pouca disponibilidade de mão de obra e falta de mecanização estão entre as limitações para utilização do transplante de mudas no estado. Novamente aqui o manejo da irrigação é um aspecto definitivo para o sucesso do sistema pré-germinado. Iniciando pelo nivelamento da área, que deve proporcionar lâmina uniforme de água. Variações no manejo da irrigação são citadas na literatura (LEVY et al., 2006), após a semeadura das sementes pré-germinadas, expressas através da retirada ou da manutenção da lâmina de água. No sentido de encontrar alternativas mais sustentáveis de produção de arroz, Pittelkow et al., (2012) avaliaram formas de manejo da área no período de entressafra, tanto para o sistema de implantação do arroz na água como em solo seco, tendo concluído que sistemas alternativos de manejo de solo e de implantação da cultura, elevam o controle de plantas daninhas e são viáveis agrônomicamente e economicamente para o estado da Califórnia-EUA. Nesta linha de manejo da área no período da entressafra, encontram-se relatos de Fogliato et al. (2010), Massoni et al. (2013).

Quanto ao manejo da irrigação, trabalho realizado por Marchezan et al. (2007), antes da adoção do Sistema Clearfield[®], comprovam que não há necessidade de retirada da lâmina de água da lavoura, pois esta prática de

manejo promove reinfestação de arroz-vermelho e perda de nutrientes através da água que é drenada da lavoura e não influencia no rendimento de grãos de arroz. No entanto, utilizando a tecnologia do Sistema Clearfield®, há a necessidade de remoção da lâmina de água para a aplicação do herbicida indicado para o sistema.

3- Manejo pós-colheita da área e o arroz-vermelho

Deixar as sementes na superfície do solo, possibilitando que sejam inviabilizadas por fatores bióticos e abióticos é prática de manejo recomendada para áreas com presença de arroz vermelho, como destacam Marchesan et al. (2003), Noldin et al. (2006), Fogliato et al. (2011). As sementes deixadas à superfície do solo têm oportunidade de sofrerem predação, perderem a dormência, a viabilidade ou de germinarem e posteriormente poderem ser controladas antes de produzirem sementes. O trabalho geralmente realizado no outono provoca o enterrio das sementes e contribui para aumentar o banco de sementes e a sua longevidade no solo, mas depende da profundidade e da intensidade de preparo da área (MASSONI et al., 2013). Nesta linha de raciocínio, Chauhan (2012), sugere inclusive prática de manejo a ser considerada, onde a emergência de sementes de arroz-vermelho pode ser suprimida com manejo do solo com enterrio das sementes a profundidades que não emergem, associado ao rápido alagamento do solo. Fogliato et al., (2010) relatam que a manutenção de lâmina de água durante o período de inverno pode auxiliar na redução de arroz-vermelho, sendo que o controle poderia estar relacionado à emergência de arroz-vermelho e também pela presença de aves. Extensa revisão sobre aspectos agronômicos, ambientais e sociais a respeito da conservação de áreas de arroz, que inclui o alagamento durante o período de inverno e a presença de aves é relatada por Manley (2008). Segundo a publicação, a manutenção de água na área tem custos que devem ser compensados pelo efeito das aves na área, em relação a degradação da resteva, em sementes de plantas daninhas e disponibilidade de nutrientes ao arroz, por exemplo. Ainda merecem mais estudos para avaliar se a redução de sementes de arroz-vermelho se deve ao efeito direto da presença de água ou das aves na área. Trabalho de Fogliato et al. (2011) sugerem que o período de inundação no inverno deveria ser seguido por drenagem da área, como forma de elevar o controle de arroz-vermelho. Massoni et al.(2013), avaliando sistemas de manejo pós-colheita da resteva encontraram que a inundação no inverno promoveu redução de arroz-vermelho, mas relata a dificuldade de manter a área com água além de implicações com outras plantas daninhas aquáticas, tendo concluído que o manejo pós-colheita com rolo faca com pequena mobilização do solo, foi o tratamento mais eficiente para o controle de arroz-vermelho, utilizando o Sistema Clearfield®, e sem presença de arroz-vermelho resistente.

No cenário de não realizar o trabalho do solo na pós-colheita, o preparo da área para implantação do próximo cultivo deveria ser feito na primavera seguinte e, nesta condição, corre-se o risco da semeadura ocorrer fora da melhor época para elevados rendimentos de grãos. Esta proposta de manejo contribui para o controle de arroz-vermelho, mas impõe limitações à realização de operações de manejo pós-colheita da área com vistas ao apressamento da decomposição da resteva, a correção de rastros deixados pelas operações de colheita e com isso a drenagem da área, que implica no manejo de outras pragas e na semeadura na melhor época. Para tomar esta decisão é preciso ter claro o fator limitante e ter foco bem definido.

É preciso romper este ciclo. Uma alternativa é semear cedo dentro da melhor época e com isso a colheita ocorrerá ainda no verão, possibilitando que sementes que caíam ao solo, tenham mais chances de ter sua viabilidade de alguma forma interrompida, não realimentando o banco de sementes. A implementação de atitudes de manejo que viabilizem a colheita no seco de modos a fazer o mínimo de rastros na área, contribui para que não se faça preparo da área ou, se necessário, se utilize equipamentos que mobilizem o solo o mínimo

possível e apenas superficialmente. Com isso estaria atendido o princípio de não mobilizar o solo logo após a colheita, deixando as sementes na superfície do solo e com isso expondo-as a agentes de redução.

4- Residual de herbicidas do grupo da imidazolinonas no solo.

Aplicações repetidas de herbicidas utilizados no Sistema Clearfield[®], especialmente quando utilizados fora da recomendação, pela dose ou pelo número de anos de uso, podem provocar danos em outras culturas não tolerantes a herbicidas do grupo das imidazolinonas em cultivo em sucessão. Isto é importante ser considerado tanto no caso de rotação de culturas como relatado por Ulbrich et al. (2005), como também em rotação de sistemas de implantação de arroz, quando utilizado variedade não tolerante a herbicidas do Sistema Clearfield[®], conforme destacam Villa et al., 2006; Kraemer et al., 2009; Avila et al., 2010). No entanto, a ocorrência de fitotoxicidade depende da condição edafoclimática do local. De acordo com Kraemer et al. (2009) a não mobilização do solo entre os cultivos reduz a atividade microbiológica, aumentando o período de persistência do herbicida no solo podendo causar maior fitotoxicidade. Práticas de manejo como a drenagem e a mobilização do solo no período de pousio contribuem para a degradação do produto e minimização dos danos a variedades de arroz não tolerantes cultivadas em sucessão. Ainda de acordo os autores acima citados, em situações de uso de cultivares não tolerantes após o Sistema Clearfield[®], poderia ser utilizado cultivares que pudessem ser semeadas ao final da época de semeadura, como forma de evitar baixas temperaturas durante a fase inicial de crescimento da planta e minimizar o efeito residual do herbicida sobre as plantas.

Assim, o uso sustentável do Sistema Clearfield[®], deve estar planejado para a necessidade de uso da área com outras tecnologias e sistemas de implantação de arroz ou de rotação com outros cultivos.

Por fim, deve-se considerar que o controle de arroz-vermelho dificilmente atinge 100%, em função de diversos aspectos, havendo a possibilidade de surgir plantas de arroz-vermelho resistentes. É preciso acompanhar a lavoura e perceber logo no início, ainda em tempo de utilizar práticas de manejo que contenham a disseminação na lavoura, em conjunto com outras que visem sua eliminação. O acompanhamento técnico é importante para avaliação da situação e auxílio na tomada da melhor decisão.

5- Considerações finais

Pelo que foi relatado acima, alguns pontos importantes no manejo de arroz-vermelho devem ser reafirmados.

- Deixar as sementes na superfície do solo, expondo-as a agentes bióticos e abióticos para que reduzam sua viabilidade no período entre os cultivos. A colheita dita no seco, ou seja, sem fazer rastros na área, reduz a necessidade de fazer correções na área na pós-colheita visando a drenagem da mesma no período de inverno, sendo então, uma alternativa de manejo que pode ser adotada.

- O manejo pós-colheita da área que envolve mobilização do solo, assim como controle químico, visam reduzir o banco de sementes de arroz-vermelho e com isso a população de sementes e plantas a serem controladas durante o cultivo do arroz. As operações de preparo da área devem ser superficiais para evitar o enterrio das sementes de arroz-vermelho. Semear cedo e colher cedo pode ser uma alternativa de viabilizar este manejo.

- A época de semeadura do arroz irrigado é fundamental para o controle de arroz-vermelho. Em semeaduras no início do período recomendado, parte das sementes de arroz-vermelho encontram-se ainda em estado de dormência ou quiescência, diminuindo a pressão de controle.

- O manejo da irrigação, tanto na época de irrigação como na uniformidade e controle da lâmina de água é decisivo para auxiliar no controle químico do arroz-vermelho.

- O uso de herbicidas específicos, nas recomendações de pesquisa auxiliam a manter a tecnologia do Sistema Clearfield® por mais tempo, com mais segurança para utilização de cultivos com cultivares e espécies não tolerantes aos herbicidas em sistema de rotação.

- Em áreas onde é possível, realizar a rotação de sistemas de implantação de arroz irrigado. Além da variação proporcionada por diferentes formas de cultivo pode-se utilizar herbicidas com outros modos de ação, retardando o surgimento de plantas resistentes aos herbicidas.

- Utilizar métodos integrados de controle, cultural, mecânico e químico em suas variações indicadas para cada situação, como medida preventiva.

- Efetuar o controle de escapes de arroz-vermelho. Há a possibilidade de que as plantas não controladas já tenham adquirido resistência e por isso não se deve deixá-las produzirem sementes para infestarem a área.

- Em áreas com alta infestação de arroz-vermelho, deve-se considerar a hipótese de reduzir a população da invasora antes de cultivar arroz. Além das propostas discutidas acima, o trabalho do solo e outros usos da área devem ser avaliados.

- Para finalizar, em áreas com elevada infestação de arroz-vermelho resistente aos herbicidas do Sistema Clearfield®, deve-se procurar realizar a rotação de culturas, com soja, por exemplo, como forma de recuperar a tecnologia, viabilizando novamente a área para cultivo de arroz.

6- Refências Bibliográficas

AGOSTINETTO, D. et al. Arroz vermelho: ecofisiologia e estratégias de controle. **Ciência Rural**, v. 31, n. 2, p. 341-349, 2001.

ANDRES, A. et al. Controle de arroz vermelho em sistemas de cultivo de arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22, 1997. Balneário Camburiú, SC. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 1997. 580p., p.418-420.

AVILA, L.A. et al. Evolução do banco de sementes de arroz vermelho em diferentes sistemas de utilização do solo de várzeas. **Planta Daninha**, v. 18, n. 2, 2000.

AVILA, L.A. et al. Retorno da produção de arroz irrigado com cultivares convencionais após o uso do sistema Clearfield. **Planta Daninha**, v. 28, p. 123-129, 2010.

CHAUHAN, B.S. Weedy rice (*Oryza sativa*) II. Response of weed rice to seed burial and flooding depth. **Weed Science**, v. 60, n. 3, p. 385- 388, 2012.

CONAB-COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO: **Acompanhamento da safra Brasileira**, Março de 2012. Disponível em: http://www.cileite.com.br/sites/default/files/6graos_08.03.12.pdf. Acesso em: 25/05/13.

COUNCE, P.A., et al. A uniform, objective and adaptive system for expressing Rice development. **Crop Science Society of America**, v. 40, n. 2, p. 436-443, 2000.

DELATORRE, C.A. Dormência em sementes de arroz vermelho. **Ciência Rural**, v. 29, n. 3. p. 565-571, 1999.

FISHER, A. Anotações de palestra sobre Resistência de plantas daninhas. Uruguai, 2011.

FOGLIATTO, S.; VIDOTTO, F.; FERRERO, A. Effects of winter flooding on weedy rice (*Oryza sativa* L.). **Crop Protection**, v. 29, n. 11, p. 1232-1240, 2010.

FOGLIATTO, S.; VIDOTTO, F.; FERRERO, A. Germination of weedy rice response to field conditions during winter. **Weed Technology**, v. 25, n. 2, p. 252-261, 2011.

KRAEMER, A.F. et al. Lixiviação do imazethapyr em solo de várzea sob dois sistemas de manejo. **Ciência Rural**, v. 39, p. 1660-1666, 2009.

LEVY JR, R.J. et al. Effect of Cultural Practices on Weed Control and Crop Response in Imidazolinone-Tolerant Rice. **Weed Technology**, v. 20, n. 1, p. 249-254. 2006.

MANLEY, S.W. **Conservation in ricelands of north America**. The Rice Foundation, Stuttgart, Arkansas, USA, 180p. 2008.

MARCHEZAN, E. et al. Sistemas de cultivo de arroz irrigado no controle de arroz vermelho. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 1, n. 2, p.139-143, 1998.

- MARCHEZAN, E. et al. Dinâmica do banco de sementes de arroz-vermelho afetado pelo pisoteio bovino e tempo de pousio da área. **Planta Daninha**, v. 21, n. 1, p. 55-62, 2003.
- MARCHEZAN, E. et al. Manejo da irrigação em cultivares de arroz no sistema pré-germinado. **Ciência Rural**. v. 37, n. 1, p. 45-50, 2007.
- MASSONI, P.F.S. et al. Influência de manejos pós-colheita do arroz irrigado sobre o banco de sementes de arroz-vermelho. **Planta Daninha**. v. 31, n. 1 p. 89-98, 2013.
- NOLDIN, J.A. Controle de arroz vermelho no sistema de semeadura em solo inundado. **Lavoura Arrozeira**, v. 41, n. 377, p. 11-13, 1988.
- NOLDIN, J.A.; CHANDLER, J.M.; McCAULEY, G.N. Seed longevity of red rice ecotypes buried in soil. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 611-620, 2006.
- PITTELKOW, C.M. et al. Agronomic productivity and nitrogen requirements of alternative tillage and crop establishment systems for improved weed control in direct-seeded rice. **Field Crop Research**, v. 130, p. 128-137, 2012.
- ROSO, A.C. et al. Regional scale distribution of imidazolinone herbicide-resistant alleles in red rice (*Oryza sativa* L.) determined through SNP markers. *Field Crop Res.* V. 119, p.175-182.
- SARTORI, G.M.S. et al. Effects of irrigated Rice sowing season and imazapyr-imazapic time of application on Rice grain yield and Rice management. **Planta Daninha**, 2013 [no prelo].
- SHIVRAIN, V.K. et al. Red Rice (*Oryza sativa*) emergence characteristics and influence on rice yield at different planting dates. **Weed Science**, v. 57, n. 1. p. 94-102, 2009.
- SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil / 29. Reunião Técnica da cultura do Arroz Irrigado**, Gravatal, SC. Porto Alegre, 2012. 179p.
- SUDIANTO, E. et al. Clearfield rice: Its development, success, and key challenges on a global perspective. **Crop Protection**, v. 40, p. 40-51, 2013.
- ULBRICH, A.V. et al. Persistence and carryover effect of imazapic and imazapyr in Brazilian cropping systems. *Weed Technology*. v.19, p. 986-991.
- VILLA, S.C.C. et al. Arroz tolerante a imidazolinonas: controle do arroz vermelho, fluxo gênico e efeito residual do herbicida em culturas sucessoras não-tolerantes. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 761-768, 2006.

[Volta ao sumário](#)

2.4 - OPORTUNIDADE DA ROTAÇÃO DE CULTURAS PARA A SUSTENTABILIDADE DO MANEJO DO ARROZ-VERMELHO

Augusto Kalsing¹
Anderson Vedelago²
Cláudia E. Lange³
Valmir G. Menezes⁴
Marcos A. Turra⁵
Fabiane Barbosa Lopes⁶
Luíza Elena Ferrari⁷

1 – Introdução

O monocultivo de arroz (*Oryza sativa*) é uma das práticas agrícolas mais comuns nas áreas com drenagem superficial ausente ou deficiente na maioria dos países Latino Americanos e do mundo. De fato, o arroz é uma das raras espécies cultivadas que toleram ambientes alagados, sendo cultivado de forma intensiva para a produção agrícola nesta condição. Com isso, os sistemas de cultivo de arroz irrigado apresentam baixa diversificação de culturas, o que acarreta em diferentes efeitos colaterais para a orizicultura. Não há dúvidas de que o pior desses efeitos é a infestação da cultura com arroz-vermelho, que, por ser da mesma espécie desta, causa enorme competição por nutrientes e luminosidade e é de difícil controle através dos métodos convencionais. Além disto, o arroz-vermelho apresenta características de degranulação e longevidade das sementes que torna quase impossível a sua erradicação dos campos de arroz.

A rotação de culturas é uma prática eficaz e reconhecida no controle de plantas daninhas nas áreas agrícolas, e basicamente consiste em alternar no tempo, a cada estação de crescimento, diferentes espécies de interesse agrícola em uma mesma área cultivada. Essa alternância temporal permite a diversificação de situações de controle de plantas daninhas na área cultivada, em especial das (i) culturas em si, (ii) sistemas de cultivo, (iii) práticas agrícolas, (iv) herbicidas e (v) genes de resistência a herbicidas. A rotação de culturas também se constitui em alternativa eficaz para o controle de arroz-vermelho nas áreas de arroz irrigado (SMITH Jr., 1976; SMITH Jr. 1981; MARCHEZAN et al., 1995; AVILA et al., 2000; ANDRES et al., 2001). De fato, esta é uma prática comum nas áreas orizícolas dos Estados Unidos; mas, nos países Latino Americanos, as ações são restritas a poucos produtores. O objetivo deste trabalho será discutir a oportunidade da rotação de culturas para a sustentabilidade do manejo do arroz-vermelho na cultura do arroz irrigado.

2 – Obstáculos superados

Existem, atualmente, muitas áreas arrozeiras com baixo a médio risco de alagamento superficial, constituindo-se em oportunidade para o cultivo de espécies alternativas ao arroz irrigado. A soja, o milho e o sorgo são as principais culturas alternativas nas áreas arrozeiras, sendo a soja àquela que tem maior expressão nos países Latino-Americanos. Os planos de rotação são variáveis, sendo geralmente o tempo de cultivo dessas culturas proporcional ao nível de infestação de arroz-vermelho na área cultivada. Em estudo feito nas condições de cultivo dos Estados Unidos (BURGOS et al., 2008), verificou-se que os planos de rotação com arroz – soja – soja e arroz – soja – milho são os mais usados pelos agricultores nas áreas arrozeiras do Centro Sul do País. Nesse

¹ Pesquisador, Estação Experimental/IRGA, Fundação IRGA, Cachoeirinha, RS.

² Pesquisador, Estação Experimental/IRGA, Fundação IRGA, Cachoeirinha, RS.

³ Pesquisador, Estação Experimental/IRGA, Fundação IRGA, Cachoeirinha, RS.

⁴ Pesquisador, Estação Experimental/IRGA, Fundação IRGA, Cachoeirinha, RS.

⁵ Estudante do Curso de Agronomia, UFSM, Frederico Westphalen, RS.

⁶ Estudante do Curso de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS.

⁷ Estudante do Curso de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS.

estudo, foi observado que mais de 90% dos seus produtores de arroz do estado de Arkansas frequentemente praticam a rotação entre arroz e soja nas lavouras. Outro caso de sucesso na implementação desse sistema é o estado do Rio Grande do Sul do Brasil, onde há atualmente mais de 250.000 ha de rotação entre arroz e soja, correspondendo a aproximadamente 25% da área orizícola do mesmo (IRGA, 2012).

3 – Controle de arroz-vermelho

As culturas alternativas geralmente apresentam instabilidades produtivas nas áreas arrozeiras que estão associadas às condições ambientais adversas, sobretudo por excesso hídrico do solo. Este fato justifica a necessidade de realização de práticas de manejo específicas nestas áreas, objetivando-se a diminuição de fatores que causem estresses à cultura. Assim, para obter alto rendimento de grãos, necessita-se controlar eficazmente o arroz-vermelho nessas culturas, limitando a interferência negativa das infestantes. Satisfeita esta condição, a cultura alternativa cumpre com a função de redução do nível de infestação de arroz-vermelho e se torna uma opção de renda para o agricultor.

A cultura entre arroz e soja tem sido uma das principais sistemas de cultivo integrados em terras baixas, tendo, por este motivo, maior destaque nos resultados descritos a seguir. Muitos programas de manejo já foram propostos para subsidiar o controle de plantas daninhas na soja, em sua maioria baseados nos princípios do manejo integrado. Em geral, a maioria destes programas possuem alguns conceitos comuns (FIGURA 1), os quais devem nortear a formulação das estratégias de controle dessas espécies. Esses conceitos são essenciais no caso de espécies de difícil controle, como o arroz-vermelho, devendo ser respeitados para obtenção de controle eficaz e sustentável.

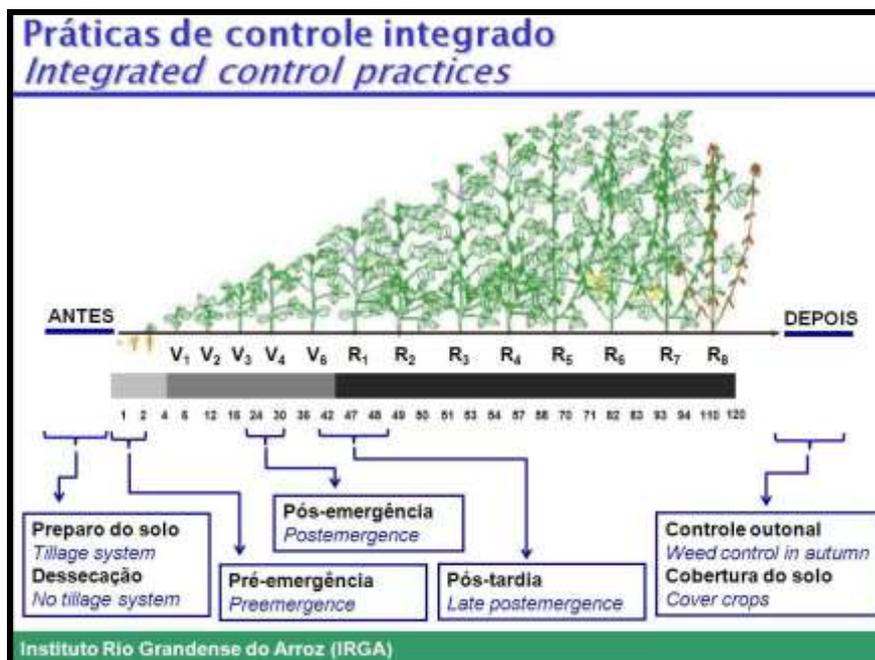


Figura 1. Alguns conceitos sobre o manejo integrado de arroz-vermelho na cultura da soja em rotação com arroz irrigado.

3.1 – Manejo “antes, durante e depois”

As ações de controle de plantas daninhas geralmente concentram-se no período da safra (“durante” a cultura); todavia, em muitas situações, existem práticas na entressafra (“antes” e “depois” da cultura) que são benéficas e essenciais para o controle do arroz-vermelho. Por exemplo, o preparo do solo aumentou em até quatro vezes a infestação de arroz-vermelho na cultura as soja, em comparação ao plantio direto (VEDELAGO et al., 2011). Assim, o manejo antes e depois da cultura deve ser usado de forma estratégica pelo produtor, pois apresenta grande impacto na magnitude da infestação da área.

3.2 – Associações de herbicidas no tempo

Os herbicidas com efeito residual ou de aplicação em pré-emergência da cultura foram muito importantes no manejo de plantas daninhas na cultura da soja nas décadas de 1980 e 1990. Todavia, a adoção gradual dos agricultores pelo plantio direto e a soja transgênica, entre outros motivos, ocasionaram redução do uso destes produtos na cultura. Atualmente, esses herbicidas tem tido um papel renovado no manejo do arroz-vermelho na soja, pois facilitam o controle em pós-emergência com glyphosate e contribuem na prevenção do surgimento de biótipos resistentes a esse herbicida.

3.3 – Períodos de interferência de plantas daninhas

A maioria dos programas de manejo sugere manter a lavoura de soja “no limpo” entre 15 e 45 dias após a emergência, o que equivale, respectivamente, aos estádios fenológicos V_3 e V_6 . Caso as plantas daninhas não sejam controladas neste período ou a decisão pelo controle for tardia, as perdas de produtividade de grãos podem atingir valores de até 85%. No entanto, na maioria das situações o controle do arroz-vermelho é realizado tardiamente na soja, exigindo doses mais altas de herbicidas para o seu controle, podendo desencadear fitointoxicação da cultura, principalmente nas áreas de transpasse.

3.4 – Integração de práticas de manejo sinérgicas

O manejo arroz-vermelho em soja somente é eficaz e sustentável (duradouro) quando o produtor integra todas as práticas de manejo disponíveis para o controle desta infestante. Por exemplo, o uso combinado de sistemas de cultivo com baixo revolvimento do solo e de herbicidas em pré e pós-emergência tem efeito sinérgico e proporciona elevado nível de controle e prevenção da resistência desta planta daninha a herbicidas. Isto implica em haver conscientização de que o controle do arroz-vermelho deve ser planejado e organizado previamente para a execução de ações precisas e econômicas.

3.5 – Rotação de culturas propriamente dita

Como ora mencionado, a rotação de culturas é considerada o método mais eficaz no controle do arroz vermelho, por gerar diferentes situações de manejo desta planta daninha na lavoura. Cada produtor deve planejar esquemas de rotação de acordo com as características da área cultivada e domínio do cultivo das culturas alternativas ao arroz irrigado. Em geral, estima-se que dois anos de cultivo de culturas como soja, milho ou sorgo reduzem em mais de 90% o nível de infestação de arroz-vermelho na área (Figura 2).

4 – Praticando controle eficaz e sustentável

Uma das principais reflexões atuais acerca das práticas empregadas para o manejo de infestantes na orizicultura é o aparecimento de novos casos de espécies resistentes a herbicidas. De fato, os registros atuais confirmam a ocorrência de, pelo menos, seis espécies de plantas daninhas que possuem biótipos resistentes à herbicidas nesta cultura (HEAP, 2013). Estes casos levam os produtores a buscar alternativas para contornar o problema, sendo a soja uma das alternativas para o controle do arroz-vermelho resistente. Mas, esta e outras plantas daninhas podem adquirir resistência a outros herbicidas, cabendo ao agricultor preservar as tecnologias que lhe proporcionam benefícios. Caso contrário, os ganhos advindos do controle do arroz-vermelho na soja transgênica serão perdidos ao longo do tempo devido à seleção de biótipos resistentes ao glyphosate.

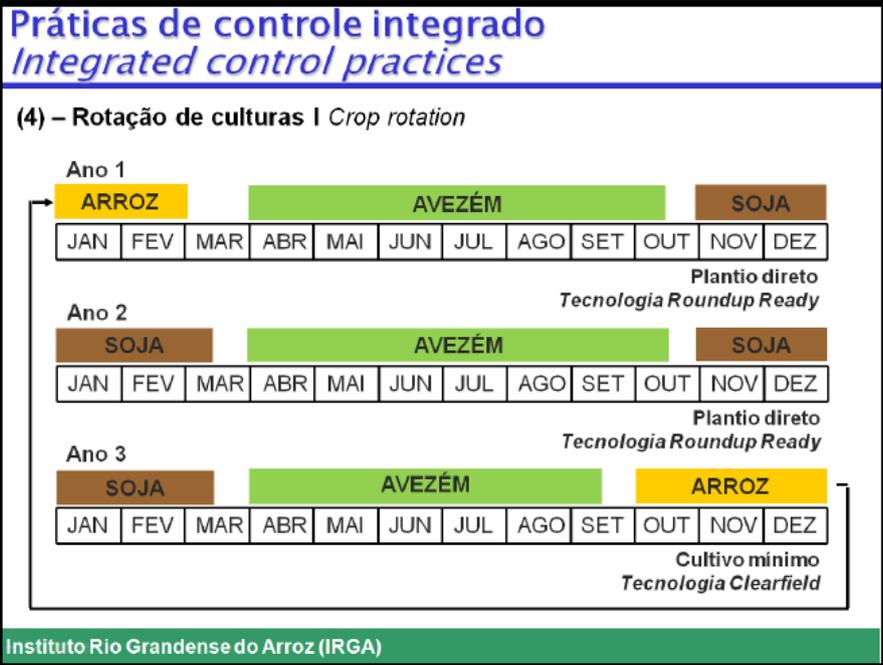


Figura 2. “Plano de rotação” entre arroz e soja que pode ser utilizado em áreas com médio a alto nível de infestação com arroz-vermelho.

5 – Refências Bibliográficas

- ANDRES, A.; ÁVILA, L.A. de; MARCHEZAN, E.; MENEZES, V.G. Rotação de culturas e pousio do solo na redução do banco de sementes de arroz-vermelho em solo de várzea. **Revista Brasileira de Agrobiologia**, v.7, p.85-88, 2001.
- AVILA, L.A.; ANDRES, A.; MARCHEZAN, E.; MENEZES, V.G. Banco de sementes de arroz vermelho em sistemas de semeadura de arroz irrigado. **Ciencia Rural**, v.30, n.5, p.773-777, 2000.
- BURGOS, N.R.; NORSWORTHY, J.K.; SCOTT, R.C.; SMITH, K.L. Red rice (*Oryza sativa*) status after 5 years of imidazolinone-resistant rice technology in Arkansas. **Weed Technology**, v.22, p.200-208, 2008.
- HEAP, I. **International survey of resistant weeds**. Disponível em: <<http://www.weedscience.org>>. Acesso em: 01 de março de 2012.
- INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ – IRGA. **Safras**. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br/conteudo/4215/safras>>. Acesso em: 01 de março de 2012.
- MARCHEZAN, E., XAVIER, F.M., MICHELOTTI, L. et al. Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas no controle de arroz vermelho em várzea. In: Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 21., Porto Alegre, RS. 1995. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1995. p.151-153.
- SMITH JR., R.J. Control of red rice (*Oryza sativa* L.) in water-seeded rice (*Oryza sativa*). **Weed Science**, v.29, p.663-666, 1981.
- SMITH JR., R.L. Crop and herbicide systems for red rice control in rice. **Weed Science**, v.29, p.164, 1976.
- VEDELAGO, A. Efeito do preparo do solo sobre a cultura da soja em ambiente de várzea. In: Resultados de Pesquisa da Safra 2011/12., Cachoeirinha, RS. 2012. **Resumos...** Cachoeirinha: IRGA, 2012.

[Volta ao sumário](#)

2.5 - ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE INTEGRADO DE ARROZ VERMELHO NAS ÁREAS DE VÁRZEA

Valmir G. Menezes¹

O arroz-vermelho (*Oryza sativa* L.) é a planta daninha que mais causa prejuízos econômicos à cadeia agroindustrial do arroz irrigado na maioria das regiões orizícolas do sul do Brasil, que produzem cerca de 80% do arroz no país. Nas lavouras, interfere de forma direta e acentuada sobre a produtividade e lucratividade da cultura, além de aumentar os custos de produção e depreciar o produto. Nas indústrias, contribui para a diminuição da qualidade física do arroz, na medida em que reduz o rendimento de grãos inteiros e a renda do benefício. Além dos prejuízos causados pelo arroz vermelho, sua presença não permite a adoção de determinadas práticas agrônômicas, que são fundamentais para se obter altas produtividades, como por exemplo, a utilização de maiores doses de adubo nitrogenado ou a semeadura na melhor época.

Como explicar que existem propriedades centenárias no cultivo de arroz livres de arroz-vermelho em regiões com graves problemas de áreas infestadas com esta espécie daninha? É porque já há tecnologias para o controle de arroz-vermelho, mas a solução não está no uso isolado de uma ou outra tecnologia e sim no uso de forma integrada de diferentes tecnologias e/ou práticas. Não existe, e talvez nunca existirá, a tecnologia perfeita para o manejo de plantas daninhas, em especial para o arroz-vermelho por pertencer a mesma espécie do arroz cultivado. Podem existir tecnologias mais eficazes que outras, mas mesmo assim, toda tecnologia é vulnerável. E por isso, o mais correto é a integração de diferentes tecnologias para o manejo de plantas daninhas.

A base do problema das infestações de arroz-vermelho em todas as partes onde se cultiva arroz foi e está sendo a falta de consciência de produtores e técnicos com o uso de sementes contaminadas com grãos desta planta daninha. No Brasil, embora a situação tenha melhorado nos últimos anos, menos da metade da área cultivada com arroz é com sementes certificadas isentas de grãos de arroz-vermelho. A legislação inclusive permite o comércio de sementes fiscalizadas contendo até 2 grãos de arroz-vermelho para cada 700 gramas, ou que o agricultor salve semente de suas lavouras (semente própria), independente da qualidade. Já em países, como o Uruguai, onde o índice de uso de sementes de qualidade é alto o problema de arroz-vermelho está sob controle. Não há como manejar esta planta daninha sem o uso de sementes livres de grãos de arroz-vermelho. Sementes de qualidade deve ser a base de todo e qualquer programa de manejo integrado de plantas daninhas e isto passa pela conscientização dos diferentes atores envolvidos no cenário.

Para ter-se êxito no controle desta espécie é necessário reduzir ao máximo possível o banco de sementes de arroz-vermelho no solo, e até eliminá-lo se for possível. Para eliminar o banco sementes de arroz-vermelho no solo é necessário não permitir a entrada de sementes desta espécie quando da semeadura, estimular as sementes já existentes no solo a germinarem para o controle das plantas com o uso de herbicidas dessecantes e/ou com o controle mecânico, reduzir ao máximo as plantas de arroz-vermelho com o uso de práticas de controle e não permitir que os escapes (plantas de arroz-vermelho não controladas) produzam sementes. Seguindo esta estratégia por várias safras pode-se ter o controle desta espécie em áreas infestadas, pois as sementes de arroz-vermelho mantêm-se viáveis no solo durante longos períodos e, em determinadas condições, a longevidade perdura por muitos anos.

O preparo do solo com diferentes equipamentos na entressafra ou antes da semeadura é uma alternativa eficiente para o manejo de plantas daninhas e para reduzir o banco de sementes do solo. Entretanto, durante o outono e o inverno, as sementes de arroz vermelho encontram-se dormentes, em sua maioria. Para que percam a viabilidade pela ação de fatores adversos do ambiente e/ou de patógenos e predadores elas devem permanecer junto à superfície do solo. O enterrio de sementes de arroz-vermelho logo após a colheita aumenta sua viabilidade por um período maior de tempo.

O preparo do solo em regiões de clima temperado, como alternativa para estimular a emergência de sementes de arroz-vermelho, deve ser feito no verão somente naquelas áreas que permitem um período de pousio entre um e outro cultivo de arroz. Frequentemente, manejar o arroz-vermelho com sucessivos preparos antes da semeadura nas regiões mais meridionais leva os agricultores a semearem fora de época, o que ocasiona redução de produtividade. Nestes casos, costuma se dizer que os agricultores controlam o arroz-vermelho mas perdem em produtividade, pois os cultivos florescem em condições de pouca luminosidade. Mesmo nessas situações, o preparo do solo deve ser superficial. Já em pequenas lavouras de arroz do sul do Brasil, cultivadas no sistema pré-germinado, os agricultores utilizam marrecos-de-Pequim durante a entressafra para reduzir o banco de sementes de arroz-vermelho no solo.

¹ Eng. Agr. MSc. Oryza Consultoria. Porto Alegre, RS. Email: vmgaedke@yahoo.com.br

Em regiões tropicais da América Latina a prática do preparo do solo para estimular a germinação de sementes é combinada com o uso de herbicidas dessecantes. Os agricultores fazem isto várias vezes, na intenção de reduzir o banco de sementes de arroz-vermelho próximo a superfície do solo e logo em seguida fazerem a semeadura. A eficácia desta estratégia depende do manejo de água precoce e a formação de lâmina de água.

O cultivo de arroz em rotação com outras culturas como milho, sorgo e especialmente com soja transgênica resistente a glifosato é uma ferramenta importante no manejo de arroz-vermelho. Esta prática já há muitos anos tem sido utilizada no sul dos EUA, notadamente no estado de Arkansas, com resultados excelentes. Recentemente, no estado do Rio Grande do Sul (Brasil) esta prática ganhou relevância com o cultivo de 300 mil ha de soja transgênica em solos cultivados com arroz. A eficiência da rotação de arroz irrigado com o cultivo de soja transgênica no manejo de arroz-vermelho fundamenta-se em dois aspectos importantes. Primeiro, nas modificações das condições de solo que favorecem o desenvolvimento do arroz-vermelho, passando de um solo alagado para um solo seco e, em segundo lugar, o efeito do uso de herbicidas alternativos utilizados na cultura da soja, reduzindo o banco de sementes de arroz-vermelho no solo. Além do glifosato utilizado na soja transgênica, recomenda-se o uso de herbicidas pré-emergentes não utilizados na cultura do arroz, como por exemplo o uso de S-metolachlor. Com o uso combinado de herbicidas com mecanismos de ação distintos reduz-se a possibilidade do desenvolvimento de plantas resistentes a glifosato, herbicida fundamental para o cultivo de arroz irrigado no sistema de semeadura direta ou cultivo mínimo em arroz.

Dentre os sistemas de cultivo utilizados na cultura do arroz, a semeadura em solo inundado com sementes pré-germinadas ou o transplante de mudas são alternativas eficientes para o manejo de arroz-vermelho. A eficácia do controle pode alcançar índices de até 100%. Entretanto, o sucesso deste sistema requer o uso de áreas sistematizadas e o uso de lâmina de água permanente e excelente manejo de água, combinado com o uso de sementes isentas de grãos de arroz-vermelho e o controle de possíveis escapes. Outro sistema que contribui para o manejo desta espécie é o cultivo mínimo com semeadura direta, porém bem menos eficaz do o transplante e o uso de sementes pré-germinadas em solo inundados. Neste sistema a aspersão de glifosato antes e após da semeadura em linhas é o agente de controle. A segunda aplicação de glifosato deve ser antes da emergência das plantas de arroz cultivado.

A alternância de sistemas de cultivo também é uma ferramenta que pode ser utilizada. A rotação de sistemas de cultivos de arroz tem sido uma prática adotada por arroseiros do sul do Brasil que cultivam arroz em áreas sistematizadas, na medida em que constataram que na implantação da cultura do arroz em solos alagados o estabelecimento de espécies gramíneas anuais diminui. Em contrapartida há um incremento das populações de algumas espécies de ciperáceas e de plantas denominadas de aquáticas, onde o controle destas é feito, na maior parte das vezes, com herbicidas inibidores da ALS. Com isto, o desenvolvimento de biótipos resistentes de *Sagítaria montevidensis*, *Cyperus difformis* e *Fimbristylis miliacea* a este grupo químico já é elevado e tem crescido a cada ano. Por outro lado, a implantação das lavouras de arroz em solos seco há um maior estabelecimento de plantas daninhas da família das poáceas, como o arroz-vermelho e não há o estabelecimento de plantas aquáticas e das espécies de ciperáceas que se estabelecem em solos alagados.

Dentre os diferentes sistemas de cultivo de arroz irrigado, o sistema convencional, preparo e semeadura em linha em solo seco, isoladamente apresenta as maiores dificuldades de manejo de arroz vermelho. Neste sistema o controle desta planta daninha ocorre somente quando do preparo do solo. Em pequenas propriedades no Sul do Brasil os agricultores controlam o arroz-vermelho neste sistema com a capina mecânica. O arroz-vermelho é controlado na entrelinha com as capinadeiras e fazem o rouging das plantas de arroz-vermelho na linha por ocasião do florescimento. O problema é que após décadas utilizando esta tecnologia os agricultores selecionaram populações de arroz-vermelho com estatura e outras características similares ao do arroz cultivado dificultando o rouging desta espécie daninha junto à linha de cultivo.

O uso da tecnologia CLEARFIELD® trouxe enorme contribuição para a lavoura de arroz. Boa parte dos avanços observados na produtividade nas lavouras do sul do Brasil pode ser creditada a essa tecnologia. Com uso de cultivares CLEARFIELD® foi possível controlar seletivamente o arroz-vermelho com herbicidas do grupo químico das imidazolinonas. O controle dessa planta daninha viabilizou o uso de práticas de manejo fundamentais para incremento de produtividade, o que não é possível em áreas infestadas.

Porém, há algumas limitações no uso indiscriminado do sistema CLEARFIELD®. Já foram identificados biótipos de arroz vermelho resistentes a herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintetase (ALS) em todas as regiões arroseiras do RS, diminuindo em algumas lavouras a eficiência de uso dessa tecnologia. A razão básica, para tanto, foi desta tecnologia como única ferramenta para o manejo desta espécie daninha e o uso de sua adoção fora das recomendações da pesquisa e, principalmente, o uso de sementes de arroz contaminadas com grãos de arroz-vermelho. Para que esta tecnologia tenha longevidade é necessário usar sementes

certificadas e produtos, doses recomendados, irrigar as lavouras quando as plantas de arroz tem 3-4 folhas, controlar os escapes, rotar o sistema clearfield na propriedade e limpar máquinas, drenos, canais e estradas na propriedade. Além destas práticas é necessário associar o uso desta tecnologia com outras práticas importantes como a rotação com soja transgênica e/ou ao sistema de cultivo mínimo com semeadura direta.

O uso associado de glyphosate a herbicidas imidazolinonas durante os subperíodos que antecedem a semeadura e pós semeadura antes emergência da cultura beneficiaria em, pelos menos, três aspectos, o manejo do arroz-vermelho na tecnologia clearfield®. Primeiro, o uso de herbicida dessecante e residual reduziria a infestação de arroz-vermelho na área e estenderia a eficácia do seu controle durante período de tempo mais prolongado. Segundo, o controle prévio da infestante facilitaria as ações de controle em pós-emergência da cultura, uma vez que ocasiona a padronização da estatura das plantas de arroz-vermelho. Terceiro, esta estratégia de manejo retardaria o surgimento de populações de arroz-vermelho resistentes às imidazolinonas, por haver combinação de dois mecanismos de ação de herbicidas (inibidor da enzima EPSPS e inibidor da enzima ALS).

O manejo de água de água é uma ferramenta auxiliar e imprescindível ao sucesso das principais estratégias de manejo de plantas daninhas utilizadas na cultura de arroz irrigado e em especial para o controle de arroz-vermelho. Na implantação da cultura de arroz em solos inundados a lâmina de água deve ser permanente do período que vai do preparo do solo até pouco antes da colheita. Para as plântulas de arroz se estabelecerem não há a necessidade de se retirar a lâmina de água como fazem muitos agricultores. E o controle da principal espécie problema é mais eficaz com o uso de lâmina de água permanente. Já na implantação da cultura em solos secos a velocidade de água é importante. A eficiência de controle de plantas daninhas é maior quando se antecipa a época de entrada da água de irrigação na lavoura de arroz (3-4 folhas das plantas de arroz). Por esta razão, quanto mais cedo a for a irrigação maior será a eficácia dos herbicidas. Já o atraso na irrigação da lavouras favorece o estabelecimento de plantas daninhas.

Controle de escapes

No manejo de pragas com doenças, insetos e plantas daninhas trabalha com o conceito de nível de dano econômico, o qual significa que o controle das pragas deve ser feito somente quando a diferença entre o custo das ações de controle for menor que os danos causados pela praga. Creio que este conceito deve ser revisto no que tange ao manejo de plantas daninhas, pois as plantas não controladas irão produzir sementes que juntar-se-ão às que já estão no solo, aumentando o banco de sementes. Nas safras seguintes, seguramente os agricultores gastarão mais com plantas daninhas e a aspersão de herbicidas em uma maior população de plantas aumenta a probabilidade do desenvolvimento de plantas resistentes a herbicidas. A tolerância zero aos escapes é a melhor estratégia para o manejo de plantas daninhas em arroz irrigado a médio e longo prazo.

Controlar escapes de arroz-vermelho significa não permitir que as plantas não controladas desta espécie por uma tecnologia qualquer produzam sementes e, desta forma, interromper novos aportes de sementes às que já se encontram no solo. O primeiro passo para controle de escapes é evitar o surgimento dos mesmos, para tanto os melhores resultados de pesquisa e em nível de campo tem sido o uso de duas aplicações de herbicidas. Normalmente uma aplicação de herbicidas em pré-emergência após a semeadura. O uso de herbicida em pré-emergência, principalmente, em mistura com glyphosate, permite o controle das plantas já emergidas e evita o nascimento de fluxos de plantas antes mesmo no nascimento das plântulas de arroz. O objetivo desta aplicação é, além de o cultivo nascer no limpo, entregar a área com menos plantas e plantas com menor desenvolvimento para a ação dos herbicidas que serão aspergidos em pós-emergência. Diferentemente, das estratégias anteriores onde esperava-se que uma aplicação de pré-emergência seria o suficiente para o controle de plantas. A estratégia adequada não é aplicação pré versus pós-emergente, mas sim a aspersão de pré + pós-emergente de forma sequencial. É preciso lembrar que quanto mais cedo irrigar-se as lavouras, após a última aplicação de herbicida, mais eficaz será o controle das espécies infestantes. Esta estratégia, dependendo dos herbicidas utilizados, é muito útil para o manejo de plantas daninhas resistentes a herbicidas.

Na cultura do arroz irrigado as principais ferramentas para o controle de escapes de plantas de arroz vermelhas não controladas são rouging, uso da luva-química e barra-química e a aspersão de herbicidas nas áreas cultivadas com a tecnologia clearfield. O rouging é uma prática utilizada em nível mundial, que consiste no arranque das plantas não controladas de arroz-vermelho antes que as mesmas formem grãos. A barra-química e a luva-química partem do mesmo princípio que a o rouging, ou seja, tem que haver um diferencial de estatura entre o arroz-vermelho e o arroz cultivado, e consiste no uso de um herbicida sistêmico, geralmente um solução de glyphosate na concentração de 50% v/v. Entretanto, o rendimento destas duas práticas é superior ao rouging.

Na tecnologia clearfield, o controle de escapes deve ser feito sempre para evitar o fluxo gênico, pois quando as aplicações são adequadas sobram poucas plantas de arroz-vermelho. Entretanto, o controle de escapes em lavouras grandes, 200, 300, 500 ha ou mais é difícil por envolver muita mão-de-obra, o que nos dias de hoje se torna cada vez menos disponível. Nesta situação, o controle de escapes pode ser feito com uma dose baixa de imazamox ou imazethapyr quando as plantas de arroz-vermelho estão no início do período reprodutivo. Esta aplicação tardia evita a formação de panículas e a formação de grãos. Os resultados desta prática são superiores a 95% de eficácia e a mesma só pode ser com as cultivares denominadas de segunda geração.

Com as tecnologias e conhecimentos existentes é possível controlar arroz-vermelho de modo satisfatório, mas é claro que todo e qualquer novo conhecimento que permita entender melhor a ecologia de planta será bem vindo assim como novas tecnologias que estão sendo pesquisadas. Sempre será necessário associar o novo ao que já existe. A solução não está no uso isolado de uma ou outra tecnologia e sim no uso de forma integrada de diferentes tecnologias e/ou práticas. Não existe, e talvez nunca existirá, a tecnologia perfeita para o manejo de plantas daninhas. Para que o manejo de arroz-vermelho na lavoura de arroz irrigado tenha êxito é necessário combinar a utilização de diferentes métodos de controle com boas práticas de manejo da cultura e ações de controle na entressafra.

[Volta ao sumário](#)

3 - BIOLOGIA, EVOLUÇÃO E ECOFISIOLOGIA DO ARROZ VERMELHO

3.1- BIOLOGIA E RESISTÊNCIA A HERBICIDAS EM ARROZ VERMELHO

Aldo Merotto Jr¹
Anderson L. Nunes²
Ives C. G. R Goulart³
Ana C. Roso⁴
Valmir G. Menezes⁵
Augusto Kalsing⁶

O arroz vermelho é um dos principais problemas da orizicultura irrigada em todo o mundo. Esta planta daninha corresponde a diversos biótipos silvestres da própria espécie *Oryza sativa* L. que se caracterizam como daninhos por apresentarem elevada debulha natural o que impede a sua colheita e utilização de forma semelhante ao que acontece com o arroz cultivado. Estimava-se que o arroz vermelho represente um potencial de perdas de 20 % na produção de arroz do estado do Rio Grande do Sul (RS), correspondendo a aproximadamente 1,3 milhões de toneladas de arroz, representando um prejuízo anual equivalente à aproximadamente 250 milhões de dólares de receita bruta e 30 milhões de dólares de arrecadação de ICMS (IRGA, 2002). A utilização de sistemas de controle químico convencionais para o controle de arroz vermelho é impossibilitado devido ao fato de que esta planta daninha é da mesma espécie que o arroz cultivado. No entanto, cultivares de arroz resistentes a herbicidas do grupo das imidazolinonas foram desenvolvidas a partir de mutações induzidas que permitem a utilização destes herbicidas para o controle de arroz vermelho. Este processo é denominado sistema de produção Clearfield^(R) que vem sendo extensivamente utilizado no Brasil, Estados Unidos, Itália e diversos outros países.

A utilização de cultivares de arroz resistente a herbicidas tem proporcionado o aumento do rendimento de grãos da cultura do arroz em consequência do eficiente controle do arroz. Especificamente nas áreas de arroz irrigado do RS, a utilização destas cultivares e o consequente controle de arroz vermelho é um dos principais fatores envolvidos no aumento do rendimento de grãos de arroz de aproximadamente 5500 kg/ha antes da utilização desta tecnologia para os atuais 7150 kg/ha (<http://www.irga.rs.gov.br>). O eficiente controle de arroz vermelho permitiu a melhor adequação da época de semeadura e a melhor utilização de fertilizantes, entre outros fatores, que em conjunto resultaram no incremento do rendimento de grãos da cultura do arroz de aproximadamente 2000 kg/ha. Salienta-se que este ganho, que no mínimo é de 1000 kg/ha, refere-se a média da área cultivada de todo o estado que é de aproximadamente 1,1 milhão de hectares. Desta forma, pode-se estimar que o controle de arroz vermelho através de cultivares resistentes a herbicidas tenha resultado na safra 2012/13 em um incremento de R\$ 650 milhões na agricultura do RS. No entanto, o surgimento de plantas de arroz vermelho resistente aos herbicidas imidazolinonas tem dificultado a utilização deste sistema de controle em várias áreas de arroz do Sul do Brasil. O objetivo desta apresentação é discutir os estudos realizados no RS sobre resistência de arroz vermelho a herbicidas em relação ao monitoramento e distribuição, métodos de diagnóstico, mecanismos de resistência, fluxo gênico, processo independente de seleção, variação de adaptação, e dinâmica populacional. Desta forma, procura-se fornecer informações para o entendimento dos processos ocorrentes em lavouras, e principalmente para embasar as atividades de prevenção e controle de plantas de arroz vermelho resistentes a herbicidas em relação ao cenário atual da cultura do arroz e a novas tecnologias que venham a ser desenvolvidas para o controle desta planta daninha.

¹ Professor de Herbologia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS.

² IFRS, Sertão, RS.

³ EMBRAPA/CNPQ, Colombo, PR.

⁴ Doutoranda, PPGFitotecnia/UFRGS, Porto Alegre, RS.

⁵ IRGA, Cachoeirinha, RS.

⁶ IRGA, Cachoeirinha, RS.

1 – Monitoramento e distribuição da resistência a herbicidas em arroz vermelho

Diversos trabalhos conduzidos no Brasil identificaram populações de arroz vermelho não controladas por herbicidas imidazolinonas caracterizadas assim como resistentes a estes herbicidas. Na safra 2005/2006 foram encontradas plantas resistentes de arroz vermelho em 77 % de um total de 321 populações avaliadas (Lopes et al., 2007). Posteriormente, Menezes et al. (2009) encontraram plantas de arroz vermelho resistente em 56% de 256 populações avaliadas. Neste trabalho foram encontrados indivíduos resistentes com maior ocorrência nas regiões da Campanha, Depressão Central e Planície Costeira Externa, com 78, 68 e 56 % das populações resistentes, respectivamente. Recentemente um estudo de longa duração conduzido com base em avaliações de monitoramento da resistência durante as safras 2006/07 a 2011/12 avaliou a resistência a imazethapyr+imazapic em aproximadamente 1000 populações (Kalsing et al., em publicação). Neste estudo a ocorrência de arroz vermelho resistente foi de 56, 73, 68, 76, 100 e 100%, para as safras de 2006/07, 2007/07, 2008/09, 2009/10 2010/11 e 2011/12, respectivamente. Ainda neste estudo o efeito médio dos herbicidas nestas avaliações foi de 40, 44, 28, 18, 16 e 6%. Salieta-se que em todos estes estudos de monitoramento as populações estudadas foram resultados de amostragem dirigida em relação a possível ocorrência da resistência a herbicidas em lavouras de arroz do RS. Ainda, salienta-se que não existe até o momento informações sobre a distribuição da resistência a arroz vermelho com base em amostragens casualizadas em toda a área de cultivo do RS. Os resultados encontrados evidenciam a grande frequência de arroz vermelho resistente a herbicidas com elevação dos níveis de resistência ao longo das estações de crescimento avaliadas. A grande frequência de ocorrência indica a necessidade de desenvolvimento de procedimentos para o diagnóstico da resistência de arroz vermelho a herbicidas, principalmente através de métodos convencionais ou expeditos que proporcionem a adequada tomada de decisão em atividades de manejo da cultura.

2 - Métodos de diagnóstico

Experimentos clássicos de identificação da resistência relacionados a aspersão do herbicida no solo ou em plantas demandam muito tempo e espaço para sua execução sendo onerosos e não expeditos e, desta forma, são pouco apropriados para análise de um grande número de amostras. Assim sendo, abordagens mais expeditas são necessárias para identificação de biótipos resistentes. Foram conduzidos bioensaios em três estádios de desenvolvimento do ciclo do arroz: sementes, plântulas e afilhos (Roso et al., 2010b). O herbicida utilizado foi imazethapyr + imazapic em várias concentrações. Os materiais vegetais utilizados foram as cultivares de arroz IRGA 422 CL, SATOR CL e PUITÁ INTA CL, sendo estas consideradas resistentes ao herbicida, e a cultivar IRGA 417 que é suscetível a este herbicida. O bioensaio de sementes consistiu da exposição a germinação de sementes em soluções contendo o herbicida imidazolinona. Os bioensaios de plântulas e afilhos consistiram da avaliação do crescimento das plantas nas mesmas soluções. Estes procedimentos discriminaram de forma efetiva e rápida os indivíduos resistentes e suscetíveis, sendo desta forma, considerados técnicas expeditas no diagnóstico da resistência. As concentrações discriminadoras aos herbicidas imazethapyr + imazapic para os bioensaios de sementes, plântulas e afilhos foram 0,01 mM, 4 mM e 3 mM, respectivamente (Roso et al., 2010b). Desta forma, estes procedimentos mostraram-se eficientes para a identificação da ocorrência de arroz vermelho resistente a imidazolinonas com base em amostras de semente, ou durante o crescimento das plantas na lavoura através da utilização de plântulas ou afilhos. A rápida identificação de indivíduos resistentes é fundamental para o estabelecimento de medidas de controles com agilidade e maior eficiência de forma que a proceder a adoção de medidas para a prevenção da distribuição e para o controle de indivíduos resistentes.

3 – Identificação de indivíduos resistentes através de marcadores moleculares e do mecanismo de resistência em arroz vermelho.

Foram realizados estudos para diagnosticar a mutação do gene ALS existente em populações de arroz vermelho como forma identificação molecular da resistência e de determinação do mecanismo de resistência a herbicidas através de análises moleculares com marcadores do tipo '*single nucleotide polymorphism*' (SNP) (Roso et al., 2010a). O material vegetal utilizado neste trabalho constou de amostras de sementes de arroz vermelho coletadas em áreas de lavouras de arroz do RS com ausência de controle através do herbicida Only (imazethapyr + imazapic) (Menezes et al., 2009). Foram utilizadas 208 plantas referentes à safra de 2006/07, e 273 plantas da safra 2007/08, totalizando 481 plantas. A identificação do tipo de mutação que ocorreu nestas populações foi realizada através de marcadores moleculares SNP, os quais discriminam as mutações das cultivares de arroz IRGA 422CL, SATOR CL e PUITÁ INTA CL, cujas mutações presentes são G₆₅₄E, S₆₅₃D e A₁₂₂T, respectivamente. Estes marcadores foram obtidos a partir de trabalhos anteriores onde foram utilizadas as cultivares acima descritas como referência.

As mutações S₆₅₃D, A₁₂₂T e G₆₅₄E estão presentes nas cultivares SATOR CL, PUITÁ INTA CL e IRGA 422CL, respectivamente (Roso et al., 2008). Os marcadores SNP desenvolvidos neste estudo permitem a identificação precisa de alteração de um certo nucleotídeo em relação a uma sequência padrão, e podem ser utilizados como ferramenta para diagnóstico de resistência de plantas a herbicidas. A análise da distribuição das mutações do gene ALS nas 481 plantas analisadas foi realizada contabilizando a frequência da cada mutação entre e dentro das populações estudadas. A mutação G₆₅₄E foi a de maior ocorrência tanto entre as populações como dentro das populações. Ainda, também foram encontrados indivíduos contendo as outras duas mutações, S₆₅₃N e A₁₂₂T, isoladas ou em combinação. Estes resultados indicam que a resistência aos herbicidas imidazolinonas nas populações de arroz vermelho avaliadas deve-se, em sua maioria, a alteração do local de ação na enzima ALS, provocado pela mutação G₆₅₄E. A elevada frequência da mutação G₆₅₄E, nas populações de arroz vermelho resistentes, pode ser explicada em função da grande utilização da cultivar IRGA 422CL nas lavouras orizícolas gaúchas, sugerindo desta forma, que a provável origem da resistência seja devido ao fluxo gênico entre a cultivar IRGA 422CL e o arroz vermelho. Porém a evolução da resistência também pode ocorrer por processo de evolução independente ocasionada pela pressão de seleção do herbicida.

4 - Processos independentes de seleção de arroz vermelho resistente a herbicidas

Vários biótipos de arroz vermelho resistente a inibidores de ALS foram identificados no Brasil (MENEZES et al., 2009), cujo mecanismo de resistência encontrado foi local de ação alterado (ROSO et al. 2010a). As mutações presentes nos genes da ALS dos biótipos de arroz vermelho resistentes foram, em sua maioria, iguais aos das cultivares de arroz resistentes utilizadas. Entretanto, a origem da resistência nos biótipos de arroz vermelho nestas populações também pode ser originado de processos independentes de seleção. Foi realizado estudo de análise de paternidade por exclusão (SLAVOV et al., 2005) em indivíduos de arroz vermelho resistentes às imidazolinonas coletados na safra 2007/08. O material vegetal utilizado correspondeu a 176 indivíduos oriundos de 15 populações de arroz vermelho e das cultivares IRGA 417, IRGA 422 CL, PUITÁ INTA CL e SATOR CL, e híbridos obtidos por cruzamentos artificiais entre estas cultivares e quatro biótipos de arroz vermelho. Foram selecionados os marcadores RM106, RM180, RM234, RM253, RM251, RM34, RM475 (www.gramene.org) e 4797 (BRUNES et al., 2007). A avaliação do polimorfismo dos marcadores SSR foi realizada com base na comparação dos alelos encontrados em cada locus através da técnica de marcação dos fragmentos com fluoróforo marcado (Goulart et al., 2011) A origem da resistência foi considerada como seleção independente quando um indivíduo possuiu somente alelos típicos de arroz vermelho e ou da cultivar IRGA 417.

Foram identificados dois indivíduos cuja resistência aos herbicidas imidazolinonas foi originada da seleção independente de fluxo gênico, e 174 cuja resistência foi devida a fluxo gênico. Isto indica que em 98,9 % dos casos de ocorrência de arroz vermelho resistentes a herbicidas a origem da resistência é fluxo gênico e apenas em 1,1 % a resistência é relacionada a evolução independente em cada local de ocorrência.

5 – Fluxo Gênico entre arroz cultivado e arroz vermelho

A avaliação do fluxo gênico a partir de cultivares de arroz resistente a herbicidas é importante devido as consequências na biodiversidade de espécies do gênero *Oryza* e pela diminuição do controle de arroz vermelho. Foi realizado estudo para quantificar a ocorrência de fluxo gênico a partir de arroz vermelho resistente e de cultivares de arroz com diferentes alelos do gene ALS como forma de estimar os riscos associados às diferentes cultivares de arroz resistentes a herbicidas imidazolinonas (Goulart et al., 2012a). O experimento foi realizado a campo através da metodologia de círculos concêntricos onde foram alocadas nas parcelas principais as plantas receptoras de pólen que corresponderam à cultivar IRGA 417 e ao biótipo de arroz vermelho suscetível. Nas subparcelas foram alocadas as plantas doadoras de pólen, que corresponderam às cultivares IRGA 422 CL e PUITÁ INTA CL, o híbrido Sator CL e um biótipo de arroz vermelho resistente. A avaliação da hibridização foi realizada através de procedimento de embebição de sementes, aspersão de herbicidas e identificação do gene ALS através de marcadores moleculares SNP. A ocorrência de fluxo gênico para o arroz vermelho suscetível foi de 0,0344% e para a cultivar IRGA 417 0,0142% (Goulart et al., 2012a). As cultivares de arroz avaliadas e o biótipo de arroz vermelho resistente atuam de forma semelhante como doadores de pólen, resultando em fluxo gênico médio de 0,0243%. A distância a partir da planta doadora de pólen de até 3,5 m e a direção cardinal do vento não afetaram o fluxo gênico em arroz. Estes resultados indicam que a eliminação de escapes de arroz vermelho não controlados em lavouras cultivadas com cultivares resistentes a herbicidas imidazolinonas é fundamental para a eliminação do risco de migração do gene de resistência para o arroz vermelho

6 - Variação de adaptação de arroz vermelho resistente a herbicidas

O fluxo gênico e a hibridização de distintas características de cultivares pode resultar em alterações na adaptabilidade de híbridos de espécies cultivadas e silvestres. No entanto, a ocorrência e a importância destas alterações têm se caracterizado com um assunto controverso em diversos estudos (Snow *et al.*, 2001). Diversos trabalhos relacionados a variação de adaptação têm sido conduzidos em relação às formas de crescimento das plantas, parâmetros de avaliação, e métodos de análise dos dados. Em relação ao arroz vermelho resistente a imidazolinonas a velocidade de germinação pode ser um fator importante em relação as características da enzima ALS. Ainda, os parâmetros de crescimento também são importantes como forma convencional de análise da variação de adaptação entre genótipos advindos de hibridização.

6.1 – Velocidade de germinação

A resistência aos inibidores de ALS em arroz vermelho pode ter outros efeitos além da perda de eficiência de controle relacionados a rápida germinação do biótipo resistente quando exposto a baixa temperatura devido a alteração feedback da enzima (Dyer *et al.*, 1993). Foram realizados estudos para avaliar se as alterações no padrão de germinação de cultivares de arroz resistentes a herbicidas estão relacionadas às consequências das mutações do gene ALS ou se são devidas ao efeito da variação ambiental dos locais onde as sementes destas cultivares foram produzidas (Goulart et al., 2012a). Os tratamentos constaram da exposição à germinação de sementes de 3 cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), oriundas de 5 áreas distintas de produção de sementes sob 2 regimes de temperatura contínua. A cultivar Puita INTA CL germinou mais rapidamente que IRGA 422 e IRGA

417, principalmente em avaliações realizadas em 100h a 170h após a incubação das sementes na temperatura de 20°C. A diferente velocidade de germinação entre cultivares de arroz pode proporcionar a adequação de alternativas de manejo de arroz vermelho resistente que seja originado pelo fluxo de alelos a partir de cultivares resistentes. Neste caso, os indivíduos resultantes de germinação mais rápida podem apresentar maior problema pela maior competição relacionada a rápida emergência e crescimento inicial. Alternativamente, este resultado pode representar uma característica desfavorável ao estabelecimento destes indivíduos resistentes devido a eliminação com maior eficiência através da adoção de práticas de controle realizadas em períodos antecedentes ao estabelecimento do arroz cultivado.

6.2 – Crescimento e desenvolvimento de híbridos resistentes

Plantas oriundas de hibridização podem apresentar alterações que favoreçam sua adaptação (Ellstrand et al., 1999). Híbridos que apresentarem efeitos negativos para a sua sobrevivência terão sua população reduzida podendo resultar em sua extinção, e híbridos com efeitos positivos poderão ser mais problemáticos dificultando ainda mais o manejo de plantas daninhas na cultura do arroz. Dessa forma, o fluxo gênico através do pólen das culturas para o arroz daninho pode implicar na evolução de plantas daninhas ou na extinção de plantas silvestres. Alterações em características importantes na sobrevivência dos híbridos causam variação adaptativa. Os híbridos com maior altura, produção de sementes e degrane possuirão maiores chances de estabelecimento. Entretanto, não são conhecidos estudos que mostram o efeito destas características na variação adaptativa de híbridos oriundos do cruzamento entre arroz cultivado e arroz vermelho que ocorrem nas condições de cultivo de arroz no Sul do Brasil. Foram realizados estudos de hibridizações artificiais entre as cultivares de arroz resistente a herbicidas imidazolinonas IRGA 422 CL, Puitá e Sator CL com arroz vermelho. Os híbridos F1 foram avaliados em comparação aos seus pais quanto a sua variação adaptativa em dois ambientes, de baixa e alta fertilidade (Nunes et. al 2010).

Os resultados deste estudo indicaram que não houve diferença na altura entre o híbrido e o arroz vermelho, mas houve diferença destes em relação ao arroz cultivado. Dessa forma, a altura dos híbridos não permite que estes tenham uma vantagem adaptativa em relação ao arroz vermelho. O número de sementes é outra característica agrônômica que pode influenciar na adaptação dos híbridos. Os híbridos oriundos do cultivar Puita INTA CL e Sator CL produziram mais sementes que o arroz vermelho. Outra característica evolutiva importante na manutenção do arroz vermelho nos sistemas agrícolas é o degrane de sementes. Plantas de arroz daninho que não possuem degrane desaparecem da lavoura que se encontram uma vez que as sementes produzidas saem do sistema no momento da colheita. Os híbridos gerados a partir das cultivares Puita INTA CL e Sator CL apresentaram menor degrane que o arroz vermelho e maior em comparação às cultivares. Enfatiza-se que os resultados obtidos são relacionados especificamente ao biótipo de arroz vermelho utilizado nos cruzamentos com as cultivares. Ainda, em condições de lavoura a dinâmica dos indivíduos de arroz vermelho resistentes é dependente da competição efetuada pela cultura e do efeito de práticas de manejo que resultem na eliminação ou menor crescimento até a maturação das sementes.

7 - Dinâmica populacional de arroz vermelho resistente a herbicidas

Diversas populações de arroz vermelho foram identificadas como resistentes a herbicidas imidazolinonas no RS conforme descrito nos estudos anteriores. Estes resultados indicam a ocorrência de fluxo gênico entre cultivares de arroz resistentes às imidazolinonas e arroz vermelho nas lavouras do RS. Ainda, após introgridido em arroz vermelho a resistência a herbicidas pode ser distribuída para outras populações por fluxo gênico através de eventos de migração como sementes contaminadas e em conjunto com máquinas e implementos. A

rápida evolução da resistência de arroz vermelho às imidazolinonas pode ser explicada não somente pelo fluxo gênico de pólen entre plantas resistentes e suscetíveis, mas também pelo fluxo de sementes de arroz vermelho resistente entre lavouras. A predominância de autogamia no gênero *Oryza* determina que o fluxo gênico seja comumente restrito, e que ocorra alta diversidade genética entre populações geograficamente ou ecologicamente distantes. Foram realizados estudos de caracterização genética de populações de arroz vermelho do RS com suspeita de resistência aos herbicidas imidazolinonas com forma de avaliar a estrutura populacional destas populações e identificar a ocorrência de fluxo gênico de sementes entre diferentes locais (Goulart et al 2011). Foram avaliadas 34 populações advindas de lavouras de arroz com suspeita de ocorrência de arroz vermelho resistente aos herbicidas imazethapyr e imazapic. As populações de arroz vermelho foram fenotipadas quanto à resistência ao herbicida imazethapyr. Foram utilizados 24 marcadores moleculares SSR organizados em quatro painéis conforme descrição apresentada em Borba *et al.* (2009).

Os resultados demonstraram que as populações de arroz vermelho do RS apresentam diversidade genética alta entre os indivíduos, embora exista considerável variação entre estas populações, na média dos indivíduos. A AMOVA indicou que a variação genética dos 534 acessos de arroz vermelho avaliados foi de 26% entre populações e de 74% dentro das populações. Assim, o valor de F_{ST} obtido pela AMOVA foi de 0,26. Isto indica que a variabilidade genética nas populações de arroz vermelho está relacionada, sobretudo, à diversidade dentro de cada população em comparação com a variabilidade entre populações. Em populações naturais de espécies autógamas é esperada baixa diversidade genética devido ao alto grau de homozigose. Entretanto, em se tratando de populações advindas de áreas de cultivo, como o arroz vermelho, a diversidade dentro das populações pode ser mais elevada, e isto pode ser devido à seleção imposta por práticas como o rouging ou pela migração de sementes entre populações.

O resultado do teste de Mantel indicou que não há correlação ($R^2=0,06$) entre as distâncias genéticas e as distâncias geográficas das populações de arroz vermelho. Da mesma forma, os resultados da Análise dos Componentes Principais indicaram que os indivíduos foram agrupados em três grupos, havendo uma interface entre dois deles com alguns indivíduos localizados de forma intermediária. As cultivares IRGA 417, IRGA 422 CL e PUITÁ INTA CL foram agrupadas próximas entre si, enquanto que Sator CL, embora no mesmo grupo, apresentou certa distância das demais. A análise da estrutura das populações ($K=6$) confirmou a ancestralidade comum entre as cultivares IRGA 417, IRGA 422 CL e PUITÁ INTA CL ao colocá-las juntas no grupo K1. Em diversos casos grupos diferentes foram atribuídos a arroz vermelho de uma mesma população. Isso prova a ocorrência do fluxo de sementes de arroz vermelho entre lavouras de arroz, tanto suscetíveis como resistentes às imidazolinonas. Além disso, as populações suscetíveis encontradas neste estudo são geneticamente distintas das populações resistentes (Goulart et al 2011).

Os resultados observados confirmam a ocorrência da origem da resistência a herbicidas em arroz vermelho devida, sobretudo ao fluxo gênico de sementes e pólen. No entanto, populações geneticamente isoladas também foram identificadas. O sistema de análise da estrutura de populações utilizados neste estudo possibilitou a identificação do isolamento genético e da intensidade de fluxo gênico em populações de arroz vermelho como ferramenta para o diagnóstico específico de populações que apresentaram aporte de sementes contaminadas de arroz vermelho. Ainda os resultados proporcionaram o diagnóstico de ampla escala referente a maior importância do fluxo gênico em detrimento de processos independentes em relação a origem da resistência a herbicidas em arroz vermelho.

8 – Considerações finais

A utilização de cultivares de arroz resistente a herbicidas imidazolinonas resultou num dos maiores benefícios desde a adoção de cultivares de porte baixo desenvolvidas da década de 1960. A efetividade do controle de

arroz vermelho proporcionou a semeadura do arroz em época adequada e a melhor utilização de fertilizantes pela cultura, resultando em aumento do rendimento de grãos de aproximadamente 2.000 kg/ha. Entretanto, diversas populações de arroz vermelho têm apresentado resistência aos herbicidas imidazolinonas. Este problema têm desafiado a sustentabilidade da utilização destas cultivares em diversas lavouras do estado do RS. Os resultados obtidos demonstraram que a origem do arroz vermelho resistente está predominantemente associado a ocorrência de fluxo gênico a partir de cultivares resistentes. Desta forma enfatiza-se a necessidade de alta eficiência do controle de arroz vermelho e da adoção de medidas para o controle de escapes. Os bioensaios e os marcadores moleculares SNP apresentam eficiência e praticidade para o diagnóstico de arroz vermelho resistente. A identificação de plantas resistentes a herbicidas deve deixar de ser um processo de monitoramento de empresas ou órgão de pesquisa e passar a ser também utilizada por produtores como forma de conhecimento da ocorrência da resistência em detrimento de diagnósticos baseados em fatores indiretos. A análise de paternidade de populações com indivíduos resistentes indicou grande ocorrência de migração de indivíduos resistentes entre populações. Este processo está diretamente relacionado utilização de sementes de arroz cultivado contendo sementes de arroz vermelho. Este é um dos principais fatores a serem evitados em relação a utilização de cultivares de arroz resistentes a herbicidas. Finalmente, a conjunção dos resultados apresentados contribuem para explicar as diferenças entre lavouras que possuem e que não possuem plantas de arroz resistentes a herbicidas. Enfatiza-se que a ferramenta eficiente de controle de arroz vermelho relacionada a cultivares resistentes a herbicidas imidazolinonas não é sustentável isoladamente e deve ser obrigatoriamente conjugada a práticas de manejo da lavoura e de manejo integrado de plantas daninhas como controle de arroz vermelho pré semeadura, alternância de sistemas de preparo do solo, rotação de culturas e utilizações de sementes certificadas.

9- Referências bibliográficas

- BORBA, T. C. O., et al. Microsatellite marker-mediated analysis of the EMBRAPA Rice Core Collection genetic diversity. *Genetica*. New York, v. 137, n. 3, p. 293-304, 2009a.
- BRUNES, T. O.; RANGEL, P. H. N.; BRINDANI, R. P. V. ET al., 2007. Fluxo gênico entre arroz vermelho e arroz cultivado estiado por meio de marcadores microssatélites. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 37:86-92.
- DYER, W.E., P.W. CHEE, P.K. FAY. 1993. Rapid germination of sulfonylurea-resistant *Kochia scoparia* L. accessions is associated with elevated seed levels of branched chain amino acids. *Weed Science* 41:18-22.
- ELLSTRAND, N.C.; PRENTICE, H.C.; HANCOCK, J.F. Gene flow and introgression from domesticated plants into their wild relatives. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.30, p.539-563, 1999.
- GEALY, D. R.; TAI, T. H.; SNELLER, C. H. 2002. Identification of red rice, rice, and hybrid populations using microsatellite markers. *Weed Science*, 50:333-339.
- GOULART, I C G R. 2011. Fluxo gênico e variação adaptativa de arroz vermelho (*Oryza sativa* L.) resistente aos herbicidas imidazolinonas. Dissertação de mestrado (PPG Fitotecnia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Brasil.
- GOULART, I C G R ; MATZENBACHER, F O ; MEROTTO JR, A. Differential germination pattern of rice cultivars resistant to imidazolinone herbicides carrying different acetolactate synthase gene mutations. **Weed Research**, v. 52, p. 224-232, 2012a.
- GOULART, I C G ; PACHECO, M T; NUNES, A L; MEROTTO JR, A . Identification of origin and analysis of population structure of field-selected imidazolinone-herbicide resistant red rice (*Oryza sativa*). **Euphytica**, v. 187, p. 437-447, 2012b.
- GOULART, I.C.G.R ; MEROTTO JR, A ; NUNES, A.L ; BERED, F . Otimização da utilização de marcadores moleculares microssatélites e sua aplicação em estudos com plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 29, p. 1175-1181, 2011.
- IRGA. 2002. O arroz na conjuntura, Boletim do IRGA, Porto Alegre, v.1, n.1, março/2001. p.1-4.

LOPES, M. C. B.; COMRETO, R. C. M.; SANTOS, C. M. 2007. Variabilidade morfológica dos grãos e identificação de arroz vermelho resistente ao herbicida Only em lavouras de arroz Clearfield. 5º Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, Pelotas, RS. p. 105-107.

MENEZES, V. G., *et al.* Arroz-vermelho (*Oryza sativa*) resistente aos herbicidas imidazolinonas. **Planta Daninha**. Londrina, v. 27, n., p. 1047-1052, 2009.

NUNES, Anderson Luis ; MEROTTO JUNIOR, A. ; VIDAL, Ribas Antonio ; BISPO, Noryam Bervian . Variação adaptativa de híbridos de arroz resistentes a herbicidas imidazolinonas. In: XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 2010, Ribeirão Preto. Anais do XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. Londrina: SBCPD, 2010. p. 511-515.

ROSO, A. C.; MEROTTO JR. A.; DELATORRE, C. A.; FISCHER, A. J.; SALDAIN, N. 2008. Determinação do mecanismo de resistência e das mutações do gene ALS em cultivares de arroz resistentes a herbicidas para identificação de híbridos através de marcadores SNP. 26º Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, Ouro Preto, MG. CD.

ROSO, A.C.; MEROTTO JR, A ; DELATORRE, C.A. ; MENEZES, V.G. Regional scale distribution of imidazolinone herbicide-resistant alleles in red rice (*Oryza sativa* L.) determined through SNP markers. **Field Crops Research**, v. 119, p. 175-182, 2010a.

ROSO, A.C. ; MEROTTO JR., A. ; DELATORRE, C.A. Bioensaios para diagnóstico da resistência aos herbicidas imidazolinonas em arroz. **Planta Daninha**, v. 28, p. 411-419, 2010b.

SLAVOV, G. T., *et al.* Estimating pollen flow using SSR markers and paternity exclusion: accounting for mistyping. *Molecular Ecology*, v. 14, n. 10, p. 3109-3121, 2005

SNOW, A. A., K. L. UTHUS e T. M. CULLEY. Fitness of hybrids between weedy and cultivated radish: Implications for weed evolution. **Ecological Applications**, v. 11, n. 3, p. 934-943, 2001.

[Volta ao sumário](#)

3.2 - CONTRASTING POPULATION DYNAMICS AND ORIGINS OF SOUTHERN U.S. AND CALIFORNIA WEEDY RICE

Amy Lawton-Rauh¹
Nilda R. Burgos²
Albert J. Fischer³

Weedy rice is a difficult to control con-specific weed of crop rice (*Oryza sativa*, *Oryza glaberrima*) that is globally distributed in all rice cultivation regions. The pervasive presence of weedy rice in the United States has existed since crop rice was first established in South Carolina in 1685. When rice cultivation moved from South Carolina tidal flood fields to large scale agricultural fields in Arkansas, Texas, and Louisiana, weedy rice persisted (from already existent weedy rice genotypes). In the Southern U.S., weedy rice exists as several ecotypes distinguishable primarily through plant height, growth habit, awn color (pink, brown, straw), awn length, and hull color (brown, black, gray, and straw). Weedy rice in California has a completely different population origin and history versus weedy rice in the southern U.S. Due to very strict monitoring, containment, and meticulous screening, weedy rice was absent from California rice fields since eradication in the 1970's until it was reported in 2003. The contrasting origins, coalescent divergence time histories, and population dynamics of weedy rice in the southern U.S. (namely Arkansas and South Carolina) versus California will be presented. Developing hypotheses regarding the most likely trait types associated with the unique patterns observed in California weedy rice (CAWR) will also be briefly discussed.

To compare and contrast population connectivities and histories of weedy rice in the southern U.S. (with heavy sampling in geographically separated U.S. states Arkansas and South Carolina) and California, 48 STS (sequenced tagged site) loci that were informative in other studies of weedy rice origins and rice domestication (Olsen *et al.* 2007) were Sanger-sequenced and analyzed. Arkansas weedy rice (straw hull ecotype) shares haplotypes and alleles with South Carolina weedy rice (also straw hull) and has a non-zero divergence time based upon allele coalescent times. Although there is statistical support for non-homogenous population structure, this structure is not associated with tested geographic and land use histories expected to have an impact on population connectivities in Arkansas. There is no statistical association amongst specific management strategies or ecozones and population structure or divergence times amongst Arkansas populations. In contrast to shared recent common ancestry between Arkansas weedy rice and South Carolina weedy rice, CAWR is a separate genotype and shares no haplotypes with other U.S. weedy rice sampled. Thus, populations of weedy rice in California are not currently exchanging alleles with other U.S. weedy rice populations sampled and are not from the same direct origin outside of the U.S.

Using the same 48 STS loci, we tested alternative hypotheses regarding the origins, relationships, and historical vs. contemporary genetic connectivities of California weedy rice (CAWR), California crop rice varieties, and available global *Oryzas* (Reagon *et al.* 2010). CAWR is genetically distinct from sampled AA genome *Oryzas* and is of unique, independent origin from other weedy rice present in the United States (there are no endemic *Oryza* species or genotypes). Coalescent-based divergence population genetics analyses of STS gene sequences and molecular evolution analyses of candidate genes for traits associated with genetic history and differentiation indicate that CAWR is most recently diverged from the *O. sativa* subgroup *temperate japonica* rice which is cultivated in California. In contrast, other weedy rice ecotypes in Arkansas and South Carolina (plus

¹ Clemson University, Department of Genetics and Biochemistry.

² Univ. of Arkansas, Fayetteville, Department of Crop, Soil and Environmental Sciences.

³ University of California-Davis, Department of Plant Sciences.

other southern U.S. weedy rice) appear to be derived from global import of weedy genotypes, do not share haplotypes with CAWR, and are significantly deeper in coalescent divergence time from CAWR versus the point estimate and credibility interval for divergence time between CAWR and California crop rice varieties. This suggests that a very recent, separately-derived weedy red rice ecotype differentiated from a cultivated ancestor specifically in California and that this is a unique origin of weedy rice in the United States.

One goal is to identify the most likely phenotypic and underlying genetic mechanisms responsible for this transition to ferality to help us understand the stability of domesticated genotypes. Principal Components Analysis (PCA) and unweighted pair-group mean clustering were performed on combined quantitative and transformed qualitative traits to identify traits (and trait categories) that split and unite CAWR and California crop rice varieties. The traits were labelled according to the International Rice Research Institute (IRRI) categories of developmental significance to test for management and environmental strategies that may increase the potential for escape genotypes. Continued experiments and analyses on California weedy rice will provide insight into the evolutionary processes and mechanisms underlying rapid feralization as 'escape' from domestication. Additionally, the comparison and contrast of population dynamics in southern U.S. weedy rice and California weedy rice could greatly improve our understanding of the stability of domestication in dynamic agroecosystems.

References

Funding: United States Department of Agriculture (USDA) NIFA-NRI Grant number 2009-35320-05036.

Olsen, K.M., A.L. Caicedo and Y. Jia (2007). Evolutionary genomics of weedy red rice in the USA. *Journal of Integrative Plant Biology* 49 (6): 811-816.

Reagon, M., C.S. Thurber, B.L. Gross, K.M. Olsen, Y. Jia, and A.L. Caicedo (2010). Genomic patterns of nucleotide diversity in divergent populations of U.S. weedy rice. *BMC Evolutionary Biology* 10: 180.

[Volta ao sumário](#)

3.3 - GENETIC DIVERSITY OF THE GENUS *ORYZA* APPLIED TO THE STUDY OF WEEDY RICE ADAPTATION

Ana L Caicedo¹

Weedy or red rice (*Oryza sativa*), a conspecific obligate weed of cultivated rice, infests rice fields worldwide, and is believed to have multiple evolutionary origins. As with most agricultural weeds, weedy rice populations are highly competitive and have adapted to evade human removal from cultivated rice fields. In this context, weedy rice is expected to have been repeatedly selected for several convergent weed-adaptive traits such as rapid growth, increased seed dispersal and dormancy. However, the origins of most world populations of weedy rice have not yet been unambiguously inferred. In many cases, a more thorough sampling of wild and cultivated *Oryza* diversity is needed to understand red rice origins. Correct inference of red rice origins is necessary to understand the extent of convergence in red rice evolution and the genetic mechanisms for adaptation. Moreover, understanding which *Oryza* species or varieties are most likely to give rise to weedy rice is an important aspect of implementing successful management practices for this weed.

We have been taking genomic approaches to understand the evolutionary origin of targeted weedy rice populations. Assessment of single nucleotide polymorphisms (SNPs) in 48 sequence tagged sites (STS) in samples of U.S. weedy rice have revealed two main genetically differentiated populations of weedy rice coexisting in rice fields. These two populations are also largely morphologically differentiated with one population having a high incidence of black hulls and awns (BHA), and another having straw hulls and no awns (SH). Surveys of wild and cultivated *Oryza* show that each of these populations has a separate origin from distinct cultivated ancestors. BHA weeds descend from *aus* cultivars, while SH weeds descend from *indica* cultivars, neither of which are varieties grown in the US.

To further characterize worldwide weedy rice origins, we have started using genotyping-by-sequencing (GBS), which provides tens of thousands of genome-wide SNPs. Initial assessments of South Asian red rice samples reveal a much more complex population structure than that found in the U.S. Some South Asian weeds can trace their ancestry to *aus* and *indica* cultivars, but many samples also seem to have contributions from wild *O. rufipogon* and *O. nivara*. The similar ancestry of U.S. weeds and some South Asian weedy rice has prompted us to examine shared genotypes among these weed populations. While closely related, U.S. weed groups form separate clusters from Asian weeds, suggesting a direct descent from the crop ancestors rather than through weed intermediaries. The possibility of shared genotyping of worldwide weedy rice populations will be discussed.

Besides understanding origins, a second important aspect to understanding weedy rice evolution and management possibilities is understanding how weeds acquire the traits that permit their adaptation to the agricultural environment. We have initially focused on U.S. weedy rice due to its well-characterized genomic background. Between the two main U.S. weed groups, convergence is evident for some weedy traits, such as seed shattering, while other traits, such as flowering time, are divergent. For seed shattering, candidate gene approaches suggest that weedy groups have not re-evolved the shattering trait through use of the same genes as wild rice species, suggesting novel genetic mechanisms.

Using crop x weed crosses, we have mapped QTL for quantitative traits differentiating U.S. weedy groups from cultivated rice. Most QTL locations do not overlap between the two populations, suggesting that different genes underlie weed-adaptive traits in each group. Genome scans of highly diverged genes between each weed and its

¹ University of Massachusetts Amherst.

cultivated ancestor also suggest limited sharing of “weedy” genes among red rice populations, despite a close evolutionary relationship and adaptation to the same agricultural environment. However, sharing of some genes involved in energy metabolism and hemicellulose synthesis may indicate convergent genetic evolution for competitiveness traits in red rice, implying that some aspects of the weedy phenotype in different red rice populations may be under similar genetic control.

[Volta ao sumário](#)

3.4 - EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON RED RICE ECOPHYSIOLOGY

Lewis.H. Ziska¹

The global human population is projected to reach 9 billion by the middle of the century. As human populations expand, concurrent increases in energy and food will be required. Consequently, fossil fuel burning and deforestation will continue to drive up the concentration of atmospheric carbon dioxide [CO₂]. Current projections indicate a [CO₂] between 600 and 1000 ppm by the year 2100 (IPCC 2007).

This increase in global atmospheric [CO₂] (+20% since 1970) will change plant biology in two fundamental ways. Evaluations by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2007) indicate that the rise of [CO₂] and associated “greenhouse” gases could lead to a 3 to 12°C increase in global surface temperatures (IPCC 2007). The second likely change is the [CO₂] “fertilization” effect on plant photosynthesis. The recent and projected increases in atmospheric carbon dioxide represent a rapid global increase in an essential abiotic resource, exceeding anything plants have experienced for many millions of years (Pearson and Palmer, 2000; Crowley and Berner 2001). Numerous reviews and meta-analyses indicate that recent and projected increases in anthropogenic [CO₂] are likely to stimulate photosynthesis, growth and reproduction for a wide range of plant species.

But given the obvious importance of plants in nature, wouldn't such a change, either in warming temperatures or more CO₂ be seen as a benefit? To answer this fully one should consider that climate or carbon dioxide do not distinguish between those plant species that are anthropogenically beneficial, and those that do harm. Weeds are defined, in general, as those plant species that do harm, whether at the agricultural (managed systems) or in the environment (unmanaged systems).

Although there are a number of pertinent weed examples, one of the most egregious is that of red or weedy rice in rice cropping systems. We have been examining the role of climate change and rising CO₂ levels on two aspects of red rice, that of genetic transfer of herbicide resistance between red rice and cultivated rice; and that of the potential of red rice, relative to cultivated rice to adapt, or benefit from climate and/or CO₂.

Carbon dioxide and gene flow. Could differential phenological development in response to rising CO₂ between genetically modified crops and wild, weedy relatives increase the spread of novel genes, potentially altering evolutionary fitness? We examined whether increasing CO₂ from an early 20th century concentration (300 μmol mol⁻¹) to current (400 μmol mol⁻¹) and projected, mid-21st century (600 μmol mol⁻¹) values, enhanced the flow of genes from wild, weedy rice to the genetically altered, herbicide resistant, cultivated population, with outcrossing increasing from 0.22% to 0.71% from 300 to 600 μmol mol⁻¹. The increase in outcrossing and gene transfer was associated with differential increases in plant height, as well as greater tiller and panicle production in the wild, relative to the cultivated population. In addition, increasing CO₂ also resulted in a greater synchronicity in flowering times between the two populations. These changes resulted in a subsequent increase in rice dedomestication and a greater number of weedy, herbicide-resistant hybrid progeny. Overall, these data suggest that differential phenological responses to rising atmospheric CO₂ could result in enhanced flow of novel genes and greater success of feral plant species in agroecosystems (Ziska et al. 2012).

Cultivated vs. Red Rice Response to Climate/CO₂. Although a number of studies have examined intra-specific variability in growth and yield to projected atmospheric CO₂ concentration, [CO₂], few have considered concurrent

¹ Ph.D., USDA-ARS, Crop Systems and Global Change Laboratory, Building 1, Room 323, 10300 Baltimore Avenue, Beltsville, MD 20705, email: l.ziska@ars.usda.gov

increases in air temperature and [CO₂], and none have compared the relative responses of cultivated and wild, weedy crop lines. We quantified the growth and seed yield response of three cultivated (“Rondo”, “Clearfield 161”, “M204”) and one wild (red) rice line (“StgS”), grown at ambient and +200 μmol mol⁻¹ [CO₂] at three day / night temperatures (29/21, 31/23, 33/25°C). Averaged among all cultivars, [CO₂] did increase biomass and seed yield; conversely, increasing air temperature reduced the [CO₂] response of both parameters. Among the cultivated and weedy rice tested, “Rondo” and “StgS” showed significant increases in above-ground biomass and seed yield with elevated [CO₂] at 29/21°C; however, only “StgS”, the weedy rice line, demonstrated a significant increase with [CO₂] at all growth temperatures. A regression analysis for this line indicated that the relative increase in seed yield with [CO₂] and air temperature was positively associated with panicle and tiller number, and negatively correlated with the percentage of immature seed. An analysis of all lines indicated that the ratio of tiller production between CO₂ treatments at 30 days after sowing (DAS) was a significant predictor of seed yield response to increasing [CO₂] for all temperatures. These results suggested that: (a) Inclusion of wild lines may broaden genotypic or phenotypic variation and assist in selection to temperature/ [CO₂]; and, (b) Early differences in tiller formation may be an effective means to facilitate screening for CO₂ sensitive rice genotypes.

Conclusions.

The impact of climate change and rising CO₂ levels with respect to red rice biology is still being assessed. However the preliminary studies suggest that: (a) Red rice is likely to become a stronger competitor, and that there is an increased probability of gene transfer and greater herbicide resistance in response to rising CO₂ levels; (b) There are unique phenological and morphological characteristics of red rice that may make it ideally suited as a source of new genes in adapting and strengthening cultivated rice systems.

References

- Crowley TJ, Berner RA. 2001. CO₂ and climate change. *Science* 292:870-872.
- IPCC, Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. IPCC Secretariat, Geneva, Switzerland, (2007).
- Pearson PN, Palmer MR. 2000. Atmospheric carbon dioxide concentrations over the past 60 million years. *Nature* 406:695-699.
- Ziska LH, McClung A. 2008. Differential response of cultivated and weedy (red) rice to recent and projected increases in atmospheric carbon dioxide. *Agron J.* 100:1259-1263.
- Ziska LH, Gealy DR, Tomecek MB, Jackson AK, Black HL 2012. Recent and projected increases in atmospheric CO₂ concentration can enhance gene flow between wild and genetically altered rice (*Oryza sativa*). *PLoS ONE*, 7(5): e37522

[Volta ao sumário](#)

4 - BIOTECNOLOGIA, TRANSGÊNICOS E NOVAS TECNOLOGIAS RELACIONADAS COM O CONTROLE DO ARROZ VERMELHO

4.1 - BIOTECHNOLOGICAL APPROACHES APPLIED TO MITIGATION AND CONTROL OF RED RICE

Jonathan Gressel¹

It is imperative to find a way to selectively control weedy (red, feral) rice in rice in a manner that is sustainable for a long period. Recent history has taught us that:

- weedy rice will continue to evolve by back-mutation in cultivated rice;
- weedy rice can no longer be controlled by transplanting, as that technology has and should be abandoned;
- that selective herbicide resistance mutated in cultivated rice introgresses into weedy rice many times faster than it evolves in weedy rice by mutation. This is despite the fact that cleistogamy was thought to be sufficient in preventing gene flow;
- once a gene has introgressed, herbicide rotation will not prevent the dissemination of herbicide resistant weedy rice, as secondary dormancy insures long term survival of weedy rice in the seed bank.

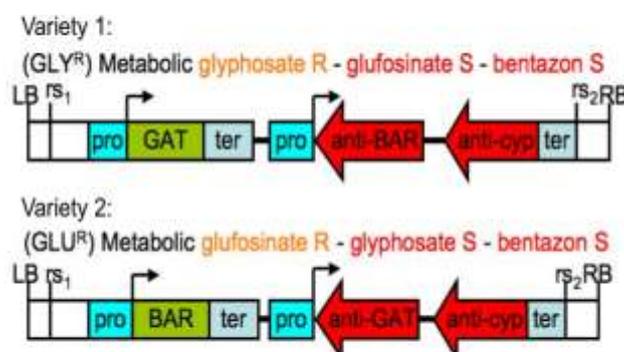
One must be practical and assume that rice farmers will not widely adopt crop rotations and other technologies that cannot be economically justified (at least in their minds). Thus, we are left with transgenic herbicide resistant rice as a major potential solution to the weedy rice problem. Transgenic herbicide resistance need not have the same ephemeral fate as the mutant herbicide resistance, if failsafe mechanisms are built in that **prevent gene flow (=containment)**, or that assure that **genes that flowed do not establish and spread (=mitigation)**. It was once thought that transforming herbicide-resistance encoding transgenes into the chloroplasts would prevent gene flow due to maternal inheritance of chloroplast encoded traits. The proponents ignored or forgot the fact that the taller weedy rice is the predominant pollen parent in crosses and backcrosses, and chloroplast encoded traits could be easily integrated into weedy rice. This leaves mitigation as the best choice to prevent herbicide (or other desirable transgenes) from establishing as a major force in weedy rice populations.

Transgenic mitigation relies on the tandem coupling of a gene that confers unfitness in the weed (but not in the crop) with the herbicide resistance gene. Thus, whenever the weed introgresses the herbicide resistance gene, it also introgresses the unfitness gene. This unfitness limits hybrids and their progeny to a minuscule proportion of the population [1]. Two types of unfitness gene have been proposed; genes for biological traits [1,2], and genes for biochemical traits [2-4]. The biological traits proposed are genes such as dwarfing genes, which will not affect already dwarfed cultivars, but will render the weedy rice less competitive with its weedy cohorts and lower mitigated rice to the same playing field as the cultivars. This has already been utilized in a model system (tobacco) [5,6], as well as with oilseed rape in confinement [7] and in the field [8]. An even more striking mitigation gene is to use the various anti-seed shattering genes [9], which would prevent the weed from reseeding itself. As in many cases of de-domestication to ferality, the gene that confers a feral trait may not be the same gene that was selected for during domestication. Thus, there is some evidence that de-domesticated shattering is not controlled by the same gene that mutated to non-shattering during domestication [10]. This is being tested in various laboratories. Transgenically suppressing the yet unknown gene(s) controlling secondary dormancy could also be used as mitigation. If secondary dormancy is abolished, the weedy rice can be eliminated prior to planting rice.

Biochemical mitigation is based on introducing a gene that prevents degradation of a herbicide occasionally used in rice [2,3]. The antisense or RNAi construct is engineered in tandem with a gene for resistance to a previously non-selective herbicide. Transgenic rice containing the tandem construct is rotated with wild type rice, where the herbicide that controls only the weedy rice is used [3,4]. This concept was further refined into having a

¹ Plant Sciences, Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel, jonathan.gressel@weizmann.ac.il

series of rice varieties, each having transgenic metabolic resistance to one herbicide and super-sensitivity to two others [2]. By using the appropriate herbicide with each variety, native weedy rice and weedy rice that introgressed the previous varieties transgenes are controlled [2]. An illustrative example of such constructs used in a possible rotation is shown in Fig. 1. The development of the relevant varieties and their implementation will require considerable industry cooperation and grower training but could facilitate long-term control of weedy rice without the evolution of resistant populations. This would clearly be of benefit to both growers and the chemical and seed industries. Even longer duration sustainability of the system can be obtained by combining biological trait mitigation and the biochemical mitigation.



Season	Variety	Herbicide used	Weeds controlled
1	2-GLU ^R	Glufosinate	Weedy rice, volunteer GLY ^R , and GLY ^R hybrids with weedy rice, and grass and broadleaf weeds ^a
2	1-GLY ^R	Glyphosate	Weedy rice, volunteer GLU ^R , and GLU ^R hybrids with weedy rice, and grass and broadleaf weeds
3	2-GLU ^R	Glufosinate	Weedy rice, volunteer GLY ^R , and GLY ^R hybrids with weedy rice, and grass and broadleaf weeds
4	1-GLY ^R	Glyphosate	Weedy rice, volunteer GLU ^R ; and GLU ^R hybrids with weedy rice, and grass and broadleaf weeds
5	2-GLU ^R	Glufosinate	Weedy rice, volunteer GLY ^R , and GLY ^R hybrids with weedy rice, and grass and broadleaf weeds
6	1-GLY ^R	Glyphosate	Weedy rice, volunteer GLU ^R , and GLU ^R hybrids with weedy rice, and grass and broadleaf weeds
7	Non-transgenic	Bentazon	Volunteer GLU ^R & GLY ^R , and GLU ^R & GLY ^R hybrids with weedy rice, will not control weedy rice and grass weeds, unless a Clearfield™ variety is used with an imidazolinone herbicide

Figure 1 A multi-season rotation to preclude the establishment of any herbicide resistant weedy rice from gene flow as well as prevent establishment of any evolved herbicide resistant weed. ^a from previous rotation cycle. S=susceptible; R=resistant

Source: Rotation based on concepts developed by Gressel & Valverde [2]

A more futuristic manner of mitigation is to introduce the mitigator genes in the cultivated rice in a multicopy transposon. This is a derivative of a concept first proposed for insect control [11]. The original TAC-TICS (Transposons with **A**rmed **C**assette-**T**argeted **I**nsect **C**ontrol **S**trategies) idea was to engineer a lethal gene under control of an inducible promoter into a transposon and then engineer the transposon in multiple copies into the insect pest [11]. The present novel modification to this is to put the mitigators for herbicide susceptibility in a transposon in the same domestic rice varieties with herbicide resistance (Fig. 1), instead of in tandem. The advantage of multi-copy transposons is that all progeny of matings and their further backcrosses as well as selfed progeny contain the transposon and not just a fraction of them; there is no segregation. Thus, the herbicide super-susceptibility will spread to a larger proportion of the weedy rice population than the transgenic herbicide resistances, facilitating further diminution of the weedy rice population, including weedy rice at paddy borders that are not always sprayed with herbicides. Transposons are typically silenced by small interfering siRNAs that either degrade or methylate transposon transcripts or repress their translation. The siRNAs can also silence the transposons by methylation. The countermeasure to prevent such silencing has been elucidated in rice, providing the information for generating transposons that will not be silenced over time [12], and such technologies will have

to be utilized. Such transposon technologies may sound like science fiction at present, but are clearly worthy of consideration and initial experimentation.

Some have proposed non-transgenically rendering rice resistant to more herbicides. There is no conceivable way to mitigate gene flow from non-transgenic rice to weedy rice, and it would be contra-indicated to release such rice, just as it is contra-indicated to release transgenic rice without failsafes to deal with mutant gene flow to weedy rice. There are methods that can clearly mitigate the risks of herbicide resistant and other transgenes from introgressing into both weedy and wild rice.

References

- J. Gressel, Tandem constructs: preventing the rise of superweeds, *Trends In Biotechnology* 17 (1999) 361-366.
- J. Gressel , B.E. Valverde, A strategy to provide long-term control of weedy rice while mitigating herbicide resistance transgene flow, and its potential use for other crops with related weeds, *Pest Management Science* 65 (2009) 723-731.
- C. Lin, et al., A built-in strategy for containment of transgenic plants: creation of selectively terminable transgenic rice, *PLoS ONE* 3(3)e1818 (2008).
- C.Y. Liu, et al., A built-in mechanism to mitigate the spread of insect-resistance and herbicide-tolerance transgenes into weedy rice populations, *PLoS ONE* 7(2): e31625 (2012).
- H. Al-Ahmad, S. Galili , J. Gressel, Poor competitive fitness of transgenically mitigated tobacco in competition with the wild type in a replacement series, *Planta* 272 (2005) 372-385.
- H. Al-Ahmad, S. Galili , J. Gressel, Tandem constructs mitigate risks of transgene flow from crops: tobacco as a model, *Molecular Ecology* 13 (2004) 687-710.
- H. Al-Ahmad , J. Gressel, Mitigation using a tandem construct containing a selectively unfit gene precludes establishment of *Brassica napus* transgenes in hybrids and backcrosses with weedy *Brassica rapa*, *Plant Biotechnology Journal* 4 (2006) 23-33.
- C.W. Rose, et al., Genetic load and transgenic tandem mitigating genes in transgenic *Brassica rapa* (field mustard) × *Brassica napus* (oilseed rape) hybrid populations, *BMC Biotechnology* 9:93 (2009)
- C.S. Thurber, et al., Molecular evolution of shattering loci in US weedy rice, *Molecular Ecology* 19 (2010) 3271-3284.
- Y.Q. Zhu, N.C. Ellstrand , B.R. Lu, Sequence polymorphisms in wild, weedy, and cultivated rice suggest seed-shattering locus sh4 played a minor role in Asian rice domestication, *Ecology and Evolution* 2 (2012) 2106-2113.
- T.A. Grigliatti, T.A. Pfeifer , G.A. Meister, TAC-TICS: transposon-based insect control systems, in: M. Vurro, et al., (eds.) *Enhancing Biocontrol Agents and Handling Risks*, IOS Press, Amsterdam), 2001, pp. 201-216.
- M. Nosaka, et al., Role of transposon-derived small RNAs in the interplay between genomes and parasitic DNA in rice, *PLoS Genet.* 8(9) (2012) e1002953.

[Volta ao sumário](#)

4.2 - DESENVOLVIMENTO E LANÇAMENTOS DE TECNOLOGIAS RELACIONADAS AO CONTROLE DE ARROZ VERMELHO – MELHORAMENTO DA INICIATIVA PÚBLICA - BRASIL

Mara Cristina Barbosa Lopes¹

O arroz vermelho é a planta daninha que apresenta maiores prejuízos nas lavouras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul (RS) e de Santa Catarina (SC), com redução na produtividade e na qualidade do produto colhido. Por isso torna-se importante a busca de alternativas técnicas que sejam eficientes para amenizar ou eliminar esse problema e em consequência maximizar a produção de grãos e preservar a qualidade industrial e culinária desse cereal. Neste contexto os programas de melhoramento genético no sul do Brasil desenvolvem ações de pesquisa para gerar novas tecnologias que contribuam para o controle do arroz vermelho e que sejam adaptadas aos sistemas de produção de arroz irrigado utilizados nessa região.

Dentre as Instituições Públicas destacam-se o trabalho do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), que atuam nas áreas de melhoramento genético e de desenvolvimento de cultivares de arroz, de tecnologias de manejo e de produção de sementes, entre outras.

Entre as alternativas para controlar essa planta daninha está o sistema de cultivo de arroz pré-germinado, no qual a semeadura é feita com as sementes pré-germinadas e distribuídas à lanço em solo previamente inundado. Para esse sistema as cultivares devem apresentar colmos fortes e sistema radicular robusto para evitar o acamamento das plantas. A Epagri tem se destacado no lançamento de cultivares que apresentem alta resistência ao acamamento e são amplamente cultivadas nos estados do RS e de SC, bem como em outras regiões do Brasil e países vizinhos do Mercosul, com destaque para as cultivares SCSBRS Tio Taka e SCS 116 Satoru. Além disso, a Epagri participa e apoia um programa de produção de sementes de alta qualidade e com isenção de contaminação de arroz vermelho, que é mais uma ferramenta para evitar a contaminação e a dispersão dessa planta daninha. Para exemplificar essa diretriz de trabalho em Santa Catarina, pode-se observar o caso dos membros da Associação Catarinense dos Produtores de Sementes de Arroz Irrigado (ACAPSA) que decidiram unicamente produzir e comercializar sementes das classes C₁ e C₂ e isentas de arroz vermelho, mesmo que a legislação brasileira estabelecida pelo Ministério da Agricultura e Abastecimento (MAPA) permita a presença desse contaminante na classe C₂. Somado a oferta de semente de alto padrão de qualidade em SC, deve-se destacar também que cerca de 80 % da área plantada utiliza esse insumo, contribuindo decisivamente para reduzir a infestação com arroz vermelho nas lavouras catarinenses.

No estado do Rio Grande do Sul, maior produtor nacional e com área cultivada de mais de um milhão de hectares, cerca 12 % dessa área adota o sistema de cultivo pré-germinado. Para atender esses produtores o IRGA iniciou um programa de melhoramento genético no ano de 1999, com base em cruzamentos envolvendo cultivares e linhagens com colmos fortes e resistentes ao acamamento das plantas. Como resultado dessa iniciativa foi lançada a IRGA 425, no ano de 2009, sendo a primeira cultivar do IRGA adaptada ao sistema pré-germinado. Com a continuidade do trabalho foram geradas novas linhagens avançadas com possibilidade para lançamento, como a IRGA 3167-13Pg-1Pg-5 e IRGA 3217-3-4Pg-2Pg-7, as quais têm apresentado bom desempenho nas avaliações realizadas para a resistência ao acamamento, produtividade e qualidade dos grãos.

Atualmente o controle do arroz vermelho com o uso de herbicida não seletivo foi viabilizado com o trabalho de pesquisa realizado por Croughan et al. (1996), no Centro de Agricultura da Universidade Estadual da Louisiana

¹ Engr^a Agr^a, Pesquisadora, IRGA, Cachoeirinha - RS.

(LSUAC), nos Estados Unidos. Através de técnicas de indução de mutação foi obtida a linhagem denominada 93AS3510, sendo o primeiro genótipo de arroz tolerante ao herbicida Only, do grupo químico da Imidazolinonas, e que serviu de fonte de variabilidade para o desenvolvimento de cultivares comerciais amplamente utilizadas nos Estados Unidos e em vários países de América do Sul, permitindo o controle do arroz vermelho sem causar a morte das plantas cultivadas.

O programa de melhoramento genético do IRGA, utilizando a tecnologia desenvolvida no LSUAC lançou, no ano de 2002, a cultivar IRGA 422CL (Lopes et. al., 2004), a qual contém o gene de tolerância à herbicida transferido da linhagem 93AS3510. Essa cultivar por possuir grau de tolerância menor é considerada de primeira geração, mas mesmo assim causou impacto muito favorável na produção de arroz do RS, com aumento da produtividade em geral e melhoria na qualidade do arroz colhido, além de contribuir para a recuperação de áreas inviabilizadas pela alta incidência de arroz vermelho. A adoção da cultivar IRGA 422CL foi muito rápida pelos orizicultores do RS, atingindo 357.441 ha na safra 2006/07, correspondendo a 38,5 % da área total no Estado. Nesse período de cinco safras (2002/03 a 2006/07) houve um incremento de 40,8 % na produtividade média do RS, passando de 4.903 para 6.902 kg ha⁻¹. Para as regiões orizícolas com maior infestação de arroz vermelho, como a Depressão Central e as Planícies Costeiras, esse incremento foi ainda mais expressivo. A média da Fronteira Oeste, com mais de 300 mil hectares cultivadas na safra 2006/07, foi de 7.669 kg ha⁻¹.

Com a continuidade do trabalho de pesquisa no LSUAC foi obtido um novo mutante (PCW16) com maior grau de tolerância à herbicida e por isso a tecnologia foi denominada de segunda geração. Este genótipo também sofreu uma mutação no gene ALS e proporcionou o desenvolvimento de novas cultivares mais seguras e eficientes no controle de arroz vermelho. A partir desse genótipo o IRGA transferiu o gene de tolerância para a cultivar IRGA 420, resultando no lançamento, no ano de 2011, da nova cultivar IRGA 428. Essa é mais uma ferramenta genética para utilização em lavouras infestadas com arroz vermelho. Dentro dessa mesma tecnologia de segunda geração, o IRGA em parceria com a Metropolitana Incorporações e Locações de Bens LTDA, lançou também duas cultivares de arroz híbrido (QM 1010 CL - ciclo médio e Prime CL -ciclo precoce), que além do controle do arroz vermelho possibilitam o incremento de produtividade.

Na sequência do trabalho de pesquisa o programa de melhoramento do IRGA realizou a conversão das cultivares IRGA 423 e IRGA 424, com a inserção do gene de tolerância à herbicida proveniente da linhagem PCW16. Com a possibilidade de lançamento em futuro próximo dessas cultivares, principalmente da que será derivada da IRGA 424, certamente ocasionará grande impacto à produção de arroz no RS devido ao alto potencial produtivo deste genótipo.

Nesta linha de pesquisa, a EPAGRI lançou em 2011 a cultivar SCS117 CL, a qual é derivada da cultivar Epagri 109 e apresenta tecnologia de primeira geração.

Com o uso contínuo e em grandes áreas das cultivares com resistência aos herbicidas não seletivos do grupo químico das Imidazolinonas, muitas lavouras mostraram a ocorrência de plantas de arroz vermelho resistente (resistência natural ou devido ao fluxo de genes), prejudicando o seu controle. Isto foi observado desde a primeira safra de utilização em lavouras nas diferentes regiões orizícolas do RS, conforme trabalho realizado por Lopes et al. (2007), em que foram encontradas plantas de arroz vermelho resistentes mesmo em área cultivada pela primeira vez no sistema Clearfield®. Diante desta situação, em 2007 o programa de melhoramento do IRGA iniciou um trabalho para seleção de mutantes com tolerância aos grupos químicos Homoalanina Substituída e Oxima Ciclohexanodiona, além de novos genes para resistência à Imidazolinonas. Até o momento foram selecionadas plantas mutadas com resistência confirmada para os herbicidas do grupo das Imidazolinonas. Para o caso do herbicida Oxima Ciclohexanodiona também foram encontradas plantas tolerantes na primeira

avaliação de campo, mas essas deverão ser submetidas à nova aplicação do herbicida para reconfirmar a reação de tolerância.

No ano de 2003 o IRGA iniciou ações de pesquisa em melhoramento de soja para o cultivo em solos de várzea, com o objetivo de integrar um sistema de rotação de culturas que além de ajudar no controle do arroz vermelho, melhora as propriedades físicas e químicas do solo e pode ser mais uma fonte de diversificação de renda ao produtor. Este desafio resultou na primeira cultivar de soja, TECIRGA 6070RR, desenvolvida em parceria com a empresa CCGL TEC. O desenvolvimento desta cultivar de soja com maior tolerância ao excesso hídrico, associada às recomendações de manejo do solo e das plantas daninhas, será fundamental para reduzir a infestação do arroz vermelho no sul do Brasil. Aliado a rotação com soja, tem-se também estudos para o aprimoramento do cultivo do milho nas terras baixas, sendo outra alternativa importante para a ampliação da rotação de culturas e integração de sistemas produtivos mais eficientes no controle do arroz vermelho.

Ações de pesquisa também são realizadas na EPAGRI, para desenvolver novas tecnologias alternativas para o controle do arroz vermelho. A intenção é de que em breve possam disponibilizar novas cultivares de arroz, resistentes a Imidazolinonas, com tecnologia de segunda geração. Além disso, estão procurando selecionar plantas de arroz tolerantes a outros gramíneas.

Controlar o arroz vermelho ainda é um desafio a ser superado na produção de arroz irrigado no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina e, nesse sentido, os programas de melhoramento têm contribuído com novas alternativas tecnológicas mais eficientes e mais produtivas.

Referências Bibliográficas

CROUGHAN, T. P. et al. Herbicide-resistant rice offers potential solution to red rice problem. **Louisiana Agriculture**, 1996, v.39, n.4, p.10-12.

LOPES, M. C. B.; ROSSO, A. F. de; LOPES, S. I. G. et al. IRGA 422CL a cultivar desenvolvida para o Sistema de Produção CLEARFIELD Arroz. Lavoura Arrozreira. Porto Alegre, p.33 - 38, 2004.

LOPES, M. C. B., COMORETO, R. C. M., SANTOS, C. M., FREITAS, P. R. da S., LEAL, C. E. B. Variabilidade Morfológica dos Grãos e Identificação de Arroz Vermelho Resistente ao Herbicida Only em Lavouras de Arroz Clearfield In: **V Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado e a XXVII Reunião da Cultura do Arroz Irrigado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. v.I. p.105 – 107.

[Volta ao sumário](#)

4.3 - DEVELOPMENT OF RICE CULTIVARS RELATED TO THE TECHNOLOGIES APPLIED TO RED RICE CONTROL: PUBLIC INSTITUTIONS – USA

Steve Linscombe¹

Clearfield rice is grown around the world under exclusive license to BASF. Clearfield rice production technology, which was developed by LSU AgCenter scientists, has dramatically changed rice production. It was originally licensed to the American Cyanamid Corporation in 1998. The company was later purchased by BASF, which currently commercializes the technology in a number of rice-producing countries. To understand the significance of this technology, it is important to know a little bit about the rice industry. Rice production is an important part of the agricultural picture in the southern United States, especially in the major producing states of Arkansas, Louisiana, Mississippi, Missouri and Texas. The mechanized production of rice began in the 1880s in southwest Louisiana utilizing some of the new agricultural implements invented during this period. From the beginning of this industry, production was plagued by a weedy relative of commercial rice called red rice, which came in the first seed used by the fledgling industry. Most red rice biotypes are characterized by a red bran layer. Thus, if the grain is harvested and makes it through the milling process, it can cause quality reductions in the milled white rice sample. However, much of the red rice produced in a commercial rice field will never make it through the combine because red rice plants have a propensity to shatter as the seed reaches maturity. In addition, red rice seed has a pronounced dormancy mechanism. Because of the shattering and dormancy traits, once a field is infested with red rice, the seed will remain viable and problematic for many years. Because rice and red rice are so closely related, it has been difficult to develop a conventional rice herbicide that will control red rice without causing significant injury to the commercial rice crop. However, research conducted at the Rice Research Station in Crowley eventually led to the development of Clearfield rice production technology, which has allowed for the control of red rice in commercial rice production. Because it was not feasible to develop a rice herbicide to control red rice without harming the commercial rice, the idea was to develop a new type of rice plant that would be genetically resistant to a herbicide that would control red rice.

Scientists at the Louisiana State University (LSU) AgCenter Rice Research Station in Crowley, Louisiana employed a process known as induced mutation breeding, subjecting a large number of seed to various agents in order to induce a range of mutations that could be tested for herbicide resistance. After 12 years of this process (and billions of rice seed), a single resistant line (93AS3510) was isolated. This line provided the resistance source for the first two Clearfield varieties (CL121 and CL141) released in the U.S. This resistance to imidazolinones was developed from a single rice plant that survived a chemically induced mutation trial in 1993. In 1998, an additional mutated resistant line was identified. This line (CFX18) was developed from the variety Cypress and was very similar to the parental line in yield quality and agronomic characteristics. CFX18 had a much higher level of resistance to imidazolinones than did 93AS3510. To date 14 commercial rice varieties have been developed in the United States using CFX18 as the resistance source. This line is also the source of resistance used in the Clearfield hybrids that have been developed by RiceTec and marketed in the U.S. as well as other countries. This single plant, along with several more resistant plants developed in a similar manner a few years later, allowed for the development of the Clearfield rice technology. It was finally possible to kill red rice without destroying the commercial rice crop. This then allowed, through conventional rice breeding, the development of new varieties that would be high-yielding and have the superior traits needed by the rice industry, while at the same time being resistant to imazethapyr and to a related BASF herbicide called imazamox, which is also used

¹ LOUISIANA STATE UNIVERSITY, USA

with the technology. The technology was first used on a limited amount acreage in 2002. This acreage has steadily grown through the years, and in 2012, Clearfield rice was grown on more than 60 percent of the rice acreage in the southern United States.

The Clearfield technology has allowed a dramatic improvement in the rice producer's ability to control red rice. Imazethapyr and imazamox also provide excellent control of many other problematic weeds in rice production. In addition to weed control, the Clearfield technology has changed the production systems used in rice farming. Before Clearfield rice, the only approach to minimize red rice on severely infested fields was a combination of water seeding and water management that prevented red rice seed from germinating. Water in soil keeps oxygen away from the seed and prevents germination. A typical system involved flooding a rice field in the early spring and then working the field in the water to destroy any red rice seedlings present. After this operation, pre-germinated seed was flown over the field. Shortly after seeding, the field was drained briefly to encourage rice seedling root penetration into the soil. The trick is to leave the field drained long enough for the root to anchor but not so long that the soil cracks and oxygen finds its way into the soil surface. This system only suppressed red rice, and its success was dependent on weather conditions and pumping capabilities that would allow a field to be quickly reflooded. Another major problem with this system was when fields were drained after seeding, the water leaving the field contained a high sediment load from the water tillage operation. This led to soil erosion and water quality problems in receiving streams.

The advent of the Clearfield technology meant these fields would no longer have to be worked in the water and could now be dry-seeded, in many cases using no-till or minimum-till techniques. So, in addition to improving weed control, Clearfield technology has greatly reduced soil erosion and improved water quality and overall environmental stewardship. This technology has been rapidly adopted across the southern United States and has led to high-yielding, higher-quality rice. The reduction of red rice has also greatly benefited the milling industry, as well as consumers and other end users. In addition, Clearfield rice is also being grown today in a number of other rice-producing countries. This research also has led to dramatic improvements in productivity and environmental stewardship in rice production.

[Volta ao sumário](#)

4.4 - DEVELOPMENT OF RICE CULTIVARS RELATED WITH TECHNOLOGIES APPLIED TO RED RICE CONTROL – PRIVATE COMPANIES

Dwight More¹

Companies in the crop protection industry have invested in weed control in rice over many years, but the only company to bring a true solution for red rice control has been BASF. This solution has been the Clearfield[®] Production System for Rice.

The Clearfield Production System was introduced to the rice market in 2002. Clearfield is a system comprised of a tolerance trait, seed, and a herbicide, that provided the first effective control of red rice. This system was developed as a result of collaborations between public institutions and BASF. Primary organizations involved in developing the trait and the system were Louisiana State University, INTA Argentina and BASF. Clearfield quickly became the leading weed control system in direct seeded rice globally.

Concern has risen that the sustainability of the clearfield production system in rice may be weakened in part due to its success and the broad use of the system. As a result of its strong interest in sustainable solutions and in rice as a crop, basf has been investing its expertise and financial resources in research into a complimentary weed control system. This research is progressing positively and is expected to result in a weed control system in addition to clearfield thereby providing two systems to be used in rotation to provide sustainable and highly effective red rice control in rice crops.

[Volta ao sumário](#)

¹ BASF, USA.

4.5 - INTEGRAÇÃO DA BIOLOGIA, BIOTECNOLOGIA E MANEJO PARA O CONTROLE DE ARROZ VERMELHO

Aldo Merotto Jr¹
Anderson L. Nunes²
Catarine Markus³
Giliardi Dalazen⁴
Everton D. Bortoly⁵

O controle de plantas daninhas sempre foi uma das atividades mais difíceis para a produção de alimentos. A evolução humana recente passou pela domesticação de plantas, e o cultivo destas plantas passa pelo desafio da competição causada por plantas indesejáveis que limitam a obtenção do alimento desejado. Desde a adaptação da lança para a enxada, o arado, os herbicidas, o GPS, passando pelas culturas transgênicas resistentes a herbicidas, e indo para o desenvolvimento potencial de métodos moleculares, o homem em vários momentos acreditou estar diante de um método que finalmente iria facilitar em muito o controle de plantas daninhas. Infelizmente, a história tem mostrado que todos os métodos atualmente disponíveis apresentam limitações principalmente quando utilizado isoladamente e em larga escala. Neste sentido, mesmo com o desenvolvimento de novas tecnologias relacionadas a métodos químicos ou moleculares temos que analisar estes métodos com base nas experiências já obtidas e gerar conhecimentos que permitam a utilização correta destes métodos por um número cada vez maior de produtores.

1 – As “ondas” dos métodos de controle de plantas daninhas

Academicamente os métodos de controle de plantas daninhas são divididos em preventivos, culturais, físicos, biológicos e químicos. Historicamente, o melhor método disponível de controle de plantas daninhas sempre dominou a preferência pelos produtores devido a fatores exatamente iguais aos que existem nas outras atividades humanas rurais ou urbanas. Entretanto, no caso de plantas daninhas ocorrem processos biológicos de alta capacidade de adaptação, que resultam na seleção de genótipos que escapam das medidas de controle. Estes métodos de controle representam diversas “ondas” do controle de plantas daninhas. A primeira onda foi os métodos físicos relacionados a enxada e a capina mecanizada com suas diversas variações. A segunda grande onda, na qual estamos passando na maioria das situações de agricultura desenvolvida, é referente a utilização de herbicidas. Os principais aspectos em debate da onda química são relacionados ao desenvolvimento de compostos, eficiência, interações fisiológicas com as plantas, segurança ambiental e toxicológica, e resistência de plantas. No entanto, necessitamos nos atentar que no presente momento estamos vivendo o início da terceira onda que é a “onda molecular”.

O início “onda molecular” de métodos de controle de plantas daninhas pode ser caracterizado pelo desenvolvimento de culturas transgênicas resistentes a herbicidas. Desta forma os eventos transgênicos Roundup Ready^(R) e Liberty Link^(R) amplamente utilizados nas culturas de soja, milho algodão e canola e em desenvolvimento em várias outras culturas já caracterizam a utilização de procedimentos desta terceira onda para o controle de plantas daninhas. Ainda, outros transgênicos em desenvolvimento relacionados aos eventos Enlist^(R), Xtend^(R), Optimum GAT^(R) e Cultivance^(R) demonstram a continuidade do desenvolvimento de culturas resistentes a herbicidas de diversos mecanismos de ação. Estes produtos moleculares ainda estão conjugados a

¹ Professor, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS.

² Professor, IFRS, Sertão, RS.

³ Aluno de Pós-graduação, PPG Fitotecnia/UFRGS, Porto Alegre, RS.

⁴ Aluno de Pós-graduação, PPG Fitotecnia/UFRGS, Porto Alegre, RS.

⁵ Aluno de Pós-graduação, PPG Fitotecnia/UFRGS, Porto Alegre, RS.

utilização de herbicidas, e apresentam-se como alternativas principalmente por proporcionarem a utilização de herbicidas que não possuem seletividade natural em diversas culturas. No entanto, existem técnicas moleculares em desenvolvimento atualmente que se referem ao desenvolvimento de produtos moleculares que isoladamente resultem em controle ou mitigação de plantas daninhas.

2 – Aplicações de conhecimentos de biologia de arroz vermelho

A grande disponibilidade de informações moleculares sobre arroz cultivado e o problema relacionado ao arroz vermelho nesta cultura caracterizam-se como um modelo para o desenvolvimento de métodos moleculares para o controle de plantas daninhas. Por exemplo, o silenciamento de genes relacionados a ocorrência do degrane de arroz vermelho pode contribuir para o controle desta planta daninha (Gressel & Valverde, 2009). Neste caso, poderão ser desenvolvidas cultivares de arroz contendo o gene relacionado ao silenciamento do degrane de sementes. Considerando a ocorrência de fluxo gênico do arroz cultivado para o arroz vermelho, este gene silenciado seria transferido para o arroz vermelho que teria assim ausência de degrane de sementes. Este procedimento já foi realizado e o silenciamento de gene relacionado ao degrane resultou em plantas de arroz com ausência desta característica (Zhou et al., 2012) A ausência de degrane de arroz vermelho é uma característica desejável pois desta forma as sementes podem ser retiradas da lavoura no momento da colheita. Outra característica do arroz vermelho que pode ser explorada de forma semelhante é a dormência de sementes.

O estudo de várias características relacionadas a invasibilidade de arroz vermelho representam atualmente não apenas um fato científico a ser conhecido, mas adquirem maior importância como forma de manipulação para o desenvolvimento de tecnologias que venham a ser utilizadas em processos de controle ou mitigação desta planta daninha. Vários conhecimentos de diversas características de arroz são disponíveis devido ao fato de que esta espécie é considerada uma planta modelo de estudos moleculares. Entretanto, a transposição destes conhecimentos obtidos com arroz cultivado para o desenvolvimento de tecnologias de controle ou mitigação de arroz vermelho pode resultar em inconsistências devido as diferenças entre estas plantas. A seguir serão apresentados resultados relacionados a complexidade do degrane e dormência de sementes em arroz vermelho e discutidos os desafios para utilização destas características em procedimentos moleculares de mitigação desta invasora em lavouras de arroz.

2.1 – Degrane de sementes

O degrane é uma das principais características que tornam o arroz vermelho daninho. A melhor compreensão da regulação do degrane em arroz vermelho poderá ser utilizada para o desenvolvimento de procedimentos de biotecnologia que permitam reduzir os problemas desta planta daninha. Foram desenvolvidos vários estudos com biótipos de arroz vermelho em comparação com cultivares de arroz com o objetivo de determinar a variabilidade e a regulação gênica do degrane de sementes em arroz vermelho (Nunes, 2012). O gene qSH1 comumente relacionado com o degrane não possui efeito nos genótipos avaliados. A expressão relativa dos genes OsCPL1 e OsXTH8 apresentou uma relação direta com o nível de degrane (Nunes et al., 2013). Já a expressão relativa do gene OsCel9D apresentou uma relação inversa aos maiores níveis de degrane. A variabilidade nucleotídica do gene Os08g0512400 a 1271 bases upstream mostrou que os genótipos com o nucleotídeo T possuem em geral elevado degrane, enquanto que os genótipos com o nucleotídeo A apresentam baixo degrane (Nunes et al., 2013). Além disso, a variação nucleotídica do exon 5 do gene Os01g0849100 apresentou dois SNPs, nas posições 2981 e 3057, que podem estar relacionados ao degrane. A metodologia SSH identificou 154 clones diferencialmente expressos que podem estar relacionados ao degrane em arroz (Nunes, 2012). Destes clones, 61% apresentam funções conhecidas relacionadas ao processamento e armazenamento da informação,

sinalização, processos celulares e metabolismo. Além da importância de genes conhecidos como OsCPL1, os genes OsXTH8, OsCel9D, Os08g0512400 e Os01g0849100 também estão relacionados ao degrane de sementes em arroz vermelho.

Estes resultados indicam que a utilização dos principais genes relacionados ao degrane de sementes caracterizados em arroz cultivado qSH1, sh4 e OsCPL1 para o desenvolvimento de tecnologias de silenciamento gênico relacionadas a diminuição do degrane não serão eficientes em relação ao arroz vermelho existente no Sul do Brasil. Ainda, os resultados encontrados demonstram que o degrane de sementes em arroz vermelho é regulado por vários genes ao contrário dos resultados obtidos em arroz cultivado do tipo indica (Li *et al.*, 2006b) e japônica (Konishi *et al.*, 2006) onde um único gene é responsável por 69 % da regulação do degrane. Em biótipos de arroz vermelho originados do Sul do Brasil o degrane de sementes é regulado por vários genes, como OsCPL1 que também foi descrito em arroz cultivado, e por genes até então não relacionados diretamente com esta característica como OsXTH8, OsCel9D, Os08g0512400 e Os01g0849100 (Nunes et al., 2012)

2.2 – Dormência de sementes de arroz vermelho

A dormência de sementes representa a característica de perpetuação das plantas daninhas no ambiente. A melhor compreensão desta característica em arroz vermelho poderá ser utilizada para desenvolver tecnologias que permitam reduzir os problemas desta planta daninha em lavouras de arroz. Foram realizados estudos de avaliação da expressão gênica e da variabilidade da composição nucleotídica de genes identificados originalmente em arroz cultivado em avaliações realizadas em sementes de arroz vermelho (Markus, 2013). Para estas análises foram utilizados cultivares de arroz, a espécie silvestre *O. glaberrima* e ecótipos de arroz vermelho provindos do sul do Brasil. A caracterização fenotípica mostrou que os ecótipos de arroz vermelho apresentam alto nível e alta variabilidade de degrane em comparação com variedades de arroz (Markus, 2013). Com relação aos genes da dormência das sementes, a expressão do gene OsCYP707A5 não foi relacionada com essa característica em nenhum dos momentos avaliados. Aos 14 dias após a antese, os genes Sdr4 e OsMADS29 apresentam, respectivamente, relação positiva e negativa com a dormência das sementes de arroz vermelho. Da mesma forma, quando as sementes estavam maduras, aos seis meses após a colheita, o gene Sdr4 apresentou efeito positivo na dormência das sementes de arroz vermelho e o gene OsMADS29 possuiu relação com esse caráter. Durante o processo de germinação das sementes o gene OsCYP707A5 também não apresentou relação com a dormência das sementes de arroz cultivado e daninho. Neste mesmo momento a expressão do gene OsMADS29 apresentou efeito negativo ao caráter de dormência das sementes. Ainda com relação ao processo de germinação, a expressão do gene Sdr4 mostrou relação positiva com o caráter de dormência das sementes de arroz vermelho, mesmo durante o processo de germinação das sementes. Os resultados encontrados sobre a dormência de sementes de arroz vermelho em comparação aos descritos para arroz cultivado são diferentes para o gene OsCYP707A5, e são similares para os genes Sdr4 e OsMADS29.

3 – Processos de biotecnologia aplicados a contenção ou mitigação de fluxo gênico em arroz

O fluxo gênico é uma importante ferramenta evolutiva para as plantas, mas também é um problema para a contenção plantas transgênicas ou derivadas de mutações naturais. Este problema é mais importante ainda nas situações em que a cultura possui plantas co-específicas que possuem características de plantas daninhas como arroz, canola, sorgo, beterraba, entre outras. No caso de arroz, a taxa de fecundação cruzada fluxo gênico na maioria das situações varia de 0,01 a 0,5% (Goulart et al., 2012). Desta forma, a migração do gene de interesse para o arroz vermelho representa um problema quando este está relacionado, por exemplo, com a resistência a herbicidas. Neste caso, o controle das plantas de arroz vermelho torna-se impossibilitado devido a migração do

gene de resistência. Esta é um dos principais entraves para disponibilização comercial de produtos transgênicos relacionados a cultura do arroz.

Diversas ferramentas estão sendo pesquisadas como forma de contenção ou diminuição da ocorrência de fluxo gênico ou de mitigação da consequência no caso de introgressão da característica para o arroz vermelho (Liu et al., 2008; Gressel & Valverde, 2009) e outras plantas (Al-Ahmad et al., 2006). As técnicas de contenção estão relacionadas a herança maternal do transgene, macho esterilidade, apomixia, e cleistogâmia. A herança materna significa a localização do transgene no cloroplasto está relacionada a não ocorrência de migração do gene de interesse através de pólen. No entanto, foi identificado a ocorrência de fluxo do gene de interesse mesmo possuindo herança maternal na cultura do fumo e em *Setaria itálica*, porém em valores muito inferiores as plantas não modificadas (Lee & Latensen, 2004). Outros processo como macho esterilidade e apomixia ainda apresentam limitação de conhecimento que têm resultado em inconsistência nos produtos desenvolvidos principalmente em larga escala. Por outro lado a tecnologia para desenvolvimento de plantas cleistogâmicas, que é uma forma de forçar a autofecundação e impedir o fluxo gênico, está em estágio mais avançado e pode produzir tecnologias mais consistentes de contenção do gene de interesse (Baorong et al., 2008).

As tecnologias de mitigação das consequência do fluxo gênico estão relacionadas ao sistema GURT ou terminator, e inserção de genes mitigadores de nanismo, anti-degrane, anti-dormência e de suscetibilidade a herbicidas em tandem com o gene de interesse. A tecnologia GURT foi desenvolvida para impedir a produção ilegal de sementes (Lee & Natensan, 2006), mas poderá ser adaptada para a restrição da emergência das sementes da planta que receber um determinado transgene. A inserção de genes mitigadores em conjunto com o gene de interesse pode proporcionar a menor adaptação da planta que receber o transgene ou torna-la suscetível a um determinado herbicida. A inserção de genes de nanismo expresso na planta que receber o cassete de transformação resultará em uma planta de menor crescimento e que será eliminada ou produzirá menos sementes quando em competição com a cultura (Al-Ahmad et al., 2006). A técnica de anti-degrane parte da premissa de reduzir a debulha da planta daninha ou silvestre, possibilitando a colheita desses grãos e impedindo que eles futuramente venham infestar a lavoura. Já a técnica de quebra da dormência possibilitaria que as sementes das plantas daninhas ou silvestres germinem uniformemente no ano seguinte, possibilitando o seu controle.

A tecnologia de suscetibilidade a herbicidas está relacionada a inclusão de um gene que inativa a enzima CitP450 da planta de arroz tornando-a suscetível ao herbicida bentazon (Lin et al., 2008). As plantas de arroz são naturalmente tolerantes a este herbicida. Desta forma, a estratégia consiste no cultivo de arroz comum e na utilização de do herbicida bentazon no ano seguinte a ocorrência do fluxo gênico, controlando assim o arroz vermelho que sofreu fluxo gênico no ano anterior. Ainda, esta tecnologia de gene de suscetibilidade também pode ser conjugada com a inserção outros genes que confirmam suscetibilidade a genes de resistência a herbicidas (Texto J. Gressel neste seminário). Desta forma a ocorrência de arroz vermelho que recebeu o cassete de um determinado transgene o torna suscetível ao herbicida de interesse como glifosato ou glufosinato e a um “herbicida mitigador” como bentazon. Neste caso a utilização intercalada destes herbicidas permite o controle de plantas de arroz vermelho que venham a adquirir o gene de resistência.

Conforme descrito acima, todas as técnicas propostas para contenção ou mitigação da ocorrência de fluxo gênico para o arroz vermelho quando analisadas individualmente não apresentam a totalidade de eficiência. Entretanto, mesmo individualmente estas tecnologias podem reduzir as consequências do fluxo gênico para arroz vermelho em dezenas ou centenas de vezes. Ainda, quando utilizadas em conjunto com outras técnicas e principalmente com práticas de manejo da cultura, estas tecnologias podem ser consideradas como viáveis para

proporcionar a utilização de cultivares de arroz transgênicas com resistência a herbicidas ou para demais características como resistência a insetos, estresses ambientais ou referentes a qualidade do arroz.

4 – Novos e futuros métodos de controle de arroz vermelho.

A exploração da variabilidade do arroz resultante de processos naturais ou artificiais de indução a mutações resultará na obtenção de cultivares de arroz resistentes a herbicidas de diferentes mecanismos de ação em relação ao sistema Clearfield^(R) que possui resistência a herbicidas inibidores da enzima ALS. As características dos herbicidas indicam que os mecanismos que este processo pode ser desenvolvido são principalmente para herbicidas inibidores da ACCase, EPSPs e GS, por exemplo.

Diversos países asiáticos encontram-se em processo de regulamentação de cultivares transgênicas de arroz. Este processo, uma vez ocorrendo em algum país que possua expressiva demanda ou produção de arroz poderá resultar na eliminação ou diminuição das restrições comerciais relacionadas a utilização de produtos transgênicos de arroz. Desta forma, os eventos transgênicos desenvolvidos para as culturas de soja, milho, algodão e canola talvez possam ser utilizados também na cultura do arroz. Salienta-se que na cultura do arroz a utilização conjunta de mais de um gene de resistência a herbicidas é um procedimento que não deve ser realizado. Neste caso, a ocorrência de fluxo gênico pode resultar na migração de todos os genes de resistência para o arroz vermelho, perdendo-se todas as possibilidades de utilização dos herbicidas para o controle desta invasora. A disponibilidade de eventos independentes de resistência a herbicidas em arroz é fundamental para a rotação de mecanismos de ação de herbicidas que venham a contribuir para o controle de plantas de arroz vermelho que evoluíram a resistência a um determinado herbicida.

O desenvolvimento de tecnologias relacionadas ao silenciamento direto de genes através de RNAi poderá se constituir em um processo revolucionário de controle de plantas daninhas, insetos e vírus (Sammons et al., 2010; www.genomeweb.com, acesso em 06 de setembro de 2012). Entretanto, dificuldades relacionadas a toxicidade, ao direcionamento celular, e principalmente devido a ocorrência de vírus com habilidade de resistir a este mecanismo são apontadas em estudos relacionados ao silenciamento gênico em animais (Haasnoot et al., 2007) e também são aspectos importantes a serem considerados em relação a sua utilização em plantas.

5 – Importância do manejo da cultura como forma de sustentabilidade dos métodos de controle de arroz vermelho

As diversas características do arroz vermelho e a complexidade da eficiência dos métodos de controle discutidos neste seminário explicam o grande desafio que o arroz vermelho representa para a produção de arroz. Os prejuízos anuais causados pelo arroz vermelho de centenas de milhões de Reais no Brasil, e dezenas de vezes superior a isto em todo o mundo caracterizam a magnitude deste problema e evidenciam a necessidade de aprimoramento das medidas destinadas ao seu controle. Desta forma, mesmo que os métodos em desenvolvimento possuam limitações de eficiência deve-se considerar que o problema causado pelo arroz vermelho é muito grande, e que o caminhar para o aprimoramento através de diversas técnicas representa um caminho na direção da diminuição dos efeitos desta planta daninha na cultura do arroz.

Os resultados apresentados apontam que as várias tecnologias existentes ou em desenvolvimento não resultarão em controle do arroz vermelho, e por exemplo, a eliminação do risco de fluxo gênico de arroz para arroz cultivado é difícil de ser alcançada. No entanto, o principal fator relacionado ao controle dos processos já existentes como no caso de cultivares resistentes a herbicidas imidazolinonas ou de outras novas tecnologias é a sistemática de manejo da cultura realizada por cada produtor. As evidências apresentadas indicam que nenhum método irá individualmente resolver o problema de arroz vermelho. As ondas existentes tanto relacionadas ao

controle químico como em relação a onda molecular serão somente ondas se não foram utilizadas adequadamente por cada produtor individualmente. Desta forma, os fatores relacionados ao manejo da cultura e de plantas daninhas abordados detalhadamente neste seminário, como adequação de sistemas de preparo do solo e de irrigação, época plantio, período de início da irrigação, e principalmente rotação de culturas, manejo da vegetação antecedendo o plantio, controle de escapes e utilização de sementes isentas de arroz vermelho, são e continuarão sendo as ferramentas mais importantes em relação ao controle de arroz vermelho.

6 – Referências bibliográficas

- AL-AHMAD, H., GALILI, S. e GRESSEL, J. Infertile interspecific hybrids between transgenically mitigated *Nicotiana tabacum* and *Nicotiana sylvestris* did not backcross to *N. sylvestris*. **Plant Sci. (Amsterdam, Neth.)**. v. 170, n. 5, May, p. 953-961, 2006.
- GOULART, I C G; PACHECO, M T; NUNES, A L; MEROTTO JR, A . Identification of origin and analysis of population structure of field-selected imidazolinone-herbicide resistant red rice (*Oryza sativa*). *Euphytica*, v. 187, p. 437-447, 2012b.
- GRESSEL, J.; VALVERDE, B. E. A strategy to provide long-term control of weedy rice while mitigating herbicide resistance transgene flow, and its potential use for other crops with related weeds. **Pest Management Science**, v. 65, n. 7, p. 723-731, 2009.
- HAASNOOT, J; WESTERHOUT, E. M.; BERKHOUT, B. 2007. RNA interference against viruses: strike and counterstrike. **Nature Biotechnology**, v. 25, n. 12, p. 1435-1443.
- KONISHI, S. *et al.* An SNP caused loss of seed shattering during rice domestication. **Science**, v. 312, n. 5778, p. 1392-1396, 2006.
- LEE, D. e NATESAN, E. Evaluating genetic containment strategies for transgenic plants. **Trends Biotechnol**, v. 24, n. 3, Mar, p. 109-114, 2006.
- LI, C. B.; ZHOU, A. L.; SANG, T. Rice domestication by reducing shattering. **Science**, v. 311, n. 5769, p. 1936-1939, 2006b.
- LIN, C. Y., *et al.* A Built-In Strategy for Containment of Transgenic Plants: Creation of Selectively Terminable Transgenic Rice. **PLoS ONE**. v. 3, n. 3, Mar, p., 2008.
- LU, Baorong, L. Transgene escape from GM crops and potential biosafety consequences: an environmental perspective. **Collection of Biosafety Reviews**. v. 4, p. 66-141. 2008.
- MARKUS. C. 2013. Expressão e variabilidade gênica do degrane e da dormência das sementes em arroz vermelho (*Oryza sativa* L.). Dissertação de mestrado (PPG Fitotecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Brasil.
- NUNES A. L. 2012. Variabilidade genética de características associadas ao arroz vermelho. Tese de Doutorado. (PPG Fitotecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Brasil.
- NUNES A. L., C A DELATORRE, MEROTTO JR. A. 2013. Nucleotide variability reveals new putative genes related to seed shattering in red rice. *Plant Biology*, em publicação.
- SAMMONS R D, et al 2010. Regulating target endogenous gene expression in growing plants/plant organs involves topically coating onto plants/organs, a composition comprising polynucleotide having sequence of specific contiguous nucleotides, and transferring agent Patent Number(s): WO2011112570-A1 ; US2011296556-A.
- ZHOU, Y., *et al.* Genetic Control of Seed Shattering in Rice by the APETALA2 Transcription Factor SHATTERING ABORTION1. **Plant Cell**. v. 24, n. 3, Mar, p. 1034-1048, 2012.

[Volta ao sumário](#)

