

Seletividade e eficácia de herbicidas inibidores da enzima ALS aplicados em trigo com tecnologia clearfield®

Selectivity and efficacy of herbicides ALS enzyme inhibitors applied in wheat with clearfield® technology

Octavio A. Dassoler^a, Gilson L. Müller^a, Érica M. Hojnowski^a, Igor Balbinot^a, Lucas M. Tolotti^a, Sayane Zanchet^a, Pedro A. G. Peron^a, Leandro Galon^{a,b*}

^aLaboratório Manejo Sustentável dos Sistemas Agrícolas, Curso de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, RS, Brasil.

^bPrograma de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, RS, Brasil.

Resumo: Introdução: O controle químico de plantas daninhas em trigo com o uso de herbicidas oferece maior eficácia e praticidade, além de menor custo em comparação com outros métodos de controle. Porém, esses produtos podem causar impactos diretos e indiretos no crescimento e desenvolvimento da cultura, dependendo de sua seletividade.

Objetivo: Avaliar a seletividade e eficácia de herbicidas inibidores de acetolactato sintase (ALS) aplicados na cultivar de trigo TBio Ello com tecnologia Clearfield®.

Métodos: O experimento foi conduzido a campo, em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em duas testemunhas (uma capinada e outra infestada), e pelos herbicidas: imazapic+imazapyr, imazethapyr+imazapic, imazethapyr, cloransulam-methyl, nicosulfuron, imazamox, etoxysulfuron, bispyribac-Na e penoxsulam. As avaliações de fitotoxicidade à cultura e de controle das plantas daninhas foram realizadas aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT). Os parâmetros fisiológicos foram avaliados aos 21 DAT. Na colheita, determinaram-se os componentes do rendimento de grãos.

Resultados: O nicosulfuron apresentou a maior fitotoxicidade ao trigo e, consequentemente, a menor produtividade de grãos. A testemunha capinada e os herbicidas cloransulam-methyl e bispyribac-Na apresentam o melhor desempenho fisiológico. Os herbicidas imazethapyr+imazapic, imazethapyr, cloransulam-methyl, etoxysulfuron e penoxsulam demonstraram as menores fitotoxicidades ao trigo aos 35 DAT. Os herbicidas não apresentaram eficácia adequada ao azevém, mas promoveram elevado controle de nabo, alcançando 100% aos 35 DAT.

Conclusões: A maior produtividade de grãos de trigo foi observada na testemunha capinada. Entre os tratamentos com herbicidas, o imazethapyr+imazapic foi o mais eficaz.

Palavras-chave: Controle de plantas daninhas, *Lolium multiflorum*, *Raphanus raphanistrum*, *Triticum aestivum*.

Abstract: Background: Chemical weed control in wheat using herbicides offers greater efficacy and practicality, as well as lower costs compared to other control methods. However, these products can cause direct and indirect impacts on crop growth and development depending on their selectivity.

Objective: To evaluate the selectivity and efficacy of acetolactate synthase (ALS) inhibiting herbicides applied to the TBio Ello wheat cultivar with Clearfield® technology.

Methods: The experiment was conducted in field conditions, in a randomized block design, with four replications. Treatments consisted of two controls (one weed-free and one weedy), and the herbicides: imazapic+imazapyr, imazethapyr+imazapic, imazethapyr, cloransulam-methyl, nicosulfuron, imazamox, etoxysulfuron, bispyribac-Na, and penoxsulam. Crop phytotoxicity and weed control assessments were performed at 7, 14, 21, 28, and 35 days after treatment application (DAT). Physiological parameters were evaluated at 21 DAT. At harvest, grain yield components were determined.

Results: Nicosulfuron caused the highest phytotoxicity to wheat, and consequently, the lowest grain yield. The weed-free control, and the herbicide cloransulam-methyl, and bispyribac-Na showed the best physiological performance. Imazethapyr+imazapic, imazethapyr, cloransulam-methyl, etoxysulfuron, and penoxsulam exhibited the lowest phytotoxicity to wheat at 35 DAT. The herbicides did not show adequate efficacy against ryegrass but achieved high levels of wild radish control, reaching 100% at 35 DAT.

Conclusions: The highest wheat grain yield was observed in the weed-free control, while among the herbicide treatments, imazethapyr+imazapic was the most effective.

Keywords: Weed control, *Lolium multiflorum*, *Raphanus raphanistrum*, *Triticum aestivum*.

Journal Information:

ISSN: 2763-8332

Website: <https://www.weedcontroljournal.org/>

Journal da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas

Como citar: Dassoler OA, Müller GL, Hojnowski EM, Balbinot I, Tolotti LM, Zanchet S, Peron PAG, Galon L. Seletividade e eficácia de herbicidas inibidores da enzima ALS aplicados em trigo com tecnologia clearfield®. Weed Control J. 2026;25:e202600889. <https://doi.org/10.7824/wcj.2026;25:00889>

Aprovado por:

Editor-Chefe: Cristiano Piasecki

Conflitos de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesses em relação à publicação deste manuscrito.

Recebido: 23 de Julho, 2025

Aprovado: 31 de outubro, 2025

* Autor Correspondente:

<leandro.galone@gmail.com>



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

Copyright: 2026

1. Introdução

A produção pode ser influenciada por fatores edafoclimáticos e práticas agrícolas voltadas ao manejo com a cultura. Dentre os desafios enfrentados pelos tricultores, um dos mais significativos é o controle de plantas daninhas, pois essas competem com a cultura pelos recursos essenciais como água, luz e nutrientes, podendo causar perdas expressivas na produtividade e na qualidade dos grãos (Elattar et al., 2018; Bari et al., 2020; Bagnara et al., 2024).

Em situações de alta infestação as plantas daninhas podem reduzir a produtividade do trigo de 18 a 82%, dependendo da espécie, densidade e distribuição, da cultivar, da fase do ciclo em que ocorre a convivência com a cultura, além das condições de solo, de clima e do manejo adotado (Galon et al., 2019; Tavares et al., 2019; Teixeira et al., 2025). Além disso, algumas espécies de plantas daninhas liberam substâncias alelopáticas ou servem como hospedeiras de pragas, impactando diretamente no crescimento e desenvolvimento da cultura, reduzindo a produtividade e aumentando os custos de produção (Agostinetto et al., 2016; Tavares et al., 2019; Kebaso et al., 2020).

Entre as principais plantas daninhas que afetam a produção de trigo destacam-se o nabo (*Raphanus raphanistrum* L. ou *R. sativus* L.) e o azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), que apresentam alta capacidade de competição por recursos essenciais e limitados, além de elevada prolificidade e dormência de suas sementes (Costa e Rizzardi, 2015; Tavares et al., 2019; Bagnara et al., 2024).

O nabo vem sendo utilizado como cobertura de solo no sistema de plantio direto na palha ou como adubo verde, elevando assim o banco de sementes do solo

com o passar dos anos (Costa e Rizzardi, 2015; Tavares et al., 2019). Além disso o nabo apresenta resistência aos herbicidas inibidores de aceto lactato sintase (ALS), o que tem dificultado o controle eficiente quando infestam lavouras cultivadas com culturas de inverno no Sul do Brasil, especialmente o trigo (Costa e Rizzardi, 2015, Heap, 2026), após uso repetido de ingredientes ativos pertencentes a esse mecanismo de ação para o controle químico.

O azevém, além de causar prejuízos expressivos à produtividade do trigo, pela similaridade morfofisiológica que apresenta com a cultura, dificulta a adoção do controle químico, já que ambos pertencem à mesma família botânica e competem por recursos de maneira intensa e similar (Rigoli et al., 2008; Galon et al., 2019; Bagnara et al., 2024). Essa espécie se adaptou muito bem às condições do Sul do Brasil, sendo em muitas situações usado como pastagem, apresenta elevado perfilhamento, ressemeadura natural, sistema radicular volumoso, resistente a diversos herbicidas usado no seu controle.

Em praticamente todas as lavouras em que se cultiva trigo no Sul do Brasil, o azevém tem apresentado resistência ao glyphosate (inibidor de 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase - EPSPs), com menor porcentagem de casos para os herbicidas inibidores da ALS e acetil-coenzima A carboxylase (ACCase), o que tem dificultado o manejo dessa espécie de planta daninha, seja em dessecação ou na limpeza da cultura (Vargas et al., 2018; Heap, 2026).

O uso de herbicidas tem sido a principal estratégia adotada pelos produtores para o controle de plantas daninhas em lavouras de trigo devido à sua eficácia, praticidade e menor custo em comparação com outras formas de manejo (Das et al., 2024). No entanto, quando esses produtos não são seletivos, podem causar impactos diretos e indiretos no crescimento e desenvolvimento da cultura. Entre os efeitos diretos, destacam-se a fitotoxicidade, a redução da taxa fotossintética e a desregulação dos mecanismos de defesa da planta, comprometendo a absorção de nutrientes e favorecendo processos oxidativos (Agostinetto et al., 2016; Bari et al., 2020; Teixeira et al., 2025). Indiretamente, a aplicação inadequada de herbicidas pode comprometer componentes essenciais da produtividade, como o número de espigas por área, massa de mil grãos e o peso hectolitro, resultando em perdas significativas na produção (Das et al., 2024; Teixeira et al., 2025). Além disso, o uso contínuo e indiscriminado desses produtos favorece o surgimento de casos de resistência de plantas daninhas, reduzindo a eficácia do controle químico o que exige a adoção de estratégias de manejo integradas e sustentáveis (Vargas et al., 2018; Bari et al., 2020).

A tecnologia do trigo Clearfield® foi desenvolvida para conferir tolerância da cultura aos herbicidas inibidores da ALS, pertencentes ao grupo químico das imidazolinonas (Anthimidou et al., 2020). Essa seletividade permite que o trigo tolere a ação desses compostos, enquanto as plantas daninhas têm sua síntese de aminoácidos essenciais bloqueada, o que compromete seu crescimento e desenvolvimento (Vázquez-García et al., 2022). Com o uso da tecnologia Clearfield®, torna-se possível o controle eficaz de espécies como azevém e nabo, exceto nos casos de biótipos resistentes, sem causar fitotoxicidade à cultura, representando uma alternativa promissora para os

produtores (Anthimidou et al., 2020).

No entanto, a eficiência de controle pode variar em função da dose aplicada, estágio de desenvolvimento das plantas daninhas, condições ambientais e espécie-alvo presente na lavoura (Bajwa et al., 2019; Bari et al., 2020; Bagnara et al., 2024). No Brasil, os herbicidas registrados para uso em trigo Clearfield® são o imazamox e imazapic + imazapyr como ingredientes ativos, pertencentes ao grupo das imidazolinonas, na qual são recomendados para o controle de gramíneas como azevém e aveia-preta, além de dicotiledôneas como o nabo aplicados na pós-emergência, conforme as recomendações oficiais (Agrofit, 2026).

As perspectivas para uso de herbicidas em trigo Clearfield® são promissoras, mas exigem soluções inovadoras diante do avanço da resistência das plantas daninhas e da crescente necessidade de reduzir os impactos ambientais (Domínguez-Mendez et al., 2019). Avanços em biotecnologia e na formulação de herbicidas têm o potencial de viabilizar um controle mais eficiente e sustentável, minimizando os danos à biodiversidade (Vázquez-García et al., 2022). Nesse contexto, embora os herbicidas imazamox e imazapic + imazapyr são os ingredientes ativos oficiais registrados para uso em trigo Clearfield®, existem outros produtos inibidores da ALS disponíveis no mercado que podem ser aplicados para o manejo de plantas daninhas ocorrentes nessa cultura.

A avaliação de diferentes princípios ativos visa ampliar o espectro de controle das espécies como azevém e nabo, além de contribuir para a diversificação dos mecanismos de ação, reduzindo o risco de seleção de biótipos resistentes, que é um desafio comum em áreas com alta pressão de infestação e variabilidade genética entre as populações de plantas daninhas (Vázquez-García et al., 2022).

A hipótese desta pesquisa é a existência de herbicidas pertencentes a diferentes grupos químicos dos inibidores da ALS com seletividade e eficácia no controle de azevém e nabo na cultura do trigo. Diante disso objetivou-se com o trabalho avaliar a seletividade e eficácia de diferentes herbicidas inibidores de acetolactato sintase aplicados na cultivar de trigo TBio Ello CL, com tecnologia Clearfield®.

2. Material e Métodos

Foram conduzidos dois experimentos a campo, um para avaliar a seletividade e outro a eficácia de herbicidas aplicados para o manejo de plantas daninhas infestantes do trigo com tecnologia Clearfield®, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim/RS, nas coordenadas geográficas, 27°43'31'' S, 52°17'40'' W e altitude de 650 m, no ano de 2022. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Aluminoférrico típico, sendo a correção do pH e a adubação do mesmo realizadas de acordo com a análise físico-química seguindo-se as recomendações técnicas à cultura do trigo.

As características químicas e físicas do solo foram: pH em água de 5,6; MO = 3,2%; P= 9,7 mg dm⁻³; K= 134,4 mg dm⁻³; Al³⁺=0,0 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺= 6,7 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺= 3,1 cmol_c dm⁻³; CTC (t) = 10,2 cmol_c dm⁻³; CTC (pH=7,0) =14,6 cmol_c dm⁻³; H+Al= 4,5 cmol_c dm⁻³; SB = 69,5%, Argila = 60%, Silte = 25% e Areia = 15%. As condições meteorológicas (precipitação - mm e temperatura

média °C) ocorridas durante o período de condução dos experimentos estão apresentadas na Figura 1.

Os experimentos foram instalados em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Cada unidade experimental apresentou dimensões de 5,00 x 2,72 m, totalizando uma área de 13,60 m², contendo 16 linhas de

semeadura espaçadas em 0,17 m. A área útil das parcelas correspondeu a 6,12 m² (3,00 x 2,04 m), na qual foram colhidas as 12 linhas centrais de trigo, descartando-se 2 linhas como bordaduras laterais e 1 m no início e no final de cada unidade experimental para a coleta dos dados.

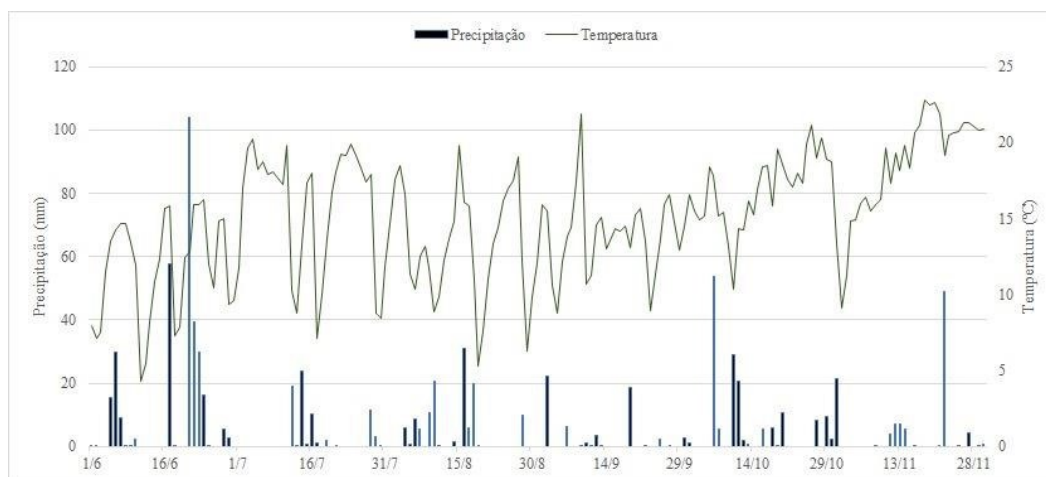


Figura 1. Precipitação (mm) e temperatura média (°C) ocorridas durante o período de condução dos experimentos, de junho de 2022 a novembro de 2022.

A semeadura dos experimentos ocorreu em 20/06/2022, tanto para o ensaio de seletividade quanto de eficácia, utilizando-se a cultivar de trigo TBio Ello CL através de semeadora/adubadora. Foi semeado 85 sementes por metro linear, em ambos os experimentos, totalizando uma densidade de 500 sementes m⁻². Para adubação de base foram utilizados 300 kg ha⁻¹ da fórmula 05-20-20 (N-P-K). Em cobertura foi aplicado 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio (ureia), dividindo-se em duas épocas, a primeira realizada na fase de perfilhamento (111 kg ha⁻¹) e a segunda aplicada no início do alongamento (111 kg ha⁻¹), para os dois experimentos.

A aplicação dos herbicidas foi efetuada com a utilização de um pulverizador costal de precisão, pressurizado a CO₂, equipado com quatro pontas de pulverização do tipo leque DG 110.02, mantendo-se a pressão constante de 210 kPa e velocidade de deslocamento de

3,6 km h⁻¹, o que proporcionou a vazão de 150 L ha⁻¹ de calda de herbicida para os dois experimentos.

Os tratamentos utilizados nos experimentos encontram-se dispostos na Tabela 1. Alguns herbicidas testados não apresentam registro para aplicação em trigo convencional ou Clearfield. No entanto, foram preconizados como provável alternativa para controle químico de plantas daninhas, especialmente o azevém e o nabo. As condições meteorológicas aferidas no momento da aplicação dos tratamentos, aos 26 dias após a emergência da cultura (22/07/2022) e das plantas daninhas, para os experimentos de eficácia e de seletividade foram: céu limpo, temperatura do ar de 25,6 °C, temperatura do solo de 20 °C, velocidade do vento de 3,0 a 5,0 km h⁻¹, umidade relativa do ar de 55,7% e solo úmido.

Tabela 1. Tratamentos utilizados nos experimentos de seletividade e eficácia em pós-emergência da cultivar de trigo TBio Ello CL, respectivas doses e adjuvantes. UFFS/Erechim/RS.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Produto Comercial	Dose (L/kg ha ⁻¹)	Adjuvantes (0,5% v/v)
Testemunha capinada	----	----	----	----
Testemunha infestada	----	----	----	----
Imazapic + imazapyr	525+175	Amplexus®	0,150	Dash
Imazethapyr+imazapic	75+25	Only®	1,000	Dash
Imazapic+imazapyr	175+525	Kifix®	0,140	Dash
Imazethapyr	106	Zethapyr® 106 SL	1,000	Dash
Cloransulam-methyl	840	Pacto®	0,047	Dash
Nicosulfuron	750	Accent®	0,060	Joint Oil
Imazamox	700	Raptor® 70 DG	0,130	Dash
Ethoxysulfuron	600	Gladium®	0,100	Nimbus
Bispyribac-Na	400	Nominee® 400 SC	0,125	Hoefix
Penoxsulam	240	Ricer®	0,250	Veget Oil

Os estádios de desenvolvimento do trigo foi de 1 a 2 perfilhos, do nabo 4 a 6 folhas e do azevém 1 a 2 perfilhos no momento de aplicação dos herbicidas. As densidades médias das plantas de nabo e de azevém foram de 84 e 57 plantas m^{-2} , respectivamente aferidas no centro de cada unidade experimental, utilizando-se para isso um quadrado de PVC com dimensões de 0,5 x 0,5 m (0,25 m^2). As plantas daninhas (nabo e azevém) eram provenientes do banco de sementes do solo da área experimental.

No ensaio de seletividade as plantas daninhas que vieram a germinar e emergir foram eliminadas por capinas manuais sempre que necessário para evitar o efeito da competição na expressão dos sintomas dos herbicidas sobre a cultura do trigo.

As avaliações de fitotoxicidade (ensaio seletividade) e de controle (ensaio de eficácia) foram efetuadas de forma visual aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT). Tanto para a fitotoxicidade como ao controle foram atribuídas notas percentuais, onde zero (0%) correspondeu aos tratamentos com ausência de injúrias sobre o trigo ou de eficácia em nabo e azevém, e o cem (100%) coincidindo com a morte das plantas, conforme a metodologia proposta pela SBCPD (1995).

Aos 21 DAT, no ensaio de seletividade, foram aferidas as variáveis referentes as trocas gasosas das plantas de trigo, tais como: concentração de CO_2 ($C_i - \mu mol mol^{-1}$), condutância estomática de vapores de água ($G_s - mol m^{-1}s^{-1}$), taxa de transpiração ($E - mol H_2O m^{-2}s^{-1}$) e taxa fotossintética ($A - \mu mol m^2s^{-1}$). A eficiência da carboxilação ($EC - mol CO_2 m^{-2} s^{-1}$) e a eficiência do uso da água (EUA - $mol CO_2 mol H_2O^{-1}$) foram calculadas a partir da razão das variáveis A/C_i e A/E , respectivamente. As trocas gasosas foram aferidas na última folha totalmente expandida do trigo, utilizando-se para isso um analisador de gases no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCA PRO (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK). Cada bloco foi avaliado sob iluminação natural em um dia, entre 8 e 11 horas da manhã, em condições de céu aberto, de forma que se mantivessem as condições ambientais homogêneas durante as análises. A análise das trocas gasosas do trigo foram efetuadas aos 21 DAT, em virtude da experiência com outros trabalhos conduzidos pelo grupo de pesquisa do atual estudo, sendo observado que essa é a melhor época para se aferir as variáveis relacionadas a fisiologia das plantas quando submetidas a aplicação de herbicidas.

Na pré-colheita da cultura do trigo foi avaliado o número de espigas por área (m^2), número de grãos cheios e estéreis por espigas e o comprimento das espigas, tanto no ensaio de seletividade quanto de eficácia. O número de espigas foi aferido no centro de cada unidade experimental, utilizando-se para isso o mesmo quadrado usado na contagem das plantas daninhas. Coletou-se 10 espigas de modo aleatório em cada unidade experimental para determinar o comprimento das espigas, com mensuração realizada com régua graduada (valores expressos em cm) e, o número de grãos cheios e de grãos estéreis por espiga de trigo foram realizadas através de contagem.

Após a colheita manual e trilha do trigo em área útil, foi determinado o peso hectolitro - PH ($kg hl^{-1}$), massa de mil grãos (g) e produtividade de grãos ($kg ha^{-1}$). A determinação

do PH foi efetuada com balança da marca Dalle Molle, modelo 40. A massa de mil grãos (MMG) foi aferida por contagem de oito amostras de 100 grãos cada e, posteriormente, pesadas em balança analítica. A produtividade de grãos foi ajustada para 13% de umidade dos grãos, com valores expressos em $kg ha^{-1}$.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade das variâncias (Teste de Hartley). Após a comprovação da normalidade dos erros, realizou-se análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$) e análise complementar pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$) quando significativos.

3. Resultados e Discussão

Os resultados da análise de variância demonstraram efeito significativos dos tratamentos testados para todas as variáveis estudadas, tanto para o experimento de seletividade quanto para o de eficácia de herbicidas aplicados em trigo.

3.1 Avaliação da seletividade de herbicidas inibidores de ALS aplicados em trigo com tecnologia Clearfield®

Os herbicidas que apresentaram as maiores fitotoxicidades ao trigo TBio Ello CL foram nicosulfuron e bispyribac-Na ao longo do período avaliado (Tabela 2). Provavelmente a maior fitotoxicidade ocorrida nesses tratamentos deve-se ao fato do trigo, mesmo sendo Clearfield® não tenha conseguido metabolizar o produto com desenvolvimento da cultura, em virtude de fatores biológicos, físicos, químicos relacionados às moléculas, condições de clima, momento da aplicação, doses, dentre outros (Gitsopoulos et al., 2024; Teixeira et al., 2025). Ressalta-se que a cultivar de trigo Clearfield® utilizada no presente estudo é tolerante e se tem indicação de uso do imazamox e imazapic + imazapyr, herbicidas pertencentes ao grupo das imidazolinonas, enquanto que o nicosulfuron e o bispyribac-Na fazem parte dos grupos das sulfoniluréias e dos pyrimidyl-benzoatos, respectivamente não recomendados para uso nessa cultura. Desse modo, provavelmente ocorre metabolização distinta dos grupos químicos dos herbicidas nas plantas, mesmo sendo elas Clearfield® o que gera diferenças nos índices de fitotoxicidade apresentado pela cultura.

O nicosulfuron é um herbicida seletivo para a cultura do milho (Agrofit, 2026) que após ser absorvido pelas raízes, caules e folhas das plantas o mesmo apresenta lenta degradação em culturas sensíveis, aumentando a fitotoxicidade com o passar do tempo, causando a diminuição do crescimento das plantas, pois tende a diminuir a divisão celular (Yang et al., 2024). Webster e Masson (2001) ao trabalharem com herbicidas inibidores da ALS em doses recomendadas e o dobro da dose na cultura do arroz tolerante à imidazolinonas, observaram que a aplicação de nicosulfuron apresentou baixa fitotoxicidade e elevado controle de arroz-vermelho. Desse modo, percebeu-se que o nicosulfuron é mais seletivo para a cultura do arroz CL do que ao trigo TBio Ello CL, o que está diretamente relacionado à capacidade de desintoxicação das plantas após a aplicação do herbicida.

Tabela 2. Fitotoxicidade (%) de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultivar de trigo TBio Ello CL. UFFS, Campus Erechim/RS.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Fitotoxicidade a cultivar de trigo TBIO Ello CL (%)				
		7 DAT ¹	14 DAT	21 DAT	28 DAT	35 DAT
Testemunha capinada	---	0,00 d ²	0,00 f	0,00 f	0,00 f	0,00 e
Imazapic+imazapyr	525+175	13,00 b	13,00 d	11,00 c	10,00 d	5,00 d
Imazethapyr+imazapic	75+25	10,00 c	10,00 e	5,75 e	0,00 f	0,00 e
Imazapic+imazapyr	175+525	13,50 b	14,25 c	13,50 c	13,50 c	12,25 c
Imazethapyr	106	10,00 c	10,00 e	11,25 c	5,00 e	0,00 e
Cloransulam-methyl	840	12,75 b	10,00 e	9,50 d	5,00 e	0,00 e
Nicosulfuron	750	26,25 a	33,75 a	38,75 a	52,50 a	72,50 a
Imazamox	700	12,75 b	15,00 c	12,00 c	11,25 d	10,00 c
Ethoxysulfuron	600	14,25 b	12,75 d	10,00 d	5,00 e	0,00 e
Bispyribac-Na	400	25,00 a	30,00 b	25,00 b	20,00 b	15,00 b
Penoxsulam	240	10,50 c	10,50 e	8,50 d	5,00 e	0,00 e
Média Geral	---	13,45	14,47	13,20	11,56	10,43
C.V (%)	---	13,33	8,53	13,83	15,76	15,68

¹Dias após a aplicação dos tratamentos. ²Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a $p \leq 0,05$.

As gramíneas, de modo geral, possuem atividade metabólica elevada; no entanto, o arroz, em particular, apresenta uma taxa ainda mais intensa de metabolização voltado à desintoxicação, especialmente em relação aos herbicidas do grupo das sulfoniluréias, ao qual o nicosulfuron pertence (Usui, 2001).

Outro herbicida que também é utilizado em lavouras de arroz é o bispyribac-Na, sendo sistêmico de amplo espectro aplicado para o controle de plantas daninhas gramíneas e dicotiledôneas, com aplicação recomendada em pós-emergência da cultura (Bajwa et al., 2019). Após a aplicação, o herbicida é rapidamente absorvido pelas folhas e raízes e translocado para os meristemas, com sintomas visíveis entre 3 a 7 dias e controle efetivo em até 21 dias.

O uso de herbicidas não seletivos às culturas pode gerar estresses fisiológicos e elevada fitotoxicidade, afetando o desenvolvimento, crescimento e, conseqüentemente, até mesmo a produtividade (Agostinetto et al., 2016). Os resultados demonstraram que o uso de imazethapyr + imazapic (75+25 g ha⁻¹), imazethapyr e penoxsulam foram os herbicidas que apresentaram os menores sintomas de fitotoxicidade dos 7 aos 35 DAT (Tabela 2). Os demais tratamentos demonstraram fitotoxicidade que ficaram a patamares intermediários entre aqueles que apresentaram as menores e maiores injúrias ao trigo. Galon et al. (2015) ao utilizarem imazethapyr + imazapic em cultivares de trigo não tolerante as imidazolinonas, observaram maiores fitotoxicidades, com valores próximo a 100%. Para o herbicida penoxsulam, a baixa fitotoxicidade em cultivares sem a tecnologia e as Clearfield® demonstrou alta seletividade do produto à cultura do trigo. Elattar et al. (2018) relataram que a fitotoxicidade ocasionada pelo uso de herbicidas em trigo entre 12,5 a 15% é considerada leve, na qual a cultura consegue se recuperar dos efeitos provocados pelos produtos com o passar do tempo. Segundo Carvalho et al. (2009) a seletividade apresentada pelas plantas a diferentes herbicidas

está relacionada pela conversão de moléculas letais em compostos menos tóxicos (destoxificação) e também a metabolização do herbicida para serem armazenados onde não afetariam a sobrevivência das células vegetais.

Os resultados demonstraram que a partir dos 21 DAT a fitotoxicidade ocasionada por todos os tratamentos herbicidas tenderam a reduzir os valores, exceto para nicosulfuron que demonstrou elevados índices de injúrias na última avaliação efetuada aos 35 DAT (Tabela 2). Isso deve-se ao efeito residual que o nicosulfuron tem após aplicação e também pela não seletividade apresentada a cultivar de trigo tolerante as imidazolinonas. Carvalho et al. (2010) ao trabalharem com efeito residual de nicosulfuron em diversas culturas, constataram que esse ocasiona fitotoxicidade. Os autores relatam que a semeadura do arroz deve ser feita 60 dias após a aplicação do herbicida, visto que antes disso pode ocorrer elevada injúria e afetar diretamente o potencial produtivo da cultura.

3.2 Trocas gasosas de plantas de trigo cv. TBio ELLO CL submetido a herbicidas inibidores da ALS

Aos 21 DAT avaliou-se as respostas fisiológicas das plantas de trigo a aplicação dos herbicidas (Tabela 3). Os resultados demonstraram que a testemunha capinada, imazethapyr, cloransulam-methyl e o bispyribac-Na apresentaram, no geral, o melhor desempenho fisiológico (concentração interna de CO₂, condutância estomática, taxa de transpiração, taxa fotossintética, eficiência de carboxilação e uso eficiente da água) comparado aos demais tratamentos aplicados ao trigo. A aplicação de imazamox e ethoxysulfuron foram os herbicidas que demonstraram os piores efeitos negativos às plantas de trigo, ao se comparar com os demais tratamentos. Os demais tratamentos apresentaram resultados intermediários entre aqueles que demonstraram os piores e os melhores resultados na fisiologia das plantas de trigo.

O efeito negativo nos parâmetros fotossintéticos está relacionada com o estresse causado pelo herbicida que foi aplicado a cultura do trigo (Agostinetto et al., 2016). Há uma relação entre a taxa fotossintética e a toxicidade do herbicida

e, conseqüentemente, quando ocorre a redução da fixação de CO₂ ocorre uma interferência no desenvolvimento da cultura e na produtividade (Su et al., 2018).

Tabela 3. Concentração interna de CO₂ (Ci, $\mu\text{mol mol}^{-1}$), condutância estomática (GS, $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa de transpiração (E, $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa fotossintética (A, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), eficiência de carboxilação (EC) e eficiência de uso da água (EUA) em plantas da cultivar de trigo TBIO ELLO CL em função da aplicação de herbicidas.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Características fisiológicas do trigo					
		Ci	GS	E	A	EC	EUA
Testemunha capinada	---	251,00 d ¹	0,26 b	3,80 c	20,82 a	0,083 a	5,49 a
Imazapic+imazapyr	525+175	254,00 d	0,35 b	4,48 a	19,42 b	0,076 b	4,33 c
Imazethapyr+imazapic	75+25	261,50 c	0,36 b	3,59 c	19,30 b	0,074 b	5,38 a
Imazapic+imazapyr	175+525	274,25 a	0,47 a	3,41 d	19,19 b	0,070 c	5,55 a
Imazethapyr	106	268,25 b	0,43 a	3,66 c	20,32 a	0,076 b	5,62 a
Cloransulam-methyl	840	252,25 d	0,35 b	3,73 c	20,48 a	0,081 a	5,49 a
Nicosulfuron	750	273,00 a	0,43 a	4,38 a	20,43 a	0,075 b	4,67 c
Imazamox	700	275,00 a	0,45 a	4,55 a	16,61 c	0,060 d	3,66 e
Ethoxysulfuron	600	274,00 a	0,35 b	3,33 d	16,63 c	0,061 d	4,99 b
Bispyribac-Na	400	254,75 d	0,45 a	3,62 c	20,30 a	0,080 a	5,62 a
Penoxsulam	240	264,75 b	0,32 b	4,10 b	16,70 c	0,063 d	4,07 d
Média Geral	---	263,88	0,38	3,91	19,10	0,072	4,99
CV (%)	---	1,28	14,95	3,87	2,07	2,55	4,63

¹ Médias seguidas de mesmas letras nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a $p \leq 0,05$.

A condutância estomática (GS) é responsável pela abertura e fechamento dos estômatos, ou seja, entrada e saída de CO₂ e água. E por isso quanto menor a GS, menor é a transpiração da planta e automaticamente se tem redução da taxa de transpiração (E), sendo esta a melhor resposta da planta para que ocorra o melhor aproveitamento da água e do CO₂ (Agostinetto et al., 2016). Já para a EUA, quanto maior for seu percentual melhor é para a cultura, pelo fato de otimizar a utilização da água disponível. O fechamento estomático é a primeira resposta da planta ao estresse, visando diminuir a perda da água e, com isso, minimiza a evapotranspiração, no entanto a assimilação de CO₂ também é reduzida. Desse modo, a ocorrência de estresses em plantas pelo uso de herbicidas pode reduzir a taxa fotossintética e afetar processos de expansão celular e crescimento da cultura (Cruz et al., 2023).

3.3. Parâmetros de produtividade do trigo cv. TBio ELLO CL após aplicação de inibidores da ALS para ensaio de seletividade de herbicidas

O número de plantas por metro de trigo foi maior ao se usar o ethoxysulfuron, bispyribac-Na e penoxsulam, seguidos de imazamox e imazethapyr, inclusive superiores a testemunha capinada (Tabela 4). Os demais tratamentos usados no presente estudo ficaram em patamares inferiores. O maior número de plantas por metro pode estar relacionado com o maior controle das plantas daninhas presentes na área, não se tendo competição entre as plantas. Na condição de ausência de competição o trigo consegue se estabelecer melhor, aumentando o número de plantas emergidas ou de sobreviventes. Já para a testemunha capinada, onde

apresentou menor número de plantas, isso pode estar relacionado com danos físicos ao trigo no momento da capina ou a dificuldade de se distinguir na fase inicial o que é cultura e o que é planta daninha, especialmente espécies como o azevém e aveia preta ou branca. Além disso o método mecânico de controle (capina) na cultura do trigo é oneroso e demanda elevada quantidade de mão de obra, o que incrementa os custos em comparação ao uso do método químico. Resultados semelhantes foram encontrados por Galon et al. (2015) ao trabalharem com o manejo de plantas daninhas infestantes da cultura do trigo com tratamentos envolvendo herbicidas e capinas.

A aplicação de imazethapyr+imazapic, nicosulfuron, penoxsulam e imazethapyr demonstraram o menor número de espigas (NES) na cultivar de trigo TBio Ello em relação aos demais tratamentos testados (Tabela 4). A redução no número de espigas pode estar associada à diminuição na quantidade de perfilhos por área, possivelmente em decorrência de algum tipo de estresse sofrido pela planta durante seu desenvolvimento. Resultados similares foram encontrados por Avila et al. (2010) ao trabalharem com imazethapyr+imazapic (75+25 g ha⁻¹) por três anos consecutivos na cultura do arroz CL, sendo que os herbicidas apresentaram o menor número de panículas m⁻² da cultura. Os autores atribuíram a redução do número de perfilhos pela morte precoce de plantas ou mesmo pela ocorrência de menor perfilhamento devido à fitotoxicidade ocasionada pelos herbicidas. Bari et al., (2020) relataram que aplicação de diferentes herbicidas afetou significativamente o número de perfilhos na cultura do trigo e, conseqüentemente, se teve menor número de espigas, corroborando com os resultados encontrados na presente pesquisa.

Tabela 4. Número de plantas (NPM – m), número de espigas (NES – m²), comprimento de espigas (COE - cm) e número de grãos cheios por espiga (NGH) da cultivar de trigo TBIO ELLO CL em função da aplicação de herbicidas. UFFS, Campus Erechim/RS, 2025.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Componentes de rendimento de grãos do trigo			
		NPM	NES	COE	NGH
Testemunha capinada	---	89,50 d ¹	697,00 c	8,47 a	36,55 b
Imazapic + imazapyr	525+175	91,75 d	728,00 b	8,60 a	35,95 b
Imazethapyr+imazapic	75+25	93,75 c	438,00 h	8,25 b	34,87 c
Imazapic + imazapyr	175+525	95,25 c	692,00 c	8,02 b	35,47 c
Imazethapyr	106	104,50 b	603,00 d	8,37 a	35,40 c
Cloransulam-methyl	840	97,25 c	717,00 b	8,17 b	36,57 b
Nicosulfuron	750	93,25 c	478,00 g	7,52 c	31,37 e
Imazamox	700	103,50 b	605,00 d	7,97 b	31,95 d
Ethoxysulfuron	600	115,00 a	727,00 b	8,25 b	36,15 b
Bispyribac-Na	400	115,50 a	751,00 a	7,15 d	32,22 d
Penoxsulam	240	114,00 a	514,00 f	8,37 a	37,90 a
Média Geral	---	101,20	631,81	8,10	34,94
C.V (%)	---	2,14	2,69	1,97	1,36

¹ Médias seguidas de mesmas letras nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a $p \leq 0,05$.

Os resultados demonstraram que o nicosulfuron e o bispyribac-Na apresentaram menor comprimento de espigas (COE) comparado aos demais herbicidas ou mesmo a testemunha capinada que foi a melhor entre todos os tratamentos (Tabela 4). O menor número de espigas encontrado nos dois tratamentos está diretamente relacionado a maior fitotoxicidade apresentada pelos dois herbicidas que veio ocasionar também no menor comprimento de espigas. Resultados semelhantes foram encontrados por Galon et al. (2015) onde os herbicidas que causaram maior fitotoxicidade ao trigo, demonstram também menor número de espigas por área, coincidindo com os resultados encontrados nessa pesquisa.

O número de grãos cheio por espiga (NGH) foi maior ao se usar imazapic + imazapyr, cloransulam-methyl, ethoxysulfuron, penoxsulam e na testemunha capinada em relação aos demais tratamentos testados (Tabela 4). Isto decorreu pelo motivo de que a cultura teve a capacidade de reverter as possíveis injúrias causadas pelos herbicidas, sem afetar negativamente esse componente de rendimento.

O número de grãos estéreis por espiga (NGE) foi menor ao se usar cloransulam-methyl, ethoxysulfuron, bispyribac-Na, penoxsulam e na testemunha capinada ao se comparar com todos os demais tratamentos (Tabela 5). Isso está relacionado ao menor estresse fisiológico ocasionado pelos herbicidas as plantas de trigo, visto que esses produtos apresentaram elevada seletividade, diminuindo o impacto em aspectos reprodutivos da cultura. Nas plantas tolerantes, parte do herbicida é absorvido, rapidamente metabolizado e inativado antes que venha exercer seus efeitos fitotóxicos e influenciar nos componentes de rendimento (Carvalho et al., 2009).

O uso de nicosulfuron apresentou o menor peso hectolitro, massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos ao se comparar com todos os demais tratamentos (Tabela 5). Isso ocorreu, provavelmente pelo fato do

herbicida ter apresentado elevada fitotoxicidade (Tabela 2) e redução do perfilhamento das plantas de trigo. Provavelmente a cultura apresentou dificuldade em metabolizar, gastando elevada quantidade de energia para eliminar os danos causados pelo herbicida durante o processo de detoxificação, influenciando assim diretamente nos componentes de rendimento de grãos (Gitsopoulos et al., 2024).

O nicosulfuron não se enquadrou na classificação do trigo em tipo 1 (78 kg hL⁻¹), sendo o único classificado como tipo 2, todos os demais tratamentos apresentaram PH acima de 80 kg hL⁻¹. A hipótese mais provável para a diminuição do PH é a elevada fitotoxicidade que o nicosulfuron ocasionou a cultura, refletindo no menor enchimento e no peso dos grãos colhidos. Resultado similar foi encontrado por Bagnara et al. (2024) ao encontrarem redução do PH de grãos de trigo nos tratamentos herbicidas que ocasionaram as maiores fitotoxicidades.

O nicosulfuron, imazamox e bispyribac-Na apresentaram a menor massa de mil grãos (MMG) ao se comparar com a testemunha capinada e o cloransulam-methyl que foi o melhor entre todos os tratamentos (Tabela 5). Carvalho et al. (2009) descrevem que o impedimento do correto funcionamento da enzima ALS ocasionará injúrias a cultura, e nesse caso ao trigo e conseqüentemente isso levará a se ter perda no MMG e na produtividade de grãos.

Somente a testemunha capinada demonstrou maior produtividade de grãos de trigo, seguida de imazapic + imazapyr (525+175 g ha⁻¹) e imazethapyr (Tabela 5). Os resultados demonstram que a testemunha capinada, imazapic + imazapyr (525+175 g ha⁻¹) e imazethapyr apresentaram produtividade de grãos 18,39% superior à média de todos os demais tratamentos herbicidas. Ao se comparar o pior tratamento (nicosulfuron) contra os melhores, testemunha capinada e a média da aplicação de imazapic+imazapyr (525+175 g ha⁻¹) e imazethapyr observou-se perda na produtividade de grãos de 71,71 e 69,99% respectivamente.

Estes resultados demonstram que a alta produtividade, próxima ao observado na testemunha capinada, pode estar diretamente relacionado à baixa fitotoxicidade que os herbicidas causaram ao trigo já que isso reflete positivamente para que a cultura expresse seu potencial produtivo. Quando

há reduzido estresse e elevada seletividade dos herbicidas aplicados na cultura, normalmente se tem elevada produtividade e qualidade de grãos (Bari et al., 2020; Bagnara et al., 2024; Teixeira et al., 2025).

Tabela 5. Número de grãos estéreis por espigas (NGE), peso hectolitro (PH - kg hl⁻¹), massa de mil grãos (MMG - g) e produtividade de grãos (Produtividade - kg ha⁻¹) da cultivar de trigo TBIO ELLO CL em função da aplicação de herbicidas. UFFS, Campus Erechim/RS.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Componentes de rendimento de grãos do trigo			
		NGE	PH	MMG	Produtividade
Testemunha capinada	---	11,07 d ¹	80,69 a	38,35 b	4513,54 a
Imazapic + imazapyr	525+175	13,40 b	80,62 a	38,04 b	4241,43 b
Imazethapyr+imazapic	75+25	12,30 c	80,34 a	38,27 b	4123,34 c
Imazapic + imazapyr	175+525	12,20 c	80,97 a	39,17 a	3843,39 d
Imazethapyr	106	12,12 c	80,44 a	38,74 a	4271,54 b
Cloransulam-methyl	840	11,65 d	80,59 a	39,47 a	3605,17 e
Nicosulfuron	750	12,65 c	77,30 b	33,84 e	1277,04 g
Imazamox	700	12,77 c	80,84 a	34,66 d	4068,41 c
Ethoxysulfuron	600	11,57 d	80,67 a	39,12 a	4156,80 c
Bispyribac-Na	400	11,42 d	80,85 a	35,05 d	3467,86 f
Penoxsulam	240	11,47 d	80,46 a	37,17 c	3810,23 d
Média Geral	---	12,05	80,34	37,44	3761,70
C.V. (%)	---	3,84	0,47	1,69	1,95

¹ Médias seguidas de mesmas letras nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a p≤0,05.

3.4 Eficácia de herbicidas inibidores de ALS aplicados em trigo com tecnologia Clearfield® para o controle de azevém e nabo

Entre todos os herbicidas aplicados, nenhum ocasionou controle eficiente e o mínimo exigido do azevém dos, 7 aos 35 DAT (Tabela 6). Para um herbicida ser recomendado necessita apresentar eficácia mínima de 80%

(Sbcp, 1995). No presente trabalho todos os herbicidas apresentaram baixa porcentagem de controle do azevém, sendo que o nicosulfuron destacou-se dos 7 aos 21 DAT e a mistura formulada de imazapic + imazapyr (525+175 g ha⁻¹) foi o melhor tratamento dentre todos os demais produtos dos 21 aos 35 DAT, no entanto com índice máximo de controle menor que o mínimo exigido de 80%.

Tabela 6. Controle (%) de azevém (*Lolium multiflorum*) infestante da cultivar de trigo TBio Ello CL, em função da aplicação de herbicidas. UFFS, Campus Erechim/RS.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Controle de azevém (%)				
		7 DAT ¹	14 DAT	21 DAT	28 DAT	35 DAT
Testemunha capinada	---	100,00 a ²	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a
Testemunha infestada	---	0,00 f	0,00 e	0,00 e	0,00 f	0,00 d
Imazapic + imazapyr	525+175	50,00 d	62,50 c	72,50 b	76,25 b	70,00 b
Imazethapyr+imazapic	75+25	61,25 b	60,00 c	60,00 c	65,00 d	0,00 d
Imazapic + imazapyr	175+525	61,50 b	62,50 c	72,50 b	72,50 c	50,00 c
Imazethapyr	106	58,75 c	40,00 d	40,00 d	0,00 f	0,00 d
Cloransulam-methyl	840	57,75 c	0,00 e	0,00 e	0,00 f	0,00 d
Nicosulfuron	750	62,50 b	66,25 b	73,75 b	58,75 e	0,00 d
Imazamox	700	56,25 c	61,25 c	61,25 c	60,00 e	0,00 d
Ethoxysulfuron	600	30,75 e	0,00 e	0,00 e	0,00 f	0,00 d
Bispyribac-Na	400	48,00 d	0,00 e	0,00 e	0,00 f	0,00 d
Penoxsulam	240	5 0,00 d	62,50 c	62,50 c	0,00 f	0,00 d
Média Geral	---	53,06	42,91	45,20	36,04	18,50
C.V (%)	---	3,97	5,68	3,97	3,49	4,43

¹ Dias após a aplicação dos tratamentos. ² Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a p≤0,05.

Na última avaliação de controle do azevém, aos 35 DAT somente o imazapic + imazapyr (175 + 525 e 525 + 175 g ha⁻¹) demonstram algum índice de controle, com 50 e 70% de controle, respectivamente, sendo que os demais herbicidas igualaram-se a testemunha infestada (Tabela 6). Como são herbicidas inibidores de ALS, o efeito dos mesmos sobre as plantas é perceptível após os 14 dias da aplicação, já que produtos pertencentes a esse mecanismo de ação apresentam efeito lento sobre as plantas (Agrofit, 2026). Também se observou que o controle médio dos tratamentos reduziu com o passar do tempo, dos 7 aos 35 DAT. Isso provavelmente ocorre em função de novas infestações da planta daninha ocorrida na área, já que essa espécie apresenta germinação desuniforme (Vargas et al., 2018) ou que o residual dos tratamentos tenha reduzido, permitindo assim a emergência de novas plantas.

O baixo controle de azevém proporcionado por todos os herbicidas testados, provavelmente esteja relacionado a resistência do presente biótipo a esses produtos. Vargas et al. (2018) relataram a ocorrência de azevém resistente aos herbicidas inibidores de ALS, corroborando assim com os resultados encontrados no presente estudo. No entanto está recomendação torna-se preocupante em razão de que o azevém é muito competitivo com as culturas de inverno e ainda apresenta resistência a vários mecanismos de ação, como ALS, ACCase e EPSPs (Heap, 2026). Desse modo torna-se importante adoção de diferentes estratégias de manejo do azevém, como rotação de culturas, antes da semeadura do

trigo, o cultivo de milho e sorgo que aportam grande quantidade de palha que auxilia no controle dessa espécie ou mesmo o uso de herbicidas do grupo das triazinas (em milho e sorgo) que apresentam eficiência no controle dessa planta daninha. O uso de herbicidas com diferentes mecanismos de ação, podem colaborar para retardar a evolução da resistência ou mesmo ajudar a controlar o azevém (Galon et al., 2015; Bari et al., 2020).

Observou-se aos 7 DAT baixo controle do nabo proporcionado pelos herbicidas, sendo maior índice denotado ao se aplicar o nicosulfuron, no entanto a porcentagem foi inferior a 64%, estando essa abaixo do mínimo exigido de 80% (Tabela 7). Aos 14 DAT já se tem melhora da porcentagem de controle do nabo com aplicação de imazapic + imazapyr (525 + 175 e 175+525 g ha⁻¹), imazamox e penoxsulam apresentando controles superiores a 80%. Esses mesmos tratamentos (imazapic + imazapyr – 525 + 175 e 175 + 525 g ha⁻¹, imazamox e penoxsulam) continuaram a apresentar elevado controle do nabo, acima de 87% dos 21 aos 35 DAT. Provavelmente esse tenha sido o motivo que até os 14 DAT a média de controle dos herbicidas foi baixa, inferior a 75%, observando-se acréscimo considerável com o passar do tempo, chegando aos 35 DAT com porcentagem superior a 91%. E caso se levar em conta a média de controle somente dos herbicidas, observou-se aos 35 DAT que esses ocasionaram 100% de controle do nabo, igualando-se a testemunha capinada.

Tabela 7. Controle (%) de nabo (*Raphanus raphanistrum*) infestante da cultivar de trigo TBio Ello CL em função da aplicação de herbicidas. UFFS, Campus Erechim/RS.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Controle de nabo (%)				
		7 DAT ¹	14 DAT	21 DAT	28 DAT	35 DAT
Testemunha capinada	---	100,00 a ²	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a
Testemunha infestada	---	0,00 f	0,00 f	0,00 d	0,00 e	0,00 b
Imazapic + imazapyr	525+175	50,00 d	81,25 c	89,00 b	100,00 a	100,00 a
Imazethapyr + imazapic	75+25	61,25 b	75,00 d	86,25 c	91,00 d	100,00 a
Imazapic + imazapyr	175+525	55,00 c	80,00 c	88,25 b	97,25 b	100,00 a
Imazethapyr	106	61,25 b	76,25 d	84,50 c	95,25 c	100,00 a
Cloransulam-methyl	840	61,25 b	75,00 d	85,25 c	100,00 a	100,00 a
Nicosulfuron	750	63,75 b	75,50 d	87,25 b	95,00 c	100,00 a
Imazamox	700	56,25 c	80,00 c	89,25 b	95,00 c	100,00 a
Ethoxysulfuron	600	33,25 e	72,50 e	85,00 c	95,00 c	100,00 a
Bispyribac-Na	400	51,25 d	73,75 e	85,75 c	100,00 a	100,00 a
Penoxsulam	240	50,00 d	83,25 b	87,50 b	95,00 c	100,00 a
Média Geral	---	53,60	72,70	80,66	88,62	91,45
C.V.(%)	---	5,73	2,32	2,64	1,12	0,32

¹ Dias após a aplicação dos tratamentos. ² Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a p≤0,05.

Os resultados demonstram que todos os herbicidas usados no presente estudo, apresentaram a partir dos 21 DAT, controle superiores a 84%, índice maior que o mínimo necessário que é de 80% (Tabela 7). Aos 28 DAT ocorreu incremento da porcentagem de controle do nabo, sendo que os tratamentos herbicidas demonstram índice superior a 91%, destacando-se o imazapic+imazapyr (525+175 g ha⁻¹),

cloransulam-methyl e bispyribac-Na que igualaram-se à testemunha capinada, com 100% de controle. Aos 35 DAT observou-se que todos os tratamentos herbicidas apresentaram controle de 100% do nabo, igualando-se a testemunha capinada.

O biótipo de nabo avaliado no presente estudo provavelmente não demonstra resistência aos herbicidas

inibidores de ALS, já que aos 35 DAT ocorreu 100% de controle para todos os produtos que foram aplicados para o controle da planta daninha (Tabela 7). Na literatura há relatos de casos de biótipos de *R. sativus* na Argentina (Heap, 2026) e *R. raphanistrum* no Brasil (Costa e Rizzardí, 2015) resistentes aos herbicidas inibidores de ALS para os grupos de herbicidas pertencentes às imidazolinonas e sulfoniluréias. Dentre todos os herbicidas aplicados, apenas o imazapic+imazapyr (525+175 g ha⁻¹) e o imazamox apresentam registro para serem utilizados na cultura do trigo Clearfield® (Agrofit, 2026). Os demais herbicidas foram avaliados como uma possível alternativa de uso no manejo de

plantas daninhas infestantes do trigo com essa tecnologia.

Em geral a testemunha capinada, o imazethapyr + imazapic e o imazapic + imazapyr (175+525 g ha⁻¹) estão entre os tratamentos que apresentaram os melhores desempenhos para os componentes de rendimento de grãos de trigo, número de espigas, comprimento de espigas, números de grãos cheios e estéreis, peso hectolitro, massa de mil grãos e produtividade de grãos (Tabelas 8 e 9). Esse fato provavelmente está associado ao bom controle que esses produtos ocasionaram ao nabo (Tabela 7) e a baixa fitotoxicidade (Tabela 2) apresentada à cultivar de trigo Clearfield®.

Tabela 8. Número de espigas (NES – m²), comprimento de espigas (COE - cm), número de grãos cheios (NGH) e estéreis por espigas (NGE) por espiga da cultivar de trigo TBIO ELLO CL em função da aplicação de herbicidas no cultivo de 2022. UFFS, Campus Erechim/RS.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Componentes de rendimento de grãos do trigo			
		NES	COE	NGH	NGE
Testemunha capinada	---	518,00 b ¹	7,55 a	32,50 b	11,65 b
Testemunha infestada	---	137,00 h	6,20 d	23,97 f	13,70 a
Imazapic + imazapyr	525+175	509,00 c	7,72 a	31,82 b	9,32 d
Imazethapyr+imazapic	75+25	480,00 d	7,75 a	32,45 b	10,65 c
Imazapic + imazapyr	175+525	520,00 b	6,70 c	28,27 d	9,25 d
Imazethapyr	106	508,00 c	7,65 a	22,70 g	10,00 d
Cloransulam-methyl	840	402,00 e	7,20 b	33,65 a	12,05 b
Nicosulfuron	750	119,00 i	6,05 d	17,22 h	8,12 e
Imazamox	700	537,00 a	7,35 b	32,82 b	8,12 e
Ethoxysulfuron	600	394,00 e	6,60 c	26,42 e	9,60 d
Bispyribac-Na	400	382,00 f	7,00 b	29,10 c	11,05 c
Penoxsulam	240	335,00 g	7,30 b	32,80 b	9,72 d
Média Geral	---	403,41	7,08	28,64	10,27
C.V (%)	---	1,86	3,66	1,82	3,63

¹ Médias seguidas de mesmas letras nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a p≤0,05.

Tabela 9. Peso hectolitro (kg hl⁻¹), massa de mil grãos (g) e produtividade de grãos (kg ha⁻¹) da cultivar de trigo TBIO ELLO CL em função da aplicação de herbicidas. UFFS, Campus Erechim/RS.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Peso hectolitro	Massa de mil grãos	Produtividade
Testemunha capinada	---	80,95 b ¹	32,40 b	3531,91 a
Testemunha infestada	---	0,00 e	0,00 e	0,00 j
Imazapic + imazapyr	525+175	79,85 c	33,45 a	2502,24 d
Imazethapyr + imazapic	75+25	81,65 a	32,73 b	2782,33 b
Imazapic + imazapyr	175+525	80,72 b	32,47 b	2689,14 c
Imazethapyr	106	81,25 b	33,88 a	2400,06 e
Cloransulam-methyl	840	79,72 c	32,12 b	1568,02 g
Nicosulfuron	750	81,75 a	29,33 d	733,33 i
Imazamox	700	80,82 b	33,22 a	2520,97 d
Ethoxysulfuron	600	81,05 b	33,86 a	1479,11 h
Bispyribac-Na	400	78,65 d	32,45 b	1553,14 g
Penoxsulam	240	79,42 c	30,94 c	1827,56 f
Média Geral	---	73,82	29,74	1965,65
C.V (%)	---	0,49	1,41	1,96

¹ Médias seguidas de mesmas letras nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a p≤0,05.

Apesar dos herbicidas imazethapyr + imazapic e o imazapic + imazapyr (175+525 g ha⁻¹) apresentarem baixo controle do azevém, porcentagem inferior a 73%, isso já foi o suficiente para que esses tratamentos demonstrassem produtividades do trigo somente inferiores a testemunha capinada. Rigoli et al. (2008) observaram que quando o trigo competiu com o azevém e nabo, a cultura demonstrou ser mais competitiva pelos recursos do meio quando esteve na presença do azevém e foi mais afetada quando ao ser infestada por nabo. Isso decorre em virtude de que o nabo é muito competitivo, pois tem uma raiz principal pivotante, com comprimento de 80 a 160 cm que se ramifica com o aumento da profundidade e permite que a planta aproveite a umidade e os nutrientes de maneira eficiente, além de apresentar rápida taxa de crescimento e estabelecimento (Kebaso et al., 2020).

3.5 Parâmetros de produtividade do trigo cv.TBio ELLO CL após aplicação de inibidores da ALS para ensaio de eficácia de herbicidas

Observou-se que ocorreu 22,53% de perda na produtividade de grãos de trigo ao se comparar a média dos tratamentos imazethapyr + imazapic e o imazapic + imazapyr (175+525 g ha⁻¹) contra a testemunha capinada, demonstrando que o controle inadequado do azevém proporcionado pelos herbicidas reduz de maneira substancial a produtividade de grãos, mesmo que esses produtos tenham demonstrado bom controle de nabo (Tabela 9). Desse modo percebe-se que o azevém é uma planta daninha muito competitiva quando infesta a cultura do trigo. Galon et al. (2019) relatam perdas de 59% da produtividade de grãos de trigo em virtude da infestação do azevém, corroborando em partes aos resultados encontrados no presente estudo. De acordo com Bagnara et al. (2024) a produtividade de grãos de trigo está diretamente relacionada com a competição imposta pelas plantas daninhas, quando não se adota o controle adequado dessas espécies se tem perdas elevadas nas lavouras.

A testemunha infestada e o nicosulfuron demonstraram os piores resultados relacionado a todos os componentes de rendimento de grãos avaliados ao se comparar com os demais tratamentos (Tabelas 8 e 9). Os demais tratamentos ficaram em patamares intermediários entre aqueles que proporcionaram os melhores desempenhos dos componentes de rendimentos de grãos (testemunha capinada, imazethapyr + imazapic e o imazapic + imazapyr - 175+525 g ha⁻¹) e os que ocasionaram os piores resultados (testemunha infestada e nicosulfuron). Como já relatado o azevém demonstra elevada habilidade competitividade com o trigo afetando negativamente o crescimento e o desenvolvimento da cultura e por consequência a expressão dos componentes de rendimento de grãos, fato que justifica o efeito negativo ocasionado pela testemunha infestada.

Em relação ao nicosulfuron ter demonstrado um dos piores desempenhos quanto aos componentes de rendimentos de grãos do trigo, especialmente a produtividade provavelmente esteja associado a elevada fitotoxicidade que esse ocasiona ao trigo (Tabela 2), onde a cultura não conseguiu se recuperar das injúrias provocadas pelo herbicida. Esses resultados estão em consonância com estudos realizados em outras culturas, como o milho, nos quais a aplicação de nicosulfuron em doses superiores às

recomendadas resultou em significativa fitotoxicidade e consequente redução da produtividade. Os sintomas observados, como clorose e necrose foliar, prejudicam o crescimento e a capacidade produtiva das plantas, corroborando a hipótese de que a elevada fitotoxicidade do nicosulfuron é o principal fator responsável pela redução dos componentes de rendimento de grãos da cultivar de trigo TBio Ello CL. Dessa forma, os resultados observados com a cultura do milho reforçam a importância de um manejo cuidadoso do herbicida escolhido, da dose e do momento de aplicação para evitar danos econômicos significativos (Spader e Vidal, 2001).

Os resultados demonstram que ocorreu incremento médio na produtividade de grãos de 44,47% ao se comparar os melhores tratamentos herbicidas, ou seja, os que produziram acima de 2.400 kg ha⁻¹ (imazapic+imazapyr - 525+175 e 175+525 g ha⁻¹; imazethapyr + imazapic, imazethapyr e imazamox) contra aqueles que produziram abaixo de 1.479 kg ha⁻¹ (cloransulam-methyl, nicosulfuron, ethoxysulfuron, bispyribac-Na e penoxsulam) (Tabela 9). Observou-se ainda que a testemunha capinada apresentou produtividade de grãos superior a 26,98 e 59,46% ao se comparar a média de produtividade dos melhores e dos piores tratamentos herbicidas, respectivamente. Isso ocorre, pois, a testemunha capinada não sofreu com injúrias de herbicidas e não competiu com plantas daninhas, podendo expressar maior produtividade.

Os resultados observados na condução dos experimentos evidenciam a necessidade da escolha correta dos herbicidas, que sejam seletivos à cultura a fim de evitar perdas por injúrias às plantas, ou mesmo que esses produtos venham a controlar o nabo e o azevém de modo eficiente, pois essas plantas daninhas são muito competitivas e caso não controladas podem ocasionar perdas elevadas na produtividade de grãos do trigo, conforme visto no presente estudo.

4. Conclusões

O nicosulfuron é o herbicida que causa a maior fitotoxicidade a cultivar de trigo TBio Ello Clearfield® e consequentemente a menor produtividade de grãos.

O melhor desempenho fisiológico é obtido ao se aplicar imazethapyr, cloransulam-methyl e o bispyribac-Na na cultivar de trigo TBio Ello Clearfield®.

Nenhum dos herbicidas testados apresenta eficiência adequada no controle de azevém, porém o contrário ocorre para o nabo, onde todos os tratamentos apresentam 100% de controle aos 35 DAT.

A produtividade de grãos do trigo é diretamente influenciada pelo nível de controle das plantas daninhas, sendo a testemunha capinada o melhor tratamento e dentre os herbicidas o uso de imazethapyr-imazapic se destacou.

Agradecimentos

O autor Leandro Galon agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq/PQ (processo n. 312652/2023-2) pela bolsa de pesquisa.

Referências

- Agostinetto D, Perboni LT, Langaro AC, Gomes J, Fraga DS, Franco JJ. Changes in photosynthesis and oxidative stress in wheat plants submitted to herbicides application. *Planta Daninha*. 2016; 34 (1): 1-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582016340100001>
- AGROFIT. Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 01/04/2026.
- Anthimidou E, Ntoanidou S, Madesis P, Eleftherohorinos I. Mechanisms of *Lolium rigidum* multiple resistance to ALS and ACCase-inhibiting herbicides and their impact on plant fitness. *Pestic Biochem Physiol.*, 2020; 164: 65–72. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2019.12.010>
- Avila LA, Teló GM, Ferreira RB, Marchesan E, Machado SLO, Rossato TL. et al. Retorno da produção de arroz irrigado com cultivares convencionais após o uso do sistema Clearfield®. *Planta Daninha*. 2010; 28 (1): 123-129. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000100015>
- Bagnara, MMA, Galon L, Forte CT, Senhorini VM, Anjos, ADR, Müller GL. Selectivity and efficacy of herbicides used on wheat to control ryegrass. *Rev. Bras. Cienc. Agrar.*, 2024, 19 (3): e3776. Disponível em: <https://doi.org/10.5039/agraria.v19i3a3776>
- Bajwa AA, Ullah A, Farooq M, Chauhan BS, Adkins S. Chemical control of parthenium weed (*Parthenium hysterophorus* L.) in two contrasting cultivars of rice under direct-seeded conditions. *Crop Protect.*, 2019; 117 (1): 26-36. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.11.009>
- Bari A, Baloch MS, Shah AN, Khakwani AA, Hussain I, Iqbal J. et al. Application of various herbicides to control large and narrow-leaved weeds and their effects on the physiological and agronomic characteristics of wheat. *Planta Daninha*. 2020; 38: e020202353. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-8358202020380100009>
- Carvalho FT, Moretti TB, Souza PA. Efeito do residual no solo de nicosulfuron isolado e em mistura com atrazine sobre culturas agrícolas subsequentes. *Rev. Bras. Herb.*, 2010; 9 (1): 26-34. Disponível em: <https://doi.org/10.7824/rbh.v9i1.76>
- Carvalho SJP, Nicolai M, Ferreira RR, Figueira AVO, Christoffoleti PJ. Herbicide selectivity by differential metabolism: considerations for crop damage reduction. *Sci. agric.*, 2009; 66 (1): 136-142. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162009000100020>
- Costa LO, Rizzardi MA. Competitive ability of wheat in association with biotypes of *Raphanus raphanistrum* L. resistant and susceptible to ALS-inhibitor herbicides. *Ciênc. agrotec.* 2015; 39 (2): 121-130. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542015000200003>
- Cruz NT, Porto MVP, Ramos BLP, Santos HP, Seixas AA, Santos APS. Estresse hídrico em plantas forrageiras: uma breve revisão. *Revista Científica Rural*. 2023; 25 (1): 1-19. Disponível em: <https://doi.org/10.29327/246831.25.1-14>
- Das TK, Behera B, Natha CP, Ghosh S, Sen S, Raj R. et al. Herbicides use in crop production: An analysis of cost-benefit, non-target toxicities and environmental risks. *Crop Prot.*, v.181, 106691. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2024.106691>
- Domínguez-Mendez R, Alcántara-de La Cruz R, Rojano-Delgado AM, Silveira HM, Portugal J, Cruz-Hipolito HE. et al. Stacked traits conferring multiple resistance to imazamox and glufosinate in soft wheat. *Multiple Manag Sci.*, 2019; 75 (3): 648-657. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ps.5159>. Epub 2018 Sep 17.
- Elattar HAA, Dahroug SM, El-Sayed W, Hashiesh RM. Phytotoxicity and effectiveness of some herbicides in wheat plantations. *Arab Univ. J. Agric. Sci.*, 2018; 26 (2): 1639-1657. Disponível em: <https://doi.org/10.21608/ajs.2018.34174>
- Galon L, Basso FJM, Chechi L, Pilla TP, Santin CO, Bagnara MAM. et al. Weed interference period and economic threshold level of ryegrass in wheat. *Bragantia*. 2019; 78 (3): 409-422. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20180426>
- Galon L, Castoldi CT, Forte TC, Kujawiski R, Davi FA, Perin GF. et al. Efficacy and phytotoxicity of herbicides applied for the handling of weeds that infest wheat. *Rev. Bras. Herb.* 2015; 14 (2): 128-140. Disponível em: <https://doi.org/10.7824/rbh.v14i2.405>
- Gitsopoulos T, Georgoulas I, Botsoglou D, Vazanelli, E. Response of wheat to pre-emergence and early post-emergence herbicides. *Agronomy*. 2024; 14 (8): 1875; Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy14081875>
- Heap I. The international survey of herbicide resistant weeds. Disponível em: <http://www.weedscience.org/>. Acesso em: 05/04/2026.
- Kebaso L, Frimpong D, Iqbal N, Bajwa AA, Namubiru H, Ali HH. et al. Biology, ecology and management of *Raphanus raphanistrum* L.: a weed harmful to agriculture and the environment. *Environ Sci Pollut Res*. 2020; 27: 17692-17705. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08334-x>
- Rigoli RP, Agostinetto D, Schaedler CE, Dal Magro T, Tironi S. Habilidade competitiva relativa do trigo (*Triticum aestivum*) em convivência com azevém (*Lolium multiflorum*) ou nabo (*Raphanus raphanistrum*). *Planta Daninha*. 2008; 26 (1): 93-100, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000100010>

Sbcpd. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina: SBCPD; 1995. 42 p.

Spader V, Vidal RA. Seletividade e dose de injúria econômica de nicosulfuron aplicado em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura do milho. *Cienc. Rural.* 2001; 31 (6): 929-934, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782001000600001>

Su WC, Sun LL, Ge YH, Wu RH, Xu HL, Lu C.T. The residual effects of bensulfuron-methyl on growth and photosynthesis of soybean and peanut. *Photosynthetica.* 2018; 56 (2): 670-677. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11099-017-0726-z>

Tavares LC, Lemes ES, Ruchel Q, Westendorff NR, Agostinetto D. Criteria for decision making and economic threshold level for wild radish in wheat. *Planta Daninha.* 2019; 37: e01917889. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100004>

Teixeira CAS, Witter, APW, Ferreira LAI, Sanches AKS, Oliveira Jr. RS, Biffe DF. Pre-emergent herbicide screening for wheat. *Rev. Caatinga.* 2025; 38: e11681. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252025v38i11681rc>

Usui K. Metabolism and selectivity of rice herbicides in plants. *Weed Biol. Manag.* 2001; 1 (3): 137-146, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1445-6664.2001.00029.x>

Vargas L, Henckes JR, Schmitz MF, Piasecki C, Cechin J, Torchelsen J. et al. Caracterização e manejo de azevém (*Lolium multiflorum* L.) resistente a herbicidas em áreas agrícolas. *Revista Plantio Direto & Tecnologia Agrícola.* 2018; 162 (1): 15-19. Disponível em: <https://plantiodireto.com.br/artigos/169>

Vázquez-García JG, Portugal J, Torra J, Osuna MD, Palma-Bautista C, Cruz-Hipólito HE. et al. Comparison between the mechanisms of Clearfield® wheat and *Lolium rigidum* multiple resistant to acetyl CoA carboxylase and acetolactate synthase inhibitors. *Environ Pollut.* 2022; 306: 119438. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119438>

Webster, EP, Masson JA. Acetolactate synthase-inhibiting herbicides on imidazolinone-tolerant rice. *Weed Sci.* 2001; 49 (5): 652-657. Disponível em: [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2001\)049\[0652:ASIHOI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2001)049[0652:ASIHOI]2.0.CO;2)

Yang B, Xiao Y, Dong M, Wang S, Zhang H, Wu X. Bioremediation of soils contaminated with nicosulfuron by the bacterial complex ES58. *Process Biochemistry.* 2024; 146: 176-187. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2024.07.025>