

A DERIVA DE GLYPHOSATE INTERFERE NO DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE ARROZ IRRIGADO

GLYPHOSATE DRIFT MODIFY FLOODED RICE'S DEVELOPMENT AND YIELD

Matheus Beck^a, Cassiano Salin Pigatto^b, Claudio Ogoshi^c, Tiago Viegas Cereza^a, Alencar Junior Zanon^d, André da Rosa Ulguim^{b*}

^aEstação Experimental do Arroz, Seção de Fitotecnia, Instituto Rio Grandense do Arroz, Rio Grande do Sul, Brasil. ^bDepartamento de Defesa Fitossanitária, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. ^cEmpresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil. ^dDepartamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

*Autor correspondente: andre.ulguim@uol.com.br

INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Histórico do artigo:

Recebido: 10 Outubro 2018.

Aceito: 30 Maio 2019.

Publicado: 08 Agosto 2019.

Palavras-chave/Keywords:

Subdoses de Glyphosate/Subdoses of Glyphosate.

Fitotoxicidade/Phytotoxicity.

Adubação Nitrogenada/Nitrogen Fertilization.

Perdas de Produtividade/Productivity Losses.

RESUMO

Objetivo do trabalho foi avaliar os danos ao desenvolvimento e produtividade de cultivar de arroz irrigado de ciclo precoce (IRGA 430), ocasionados por deriva simulada de glyphosate. O experimento foi realizado a campo na Estação Experimental do Arroz – IRGA na safra 2016/17 e os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 3x2+1 cujo fator A constou da simulação de deriva de glyphosate nas doses de 135; 270 e 540g ha⁻¹ e.a.; o fator B de duas doses de nitrogênio (N), sendo eles 90 e 121,5 kg ha⁻¹ de N; mais testemunha sem aplicação de glyphosate e com aplicação de 90kg ha⁻¹ de N. O aumento na dose de glyphosate resultou em maiores danos à cultura, como sintomas de fitotoxicidade, redução no número de panículas por área e no rendimento de grãos que foi de aproximadamente 60% na maior dose estudada. De acordo com o aumento da dose de glyphosate também ocorreu o prolongamento no número de dias entre a emergência da cultura até o estágio de desenvolvimento de antese (R₄). A deriva simulada de glyphosate evidencia que o herbicida causa elevada fitotoxicidade a cultura, menor estatura as plantas e aumento do ciclo de desenvolvimento, interferindo negativamente na produtividade da cultura do arroz irrigado.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the injury to the development and yield of early cycle flooded rice cultivar (IRGA 430), caused by simulated glyphosate drift. The experiment was carried out in the field at the Experimental Station of the Rice - IRGA, in the 2016/17 season, and treatments were arranged in factorial scheme 3x2+1 whose factor A consisted of the glyphosate drift simulation with rates of 135; 270 and 540g ha⁻¹ a.e.; the factor B of two nitrogen (N) rates, being 90 and 121.5 kg ha⁻¹ N; more control without application of glyphosate and with the application of 90 kg ha⁻¹ N. There increase in glyphosate rate results in higher injuries to the crop, with phytotoxicity symptoms, less panicles per area, and about 60% yield loss. The period of emergency until the anthesis (R₄) was prolonged. The glyphosate simulated drift shows higher phytotoxicity, lesser plant height and increase development cycle, promoting negative interference on flooded rice yield.

Direito Autoral: Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença Creative Commons , que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor e a fonte originais sejam creditados.

Citação deste artigo:

BECK, M.; PIGATTO, C. S.; OGOSHI, C.; CEREZA, T. V.; ZANON, A. J.; ULGUIM, A. R. A deriva de glyphosate interfere no desenvolvimento e produtividade de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 18, n.1. 2019.

A cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa*) representa importante papel na economia do Rio Grande do Sul (RS), que é considerado o maior produtor do grão no Brasil com área cultivada de cerca de um milhão de hectares e produtividade média ha^{-1} próximas de 8.000 kg (IRGA, 2017). O monocultivo de arroz predomina nas áreas de terras baixas do Estado devido às condições serem aptas ao cultivo e por constituir-se boa fonte de renda aos produtores (CONAB, 2018). Todavia, o monocultivo de arroz não é sustentável, observando-se redução da produtividade da cultura cujo fator que é mais favorecido por essa prática é o aumento da ocorrência de plantas daninhas. A interferência de plantas daninhas impacta negativamente à produtividade da cultura que pode chegar a perdas superiores a 85% (TORMENA et al., 2016), havendo a necessidade do manejo para evitar tais perdas (ANDRES et al., 2004; FREITAS et al., 2008; WALTER et al., 2014). Os principais mecanismos de ação herbicidas utilizados para o manejo de plantas daninhas no arroz são acetolactato sintase (ALS), inibidores acetil coenzima-A carboxilase (ACCase), mimetizadores de auxinas (quinclorac) e inibidores do fotossistema II (SOSBAI, 2018).

Devido a necessidade do manejo das plantas daninhas nas áreas de produção de arroz e sobretudo aquelas com resistência, a rotação com a cultura da SOJA (*Glycine max*) vem sendo utilizada como forma de manejo para diminuição na infestação de plantas daninhas resistentes (MORAES et al., 2009; ZEMOLIN et al., 2014). A rotação com soja além do auxílio no manejo de plantas daninhas, também promove benefícios à fertilidade do solo, manejo de doenças, insetos pragas e pode aumentar a rentabilidade pela diversificação da propriedade ao agricultor (MUNDSTOCK et al., 2018). Nesse sentido, o cultivo de soja no RS em terras baixas tem aumentado gradativamente, alcançando próximo de 300 mil hectares cultivados em rotação ao arroz irrigado (IRGA, 2017).

O glyphosate atua inibindo a enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs) que impossibilita a planta sensível de formar aminoácidos aromáticos, essenciais para a síntese de proteínas (DUKE, 2017). Em função do uso de cultivares tolerantes ao glyphosate e do amplo espectro do herbicida, esse tem constituindo-se alternativa para o controle químico das plantas daninhas resistentes em lavouras de soja cultivada sem rotação com arroz irrigado.

Cabe ressaltar, entretanto, que as lavouras de soja em terras baixas comumente encontram-se próximas às áreas de cultivo de arroz irrigado, havendo riscos da ocorrência de deriva de herbicidas para ambas. A deriva é definida como quantidade de ingrediente ativo desviada do alvo de interesse durante a aplicação, e considerada uma das principais causas de perdas de herbicidas e injúrias a culturas sensíveis não-alvo (LANGARO et al., 2014). Entre os principais fatores que influenciam no processo de deriva estão a velocidade do vento e o tamanho de gotas do produto a ser utilizado (GODINHO JR. et al., 2017; MARTINI et al.,

2015).

Outro fato relevante que pode favorecer esse fenômeno são as grandes extensões cultivadas de arroz irrigado no RS, que demandam em muitos casos a pulverização de herbicidas com uso de aeronaves para alcançar o estádio adequado da planta daninha (DAL MAGRO et al., 2006). Nesse caso, imprudências em aplicações de glyphosate nessas áreas podem incorrer em deriva para lavouras de arroz irrigado, ocasionando injúrias à essa cultura dependendo da concentração do herbicida que atinge a mesma. No entanto, poucos dados estão disponíveis acerca do impacto da deriva de glyphosate na cultura do arroz irrigado, sendo que frequentemente os produtores promovem aumento na dose ou aplicações adicionais de adubações nitrogenadas como forma de auxiliar na recuperação da cultura, sem todavia, comprovação do efeito benéfico. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar os danos ao desenvolvimento e produtividade de cultivar de arroz irrigado de ciclo precoce (IRGA 430), ocasionados por deriva simulada de glyphosate.

2. Material e Métodos

O experimento foi realizado na safra 2016/17, na Estação Experimental do Arroz, pertencente ao Instituto Rio Grandense de Arroz (IRGA), Cachoeirinha/RS. A cultivar utilizada foi IRGA 430, a qual possui maturação precoce (120 dias) (SOSBAI, 2018), sendo que as unidades experimentais consistiram de 9 linhas espaçadas em 0,17m e 5m de comprimento, com área útil de 4,80m².

O arroz foi cultivado no sistema convencional, cuja semeadura foi realizada em 07 de Novembro de 2016, na densidade de 100 kg de sementes ha⁻¹. A fertilidade do solo foi corrigida com base em análise do solo, sendo utilizado a dose de 17,5 kg, 68 kg e 108 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Os demais tratos culturais seguiram as recomendações oficiais para a cultura (SOSBAI, 2018).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 3x2+1, sendo que o fator A constou das subdoses de glyphosate (Glifosato Atanor 48, 356 L⁻¹ g e.a., SL, Atanor do Brasil LTDA.) simulando deriva, sendo elas 135; 270 e 540 g ha⁻¹ e.a.; o fator B consistiu de 90 kg e 121,5 kg N ha⁻¹ aplicadas em cobertura; mais testemunha sem aplicação de glyphosate e com aplicação de 90kg N ha⁻¹, correspondente à dose recomendada. A adubação nitrogenada utilizada foi aplicada em dose única a lanço em estádio V₄, na forma de ureia, visto a época de semeadura adiantada e o ciclo precoce da cultivar (SOSBAI, 2018).

A aplicação das subdoses de glyphosate foi realizada quando as plantas do arroz apresentavam-se em estádio V₃, com auxílio de pulverizador costal pressurizado com CO₂, munido com pontas de pulverização do tipo 110.01, e pressão de 260 kPa, que proporcionaram volume de calda de 120L ha⁻¹. Sete dias após a aplicação do herbicida, foi

realizada aplicação de nitrogênio em cobertura, conforme cada respectivo tratamento, e imediatamente após iniciou-se a irrigação definitiva por inundação.

As variáveis analisadas foram a fitotoxicidade aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação do glyphosate (DAA); estatura de planta (cm), intervalo entre emergência e o estádio de antese (R_4) em dias, número de panículas m^{-2} e produtividade de grãos ($kg\ ha^{-1}$). A fitotoxicidade foi avaliada em escala percentual de zero a 100, em que zero indica ausência de sintomas e 100 a morte das plantas (SBCPD, 1995). A estatura de dez plantas aleatórias foi quantificada por unidade experimental quando a cultura estava em estádio R_4 , com auxílio de régua graduada obtendo-se a medida da base do solo até o ápice da folha bandeira com o limbo foliar distendido.

O número de dias entre a emergência e o estádio R_4 foi analisado visualmente, registrando-se a data de ocorrência quando observado 50% de plantas da parcela nos referidos estádios, e o valor obtido por diferença. A contagem do número de panículas m^{-2} foi realizada em pré-colheita, em área de $0,25m^2$ sendo posteriormente os dados calculados para $1m^2$. A produtividade de grãos foi obtida através da colheita de $3m^2$ da área útil da parcela, sendo os dados expressos em $kg\ ha^{-1}$ com umidade corrigida para 13%.

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância ($p<0,05$) por meio do procedimento GLM do software SAS. Posteriormente, os dados referentes ao fator A foram submetidos à análise de regressão linear pelo procedimento REG do software SAS. O modelo utilizado para correlacionar as variáveis fitotoxicidade, estatura de plantas e período da emergência até a antese foi:

$$y = a + b \cdot x$$

onde: y corresponde à variável resposta; x corresponde à subdose do herbicida simulando deriva; a corresponde ao intercepto do modelo; e b corresponde ao coeficiente angular do modelo.

Para as variáveis número de panículas m^{-2} e produtividade, o modelo que melhor evidenciou ajuste dos dados foi o quadrático, conforme segue:

$$y = a + b \cdot x + c \cdot x^2$$

onde: y corresponde à variável resposta; x corresponde à subdose do herbicida simulando deriva; a corresponde ao intercepto do modelo; e b e c correspondem a parâmetros do modelo.

3. Resultados e Discussão

De acordo com a análise de variância, não foi observada interação entre os fatores para nenhuma variável testada (Tabela 1). Porém, para o fator doses de nitrogênio houve significância para a variável estatura de planta, enquanto que para o fator deriva simulada de glyphosate observou-se significância para todas as variáveis (Tabela 1). A inobservância de significância em resposta às doses de nitrogênio indica para o fato de que a planta de arroz não responde de forma diferente ao nutriente quando exposta à deriva de glyphosate. Cabe destacar que, em situações de campo, produtores utilizam de alterações no manejo do nitrogênio em áreas comerciais para promover a recuperação das plantas após exposição à deriva, situação que pode ser favorável para a recuperação da fitotoxicidade a herbicidas como observado para aqueles pertencentes ao grupo das imidazolinonas (AVILA et al., 2009).

Tabela 1. Análise de variância univariada ($p \leq 0,05$) das características fitotoxicidade 7, 14 e 21 dias após o tratamento de herbicida (DAA), estatura de planta (cm), período em dias da emergência até a antese (R_4), número de panículas m^{-2} e produtividade de grãos ($kg\ ha^{-1}$) avaliados no cultivar precoce de arroz IRGA 430 com três subdoses simulando deriva de 135; 270 e 540g ha^{-1} e.a. do herbicida glyphosate + testemunha, nas doses de 90 e 121,5 kg de nitrogênio por hectare, Cachoeirinha, RS, 2017.

Fontes de variação	7 DAA	14 DAA	21 DAA	Estatura	Ciclo R4	Número Panícula	Produtividade de grãos
	QM	QM	QM	QM	QM	QM	QM
Blocos	22,23 ^{ns}	32,22 ^{ns}	20,97 ^{ns}	18,45 ^{ns}	4,31 ^{ns}	4322,3 ^{ns}	402649,1 ^{ns}
Nitrogênio	35,57 ^{ns}	192,38 ^{ns}	452,67 ^{ns}	42,17*	7,66 ^{ns}	150,00 ^{ns}	803341,5 ^{ns}
Deriva	3344,8*	5184,48*	6465,1*	32,18*	71,38*	51688,6*	31193779,9*
Interação	15,80 ^{ns}	125,48 ^{ns}	8,77 ^{ns}	19,85 ^{ns}	13,78 ^{ns}	294,00 ^{ns}	373436,1 ^{ns}
CV (%)	20,90	13,25	10,05	2,53	1,15	15,1	19,49
Média	28,35	42,9	47,3	87,30	94,0	465,0	5846,33

* e ns indicam significância estatística ou não pelo Teste F ($p \leq 0,05$).

Conforme citado anteriormente, a adição de nitrogênio não interferiu na ação de glyphosate nas plantas de arroz, observando-se aumento da fitotoxicidade à cultura conforme a elevação da subdose do herbicida aos 7 e 14 DAA, cujos valores máximos foram de cerca de 60 e 80%, respectivamente (Figuras 1A e 1B). Porém, nota-se que aos

21 DAA houve pequena redução na fitotoxicidade quando aplicado 135 g ha^{-1} e.a., enquanto que houve manutenção do dano com o aumento da dose de deriva simulada (Figura 1C). Em função da fitotoxicidade observada, observa-se que o herbicida glyphosate foi prejudicial à cultura, e provocou impacto negativo à produtividade.

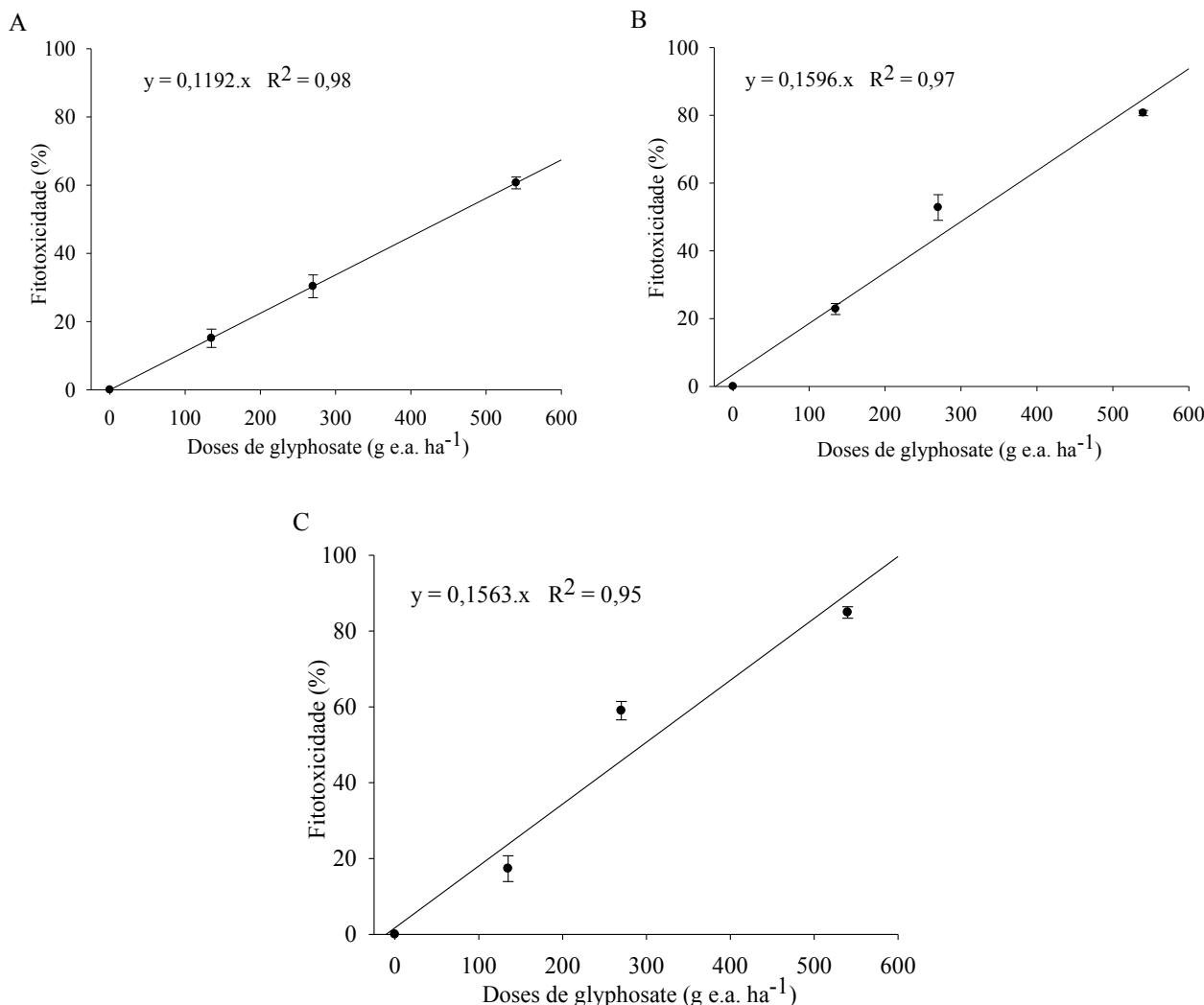


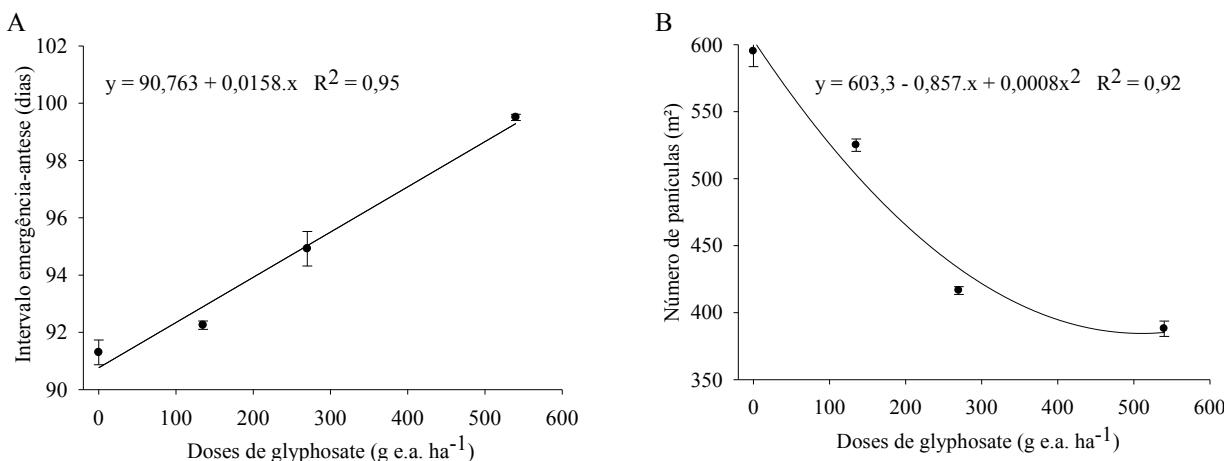
Figura 1: Fitotoxicidade (%) aos 7 (A), 14 (B) e 21 (C) dias após a aplicação da deriva simulada de glyphosate na cultivar de ciclo precoce IRGA 430. Cachoeirinha, RS, 2017.

As aplicações de glyphosate em plantas de arroz durante o desenvolvimento vegetativo evidenciaram fitotoxicidade entre 34 a 51%, sendo esses danos maiores do que aqueles observados em aplicações em épocas de desenvolvimento posteriores, como no período reprodutivo (HENSLEY et al., 2013). Entre as lesões, observou-se clorose nas folhas mais jovens até a morte das plantas, entretanto visualizou-se a recuperação ou rebrote das plantas 21 e 28 dias da aplicação. Assim, a exposição de plantas de arroz às menores doses de determinado herbicida, em relação àquelas recomendadas, aumenta a possibilidade de recuperação (DAL MAGRO et al., 2006).

A exposição da cultura do arroz ao glyphosate em estádios de crescimento inicial dificulta o rebrote e recuperação dos danos do herbicida (CASSOL et al., 2015). Além disso, plantas jovens expostas ao glyphosate são mais sensíveis à deriva do que plantas mais desenvolvidas, pois a translocação do herbicida é maior no período vegetativo (BOND et al., 2006; FRANCO et al., 2012). Assim, em determinadas situações há coincidência da aplicação de glyphosate para o manejo de plantas daninhas em soja e o

desenvolvimento inicial do arroz irrigado, principalmente em épocas de semeadura mais tardias (novembro/dezembro), sendo que caso não sejam tomadas os devidos cuidados, existe o risco de deriva do herbicida.

Para a variável estatura de planta de arroz, verificou-se que a deriva do herbicida ocasionou a paralisação do crescimento conforme o aumento da subdose de glyphosate simulando deriva, com o mesmo comportamento para ambas doses de N testadas (Figura 2). Igualmente, o herbicida glyphosate aplicado na diferenciação da panícula e estágios anteriores, resultaram na redução da estatura de plantas de arroz em comparação a testemunha (HENSLEY et al., 2013). Para o girassol (*Helianthus annuus*), a aplicação de 86,4 g ha⁻¹ e.a. promoveu redução de 55% na estatura das plantas, 50% no número de folhas e 90% na área foliar, evidenciando a sensibilidade da cultura ao herbicida (VITAL et al., 2017). Nesse sentido, além do efeito no crescimento das plantas, de acordo com os resultados relacionados à estatura do arroz, a deriva de glyphosate pode interferir no desenvolvimento da cultura (HENSLEY et al., 2013).



Observou-se que conforme o aumento da subdose de glyphosate simulando deriva prolongou-se o período para as plantas atingirem o estádio de antese (R₄), havendo diferença significativa para maiores subdoses do herbicida (Figura 3A). Esse resultado indica que as plantas de arroz que receberam a aplicação de glyphosate tiveram aumento no tempo entre a emergência e a antese de 1 dia para cada 63,3 g ha⁻¹ e.a. do herbicida, baseado no inverso do

coeficiente linear da equação. Esse aumento do ciclo pode impactar no custo de produção do cereal, uma vez que há a necessidade de manutenção da cultura no campo, e por tratar-se de uma cultura irrigada, a necessidade de manter a irrigação ativa por um período maior, além de a cultura ficar sujeita a intempéries climáticas, pragas e patógenos por mais tempo.

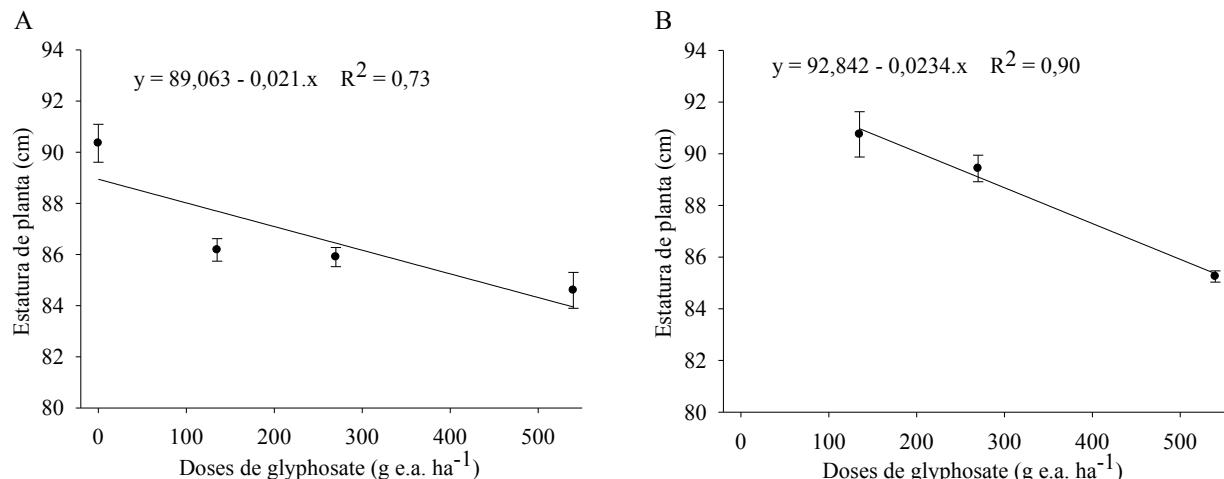


Figura 3. Período da emergência à antese do arroz (R₄) (A) e número de panículas de arroz por m⁻² (B) em função da deriva simulada do herbicida glyphosate na cultivar de ciclo precoce IRGA 430. Cachoeirinha, RS, 2017.

Outro fator preponderante no atraso do ciclo da cultura é que pode promover a ocorrência do florescimento da cultura em período não favorável, expondo a cultura à condições adversas que implicam em redução da performance agronômica da cultura. Sendo assim, a partir da antese, parte da matéria seca produzida tende a ser translocada para a panícula, dando início ao enchimento das espiguetas que irão formar o grão (SHI et al., 2015). O prolongamento deste processo, devido à fitotoxicidade do herbicida, diminuiu o tempo para formação dos grãos e interfere na produtividade (ZHANG et al., 2018).

Resultados encontrados na cultura do Trigo (*Triticum*

aestivum) demonstraram que o glyphosate retardou a maturação de grãos por derivas a partir do surgimento da bainha da folha bandeira (DAVIS et al., 2013). Isso pode ser explicado devido à mobilidade do glyphosate nesse período, onde no início da diferenciação floral o herbicida tem maior translocação devido à folha bandeira estar se desenvolvendo, afetando as regiões de crescimento mais ativa da planta, e a lesão manifesta-se através do encurtamento ou má formação da folha (DAVIS et al., 2013).

A utilização das maiores subdoses de deriva simulada estudadas diminuíram significativamente a

quantidade de panículas m^{-2} na cultura do arroz (Figura 3B). Consequentemente, observou-se impacto negativo na produtividade de grãos, diminuindo em aproximadamente 60% pela aplicação de 540 g ha^{-1} e.a. comparativamente à testemunha sem aplicação (Figura 4). A aplicação de

glyphosate em doses superiores a 78 g ha^{-1} e.a. na época de diferenciação floral promoveu decréscimo na produtividade de arroz cultivado em terras altas, sofrendo reduções no tamanho de panículas, retardando na emissão e resultando em grãos manchados (GITTI et al., 2011).

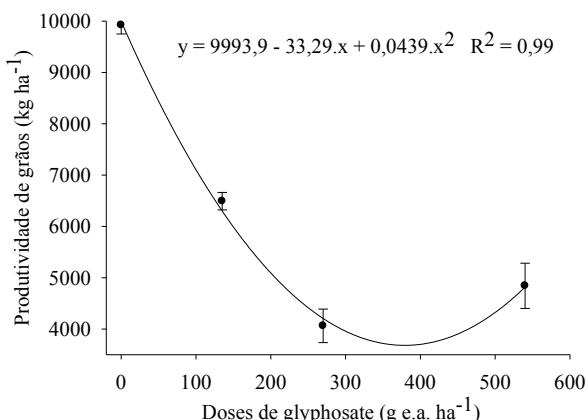


Figura 4. Produtividade de grãos de arroz ($kg\ ha^{-1}$) em função da deriva simulada do herbicida glyphosate na cultivar de ciclo precoce IRGA 430. Cachoeirinha, RS, 2017.

É importante destacar as condições ambientais no momento da aplicação devem ser levadas em conta para evitar o risco de deriva, onde temperaturas acima de 30°C, umidade relativa do ar menor que 55% e velocidade do vento maiores que 10 km h^{-1} , são favoráveis a deriva de herbicidas (MARTINI et al., 2015). Associado a isso, outra maneira de contornar estes problemas é a utilização de pontas com indução de ar, proporcionando gotas com maior diâmetro, e também, o uso de adjuvantes visando a redução do risco potencial de deriva.

4. Conclusão

A deriva de glyphosate causa elevada fitotoxicidade, promove redução da estatura e aumenta o ciclo da cultura, interferindo negativamente na produtividade da cultura do arroz irrigado.

Referências

- Andres, A.; Machado, S. L. O. Plantas daninhas do arroz irrigado. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES JR., A.M. (Eds.). **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília: Embrapa informação tecnológica. p.457-546, 2004.
- Avila, L.A.; Cezimbra, D.M.; Marchesan, E.; Machado, S.L.O.; Pasini, M.; Glier, C.; Ferreira, R.B. Época de aplicação de nitrogênio e de início da irrigação na fitotoxicidade causada pela aplicação de imidazolinonas em arroz tolerante. **Ciência Rural**, v.39, n.6, p.1647-1652, 2009.
- Bond, J.A.; Griffin, J.L.; Ellis, J.M., Linscombe, S.D.; Williams, B.J. Corn and rice response to simulated drift of imazethapyr plus imazapyr. **Weed Technology**, v.20, n.1, p.113-117, 2006.
- Cassol, G. V.; Avila, L.A.; Zemolin, C.R.; Piveta, A.; Agostinetto, D.; Merotto Júnior, A. Sensitivity of imidazolinone-resistant red rice (*Oryza sativa* L.) to glyphosate and glufosinate. **Ciência Rural**, v.45, n.9, p.1557-1563, 2015.
- CONAB. **Série histórica do arroz**. Disponível em: <www.conab.gov.br> Acesso em: 02 out. 2018.
- Dal Magro, T.; Agostinetto, D.; Pinto, J.J.O.; Galon, L.; Rezende, A.L. Efeito de deriva simulada de herbicida inibidor de ALS nos componentes da produtividade do arroz irrigado. **Planta Daninha**, v.24, n.4, p.805-812, 2006.
- Davis, B.; Scott, R.C.; Norsworthy, J.K.; Gbur, E. Response of wheat (*Triticum aestivum*) to low rates of glyphosate and glufosinate. **Crop Protection**, v.54, n.1, p. 181-184, 2013.
- Duke, S.O. The history and current status of glyphosate. **Pest Management Science**, v.74, p.1027-1034, 2017.
- Franco, D.A.S.; Almeida, S.D.B.; Cerdeira, A.L.; Duke, S.O.; Moraes, R.M.; Lacerda, A.L.S.; Matallo, M.B. Avaliação do uso de glyphosate em soja geneticamente modificada e sua relação com o ácido chiquímico. **Planta Daninha**, v.30, n.3, p.659-666, 2012.
- Freitas, T.F.S.; Silva, P.R.F.; Mariot, C.H.P.; Menezes, V.G.; Anghinoni, I.; Bredemeier, C.; Vieira, V.M. Produtividade de arroz irrigado e eficiência da adubação nitrogenada influenciadas pela época de semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.6, p.2397-2405, 2008.
- Gitti, D.C.; Arf, O.; Peron, I.B.G.; Portugal, J.R.; Corsini, D.C.; Rodrigues, R.F. Glyphosate como regulador de

- crescimento em arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.4, p.500-507, 2011.
- Godinho JR., J.D.; Vieira, L.C.; Pereira, L.O.A.; Ruas, R.A.A.; Faria, V.R.; Filho, A.C. Deriva do herbicida 2,4-d aplicado com pontas hidráulicas de jato plano tipo leque. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.12, n.4, p.550-554, 2017.
- Hensley, J.B.; Webster, E.P.; Blouin, D.C.; Harrell, D.L.; Bond, J.A. Response of rice to drift rates of glyphosate applied at low carrier volumes. **Weed Technology**, v.27, n.27, p.257–262, 2013.
- IRGA. Instituto Rio Grandense do Arroz. Estimativa de plantio de soja e arroz para a safra2016/17. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br/conteudo/6561/estimativade-plantio-para-safra-2016/2017-e-de-1,086-milhao-de-hectares>>. Acesso em 25 nov. 2018.
- Langaro, A.C.; Nohatto, M.C.; Perboni, L.T.; Tarouco, C.P.; Agostinetto, D. Alterações fisiológicas na cultura do tomateiro devido à deriva simulada de herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.13, n.1, p.40-46, 2014.
- Martini, A.T.; Avila, L.A.; Camargo, E.R.; Moura, D.S.; Marchezan, M.G.; Pivetta, A.P. Influence of adjuvants and spray nozzles on glyphosate drift. **Planta Daninha**, v.33, n.2, p.375-386, 2015.
- Moraes, P.V.D. et al. Competitividade relativa de soja com arroz-vermelho. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p.35-40, 2009.
- Mundstock, C.M; Schoenfeld, R.; Almeida, D.; Uhry Jr., D.F.; Carlos, F.S.; Badinelli, P.G.; Zanon, A. et al. Fundamentos ao cultivo de soja em terras baixas. In.: Almeida, D.; Anghinoni, I. **Projeto soja 6000: manejo para alta produtividade em terras baixas**. ed. 2, p.13-42, 2018.
- Shi, W.; Ishimaru, T.; Gannaban, R.B.; Oane, W.; Jagadish S.V.K. Popular rice (*Oryza sativa* L.) cultivars show contrasting responses to heat stress at gametogenesis and anthesis. **Crop Science**, n.55, p.589-596, 2015.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS – SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: p.42, 1995.
- SOSBAI. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Pelotas. 2018. 209p.
- Tormena, T.; Kashibaqui, M.M.; Maciel1, C.D.G.; Souza, J.I.; Soares, C.R.B.; Pivatto, R.A.D. Control of globe fingerush (*Fimbristylis miliacea*) and selectivity to rice crop irrigated with bispyribac-sodium + metsulfuron-methyl associated with adjuvants. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.83, p.1-7, 2016.
- Vital, R.G.; Jakelaitis, A.; Costa, A.C.; Silva, F.B.; Batista, P.F. Sunflower plant response to simulated drift of glyphosate and trinexapac-ethyl. **Planta Daninha**, v.35, n.1, 2017.
- Walter, L.C.; Streck, N.A.; Rosa, H.T Ferraz, S.E.T.; Cera, J.C. Mudanças climáticas e seus efeitos no rendimento de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.12, p.915-924, 2014.
- Zemolin, C.R.; Avila L.A.; Cassol, G.V.; Massey, J.H.; Camargo, E.R. Environmental fate of s-metolachlor – a review. **Planta Daninha**, v. 32, n. 3, p. 655-664, 2014.
- Zhang, C.; Li, G.; Chen, T.; Feng, B.; Fu, W.; Yan, J.; Islam, M.R.; Jin, Q.; Tao, L.; Fu, G. Heat stress induces spikelet sterility in rice at anthesis through inhibition of pollen tube elongation interfering with auxin homeostasis in pollinated pistils. **Rice**, v.11, n.14, p.1-12, 2018.