

Identificação de biótipos de arroz-vermelho resistente a herbicidas por bioensaio

Oliveira de Mendonça, André^{1,4}; Letícia Winke Dias¹; André Pich Brunes¹; Sandro de Oliveira¹; Elisa Souza Elemen¹; Dirceu Agostinetto²; Géri Eduardo Meneghello³

¹Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes – UFPel/FAEM; ² Pós-Graduação em Fitossanidade – UFPel/FAEM; ³Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes – UFPel/FAEM; ⁴andreh_mendonca@hotmail.com

Oliveira de Mendonça, André; Letícia Winke Dias; André Pich Brunes; Sandro de Oliveira; Elisa Souza Elemen; Dirceu Agostinetto; Géri Eduardo Meneghello (2014) Identificação de biótipos de arroz-vermelho resistente a herbicidas por bioensaio. Rev. Fac. Agron. Vol 113 (2): 114-122.

O arroz-vermelho resistente aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) é um dos principais entraves para o manejo da cultura do arroz cultivado. O objetivo do trabalho foi desenvolver uma metodologia rápida e eficiente para a identificação de sementes de arroz-vermelho resistente a mistura formulada dos herbicidas imazapir + imazapic. O estudo foi composto por três experimentos em esquema fatorial, sendo o primeiro composto pelos fatores biótipos de arroz-vermelho (resistente e suscetível), substratos (papel mata-borrão e areia) e cinco doses (0 a 60% da dose comercial - 140 g ha⁻¹) do herbicida imazapir + imazapic (Kifix[®]); o segundo constou de biótipos de arroz-vermelho (resistente e suscetível), com ou sem adição de óleo mineral e seis doses (0 a 50% da dose comercial - 140 g ha⁻¹) do herbicida; e, o terceiro foi formado pelos fatores biótipos de arroz-vermelho (resistente e suscetível) e cultivares de arroz Puitá INTA CL e IRGA 417, com ou sem herbicida e ambiente controlado e não controlado. Foram avaliadas a primeira contagem de germinação, germinação e índice de velocidade de germinação. O substrato papel mata-borrão, com solução herbicida a 60% da dose comercial, acrescido de óleo mineral, em temperatura controlada, é eficiente na identificação de sementes de arroz-vermelho resistente.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, planta daninha, análise de sementes, ALS.

Oliveira de Mendonça, André; Letícia Winke Dias; André Pich Brunes; Sandro de Oliveira; Elisa Souza Elemen; Dirceu Agostinetto; Géri Eduardo Meneghello. Identification of biotypes red rice herbicide-resistant for bioassay. Rev. Fac. Agron. Vol 113 (2): 114-122.

Red rice resistant to herbicides inhibitors of acetolactate synthase (ALS) is a major constraint to crop management in rice. The aim of the study was to develop a rapid and efficient methodology for identifying red rice seeds resistant to the mixture formulated herbicide imazapyr+imazapic. The study consisted of three separate experiments, all in factorial design. The first experiment was composed by the factors red rice biotypes (resistant and susceptible), substrates (blotting paper and sand) and five doses of imazapyr+imazapic (Kifix[®]) (0-60% of the recommended rate - 140 g ha⁻¹) herbicide. The second experiment consisted of biotypes of red rice (resistant and susceptible), with or without the addition of mineral oil and six doses of the herbicide (0-50% of the recommended rate - 140 g ha⁻¹). At last, the third experiment was formed by the factors biotypes of red rice (resistant and susceptible) and rice cultivars (Puitá INTA CL and IRGA 417), with or without herbicide and controlled and uncontrolled environment. We evaluated the first count of germination, germination and germination's velocity index. The substrate blotting paper with herbicide solution to 60% of the recommended rate, plus mineral oil and controlled temperature is efficient in identifying of red rice seeds resistant to ALS herbicides.

Keywords: *Oryza sativa*, weed, seed testing, ALS.

Recibido: 21/08/2014

Aceptado: 03/02/2015

Disponibile on line: 01/09/2014

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

INTRODUÇÃO

O Estado do Rio Grande do Sul (RS) produz aproximadamente 66% do arroz do país, notadamente irrigado, que tem elevada produtividade, comparada ao arroz de terras altas (Conab, 2013). No entanto, o fator que mais se destaca como limitante para o aumento do potencial produtivo é o controle insatisfatório de plantas daninhas, especialmente do arroz-vermelho, considerado a principal planta daninha de áreas cultivadas com arroz irrigado (Agostinetto et al., 2001). Com o desenvolvimento do arroz resistente ao grupo químico das imidazolinonas, tecnologia denominada Sistema Clearfield®, tornou-se possível o manejo do arroz-vermelho de forma eficiente. Porém, um dos problemas que pode ocorrer no referido sistema é o fluxo de genes ou a resistência natural em plantas de arroz-vermelho, prejudicando a eficiência do mesmo (Lopes et al., 2007).

Estudos de monitoramento em lavouras do RS demonstraram que em quase 66% delas identificou-se indivíduos resistentes aos herbicidas imazetapir + imazapic (Menezes et al., 2009). Em virtude da elevada frequência do surgimento de plantas de arroz-vermelho resistentes a imidazolinonas, tem-se a necessidade de desenvolvimento de métodos rápidos e eficientes para a identificação destes indivíduos, com vistas a identificar precisamente as áreas onde essa ferramenta de controle não está sendo eficaz e, com isso, adotar práticas de manejo que permitam evitar que o biótipo resistente seja disseminado.

A maioria dos experimentos clássicos de identificação requerem muito espaço e tempo para a sua execução, além de onerosos e não expeditos, sendo inadequados para analisar grande número de amostras (Vidal et al., 2006), fazendo-se necessário abordagens mais expeditas para a identificação de biótipos resistentes.

A utilização de bioensaios com sementes, órgãos da própria planta sob suspeita, podem ser usados para a identificação de plantas resistentes aos herbicidas (Merotto Jr et al., 2009). No entanto, o uso de bioensaios requer a determinação das condições ideais que proporcionem a correta discriminação entre indivíduos resistentes e suscetíveis, tais como substrato, temperatura, luminosidade, umidade, utilização de adjuvante e da concentração do herbicida a ser utilizado.

O objetivo deste trabalho foi testar uma metodologia rápida e eficiente para identificação, em sementes de arroz-vermelho, se há resistência a mistura formulada dos herbicidas imazapir + imazapic.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi composto por três experimentos, conduzidos no laboratório didático de análise de sementes/FAEM/UFPeI, utilizando-se 25 sementes cada caixa gerbox, arranjadas em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições.

As sementes de arroz-vermelho resistente foram coletadas em lavoura comercial do município de General Câmara/RS, enquanto as sementes de arroz-vermelho suscetível foram oriundas da Estação

Experimental do Arroz (EEA) do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), no município de Cachoeirinha/RS.

No primeiro experimento as sementes foram mantidas a temperatura constante de 25°C (Brasil, 2009), sendo os tratamentos arranjados em esquema fatorial onde o fator A foi composto por biótipos de arroz-vermelho (resistente e suscetível); o fator B por substratos (papel mata-borrão e areia esterilizada com granulometria de 0,5 – 0,8mm); e, o fator C pelas doses 0, 15, 30, 45 e 60% da dose comercial (140 g ha⁻¹) do herbicida imazapir + imazapic (Kifix®), adicionando-se óleo mineral Dash® a 0,5% v/v.

Para a execução dos testes com o papel mata-borrão, duas folhas em cada gerbox, foi umedecido a 2,5 vezes o peso seco do papel, enquanto a areia, utilizaram-se 350g umedecidas a 50% de sua capacidade de retenção, onde primeiramente 250g foram distribuídas em cada gerbox adicionando-se em seguida 3/4 da solução herbicida. Posteriormente a semeadura, o restante da areia umedecida e da solução foi utilizada para cobrir as sementes.

Realizaram-se contagens diárias até o décimo quarto dia, sendo consideradas germinadas somente as plântulas com protrusão da raiz primária superior a 2 mm e presença de raízes secundárias, para o papel, e parte aérea bem desenvolvida para a areia. O índice de velocidade de germinação (IVG) foi calculado segundo Maguire (1962). Aos sete dias foi realizada a primeira contagem da germinação (PCG), sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais. A contagem de germinação (G) foi feita aos 14 dias (Brasil, 2009).

Os tratamentos do segundo experimento foram arranjados em esquema fatorial, sendo o fator A: biótipos de arroz-vermelho (resistente e suscetível); fator B: com ou sem óleo mineral; e, fator C: doses de 0, 10, 20, 30, 40 e 50% da dose comercial do herbicida (140 g ha⁻¹).

O herbicida, o preparo das doses, o adjuvante e as variáveis avaliadas foram idênticas as descritas no primeiro experimento, utilizando como substrato o papel mata-borrão.

Os tratamentos do terceiro experimento foram arranjados em esquema fatorial, sendo fator A: biótipos (arroz-vermelho resistente e suscetível, cultivares de arroz Puitá INTA CL e IRGA 417); fator B: com ou sem herbicida; e, fator C: ambiente (controlado e não controlado).

Foi utilizado o herbicida imazapir + imazapic (Kifix®) a 60% (84g ha⁻¹) da dose recomendada, acrescido de óleo mineral Dash®, a 0,5% v/v. Para a condição de temperatura controlada os gerbox foram mantidos durante todo o período em germinador a 25°C, enquanto que para temperatura não controlada foram organizados em bancada com iluminação natural, sem incidência direta de raios solares.

O herbicida, o preparo da dose, o adjuvante e as variáveis avaliadas foram idênticas as descritas no primeiro experimento, utilizando como substrato o papel mata-borrão. O experimento foi conduzido no mês de maio de 2013, sendo que a temperatura no ambiente não controlado oscilou de 20,7 a 27,9 °C, durante o período de condução do experimento.

Os dados foram analisados quanto a normalidade e homocedasticidade e posteriormente submetidos a análise de variância (teste F), e em sendo significativa, realizou-se teste “t” para os fatores biótipos, substrato, adjuvante, condição e herbicida, para comparação das doses utilizou-se equação exponencial e, para os dados de biótipos teste de Tukey, todos a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

No primeiro experimento verificou-se interação entre os fatores biótipos, substratos e doses de herbicida para todas as variáveis analisadas. Para a variável IVG, observou-se que o biótipo resistente foi superior ao suscetível em ambos os substratos e em todas as doses, com exceção da dose zero, em que os biótipos não apresentaram diferença no substrato areia (Tabela 1). No que se refere ao substrato, verificou-se que no biótipo suscetível não houve diferença entre os substratos, excetuando a dose 30%, em que o substrato papel apresentou resultado superior. Entretanto, no biótipo resistente, em todas as doses, o substrato papel demonstrou maior IVG. O substrato areia foi o que proporcionou maior IVG em *Calotropis procera*, quando comparado com papel (Silva et al., 2009). Por outro lado, em experimento com as espécies *Rhipsalis floccosa* e *Rhipsalis pilocarpa* foi verificado que o IVG foi maior em papel do que em areia para *R. floccosa*, ao passo que para *R. pilocarpa* não houve diferença entre os substratos (Lone et al., 2009). Já, estudos conduzidos com *Spilanthes oleracea* e *Astronium concinnum*, utilizando diferentes substratos, não demonstraram diferença entre papel e areia para a variável IVG (Honório et al., 2011; Souza et al., 2012). Os resultados indicam que cada espécie apresenta comportamento distinto em relação ao substrato, ressaltando a importância de estudar individualmente as espécies.

Para a variável PCG, em geral, o biótipo resistente apresentou maior porcentagem de plântulas normais, a exceção da dose zero e 60%, em que não se observou diferença entre os biótipos no substrato areia (Tabela 2). No que se refere aos substratos, para o biótipo suscetível houve diferença apenas na dose zero, onde a areia gerou melhores resultados, no entanto, no biótipo resistente, diferenças foram observadas para as quatro doses testadas, onde o substrato papel foi o que proporcionou maior número de plântulas normais.

Comportamento semelhante à PCG foi observado para a variável G, tanto na comparação entre biótipos quanto entre substratos (Tabela 2). Ainda, na dose 30% no biótipo suscetível, o substrato areia apresentou resultado inferior. A capacidade de retenção de água apresentada por cada substrato, aliada às características das sementes, que regulam o fluxo de água para seu interior, pode ter influenciado na porcentagem de germinação. A areia é substrato que possui alta capacidade de drenagem, fazendo com que a água passe rapidamente para as camadas subsuperficiais, o que deixa a parte superior desse substrato ressecada. Dessa forma, o processo de embebição de água das sementes pode ser diminuído.

Tabela 1: Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de arroz-vermelho, resistente e suscetível, após aplicação de doses de herbicida em diferentes substratos. FAEM/UFPeL, Capão do Leão, 2013. ¹ Médias na linha, dentro de cada dose, antecedidas por * ou ^{ns} diferem ou não, respectivamente, pelo teste t (p≤0,05). Médias na coluna, dentro de cada dose, seguidas por * ou ^{ns} diferem ou não, respectivamente, pelo teste t (p≤0,05).

Dose (%)	Substrato	Biótipo	
		Suscetível	Resistente
0	Papel	* 5,77 ^{ns}	7,15 ^{ns}
	Areia	^{ns} 5,78	5,84
15	Papel	* 0,47 ^{ns}	3,52 ^{ns}
	Areia	* 0,41	1,02
30	Papel	* 0,39 *	2,12 *
	Areia	* 0,14	0,46
45	Papel	* 0,00 ^{ns}	1,51 ^{ns}
	Areia	* 0,03	0,41
60	Papel	* 0,00 ^{ns}	1,23 ^{ns}
	Areia	* 0,00	0,18
C. V. (%)		13,06	

Analisando as doses, em cada substrato e biótipo, observou-se comportamento exponencial, onde o biótipo suscetível, em ambos os substratos, apresentou redução acentuada da variável IVG na menor dose herbicida testada (Figura 1A). Resultado similar foi observado para o biótipo resistente, no substrato areia, enquanto que no substrato papel esse efeito foi menos sensível. Uma das técnicas usadas para estimar o vigor das sementes é o índice de velocidade de germinação (IVG), sendo que quanto mais rápido a semente germina, maior o seu vigor (Lima et al., 2005). Em estudo conduzido com sementes de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia*) com diferentes temperaturas e dois substratos, areia e papel, verificou-se que em geral o substrato papel promoveu maior IVG das sementes, em relação à areia (Machado et al., 2002).

O fator doses para a variável PCG apresentou comportamento semelhante nos biótipos suscetíveis em ambos os substratos e no resistente quando semeado em areia, em que na dose de 15% tiveram o percentual de plântulas normais reduzidos a 9% em média, enquanto que o biótipo resistente semeado em papel apresentou queda mais lenta, mantendo na dose de 60% valores de plântulas normais em torno de 24% (Figura 1B). Assim como no PCG, a G do biótipo suscetível foi reduzida logo na menor dose herbicida (15%), sendo nula na maior dose, em ambos os substratos (Figura 1C). O biótipo resistente semeado em papel, assim como nas demais variáveis,

Tabela 2: Primeira contagem de germinação (PCG) e germinação (G) de sementes de arroz-vermelho, resistente e suscetível, após aplicação de doses de herbicida em diferentes substratos. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013. ¹ Médias na linha, dentro de cada dose e variável, antecedidas por * ou ^{ns} diferem ou não, respectivamente, pelo teste t (p≤0,05). Médias na coluna, dentro de cada dose, seguidas por * ou ^{ns} diferem ou não, respectivamente, pelo teste t (p≤0,05).

Dose (%)	Substrato	Biótipo			
		Suscetível		Resistente	
		PCG (%)	G (%)	PCG (%)	G (%)
0	Papel	1* 84*	97 ^{ns}	* 87*	97 ^{ns}
	Areia	^{ns} 97	98	^{ns} 97	98
15	Papel	* 9 ^{ns}	54*	* 10 ^{ns}	68*
	Areia	* 6	12	* 10	29
30	Papel	* 6 ^{ns}	32*	* 9*	45*
	Areia	* 3	9	* 3	12
45	Papel	* 0 ^{ns}	28*	* 0 ^{ns}	29*
	Areia	* 0	5	* 1	11
60	Papel	* 0 ^{ns}	24*	* 0 ^{ns}	26*
	Areia	^{ns} 0	1	* 0	5
C. V. (%)		9,3		8,5	

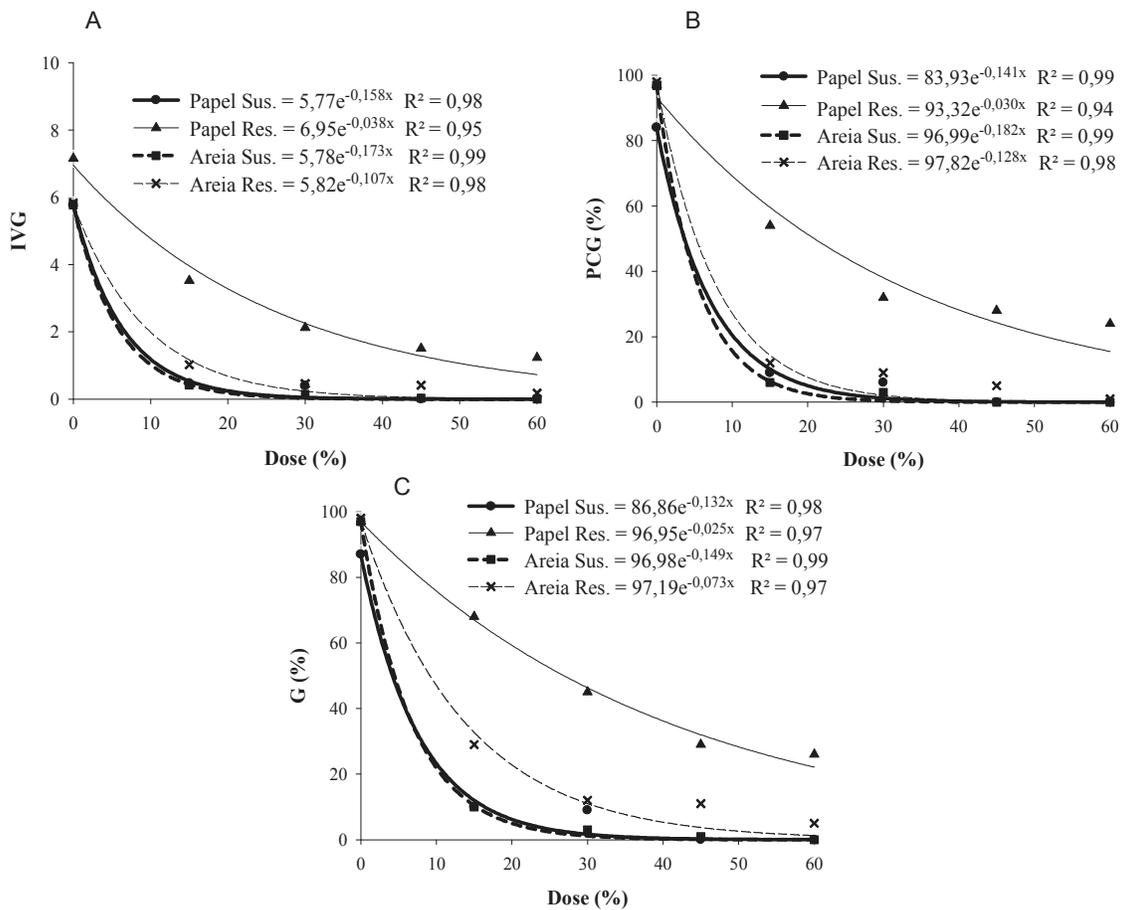


Figura 1: Índice de velocidade de germinação (1A), primeira contagem de germinação (1B) e germinação (1C) de sementes de arroz-vermelho, resistente e suscetível, após aplicação de doses de herbicida em diferentes substratos. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013.

apresentou queda menos acentuada que o semeado em areia, conforme as doses foram aumentadas. Resultados de germinação de sementes das cultivares de soja transgênica ou convencional, com tratamentos de subdoses de glyphosate, demonstrou que a aplicação do herbicida nas sementes diminuiu a porcentagem de germinação, mesmo na cultivar transgênica (Melhorança Filho et al., 2011).

A análise conjunta dos resultados permite inferir que a utilização de substrato de papel e dose superior a 50% da comercial do herbicida é eficiente para identificar a ocorrência de biótipo resistente.

No segundo experimento verificou-se interação entre os fatores biótipos, utilização de óleo mineral e doses de herbicida em todas as variáveis analisadas. A variável IVG em ambas as condições do adjuvante e em todas as doses apresentou redução no processo de germinação no biótipo suscetível comparativamente ao resistente (Tabela 3). Ao analisar a adição do adjuvante, com exceção da dose zero, a utilização de óleo não influenciou na velocidade de germinação do biótipo suscetível, porém, no biótipo resistente, nas doses superiores a 20%, a utilização de óleo mineral reduziu o IVG.

Tabela 3: Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de arroz-vermelho, resistente e suscetível, após aplicação de doses de herbicida utilizando ou não óleo mineral. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013. ¹ Médias na linha, dentro de cada dose, antecedidas por * ou ^{ns} diferem ou não, respectivamente, pelo teste t ($p \leq 0,05$). Médias na coluna, dentro de cada dose, seguidas por * ou ^{ns} diferem ou não, respectivamente, pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Dose (%)	Adjuvante	Biótipo	
		Suscetível	Resistente
0	Sem	6,54 *	7,65 ^{ns}
	Com	5,51 *	7,19
10	Sem	3,24 ^{ns}	6,26 ^{ns}
	Com	2,98 *	5,20
20	Sem	0,73 ^{ns}	6,00 *
	Com	0,56 *	4,74
30	Sem	0,30 ^{ns}	5,33 *
	Com	0,22 *	4,44
40	Sem	0,20 ^{ns}	5,01 *
	Com	0,05 *	3,87
50	Sem	0,11 ^{ns}	4,14 *
	Com	0,03 *	3,27
C. V. (%)		6,0	

Para PCG e G, observou-se, em geral, que o biótipo resistente apresentou maior taxa de plântulas normais em todas as doses de herbicidas, independente da utilização de adjuvante na solução herbicida (Tabela 4). Já, a adição de adjuvante aumentou a quantidade de plântulas mortas e anormais, na PCG, a exceção das doses 20 e 30% para o biótipo suscetível, e a dose zero para o resistente, as quais não apresentaram diferença. Resultado similar ocorreu para o biótipo resistente, para a variável G, ao passo que para o biótipo suscetível apenas nas doses 10 e 20%, a não adição de adjuvante aumentou a germinação. (tabela 4)

Os dados apresentados para IVG em relação as doses de herbicidas ajustaram-se ao modelo exponencial negativo (Figura 2A). O biótipo suscetível, independente da adição ou não do adjuvante, apresentou redução mais acentuada da variável, como pode ser observado pelo valor exponencial da equação. Para as variáveis PCG e G, observou-se desempenho semelhante ao IVG (Figura 2B e 2C). Para o biótipo suscetível, independente da presença do adjuvante, verificou-se redução acentuada das variáveis, enquanto que o biótipo resistente demonstrou resposta menos expressiva ao uso de herbicida, como pode ser verificado pelo valor dos expoentes da equação. Cabe ressaltar que a utilização de óleo proporcionou maior efeito do herbicida em todas as variáveis analisadas e em ambos os biótipos.

Estudos com sementes de cultivares de arroz, onde foi aplicado ao substrato o herbicida imazetapir, demonstram que conforme o aumento das doses, houve redução da PCG e G até 0% de plântulas normais nas maiores doses (Silva et al., 2007).

A adição do adjuvante à formulação ou à calda herbicida tem como função aumentar a eficiência do produto ou modificar determinadas propriedades da solução, visando facilitar a aplicação. Assim, os resultados permitem inferir que a adição de adjuvante auxilia a identificação de biótipo de arroz-vermelho resistente a herbicida. (figura 2)

No terceiro experimento verificou-se interação para todas as variáveis analisadas. A variável índice de velocidade de germinação, foi superior, em todos os biótipos testados e em ambas as condições, quando na ausência de herbicida, (Tabela 5). Ao analisar a condição, os biótipos arroz-vermelho suscetível e IRGA 417, ao utilizar herbicida, não apresentaram diferença, visto que ambos são suscetíveis ao herbicida, ao passo que os biótipos arroz-vermelho resistente e a cultivar Puitá INTA CL, tiveram valores mais altos quando em temperatura controlada. De modo similar, sem a utilização de herbicida, todos os biótipos tiveram maior IVG em condição de temperatura controlada. (tabela 5) Quanto aos biótipos, ao utilizar herbicida, nas duas condições testadas, para o arroz-vermelho resistente e a cultivar Puitá INTA CL verificou-se maior IVG, ao passo que, quando não utilizado herbicida apenas o arroz-vermelho suscetível apresentou valores menores que os demais, em ambas as condições (Tabela 5).

Na primeira contagem de germinação todos os biótipos, em ambas as condições, apresentaram número de plântulas normais superior quando não foi aplicado herbicida (Tabela 6). Quando aplicado herbicida, os biótipos arroz-vermelho resistente e Puitá INTA CL tiveram melhor desempenho em temperatura

Tabela 4: Primeira contagem de germinação (PCG) e germinação (G) de sementes de arroz-vermelho, resistente e suscetível, após aplicação de doses de herbicida em diferentes substratos. FAEM/UFPEL, Capão do Leão, 2013. ¹ Médias na linha, em cada dose, antecedidas por * ou ^{ns} diferem ou não, respectivamente, pelo teste t (p≤0,05). Médias na coluna, em cada dose, seguidas por * ou ^{ns} diferem ou não, respectivamente, pelo teste t (p≤0,05).

Dose (%)	Adjuvante	Biótipo			
		Suscetível		Resistente	
		PCG (%)		G (%)	
0	Sem	¹ 96 *	98 ^{ns}	^{ns} 98 ^{ns}	99 ^{ns}
	Com	* 74	95	^{ns} 95	98
10	Sem	* 64 *	88 *	* 73 *	91 *
	Com	* 50	69	* 65	80
20	Sem	* 12 ^{ns}	72 *	* 18 *	88 *
	Com	* 10	65	* 11	76
30	Sem	* 7 ^{ns}	68 *	* 8 ^{ns}	79 *
	Com	* 5	60	* 7	69
40	Sem	* 4 *	64 *	* 5 ^{ns}	76 *
	Com	* 0	53	* 2	64
50	Sem	* 3 *	55 *	* 3 ^{ns}	69 *
	Com	* 0	49	* 1	56
CV (%)		5,9		4,9	

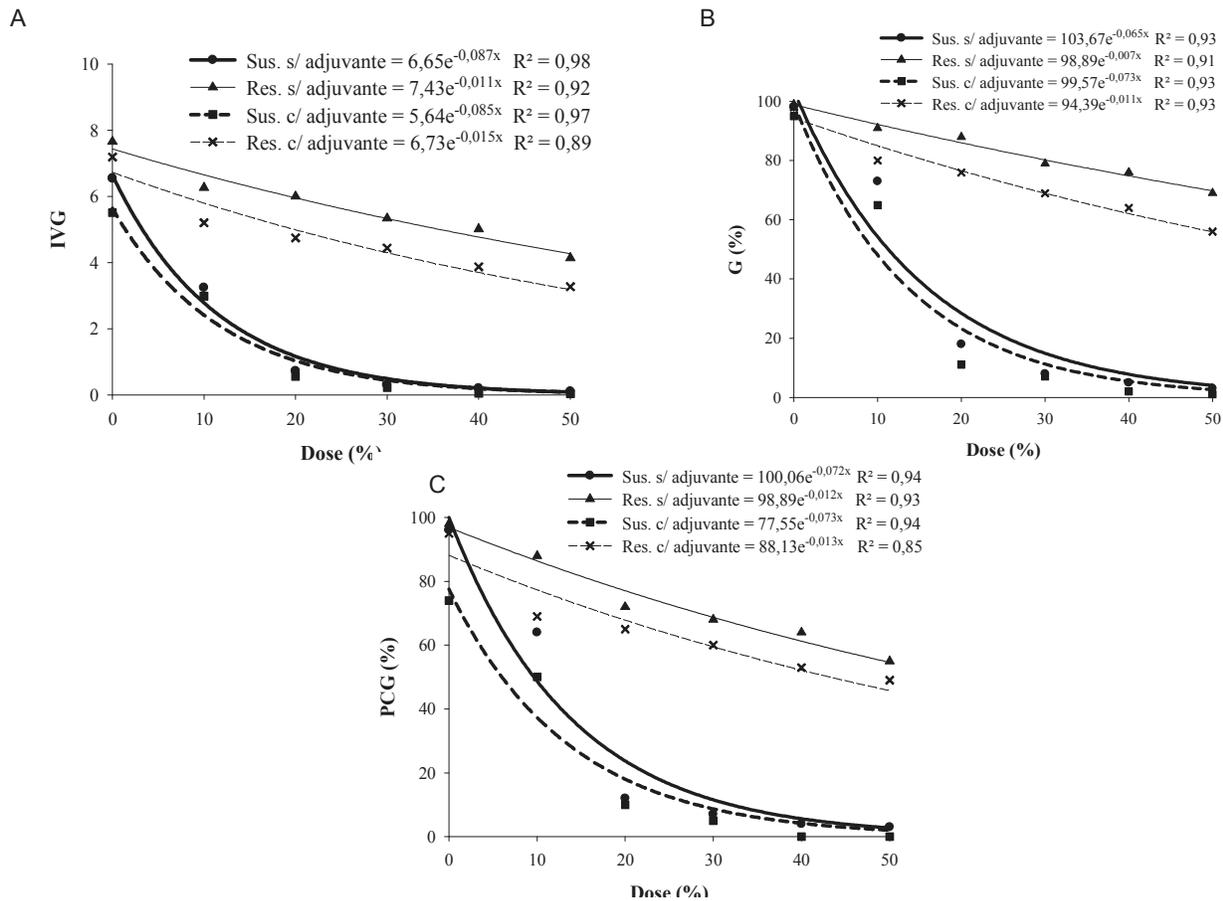


Figura 2: Índice de velocidade de germinação (2A), primeira contagem de germinação (2B) e germinação (2C) de sementes de arroz-vermelho, resistente e suscetível, após aplicação de doses de herbicida utilizando ou não adjuvante. FAEM/UFPEL, Capão do Leão, 2013.

controlada, enquanto que os biótipos arroz-vermelho suscetível e IRGA 417 não desenvolveram plântulas normais em ambas condições. Não foi observado diferença entre os biótipos, nas condições testadas, quando não foi aplicado herbicida. Ainda, os biótipos resistentes, arroz-vermelho e Puitá INTA CL, tiveram desempenho superior, tanto em temperatura controlada quanto em temperatura não controlada, com aplicação de herbicida. Quando não foi aplicado herbicida, em temperatura controlada, o arroz-vermelho suscetível foi o que teve menor taxa de plântulas normais, ao passo que todos os biótipos tiveram igual desempenho quando não se controlou a temperatura.

Para a variável germinação observou-se que não houve diferença entre a utilização de herbicida apenas no arroz-vermelho resistente e Puitá INTA CL em temperatura controlada, sendo que nos demais, desempenho superior foi verificado quando não aplicou-se o herbicida (Tabela 6). Como nas variáveis anteriores, quando da utilização de herbicida, apenas os dois biótipos suscetíveis a herbicidas do grupo químico das imidazolinonas não apresentaram diferença entre a temperatura controlada e não controlada, isso porque em ambos os biótipos não houve formação de plântula normal. Já, para arroz-vermelho resistente e Puitá, em temperatura controlada houve maior taxa de plântulas normais. No entanto, quando não se utilizou herbicida, não foi observada diferença entre as condições em nenhum dos biótipos.

Na germinação em presença de herbicida, o biótipo arroz-vermelho resistente foi superior aos demais ao controlar-se a temperatura, seguido do Puitá INTA CL. Porém, quando a temperatura não foi controlada, ambos biótipos resistentes tiveram maior desempenho. Já, sem herbicida, em temperatura controlada, não se observou diferença entre os biótipos, ao passo que na temperatura não controlada, apenas o arroz-vermelho suscetível apresentou menor taxa de germinação (Tabela 6).

A temperatura é fator importante a ser considerado na germinação de sementes, pois pode influenciar tanto a porcentagem de germinação, quanto a sua velocidade final, sendo que cada espécie possui temperaturas máximas e mínimas para germinação ideal de suas sementes, acima e abaixo das quais, a germinação não ocorre (Neves et al., 2009). Em avaliação de temperatura subótima e ótima (13 e 25°C), na fase de germinação de biótipos de arroz (BRS-Agrisul, BRS-Chuí, Lemont e Oro), observou-se drástica redução do índice de velocidade de germinação sob baixa temperatura, bem como diminuição da porcentagem de plântulas normais dos quatro biótipos avaliados (Mertz et al., 2009).

A interpretação dos resultados demonstra que a utilização de temperatura controlada favorece a detecção da resistência uma vez que permite maior expressão da qualidade fisiológica das sementes. Ainda, em ambiente controlado há a possibilidade de condução do bioensaio em período cuja temperatura não seja adequada e/ou evita oscilações durante a condução do experimento, o que poderia comprometer os resultados.

*Tabela 5: Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de arroz-vermelho resistente (AVR) e suscetível (AVS), Puitá INTA CL e IRGA 417 submetidas a temperatura controlada de 25°C (TC) e não controlada (TNC) com ou sem herbicida. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2013. ¹ Médias na linha, em cada biótipo, antecedidas por * ou ^{ns} diferem ou não, respectivamente, pelo teste t (p≤0,05). Médias na coluna, em cada biótipo, seguidas por * ou ^{ns} diferem ou não, respectivamente, pelo teste t (p≤0,05). Médias seguidas por letra minúscula ou maiúscula, na coluna, comparam biótipos em temperatura controlada e não controlada, respectivamente, pelo teste Tukey (p≤0,05).*

Biótipos	Condição	Com herbicida		Sem herbicida	
AVR	TC	1 *	3,97 a *	6,49 a *	
	TNC	*	1,62 A	3,14 A	
AVS	TC	*	0,00 b ^{ns}	5,66 b *	
	TNC	*	0,00 B	2,68 B	
Puitá	TC	*	3,83 a *	6,46 a *	
	TNC	*	1,47 A	3,03 A	
IRGA 417	TC	*	0,00 b ^{ns}	6,79 a *	
	TNC	*	0,00 B	3,02 A	
C.V. (%)			7,2		

CONCLUSÕES

O substrato papel mata-borrão, com solução herbicida a 60% da dose comercial, acrescido de óleo mineral, em temperatura controlada, é eficiente na identificação de sementes de arroz-vermelho resistente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agostinetto, D., N.G. Fleck, M.A. Rizzardi, A. Merotto Jr. & R.A. Vidal. 2001. Arroz vermelho: ecofisiologia e estratégias de controle. *Ciência Rural*, 31: 341-349.
- Brasil. 2009 Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária/MAPA/ACS. 395 pp.
- Conab - Companhia Nacional de Abastecimento. 2013. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2012/2013 - Décimo Levantamento - Junho/2013 - Brasília: Conab.
- Honório, I.C.G., V.B. Pinto, J.A.O. Gomes & E.R. Martins. 2011. Influência de diferentes substratos na germinação de jambu (*Spilanthes oleracea* L. - Asteraceae). *Biotemas*, 24: 21-25.

Tabela 6: Primeira contagem de germinação (PCG) de sementes de arroz-vermelho resistente (AVR) e suscetível (AVS), Puitá INTA CL e IRGA 417 submetidas a temperatura controlada de 25°C (TC) e não controlada (TNC) com ou sem herbicida. FAEM/UFPEL, Capão do Leão, 2013. Médias na linha, em cada biótipo, antecedidas por * ou ^{ns} diferem ou não, respectivamente, pelo teste t ($p \leq 0,05$). Médias na coluna, em cada biótipo, seguidas por * ou ^{ns} diferem ou não, respectivamente, pelo teste t ($p \leq 0,05$). Médias seguidas por letra minúscula ou maiúscula, na coluna, comparam biótipos em temperatura controlada e não controlada, respectivamente, pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Variável	Biótipos	Condição	Com herbicida	Sem herbicida	
PCG (%)	AVR	TC	¹ * 61 a *	70 a ^{ns}	
		TNC	* 24 A	67 A	
	AVS	TC	* 0 b ^{ns}	58 b ^{ns}	
		TNC	* 0 B	62 A	
	Puitá	TC	* 55 a *	68 ab ^{ns}	
		TNC	* 17 A	71 A	
	IRGA 417	TC	* 0 b ^{ns}	75 a ^{ns}	
		TNC	* 0 B	68 A	
	C.V. (%)			13,0	
	G (%)	AVR	TC	^{ns} 98 a *	96 a ^{ns}
TNC			* 61 A	98 A	
AVS		TC	* 0 c ^{ns}	90 a ^{ns}	
		TNC	* 0 B	84 B	
Puitá		TC	^{ns} 92 b *	95 a ^{ns}	
		TNC	* 59 A	92 AB	
IRGA 417		TC	* 0 c ^{ns}	95 a ^{ns}	
		TNC	* 0 B	94 AB	
C.V. (%)			5,8		

Lima, M.G.S., N.F. Lopes, D.M. Moraes & C.M. Abreu. 2005. Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. Revista Brasileira de Sementes, 27: 54-61.

Lone, A.B., C.X. Molo, L.S.A. Takahashi & L.K. Unemoto. 2009. Germinação de sementes de *Rhizoglyphis* em diferentes substratos. Scientia Agraria, 10: 419-422.

Lopes, M.C.B., R.C.M. Comoreto, C.M. Santos, P.R.S. Freitas & C. Leal. 2007. 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. Xvii Reunião Da Cultura Do Arroz Irrigado. Sosbai. Pelotas. Anais. 2: 105-107.

Machado, C.F., J.A. Oliveira, A.C. Davide & R.M. Guimarães. 2002. Metodologia para a condução do teste de germinação em sementes de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nicholson). Cerne, 8: 17-25.

Maguire, J. D. 1962. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science, 2: 176-177.

Melhorança Filho, A.L., M.R.R. Pereira & D. Martins. 2011. Efeito de subdoses de glyphosate sobre a germinação de sementes das cultivares de soja RR e convencional. Bioscience Journal, 27: 686-691.

Menezes, V.G., C.H.P. Mariot, A.I. Kalsing & I.C.G.R. Goulart. 2009. Arroz-vermelho (*Oryza sativa*) resistente aos herbicidas imidazolinonas. Planta Daninha, 27: 1047-1052.

Merotto Jr., A., M. Jasieniuk & A.J. Fischer. 2009. Estimating the outcrossing rate of smallflower umbrella sedge (*Cyperus difformis* L.) using resistance to ALS-inhibiting herbicides and SRAP molecular markers. Weed Research, 49: 29-36.

Mertz, L.M., F.A. Henning, R.C. Soares, R.F. Baldiga, F.B. Peske & D.M. Moraes. 2009. Alterações fisiológicas em sementes de arroz expostas ao frio na fase de germinação. Revista Brasileira de Sementes, 31: 254-262.

Neves, J.M.G., H.P. Silva, D.S. Brandão Júnior, E.R. Martins & U.R. Nunes. 2009. Padronização do teste de germinação para sementes de pinhão-mansão. Revista Caatinga, 22: 76-80.

Silva, M.P., F.A. Villela, L.B. Dode, A.M. Magalhães Jr. & M.A.A. Tillmann. 2007. Detecção de sementes de arroz mutante tolerante ao herbicida imazethapyr. Revista Brasileira de Sementes, 29: 130-137.

Silva, J.R., M.A.A. Medeiros, I.J.B. Nascimento, M.C.C. Ribeiro & G.H. Nunes. 2009. Temperatura e substrato na germinação de sementes de flor-de-seda. Revista Caatinga, 22: 175-179.

Souza, F.B.C., L.H.G. Mengarda, C. Spadeto & J.C. Lopes. 2012. Substratos e temperaturas na germinação de sementes de Gonçalo-alves (*Astronium concinnum* Schott). Revista Tropica: Ciências Agrárias e Biológicas, 6: 76-86.

Vidal, R.A., F.P. Lamago & M.M. Trezzi. 2006. Diagnóstico da resistência aos herbicidas em plantas daninhas. Planta Daninha, 24: 597-604.