



APLICAÇÃO DE TRIAZÓIS PARA CONTROLE DA FERRUGEM DO CAFÉ (*HEMILEIA VASTATRIX*)

Nota Técnica

A Rainforest Alliance (RA) está criando um mundo mais sustentável utilizando forças sociais e de mercado para proteger a natureza e melhorar a vida de produtores e comunidades florestais.

Introdução

A ferrugem do café, causada pelo fungo *Hemileia Vastatrix*, é a principal doença que afeta as plantas de café no mundo (Talhinhas et al. 2017). A doença é encontrada em todas as regiões onde os cafés arábica (*Coffea arabica*) e Robusta (*C. Canephora*) são cultivados, impactando negativamente a saúde da planta e sua produtividade. Na América Latina, a ferrugem do café causou reduções de produtividade de até 50% no Brasil, 30% na Colômbia, e 16% na América Central (Avelino et al. 2015; Zambolim 2016).

A ferrugem do café pode ser manejada de forma sustentável ao se utilizar variedades de café resistentes, implementando sistemas de aviso precoce e elaborando sistemas de manejo de cultivo que mitiguem as ameaças colocadas pelas mudanças climáticas e outras condições ambientais (Belan et al. 2020; de Resende et al. 2021; Sera et al. 2022). Não obstante, o controle químico consistindo em fungicidas protetivos e sistêmicos é amplamente utilizado para prevenir e controlar a ferrugem do café, apesar do potencial impacto negativo na saúde humana e ambiental. Compostos com base em cobre são os fungicidas protetivos mais efetivos, e os Triazóis são os fungicidas sistêmicos mais comuns. Os Triazóis podem ser utilizados sozinhos ou em misturas com inibidores Qo (Estrubirulina) e são aplicados nas folhas ou no solo (Zambolim 2016).

Na América Latina, diferentes ingredientes ativos da família dos Triazóis são utilizados para controlar a ferrugem do café, dependendo do país. Estes incluem ciproconazol, difenoconazol, epoxiconazol, metaconazol, tebuconazol, tetraconazol, triadimenol, propiconazol e outros. Muitos Triazóis são tóxicos para os mamíferos, incluindo humanos, e para pássaros, insetos e outros organismos. Dos Triazóis comumente utilizados nas fazendas de café, ciproconazol, epoxiconazol, propiconazol e triadimenol são classificados como Pesticidas Altamente Perigosos pela FAO/OMS e estão incluídos na [Lista de Substâncias Proibidas da Rainforest Alliance](#). O que significa que seu uso está banido em fazendas certificadas de café Rainforest Alliance.

O propósito desta nota técnica é explicar a posição da Rainforest Alliance quanto ao uso dos Triazóis e resumir a literatura científica que embasa esta posição.

Usos Excepcionais

Em circunstâncias excepcionais, a Rainforest Alliance concede aos produtores autorização limitada para utilizar temporariamente pesticidas proibidos. As exceções são elaboradas para cultivos, países e pragas específicas, em linha com a [Estratégia de Manejo Integrado de Pragas \(MIP\)](#) da Rainforest Alliance em resposta às solicitações de uso excepcional recebida dos produtores. As exceções são concedidas após uma criteriosa revisão e são baseadas na constatação de se as fazendas são dependentes de um dado pesticida para permanecer economicamente viável. Essas autorizações temporárias têm a intenção de dar aos produtores tempo para realizar a transição da dependência de substâncias perigosas enquanto se especifica medidas de mitigação de risco que devem ser implementadas neste ínterim. Mais informações estão disponíveis em nossa página da [Política de Uso Excepcional \(PUE\) da Rainforest Alliance](#).



Com relação ao uso de Triazóis, exceções foram concedidas para aplicações foliares de ciproconazol até 2024 e para epoxiconazol até 2023 para controle da ferrugem do café no setor latino-americano de café. Contudo, as aplicações de solo dos Triazóis listados na PUE, incluindo as formulações comerciais de ciproconazol + tiametoxam, estão proibidas sob a cláusula 2.k, conforme explicado abaixo.

Posição da Rainforest Alliance sobre Triazóis

A Rainforest Alliance desencoraja o uso de Triazóis através da aplicação via solo, uma vez que a pesquisa sugere que a aplicação foliar é mais efetiva para o controle da ferrugem do café. Os métodos de aplicação foliar também reduzem o risco de contaminação do solo e dos ecossistemas aquáticos ao minimizar enxurradas e lixiviação.

Adicionalmente, a cláusula 2.k da Política de Uso Excepcional (PUE) da Rainforest Alliance, proíbe a aplicação via solo dos Triazóis listados na PUE, uma vez que essas substâncias devem ser utilizadas da forma mais precisa e eficiente possível. Como detalhado abaixo, a pesquisa sugere que as aplicações foliares de Triazóis são mais eficientes e protegem melhor a saúde do meio-ambiente.

Evidências sobre Estratégias de Triazóis. Aplicações de solo vs. foliares

Eficácia para a ferrugem do café (*Hemileia vastatrix*)

Diversos estudos sugerem que os Triazóis são menos efetivos no controle da ferrugem do café quando aplicados via drench no solo, comparado com as aplicações foliares. Pesquisas na Costa Rica revelaram que é necessário até três vezes mais ingrediente ativo Triazol em aplicações de solo, e que as aplicações de solo são menos efetivas que as aplicações foliares contra doenças incluindo a ferrugem do café e a *Mancha Americana* (*Mycena citricolor*; M. Barquero-CICAFE, comunicação pessoal, 2 de março, 2022). Um estudo de cinco anos no Brasil também concluiu que a aplicação foliar com epoxiconazole foi mais efetiva no controle da ferrugem no *C. arabica* comparado com os fungicidas sistêmicos aplicados ao solo no início da temporada de chuvas (de Souza et al. 2011). O estudo mostrou que, embora as aplicações de solo foram efetivas em manter a ferrugem sob controle até Março, a doença alcançou um nível de incidência de até 30% no início do verão, quando as condições climáticas favorecem a progressão da ferrugem. Nesse momento, os tratamentos foliares foram necessários para controlar o progresso da doença, sugerindo que as aplicações via solo sozinhas não são suficientes (de Souza et al. 2011). Da mesma forma, Honorato et al. (2015) concluiu que a pulverização das folhas de *C. arabica* com fungicida sistêmico controlou a ferrugem tão efetivamente como as estratégias que combinaram aplicações de solo e foliares, sugerindo que a estratégia foliar tem melhor custo-benefício, uma vez que envolve menos aplicações e menos ingrediente ativo em geral.

Um estudo separado no Brasil concluiu que a aplicação foliar de epoxiconazol foi mais efetiva que a aplicação via drench com futriafol, já que as aplicações poderiam ser ajustadas à incidência da doença (Belan et al. 2015). Essas duas estratégias - aplicações foliares e via solo - foram testadas em 13 clones de *C. canephora* e em alguns casos a incidência de ferrugem permaneceu abaixo de um nível de tolerância de 5% por toda a temporada de produção na falta de tratamento, sugerindo que o tratamento com fungicidas não é sempre necessário e deve ser selecionado com base na presença da doença (Belan et al. 2015). Em geral, estudos mostram que as estratégias onde fungicidas são aplicados com base em um calendário fixo não são tão efetivos ou eficientes como estratégias adaptativas com base na incidência de ferrugem ou sistemas de previsão (Capucho et al. 2013; Hinnah et al. 2020). Por exemplo, estratégias baseadas em fungicidas de solo geralmente envolvem a aplicação de Triazóis nos talhões de café no início da época de chuva, ou nas mudas de café nos viveiros. Como resultado, essas estratégias não são adaptadas às atuais infestações ou níveis de incidência de ferrugem, o que pode levar ao excesso de aplicação (pulverizações foliares adicionais necessárias) e menor custo-benefício dos tratamentos fungicidas.



Efeito na produtividade

Embora o uso de fungicidas possa aumentar a produtividade do café, os estudos não encontram um benefício para a produtividade da aplicação em solo de Triazóis sobre a aplicação foliar. Pesquisas da Costa Rica e do Brasil concluíram que não existe diferença na produtividade entre as plantas de café tratadas com aplicações foliares e via solo de Triazóis (M. Barquero-CICAFE, comunicação pessoal, 2 de Março, 2022; de Souza et al. 2011). Na verdade, um estudo do Brasil concluiu que as aplicações foliares sozinhas resultaram em uma produtividade marginalmente maior para *C. arabica* que a estratégia que combinou aplicações via solo e foliares (Honorato et al. 2015).

Existem algumas evidências de que a aplicação via solo de Triazóis pode causar um “efeito tônico” nas plantas de café, que é caracterizado pelo engrossamento do tecido foliar, aumento da folhagem e tom mais verde das folhas (Silva et al. 2018; Moura et al. 2013). Embora esse efeito possa dar a impressão de uma saúde melhorada das plantas, os estudos mostram que o efeito tônico pode, ao final, causar um estresse metabólico nas plantas de café, afetando o crescimento e o vigor da planta em longo prazo, com potenciais impactos negativos na produtividade (Martins et al. 2011; Carvalho et al. 1997).

O impacto metabólico negativo dos Triazóis aplicados via solo pode ser especialmente pronunciado se os fungicidas foram aplicados em plantas jovens no viveiro ou no campo, ou para o solo que não esteja nutricionalmente equilibrado ou em falta de umidade adequada (Martins et al. 2011). Por exemplo, em um experimento controlado em um viveiro, as aplicações em solo de ciproconazol + tiametoxam reduziram o vigor de mudas de *C. canephora* de forma significativa comparada com um controle onde nenhum fungicida foi aplicado, sugerindo um efeito fitotóxico dos Triazóis aplicados via solo (2011). Um estudo separado concluiu que um aumento na concentração de triadimenol aplicado no solo foram associadas com uma redução no tamanho dos brotos das plantas de *C. arabica* (Carvalho et al. 1997).

Impacto ambiental

Muitos Triazóis que são comumente utilizados para controlar a ferrugem do café são conhecidos por ter impactos negativos na saúde humana e ambiental. Esses impactos podem ser exacerbadas quando Triazóis são diretamente aplicados no solo devido a enxurradas e lixiviação. Comparado com aplicações via solo, as aplicações foliares são mais precisas uma vez que podem ser direcionadas a específicas infestações de ferrugem do café. A estratégia de aplicação via solo, portanto, geralmente envolve mais ingrediente ativo no geral (M. Barquero-CICAFE, comunicação pessoal, 2 de Março, 2022) e resulta no contato direto dos Triazóis com o solo, água da superfície e subterrânea.

A lixiviação de Triazóis no solo e a enxurrada para corpos d'água têm sérios impactos negativos nos organismos do solo e aquáticos. A aplicação de solo de Triazóis também podem impactar na saúde humana se essas substâncias conseguirem chegar nos corpos d'água que são utilizados para beber ou para limpeza, uma vez que muitos fungicidas Triazóis são altamente tóxicos aos mamíferos, incluindo humanos. Por exemplo, o ciproconazol e o tiametoxam são altamente solúveis em água e são persistentes no solo. Esses químicos também têm um alto potencial de lixiviar no solo e na água de superfície, e também são de moderada a alta toxicidade aos mamíferos, pássaros, insetos, incluindo minhocas e polinizadores, e ecossistemas aquáticos, incluindo peixes, invertebrados, crustáceos e plantas aquáticas (PPDB 2022).

Outros Triazóis populares, incluindo o futriafol, triadimenol e o propiconazol também são solúveis em água e, portanto, rapidamente percolam na água subterrânea e em ecossistemas aquáticos nas redondezas com moderada toxicidade para mamíferos, pássaros, insetos e organismos aquáticos (PPDB 2022). Um estudo no Brasil demonstrou esses impactos no campo: dos 38 ingredientes ativos comumente utilizados no café (entre eles inseticidas, herbicidas e fungicidas), futriafol, epoxiconazol e ciproconazol foram os com maior probabilidade de lixiviar no solo e encontrados em maiores concentrações nas águas subterrâneas (de Queiroz et al. 2018). Posteriormente, futriafol e epoxiconazol foram



encontrados em concentrações que foram tóxicas a ecossistemas aquáticos. Com base nesses resultados, os autores desse estudo recomendaram que as aplicações desses Triazóis fossem evitadas nas plantações de café que estejam próximas de águas de superfície ou subterrâneas, devido ao risco de contaminação tóxica (de Queiroz et al. 2018).

Conclusão

Dado seus impactos tóxicos potenciais, fungicidas Triazóis devem ser aplicados de maneira a maximizar a efetividade, ao mesmo tempo em que se minimiza a contaminação ambiental. Evidências mostram que as aplicações foliares de Triazóis são mais eficientes e efetivas que as aplicações via solo e reduzem os impactos ambientais negativos. A Rainforest Alliance, portanto, desencoraja as aplicações via solo de Triazóis de forma geral e não permite aplicações via solo de Triazóis listados na PUE devido a sua toxicidade aumentada. Através da Norma 2020, orientações de apoio, iniciativas de treinamento e a PUE, a Rainforest Alliance fornece um conjunto de recursos e serviços para ajudar os produtores a fazerem a transição da dependência de Triazóis tóxicos para tratar a ferrugem do café.

Referências

- Avelino J., Cristancho M., Georgiou S., Imbach P., Aguilar L., Bornemann G., Läderach P., Anzueto F., Hruska A.J., Morales C. (2015). The coffee rust crises in Colombia and Central America (2008–2013): impacts, plausible causes and proposed solutions. *Food Security*. 7 303–321.
- Belan L.L., Jesus-Junior W.C., Souza A.F., Zambolim L., Tomaz M.A., Alves F.R., Ferrão M.A.G., Amaral J.F.T. (2015). Monitoring of leaf rust in conilon coffee clones to improve fungicide use. *Australasian Plant Pathology*. 44 5–12.
- Belan, L.L., de Jesus, W.C. Jr., de Souza, A.F., Zambolim, L., Filho, J.C., Barbosa, D.H.S.G., Moraes, W.B. (2020). Management of coffee leaf rust in *Coffea canephora* based on disease monitoring reduces fungicide use and management cost. *European Journal of Plant Pathology*. 156 683-694.
- Carvalho, G.R., Pasqual, M., Antunes, L.E.C., da Silva, A.T., Scarante, M.J. (1997). Efeito do Triadimenol d Benzilaminopurina no Desenvolvimento de Brotos in Vitro do Cafeeiro cv. Catuai. *UNIMAR*. 19(3): 767-775.
- De Resende, M.L.V., Pozza, E.A., Reichel, T., Botelho, D.M.S. (2021). Strategies for coffee leaf rust management in organic crop systems. *Agronomy*. 11. doi.org/10.3390/agronomy11091865
- De Souza, A., Zambolim, L., Júnior, V. Cecon, P. (2011). Chemical approaches to manage coffee leaf rust in drip irrigated trees. *Australasian Plant Pathology*. 40 293-300.
- De Queiroz, V., Azevedo, M., Quadros, I., Costa, A., Alves, A., Santos, G., Juvanhol, R., Santos, A., Arthur de Almeida Telles, L. (2018). Environmental risk assessment for sustainable pesticide use in coffee production. *Journal of Contaminant Hydrology*. 219. <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2018.08.008>
- Hinnah, F.D., Sentelhas, P.C., Patricio, F.R.A., Paiva, R.N., Parenti, M.V. (2020). Performance of a weather-based forecast system for chemical control of coffee leaf rust. *Crop Protection*. 137. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105225>
- Honorato J., Zambolim, L., Lopes, U., Lopes, U., Duarte, H. (2015). DMI and QoI fungicides for the control of coffee leaf rust. *Australasian Plant Pathology*. 44. <https://doi.org/10.1007/s13313-015-0373-4>.
- Martins, L.D., Rodrigues, W.N., Tomaz, M.A., de Souza, A. F., de Jesus, W.C. Jr., Donatelli, E.J. Jr. (2011). Loss of vigor in conilon coffee seedlings due to the application of granular fungicide for soil. *Nucleus*. 8(2): 97-104.



- PPDB, (Pesticide Properties DataBase). (2022). A to Z List of Active Ingredients. [Online]. Disponível em: Pesticide Properties Database (herts.ac.uk). Data da Consulta: 15 de Março de 2022
- Talhinhas, P., Batista, D., Diniz, I., Vieira, A., Silva, D.N., Loureiro, A., Tavares, S., Pereira, A.P., Aziheira, H.G., Guerra-Guimaraes, L., Varzea, V., do Ceu Silva, M. (2017). The coffee leaf rust pathogen *Hemileia vastatrix*: one and a half centuries around the tropics. *Molecular Plant Pathology*. 18(8): 1039-1051.
- Zambolim, L. 2016. Current status and management of coffee leaf rust in Brazil. *Tropical Plant Pathology*. 41 1–8.