

CIRCULAR TÉCNICA

219

Pelotas, RS
Setembro, 2021

Sintomas de Fitotoxicidade de Herbicidas em Nogueira-pecã

Renan Ricardo Zandoná
André da Rosa Ulguim
Maicon Fernando Schimtz
Jaíne Rubert
Carlos Roberto Martins
Dirceu Agostineto

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



Sintomas de Fitotoxicidade de Herbicidas em Nogueira-pecã¹

O cultivo de nogueira-pecã na região Sul do Brasil vem aumentando consideravelmente nos últimos anos, em função do clima favorável, da adaptação das cultivares e da viabilidade econômica (Martins et al., 2019). Entretanto, a carência de informações técnicas em alguns aspectos do manejo da cultura, como no manejo de plantas daninhas, ainda é um fator limitante no cultivo dessa frutífera. O correto manejo das plantas daninhas e de plantas espontâneas nos pomares é necessário para assegurar o bom desenvolvimento das plantas e sua plena produção.

Uma das estratégias utilizadas no controle de plantas daninhas em pomares comerciais é o uso de herbicidas. Embora, recentemente, tenha sido registrado o primeiro herbicida para a nogueira-pecã, o uso indiscriminado e a falta de conhecimento sobre tecnologias de aplicação têm levado ao aumento de relatos de problemas de fitotoxicidade em plantas, principalmente em pomares em fase de formação. Além disso, a maioria dos pomares se encontram próximos a áreas de cultivo de culturas anuais, onde frequentemente se utilizam herbicidas para o manejo de plantas daninhas. Tanto as aplicações de herbicida realizadas dentro do pomar quanto as aplicações em áreas vizinhas podem, em determinadas circunstâncias, ocasionar danos às plantas de nogueira-pecã. Um dos problemas mais frequentes é a deriva, entretanto, também pode ocorrer aplicações acidentais diretamente sobre as plantas, e mesmo a absorção dos herbicidas no solo, pelas raízes das nogueiras.

Em muitas situações, as aplicações dos herbicidas podem coincidir com o transplante de mudas de nogueira-pecã ou com o estágio reprodutivo e, caso ocorra deriva ou o atingimento acidental das plantas pela calda aplicada, podem ocasionar abscisão de folhas, flores e frutos, com conseqüente queda de produtividade e/ou morte de plantas. Considerando-se a carência de informações sobre sintomas de fitotoxicidade de herbicidas em nogueira-pecã e a importância desse conhecimento ao setor produtivo e à assistência técnica, esta publicação tem o objetivo de descrever e registrar fotograficamente os sintomas de herbicidas de diferentes mecanismos de ação em plantas jovens de nogueira-pecã.

METODOLOGIA

O estudo foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Defesa Fitossanitária da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. O ensaio foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, com duas repetições, sendo os tratamentos compostos por 12 herbicidas pós-emergentes e um tratamento testemunha, sem aplicação de herbicida (Tabela 1). As doses utilizadas dos herbicidas seguiram as recomendações da bula dos produtos (Agrofit, 2019).

¹ Renan Ricardo Zandoná, Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitossanidade, professor da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. André da Rosa Ulguim, Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitossanidade, professor da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. Maicon Fernando Schimtz, Engenheiro-agrônomo, doutorando em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. Jaíne Rubert, Engenheira-agrônoma, doutoranda em Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. Carlos Roberto Martins, Engenheiro-agrônomo, doutor em Fruticultura, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. Dirceu Agostinnetto, Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, professor da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

Tabela 1. Relação de herbicidas, mecanismos de ação e doses utilizados para identificação dos sintomas de injúria em nogueira-pecã.

Herbicida (princípio ativo)	Mecanismo de ação	Dose
		g i.a. ¹ ou e.a. ² ha ⁻¹
Glifosato	Inibidor da EPSPs ³	1.440
2,4-D	Auxínicos ⁴	1.005
Dicamba	Auxínicos ⁴	480
Picloram	Auxínicos ⁴	72
Paraquat	Inibidor do FS I ⁵	400
Glufosinato de amônio	Inibidor da GS ⁶	400
Fomesafen*	Inibidor da PROTOX ⁷	250
Saflufenacil*	Inibidor da PROTOX ⁷	35
Bentazon	Inibidor do FS II ⁸	720
Atrazina	Inibidor do FS II ⁸	1.500
Imazetapir	Inibidor da ALS ⁹	100
Clomazone	Inibidor de Carotenoides	720

Observações: ¹ ingrediente ativo; ² equivalente ácido; ³ 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintase; ⁴ mimetizadores de auxinas; ⁵ Fotossistema I; ⁶ Glutamina Sintetase; ⁷ Protoporfirinogênio oxidase; ⁸ Fotossistema II; ⁹ Acetolactato sintase. *. Adição de adjuvante óleo mineral.

A cultivar de nogueira-pecã utilizada foi a “Shawnee”, oriunda do viveiro Pecanita, de Cachoeira do Sul, RS, certificado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). As mudas em raiz embalada, com 18 meses de idade e 1 metro de altura, foram transplantadas em vasos com capacidade de 10 L de solo, previamente corrigido quanto à fertilidade, de acordo com o recomendado para a cultura. As plantas foram mantidas por 90 dias para adaptação ao ambiente, antes da aplicação dos tratamentos. Sempre que necessário, as plantas foram irrigadas.

Os tratamentos foram aplicados com pulverizador costal pressurizado a CO₂, equipado com pontas do tipo leque 110.015, espaçadas em 0,5 m, aspergindo um volume de calda de 150 L ha⁻¹. A fitotoxicidade dos herbicidas foi monitorada diariamente por 20 dias, sendo que, após o surgimento dos sintomas, esses foram registrados até a recuperação ou a morte das plantas. Os sintomas dos herbicidas foram fotografados no estúdio do laboratório de herbologia da UFSM, com câmera digital modelo Nikon COOLPIX B500.

RESULTADOS

O tempo para o aparecimento dos sintomas visuais e o nível de fitotoxicidade das mudas de nogueira-pecã dependem do herbicida e seu mecanismo de ação, bem como da forma de absorção e translocação na planta.

Glifosato

Os sintomas primários da fitotoxicidade por glifosato são folhas finas, com clorose (branqueamento) ou amarelamento e, também, o retorcimento (Figura 1). Esses sintomas visuais geralmente são observados apenas quando a folhagem é exposta a concentrações elevadas do herbicida (Wells et al., 2019). O glifosato causa danos quando o produto entra em contato com as folhas, entretanto, em plantas novas (com no máximo 3 anos), também pode ocorrer fitotoxicidade quando o produto entrar em contato com o caule, que ainda é jovem e permite a absorção do herbicida através da casca.



Figura 1. Sintomas foliares em noqueira-pecã por exposição ao herbicida glifosato aos 9 (A) e 16 (B) dias após a aplicação.

Na maioria dos casos em que ocorrem incidentes isolados, como a deriva apenas do glifosato (sem mistura com outros herbicidas), as plantas sofrem alguns danos como deformação das folhas e desfolhamento, no entanto ocorre rebrote a partir das reservas acumuladas, com efeitos pequenos a longo prazo. Após a recuperação da fitotoxicidade, seu crescimento subsequente geralmente volta ao normal.

Entretanto, por ser um herbicida sistêmico, o glifosato pode afetar as plantas por mais de um ano e a produtividade pode ser reduzida. A severidade do dano depende da quantidade de herbicida que atingiu as plantas, da intensidade da deriva e de quantas plantas do pomar foram atingidas. Em casos muito graves, o glifosato pode causar a morte das plantas; porém, isso é raro e mais comum no primeiro ou segundo ano após a fitotoxicidade (Wells et al., 2019). Salienta-se que plantas expostas a aplicações repetidas apresentam efeitos mais significativos em longo prazo, o que pode resultar na morte das mesmas.

2,4-D, dicamba e picloram

O 2,4-D é um herbicida sistêmico utilizado para controlar plantas daninhas de folhas largas. Os sintomas típicos de 2,4-D incluem folhas encurtadas em forma de leque, encurtamento de entrenós, epinastia e redução de novo crescimento (Figura 2). Esses sintomas aparecem inicialmente como uma dobra ou ondulação da folhagem. Posteriormente, os sintomas evoluem para encarquilhamento, ondulações ou torções da folhagem, juntamente com alguma clorose ou amarelecimento, que continuam após a exposição ao herbicida por alguns dias.

Os efeitos geralmente são observados nos ramos mais jovens, no entanto, dependendo da quantidade de produto ao qual a planta é exposta, os sintomas podem ser observados em folhas e ramos mais velhos. Geralmente, se apenas uma pequena fração da planta for afetada ou se receber baixa concentração do herbicida, não é provável que haja dano a longo prazo. No entanto, quanto maior a porcentagem de cobertura na planta e maior a concentração de 2,4-D, mais grave será o dano.

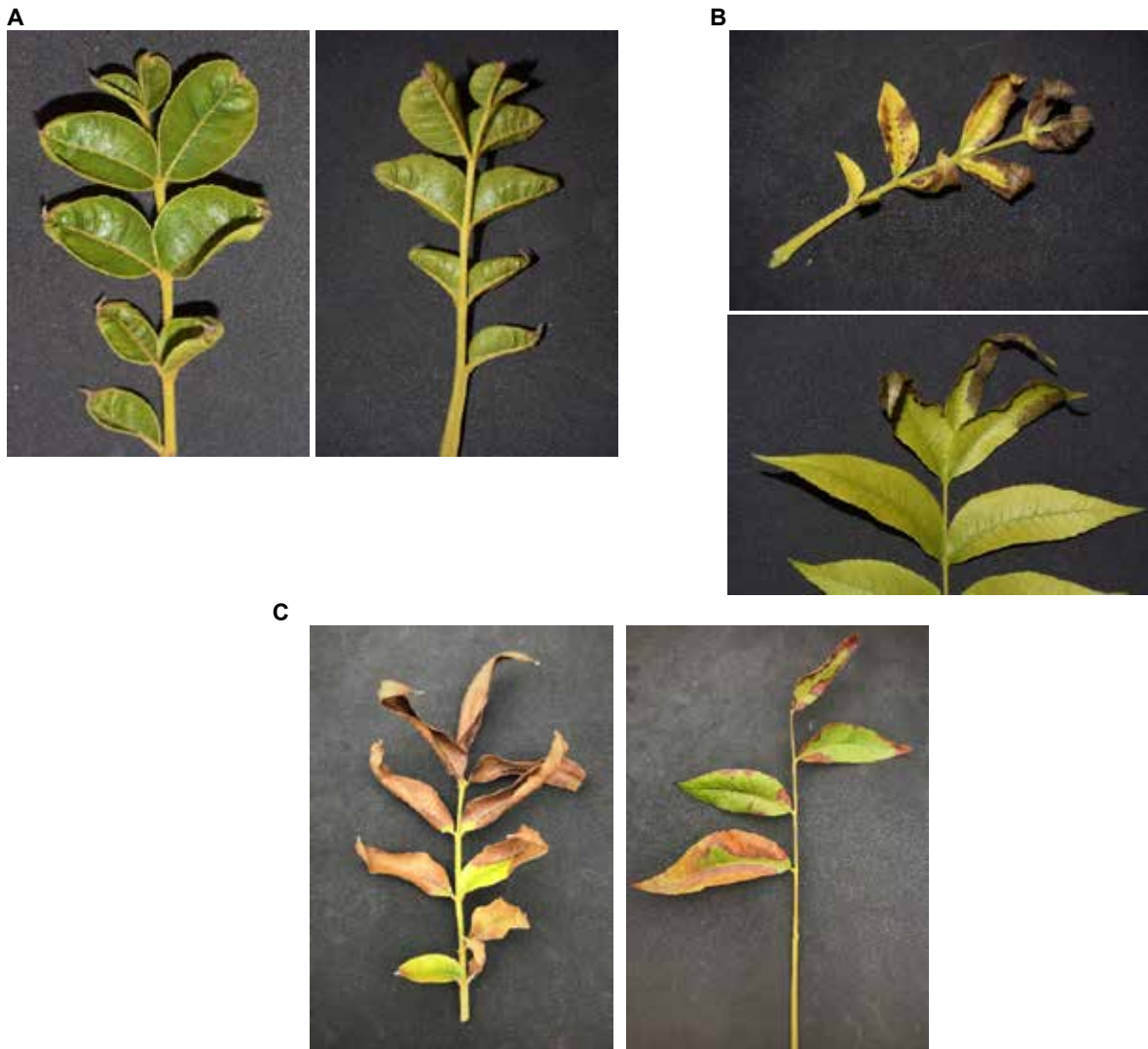


Figura 2. Sintomas foliares em noqueira-pecã por exposição ao herbicida 2,4-D: (A) 1, (B) 3 e (C) 16 dias após a aplicação.

O dicamba é outro herbicida usado para controle de plantas daninhas de folhas largas, e na noqueira-pecã os sintomas são semelhantes aos observados para o 2,4-D. Nos primeiros dias após a aplicação, as folhas expostas ao herbicida apresentam a formação de uma concha, e isso se deve ao herbicida induzir a rápida expansão celular; no entanto, as nervuras centrais e secundárias não conseguem expandir na mesma velocidade, o que causa essa deformação característica (Figura 3 A). O agravamento dos sintomas, que pode ocorrer em torno de 10 dias após a fitotoxicidade inicial, consta nas Figuras 3B e 3C.



Figura 3. Sintomas foliares em noqueira-pecã por exposição ao herbicida dicamba : (A) 1 e (B e C) 16 dias após a aplicação.

Os sintomas ocasionados por picloram são similares aos que ocorrem com 2,4-D e dicamba. Inicialmente, ocorre a epinastia (curvamento) das folhas, pecíolo, ramos e caules, alterações na venação das folhas e encarquilhamento (folhas retorcidas irregularmente). A seguir, os ramos ficam quebradiços e ocorre clorose, murcha e secamento das folhas, que inicia geralmente pela ponta dos ramos (Figuras 4). O picloram se difere dos demais herbicidas auxínicos por apresentar efeito de solo bastante prolongado, podendo chegar a 300 dias, dependendo da textura e matéria orgânica do solo. Dessa forma, deve-se evitar o plantio de mudas de noqueira-pecã em solos que tenham sido previamente tratados com picloram nos últimos três anos.

Fotos: André Ulguim e Jaine Rubert



Figura 4. Sintomas foliares em noqueira-pecã por exposição ao herbicida picloram: (A e B) 1 e (C) 16 dias após a aplicação.

Paraquat

O paraquat é um herbicida de contato que causa injúrias que se limitam ao local onde foi absorvido na planta (Figura 5 A). Embora seus sintomas ocorram muito rapidamente após uma deriva ou aplicação acidental sobre as plantas, o produto não é móvel na planta, e os danos são bem limitados à região atingida.

A extensão do dano depende, entretanto, da concentração de herbicida na pulverização e da cobertura foliar de noqueira-pecã. Geralmente, dentro de 24 a 48 horas após o contato, as folhas afetadas apresentam necrose (Figura 5 A e B). Se apenas algumas manchas forem observadas nas folhas, o dano provavelmente não será importante; no entanto, se grande porcentagem da área foliar for atingida, pode ocorrer a queda das folhas. Isso vale para as flores, os frutos ou qualquer outro tecido verde que entre em contato com o herbicida. Na maioria dos casos, quando a planta é adulta, ela repõe as folhas perdidas e não sofrerá lesões a longo prazo. Por outro lado, se o paraquat entrar em contato com a casca fina da planta jovem (com até três anos de idade), o herbicida pode causar danos severos e a morte da mesma.

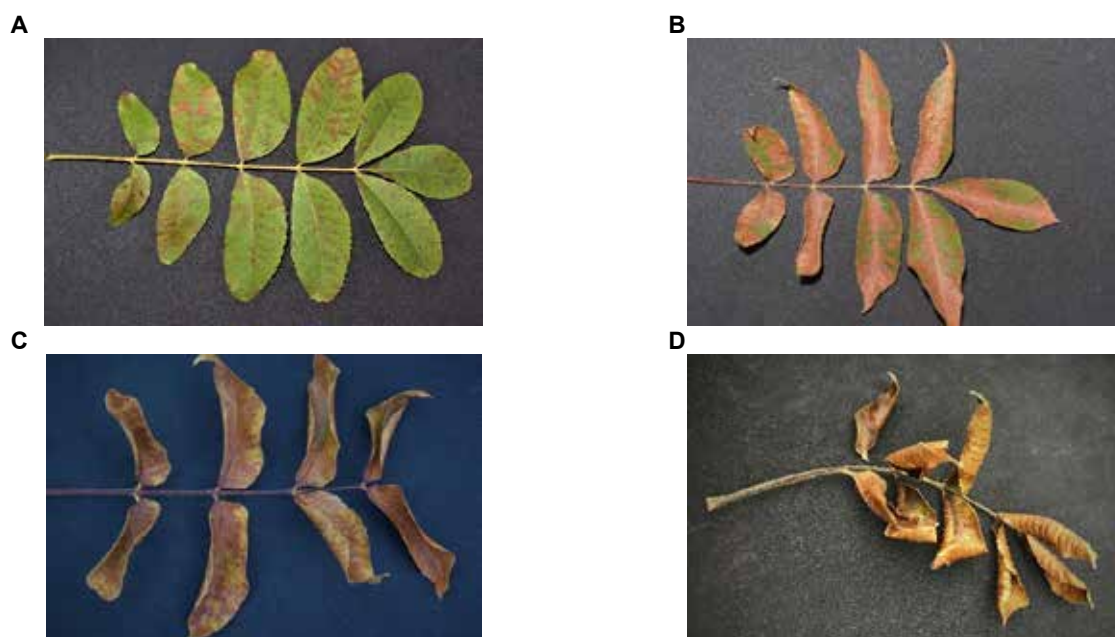


Figura 5. Sintomas foliares em nogueira-pecã por exposição ao herbicida paraquat: (A) 1, (B) 2, (C) 9 e (D) 16 dias após a aplicação.

Glufosinato de amônio

O glufosinato é um herbicida pós-emergente não seletivo, utilizado para o rápido controle da vegetação. As lesões causadas por esse herbicida são semelhantes às observadas por paraquat; no entanto, o surgimento dos sintomas após a aplicação é mais demorado. As áreas amareladas aparecem de um a três dias após a aplicação (Figura 6 A) e tornam-se necróticas a partir do terceiro dia (Figura 6 B a D). O aparecimento e a evolução dos sintomas são muito dependentes da quantidade de herbicida absorvida pela folha, bem como da intensidade luminosa a que a planta é exposta após o contato com o herbicida. Por se tratar de herbicida com baixa translocação, plantas adultas conseguem sobreviver aos danos causados por glufosinato de amônio, no entanto deve-se ter cuidado ao pulverizar próximo a plantas jovens, pois, dependendo da cobertura, as plantas podem não sobreviver.

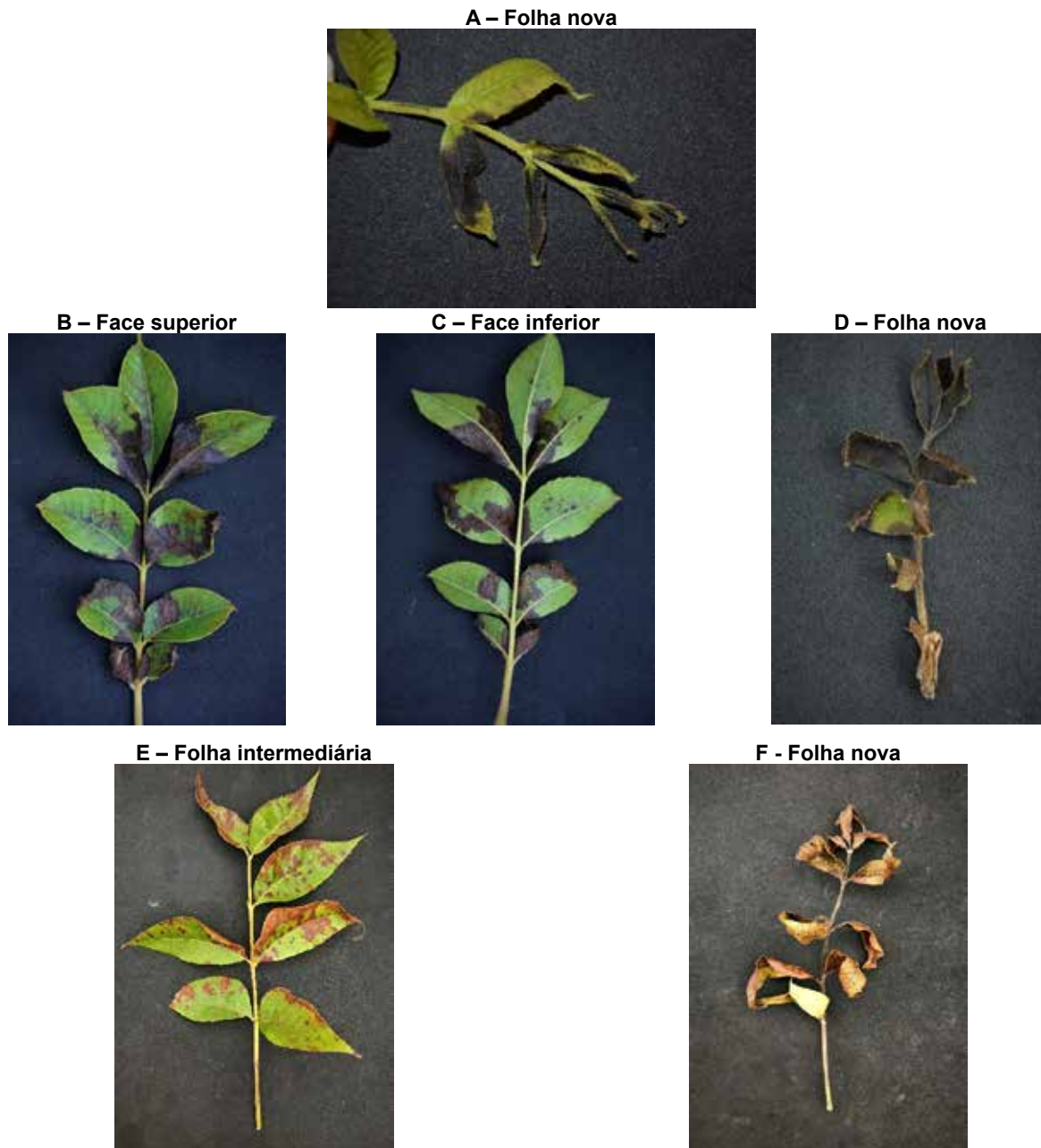


Figura 6. Sintomas foliares em noqueira-pecã por exposição ao herbicida glufosinato de amônio: (A) 3, (B, C e D) 9, e (E e F) 16 dias após a aplicação.

Fomesafen e saflufenacil

Esses herbicidas pertencem ao mecanismo de ação denominado 'inibidores de Protox', que é uma enzima chave para a síntese de clorofila das plantas. O fomesafen é um herbicida usado principalmente em pós-emergência e tem baixa translocação nas plantas. Os sintomas ocorrem principalmente nas folhas velhas ou onde houve a deposição das gotas (Figura 7), sendo de aparência semelhante aos danos de glufosinato de amônio e paraquat. De maneira geral, as plantas afetadas com fomesafen conseguem se recuperar da fitotoxicidade, no entanto cuidados adicionais devem ser empregados em pomares recém-implantados.

O herbicida saflufenacil também é um inibidor de Protox utilizado em pós-emergência, no entanto apresenta uma translocação mais rápida que os demais herbicidas com esse mecanismo de ação, incluindo o fomesafen. Assim, os sintomas podem diferir um pouco daqueles observados com fomesafen, incluindo danos em tecidos em crescimento (Figura 8 A e B) e a formação de pontos necróticos mais extensos (Figura 8 F).

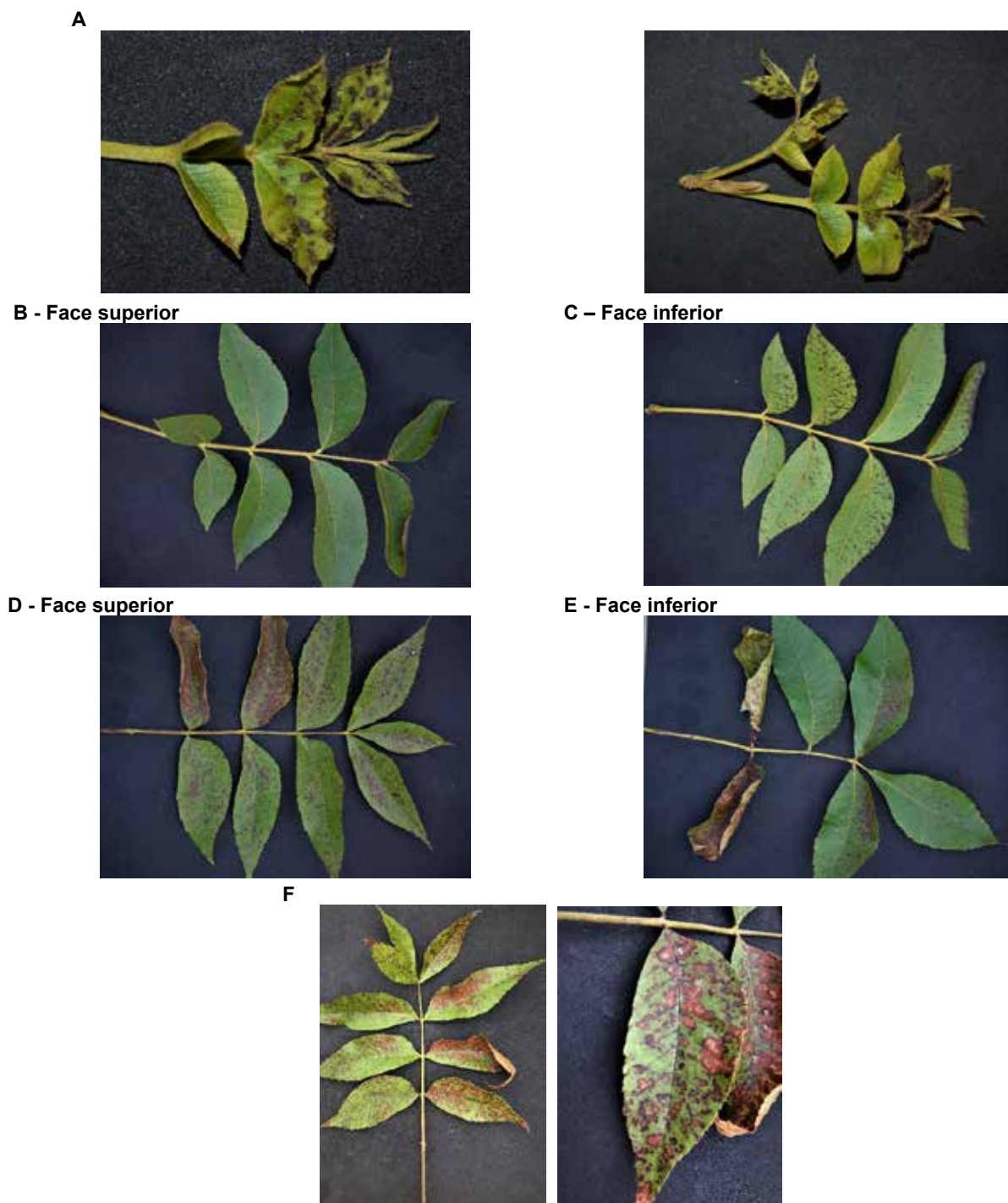


Figura 7. Sintomas foliares em noqueira-pecã por exposição ao herbicida fomesafen: (A) 3, (B e C) 9 e (D, E e F) 16 dias após a aplicação.



Figura 8. Sintomas foliares em noqueira-pecã por exposição ao herbicida saflufenacil: (A) 1 (B) 3, (C e D) 9 e (E, F e G) 16 dias após a aplicação.

Bentazon e atrazina

Esses herbicidas atuam na fotossíntese das plantas e acarretam, dentre outros sintomas, a redução do crescimento das plantas, além de clorose e morte dos tecidos das folhas. Os sintomas desses herbicidas podem começar pelas folhas maduras (fotossinteticamente ativas), com clorose seguida de necrose, iniciando geralmente na borda para o centro das folhas (Figuras 9 A e B e 10). Com a evolução dos sintomas, as folhas secam totalmente, despreendendo o pecíolo do ramo principal (Figura 9 D). Em plantas adultas, o herbicida pode ser translocado para a fruta, onde causa problemas de formação ou de enchimento, com redução da qualidade e produtividade.



Fotos: André Ulguim e Jaíne Rubert

Figura 9. Sintomas foliares em noqueira-pecã por exposição ao herbicida bentazon : (A) 1, (B) 3, (C) 9 e (D) 16 dias após a aplicação.



Figura 10. Sintomas foliares em noqueira-pecã por exposição ao herbicida atrazina, nove dias após a aplicação.

Fotos: André Ulguim e Jaíne Rubert

Imazetapir

Esse herbicida pertence ao mecanismo de ação denominado 'inibidores de ALS'. Após a absorção (que pode acontecer tanto pelas folhas quanto pelas raízes das plantas), o herbicida é translocado para as regiões de

crescimento ativo das plantas, em que irá afetar o desenvolvimento dos tecidos ao impedir a produção de alguns aminoácidos.

Os sintomas causados por imazetapir em noqueira incluem a paralisação do crescimento, clorose entre as nervuras das folhas e arroxamento foliar. Os sintomas ocorrem de sete a dez dias após a exposição ao herbicida (Figura 11 A, B e C). Os tecidos em crescimento ativo são os que mais demonstram os sintomas, que iniciam com o amarelecimento, evoluindo para a necrose; nas folhas mais velhas, os sintomas incluem o aparecimento de lesões na nervura central (Figura 11 A e D). A necrose (secamento) da folha pode tardar ou mesmo não ocorrer, uma vez que a intensidade de dano é muito dependente da quantidade de herbicida a que a planta foi exposta.

Fotos: André Ulguim e Jaíne Rubert

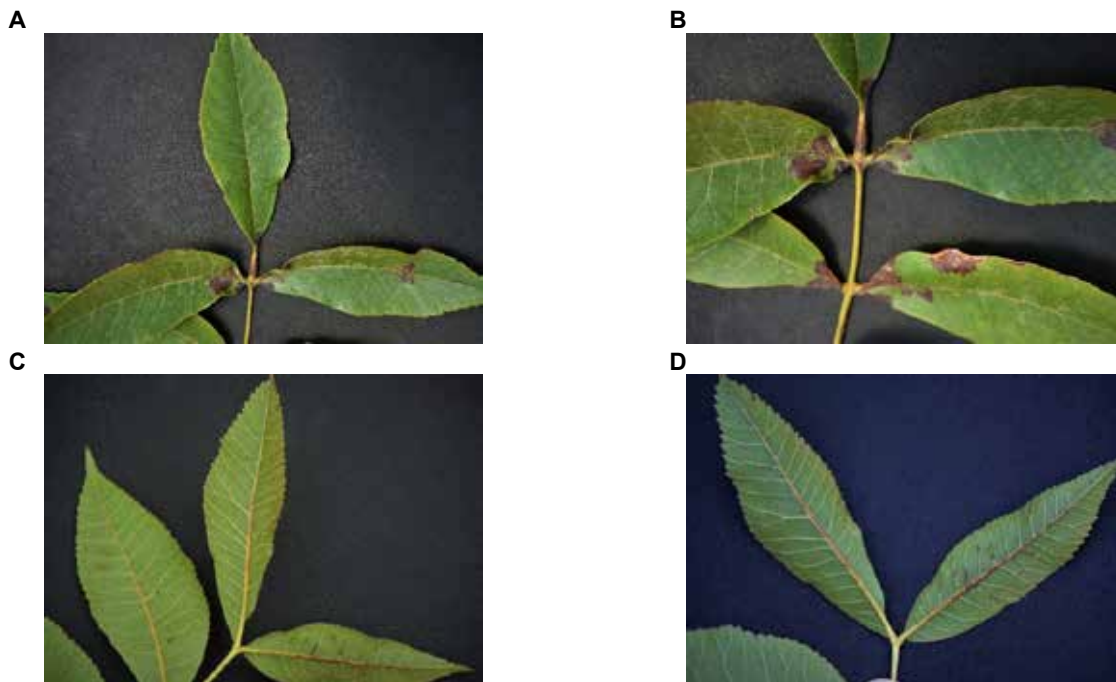


Figura 11. Sintomas foliares em noqueira-pecã por exposição ao herbicida imazetapir: (A, B e C) 4 e (D) 9 dias após a aplicação.

Clomazone

Esse herbicida tem registro para uso em pré-emergência em várias culturas, e de modo geral é empregado para o controle de plantas daninhas gramíneas. O sintoma mais típico do clomazone é o branqueamento das folhas das espécies suscetíveis. Em noqueira-pecã, os sintomas incluem o amarelecimento e branqueamento das folhas mais jovens, iniciando nas bordas e evoluindo para o centro da folha (Figura 12). A deriva causada por esse herbicida, geralmente, não causa danos severos e as plantas conseguem retomar o crescimento após o desaparecimento dos sintomas.



Figura 12. Sintomas foliares em noqueira-pecã por exposição ao herbicida clomazone em noqueira-pecã, quatro dias após a aplicação (A, B, C e D).

Considerações finais

Os sintomas por exposição de noqueira a herbicidas geralmente ocorrem em maior gravidade nas plantas próximas do local de aplicação e diminuem gradativamente conforme o aumento da distância do local de origem. Os sintomas de lesão resultantes da deriva física (gotículas carregadas pelo vento) ou de aplicações acidentais sobre as plantas podem ser fáceis de identificar, porém os danos decorrentes da volatilização dos herbicidas são mais difíceis de diagnosticar. Em especial, no caso de volatilização, os danos podem ocorrer a quilômetros do local da aplicação, dependendo do herbicida envolvido e da sensibilidade das plantas danificadas, sendo difícil aferir ou identificar o local de origem.

A perda econômica decorrente da fitotoxicidade de herbicidas em noqueira-pecã depende da intensidade do dano, da frequência desses eventos no pomar e da fase de desenvolvimento da cultura. Os produtores e aplicadores, tanto de frutíferas quanto de grãos, devem estar cientes dos riscos ao usar herbicidas no pomar e em áreas adjacentes, para evitar danos por deriva ou mesmo prevenir aplicações acidentais sobre as plantas. É fundamental sensibilizar os envolvidos no sistema produtivo quanto aos riscos e munir-los de informações, uma vez que muitos agricultores e assistentes ainda não estão cientes do dano potencial à produtividade, nem dos valores dos investimentos realizados em pomares de noqueira-pecã.

Cabe ressaltar que existem instruções normativas no Estado do Rio Grande do Sul (Instrução Normativa SEAPDR n° 05/2019 e 06/2019) que estabelecem o regramento na aplicação de herbicidas hormonais. Dentre as técnicas de aplicação visando a redução de deriva, a seleção de pontas de pulverização de baixa deriva (*low-drift*) é uma das principais medidas. Essas pontas, ou bicos, são eficientes em reduzir a dispersão de agrotóxicos pelo vento para fora das áreas-alvo. Entretanto, é necessário que o equipamento esteja

corretamente regulado quanto à pressão, vazão, altura da barra e velocidade de deslocamento para garantir eficiência.

Outro fator importante na questão da deriva refere-se às condições climáticas no momento da aplicação. A temperatura e a umidade relativa do ar, associadas à velocidade e direção do vento, interferem diretamente nesse aspecto. A aplicação em dias com temperatura alta pode provocar a volatilização das moléculas e aumentar a evaporação de gotas, assim como ocorre em condições de baixa umidade relativa, mesmo após atingir o alvo. Quanto ao vento, não se recomenda pulverização em condições com velocidade acima de 10 km/h ou na ausência completa de vento. Quanto maior a velocidade do vento, maior deverá ser a distância entre as culturas, pois maior será a dissipação da pulverização. Por outro lado, aplicações na ausência de vento mantêm as gotas suspensas no ar, sujeitas à inversão térmica e ao transporte por correntes convectivas, que podem transportar essas moléculas por grandes distâncias.

Por fim, é importante ressaltar que as imagens dos sintomas disponibilizadas nesta publicação servem como parâmetro para os produtores e técnicos identificar os efeitos da fitotoxicidade de herbicidas em plantas de noqueira-pecã, evitando diagnósticos equivocados ou mesmo erros quanto a medidas restritivas. Além disso, servem de alerta para possíveis manejos químicos errôneos, que podem provocar perdas irreparáveis em pomares de noqueira-pecã.

REFERÊNCIAS

AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofitcons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 10 jun. 2019.

MARTINS, C. R.; DE MARCO, R.; MEDEIROS, J. C. F.; BILHARVA, M. G.; HERTER, F. G. **Aspectos e critérios básicos para implantação de pomar de noqueira-pecã**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2019. 19 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico, 365).

WELLS, M. L.; PROSTKO, E. P.; CARTER, O. W. Simulated single drift events of 2,4-D and dicamba on pecan trees. **HortTechnology**, v. 29, n. 3, p. 360-366, jun. 2019.

Embrapa Clima Temperado
BR 392, Km 78, Caixa Postal 403
Pelotas, RS - CEP 96010-971
Fone: (53) 3275-8100
www.embrapa.br/clima-temperado
www.embrapa.br/fale-conosco

1ª edição
Obra digitalizada (2021)



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações

Presidente

Luis Antônio Suíta de Castro

Vice-Presidente

Walkyria Bueno Scivittaro

Secretária-Executiva

Bárbara Chevallier Cosenza

Membros

Ana Luiza Barragana Viegas, Fernando

Jackson, Marilaine Schaun Pelufê,

Sonia Desimon

Revisão de texto

Bárbara Chevallier Cosenza

Normalização bibliográfica

Marilaine Schaun Pelufê

Editoração eletrônica

Fernando Jackson

Foto da capa

Carlos Roberto Martins