

## Efeito de herbicidas no crescimento, produtividade e qualidade de tubérculos de batata

<sup>1</sup> Roque Carvalho Dias, <sup>2</sup> Amanda Rocha Barbosa, <sup>3</sup> Gustavo Soares Silva, <sup>2</sup> Ana Caroline de Lourdes Pereira Assis, <sup>4</sup> Christiane Augusta Diniz Melo, <sup>5</sup> Daniel Valadão Silva, <sup>2</sup> Marcelo Rodrigues Reis

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agrônômicas, Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780, Jardim Paraíso, CEP 18610-307, Botucatu, SP, Brasil. E-mail: roquediasagro@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal de Viçosa, *Campus* Rio Paranaíba, Rodovia MG-230, Km 7, CEP 38810-000. Rio Paranaíba, MG, Brasil. E-mails: amandarocharb@gmail.com, ana\_pereira\_assis@hotmail.com, marceloreis@ufv.br

<sup>3</sup> Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Rua Pádua Dias, 11, CEP 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil. E-mail: gustavusoares@hotmail.com

<sup>4</sup> Universidade Federal do Triângulo Mineiro, *Campus* Iturama, Avenida Rio Paranaíba, 1241, Centro, CEP 38280-000. Iturama, Minas Gerais, Brasil. E-mail: chrisadinizmelo@yahoo.com.br

<sup>5</sup> Universidade Federal Rural do Semiárido, Avenida Francisco Mota, Presidente Costa e Silva, CEP 59625-300. Mossoró, RN, Brasil. E-mail: danielvaladaos@yahoo.com.br

**Resumo:** Resíduos de herbicidas no solo aplicados em determinados sistemas agrícolas podem prejudicar o desenvolvimento de culturas sensíveis em rotação/sucessão, como a batata. Assim, objetivou-se avaliar o efeito da atividade residual dos herbicidas metsulfuron-methyl, flumioxazin e saflufenacil sobre o crescimento, a produtividade e a qualidade de tubérculos de batata. Para isso, foi conduzido um experimento de campo com os herbicidas ( $\text{g ha}^{-1}$ ): metsulfuron-methyl (2), flumioxazin (100) e saflufenacil (100), além de um tratamento controle (sem herbicida e capinado). O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com cinco repetições e os herbicidas foram aplicados e incorporados um dia antes ao plantio da batata cultivar "Atlantic". Aos 60 e 90 dias após a aplicação, foram coletadas e avaliadas em 10 plantas ao acaso dentro da parcela, a matéria fresca de tubérculo (MFT), o número de hastes (NH), o número de tubérculos (NT) por planta e a matéria seca total (hastes + parte aérea) (MST). Aos 120 dias após o plantio foi realizada a colheita e avaliou-se a produtividade da área útil de todas as parcelas de tubérculos normais e com rachaduras e a classificação dos tubérculos quanto ao diâmetro (%): classe I: > 70 mm, classe II: 70 – 42 mm, classe III: 42 – 33 mm e descarte < 33 mm. Ademais, para analisar os efeitos dos herbicidas na batata realizou-se estudos anatômicos nos tubérculos encontrados normais e com anomalias (rachaduras). Todos os herbicidas afetaram negativamente o acúmulo de MFT, MST e a produtividade dos tubérculos, além disso, constatou-se rachaduras nos tubérculos, comprometendo a sua qualidade e o valor comercial.

**Palavras chave:** *Solanum tuberosum* L. (Atlantic), Fisiologia vegetal, Controle químico.

## Effect of herbicides in growth, productivity and quality of potato tubers

**Abstract:** Residual of soil-applied herbicides in certain agricultural systems can harm the development of sensitive rotation/succession crops, such as potatoes. The objective of this study was to evaluate the effect of residual activity of the herbicides metsulfuron-methyl, flumioxazin and saflufenacil on the growth, productivity and quality of potato tubers. For this, a field experiment was conducted with three herbicides ( $\text{g ha}^{-1}$ ): metsulfuron-methyl (2), flumioxazin (100) and saflufenacil (100), as well as a control treatment (without herbicide and weeding). The experiment was carried out in a randomized block design with five replications and the herbicides were applied and incorporated one day before the planting of the "Atlantic" potato. At 60 and 90 days after application, 10 plants were collected and evaluated at random within the plot, fresh tuber matter (MFT), number of stems (NS), number of tubers (NT) per plant and total dry matter (stems + aerial part) (MST) were evaluated at 60 and 90 days after application (DAP). At 120 days after planting the harvest was performed and the yield of the useful area of all normal and cracked tubers plots was evaluated and the classification of tubers were classified for diameter (%) (> 70 mm - class I, 70-42 mm - class II, 42-33 mm - class III and <33 mm - discard). In addition, to analyze the effects of the herbicides on the tubers, anatomical studies were performed out on the tubers found normal and with anomalies (cracks). All herbicides

negatively affected the accumulation of MFT, MST and productivity; in addition, it was verified cracks in the tubers, compromising their quality and commercial value.

**Keywords:** *Solanum tuberosum* L. (Atlantic), Plant Physiology, Chemical control.

## Introdução

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma espécie olerícola produzida em uma área de 19 milhões de hectares cultivada em 157 países segundo o Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAOSTAT] (2015). Em várias regiões do Brasil é comum o cultivo da batata em sucessão/rotação com outras culturas, sobretudo cereais ou outras hortaliças. De acordo com Mancuso et al. (2011), a presença de resíduos de herbicidas no solo, aplicados nestes cultivos, pode afetar espécies sensíveis em sucessão e reduzir a produtividade e a qualidade dos produtos, fenômeno este conhecido como carryover.

O potencial de carryover na redução da produção e seus possíveis efeitos secundários na cultura da batata tem sido uma preocupação constante para os bataticultores. De acordo com Thornton e Eberlein (2001), na cultura da batata são diversos os efeitos de carryover como cloroses, redução no crescimento e produtividade, além da formação de desordens fisiológicas.

Diversos estudos demonstram que a cultura da batata apresentou sensibilidade a resíduos de herbicidas (Hutchinson et al., 2005, Novo, Miranda, 2006, Olszyk et al., 2010 & Robinson et al., 2012). Nestes estudos, os autores constataram sensibilidade da batateira aos herbicidas flumioxazin, saflufenacil e metsulfuron-methyl, e os efeitos, foram desde, redução de produtividade, sintomas de fitointoxicação nas plantas e desordens fisiológicas. Os herbicidas flumioxazin e saflufenacil atuam na inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase (PPO) resultando no acúmulo de protoporfirinogênio IX, acarretando a peroxidação de lipídeos, o rompimento celular e a inibição da fotossíntese (Tripathy et al., 2007). O metsulfuron-methyl, pertence à classe dos inibidores de ALS (acetolactato sintase) e causa a inibição da síntese dos aminoácidos alifáticos de cadeia lateral: valina, leucina e isoleucina (Hartwing et al., 2008 & Petter et al., 2011).

São escassas as informações sobre o comportamento destes herbicidas

relacionando com seus possíveis efeitos residuais na cultura da batata. Diante do exposto, objetivou-se verificar os efeitos do metsulfuron-methyl, flumioxazin e saflufenacil aplicados no solo sobre o crescimento, a produtividade e a qualidade de tubérculos de batata.

## Material e métodos

O experimento foi realizado no município de Serra do Salitre – MG, (19°6'41"S, 46°41'23"W e altitude de 1203 metros). O clima da região enquadra-se no tipo Aw, tropical com estação seca segundo a classificação de Köppen-Geiger. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (Embrapa, 2013), de classificação textural arenosa. Com os seguintes atributos químicos: pH (H<sub>2</sub>O): 6,02; 38,44 mg dm<sup>-3</sup> de P; 0,25 cmolc dm<sup>-3</sup> de K (Mehlich 1); 1,85 cmolc dm<sup>-3</sup> de Ca; 0,57 cmolc dm<sup>-3</sup> de Mg; 0,00 cmolc dm<sup>-3</sup> de Al (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>); 3,11 cmolc dm<sup>-3</sup> de H+Al (acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup>); 2,25 dag kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica; 46,31% de saturação por bases, CTC (t) de 2,67 cmolc dm<sup>-3</sup> e CTC (T) de 5,78 cmolc dm<sup>-3</sup>.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos e cinco repetições, totalizando vinte parcelas. Cada parcela experimental foi constituída de quatro linhas com seis metros de comprimento e a área útil de avaliação de duas linhas centrais de quatro metros de comprimento. Os tratamentos foram constituídos de: metsulfuron-methyl (Ally, 600 kg<sup>-1</sup> g i.a., WG, DuPont) 2 g ha<sup>-1</sup> i.a.; flumioxazin (Flumyzin, 500 kg<sup>-1</sup> g i.a., WP, Sumitomo Chemical) 100 g ha<sup>-1</sup> i.a.; saflufenacil (Heat, 700 kg<sup>-1</sup> g i.a., WG, BASF) 100 g ha<sup>-1</sup> i.a. e um controle sem aplicação de herbicidas e capinado manualmente. As doses comerciais utilizadas neste estudo tiveram como objetivo maximizar o contato herbicida-tubérculo. Ademais, não há informações nas bulas brasileiras desses herbicidas quanto à existência de restrições para o cultivo da batata após a aplicação destes.

A aplicação dos herbicidas foi realizada com pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>

mantendo a pressão constante de 200 kPa de pressão, equipado com pontas jato plano tipo leque 110-02, a uma altura de aproximadamente 60 cm em relação ao solo e volume de calda equivalente a 200 L ha<sup>-1</sup>. As condições climáticas no momento da aplicação dos herbicidas foram umidade relativa do ar de 66,50%, temperatura do ar atmosférico de 23,53 °C e velocidade do vento de 1,02 km h<sup>-1</sup>. Após a aplicação dos diferentes herbicidas procedeu-se a sua incorporação na camada de solo de 0-30 cm, realizando-se o plantio da batata no dia posterior. A cultivar de batata "Atlantic" foi plantada no espaçamento de 0,22 m entre plantas e 0,87 m entre linhas.

Aos 60 e 90 dias após a aplicação (DAA), coletou-se dez plantas ao acaso em cada parcela experimental e avaliou-se a matéria fresca dos tubérculos (MFT) (g/planta); o número de tubérculos por planta (NT); o número de hastes por planta (NH) e a matéria seca total (hastes + parte aérea) (MST) (g/planta). Para a determinação do NT e NH foram realizadas contagens em todas as plantas, para a MFT foi utilizada a balança analítica e na MST, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para estufa de circulação forçada de ar, com temperatura média de 72 °C, até atingir massa constante, sendo posteriormente pesadas em balança analítica.

Aos 110 dias após o plantio realizou-se a dessecação com o herbicida paraquat (400 g ai ha<sup>-1</sup>) e após 15 dias a colheita foi realizada. Avaliou-se a produtividade de tubérculos sem rachaduras (kg ha<sup>-1</sup>) e com rachaduras (t ha<sup>-1</sup>), obtida pela coleta e pesagem dos tubérculos de todas as plantas da área útil, além da classificação em porcentagem de acordo com o diâmetro equatorial dos tubérculos (Classe I: > 70 mm, Classe II: 70 – 42 mm, Classe III: 42 – 33 mm e descarte < 33 mm) (Luengo et al., 1999).

Realizou-se análise anatômica dos tubérculos rachados. Estes foram seccionados nos locais das rachaduras e as amostras foram fixadas em FAA50% (Johansen, 1940), desidratadas em série etílica crescente e incluídas em metacrilato puro com endurecedor (Historesin, Leica Instruments, Heidelberg, Alemanha). Após a inclusão, os blocos foram seccionados no plano transversal com uma espessura de 5 µm, em micrótomo rotativo de avanço automático (Leica RM 2255). As secções obtidas foram coradas com azul de toluidina em tampão fosfato, pH 4,7 (O'Brien et al., 1964; O'Brien e McCully, 1981) e as lâminas montadas em Permount. Após a coloração, as secções

foram analisadas em microscopia de luz e as imagens obtidas em microscópio com sistema de imagens acoplado.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05). As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa Minitab, versão 17.

## Resultados e discussão

Os herbicidas metsulfuron-methyl, flumioxazin e saflufenacil interferiram negativamente na matéria fresca de tubérculos (MFT) e matéria seca total (MST) (hastes + parte aérea) das plantas de batata nas duas épocas avaliadas (Tabela 1 e Tabela 2). A MFT teve decréscimos superiores a 18 e 7% e a MST superiores a 17 e 5%, aos 60 e 90 DAA, respectivamente.

A redução da matéria fresca de tubérculos pela presença do metsulfuron-methyl no solo deve-se ao fato de que este herbicida atua no metabolismo, afetando o desenvolvimento da planta. Pertencente à classe dos inibidores de ALS (acetolactato sintase) (Hartwing et al., 2008), o metsulfuron-methyl interfere na síntese de DNA e crescimento celular (Petter et al., 2011). Novo e Miranda (2006) relataram que doses crescentes de metsulfuron-methyl reduziram linearmente a matéria fresca de tubérculos de batata. Olszyk et al., (2010) observaram redução na matéria fresca de tubérculos tratados com subdoses de sulfometuron, herbicida pertencente ao mesmo grupo químico do metsulfuron-methyl.

Já a diminuição da matéria fresca de tubérculos (MFT) para os herbicidas flumioxazin e saflufenacil pode estar relacionado ao mecanismo de ação dessas moléculas. Estas atuam inibindo a enzima protoporfirinogênio oxidase (PPO), resultando no acúmulo de protoporfirinogênio IX, comprometendo o transporte de elétrons na fotossíntese, prejudicando as atividades do fotossistema I e II (Tripathy et al., 2007). Além disso, pode causar a inibição do crescimento da planta (Grossmann et al., 2011) e por consequente, prejudicar o acúmulo de MFT.

Em estudos realizados por Robinson et al., (2012) e Hutchinson et al., (2005), constatou-se sensibilidade pela aplicação desses herbicidas aplicados em pré-emergência da cultura da batata.

**Tabela 1** - Matéria fresca de tubérculos (MFT) e número de tubérculos por planta (NT) de batata cultivada em solo com diferentes herbicidas incorporados, avaliados aos 60 e 90 dias após a aplicação (DAA).

Herbicidas	Matéria fresca de tubérculo (MFT) (g/planta)		Número de tubérculos (nº/planta)	
	60 DAA	90 DAA	60 DAA	90 DAA
sem herbicida (controle)	380,75 a	609,50 a	7,50 a	7,50 a
22 metsulfuron-methyl	311,70 b	562,34 b	7,30 a	7,20 a
flumioxazin	310,36 b	536,42 b	7,00 a	6,90 a
saflufenacil	302,80 b	527,20 b	7,00 a	7,10 a
Média Geral	326,40	558,87	7,23	7,18
F <sub>herbicida</sub>	5,67**	12,01**	1,92 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>
C.V.(%)	10,49	4,26	6,65	10,91

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p > 0,05$ ). ns e \*\* não significativo e significativo a 1% pelo teste F, respectivamente. C.V.(%): coeficiente de variação.

**Tabela 2** - Número de hastes (nº/planta) e matéria seca total (parte aérea + raiz) (MST) de plantas de batata cultivada em solo com diferentes herbicidas incorporados, avaliados aos 60 e 90 dias após a aplicação (DAA).

Herbicidas	Número de hastes (NH) (nº/planta)		Matéria seca total (MST) (g/planta)	
	60 DAA	90 DAA	60 DAA	90 DAA
sem herbicida (controle)	2,20 a	2,26 a	50,90 a	56,50 a
metsulfuron-methyl	2,00 a	2,00 a	42,00 b	53,24 b
flumioxazin	2,20 a	2,10 a	40,70 b	52,24 b
saflufenacil	2,20 a	2,10 a	38,65 b	51,50 b
Média Geral	2,15	2,12	43,04	53,37
F <sub>herbicida</sub>	0,71 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	19,16**	21,11**
C.V.(%)	12,38	16,26	6,43	2,01

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p > 0,05$ ). ns e \*\* não significativo e significativo a 1% pelo teste F, respectivamente. C.V.(%): coeficiente de variação.

Avaliando a sensibilidade dos tubérculos de batata sob o residual do herbicida aminopyralid, Seefeldt et al., (2013) constataram reduções lineares na matéria fresca de tubérculos de batata um mês após a aplicação. Neste estudo, os resultados para matéria fresca de tubérculo indicaram que o herbicida teve influência negativa

sobre a relação fonte-dreno da planta de batata e este fez com que o processo de partição resultante da fotossíntese fosse desequilibrado.

Com relação à redução da matéria seca causada pelo metsulfuron-methyl (Tabela 2), deve-se pela inibição da enzima ALS (acetolactato sintase), sendo como resultado, a

interferência na síntese de DNA e na divisão celular, além disso, pode haver efeitos sobre outros processos, tais como as reações fotossintéticas, respiração aeróbica ou síntese de lipídeos e terpenos (Trezzi & Vidal, 2001). Mais de 90% da massa da matéria seca da planta de batata é derivado da fotossíntese (Zelitch, 1975). Assim, a interferência na síntese dos aminoácidos alifáticos de cadeia lateral e suas consequências relacionadas à fotossíntese podem interferir diretamente sobre o acúmulo de matéria seca total da planta, podendo representar um fator negativo para o cultivo da batata.

A redução da matéria seca pelo flumioxazin e saflufenacil demonstra a sensibilidade da batateira a estes herbicidas. Considerando o mecanismo de ação dos herbicidas inibidores da PPO, a atividade fotossintética é prejudicada por alguns distúrbios relacionados com a peroxidação de lipídeos. Para a aplicação de saflufenacil, Robinson et al., (2012) relataram redução linear na matéria seca em plantas de batata com doses 25, 50 e 100 g ha<sup>-1</sup> i.a. aplicado antes da emergência dos tubérculos de batata.

Com relação ao número de tubérculos e hastes por planta (Tabela 2 e 3, respectivamente), observou-se que os herbicidas não interferiram significativamente nessas variáveis nas duas épocas de avaliação.

O número de hastes e de tubérculos por planta está diretamente relacionado com o tamanho do tubérculo-semente utilizado, bem como com sua condição de brotação ideal no momento do plantio, sendo o mesmo em todas as unidades experimentais (Souza, 2003, Feltran & Lemos, 2008). Além disso, de acordo com Melo et al., (2003), a densidade do número de hastes não varia após os 30 dias após o plantio, pois essa já está estabelecida.

Novo e Miranda. (2006) não observaram alteração no número de hastes e de tubérculos em plantas de batata ao avaliar a contaminação de tanques de equipamentos de pulverização com sulfonilureias, em que as condições e o tamanho do tubérculo-semente foram iguais. Ademais, outros fatores podem interferir diretamente na produção de hastes principais e tubérculos pela batateira, como a idade fisiológica e o número de brotos dos tubérculos-semente utilizados, a densidade de plantio, as características do solo da área de cultivo e as condições climáticas durante o ciclo da cultura no campo (Zaag, 1993).

A presença dos herbicidas no solo reduziu a produtividade total (t ha<sup>-1</sup>) dos tubérculos de batata (Tabela 3). Para o herbicida metsulfuron-methyl constatou-se redução de aproximadamente 35% e o flumioxazin e saflufenacil de 55 e 50% na produção de tubérculos de batata, respectivamente. A produtividade de uma cultura depende de uma série de interações complexas que juntamente com o potencial genético, manifestam-se por meio de processos fisiológicos.

A análise de crescimento de plantas baseia-se no fato de que cerca de 90% da matéria seca acumulada ao longo do seu desenvolvimento resulta da atividade fotossintética; e o restante, na absorção de nutrientes minerais. E o acúmulo de matéria seca é um importante processo na definição da produtividade de uma cultura (Silva et al., 2009), além da manutenção das condições de crescimento e desenvolvimento da planta de batata.

Hutchinson (2007), avaliaram o efeito residual do herbicida sulfometuron, herbicida com o mesmo mecanismo de ação do metsulfuron-methyl, incorporado um dia antes do plantio da batata e constataram reduções de produtividade com dose de 120 ppt (parte por trilhão). As plantas de batata mostraram-se sensíveis aos herbicidas inibidores de ALS com base em estudos a campo (Olszyk et al., 2010).

Para o saflufenacil estes resultados corroboram com o observado por Robinson et al. (2012), em que doses crescentes de saflufenacil diminuíram o rendimento dos tubérculos de batata. Os mesmos autores relataram, ainda, que a mesma resposta ao saflufenacil para produtividade da batata pode ser considerada para o flumioxazin, já que ambos têm o mesmo mecanismo de ação. Além disso, Hutchinson et al., (2005) constataram redução na produtividade da batata "Ranger Russet" para o flumioxazin aplicado em pré-emergência da cultura. Estudos realizados por Pekarek et al. (2010), evidenciaram redução de produtividade de batata doce pela aplicação do sulfentrazone, herbicida com o mesmo mecanismo de ação do saflufenacil e flumioxazin, um ano após a aplicação.

Em relação a porcentagem de tubérculos classe I (Tabela 3), a produção foi reduzida pela presença de flumioxazin e saflufenacil no solo.

Tais dados indicam que estes herbicidas reduzem a produção de classes maiores (classe I), preferidas pelas indústrias. Por outro lado, a maior quantidade de tubérculos classificados na classe II foi verificada em plantas de batata

cultivadas em solo com o herbicida metsulfuron-methyl, ao contrário do encontrado para a classe III. Para o descarte, em todos os tratamentos não foram evidenciadas diferenças na produtividade.

**Tabela 3** - Produtividade de tubérculos normais ( $t\ ha^{-1}$ ) e com rachaduras ( $kg\ ha^{-1}$ ), porcentagem de classes I, II, III e descarte de tubérculos de batata cultivada por 120 dias em solo com diferentes herbicidas incorporados.

Herbicidas	Produtividade ( $t\ ha^{-1}$ )	Produtividade e de tubérculos rachados ( $kg\ ha^{-1}$ )	Classificação (%)			
			I	II	III	Descarte
sem herbicida (controle)	23,49 a	0,00 c	57,8 a	24,1 b	11,3 ab	7,0 a
metsulfuron-methyl	15,36 b	135,13 b	43,2 ab	50,7 a	4,6 b	3,0 a
flumioxazin	10,49 c	164,47 ab	28,2 b	43,93 ab	15,5 a	12,3 a
saflufenacil	11,64 c	231,94 a	34,3 b	40,2 ab	17,0 a	8,4 a
Média Geral	15,25	132,88	40,90	39,75	12,13	7,60
F <sub>herbicida</sub>	79,04**	18,13**	7,73**	5,50**	7,16**	2,17 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	9,70	38,50	25,26	27,00	38,32	77,68

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p>0,05$ ). ns e \*\* não significativo e significativo a 1% pelo teste F, respectivamente. C.V.(%): coeficiente de variação.

Para os três herbicidas verificou-se a presença de tubérculos rachados (Tabela 3 e Figura 1). Este fato tem sido relacionado à desordem fisiológica provocada por herbicidas no solo ou em deriva (Eberlein et al., 1997), entretanto, não há explicações de como os herbicidas iniciam este distúrbio. Há relatos associando as rachaduras dos tubérculos à presença de herbicidas inibidores de ALS (Novo, Miranda, 2006 & Hutchinson, 2007) e ao glyphosate (Hutchinson et al., 2014).

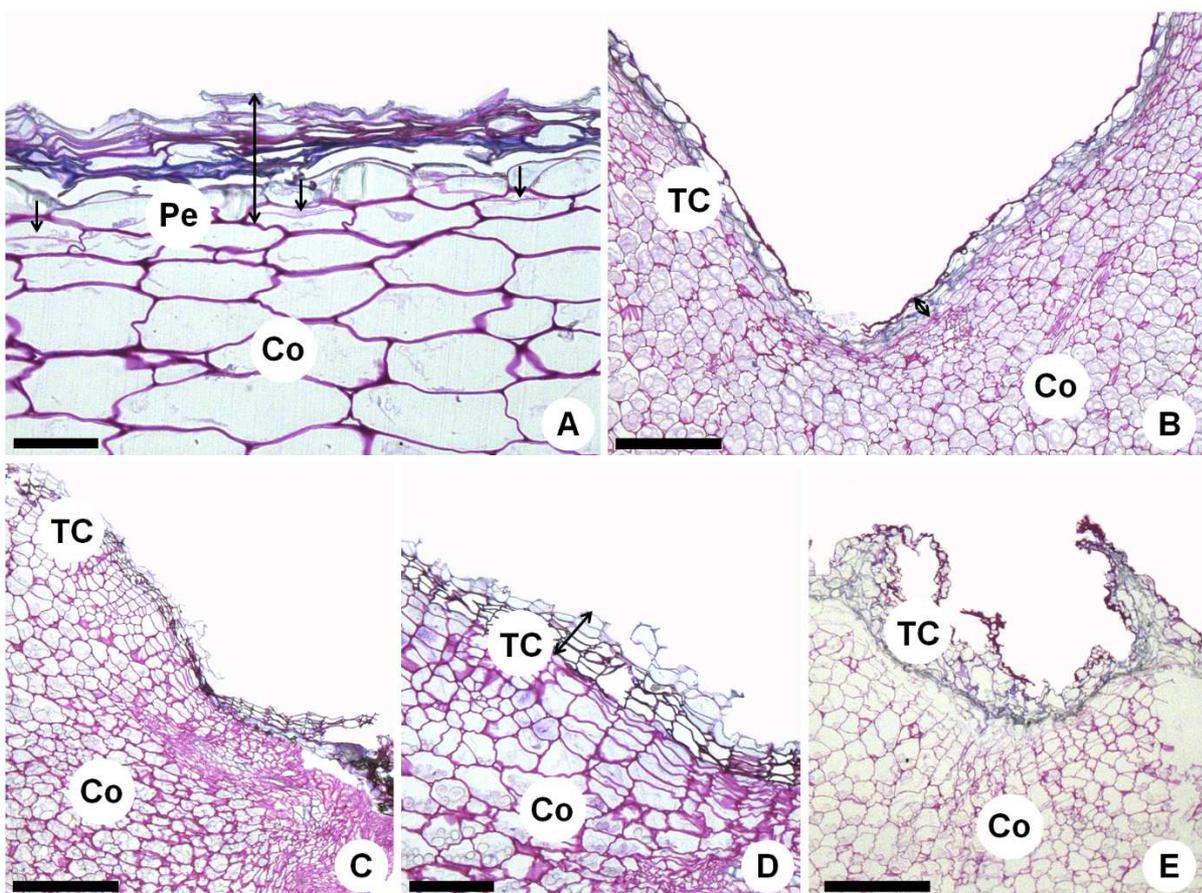
A presença desses herbicidas no solo acarretou em alterações anatômicas nos tecidos

vegetais dos tubérculos de batata (Figura 2). Além da própria conformação celular alterada, evidenciou-se, independente do herbicida, a formação de um tecido de cicatrização impregnado com suberina. Essa deposição caracteriza-se pela ativação de mecanismos de defesa da planta em resposta ao ferimento (Schreiber et al., 2005). A formação do tecido de cicatrização pode estar associada, por exemplo, à resposta de ataques de patógenos e/ou insetos (Khatri et al., 2011 & Pinto-Zevallos et al., 2013), no entanto, não há relatos que associem a formação desse tecido a herbicidas.

**Figura 1** - Tubérculos de batata cultivar "Atlantic", A- sem herbicida (controle), B- metsulfuron-methyl, (C) flumioxazin e (D) saflufenacil.



**Figura 2** - Efeito residual do metsulfuron-methyl, flumioxazin e saflufenacil na estrutura do tubérculo de *Solanum tuberosum* L. cultivar Atlantic. A-E seções transversais. A: corte transversal do tratamento sem herbicida (controle), mostrando o córtex (Co) e a periderme (Pe, seta dupla), e o felogênio (setas). B-E: Estrutura anatômica após o tratamento dos herbicidas, córtex (Co) e o tecido de cicatrização (TC, setas duplas). B: metsulfuron-methyl; C e D: flumioxazin; E: saflufenacil, A= 100  $\mu$ m; B= 500  $\mu$ m; C= 5x500  $\mu$ m; D= 10x200  $\mu$ m e E= 5x500  $\mu$ m.



### Conclusão

A presença no solo dos herbicidas metsulfuron-methyl, flumioxazin e saflufenacil

reduzem o crescimento e a produtividade das plantas de batata, bem como comprometem a qualidade dos tubérculos, causando rachaduras.

## Referências

- Eberlein, C.V. (1997). *Herbicide drift and carryover injury in potatoes: recognizing the symptoms* (N. 498. 15p). Idaho, Oregon, Washington: Pacific Northwest Extension Publication. Recuperado de [research.wsulibs.wsu.edu](http://research.wsulibs.wsu.edu).
- Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos. (2013). (Brasília, DF). Sistema brasileiro de classificação de solos, (154p). Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação, Embrapa Solos.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2015). *Faostat*. Recuperado em 5 julho, 2017, de <http://faostat.fao.org>.
- Feltran, J.C., & Lemos L.B. (2008). Características agrônomicas e distúrbios fisiológicos em cultivares de batata. *Científica*, 33 (1), 106-113.
- Grossmann, K., Hutzler, J., Caspar, G., Kwiatkowski, J., & Brommer, C.L. (2011). Saflufenacil (Kixor™): biokinetic properties and mechanism of selectivity of a new protoporphyrinogen IX oxidase inhibiting herbicide. *Weed Science*, 59 (3), 290-298.
- Hartwig, I., Bertan, I., Galon, L., Noldin, J.A., Concenço, G., Silva, A. F., Aspiazú, I., & Ferreira, E. A. (2008). Tolerância de trigo (*Triticum aestivum*) e aveia (*Avena* sp.) a herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS). *Planta Daninha*, 26 (2), 361-368.
- Hutchinson, P.J., Boydston, R.A., Ransom, C.V., Tonks, D.J., & Beutler, B.R. (2005). Potato variety tolerance to flumioxazin and sulfentrazone. *Weed technology*, 19 (3), 683-696.
- Hutchinson, P.J. (2007). A comparison of flumioxazin and rimsulfuron tank mixtures for weed control in potato. *Weed Technology*, 21 (4), 1023-1028.
- Hutchinson, P.J.S., Felix, J., & Boydston, R. (2014). Glyphosate carryover in seed potato: effects on mother crop and daughter tubers. *American Journal Potato Research*, 91 (4), 394-403.
- Johansen, D. A. (1940). *Plant microtechnique* (530p). McGraw-Hill Book Company, Inc: London.
- Khatri, B.B., Tegg, R.S., Brown, P.H., & Wilson, C.R. (2011). Temporal association of potato tuber development with susceptibility to common scab and *Streptomyces scabiei* - induced responses in the potato periderm. *Plant Pathology*, 60 (4), 776-786.
- Luengo, R. F. A., Calbo, A. G., Ana, M. M., Moretti, C.L., & Henz, G.P. (1999). *Classificação de hortaliças* (Documentos n.22, 61p). Brasília: Embrapa Hortaliças
- Mancuso, M.A.C., Negrisoni, E., & Perim, L. (2011). Efeito residual de herbicidas no solo ("Carryover"). *Revista Brasileira de Herbicidas*, 10 (2), 151-164.
- Melo, P.D., Granja, N.D.P., Miranda Filho, H.D.S., Sugawara, A., & Oliveira, R.D. (2003). Análise do crescimento da cultivar de batata "Ágata". *Horticultura Brasileira*, 3 (8), 323-324.
- Minitab Statistical Software. (2014). (Versão 17) [Computer software] Minitab statistical software for windows. State College, PA: Minitab, Inc. Recuperado de <https://www.minitab.com>
- Novo, M.C.S.S., & Miranda Filho, H.S. (2006). Effect of sulfonylurea herbicides on tuberization of two potato cultivars. *Planta Daninha*, 24 (1), 115-121.
- O'Brien, T.P., Feder, N., & McCully, M.E. (1964). Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. *Protoplasma*, 59 (2), 368-373. Recuperado de <https://trove.nla.gov.au/version/66029550>.
- O'Brien, T.P., & McCully, M.E. (1981). *The study of plant structure: principles and selected methods*. Melbourne, Australia : Termarcarphi. Recuperado de <https://trove.nla.gov.au/work/20112880>.
- Olszyk, D., Pflieger, T., Lee, E.H., & Plocher, M. (2010). Potato (*Solanum tuberosum*) greenhouse tuber production as an assay for asexual reproduction effects from herbicides. *Environmental toxicology and chemistry*, 29 (1), 111-121.

- Pinto-Zevallos, D.M., Martins, C.B., Pellegrino, A.C., & Zarbin, P.H. (2013). Compostos orgânicos voláteis na defesa induzida das plantas contra insetos herbívoros. *Química Nova*, 36, 1395-1405.
- Pekarek, R. A., Garvey, P.V., Monks, D.W., Jennings, K.M., & MacRae, A.W. (2010). Sulfentrazone carryover to vegetables and cotton. *Weed Technology*, 24 (1), 20-24.
- Petter, A. F., Zuffo, A. M., & Pereira Pacheco, L. (2011). Seletividade de herbicidas inibidores de ALS em diferentes estádios de desenvolvimento do arroz de terras altas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41(3), 80-105.
- Robinson, D.E., McNaughton, K., & Sikkema, P.H. (2012). Tolerance of tomato, pepper and potato to pre-emergence applications of saflufenacil. *Crop protection*, 42, 230-233.
- Souza, Z.S. (2003). Ecofisiologia. In: Pereira, A. da S. & Daniels, J. (Ed.). *O cultivo da batata na Região Sul do Brasil* (pp.80-105). Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- Schreiber, L., Franke, R., & Hartmann, K. (2005). Wax and suberin development of native and wound periderm of potato (*Solanum tuberosum* L.) and its relation to peridermal transpiration. *Planta*, 220(4), 520-530.
- Seefeldt, S.S., Boydston, R.A., Kaspari, P.N., Zhang, M., Carr, E., Smeenk, J., & Barnes, D.L. (2013). Aminopyralid residue impacts on potatoes and weeds. *American journal of potato research*, 90 (3), 239.
- Silva, F.L., Pinto, C. A. B. P., Alves, J. D., Benites, F. R. G., Andrade, C. M., Rodrigues, G. B., Lepre, A. L., & Bhering, L. P. (2009). Caracterização morfofisiológica de clones precoces e tardios de batata visando à adaptação a condições tropicais. *Bragantia*, 68 (2), 295-302.
- Thornton, R E., & Eberlein, C.V. (2001). Chemical injury. In: Stevenson, W. R. et al. *Compendium of potato diseases* (2ed., pp. 92-94). Saint Paul: American Phytopathological Society.
- Trezzi, M.M., & Vidal, R.A. (2001). Herbicidas inibidores de ALS. In: Vidal, R.A., & Merotto Jr., A. (Ed.). *Herbicidologia* (pp.25-36). Porto Alegre: UFRGS.
- Tripathy, B.C., Mohapatra, A., & Gupta, I. (2007). Impairment of the photosynthetic apparatus by oxidative stress induced by photosensitization reaction of protoporphyrin IX. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA). Bioenergetics*, 1767 (6), 860-868.
- Zaag, D. (1993). *La patata y su cultivo en los Paises Bajos. Haya* (76p). Holanda: Instituto Consultivo Holandês sobre la Patata.
- Zelitch, I. (1975). Improving the efficiency of photosynthesis. *Science*, 188 (4188), 626-633.

Recebido em: 05/07/2017  
Aceito em: 16/01/2018