

TEMPO DE SECAGEM DE FUNGICIDAS SISTÊMICO E ESTROBILURINA EM FOLHAS DE CAFÉ, SUBMETIDOS A CHUVA SIMULADA, NO CONTROLE DA FERRUGEM DO CAFEIEIRO*

Eduardo Granados¹, Laercio Zambolim²

*Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café, Cnpq, Fapemig.

¹Estudante de doutorado, MSc, Universidade Federal de Viçosa-MG.

²Professor BIOAGRO-BIOCAFÉ, PhD, Viçosa, MG, Laerciozambolim@gmail.com.

RESUMO: A aplicação de fungicida sistêmico e estrobilurina é feita durante a estação de chuva para o controle da ferrugem do cafeeiro causada por *Hemileia vastatrix*. Portanto torna-se muito importante estudar a resistência dos depósitos dos produtos químicos na superfície foliar. Devido a esses fatos o presente trabalho estudou o efeito da simulação de chuva de 30 mm, após vários períodos de secagem dos depósitos na remoção da formulação fungicida sistêmico + estrobilurina na superfície foliar de café. No tempo zero, o tratamento formulado epoxiconazol + piraclostrobina controlou 100 % a ferrugem do cafeeiro; após 30, 120 e 480 min da atomização da formulação epoxiconazol + piraclostrobina isoladamente ou em mistura com o hidróxido de cobre mais micronutrientes obteve-se 100% de controle da ferrugem. A associação de hidróxido de cobre com epoxiconazol + piraclostrobina + ácido bórico + sulfato de zinco além de ser compatível é eficiente no controle da ferrugem do cafeeiro.

PALAVRAS-CHAVE: *Hemileia vastatrix*; *Coffea arabica*; chuva; controle; pesticidas.

DRYING TIME OF SYSTEMIC AND STROBILURINE FUNGICIDES IN COFFEE SHEETS SUBMITTED TO SIMULATED RAIN IN COFFEE RUST CONTROL

ABSTRACT: Application of systemic and strobilurin fungicides is made during the rainy season to control coffee leaf rust caused by *Hemileia vastatrix*. Thus it is very important to study the resistance of the deposit of the chemicals in the surface of the leaves. For this reason the presente work studiyed the effect of simulated rainfall effect (30 mm), after several drying time of the deposits, in the removal of systemic + strobilurin fungicides of the coffee leaf surface. At zero time, the formulated treatment epoxiconazoly + piraclostrobin controled 100% coffee leaf rust; after 30, 120 and 480 min. of spraying, epoxiconazoly + piraclostrobin alone or in mixture with copper hidroxide and micronutrientes controled 100 % of the disease. The association of copper hidroxide with epoxiconazole + piraclostrobin + boric acid + zinc sulfate besides compatible is an efficient mixture in the coffee leaf rust.

KEY WORDS: *Hemileia vastatrix*; *Coffea arabica*; rain; control; pesticides.

INTRODUÇÃO

A ferrugem do cafeeiro foi identificada em 1970 no Estado da Bahia. Do Brasil a ferrugem disseminou-se para todos os países cafeicultores da América do Sul, México e América Central (McCook, 2006). Na ausência de medidas de controle, a doença pode causar perdas de 35 a 50 % da produção no Brasil (Zambolim, 2016). O efeito da ferrugem à cafeicultura regional da América Central no ano 2012/2013 foi estimado em 2,7 milhões de sacas, custando à região cerca de US \$ 500 milhões. Em média, mais de 50 % de todo o parque cafeeiro da América Central foram afetados pela doença. As taxas de incidência da doença foram as seguintes: El Salvador 74%, Guatemala 70%, Costa Rica 64%, Nicarágua 37% e Honduras 25 % (Avelino et al. 2015). A doença causa queda de folhas precocemente o que ocasiona seca de ramos produtivos e dos frutos. Consequentemente no ano seguinte, as plantas apresentam baixa carga de frutos (Zambolim, 2016). A estratégia mais importante para o controle da ferrugem é o emprego de variedades resistentes (Zambolim, 2016). Entretanto, tanto no Brasil quanto na América Central cultivam-se variedades suscetíveis, o que torna necessário o emprego do controle químico. Tanto no Brasil como nos países da América Central há condições climáticas altamente favoráveis a doença; além disso, as variedades de café arábica cultivadas são altamente suscetíveis à ferrugem (Zambolim, 2016). Aliado a esse fato, *H. vastatrix* já sucumbiu a resistência da maioria das variedades lançadas como resistentes no Brasil, América Central e Índia (Zambolim, 2016). Portanto, o controle químico da doença, torna-se necessário, visando reduzir o impacto da doença na produtividade do cafeeiro a curto e a médio prazo. A aplicação foliar de fungicidas é um processo crítico na agricultura moderna. A retenção e a tenacidade são influenciadas por características físico-químicas da superfície da folha, que podem ser intrínsecas de cada cultivar (Reynolds et al., 1994). A quantidade de produto que adere à folha, durante a pulverização e a quantidade de material que permanece na folha, após a ação de intempéries são os principais fatores, que determinam a quantidade de resíduo ativo na superfície foliar, para um efetivo controle de patógenos (Rich, 1954). O fator de maior importância na remoção dos depósitos de fungicidas na superfície foliar é a chuva (Oliveira et al., 2002). Além de remover os depósitos dos

pesticidas, a chuva dilui e redistribui os ingredientes ativos (Tracker e Young, 1999). A retenção e a tenacidade são influenciadas por características físico-químicas da superfície da folha, que podem ser intrínsecas de cada espécie de planta (Reynolds et al., 1994). Vários fatores afetam a relação da chuva com os agroquímicos, mas os mais importantes são a intensidade e quantidade, intervalo de tempo entre a aplicação e a chuva, a formulação comercial dos fungicidas, a solubilidade do produto em água e as características das folhas das variedades de plantas (Cabras et al., 2001; Green, 2001). Estudos tem demonstrado que, o efeito negativo da lavagem pela chuva, está diretamente ligado ao intervalo entre a aplicação e a ocorrência da chuva. Trabalhos realizados por Debortoli (2008) mostrou que a chuva simulada afetou negativamente o controle da ferrugem asiática da soja. A ocorrência de chuva até 30 minutos após a aplicação dos tratamentos, provocou maior influência sobre a eficiência de controle da doença. A partir do surgimento dos fungicidas sistêmicos, principalmente do grupo dos triazóis, na década de 1980, cuja sistemicidade revolucionou a agricultura, proporcionando opções mais avançadas para o controle eficaz de fungos causadores de ferrugens, tem sido uma ferramenta muito importante para a cafeicultura mundial (Garcia, 1999). Fungicidas do grupo dos triazóis e estrobilurinas tem sido muito importantes nos últimos dez anos no controle de doenças do cafeeiro. A mistura dos dois grupos de fungicidas, quando são empregados no controle da ferrugem do cafeeiro, dificulta o surgimento de mutantes resistentes na população de *H. vastatrix*, pelo fato dos triazóis, inibidores da demetilação (DMI), atuarem na redução da biossíntese do ergosterol (Koller; Scheinplug, 1987) e, as estrobilurinas que são inibidores extracelulares de quinona (QoI), atuarem no complexo III, da cadeia transportadora de elétrons, na mitocôndria, impedindo a produção de ATP (Bartlett, 2002). Além disso, a formulação dos dois grupos de fungicidas (triazol + estrobilurina) são mais eficientes do que os produtos isoladamente (Zambolim, 2016). Os fungicidas triazóis são recomendados no controle da ferrugem do cafeeiro, baseados na incidência da doença e ou nas condições climáticas e carga pendente dos frutos nas plantas (Souza et al., 2011). Em anos de alta carga pendente de frutos nas plantas, os primeiros sinais da doença são observados na face inferior das folhas do cafeeiro, em novembro/dezembro atingindo o pico em junho/julho. Entretanto, como no Brasil as aplicações são feitas na estação chuvosa, de dezembro a março/abril, há sempre a possibilidade do depósito do produto, ser removido a tal ponto, que o controle da ferrugem seja ameaçado. O tempo de penetração dos fungicidas sistêmicos (triazóis) nos tecidos foliares é crucial no controle de doenças e é variável em função de inúmeros fatores. Portanto, torna-se de grande importância o estudo de misturas de produtos que são empregados na cultura do cafeeiro, como os fungicidas triazóis, estrobilurinas, cúpricos e micronutrientes boro e zinco. Não se tem conhecimento na literatura disponível também, o efeito da precipitação pluviométrica, na remoção dos resíduos de fungicida triazol formulado com estrobilurina associado com hidróxido de cobre e de micronutrientes no controle da ferrugem, após vários períodos de secagem dos depósitos. Diante desses fatos, o objetivo desse trabalho foi estudar o efeito simulado de chuva, na remoção dos depósitos de fungicida sistêmico e piraclostrobin após vários tempos de secagem dos produtos em folhas de café, no controle da ferrugem.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização dos testes, utilizaram-se folhas de plantas de *Coffea arabica* da variedade Caturra, por sua alta suscetibilidade ao fungo *Hemileia vastatrix* crescendo em casa-de-vegetação. Utilizou-se uredosporos do fungo raça II, provenientes da coleção do BIOCAFÉ da UFV, com germinação acima 30% (Experimento 1) e 80% (Experimento 2).

Os produtos químicos empregados nos experimentos foram: Epoxiconazol 50 g/L + piraclostrobin 133 g/L (Opera^R SE, 1,5 L há⁻¹); Ácido bórico (2,0 g L⁻¹); Sulfato de zinco (4,0 g L⁻¹) e hidróxido de cobre (3,0 L/ha).

Os produtos foram aplicados na face abaxial de folhas destacadas, numa plataforma destinada a receber a intensidade de chuva, no interior da casa de vegetação. Utilizou-se um simulador de chuva, especialmente projetado para representar todos os parâmetros e configurações de um equipamento terrestre convencional (Pereira et al., 2017). Chuva de 30 mm foi simulada depois da atomização dos produtos, nos períodos zero, 30, 120 e 480 minutos, após a pulverização dos produtos. Como tratamento controle utilizou-se folhas pulverizadas com os tratamentos, sem simulação de chuva. Parte das folhas foram levadas ao laboratório, para análises de tecido foliar, visando a determinação da concentração de cobre. Após as folhas de café serem submetidas a chuva de 30 mm, aguardou-se cerca de 15 minutos visando o secagem ao ar, para proceder a retirada dos discos de folhas. Quatro discos com 1,5 cm de diâmetro, foram retirados de cada folha da região central, atomizada e submetida a chuva, com auxílio de um furador de rolha, a fim de que fossem inoculadas de acordo com o tempo, após a lavagem por chuva simulada. A inoculação foi feita espalhando-se cerca de 1 mg de uredosporos, com auxílio de um pincel de pelo de camelo n. 2, sobre a superfície de cada folha (Eskes 1982). Após esse período os discos com a face abaxial voltados para cima, foram depositados sobre tela de aço inoxidável, em caixas plásticas de (12 x 12 x 3,0 cm) e borrifados com água destilada esterilizada. As caixas plásticas foram incubadas em câmara escura de crescimento, por 48 horas a 22 ± 2 °C. Posteriormente foram levadas para câmara de incubação, com foto-período de 12 horas luz/escuro, com temperatura controlada para 22 ± 2 °C, permanecendo por 45 dias até a leitura final da presença ou não de uredosporos. Os valores de presença de cobre nas folhas com e sem chuva, foram utilizados para a determinação da retenção, de acordo com a seguinte equação:

Retenção Cobre - RCu (%) = $\frac{FCC}{FSC} \times 100$, onde: FCC = folhas destacadas de café, pulverizadas com os tratamentos com simulação de chuva; FSC = folhas destacadas de café, pulverizadas com os tratamentos sem simulação de chuva. A determinação da porcentagem de controle da ferrugem foi calculada utilizando-se a seguinte fórmula: Porcentagem de controle de ferrugem - CF (%): $\frac{MC-VG}{MC} \times 100$; onde MC= valor meio de controle e VG= valor real obtido por cada folha. Para as variáveis RCu (%) utilizou-se controle negativo sem pulverização que foi subtraído dos tratamentos e não foi considerado para os cálculos das variáveis. A severidade da ferrugem foi avaliada nos discos das folhas, iniciando aos 18 com término aos 45 dias, após a inoculação nos 16 discos em cada caixa plástica. A escala de severidade da ferrugem adotada foi preparada previamente, onde 0 (ausência de sinais de esporos nos discos); 1 ($\leq 10\%$); 2 ($>10\%$ e $\leq 15\%$), 3 ($>15\%$ e $\leq 30\%$), 4 ($>30\%$ e $\leq 50\%$) e 5 ($>50\%$). As variáveis de resposta calculadas foram a severidade baseado na escala descrita acima e a área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD), descrita por Campbell e Madden (1990), baseado nos dados de severidade. O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado com três repetições, sendo cada repetição representada por uma caixa de plástico com 16 discos de folhas de *Coffea arabica* cv. *caturreia*. Para a realização das análises estatísticas utilizou-se o programa InfoStat (Di Rienzo et al. 2015) após os dados serem transformados em $\sqrt{x + 1}$. A análise de comparação de médias foi feita empregando-se o teste Tukey a 5% de significância.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Os tratamentos encontram-se na Tabela 1 e 2. Resultados semelhantes foram obtidos nos dois experimentos. A única diferença foi o fato de que, na Tabela 2, a ferrugem foi muito mais severa devido terem sido empregados nas inoculações uredosporos com porcentagem de germinação acima de 80%, enquanto na Tabela 1 a porcentagem de germinação foi de 30 %. As comparações foram feitas entre os tratamentos em cada período de tempo, devido as interações dos tratamentos (produtos químicos) x tempo em minutos em que se aplicou a chuva de 30 mm, após a aplicação dos produtos químicos, ter sido significativa. Os efeitos dos tratamentos nos tempos em minutos zero, 30, 120 e 480 após a aplicação, dos produtos químicos foram diferentes entre si no controle da doença. No tempo zero, o controle da ferrugem foi quase total (100 % controle), nos tratamentos 5, 6, e 8, envolvendo a aplicação de epoxiconazole + piraclostrobina, excetuando-se quando foi adicionada a essa mistura o ácido bórico e o sulfato de zinco (tratamento 7). Entretanto, após 30, 120 e 480 minutos da aplicação, o controle da ferrugem nos tratamentos com a aplicação de epoxiconazole + piraclostrobina foi 100 %.

Tabela 1. Efeito dos produtos químicos aplicados em diferentes tempos (minutos) após a simulação de chuva na severidade (Sev.) e na área abaixo da curva do progresso da ferrugem (Area).

Tratamentos	Zero		30		120		480	
	Sev.	Area	Sev.	Area	Sev.	Area	Sev.	Area
1.	5.2a	145.3a	2.4a	68.8a	12.4a	350.2a	12.0a	339.6a
2.	3.6a	101.8a	1.9ab	55.2a	7.4b	207.2b	7.3b	206.7b
3.	2.5ab	69.8ab	0.1bc	3.7b	0.0c	0.0c	0.1c	1.6c
4.	2.2abc	60.8ab	0.0c	0.0b	0.1c	1.6c	0.0c	0.0c
5.	0.0c	0.0c	0.0c	0.0b	0.0c	0.0c	0.0c	0.0c
6.	0.0c	0.0c	0.0c	0.0b	0.0c	0.0c	0.0c	0.0c
7.	0.9bc	26.2bc	0.0c	0.0b	0.0c	0.0c	0.0c	0.0c
8.	0.0c	0.0c	0.0c	0.0b	0.0c	0.0c	0.0c	0.0c
*CV	21.2	24.0	25.0	22.4	24.3	22.2	17.4	22.5

*Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si na coluna pelo teste de Tukey (p-valor < 0.05).

Tratamentos: 1. Testemunha; 2. Ácido bórico + sulfato de zinco; 3. Hidróxido de cobre; 4. Hidróxido de cobre + ácido bórico + sulfato de zinco; 5. Epoxiconazole + piraclostrobina; 6. Epoxiconazol + piraclostrobina + hidróxido de cobre; 7. Epoxiconazol + piraclostrobina + ácido bórico + sulfato de zinco; 8. Epoxiconazol + piraclostrobina + hidróxido de cobre + ácido bórico + sulfato de zinco.

Os tratamentos envolvendo, a aplicação de hidróxido de cobre foram eficientes no controle da ferrugem (100 % controle), nos tempos de 120 e 480 minutos após a simulação da chuva de 30 mm tanto para a severidade quanto para AUDPC. Os tratamentos envolvendo a aplicação de ácido bórico e sulfato de zinco igualou-se a testemunha (sem aplicação de produtos químicos) sendo ineficientes.

A atomização dos tratamentos que continham epoxiconazole + piraclostrobina, antes da aplicação de uma chuva de 30 mm, nos tempos de secagem zero, 30, 120 e 480 min., praticamente controlaram eficientemente a ferrugem. A aplicação da chuva no tempo zero após a atomização de (epoxiconazole + piraclostrobina) + ácido bórico + sulfato de zinco apresentou 0,9 % e 26,2 de severidade e AACPD, respectivamente; tais níveis de severidade são considerados muito baixos, em relação a testemunha e o tratamento com ácido bórico + sulfato de zinco. O hidróxido de cobre em mistura com os micronutrientes ácido bórico e sulfato de zinco, não afetaram a ação da mistura epoxiconazole + piraclostrobina, no controle da ferrugem.

Tabela 2. Efeito dos produtos químicos aplicados em diferentes tempos (minutos) após a simulação de chuva na severidade (Sev.) e na área abaixo da curva do progresso da ferrugem (Area).

Tratamentos	Zero		30		120		480	
	Sev.	Area	Sev.	Area	Sev.	Area	Sev.	Area
1.	10,9a	290,3a	3,9a	136,6a	23,4a	699,1a	23,0a	637,6a
2.	7,8a	202,8a	3,8ab	110,0a	13,4b	413,2b	15,3b	413,0b
3.	5,8ab	140,1ab	0,2bc	7,2b	0,0c	0,0c	0,1c	3,2c
4.	4,0abc	120,5ab	0,0c	0,0b	0,1c	3,4c	0,0c	0,0c
5.	0,0c	0,0c	0,0c	0,0b	0,0c	0,0c	0,0c	0,0c
6.	0,0c	0,0c	0,0c	0,0b	0,0c	0,0c	0,0c	0,0c
7.	1,7bc	52,5bc	0,0c	0,0b	0,0c	0,0c	0,0c	0,0c
8.	0,0c	0,0c	0,0c	0,0b	0,0c	0,0c	0,0c	0,0c
*CV	20,1	24,0	21,0	1,4	14,3	12,2	19,4	16,5

*Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si na coluna pelo teste de Tukey (p-valor < 0.05).

Tratamentos: 1. Testemunha; 2. Ácido bórico + sulfato de zinco; 3. Hidróxido de cobre; 4. Hidróxido de cobre + ácido bórico + sulfato de zinco; 5. Epoxiconazole + piraclostrobina; 6. Epoxiconazol + piraclostrobina + hidróxido de cobre; 7. Epoxiconazol + piraclostrobina + ácido bórico + sulfato de zinco; 8. Epoxiconazol + piraclostrobina + hidróxido de cobre + ácido bórico + sulfato de zinco.

O tratamento envolvendo a aplicação do ácido bórico + sulfato de zinco não diferiu da testemunha nos tempos zero e 30 minutos, mas diferiram da testemunha nos tempos de secagem 120 e 480 min., respectivamente, após a chuva. Entretanto os níveis da doença foram altos nos tempos de secagem de 120 e 480 min. Quando se empregou a mistura de hidróxido de cobre na formulação do (epoxiconazole + estrobilurina) + ácido bórico + sulfato de zinco, o controle da ferrugem foi total. A presença do cobre na mistura adiciona o efeito protetivo e residual a formulação epoxiconazole + piraclostrobina, no controle da ferrugem. A mescla de três ingredientes ativos triazol, estrobilurina e fungicida cúprico torna-se de grande importância no controle da ferrugem, em condições de campo, devido ao fato de desfavorecer o surgimento de mutantes resistentes na população de *H. vastatrix*, a esses três diferentes princípios ativos (Zambolim, 2016).

Considerando o hidróxido de cobre isoladamente e em mistura com o ácido bórico e o sulfato de zinco, nos períodos de tempo de 30, 120 e 480 minutos, respectivamente, excetuando-se no tempo zero, obteve-se o controle quase absoluto da doença. Esse fato demonstra que, após a seca dos depósitos de cobre na superfície foliar (30 min. após a pulverização), a ação do íon cobre, proporcionou controle eficiente na inibição, germinação e crescimento do tubo germinativo dos uredosporos do patógeno. Todas as fontes de cobre quer seja hidróxido, óxidos, oxicloretos e sulfatos desde que aplicados preventivamente são eficientes no controle da ferrugem do cafeeiro (Mariotto, et al., 1976; Costa et al., 2007; Souza et al., 2011; Zambolim, 2016). Trabalho realizado por Oliveira et al. (2002), mostraram que o controle da ferrugem, pela aplicação de hidróxido de cobre, após chuva de 20 mm, proporcionou controle eficiente da doença, com incidência baixa em torno de 6 a 10 %, 60 dias após a pulverização.

No controle da ferrugem torna-se muito importante considerar os períodos chuvosos. No Brasil, o período de chuvas inicia em outubro/novembro terminando em março/abril. Na América Central o período de chuvas inicia em agosto e termina em dezembro/janeiro. Na América Central, os níveis de precipitação pluviométrica são superiores a 1500 mm, podendo atingir 2500 mm por ano. Na prática, a recomendação no controle da ferrugem do cafeeiro, se for adotado fungicida cúprico, o período de aplicação é de novembro a março/abril. Se a opção for por fungicidas sistêmicos, isoladamente ou formulados com estrobilurinas, o início da aplicação deve ser baseado na incidência da doença (Silva-Acuña et al., 1992; Souza et al., 2011; Honorato Júnior et al., 2015; Zambolim, 2016). Entretanto, a opção por fungicida cúprico ou por triazol + estrobilurina requer a observância do dia e hora de aplicação. Aplicações de fungicidas não devem ser feitas com folhas molhadas, pois não haverá aderência dos produtos na superfície foliar. Por outro lado, se ocorrer chuvas 120 minutos após a aplicação de hidróxido de cobre, o controle da ferrugem será eficiente, como pode

ser notado no presente trabalho. Se houver chuva mesmo após a aplicação dos fungicidas sistêmicos (epoxiconazole + piraclostrobina) o controle é eficiente. A comprovação da eficiência dessa mistura pode ser constatada em diversos trabalhos (Costa et al., 2007; Souza et al., 2011; Honorato Júnior et al., 2015; Capucho et al., 2013).

A formulação triazol + estrobilurina proporcionou controle eficiente na ferrugem do cafeeiro, mesmo no tempo zero, da simulação de chuva. Em se tratando do hidróxido de cobre, o tempo decorrido entre a aplicação e a chuva de 30 mm, deve ser maior do que 30 min. para o controle absoluto da doença. A mistura de hidróxido de cobre com triazol + estrobilurina + ácido bórico + sulfato de zinco foi eficiente no controle da ferrugem, mesmo após a simulação de chuva, no tempo de secagem zero.

CONCLUSÃO

1 - Conclui-se que a formulação triazol + estrobilurina proporcionou controle eficiente da ferrugem do cafeeiro, mesmo no tempo zero, da simulação de chuva. Em se tratando do hidróxido de cobre, o tempo decorrido entre a aplicação e a chuva de 30 mm, deve ser maior do que 30 min., para o controle absoluto da doença. A mistura de hidróxido de cobre com triazol + estrobilurina + ácido bórico + sulfato de zinco foi eficiente no controle da ferrugem, mesmo após a simulação de chuva, no tempo de secagem zero.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avelino, J., Cristancho, M., Georgiou, S., Imbach, P., Aguilar, L., Bornemann, G., ... Morales, C. (2015). The coffee rust crises in Colombia and Central America (2008-2013): Impacts, plausible causes and proposed solutions. *Food Sec.*
- Bartlett, D. W., Clough, J. M., Godwin, J. R., Hall, A. A., Hamer, M., & Parr-Dobrzanski, B. (2002). Review: The strobilurin fungicides. *Pest Management Science*, 58, 649-662.
- Cabras, P., Angioni, A., Garau, V. L., Melis, M., Pirisi, F. M., Cabitza, F., & Pala, M. (2001). The effect of simulated rain on folpet and mancozeb residues on grapes and wine leaves. *Journal of environmental Science and Health*, 36, 609-618.
- Capucho, A. S., Zambolim, L., & Milagres, N. (2013). Chemical control of coffee leaf rust in *Coffea canephora* cv. conilon. *Australasian Plant Pathology*, 42, 667-673.
- Campbell, C. L., & Madden, L. V. (1990). *Introduction to plant disease epidemiology* (p. 655). New York: John Wiley & Sons. jas.ccsenet.org Journal of Agricultural Science Vol. 11, No. 6; 341
- Costa, M. J. N., Zambolim, L., & Rodrigues, F. R. (2007). Avaliação de produtos alternativos no controle da ferrugem do cafeeiro. *Fitopatologia Brasileira*, 32, 147-152.
- Debortoli, M. (2008). *Efeito do rainfastness e adjuvantes na aplicação de fungicidas foliares em cultivos de soja*. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM-RS), Santa Maria, RS, Brazil.
- Di Rienzo J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2015). *InfoStatversión 2015*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Eskes, A. B. (1982). The use of leaf disk inoculations in assessing resistance to coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*). *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 88, 127-141. <https://doi.org/10.1007/BF01977270>
- Fife, J. P., & Nokes, S. E. (2002). Evaluation of the effect of rainfall intensity and duration on the persistence of chlorothalonil on processing tomato foliage. *Crop Protection*, 21, 733-740.
- Garcia, A. (1999). *A resistência dos fungos como consequência da utilização de fungicidas sistêmicos: Mecanismos de resistência* (p. 28). Monitoramento e estratégias anti-resistência. Porto Velho: Embrapa Rondônia.
- Green, J. M. (2001). *Factors that influence adjuvant performance* (pp. 179-190). International symposium on adjuvants for agrochemicals, 6, Amsterdam. *Proceedings...* Amsterdam: ISAA Foundation.
- Honorato Junior, J., Zambolim, L., Lopes, U. N., Lopes, U. P., Da Silva, H., & Duarte, S. (2015). DMI and QoI fungicides for the control of coffee leaf rust. *Australasian Plant Pathology*, 44(5).
- Koller, W., & Scheinplug, H. (1987). Fungal resistance to sterol biosynthesis inhibitors: A new challenge. *Plant Disease*, 71, 1066-1074.
- Mariotto, P. R., Figueiredo, P., Silveira, A. P., Júnior, G., Arruda, H. V., Lopes, H.,... Oliveira Filho, N. L. (1976). Estudos sobre o controle químico da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) e seus efeitos na produção. nas condições do estado de São Paulo. *O Biológico*, 45, 165-174.
- McCook, S. (2006). Global rust belt: *Hemileia vastatrix* and the ecological integration of word coffee production since 1850. *Journal of Global History*, 177-195.
- Oliveira, S. H. F., Santos, J. M. F., & Guzzo, S. D. (2002). Efeito da chuva sobre a tenacidade e eficiência de fungicidas cúpricos associados ao óleo vegetal no controle da ferrugem do cafeeiro. *Fitopatologia Brasileira*, 27, 581-585.
- Pereira, G. A. M., Barcellos, J. R., Gonçalves, V. A., & Silva, A. A. (2017). Clomazone Leaching Estimate in soil Colimns Using the Biological Method. Sociedade Brasileira de Ciências das Plantas Daninhas. *Planta Daninha*, 35.
- Reynolds, K. L., Reilly, C. C., & Hotchkiss, M. W. (1994). Removal of fentin hydroxide from pecan seedlings by simulated rain. *Plant Disease*, 78, 857-860.
- Rich, S. (1954). Dynamics of deposition and tenacity of fungicides. *Phytopathology*, 44, 203-213.

- Silva-Acuña, R., Zambolim, L., Vale, F. X. R., Chaves, G. M., & Pereira, A. A. (1992). Época da primeira aplicação de fungicida baseado no nível de inicial de incidência para o controle da ferrugem do cafeeiro. *Fitopatologia Brasileira*, 17, 36-41.
- Souza, A. F., Zambolim, L., Jesus Júnior, V. C., & Cecon, P. R. (2011). Chemical approaches to manage coffee leaf rust in drip irrigated trees. *Australasian Plant Pathol*, 40, 293-300.
- Tracker, J. R. M., & Young, R. D. F. (1999). Effects of six adjuvants on the rainfastness of chlorpyrifos formulated as an emulsifiable concentrate. *Extended Summaries: IUPAC Conference—Pesticide Science*, 55, 198-200.
- Zambolim, L. (2016). Current status and management of coffee leaf rust in Brazil. *Trop. Plant Pathology*, 41, 1-8.