

# Seletividade de herbicidas sobre arroz irrigado em resposta à época de semeadura e redução da luminosidade em fases do desenvolvimento<sup>1</sup>

Eduardo Venske<sup>2\*</sup>, Carlos Eduardo Schaedler<sup>3</sup>, Ronan Ritter<sup>4</sup>, Silvana Spaniol Fin<sup>5</sup>,  
Carlos André Bahry<sup>6</sup>, Luis Antonio de Avila<sup>7</sup>, Paulo Dejalma Zimmer<sup>8</sup>

10.1590/0034-737X201663020007

## RESUMO

Diferentes fatores ambientais podem afetar a seletividade de herbicidas às culturas. O objetivo deste experimento foi avaliar os efeitos da época de semeadura e da redução artificial da luminosidade, em diferentes fases do desenvolvimento das plantas, sobre a seletividade de herbicidas e os componentes de produtividade do arroz irrigado. O experimento foi conduzido a campo, na safra 2012/2013, com o cultivar IRGA 424. Os fatores estudados foram: época de semeadura (18/outubro e 09/novembro); herbicidas (testemunha capinada, bispyribac-sodium e penoxsulam) e fases do desenvolvimento da cultura com luminosidade reduzida de 70% [testemunha, plântula (S0-V4), períodos vegetativo, reprodutivo e todo o ciclo]. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial, com quatro repetições, sendo que os fatores época de semeadura e redução de luminosidade foram dispostos em faixas, visando a viabilizar o experimento. Avaliaram-se: fitotoxicidade visual, colmos e panículas por área, espiguetas por panícula, esterilidade de espiguetas, peso de 1000 sementes e produtividade. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p < 0,05$ ) e teste de médias de DMS de Fischer ( $p < 0,05$ ). A época de semeadura influencia na seletividade de bispyribac-sodium, sendo que, quando realizada a semeadura perto do início do período recomendado, em 18/outubro, reduz-se a produtividade do cultivar estudado. A redução artificial de luz em diferentes fases do desenvolvimento não afeta a seletividade dos herbicidas bispyribac-sodium e penoxsulam sobre o arroz irrigado.

**Palavras-chave:** temperatura, radiação solar, fitotoxicidade.

## ABSTRACT

### Herbicide selectivity on irrigated rice in response to sowing time and reduction of light intensity in development phases

Different environmental factors can have effect on the selectivity of herbicides on crops. The aim of this experiment was to evaluate the effect of sowing time and of artificial reduction of the luminosity at different stages of plant development on the herbicide selectivity and yield components of irrigated rice. The field experiment was carried out in 2012/2013 harvest, with the IRGA 424 cultivar. The factors studied were: sowing time (October 18 and November 9), herbicides (weeded control, bispyribac-sodium and penoxsulam) and stages of development of culture with luminosity reduced by 70% [control, seedling (S0-V4), vegetative and reproductive periods and entire cycle]. The experimental

Submetido em: 20/12/2013 e Aprovado em: 08/09/2015.

<sup>1</sup> Este trabalho é parte da dissertação de mestrado do primeiro autor.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. eduardo.venske@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Universidade Federal do Pampa, Itaqui, Rio Grande do Sul, Brasil. caduschaedler@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. ronanritter@hotmail.com

<sup>5</sup> Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. silvana\_fin@hotmail.com

<sup>6</sup> Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. carlosbahry@hotmail.com

<sup>7</sup> Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. laavilabr@gmail.com

<sup>8</sup> Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. dejalma@msn.com

Autor para correspondência: eduardo.venske@yahoo.com.br

design was the completely randomized, in a factorial scheme, with four replications, but sowing time and reduced luminosity were imposed in strips, to make possible the experiment. Evaluated: visual phytotoxicity, stems and panicles per area, spikelets per panicle, spikelet sterility, thousand seed weight and yield. Data were subjected to analysis of variance by F test ( $p \leq 0.05$ ) and mean test of DMS Fischer ( $p \leq 0.05$ ). The sowing time influences the selectivity of bispyribac-sodium, and when held near the beginning of the period recommended, in October 18, reduces the yield of the cultivar studied. The artificial reduction of light in different phases of the development does not affect the selectivity of herbicides bispyribac-sodium and penoxsulam on irrigated rice.

**Key words:** temperature, solar radiation, injury.

## INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul (RS) contribui com mais de 60% da produção nacional de arroz, apresentando a maior média de produtividade do país, atualmente em mais de 7,4 toneladas por hectare (Conab, 2013). Apesar de o Estado apresentar os maiores índices de produtividade do país, ocorrem, em alguns anos, quedas desse parâmetro, causadas, muitas vezes, pela ocorrência de condições climáticas desfavoráveis durante o cultivo, principalmente baixas temperatura do ar e radiação solar (Steinmetz & Braga, 2001).

A faixa de temperatura ótima para o crescimento e desenvolvimento do arroz encontra-se entre 25 °C e 30 °C e temperaturas inferiores a 20 °C são prejudiciais, dependendo do estágio de desenvolvimento (Yoshida, 1981, Cruz *et al.*, 2013). As fases do ciclo da cultura mais sensíveis ao frio correspondem à da germinação e do desenvolvimento de plântulas e a do período reprodutivo (Cruz & Millach, 2000). Em termos de manejo, para cada cultivar e local, a época de semeadura é o fator mais determinante para a coincidência de cada fase da cultura com períodos de maior ou menor temperatura.

A redução da intensidade da luz, provocada por longos períodos de tempo nublado, também traz prejuízos à cultura (Singh, 2000). A demanda de radiação solar pelo arroz difere entre as fases de desenvolvimento, sendo classicamente tido como regra que a redução de luz durante o período vegetativo pouco afeta a produtividade, enquanto a deficiência deste fator durante o reprodutivo tem um efeito pronunciado sobre o desempenho produtivo da cultura (Yoshida, 1981; Walter *et al.*, 2010), o que merece ser melhor estudado.

Os herbicidas representam a principal ferramenta de controle de plantas daninhas em um programa de manejo integrado, dentre os quais se destacam os inibidores da enzima ALS (acetolactato sintase), que participa da biossíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada, valina, leucina e isoleucina (Concenço *et al.*, 2007). Bispyribac-sodium e penoxsulam são herbicidas deste grupo,

registrados para o controle de plantas daninhas do arroz irrigado, no RS, ambos indicados para aplicação em pós-emergência, sendo o segundo também para pré-emergência (SOSBAI, 2012).

Um dos inconvenientes da aplicação de herbicidas é a possibilidade de estes causarem fitotoxicidade à cultura (Petter *et al.*, 2011). Acredita-se que a seletividade de herbicidas ao arroz pode variar em função de uma série de condições do ambiente, como temperatura e luminosidade. Isto se justifica após observação, em lavouras arrozeiras da região da Campanha e Sul do RS, de plantas que, submetidas a condições de frio após a aplicação dos herbicidas, apresentaram elevada fitotoxicidade. Isso decorre, possivelmente, do efeito secundário da aplicação dos herbicidas, caracterizado por alterações fisiológicas e bioquímicas do metabolismo das plantas (Song *et al.*, 2007), aliado ao estresse ambiental, ou ainda, do fato de a condição ambiental desfavorável prejudicar o metabolismo normal das plantas, tornando lenta a metabolização dos herbicidas por parte da cultura, causando fitotoxicidade (Petter *et al.*, 2011).

É fundamental melhor compreender a interação entre estes fatores climáticos e a seletividade de herbicidas ao arroz, para assim inferir sobre maneiras de mitigar os possíveis prejuízos à produtividade da cultura. Assim, o objetivo deste experimento foi avaliar os efeitos da época de semeadura e da redução artificial da luminosidade, em diferentes fases do desenvolvimento das plantas, sobre a seletividade de herbicidas e componentes de produtividade de um cultivar de arroz irrigado.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi conduzido a campo, em área de várzea do Centro Agropecuário da Palma (CAP) - UFPEL, localizado no Capão do Leão, RS, na safra 2012/2013. O cultivar de arroz irrigado utilizado foi IRGA 424, de ampla utilização no Estado do RS. O experimento foi arranjado em esquema fatorial 2x3x5, sendo o primeiro fator as épocas de semeadura, representadas e doravante menciona-

das pelas datas: 18 de outubro e 09 de novembro (18/10 e 09/11); o segundo fator foi aplicação de herbicidas: testemunha (capinada), bispyribac-sodium e penoxsulam e, por fim, o terceiro fator foram as fases do desenvolvimento da cultura em que foi imposta a redução da luminosidade, a saber: testemunha; plântula (considerando-se da semeadura ao estágio V4); período vegetativo (de V4 a R0); período reprodutivo (de R0 até colheita) e todo o ciclo (da semeadura à colheita).

As datas de semeadura corresponderam aproximadamente ao começo e ao fim do período recomendado para cultivares de ciclo médio no sul do RS, de acordo com o Zoneamento Agroclimatológico (Embrapa, 2007). A caracterização das épocas de semeadura foi feita com base nas variáveis meteorológicas: temperatura média do ar (TA), temperatura mínima média do ar (Tm), dias com temperatura mínima  $\leq 15$  °C ( $DT \leq 15$  °C) e radiação solar global média (RS), em cada fase de desenvolvimento estudada, bem como do ciclo inteiro da cultura (Tabela 1), utilizando-se os dados da Estação Agroclimatológica de Pelotas, localizada a aproximadamente 9 km do experimento.

As aplicações dos herbicidas foram realizadas quando as plantas estavam no estágio V4. Para bispiribaque sódico, a dose foi de 50 gramas de ingrediente ativo por hectare ( $g\ i.\ a.\ ha^{-1}$ ) e, para penoxsulam, foi de 60  $g\ i.\ a.\ ha^{-1}$ , o que representa, para ambos os herbicidas, o limite superior da faixa recomendada (SOSBAI, 2012). As aplicações foram realizadas no fim do dia, com pulverizador costal propelido a  $CO_2$  (pressão de 2 bar), utilizando-se barra com quatro pontas de pulverização tipo leque, espaçadas

0,50 m, com volume de calda ajustado para  $150\ Lha^{-1}$ , sendo adicionado adjuvante à calda de penoxsulam, na dose de  $1,0\ Lha^{-1}$ . Capinas manuais foram realizadas regularmente, além de uma aplicação de Cyalofof, na dose de 1,75 L de produto comercial por hectare, aproximadamente aos 30 dias após a aplicação dos demais herbicidas, visando a manter as parcelas livres de plantas daninhas.

Foram atenuados 70% da irradiação solar nas diferentes fases do ciclo da cultura, usando-se malhas específicas, aferidas com radiômetro portátil *Li-cor*, Inc. modelo LI-185B, que foram estendidas sobre arcos de metal moldados de modo a formar um túnel sobre a faixa de cultura. Foram feitas leituras de temperatura dentro desses túneis, em diferentes condições climáticas, e observou-se diferença média entre o interior e o exterior de aproximadamente 0,8 °C. Os estádios que delimitam as fases de desenvolvimento seguiram a escala de Counce *et al.* (2000).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, porém visando-se a viabilizar a instalação, tendo em vista a natureza dos fatores, a época de semeadura e a fase sob redução de luminosidade, as unidades experimentais foram posicionados em faixas (o segundo destes dentro do primeiro) e o fator herbicida, inteiramente casualizado, dentro de cada faixa de fase sob redução de luz. As parcelas consistiram em nove linhas espaçadas de 0,17 m, com comprimento de 2,0 m. Foram feitas quatro repetições, totalizando 120 unidades experimentais. Foi avaliada a população de plantas aos 20 dias após a semeadura, sendo a população média do experimento de 340 plantas por metro quadrado. Os tratos fitotécnicos e

**Tabela 1:** Temperatura média do ar (TA) e temperatura mínima média do ar (Tm), em °C, dias com temperatura mínima do ar  $\leq 15$  °C ( $DT \leq 15$ ) e radiação solar global média (RS), em  $cal.cm^{-2}.dia^{-1}$ , ocorridas em cada fase do desenvolvimento e em todo o ciclo, do cultivar de arroz irrigado IRGA 424, em função de época de semeadura, representado pelas datas

| Fase do desenvolvimento      | Variável Meteorológica | Data de semeadura |        |
|------------------------------|------------------------|-------------------|--------|
|                              |                        | 18/10             | 09/11  |
| Plântula (considerado S0-V4) | TA                     | 20,35             | 22,26  |
|                              | Tm                     | 16,1              | 17,63  |
|                              | $DT \leq 15$           | 11                | 9      |
|                              | RS                     | 453,31            | 497,79 |
| Período Vegetativo           | TA                     | 22,69             | 22,69  |
|                              | Tm                     | 17,98             | 18,24  |
|                              | $DT \leq 15$           | 8                 | 4      |
|                              | RS                     | 510,94            | 509,45 |
| Período Reprodutivo          | TA                     | 22,03             | 21,25  |
|                              | Tm                     | 17,62             | 16,89  |
|                              | $DT \leq 15$           | 20                | 28     |
|                              | RS                     | 472,92            | 427,5  |
| Todo o ciclo                 | TA                     | 21,69             | 22,07  |
|                              | Tm                     | 17,23             | 17,59  |
|                              | $DT \leq 15$           | 39                | 41     |
|                              | RS                     | 479,06            | 478,25 |

Fonte: (Embrapa, 2013).

fitossanitários seguiram as recomendações técnicas para a cultura do arroz irrigado no sul do Brasil, visando a alta produtividade (SOSBAI, 2012).

As variáveis avaliadas no experimento foram: fitotoxicidade aos herbicidas, colmos e panículas por área, espiguetas por panícula, esterilidade de espiguetas, peso de 1000 sementes e produtividade.

A fitotoxicidade foi avaliada aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos herbicidas, de forma visual, atribuindo-se notas de 0 (sem fitotoxicidade) a 100 (morte de todas as plantas) às parcelas com herbicida, em comparação com a testemunha mais próxima. O tratamento de redução de luz no período reprodutivo não foi avaliado, visto ainda não estar implantado.

Colmos por área foram avaliados no estádio R6, na linha central mais representativa da parcela, em que se mediu 1,0 m de linha de semeadura com régua milimetrada e contaram-se todos os colmos, sem distinção entre principais e afilhos nas plantas, sendo realizado o cálculo e expresso o número de colmos por metro quadrado de cultura. Panículas por área também foram mensuradas no estádio R6, em duas linhas centrais representativas da parcela. Mediu-se 0,5 m de linha, com régua milimetrada, e contaram-se todas as panículas, após o que, somou-se o número de panículas das duas linhas avaliadas e realizou-se o cálculo para o número por metro quadrado de cultura, sendo desta forma expresso o resultado.

No estádio R8, coletaram-se 25 panículas por parcela, as quais foram secadas até aproximadamente 13% de umidade e, em cinco destas, contadas espiguetas e espiguetas cheias e vazias, por panícula, sendo expresso o resultado médio de espiguetas por panícula e calculado o percentual de esterilidade de espiguetas, pela relação entre espiguetas vazias e espiguetas totais por panícula. Todas estas 25 panículas foram beneficiadas com trilha manual e soprador modelo South Dakota e avaliou-se o peso de 1000 sementes (PMS), segundo as Regras de Análise de Sementes (Brasil, 2009), no método alternativo de pesagem de oito repetições de 100 sementes, sendo expresso o resultado em gramas, corrigido para 13% de umidade, sendo que, para tanto foi aferida a umidade das sementes pelo método de estufa, a 105 °C, por 24 horas (Brasil, 2009).

Quando, no campo, as sementes chegaram a aproximadamente 22% de umidade, realizou-se a colheita manual, deixando-se as linhas externas e 0,25 m em cada extremidade da parcela como bordadura, e realizou-se a trilha mecânica, seguida de pesagem em balança de precisão e aferição da umidade das sementes, em determinador eletrônico, Gehaka agri G650. De posse do peso e da umidade das sementes colhidas, realizou-se o cálculo da produtividade, corrigida para 13% de umidade, e em quilogramas por hectare, sendo assim expresso o resultado.

Aplicou-se a transformação  $\sqrt{y+0,5}$  para os valores de fitotoxicidade. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p < 0,05$ ) e teste de médias de DMS de Fischer ( $p < 0,05$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação entre época de semeadura, herbicida e fase do desenvolvimento sob redução de luz, para fitotoxicidade, aos 07, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas, e entre herbicida e fase do desenvolvimento sob redução de luz para fitotoxicidade, aos 14 DAA (Tabelas 2 e 3). De maneira geral, as médias dos valores atribuídos à toxicidade dos herbicidas às plantas foram baixas, ficando abaixo de dez para a maioria dos tratamentos.

Para fitotoxicidade, aos 07 DAA, não houve diferença significativa entre épocas de semeadura, para a maioria dos tratamentos de herbicida e fase sob redução de luz (Tabela 2). Em 18/10, penoxsulam apresentou maior fitotoxicidade que bispyribac-sodium, no tratamento de redução de luz na fase de plântula. Já, na semeadura, em 09/11, bispyribac-sodium apresentou a maior fitotoxicidade, não diferindo de penoxsulam apenas no tratamento de redução de luz por todo o ciclo. Em termos de fase do ciclo sob redução de luz, em 18/10, para ambos os herbicidas os menores valores ocorreram na testemunha; o maior valor para penoxsulam ocorreu sob redução de luz na fase de plântula, ao passo que, para bispyribac-sodium, não houve diferença entre os demais tratamentos. Na semeadura, em 09/11, não houve diferença entre fases do ciclo sob redução de luz, para bispyribac-sodium; para penoxsulam, o maior valor ocorreu sob redução de luz por todo o ciclo. Para a fitotoxicidade, aos 14 DAA, bispyribac-sodium causou os maiores valores, não diferindo de penoxsulam apenas no tratamento de redução de luz na fase de plântula. Entre os tratamentos de luz, as menores fitotoxicidades ocorreram sob redução por todo o ciclo e, a maior, para penoxsulam, quando sob redução de luz na fase de plântula, sendo que, para bispyribac-sodium não houve diferença entre os tratamentos deste fator.

Em relação à fitotoxicidade aos 21 DAA, para a maioria dos tratamentos, não houve diferença estatística entre épocas, mas, quando houve, a maior fitotoxicidade foi observada na semeadura em 09/11 (Tabela 3). Em ambas as épocas, bispyribac-sodium causou maior fitotoxicidade; entretanto em 09/11 não diferiu de penoxsulam para a testemunha e redução de luz na fase de plântula. Quanto às fases do ciclo sob redução de luz, em 18/10 não houve diferença entre os tratamentos para ambos os herbicidas; já em 09/11 para bispyribac-sodium, os maiores valores foram observados sob redução de luz na fase vegetativa

e por todo o ciclo e, para penoxsulam, na fase de plântula. Por fim, para a fitotoxicidade aos 28 DAA, em metade dos tratamentos não houve diferença entre épocas de semeadura e, na maioria dos tratamentos em que foi verificada a diferença, as maiores médias foram observadas na semeadura em 18/10. Quanto aos herbicidas, bispyribac-sodium causou maior fitotoxicidade em boa parte dos tratamentos de época de semeadura e fase sob redução de luz. Em relação às fases do ciclo sob redução de luz, em 18/10 não houve diferença entre tratamentos para bispyribac-sodium e, para penoxsulam, o maior valor ocorreu na testemunha; já em 09/11, pode-se destacar a menor fitotoxicidade sob redução de luz por todo o ciclo, ainda que não tenha diferido de outros tratamentos; para penoxsulam, novamente a maior fitotoxicidade ocorreu sob redução de luz na fase de plântula.

Mesmo tendo os valores de fitotoxicidade apresentados baixos para ambos os herbicidas, é possível destacar que bispyribac-sodium causou maior toxicidade à cultura, em ambas as épocas de semeadura e na maior parte dos períodos de avaliação, além de ter diferido da teste-

munha na totalidade dos tratamentos (Tabelas 2 e 3). Para este mesmo herbicida, fase do desenvolvimento sob redução de luz teve efeito menos destacado sobre fitotoxicidade que para penoxsulam, sendo que, para este último, a redução de luz, principalmente durante a fase de plântula, aumentou a fitotoxicidade causada pelo herbicida. Nos estudos de Petter *et al.* (2011) e Petter *et al.* (2012), bispyribac-sodium foi o único herbicida a apresentar toxicidade visual sobre a cultura do arroz, cultivado em sistema de terras altas, em que penoxsulam também foi avaliado e não apresentou este efeito, o que demonstra o potencial fitotóxico do primeiro herbicida sobre o arroz.

A redução de luz durante a fase de plântula pode ser entendida como redução desse fator no período anterior à aplicação dos herbicidas. Sendo o mecanismo mais comum de tolerância das culturas aos herbicidas inibidores da ALS a capacidade da planta de metabolizar a molécula herbicida (Sweetser *et al.*, 1982), o arroz cultivado sob pouca luz até o momento da aplicação de penoxsulam mostrou redução dessa capacidade.

**Tabela 2:** Fitotoxicidade aos 07 e aos 14 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas, sobre o cultivar de arroz irrigado IRGA 424, em função de época de semeadura (para 7 DAA), herbicida e fase do desenvolvimento sob redução de luz

| Fase<br>sobredução<br>de luz | Fitotoxicidade aos 07 DAA |         |        |       |                      |                      | Fitotoxicidade aos 14 DAA |         |         |
|------------------------------|---------------------------|---------|--------|-------|----------------------|----------------------|---------------------------|---------|---------|
|                              | 18/10                     |         |        | 09/11 |                      |                      | Duas épocas               |         |         |
|                              | Test <sup>1</sup> .       | Bisp.   | Penox. | Test. | Bisp.                | Penox.               | Test.                     | Bisp.   | Penox.  |
| Testemunha                   | 0 <sup>2</sup> B          | 3,0 Ab  | 2,3 Ac | 0 C   | 7,0* Aa              | 3,2 <sup>ns</sup> Bb | 0 C                       | 10,6 Aa | 4,6 Bab |
| Plântula                     | 0 C                       | 4,0 Bab | 8,0 Aa | 0 C   | 5,7 <sup>ns</sup> Aa | 2,7* Bb              | 0 B                       | 7,9 Aa  | 5,7 Aa  |
| Vegetativo                   | 0 B                       | 5,5 Aa  | 4,7 Ab | 0 C   | 8,0 <sup>ns</sup> Aa | 2,0* Bb              | 0 C                       | 7,6 Aa  | 3,2 Bb  |
| Todo o ciclo                 | 0 B                       | 5,5 Aa  | 5,2 Ab | 0 C   | 6,5 <sup>ns</sup> Aa | 6,0 <sup>ns</sup> Aa | 0 C                       | 4,5 Ab  | 1,5 Bc  |
| Média geral                  |                           |         |        | 3,3   |                      |                      | 3,8                       |         |         |
| C.V. (%)                     |                           |         |        | 21,0  |                      |                      | 26,5                      |         |         |

<sup>1</sup>Test.: Testemunha; Bisp.: Bispyribac-sodium; Penox.: Penoxsulam. <sup>2</sup>Médias seguidas de letras maiúsculas comparadas nas linhas e de minúsculas nas colunas, quando distintas, dentro de cada época de semeadura e variável, diferem entre si. <sup>ns</sup> e \* representam, respectivamente, não significativo e significativo entre mesma fase do ciclo sob redução de luz e herbicida, porém em diferentes épocas de semeadura, dentro de cada variável, pelo teste DMS de Fisher (pd < 05).

**Tabela 3:** Fitotoxicidade aos 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas, sobre o cultivar de arroz irrigado IRGA 424, em função de época de semeadura, herbicida e fase do desenvolvimento sob redução de luz

| Fase<br>sobredução<br>de luz | Fitotoxicidade aos 21 DAA |        |        |       |                      |                      | Fitotoxicidade aos 28 DAA |        |        |       |                       |                      |
|------------------------------|---------------------------|--------|--------|-------|----------------------|----------------------|---------------------------|--------|--------|-------|-----------------------|----------------------|
|                              | 18/10                     |        |        | 09/11 |                      |                      | 18/10                     |        |        | 09/11 |                       |                      |
|                              | Test <sup>1</sup> .       | Bisp.  | Penox. | Test. | Bisp.                | Penox.               | Test.                     | Bisp.  | Penox. | Test. | Bisp.                 | Penox.               |
| Testemunha                   | 0 <sup>2</sup> C          | 6,0 Aa | 2,5 Ba | 0 B   | 3,3 <sup>ns</sup> Ab | 2,0 <sup>ns</sup> Ab | 0 B                       | 7,2 Aa | 5,2 Aa | 0 B   | 4,2* Aab              | 1,2* Bbc             |
| Plântula                     | 0 C                       | 5,7 Aa | 1,7 Ba | 0 B   | 5,7 <sup>ns</sup> Ab | 7,7* Aa              | 0 B                       | 4,5 Aa | 2,3 Ab | 0 B   | 2,7 <sup>ns</sup> Aab | 5,2 <sup>ns</sup> Aa |
| Vegetativo                   | 0 C                       | 5,7 Aa | 2,7 Ba | 0 C   | 11,0* Aa             | 3,0 <sup>ns</sup> Bb | 0 B                       | 5,2 Aa | 0 Bc   | 0 B   | 4,5 <sup>ns</sup> Aa  | 0,2 <sup>ns</sup> Bc |
| Todo ciclo                   | 0 B                       | 6,2 Aa | 1,2 Ba | 0 C   | 13,3* Aa             | 3,2 <sup>ns</sup> Bb | 0 B                       | 4,2 Aa | 0 Bc   | 0 B   | 1,7* Ab               | 2,2* Aab             |
| Média geral                  |                           |        |        | 3,4   |                      |                      |                           |        |        | 2,1   |                       |                      |
| C.V. (%)                     |                           |        |        | 27,8  |                      |                      |                           |        |        | 33,8  |                       |                      |

<sup>1</sup>Test.: Testemunha; Bisp.: Bispyribac-sodium; Penox.: Penoxsulam. <sup>2</sup>Médias seguidas de letras maiúsculas comparadas nas linhas e de minúsculas nas colunas, quando distintas, dentro de cada época de semeadura e variável, diferem entre si. <sup>ns</sup> e \* representam, respectivamente, não significativo e significativo entre mesma fase do ciclo sob redução de luz e herbicida, porém em diferentes épocas de semeadura, dentro de cada variável, pelo teste DMS de Fisher (p<0,05).

Colmos e panículas por área, peso de 1000 sementes e produtividade apresentaram interação entre época de semeadura e fase do ciclo sob redução de luz; espiguetas por panícula, diferença entre fases do ciclo sob redução de luz (Tabela 4). Para esterilidade de espiguetas, houve apenas efeito significativo da época de semeadura, em que aquela realizada em 09/11 causou maior valor (17%, diferindo de 10% da semeadura em 18/10).

De modo geral, maior número de colmos foi observado na semeadura em 09/11, principalmente para testemunha e redução de luz na fase vegetativa e, em ambas as épocas, o menor número de colmos foi observado quando houve redução de luz durante o período vegetativo e por todo o ciclo. Para panículas por área, verificou-se que a semeadura em 09/11 proporcionou maior número, já em termos de redução da quantidade de luz, assim como evidenciado para colmos, os menores valores foram observados quando se reduziu a luminosidade no período vegetativo e por todo o ciclo.

O maior número de espiguetas por panícula foi observado no tratamento de redução de luz por todo o ciclo; já os menores valores foram causados pela redução de luz no período reprodutivo e para a testemunha. O maior peso de 1000 sementes (PMS) verificou-se para a semeadura em 18/10, em todos os tratamentos de fase do ciclo sob redução de luz. A redução de luz durante o período vegetativo causou maior valor da variável, para as duas épocas de semeadura, não diferindo de redução de luz na fase de plântula para a semeadura em 18/10. Para produtividade, verificou-se que, independentemente de fase sob redução de luz, a semeadura em 09/11 causou maior valor da variável. Quanto às fases do ciclo sob redução de luz, a testemunha apresentou a maior produtividade, sendo que na semeadura em 18/10 não diferiu de redução de luz na fase de plântula. Nesta primeira época, os demais tratamentos não diferiram entre si, já na semeadura em 19/11, redução de luz nas fases de plântula e vegetativa ordenaram-se na classe intermedi-

ária de médias, diferindo de redução de luz na fase reprodutiva e por todo o ciclo, que não diferiram entre si.

A redução de luz no período vegetativo afetou o número de colmos, de tal modo que não diferiu de redução de luz por todo o ciclo da cultura. Como esta avaliação constituiu-se na soma dos colmos principais e dos afilhos, e considerando-se que a população de plantas não diferiu entre épocas de semeadura, a emissão de afilhos foi o fator decisivo para a definição desta variável. O afilhamento é um processo complexo em que a expressão de muitos genes deve ser regulada (Li *et al.*, 2003) e sugere-se, com os resultados apresentados, que, para o arroz, a luz tenha papel importante. Em outras Poaceae, como o trigo (Scheeren *et al.*, 1997) e espécies do gênero *Brachiaria* (Martuscello *et al.*, 2009) observou-se também menor afilhamento em condição de redução da luz.

O maior número de panículas na semeadura em 09/11, possivelmente, foi reflexo das melhores condições meteorológicas ocorridas durante o período vegetativo, sobre as plantas semeadas nesta época, as quais foram maior temperatura mínima média e menor ocorrência de dias com temperatura mínima  $\leq 15^\circ\text{C}$  (Tabela 1), sendo esta última variável meteorológica também correlacionada com a produtividade de arroz irrigado (Klering *et al.*, 2008). Além disto, na fase de plântula, todas as variáveis meteorológicas foram superiores para a semeadura em 09/11. Quanto à redução de luz, aquela durante o período vegetativo comprometeu o número de panículas por área, principalmente na semeadura em 18/10, em que causou o mesmo prejuízo do tratamento de redução de luz mais extremo, por todo o ciclo. Singh (2005) observou, para um dos cultivares de seu estudo, decréscimo no número de panículas por vaso quando sombreou plantas de arroz durante o período vegetativo, porém, para o outro cultivar, observou incremento deste componente de produtividade, mostrando ser esta resposta à luz variável entre genótipos. No tocante à semelhança entre os resultados de colmos e panículas por área, é evi-

**Tabela 4:** Número de colmos e panículas por metro quadrado, espiguetas por panícula (EP), peso de 1000 sementes (PMS) e produtividade, do cultivar de arroz irrigado IRGA 424, em função de fase do desenvolvimento sob redução de luz, para EP, e deste fator e época de semeadura para as demais variáveis

| Fase sob<br>redução de luz | Colmos.m <sup>-2</sup> |         | Panículas.m <sup>-2</sup> |         | EP     | PMS<br>(gramas) |         | Produtividade<br>(Kg.ha <sup>-1</sup> ) |          |
|----------------------------|------------------------|---------|---------------------------|---------|--------|-----------------|---------|---|----------|
|                            | 18/10                  | 09/11   | 18/10                     | 09/11   |        | 18/10           | 09/11   | 18/10                                   | 09/11    |
|                            | Testemunha             | 812* Ba | 1005 Aa                   | 557 Ba  |        | 704 Aab         | 120 c   | 25,9 Ab                                 | 23,9 Bb  |
| Plântula                   | 724 Aa                 | 818 Ab  | 475 Bb                    | 708 Aab | 133 ab | 26,3 Aa         | 23,8 Bb | 7685 Ba                                 | 10146 Ab |
| Vegetativa                 | 556 Bb                 | 691 Ac  | 401 Bc                    | 664 Ab  | 127 bc | 26,5 Aa         | 24,5 Ba | 5944 Bb                                 | 9920 Ab  |
| Reprodutiva                | 808 Aa                 | 788 Ab  | 492 Bb                    | 739 Aa  | 121 c  | 24,1 Ad         | 22,9 Bc | 6076 Bb                                 | 8022 Ac  |
| Todo ciclo                 | 583 Ab                 | 600 Ac  | 379 Bc                    | 589 Ac  | 138 a  | 24,8 Ac         | 22,6 Bc | 5779 Bb                                 | 8630 Ac  |
| Média Geral                | 739                    |         | 571                       |         | 128    | 24,53           |         | 8151                                    |          |
| C.V. (%)                   | 15,74                  |         | 11,46                     |         | 11,0   | 1,77            |         | 13,60                                   |          |

\*Médias seguidas de letras maiúsculas comparadas nas linhas e de minúsculas nas colunas, para mesma variável, quando distintas diferem pelo teste DMS de Fisher ( $p < 0,05$ ).

dente que o número de panículas tem forte dependência do de afilhos emitidos pelas plantas, porém nem sempre a relação é direta, já que muitos colmos podem ser inférteis, isto é, não emitir ou abortar panículas.

O mais elevado número de espiguetas por panícula, que ocorreu sob redução de luz por todo o ciclo, pode-se atribuir ao menor número de panículas deste tratamento, que permite às plantas apresentarem maior número de espiguetas por panícula sem que isto represente maior número de espiguetas por planta. A maior esterilidade de espiguetas observada na semeadura em 09/11 pode ser explicada pela totalidade de variáveis meteorológicas levadas em conta neste estudo, que se mostraram menos favoráveis ao arroz, durante o período que o abortamento de espiguetas ocorre, na fase reprodutiva, como a menor radiação solar (Yoshida, 1981).

O peso de 1000 sementes, que se observou menor na semeadura em 09/11, também pode ser justificado pela menor disponibilidade de radiação solar, durante a fase reprodutiva, para as plantas semeadas nesta época, ao passo que a coincidência do período de enchimento de sementes com a época de elevada radiação solar é importante (Freitas *et al.*, 2008). Além disso, este tratamento de época de semeadura apresentou maior número de panículas por área, de modo que a presença de mais sementes por planta pode influenciar para que menos fotoassimilados sejam depositados por semente. Esta mesma lógica justifica o maior PMS, inclusive para as duas épocas de semeadura, no tratamento de redução de luz no período vegetativo, que apresentou os menores números de panículas por área.

A maior produtividade foi observada na semeadura em 09/11, a qual está mais próxima do fim do período recomendado para cultivares de ciclo médio no sul do RS. Isto contrariou, de certa forma, a recomendação de priorizar a semeadura mais próxima do começo da faixa recomendada, para que ocorra coincidência de período reprodutivo das plantas com maiores radiação solar e temperatura (SOSBAI, 2012), maior aproveitamento do nitrogênio (Freitas *et al.*, 2008) e, assim, maior produtividade (Sartori *et al.*, 2013). Realmente, a semeadura em 18/10 permitiu que a fase reprodutiva das plantas coincidissem com melhores condições meteorológicas, de todas as variáveis consideradas no estudo, inclusive radiação solar, o que se sugere ter favorecido maior peso de 1000 sementes e menor esterilidade de espiguetas para esta época, como já foi mencionado. Por outro lado, a semeadura em 09/11 permitiu que as fases de plântula e período vegetativo ocorressem em condições mais favoráveis, o que se acredita ter permitido um bom desenvolvimento das plantas e, com isto, maior emissão de panículas por área, o componente que se mostrou determinante para a maior produtividade da cultura semeada em novembro.

Corroborando os resultados deste trabalho, Steinmetz *et al.* (2013) observaram que radiação solar global média da emergência até a diferenciação da panícula foi a variável (de radiação solar) mais importante para a definição da produtividade de cultivares de ciclo precoce, apesar de também isso não condizer com a literatura, segundo estes autores. Algo importante a se ressaltar, ainda, é que a segunda época de semeadura avaliada (09/11) está compreendida dentro do período recomendado pelo zoneamento agroclimatológico (Embrapa, 2007), sendo aceitável que tenha possibilitado elevada produtividade.

Em relação às fases do desenvolvimento sob redução de luz, era esperado que a maior produtividade fosse observada para a testemunha e, as menores, quando a redução de luz ocorresse por todo o ciclo e durante o período reprodutivo (Yoshida, 1981), para as duas épocas de semeadura, o que, de fato, ocorreu. Entretanto, verificou-se que em qualquer fase do ciclo, a redução de luminosidade causou prejuízo à produtividade, com exceção da imposta fase de plântula na semeadura em 18/10. Estes resultados, e aquele de Steinmetz *et al.* (2013), enfatizam a importância da radiação solar em todo o ciclo das plantas de arroz.

Houve interação, ainda, entre época de semeadura e herbicida para espiguetas por panícula e produtividade (Tabela 5). Para espiguetas, os maiores valores foram observados na semeadura em 09/11, entretanto, não houve diferença entre épocas para testemunha capinada. Verificando-se a semeadura em 18/10, não houve diferença entre herbicidas para esta variável, porém em 09/11 a aplicação de bispyribac-sodium resultou em maior número de espiguetas por panícula, embora não diferindo de penoxsulam. A maior produtividade foi observada na semeadura em 09/11, independentemente de herbicida. Dentro de cada época, em 18/10 bispyribac-sodium reduziu a produtividade do cultivar avaliado; já, em 09/11, não houve efeito de herbicida.

O efeito dos herbicidas sobre espiguetas por panícula na semeadura em 09/11 não condiz com os resultados de estudos recentes, que não observaram efeito desses mesmos herbicidas sobre o número de grãos por panícula em arroz (Petter *et al.*, 2011; Petter *et al.*, 2012).

A redução da produtividade com a aplicação de bispyribac-sodium sobre o arroz semeado em 18/10 confirma uma das hipóteses, deste estudo, de que a época de semeadura exerce influência sobre a seletividade deste herbicida. Pode-se observar que a fase vegetativa, que correspondeu ao período após a aplicação dos herbicidas, apresentou menor temperatura mínima média e maior número de dias com temperatura  $\leq 15$  °C para a semeadura nesta primeira época, o que pode ter dificultado a recuperação das plantas após a intoxicação com o herbicida. Petter *et al.* (2011) ressaltaram que a capacidade de metabolização de compostos pelas plantas, entre eles os

**Tabela 5:** Espiguetas por panícula e produtividade, do cultivar de arroz irrigado IRGA 424, em função de época de semeadura e da aplicação de herbicidas

| Herbicidas        | Espiguetas por panícula |         | Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> ) |         |
|-------------------|-------------------------|---------|--------------------------------------|---------|
|                   | 18/10                   | 09/11   | 18/10                                | 09/11   |
| Testemunha        | 122* Aa                 | 131 Ab  | 6936 Ba                              | 9251 Aa |
| Bispyribac-sodium | 116 Ba                  | 142 Aa  | 6084 Bb                              | 9811 Aa |
| Penoxsulam        | 121 Ba                  | 135 Aab | 7087 Ba                              | 9737 Aa |
| Média Geral       | 128                     |         | 8151                                 |         |
| C.V. (%)          | 11,0                    |         | 13,60                                |         |

\*Médias seguidas de letras maiúsculas comparadas nas linhas e minúsculas nas colunas, para a mesma variável, quando distintas diferem pelo teste DMS de Fisher ( $p < 0,05$ ).

herbicidas, está diretamente relacionada com sua atividade metabólica, que é dependente do ambiente.

Os herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) são metabolizados nas plantas por via do citocromo P450 monooxigenases (Yasuor *et al.*, 2009), cujas enzimas atuam na etapa inicial do metabolismo dos herbicidas, dando origem a um metabólito de baixa fitotoxicidade, ou atóxico, às plantas, e posteriormente, esses produtos podem sofrer modificações por meio de conjugações com glicose e glutatona, os quais são compartimentalizados em vacúolos e, ou incorporados às paredes celulares (Eerd *et al.*, 2003). Com os resultados deste estudo, pode-se sugerir que estas enzimas sejam afetadas pelas baixas temperaturas, tornando a metabolização do herbicida mais lenta.

A produtividade do arroz semeado em 18/10 foi reduzida quando realizada a aplicação de bispyribac-sodium, mesmo não sendo detectado efeito negativo do herbicida sobre os componentes de produtividade avaliados, mas apenas uma relativamente maior fitotoxicidade visual. Em muitos experimentos, os componentes de produtividade podem não se correlacionar com a produtividade em si, por vários motivos, como desuniformidade do estande e dificuldades de avaliação, o que ainda proporciona altos coeficientes de variação (Oliveira *et al.*, 2002).

## CONCLUSÕES

A época de semeadura influencia na seletividade de bispyribac-sodium, sendo que, quando realizada a semeadura perto do início do período recomendado reduz-se a produtividade do cultivar estudado.

A redução artificial de luz em diferentes fases do desenvolvimento não afeta a seletividade dos herbicidas bispyribac-sodium e penoxsulam sobre o arroz irrigado.

Os componentes de produtividade são afetados pela época de semeadura e pela redução artificial da luminosidade em diferentes fases do desenvolvimento, sendo a semeadura em 09/11 mais favorável e, a redução da luminosidade durante o período reprodutivo e por todo o ciclo, as mais prejudiciais à produtividade final do arroz.

## REFERÊNCIAS

- Brasil (2009) Regras para análise de sementes. Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 398p.
- Conab (2013) Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo primeiro levantamento. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_08\\_09\\_10\\_43\\_44\\_boletim\\_portuges\\_agosto\\_2013\\_port.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_08_09_10_43_44_boletim_portuges_agosto_2013_port.pdf)>. Acessado em: 16 de dezembro de 2013.
- Concenço G, Andres A, Lopes NF, Rieffel Filho JA, Santos MQ, Garcia CAN & Ferreira FA (2007) Sensibilidade de plantas de arroz ao herbicida bispyribac-sodium em função de doses e locais de aplicação. *Planta Daninha*, 25:629-637.
- Counce PA, Keisling TC & Mitchell AJ (2000) A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. *Crop Science*, 40:436-443.
- Cruz RP & Millach SCK (2000) Revisão Bibliográfica: Melhoria genética para tolerância ao frio em arroz irrigado. *Ciência Rural*, 30:909-917.
- Cruz RP, Sperotto RA, Cargnelutti D, Adamski JM, Terra TF & Fett JP (2013) Revisão Bibliográfica: Avoiding damage and achieving cold tolerance in rice plants. *Food and Energy Security*, 2:96-119.
- Eerd LLV, Hoagland RE & Zablutowicz RM (2003) Pesticide metabolism in plants and microorganisms. *Weed Science*, 51:472-495.
- Embrapa (2007) Zoneamento agroclimático do arroz irrigado por épocas de semeadura no estado do Rio Grande do Sul. Pelotas, Embrapa Clima Temperado. 37p. (Documentos, 199).
- Embrapa (2013) Boletins Agroclimatológicos. Disponível em: <<http://www.cpact.embrapa.br/agromet/estacao/boletim.html>>. Acessado em: 10 de agosto de 2013.
- Freitas TFS, Silva PRF, Mariot CHP, Menezes VG, Anghinoni I, Bredemeier C & Vieira VM (2008) Produtividade de arroz irrigado e eficiência da adubação nitrogenada influenciadas pela época da semeadura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:2397-2405.
- Klering EV, Fontana DC, Berlato MA & Cargnelutti Filho A (2008) Modelagem agrometeorológica do rendimento de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43:549-558.
- Li X, Qian Q, Fu Z, Wang Y, Xiong G, Zeng D, Wang X, Liu X, Teng S, Hiroshi F, Yuan M, Luok D, Han B & Li JY (2003) Control of tillering in rice. *Nature*, 422:618-621.
- Martuscello JA, Jank L, Gontijo Neto MM, Laura VA & Cunha DNFV (2009) Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38:1183-1190.

- Oliveira TK, Carvalho GJ & Moraes RNS (2002) Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 37:1079-1087.
- Petter FA, Zuffo AM & Pacheco LP (2011) Seletividade de herbicidas inibidores de ALS em diferentes estádios de desenvolvimento do arroz de terras altas. Pesquisa Agropecuária Tropical, 41:408-414.
- Petter FA, Pacheco LP, Zuffo AM, Alcântara Neto F & Ribeiro WRM (2012) Herbicidas inibidores da ALS aplicados em pós-emergência no arroz de terras altas. Planta Daninha, 30:617-625.
- Sartori GMS, Marchesan E, Azevedo CF, Streck NA, Roso R, Coelho LL & Oliveira ML (2013) Rendimento de grãos e eficiência no uso de água de arroz irrigado em função da época de semeadura. Ciência Rural, 43:397-403.
- Scheeren PL, Carvalho FIF & Federizzi LC (1997) Respostas do trigo à baixa luminosidade e suas implicações com o melhoramento genético. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 32:1287-1293.
- Singh S (2000) Growth, yield and biochemical response of rice genotypes to low light and high temperature-humidity stress. Oryza, 37:35-38.
- Singh S (2005) Effect of low-light stress at various growth phases on yield and yield components of two rice cultivars. Crop management & physiology, 30:36-37.
- Song NH, Yin XL, Chen GF & Yang H (2007) Biological responses of wheat (*Triticum aestivum*) plants to the herbicide chlorotoluron in soils. Chemosphere, 68:1779-1787.
- SOSBAI (2012) XXIX Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Gravatal, Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. 177p.
- Steinmetz S & Braga HJ (2001) Zoneamento de arroz irrigado por épocas de semeadura nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Revista Brasileira de Agrometeorologia, 9:429-438.
- Steinmetz S, Deibler AN & Silva JB (2013) Estimativa da produtividade de arroz irrigado em função da radiação solar global e da temperatura mínima do ar. Ciência Rural, 43:206-211.
- Sweetser PB, Schow GS & Hutchison JM (1982) Metabolism of chlorsulfuron by plants: biological basis for selectivity of a new herbicide for cereals. Pesticide biochemistry and physiology, 17:18-23.
- Walter LC, Rosa HT & Streck NA (2010) Simulação do rendimento de grãos de arroz irrigado em cenários de mudanças climáticas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 45:1237-1245.
- Yasur H, Osuna MD, Ortiz A, Saldain NE, Eckert JW & Fischer AJ (2009) Mechanism of resistance to penoxsulam in late watergrass [*Echinochloa phyllopogon* (Stapf) Koss.]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57:3653-3660.
- Yoshida S (1981) Fundamentals of rice crop science. Los Bãnos, International Rice Research Institute. 269p.