Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Estudo da sistemicidade e tenacidade de epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade em plantas de soja e videira

Paulo Sérgio José dos Santos

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de concentração: Fitopatologia

Piracicaba
2016

Paulo Sérgio José dos Santos
Engenheiro Agrônomo

Estudo da sistemicidade e tenacidade de epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade em plantas de soja e videira

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **MARCEL BELLATO SPOSITO**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de concentração: Fitopatologia

Piracicaba
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP

Santos, Paulo Sérgio José dos
Estudo da sistemicidade e tenacidade de epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade em plantas de soja e videira / Paulo Sérgio José dos Santos. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2016.
151 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Fungicidas 2. Sistemicidade 3.Tenacidade 4. Ferrugem I. Título

CDD 633.34
S764e

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICATÓRIA

Dedico,

Á José dos Santos "*in memorian*", pelo apoio à minha formação, pelas lições de vida e todo amor concedido ao longo de minha vida.

Á minha mãe Maria José Vilas Boas dos Santos e aos demais familiares, pelo constante incentivo, amor, amizade e compreensão recebidos.

Á minha noiva Isabella Cascone pelo incentivo, amor, compreensão e paciência.

Ao Professor Dr. Marcel Bellato Sposito, pela orientação, amizade, compreensão e confiança, contribuindo para minha formação profissional.

Á Luiz Antônio Alves José, pela magnífica oportunidade de realização deste trabalho.

Aos amigos que me acompanharam e me incentivaram durante todo esse processo, Sérgio Zanon, Fábio Del Cistia, Vanessa Frare, Ademar D'Geroni, Leandro Martins, Francine Leal e Durval Teixeira.

AGRADECIMENTOS

A Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, especialmente ao Departamento de Fitopatologia e Nematologia e ao Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, pela magnífica oportunidade de realização deste trabalho.

Agradeço, ao Prof. Valdemar Luiz Tornisielo, pelas valiosas contribuições na condução dos ensaios com carbono 14.

A BASF pelo suporte, incentivo e auxílio concedido na realização deste trabalho.

A todos que de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

A Deus, pelas oportunidades e pessoas maravilhosas apresentadas em minha vida.

EPÍGRAFE

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”

Marthin Luther King

SUMÁRIO

	RESUMO……..	11
	ABSTRACT.....	13
	LISTA DE FIGURAS.....	15
	LISTA DE TABELAS.....	19
1	INTRODUÇÃO.....	21
	Referências.....	23
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
2.1	Controle químico.....	25
2.2	Evolução dos fungicidas.....	27
2.3	Características desejáveis dos fungicidas.....	28
2.4	Estrobilurinas.....	31
2.5	Triazóis.....	33
2.6	Carboxamidas.....	34
2.7	Absorção e translocação dos fungicidas.....	35
2.8	Influência dos adjuvantes na absorção e translocação dos fungicidas.	38
2.9	Influência da chuva na eficácia dos fungicidas.....	42
2.10	Importância da cultura da soja.....	43
2.11	Ferrugem da soja.....	44
2.12	Importância da cultura da videira.....	46
2.13	Ferrugem da videira.....	48
	Referências.....	50
3	ESTUDO DA SISTEMICIDADE E TENACIDADE DO EPOXICONAZOL, PIRACLOSTROBINA E FLUXAPIROXADE EM PLANTAS DE SOJA.....	61
	Resumo.....	61
	Abstract.....	61
3.1	Introdução.....	62
3.2	Material e Métodos.....	65
3.2.1	Tenacidade dos fungicidas.....	65
3.2.2	Sistemicidade dos fungicidas.....	70
3.2.3	Sistemicidade do fluxapiroxade associado a adjuvante e fosfito.....	74
3.3	Resultados e Discussão.....	74

3.3.1 Tenacidade dos fungicidas..... 74
3.3.2 Sistemicidade dos fungicidas..... 83
3.3.3 Sistemicidade do fluxapiroxade associado à adjuvante e fosfito..... 95
3.4 Conclusões..... 105
Referências..... 106
4 ESTUDO DA SISTEMICIDADE DE EPOXICONAZOL, PIRACLOSTROBINA E FLUXAPIROXADE EM MUDAS DE VIDEIRA. 111
Resumo..... 111
Abstract..... 111
4.1 Introdução..... 112
4.2 Material e Métodos..... 114
4.2.1 Tenacidade dos fungicidas..... 114
4.2.2 Sistemicidade dos fungicidas..... 117
4.2.3 Sistemicidade do fluxapiroxade em folhas novas e velhas..... 121
4.3 Resultados e Discussão..... 122
4.3.1 Tenacidade dos fungicidas..... 122
4.3.2 Sistemicidade dos fungicidas..... 124
4.3.3 Sistemicidade do fluxapiroxade em folhas novas e velhas..... 130
4.4 Conclusões..... 136
Referências..... 136
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO GERAL..... 139
Referências..... 142
6 CONCLUSÃO GERAL..... 143
ANEXOS..... 145

RESUMO

Estudo da sistemicidade e tenacidade de epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade em plantas de soja e videira

O controle químico é uma das medidas mais empregadas no manejo de doenças de plantas, sendo imprescindível em inúmeros patossistemas agrícolas. Portanto, compreender a dinâmica das interações entre os produtos e a planta tem grande importância prática, pois poderá embasar ajustes nas estratégias de controle. O trabalho teve por objetivo estudar a tenacidade e a sistemicidade dos fungicidas epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade em plantas de soja e videira. Para avaliar a tenacidade dos produtos foram simuladas chuvas de diferentes intensidades e intervalos após a aplicação. Procedeu-se a inoculação dos patógenos, *Phakopsora pachyrhizi* e *Phakopsora euvitis*, e avaliou-se a severidade e a área abaixo da curva de progresso das doenças. Para os estudos de absorção e translocação, utilizaram-se as moléculas radiomarcadas, ^{14}C-epoxiconazol, ^{14}C-piraclostrobina e ^{14}C-fluxapiroxade, que foram diluídas com suas respectivas formulações comerciais. As variáveis foram avaliadas as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação (HAA). Especificamente para o fungicida fluxapiroxade foram avaliados os efeitos de sua associação ao adjuvante óleo mineral e ao fosfito de potássio em plantas de soja, e sua absorção e translocação em folhas novas e velhas de videira. Em geral, a eficiência dos fungicidas foi crescente com o aumento do intervalo entre a aplicação e a simulação da chuva. A adição do adjuvante aumentou a tenacidade do fluxapiroxade e o fosfito de potássio não teve o mesmo efeito. A sistemicidade na soja foi alta para o epoxiconazol, intermediária para o fluxapiroxade e baixa para a piraclostrobina. Na videira a piraclostrobina foi a mais absorvida, seguida pelo epoxiconazol e o fluxapiroxade. Os fungicidas epoxiconazol e fluxapiroxade translocaram-se predominantemente no sentido acropetal e a piraclostrobina não apresentou translocação a longas distâncias. A adição de adjuvante ao fluxapiroxade promoveu maior e mais rápida absorção e translocação nas plantas de soja, enquanto que, o fosfito de potássio teve efeito antagônico, que resultou em 53% de redução na absorção. Não houve diferença na absorção e translocação do fluxapiroxade em folhas velhas e novas de videira, porém a redistribuição foi maior nas folhas novas. O fluxapiroxade mostrou-se ser um fungicida com potencial protetor e curativo. Protetor, pois grande quantidade do produto (>65%) permanece na parte externa das folhas da soja e videira até as 72 HAA, e curativo pois mostrou uma absorção crescente com o tempo, o que significa que há uma liberação contínua do produto para o interior das folhas. Os folíolos de soja absorveram mais os três fungicidas do que as folhas de videira. A translocação à longa distância em ambas as culturas foi baixa (<1%) para todos os fungicidas avaliados. A translocação do epoxiconazol e fluxapiroxade aumenta com o decorrer das horas nas plantas de soja e não em mudas de videira e a piraclostrobina tem uma translocação limitada e constante em ambas as culturas. Quanto maior e mais rápida for a absorção dos fungicidas, menores serão as perdas decorrentes das intempéries, e por consequência maior será a eficácia dos produtos.

Palavras-chave: Fungicidas; Sistemicidade; Tenacidade; Ferrugem

ABSTRACT

Study of the systemicity and rainfastness of epoxiconazole, pyraclostrobin and fluxapyroxad in plants of soybean and vine.

The chemical control is one of the measures most used in the management of plant diseases, being essential in many agricultural pathosystems. Therefore, understanding the dynamics of the interactions between products and plants has great practical importance in providing knowledge that can support better the control strategies. The work has aimed to study the rainfastness and systemicity of the fungicides epoxiconazole, pyraclostrobin and fluxapyroxad in soybean and vine plants. The rainfall was simulated in different intensities and intervals after application in order to assess the rainfastness of the products.The pathogens, *Phakopsora pachyrhizi* and *Phakopsora euvitis* were inoculated and the severity and the area under the disease progress curve were assessed. For the uptake and translocation studies, it was used the radiolabeled molecules, ^{14}C-epoxiconazole, ^{14}C-pyraclostrobin and ^{14}C-fluxapyroxad, which were diluted with their respective commercial formulations. The parameters were assessed at 3, 9, 24, 48 and 72 hours after application (HAA). In particular for the fluxapyroxad were assessed the effects of its association with adjuvant and potassium phosphite on soybean plants, and their absorption and translocation in old and new vine leaves. Overall, the fungicides efficiency were boosted with the increasing interval between the application and the rainfall simulation. The addition of adjuvant improved the rainfastness of fluxapyroxad and the phosphite did not have the same effect.The systemicity on soybeans was high for the epoxiconazole, intermediate for fluxapyroxad and low for pyraclostrobin. In vine, pyraclostrobin was more absorbed, followed by epoxiconazole and fluxapyroxad. The fungicides epoxiconazole and fluxapyroxad translocated mainly acropetally and pyraclostrobin did not show translocation to long distances. The addition of adjuvant to fluxapyroxad has promoted greater and more rapid uptake and translocation on soybean plants, while potassium phosphite had antagonistic effect, which resulted in 53% reduction in uptake. There was no difference in the absorption and translocation of fluxapyroxad in old and new vine leaves. Nevertheless, the redistribution was higher in young leaves. The fluxapyroxad proved to be a fungicide with protective and curative potential. Protective because large amount of product (>65%) remains outside of the soy and vine leaves up to 72 HAA and curative because it showed an increased absorption over the time, which means that there is a continuous release of the product into the leaves. The soybean leaflets absorbed more the three fungicides than the vine leaves. The translocation to long distances in both crops were low (<1%) for all evaluated fungicides. The translocation of epoxiconazole and fluxapyroxad increases with the course of time on soybean plants and not in nursery trees of vine and the pyraclostrobin has limited and constant translocation in both crops. In nutshell, as bigger and faster the absorption of fungicides smaller are the losses resulting from the weather and most effective will be the products.

Keywords: Fungicides; Systemicity; Tenacity; Rust

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Plantas de soja em estádio R2 (pleno florescimento) antes da aplicação dos fungicidas (A) e no momento da aplicação dos fungicidas com equipamento de CO_2 (B)..... 66
Figura 2 - Detalhes da câmara utilizada para simulação de chuva..... 67
Figura 3 - Escala diagramática da ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*)..... 68
Figura 4 - Aplicação dos produtos radiomarcados com micro aplicador. Detalhe das gotas formadas sobre os folíolos de soja após a aplicação..... 71
Figura 5 - Ilustração das partes da planta de soja utilizadas para a determinação da radioatividade presente no interior, através de cintilação líquida e radio imagem..... 73
Figura 6 - Severidade da ferrugem da soja, aos 35 dias, após o aparecimento dos primeiros sintomas da doença..... 78
Figura 7 - Área abaixo da curva de progresso da ferrugem da soja (AACPD), após a aplicação dos diferentes tratamentos, sob condições de chuva simulada em diferentes períodos de tempo. * Barras da mesma cor não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p<0,05). 78
Figura 8 - Eficiência de controle da ferrugem da soja com os tratamentos epoxiconazol + piraclostrobina + adjuvante; fluxapiroxade + piraclostrobina e fluxapiroxade + piraclostrobina + adjuvante, em plantas de soja submetidas à simulação de chuva, em intervalos de 0, 30, 60, 120 e 240 minutos após a aplicação e sem chuva (s/c)..... 79
Figura 9 - Severidade da ferrugem da soja aos 24 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos com fluxapiroxade, fluxapiroxade + adjuvante e fluxapiroxade + fosfito de potássio, em plantas de soja submetidas à simulação de chuva, em intervalos de 1, 3, 9, 24, 48 e 72 horas e sem chuva (s/c)..... 82

Figura 10 - Área abaixo da curva de progresso da ferrugem da soja (AACPD), após a aplicação dos tratamentos com fluxapiroxade, fluxapiroxade + adjuvante e fluxapiroxade + fosfito de potássio, em plantas de soja submetidas a simulação de chuva, em intervalos de 1, 3, 9, 24, 48 e 72 horas e sem chuva (s/c)..... 82
Figura 11 - Representação em box plot e regressão do total das radiações absorvida (A e B), não absorvida (C e D) e translocada (E e F) para o fungicida epoxiconazol as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação em plantas de soja..... 87
Figura 12 - Representação em box plot e regressão do total das radiações absorvida (A e B) e não absorvida (C e D) para o fungicida piraclostrobina as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação em plantas de soja..... 88
Figura 13 - Representação em box plot e regressão do total das radiações absorvida (A e B), não absorvida (C e D) e translocada (E e F) para o fungicida fluxapiroxade as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação em plantas de soja..... 90
Figura 14 - Radioimagem de folíolos de soja as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação de ^{14}C-epoxiconazol..... 94
Figura 15 - Radioimagem de folíolos de soja as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação de ^{14}C-piraclostrobina..... 94
Figura 16 - Radioimagem de folíolos de soja as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação de ^{14}C-fluxapiroxade..... 94
Figura 17 - Radioimagem de planta de soja tratada com ^{14}C-fluxapiroxade aos 1, 3, 7 e 14 dias após a aplicação..... 95
Figura 18 - Representação em box plot e regressão do total das radiações absorvida (A e B), não absorvida (C e D) e translocada (E e F) para o fungicida fluxapiroxade em associação ao adjuvante (óleo mineral - Assist) as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação em plantas de soja..... 99

Figura 19 - Representação em box plot e regressão do total das radiações absorvida (A e B) e translocada (C e D) para o fungicida fluxapiroxade em associação ao fosfito de potássio (Phytogard K) as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação em plantas de soja..... 100
Figura 20 - Radioimagem de folíolos de soja as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação de ^{14}C-fluxapiroxade..... 103
Figura 21 - Radioimagem de folíolos de soja as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação de ^{14}C-fluxapiroxade com o adjuvante Assist... 103
Figura 22 - Radioimagem de folíolos de soja as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação de ^{14}C-fluxapiroxade com o fosfito de potássio (Phytogard K)..... 103
Figura 23 - Escala diagramática da ferrugem da uva (*Phakopsora euvitis*)... 117
Figura 24 - Aplicação dos produtos radiomarcados em folhas de videira com micro aplicador..... 119
Figura 25 - Ilustração de ramo de uva mostrando as partes utilizadas para a determinação da radioatividade presente no interior, através de cintilação líquida e radioimagem..... 120
Figura 26 - Ilustração de ramo de uva mostrando as folhas utilizadas (A – folha velha e B – folha nova) para a aplicação do fungicida Fluxapiroxade para determinação da radioatividade presente no interior, através de cintilação líquida e radioimagem..... 122
Figura 27 - Área abaixo da curva de progresso da ferrugem da videira (AACPD), após a aplicação dos tratamentos com fluxapiroxade e piraclostrobina, sob chuva simulada à intervalos de 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação, e sem chuva (s/c)..... 123
Figura 28 - Representação em box plot e regressão do total das radiações absorvida (A e B), não absorvida (C e D) e translocada (E e F) para o fungicida epoxiconazol as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação em mudas de videira..... 126

Figura 29 - Representação em box plot e regressão do total das radiações absorvida (A e B), não absorvida (C e D) e translocada (E e F) para o fungicida piraclostrobina as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação em mudas de videira..... 127
Figura 30 - Representação em box plot e regressão do total das radiações absorvida (A e B) e não absorvida (C e D) para o fungicida fluxapiroxade as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação em mudas de videira..... 128
Figura 31 - Radioimagem de folhas de videira as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação de ^{14}C-epoxiconazol..... 130
Figura 32 - Radioimagem de folhas de videira as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação de ^{14}C-piraclostrobina..... 130
Figura 33 - Radioimagem de folhas de videira as 3, 9, 24, 48 e 72 horas 130
após a aplicação de ^{14}C-fluxapiroxade..... 130
Figura 34 - Representação em box plot e regressão do total das radiações absorvida (A e B) e não absorvida (C e D) para o fungicida fluxapiroxade as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação em folha nova de muda de videira..... 132
Figura 35 - Radioimagem de folhas novas de videira as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação de ^{14}C-fluxapiroxade..... 134
Figura 36 - Radioimagem de folhas velhas de videira as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação de ^{14}C-fluxapiroxade..... 134

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Severidade (%) e área abaixo da curva de progresso da ferrugem da soja após a aplicação dos fungicidas e simulação de chuva em diferentes períodos de tempo..... 76

Tabela 2 - Severidade (%) da ferrugem da soja aos 10, 17 e 24 dias após a aplicação (daa) dos tratamentos fungicidas, área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e número médio de urédias.cm^{-2} aos 24daa, após a simulação de chuva em diferentes intervalos de tempo..... 81

Tabela 3 - Balanço de massa (%) entre o que foi não absorvido, absorvido e translocado as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação dos fungicidas epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade em plantas de soja..... 85

Tabela 4 - Distribuição da radioatividade absorvida (%) por diferentes partes da planta de soja, as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação dos fungicidas epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade..... 92

Tabela 5 - Balanço de massa (%) entre o que foi não absorvido, absorvido e translocado as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação dos tratamentos fluxapiroxade, fluxapiroxade + adjuvante (Assist) e fluxapiroxade + fosfito de potássio (Phytogard K) em plantas de soja..... 97

Tabela 6 - Distribuição da radioatividade absorvida (%) por diferentes partes da planta de soja, as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação dos tratamentos fluxapiroxade, fluxapiroxade/adjuvante (Assist) e fluxapiroxade/fosfito de potássio (Phytogard K)..... 102

Tabela 7 - Balanço de massa (%) entre o que foi absorvido, não absorvido e translocado as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação dos tratamentos fluxapiroxade, fluxapiroxade/adjuvante, fluxapiroxade/fosfito de potássio, piraclostrobina e epoxiconazol em plantas de soja..... 104

Figura 8 - Severidade e área abaixo da curva de progresso da ferrugem, após a aplicação de fluxapiroxade e piraclostrobina em mudas de videira, submetidas à chuva simulada, em intervalos de 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação e sem chuva (s/c)..... 123

Tabela 9 - Balanço de massa (%) entre o que foi não absorvido, absorvido e translocado as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação dos fungicidas epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade em mudas de videira..... 125

Tabela 10 - Distribuição da radioatividade absorvida (%) por diferentes partes da muda de videira, as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação dos fungicidas epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade..... 129

Tabela 11 - Balanço de massa (%) entre o que foi não absorvido, absorvido e translocado as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação do fungicida fluxapiroxade em folha velha e nova de videira..... 132

Tabela 12 - Distribuição da radioatividade absorvida (%) por diferentes partes da muda de videira, as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação do fungicida fluxapiroxade em folha velha e nova de videira..... 133

Tabela 13 - Balanço de massa (%) entre o que foi absorvido, não absorvido e translocado as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação dos tratamentos epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade em mudas de videira..... 135

Tabela 14 - Balanço de massa (%) entre o que foi não absorvido, absorvido e translocado as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação dos fungicidas epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade em plantas de soja e videira..... 141

1 INTRODUÇÃO

Na agricultura intensiva que se pratica nos dias atuais, com o uso de variedades de alto potencial produtivo e intensa utilização de insumos, é preciso mitigar as perdas ocasionadas por fatores de ordem biótica e abiótica. Manter as doenças abaixo do limiar de dano econômico torna-se obrigatório para a sustentabilidade da agricultura moderna.

Uma das formas de realizar o controle de doenças de plantas é com a adoção do manejo integrado de doenças (MID). O manejo integrado é definido como a escolha e o uso inteligente de medidas de controle que produzirão consequências favoráveis do ponto de vista econômico, ecológico e sociológico (LUCKMANN; METCALF, 1994). O principal objetivo do MID é evitar a utilização única e excessiva de determinada tática de controle que conduzirá, inevitavelmente, a falhas de controle no futuro por problemas decorrentes da perda de sensibilidade dos fungos aos fungicidas ou pela “quebra” da resistência varietal.

Como medidas utilizadas para mitigar os danos causados pelas doenças de plantas têm-se: o controle genético, cultural, físico, biológico e químico (BEDENDO; MASSOLA; AMORIM, 2011). Apesar das várias alternativas de controle, o uso de fungicidas continua sendo imprescindível em inúmeros patossistemas agrícolas. O controle químico de doenças de plantas é talvez uma das medidas mais empregadas na agricultura, pelo fato de prevenir infecções de patógenos que podem se instalar na cultura e ou erradicar infecções já instaladas nos tecidos da planta hospedeira (ZAMBOLIM; VENÂNCIO; OLIVEIRA, 2007).

O uso de defensivos químicos não é uma heresia ecológica. Quando usados dentro da abordagem do manejo integrado de pragas e doenças, esses produtos são ferramentas confiáveis e valiosas, indispensáveis para aqueles países que almejam chegar a uma sociedade moderna, com abundância de alimentos. A exploração comercial de culturas como as uvas finas, morango, maçã, tomate e batata, por exemplo, seria impossível sem o emprego de fungicidas em locais ou épocas sujeitas à incidência de doenças (KIMATI, 2011).

Os fungicidas são compostos amplamente utilizados em várias culturas de importância econômica e movimentam um mercado de aproximadamente 13,0 bilhões de dólares por ano. Para o desenvolvimento de uma nova molécula fungicida é necessário um período de mais ou menos 8 a 10 anos e um gasto de

aproximadamente 250 milhões de dólares (PHILLIPS McDOUGALL, 2014). É um mercado muito dinâmico, com um arsenal de produtos químicos em constante renovação: alguns produtos caem em desuso, por serem ineficientes ou por limitações toxicológicas; outros, mais eficientes e com menos restrições de uso, são continuamente lançados (KIMATI, 2011).

A introdução de alguns grupos químicos revolucionou o controle de doenças de plantas. Os benzimidazóis, por exemplo, foram os primeiros fungicidas sistêmicos para aplicação foliar, o que permitiu ao agricultor, pela primeira vez, efetuar um controle curativo ou quimioterápico. Os triazóis, introduzidos na década de 1970, junto com as estrobilurinas, introduzidas na década de 1990, são responsáveis pelo controle da maioria dos patógenos de plantas atualmente. Recentemente (2013) foram lançadas no mercado a “terceira geração” de ingredientes ativos pertencentes as carboxamidas que prometem revolucionar o controle de doenças de plantas nos próximos anos.

Os fungicidas podem ser classificados de acordo com sua mobilidade na planta. Fungicidas capazes de penetrar a planta e translocar-se através de seu sistema vascular são denominados fungicidas sistêmicos ou móveis, enquanto aqueles que permanecem na superfície em que foram depositados, sem serem absorvidos nem translocados, são denominados fungicidas tópicos ou imóveis (KIMATI, 2011). Há ainda aqueles que apresentam movimentação limitada, sem envolvimento do sistema vascular, que são os translaminares, capazes de penetrar o limbo foliar a agir na face oposta à da aplicação, e os mesostêmicos, que se redistribuem na superfície foliar, por afinidade com a cera e também têm ação em profundidade, agindo no mesófilo foliar, pela ação de sua fase de vapor (REIS; FORCELLINI; REIS, 2007).

Produtos sistêmicos necessitam de um período de tempo entre a pulverização e a ocorrência de chuvas para serem absorvidos e translocados através dos tecidos das folhas em quantidade suficiente para o controle das doenças (SANTOS et al., 2002). Quanto menor for esse período de tempo, menores serão as chances de absorção destes produtos (HANCE; HOLLY, 1990). Assim, a ocorrência de chuva após a aplicação influencia consideravelmente a eficiência dos fungicidas.

A elucidação da dinâmica das interações entre o produto e a planta tem grande importância prática, pois servirá de base para a orientação do uso correto e seguro dos agroquímicos. Técnicas que utilizam compostos radiomarcados (^{14}C),

têm contribuído na elucidação do movimento destes compostos no interior das plantas. Entretanto, as informações que versam sobre este tema ainda são escassas na literatura.

Considerando que o uso de fungicidas é ainda a forma de manejo mais eficaz no controle de várias doenças, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a tenacidade (persistência) e sistemicidade dos fungicidas fluxapiroxade (carboxamida), piraclostrobina (estrobilurina) e epoxiconazol (triazol) em plantas de soja e videira.

Referências

BEDENDO, I.P.; MASSOLA Jr., N.S.; AMORIM, L. Controles Cultural, Físico e Biológico de Doenças de Plantas. In: AMORIN, L., REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A. (Ed.). **Manual de fitopatologia**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2011. v. 1, p. 367-388.

HANCE, R.J.; HOLLY, K. **Weed control handbook**: principles. BCPC Blackwell Scientific Publication, London, 8. ed. 1990, 582 p.

KIMATI, H. Controle Químico. In: AMORIN, L., REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A. (Ed.). **Manual de fitopatologia**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2011. v. 1, p. 343-365.

LUCKMANN, W.H.; METCALF, R.L. The pest management concept. In: METCALF, R.L.; LUCKMANN, W.H. (Ed.). **Introduction to insect pest management**. New York. Wiley. 1994. p.1-34.

PHILLIPS McDOUGALL. Disponível em: <https://www.phillipsmcdougall.com/home.asp>. Acesso em: 29 nov. 2014.

REIS, E.M.; FORCELINI, C.A.; REIS, A.C. **Manual de fungicidas:** guia para o controle químico de doenças de plantas. 5.ed. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2007. 153 p

SANTOS, J.M.F.; OLIVEIRA, S.H.F.; DOMINGUES, R.J.; GUZZO, S.D. **Avaliação da eficácia de fungicidas sistêmicos no controle da ferrugem *(Hemileia vastatrix* L.*)* do cafeeiro, sob chuva simulada.**Arq. Inst. Biol., São Paulo, 69(1): 45-49, 2002.

ZAMBOLIM, L.; VENÂNCIO, W.S.; OLIVEIRA, S.H.F. **Manejo da resistência de fungos a fungicidas**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2007. 169 p.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Controle químico

Até o início do século XIX, era relativamente fácil elevar a produção de alimentos com a incorporação de terras abundantes em todo o mundo. A partir do século XX, o atendimento ao crescimento da demanda global de alimentos necessitou principalmente do aumento de produtividade por meio de diversos mecanismos, incluindo o combate a pragas com uso de defensivos agrícolas (JAMES, 2011).

O uso de defensivos agrícolas é, em muitos casos, a única medida eficiente e economicamente viável de garantir as altas produtividade e qualidade de produção (KIMATI, 2011) já que é capaz de prevenir infecções de patógenos que podem se instalar na cultura e/ou erradicar infecções do (s) patógeno (s) no interior da planta (ZAMBOLIM; VENÂNCIO; OLIVEIRA, 2007).

O controle químico é realizado pelo uso de diferentes tipos de produtos sendo os fungicidas o grupo de maior importância (KIMATI, 2011). A facilidade de aplicação e os resultados imediatos obtidos os tornaram amplamente difundidos em diversas culturas.

O uso de agroquímicos é bastante praticado no Brasil e envolve interesses econômicos da ordem de bilhões de dólares (KIMATI, 2011). O mercado de defensivos agrícolas no país totalizou US$12,249 bilhões em 2014, contra US$11,454 bilhões em 2013, representando aumento de 6,9% em 12 meses. As vendas em valor cresceram 12,2% para os fungicidas, 7,4% nos inseticidas e 4,4% em herbicidas (INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA, 2015)

Em 2014 foi transacionada no Brasil quantidade recorde de 914.220 toneladas de defensivos agrícolas. Esse bom desempenho comercial pode ser explicado, principalmente, pela safra recorde de soja e pela necessidade de combate às pragas e às doenças incidentes nas lavouras, com destaque para a ferrugem asiática. Neste contexto, a soja foi a principal consumidora de defensivos no Brasil, sendo responsável por 55,6% (US$ 6,80 bilhões) do valor total das vendas (INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA, 2015).

As perdas em grãos de soja decorrentes da incidência de ferrugem asiática foram reduzidas nos últimos anos devido ao eficiente controle realizado com os

fungicidas. Atualmente, ao redor de 90 fungicidas possuem registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para o controle dessa doença (EMBRAPA, 2012). Quando uma doença como a ferrugem da soja já está ocorrendo, o uso de fungicidas é, até o momento, o principal método de controle (SOARES et al., 2004).

A exploração comercial de culturas como as de uvas finas, morango, maçã, tomate e batata seria impossível sem o emprego de fungicidas em locais ou épocas sujeitas à incidência de doenças (KIMATI, 2011).

Nas safras principal e temporã de 2012 e 2013 da uva ‘Niágara rosada’ no Escritório Desenvolvimento Rural de Campinas, foram realizadas 37 pulverizações de defensivos agrícolas, das quais 22 ocorreram durante a safra temporã. Neste período de brotações e presença de folhas novas foi observada uma maior frequência de chuvas, o que favoreceu a presença de míldio (*Plasmopara viticola*) (CAPELLO, 2014). Segundo o autor, entre os defensivos utilizados nas pulverizações, 33 continham fungicidas.

O controle químico pode ser considerado estratégia essencial também no manejo da cultura de arroz irrigado, para a maximização do ganho no rendimento. A aplicação de fungicidas na parte aérea de plantas de arroz tem se mostrado uma medida eficaz para controle de doenças, como observado por Ottoni et al (2000), que obtiveram controle eficiente de mancha-parda pela aplicação de fungicidas na cultivar Maravilha.

O uso de defensivos agrícolas proporcionou redução significativa na severidade das doenças em cultivares de arroz com reflexo no rendimento de grãos. Portanto, a aceitação dessa prática pelos produtores deve-se à maior estabilidade na produção, aumento da qualidade de grãos e ao consistente retorno econômico (CELMER et al., 2007).

Na cultura do café, a aplicação de fungicidas sistêmicos pode causar um efeito secundário conhecido como "efeito tônico", de caráter hormonal, que influencia nos processos fisiológicos nas plantas (VENÂNCIO et al.,2003) podendo gerar ganhos de produtividade a curto prazo. Todavia, a utilização indiscriminada de fungicidas e para fins que não o controle de doenças em médio e/ou longo prazo, pode influenciar negativamente a vida útil das lavouras cafeeiras acarretando baixas produtividades e insustentabilidade da cultura (MARTINS et al., 2012).

Na cultura do tomateiro alguns fungicidas, como o grupo das estrobilurinas (KÖEHLE et al., 2002), são capazes de ativar mecanismos bioquímicos da planta que incrementam a resistência aos patógenos (VENÂNCIO et al., 2003) podendo ser uma possibilidade de uso no controle da mancha bacteriana.

O emprego de fungicidas tem proporcionado melhoria no desenvolvimento das plantas de milho e aumento de rendimentos em condição de safrinha, conforme verificado por Gonçalves et al. (2012). Segundo os autores, para todos os híbridos testados, as aplicações de fungicida nos estádios de pendoamento e florescimento proporcionaram redução na incidência de grãos ardidos e de acamamento.

Os resultados obtidos por Goulart (2007) demonstraram claramente que não se deve dispensar o tratamento das sementes de algodoeiro com fungicidas para o controle do tombamento de pós-emergência causado pelo fungo *Rhizoctonia solani.*

Diante do exposto, na ausência de cultivares resistentes/tolerantes à doença, o controle químico é, ainda, a melhor alternativa além de gerar um significativo ganho de produtividade quando comparado a lavouras sem o uso da tecnologia (MARTINS et al., 2012).

Portanto, a necessidade de redução da desnutrição, especialmente nos países em desenvolvimento, prosseguirá oferecendo oportunidades à indústria de defensivos, que continuará sendo a mais importante ferramenta para a proteção dos cultivos, já que há poucas alternativas mais efetivas no controle das pragas agrícolas (SILVA; COSTA, 2012).

2.2 Evolução dos fungicidas

A história do surgimento dos fungicidas é dividida em cinco fases baseada na predominância de um grupo químico sobre outro (AZEVEDO, 2007).

A primeira fase foi iniciada em 1000 a.C com a fase do enxofre até a descoberta acidental em 1882, na França, do valor fungicida da calda bordalesa (AZEVEDO, 2007). A calda bordalesa é resultante da neutralização de sulfato de cobre com excesso de hidróxido de cálcio que, quando aspergida sobre vinhedos, além de evitar coleta furtiva, pelo aspecto azulado conferido a folhagem, era ativa contra o míldio (*Plasmopara viticola*). Sua descoberta foi o marco histórico decisivo para o início do controle químico de doenças de plantas (KIMATI, 2011). A segunda fase composta por produtos à base de cobre estendeu-se até 1934 com a

descoberta da fungitoxicidade dos ditiocarbamatos, quando se inicia a terceira fase (fase dos fungicidas orgânicos) (ZAMBOLIN, 1999). Foi na terceira fase que surgiram os principais grupos de fungicidas protetores de contato, ainda muito utilizados no controle de doenças de plantas (AZEVEDO, 2007).

Após a Segunda Grande Guerra iniciou-se o desenvolvimento de fungicidas que penetrassem nas plantas, erradicando o patógeno após a infecção ou protegendo partes da planta que não entram em contato direto com o fungicida. Assim, em 1966, surgiram os primeiros fungicidas com propriedades sistêmicas marcando o início da quarta fase (AZEVEDO, 2007).

A década de 1970 é considerada a era dos fungicidas sistêmicos, e a década de 1980, foi dominada pelo aparecimento de fungicidas sistêmicos, análogos aos já existentes no mercado, especialmente os triazóis. A década de 1990 é caracterizada pela introdução de novos grupos químicos, alguns de origem natural, como as estrobilurinas, a quinta fase. Outra característica dessa fase é o desenvolvimento dos produtos indutores ou ativadores de resistência das plantas e a presença de produtos com propriedades e características mesostêmicas, de alta afinidade com as camadas cerosas das plantas (AZEVEDO, 2007).

A primeira e a segunda fases são consideradas como a primeira geração de fungicidas, caracterizada pelo uso intensivo de fungicidas inorgânicos à base de enxofre e cobre. A descoberta dos fungicidas de origem orgânica é a fase considerada como a segunda geração de fungicidas. A terceira geração de fungicidas é caracterizada pelo surgimento de grande quantidade de produtos com propriedades sistêmicas (ZAMBOLIN, 1999; AZEVEDO, 2007). O desenvolvimento dos fungicidas encontram-se na quarta geração de produtos, o que equivale a quinta fase da evolução dos fungicidas.

2.3 Características desejáveis dos fungicidas

A fungitoxicidade e a especificidade são as características mais importantes de um fungicida (AZEVEDO, 2007) e são caracterizadas pela ação do produto contra determinado fungo, ou um número restrito desses fitopatógenos (GARCIA, 1999).

A fungitoxicidade de fungicidas é uma propriedade inerente a uma substância química e se caracteriza pela toxicidade aos fungos em baixas concentrações (REIS; REIS; CARMONA, 2010). Parâmetros como CE_{50} (concentração efetiva ou eficaz,

que promove a inibição de 50% do desenvolvimento dos microrganismos), DE_{50} (dose efetiva), DL_{50} (dose letal), CL_{50} (concentração letal), CI_{50} (concentração inibitória) ou CMI (concentração mínima inibitória) podem definir a fungitoxicidade de uma substância química (EDGINGTON; KHEW; BARRON, 1971; BLUM, 2009). A CI_{50} é específica para uma determinada substância química (BLUM, 2009). De acordo com os critérios propostos por Edgington, Khew e Barron (1971), compostos químicos que apresentam CI_{50} menor que 1 ppm são considerados altamente fungitóxicos, com CI_{50} entre 1 e 50 ppm moderamente fungitóxicos e com CI_{50} maior que 50 ppm não fungitóxicos. Porém, segundo Bampi et al. (2013) esse critério vem sendo questionado, pois a diferença entre 1 e 50 ppm é muito elevada para se enquadrarem um único padrão.

De forma geral, os fungicidas sistêmicos são mais fungitóxicos que os protetores e dentre os fungicidas sistêmicos existem grandes diferenças de fungitoxicidade, sendo os triazóis, as estrobilurinas e as fenilamidas considerados como alguns dos mais fungitóxicos (AZEVEDO, 2007).

No entanto, um fungicida não precisa inibir completamente o crescimento do fungo, podendo apenas inibir o crescimento micelial ou a esporulação, sendo denominados de substâncias fungistáticas e antiesporulantes, respectivamente (REIS; REIS; CARMONA, 2010). A atividade antiesporulante baseia-se na capacidade do fungicida em limitar a reprodução ou inviabilizar as estruturas reprodutivas do patógeno (BAIN, 2009; REIS; REIS; CARMONA, 2010).

A especificidade é outra característica de grande importância para que os fungicidas apresentem alta eficiência no controle das doenças (GARCIA, 1999) e, por testes de fungitoxicidade, pode-se determinar o espectro de ação de um composto (AZEVEDO, 2007). Alguns fungicidas atuam controlando uma ampla gama de doenças fúngicas e são denominados de fungicidas com modo de ação não específico (RODRIGUES et al., 2007; ZAMBOLIM; VENÂNCIO; OLIVEIRA, 2007). Por interferirem em diversos processos metabólicos vitais do fungo, esses produtos apresentam baixo risco de resistência pelo patógeno (KENDALL et al., 1994; WHEELER et al., 1995). Por outro lado, outros produtos apresentam espectro limitado de atividade contra um ou dois grupos específicos de fitopatógenos, e são conhecidos como fungicidas com modo de ação específico (RODRIGUES et al., 2007; ZAMBOLIM; VENÂNCIO; OLIVEIRA, 2007). Esses produtos atuam num ponto definido (sítio) do interior e/ou do ciclo do patógeno, na síntese de proteínas, mitose,

na cadeia de transporte de elétron, etc. (GARCIA, 1999). Os benzimidazóis, por exemplo, afetam especificamente a divisão celular, pois apresentam atividade seletiva para a tubulina de fungos, e ligam-se a essa proteína, impedindo que ocorra a polimerização dos microtúbulos formadores do fuso mitótico. Em geral, os fungicidas de ação sistêmica apresentam maior especificidade (KENDALL et al., 1994; WHEELER et al., 1995).

Ainda como características importantes de um fungicida destaca-se a inocuidade ao homem, animais, plantas, microrganismos benéficos e ao meio ambiente. É importante salientar que alguns produtos não são biodegradáveis (mercuriais) e outros se decompõem somente em longo prazo, sendo considerados poluidores do meio ambiente. O fungicida não deve ser decomposto por hidrólise, reações fotoquímicas, volatilização ou sublimação e, principalmente, não deve ser lavado pela água da chuva ou irrigação por aspersão, caracterizando a propriedade de tenacidade ou resistência atribuída ao produto (GARCIA, 1999).

O produto deve aderir à superfície da folhagem e cobri-la para uma perfeita proteção – característica denominada de cobertura e aderência (ZAMBOLIM, 1999). Estas duas características dependem das propriedades do fungicida, da sua formulação, da superfície da planta (presença ou ausência de tricomas) e do equipamento de pulverização utilizado (GARCIA, 1999).

Ao efetuar a aplicação de defensivos agrícolas, a finalidade é obter uma distribuição uniforme dos produtos em toda a área a ser tratada (CHRISTOFOLETTI, 1997). Entretanto, por mais perfeita que seja realizada a pulverização espaços das plantas ainda permanecem descobertos e sem proteção. A redistribuição do fungicida pela água da chuva ou irrigação aumentará muito a área coberta com o produto e, por consequência, aumentará a proteção da planta contra o ataque dos fitopatógenos (GARCIA, 1999).

Outras características desejáveis ao fungicida são a capacidade de permanecer ativo por longo tempo, mantendo suas características e ação tóxica (estabilidade) e apresentar propriedades não corrosivas (GARCIA, 1999), o que evita danos aos equipamentos de aplicação.

Por fim, o fungicida deve demonstrar compatibilidade com outros fungicidas, inseticidas ou herbicidas, para maior economia nas aplicações, além de apresentar baixo custo ou custo que compense sua aplicação - economicidade (ZAMBOLIM, 1999).

Portanto, as características desejáveis aos fungicidas incluem fungitoxicidade, especificidade, “fungistase” e ação antiesporulante. Devem ser eficientes em relação ao controle do patógeno considerado, adequado ao meio ambiente e inócuo ao ser humano, animais e plantas. Ainda, devem apresentar características de solubilidade, distribuição, tenacidade, aderência, cobertura e compatibilidade com outros produtos químicos, estabilidade e economicidade; além de não corrosivo (GARCIA, 1999).

2.4 Estrobilurinas

As estrobilurinas constituem-se em uma das principais classes de fungicidas agrícolas e sua descoberta foi inspirada por um grupo de fungicidas naturais derivados do ácido β- metoxiacrílico, como a estrobilurina A, oudemansina A e mixotiazol A (BARTLETT et al., 2002). A descoberta abriu a porta para a nova química de fungicidas sintéticos. Aplicando o modelo quantitativo QSAR (Relações Quantitativas entre Estrutura e Atividade) na estrutura das estrobilurinas naturais, indústrias de agroquímicos foram capazes de descobrir análogos sintéticos mais eficazes e estáveis (BALBA, 2007).

As estrobilurinas, também conhecidas como fungicidas metoxiacrilates (MOA) ou QoI (inibidor externo da quinona), controlam um amplo espectro de doenças incluindo aquelas causadas por Oomicetos, Ascomicetos, Basidiomicetos e seus anamorfos (DELLEN; TOSUN, 2004).

A motilidade de zoósporos também é extremamente sensível às estrobilurinas, que pode ser explicado pelo modo de ação do produto. O potente efeito na germinação de esporos e na motilidade dos zoósporos explicam os altos níveis de atividade preventiva das estrobilurinas (BARLETT et al., 2002).

As estrobilurinas atuam na respiração celular do fungo ligando-se ao sítio Qo bloqueando a transferência de elétrons entre o citocromo b e o citocromo c1 (BARLETT et al., 2002), pela inibição do óxido redutase de ubihidroquinona-citocromo c (GHINI; KIMATI, 2002). Como consequência, ocorre a interrupção do ciclo energético no interior do patógeno reduzindo a síntese de ATP (BARLETT et al., 2002).

Além da ação fungicida, as estrobilurinas inibem o transporte de elétrons também em células vegetais e diminuem a respiração de manutenção, promovendo uma acidificação do citoplasma. A acidificação do citosol promove um aumento

significativo na atividade da enzima nitrato redutase (GLABB; KAISER, 1999; TÖFOLI et al., 2013), contribuindo, também, para o aumento dos níveis de clorofila e para a redução da produção de etileno (TÖFOLI et al., 2013), responsável pela senescência foliar.

Os níveis de auxina são alterados pela ação das estrobilurinas, pois ocorre aumento na produção de ácido indolacético (IAA), o que estimula o alongamento e divisão celular, o desenvolvimento inicial das raízes, atrasa a senescência das folhas e o amadurecimento dos frutos (KÖEHLE et al.; 1994). As estrobilurinas influenciam o status hormonal da planta por apresentarem uma atividade biorregulatória parecida com a da auxina. O fungicida estimula o enraizamento em tabaco, a germinação de sementes de trigo e inibe a síntese do etileno reduzindo a atividade da aminociclopropanocarboxílico sintase (ACC-sintase), atrasando a senescência e ajudando a controlar os níveis de estresse (GROSSMANN; RETZLAFF; 1997), assegurando maior qualidade e rendimento das colheitas.

Uma alteração metabólica importante para as plantas em condições de estresse é o aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) (FOYER; NOCTOR, 2005). Entretanto, segundo Blum et al., (2011), já foi demonstrado que a aplicação de estrobilurinas levaram ao aumento acentuado das enzimas antioxidantes e melhoria na eliminação de espécies reativas de oxigênio potencialmente prejudiciais.

Os agroquímicos modernos contendo compostos antioxidantes como as estrobilurinas, estão ganhando destaque também como possíveis protetores de ozônio (O_3), considerado um dos gases poluentes mais tóxicos para as plantas, e que contribuem para as perdas na produção (BLUM et al., 2011).

As estrobilurinas também apresentam considerável tenacidade e perfil toxicológico favorável (TÖFOLI, 2004) e são absorvidas pelas folhas de forma gradual e constante, conferindo uma proteção na superfície por tempo mais prolongado (VENÂNCIO et al., 1999). Possuem mobilidade diferenciada na planta, podendo ser mesostêmicas ou translaminares (TÖFOLI et al., 2013).

A utilização de compostos à base de piraclostrobina (estrobilurina) tem promovido aumento de produtividade da soja (FAGAN, 2007). Estudos demostraram que o uso de estrobilurinas propiciou aumento da produtividade, mesmo em locais onde não houve incidência da ferrugem asiática da soja (GROSSMAN; RETZLAFF, 1997).

As respostas no rendimento são atribuídas, além do patógeno alvo, ao efeito cumulativo do gerenciamento de vários patógenos secundários e do efeito direto no metabolismo da planta tais como alterações na eficiência fotossintética e na taxa de transpiração (AMERICAN PHYTOPATHOLOGICAL SOCIETY, 2009). Entretanto, alguns estudos com o intuito de confirmar se fungicidas devem ser aplicados na ausência de doenças foram controversos (AMERICAN PHYTOPATHOLOGICAL SOCIETY, 2009; WEISZ et al.; 2011).

2.5 Triazóis

Os triazóis constituem-se no maior e mais importante grupo de compostos já desenvolvidos para o controle de doenças fúngicas de plantas e animais, exibindo vários graus de sistemicidade e, frequentemente, altíssima potência anti-fúngica. Controla um amplo espectro de doenças causadas por ascomicetos, basidiomicetos e fungos anamórficos, não tendo atuação sobre oomicetos como Pythium e Phytophthora, que não sintetizam esteróis (KIMATI, 2011).

Os inibidores da desmetilação (DMI) onde estão contidos os fungicidas triazóis, foram lançados comercialmente no final da década de 1960 e, na década de 1980, foram introduzidos novos compostos análogos aos DMIs já existentes (AZEVEDO, 2007).

Os triazóis são utilizados no controle de doenças do Grupo I (podridões em órgãos de reserva), Grupo II (danos em plântulas), Grupo III (podridão de raízes), Grupo V (ferrugem, oídio; manchas foliares) e do Grupo VI (carvões) (RODRIGUES, 2006). São fungicidas orgânicos de origem sintética e formados a partir da adição de diferentes radicais químicos a uma molécula de 1,2,4-triazol (FORCELLINI, 1994).

A maioria dos fungicidas do grupo tem ação sistêmica acropetal, inibindo a enzima C14-demethylase, responsável pela produção de esteróis. Esteróis, especificamente o ergosterol, são responsáveis por manter a estrutura e a função da membrana plasmática de forma muito semelhante ao papel desempenhado pelo colesterol nas células animais (MUELLER, 2006; GOLAN, 2009). A deficiência do esterol e o acúmulo de compostos intermediários induzem a formação de membranas alternativas e a desorganização celular (FORCELLINI; GOELLNER; MAY-DE-MIO, 2001).

Os triazóis promovem o controle de patógenos fúngicos em fases mais avançadas do seu ciclo, como a colonização (crescimento micelial) e a pré-esporulação (fase anterior à formação dos esporos), enquanto as estrobilurinas são mais efetivas nas fases iniciais do ciclo de vida dos fungos, ou seja, na germinação dos esporos e nos processos inicias de infecção (AGEITEC, 2015).

Uma grande vantagem do grupo de fungicidas inibidores de esteróis é a dificuldade de os patógenos sensíveis tornarem-se resistentes, sem serem afetados em sua adaptabilidade (KIMATI, 2011).

Estas moléculas apresentam efeito fungitóxico elevado, rápida penetração e translocação nos tecidos vegetais, o que evita perda por lixiviação. Os triazóis possuem também, efeito residual prolongado (FORCELINI, 1994) e eficiência em doses relativamente baixas. Entre os princípios ativos potenciais desse grupo destacam-se: ciproconazol, tebuconazol, difenoconazol, epoxiconazol, metconazol, flutriafol e miclobutanil (TÖFOLI et al., 2013). Alguns representantes do grupo atuam, ainda, protegendo as plantas dos danos causados pelo frio, calor, seca e SO_2 (MOURA, 2013).

2.6 Carboxamidas

Após a Segunda Guerra Mundial, iniciou-se o desenvolvimento de produtos que penetrassem na planta, erradicando patógenos após a infecção ou protegendo partes da planta que não entram em contato direto com o fungicida (AZEVEDO, 2007). As carboxamidas, em conjunto com os benzimidazóis, foram os primeiros fungicidas sistêmicos lançados no mercado no final da década de 1960 (KIMATI, 1995).

As carboxamidas são fungicidas inibidores da succinato dehidrogenase (SDHI) e atuam inibindo a respiração do fungo pelo bloqueio dos sítios de ligação da ubiquinona no complexo II da mitocôndria, também chamado de complexo succinato dehidrogenase ou succinato-ubiquinona oxidoredutase (AVENOT; MICHAILIDES, 2010).

A succinato desidrogenase é o menor complexo da cadeia respiratória e transfere os elétrons derivados da succinato diretamente para a reserva de ubiquinona (AVENOT; MICHAILIDES, 2010). Esse complexo utiliza o aceptor de elétrons FAD para efetuar a transferência de elétrons de $FADH_2$ para a coenzima Q.

A ação inibitória na fosforilação da cadeia respiratória interrompe o transporte de elétrons resultando na inibição da produção de ATP, além da formação de várias moléculas intermediárias prejudiciais às células (CARRIJO, 2014).

Todos os fungicidas deste grupo são mais ou menos seletivos para doenças causadas por basidiomicetos (KIMATI, 2011). Segundo Rodrigues (2006), os fungicidas carboxamidas apresentam controle sobre doenças do Grupo I (podridões em órgãos de reserva), Grupo II (danos em plântulas), Grupo V (ferrugens) e Grupo VI (carvões) de acordo com a classificação de McNew. São altamente efetivos contra doenças que afetam cereais, frutas e vegetais (ABAD-FUENTES et al., 2015).

Os principais ingredientes ativos comerciais do grupo são a carboxina, oxicarboxina, boscalida, benzovindiflupir e o fluxapiroxade. Segundo Kimati (2011), a carboxina é rapidamente oxidada na planta a sulfóxido, não fungitóxico, perdendo muito em eficiência. Apresenta baixa toxicidade aguda a mamíferos e não é fitotóxico nas dosagens recomendadas. A oxicarboxina é um produto muito semelhante à carboxina, diferindo pela fungitoxicidade inerente mais baixa, com a vantagem de ser mais estável. Os fungicidas de primeira geração não foram fortemente implementados na agricultura devido à sua eficácia moderada (ABAD-FUENTES et al., 2015).

O fluxapiroxade é um novo ingrediente ativo sistêmico, desenvolvido pela empresa BASF, para o controle de uma ampla gama de doenças fúngicas, em uma variedade de culturas, ao contrário dos fungicidas SDHI de primeira geração (carboxina), excepcionalmente ativos contra basidiomicetos (AVENOT; MICHAILIDES, 2010). A molécula de fluxapiroxade é considerada moderadamente tóxica a organismos aquáticos tais como daphne, algas e lentilha d’água (APVMA, 2012).

2.7 Absorção e translocação dos fungicidas

Como primeiro passo da translocação, o fungicida deve ser absorvido pela planta por via radicular, foliar, através do caule ou das sementes. O sucesso da absorção de um fungicida depende de sua solubilidade relativa em lipídios, componentes básicos da cutícula foliar (GARCIA, 1999). Assim, entre culturas e mesmo entre cultivares as taxas de penetração variam de acordo com a proporção de lipídios intracuticulares (REIS; REIS; CARMONA, 2010).

As sementes e frutos de plantas herbáceas possuem cutícula semelhante à das folhas e, por isso, apresentam as mesmas dificuldades para a absorção de fungicidas. Nas raízes, a penetração é muito eficiente, pois não apresentam barreiras como aquelas existentes em outras partes da planta. A absorção vai depender das características de cada fungicida considerado (GARCIA, 1999).

Com o desenvolvimento da parte aérea são encontrados trifólios de diferentes idades que, em sua estrutura, apresentam diferenças morfológicas e fisiológicas peculiares a cada local. Poucos são os trabalhos na literatura que relacionam a idade fisiológica dos tecidos com parâmetros relacionados à absorção de fungicidas (LENZ et al., 2012).

O espectro de gotas utilizado na pulverização é outro fator que interfere na absorção de fungicidas. Segundo Paulsrud e Montgomery (2005), a meta da aplicação de fungicidas é produzir um tamanho de gotas que possibilite bom equilíbrio da cobertura, penetração e deposição de gotas. Gotas de menor diâmetro mediano volumétrico (DMV) favorecem a maior velocidade de absorção de fungicidas, pois proporcionam maior número de gotas por centímetro quadrado e, consequentemente, maior área específica de contato (LENZ et al., 2012).

A translocação do fungicida depende de seu fluxo livre no interior dos vasos. Alguns produtos se aderem às paredes do xilema, enquanto outros parecem permanecer livres. Dependendo de suas propriedades, o fungicida poderá translocar pelo floema (ZAMBOLIM; VENÂNCIO; OLIVEIRA, 1997).

Os fungicidas sistêmicos são aqueles que apresentam algum tipo de mobilidade na planta. Penetram nas folhas ou são absorvidos pelas raízes sendo posteriormente translocados pelo sistema vascular da planta (AZEVEDO, 2007). Além da capacidade de translocação do local de aplicação para outras partes da planta, a sistemicidade implica na ausência ou diminuição da fitotoxicidade e na atuação fungitóxica dentro do hospedeiro (KIMATI, 2011).

O movimento de agroquímicos em plantas envolve três estágios: 1) entrada nos espaços livres dos tecidos; 2) movimento ascendente no apoplasto; 3) movimento descendente no simplasto. No apoplasto ocorre o transporte à curta distância nos espaços intercelulares e à longa distância dentro do lúmen dos vasos e traqueias do xilema, de forma passiva. No simplasto, o transporte é realizado à curta distância de célula para célula, pelos plasmodesmas, e à longa distância pelas células especializadas do floema (CROWDY, 1973).

A maioria dos fungicidas sistêmicos translocam-se apoplasticamente e seguem a rota de transpiração das plantas (AZEVEDO, 2007). O fungicida disponível no solo é continuamente absorvido pelo sistema radicular, junto com a água e nutrientes, e vai se acumulando nas margens das folhas acompanhando passivamente a corrente respiratória (KIMATI, 2011). A translocação via xilema, ou acropetal, é a mais comum e ocorre com as estrobilurinas e triazóis (AZEVEDO, 2007). A penetração do fungicida no xilema está associada à lipofilicidade e/ou solubilidade do produto em relação às membranas vegetais.

A afinidade com a água é normalmente expressa pela solubilidade em água, ao passo que a afinidade por substancias lipofílicas é normalmente estimada com base no comportamento de sua distribuição num sistema bifásico líquido-líquido, denominado coeficiente de partição octanol-água (Kow) (OLIVEIRA JR; BACARIN, 2011). O Kow é importante porque influencia no transporte de uma molécula orgânica após sua aplicação, representando o balanço entre suas propriedades hidrofílicas e lipofílicas (SILVA; FAY, 2004).

O coeficiente de partição octanol-água pode, facilmente, ser obtido em laboratório usando-se um funil de separação contendo uma solução aquosa do fungicida à qual se adicionou o octanol. Após agitação e subsequente repouso, o composto ficará distribuído parcialmente entre as duas fases. O coeficiente Kow é então obtido depois de o composto ser quantificado no octanol e na água.

$$\text{Kow} = \frac{\text{Concentração do composto no octanol}}{\text{Concentração do composto na água}}$$

Se o coeficiente for maior que um (1), o composto tem mais afinidade pelo octanol que pela água, o que o caracteriza como sendo pouco polar ou lipofílico. Se o coeficiente for menor que um (1), o composto é polar, tendo maior afinidade pela água, ou seja, possui baixa lipofilicidade (TORRES, 2009). Normalmente, o valor do coeficiente de partição varia entre 100 e 100 milhões e, para evitar valores muito altos, Kow é normalmente expresso como log Kow, apresentando valores entre 2 e 7 para a maioria dos compostos de interesse e não possui unidade (SILVA; FAY, 2004).

Os fungicidas que alcançam o xilema na região foliar da aplicação são, a princípio, também capazes de permearem os tubos crivados do floema. Porém, os

fungicidas que penetram no floema podem também escoar de volta ao xilema e mover-se com o fluxo de transpiração. A concentração do fungicida no floema depende, parcialmente, da sua habilidade em permear as membranas do simplasto até os tubos crivados na região foliar, enquanto seu efluxo para o apoplasto é limitada (KLEIER, 1988).

O movimento via floema, ou basipetal, é mais difícil (AZEVEDO, 2007). Compostos ácidos fracos, geralmente herbicidas, são praticamente os únicos pesticidas translocados a longas distâncias via floema (TORRES, 2009). A maioria dos fungicidas não pode mover-se de forma descendente após a aplicação foliar, embora seja um atributo desejável para controlar doenças que começam na parte inferior das plantas. Quando o produto é aplicado na face superior das folhas, o ingrediente ativo pode ser translocado para a face inferior (local de penetração de alguns fungos) em um movimento translaminar. Já que a face inferior das folhas quase sempre não é atingida em aplicações normais de fungicidas (TORRES, 2009).

Alguns fungicidas QoI se ligam fortemente à cutícula, onde a maior parte do ingrediente ativo pode ser encontrado. Embora os ingredientes ativos dispersem no interior da lâmina da folha, a afinidade com a cutícula é tão forte que eles rapidamente se religam-se com a mesma, quando o produto químico atinge o outro lado da folha. Consequentemente, a qualquer momento, a dose do ingrediente ativo de fato presente no interior da lâmina da folha pode ser baixa, por vezes demasiado baixo para suprimir o crescimento de fungos no interior da folha (VINCELLI, 2002).

2.8 Influência dos adjuvantes na absorção e translocação dos fungicidas

Os defensivos agrícolas, em geral, são depositados sobre a superfície de partes vegetais, como ramos, folhas e frutos. Alguns devem permanecer sobre essas superfícies, e outros devem ser absorvidos, para exercer seu efeito no interior dos tecidos vegetais. As superfícies das plantas apresentam uma barreira para a penetração de líquidos, denominada cutícula, cujas características variam de espécie para espécie e dependem da idade dos órgãos vegetais e das condições climáticas. Para vencer estas barreiras das plantas à penetração dos defensivos agrícolas, são utilizadas substâncias inertes, denominadas aditivos ou adjuvantes (QUEIROZ et al., 2008).

Os adjuvantes são substâncias ou compostos sem propriedades fitossanitárias que, quando acrescentadas ao tanque de pulverização, melhoram o desempenho da aplicação (WITT, 2012). O líquido aplicado distribui-se e adere melhor cobrindo a superfície foliar de modo uniforme e, ainda, facilita a penetração da calda entre as ranhuras diversas, hifas de fungos e teias de ácaros. Em superfícies pilosas, onde os pelos normalmente mantêm as gotículas pulverizadas suspensas, o líquido penetra e efetivamente atinge a cutícula (AZEVEDO, 2007).

A chuva sempre foi uma das maiores causas de perdas e responsável pela degradação acelerada dos depósitos de fungicidas sobre vegetais. Estudos demonstraram que uma única chuva forte remove muito mais fungicida da superfície foliar do que várias chuvas fracas de mesmo volume (WEBER et al., 1937). Neste contexto, os adjuvantes melhoram a penetração de alguns defensivos pela camada cerosa da cutícula, aumentando a taxa de penetração e, consequentemente, diminuindo as perdas ocasionadas pelas chuvas após a aplicação do produto (WITT, 2012; AZEVEDO, 2007).

A dureza da água utilizada para pulverização é capaz de interferir negativamente na qualidade da calda do agrotóxico. Por isso, nas suas formulações, são utilizados adjuvantes que são responsáveis pela sua emulsificação (óleos) ou dispersão (pós) na água, denominados de tensoativos. Tais adjuvantes são sensíveis à dureza, pois atuam no equilíbrio de cargas que envolvem o ingrediente ativo, equilíbrio este que é alterado pela água dura (QUEIROZ et al., 2008).

Os adjuvantes são projetados para agir como espalhantes, umectantes, aderentes, emulsificantes, dispersantes, detergentes, antievaporantes, espessantes, tamponantes, quelatizantes, antiespumantes e filtros solares (XU et al., 2010).

Os surfactantes, também conhecidos como tensoativos ou hipotensores são substâncias que, quando dissolvidos em líquidos, reduzem a tensão superficial (AZEVEDO, 2007). Uma menor tensão superficial permite transpor obstáculos como a presença de pelos foliares; com isso, aumenta a quantidade de princípio ativo que atinge as áreas de absorção (MARTINS et al., 2005). São compostos que afetam as propriedades de superfície dos líquidos, proporcionando ajustamento mais íntimo de duas substâncias (VARGAS; ROMAN, 2006). Ainda, segundo Montório et al. (2005), o acréscimo de surfactantes nas caldas aquosas de pulverização contribui para a formação de filmes líquidos sobre as superfícies foliares, graças ao processo de coalescência das gotas.

Surfactante é um “agente ativo de superfície” e é o ingrediente ativo na maioria dos adjuvantes. São moléculas anfipáticas constituídas de uma porção hidrofóbica e uma porção hidrofílica. A porção polar é, frequentemente, uma cadeia hidrocarbonada enquanto a porção polar pode ser não iônica (não ionizam, mas podem apresentar leve carga eletrostática devido a polaridade de diferentes átomos na molécula), aniônica (ionizados, possuem forte carga negativa) ou catiônicas (ionizados, possuem forte carga positiva) (DESAI; BANAT, 1997; WITT, 2012)

Os surfactantes são classificados de acordo com suas principais propriedades em: molhantes (umectantes), espalhantes, emulsificantes, aderentes (adesivos), dispersantes e detergentes. A maioria dos surfactantes comercializados possuem características de espalhante, aderente e umectante, porém apenas uma delas é acentuada e determina sua principal ação (VARGAS; ROMAN, 2006).

Na agricultura, também são utilizados como adjuvantes os óleos mineral e vegetal. Os óleos minerais são originados do petróleo e são hidrocarbonetos com 18 a 30 carbonos. Os óleos vegetais, extraídos por pressão ou com a utilização de solventes, são hidrocarbonetos menores com 16 a 18 átomos de carbonos (VARGAS; ROMAN, 2006).

As principais vantagens do uso do óleo como adjuvante são a maior facilidade de penetração da calda pela cutícula e a ação antievaporante, proporcionada pela diminuição das perdas causadas pela evaporação da água de pulverização, promovendo melhor molhabilidade em superfícies hidrorrepelentes. Quando se utilizam os óleos como aditivos é possível observar a redução da hidrólise do defensivo na água do tanque e a redução da fotodecomposição (DURIGAN, 1993).

No entanto, o uso de adjuvantes pode apresentar como desvantagem a diminuição da seletividade de alguns fungicidas. Podem, também, favorecer a lavagem dos produtos aplicados se houver precipitação após a aplicação, já que são solúveis em água. E, ainda, podem propiciar o ataque de alguns fungos, por removerem a camada cerosa protetora (AZEVEDO, 2007).

Uma forma alternativa para controle de doenças em plantas é fazer com que a mesma produza substâncias que induzam a defesa, ou seja, após ser tratada com um composto indutor a planta produz respostas morfológicas, fisiológicas e bioquímicas que retardam o processo infeccioso e o desenvolvimento da doença em seus tecidos (AGRIOS, 2005). Assim, a deficiência dos nutrientes necessários para sintetizar compostos químicos e barreiras físicas, ao redor do ponto de infecção

pode tornar certos materiais genéticos mais suscetíveis à infecção por patógenos (MARSCHNER, 1995; SILVEIRA; HIGASHI, 2003).

Diferenças na severidade da ferrugem asiática (*P. pachyrhizi*), por exemplo, foram observadas em lavouras de soja que apresentaram distribuição desuniforme de adubo potássico (ZANCANARO, 2004).

De acordo com as citações na literatura científica, o potássio é o elemento que apresenta os resultados mais consistentes na redução da incidência de pragas e doenças (MARSCHNER, 1995).

A nutrição potássica adequada foi capaz de reduzir mais de 100 doenças fúngicas em diversas culturas além de induzir a resistência contra diversos patógenos (RAIJ, 1990; NEVES, 2006). A associação dos sais de potássio com fungicidas tem-se apresentado como uma alternativa muito eficaz no manejo de doenças, em virtude de ocorrer efeito aditivo ou sinérgico quando os fungicidas são utilizados de forma conjunta (NEVES; 2006).

O fósforo elementar não ocorre na natureza, pois é muito reativo e combina facilmente com outros elementos. Quando totalmente oxidado, o fósforo fica ligado a quatro átomos de oxigênio, molécula conhecida como fosfato. Porém, quando não é totalmente oxidado e o hidrogênio ocupa o lugar de um átomo de oxigênio a molécula resultante é chamada de fosfito (RIBEIRO JUNIOR, 2006).

O fosfito (P_2O_2) é rapidamente absorvido pela planta e translocado pelo xilema e posteriormente pelo floema. Existem várias formulações disponíveis do produto em associação a outros nutrientes como K, Ca, B, Zn e Mn. Na reação com o hidróxido de potássio (KOH) é obtido o fosfito de potássio (MENEGHETTI, 2010).

A aplicação do fosfito de potássio em determinados patossistemas pode ser capaz de ativar mecanismos de defesa e produzir fitoalexinas, substâncias naturais de autodefesa que conferem resistência contra fitopatógenos (NOJOSA; RESENDE; RESENDE, 2005). Castanho et al. (2014) observaram que o fosfito de potássio foi capaz de induzir a produção da fitoalexina gliceolina em cotilédones de soja confirmando seu potencial para ser mais uma ferramenta no manejo de doença de plantas.

2.9 Influência da chuva na eficácia dos fungicidas

A precipitação pluviométrica é um fator determinante da eficiência dos defensivos agrícolas podendo ser considerada como a maior causadora de perdas e a responsável pela degradação acelerada dos depósitos fungicidas sobre vegetais (SANTOS et al., 2002). Vários fatores afetam a relação entre a chuva e os agroquímicos, sendo que os mais importantes são a intensidade da chuva, quantidade de chuva, intervalo de tempo entre o tratamento e a chuva, a formulação comercial dos agrotóxicos, a solubilidade do produto em água e o tipo de cultura (CABRAS et al., 2001).

Segundo Rich (1954), 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, principalmente a chuva, são os principais fatores que determinam a quantidade de resíduo ativo nas superfícies foliares para um efetivo controle de fitopatógenos.

Produtos sistêmicos necessitam de um espaço de tempo entre a pulverização e a ocorrência de chuvas para serem absorvidos ou translocados através dos tecidos das folhas, em quantidade suficiente para o controle das doenças fúngicas (SANTOS et al., 2002). Assim, rainsfastness, está associado ao tempo necessário entre a aplicação do produto e um evento pluviométrico para que o produto ainda permaneça eficaz.

Oliveira (2009) observou que o aumento do tempo entre a aplicação do fungicida e a chuva ocasionou redução do percentual de remoção, independentemente da intensidade de chuva. O autor ainda observou um aumento da importância da maior quantidade de chuva para remover o fungicida ao longo do tempo.

Lenz et al. (2011) demonstraram que o efeito negativo da chuva está diretamente ligado ao intervalo entre a aplicação e a ocorrência dela. Os autores verificaram que quando a simulação de chuva ocorreu aos 60 e 120 minutos após a aplicação dos fungicidas, a remoção destes foi menor, sendo que, para muitas das situações, mesmo chuva 60 minutos após a aplicação não apresentou influência sobre a absorção dos produtos. Mesmo a ocorrência de chuva imediatamente após a aplicação dos produtos diferiu da testemunha sem aplicação de fungicida

sinalizando que parte do ingrediente ativo aplicado é prontamente absorvido pelos tecidos da planta logo após o contato com eles.

2.10 Importância da cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a cultura agrícola brasileira que mais cresceu nas últimas três décadas e corresponde a 49% da área plantada com grãos no Brasil (MAPA, 2015). A cultura ocupa a maior área agrícola (cerca de 31 milhões de hectares), com produção de aproximadamente 94 milhões de toneladas na safra 2014/2015, o que confere ao país o segundo lugar na produção mundial de soja, superado apenas pelos Estados Unidos (CONAB, 2015). No entanto, o Brasil apresenta a maior capacidade de multiplicar a atual produção, tanto pelo aumento da produtividade, quanto pelo potencial de expansão da área cultivada. Portanto, até 2020 a produção brasileira de soja deve ultrapassar a barreira de 100 milhões de toneladas podendo, assim, assumir a liderança mundial de produção desse grão (VENCATO et al., 2010).

Segundo levantamento do USDA, o consumo mundial de soja pode atingir um novo recorde, estimado em 304,3 milhões de toneladas ou 12,5 milhões de toneladas a mais em relação ao observado em 2014/15. Os estoques finais devem ser elevados em 12,5%, totalizando 96,2 milhões de toneladas. As exportações brasileiras devem chegar a 49,8 milhões de toneladas, aumento de 9% em relação à 2014/15. Se confirmada a previsão, o país retoma a liderança nas exportações de soja (FIESP, 2015).

A soja consolidou sua importância de maior cultura explorada no Brasil e destina-se quase que totalmente à produção de ração e óleo vegetal. O farelo de soja ocupa o segundo lugar entre os produtos mais utilizados na produção de ração (FREITAS, 2011) e é a principal fonte proteica em dietas para vacas leiteiras suplementadas com concentrado e com demanda crescente também na avicultura e suinocultura (SOUZA et al., 2010). A soja também é fonte de matéria prima na produção de biodiesel, com 2,9 bilhões de litros produzidos em 2013 (ANP, 2015).

A soja e seus derivados constituem matérias-primas altamente promissoras para uso na indústria de alimentos, sobretudo em produtos à base de cereais e de carnes (AMAYA-GUERRA; ALANIS-GUZMAN; SALDÍVAR, 2004; DHINGRA; JOOD, 2001; McMINDES, 1991). A adição apropriada de derivados de soja resulta em

produtos alimentícios menos calóricos, com reduzido teor de lipídios e com elevado conteúdo de proteína adequada às necessidades nutricionais de indivíduos adultos (DHINGRA; JOOD, 2001; McMINDES, 1991). O subproduto da indústria do óleo de soja é fonte de carboidratos, minerais, fibras e proteína de qualidade nutricional adequada, apresentando vantagens em relação à soja integral, tais como: menor teor energético e maior concentração proteica. Portanto, a soja apresenta um grande potencial para ser empregado na alimentação humana, particularmente na indústria de alimentos, garantindo assim maior aproveitamento tecnológico do grão e agregação de valor à produção dessa leguminosa (SILVA et al., 2006).

Portanto, o grande interesse mundial pelo cultivo da soja se deve à versatilidade de sua aplicação na alimentação humana e animal, como principal matéria prima para a produção de biocombustível e na sua aplicação em diferentes setores da indústria, o que eleva seu valor econômico nos mercados nacional e internacional.

2.11 Ferrugem da soja

A ferrugem asiática da soja é causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhiz*i Sydow. & Syd, e está presente na maioria dos países asiáticos, na Austrália, na África (Zâmbia, Zimbábue e África do Sul) e na América do Sul (Paraguai, Brasil e Argentina (YORINORI; LAZZAROTO, 2004; MILES; FREDERICK; HARTMAN, 2008).

Em função de sua fácil disseminação pelo vento a ferrugem asiática pode ser encontrada em praticamente todas as regiões produtoras do Brasil (ALMEIDA et al., 2005). Segundo levantamento do Consórcio Antiferrugem (sistema de alerta da Embrapa Soja) foram registrados 400 casos da doença na safra de 2014/2015 nos principais estados brasileiros produtores de soja, sendo o Rio Grande do Sul o estado com o maior número de focos.

A ferrugem da soja é uma das doenças mais severas que incide na cultura da soja. Os sintomas iniciais podem aparecer em qualquer estádio de desenvolvimento, em cotilédones, folhas e hastes, sendo os sintomas nas folhas os mais característicos da doença. Os sintomas são caracterizados por minúsculos pontos mais escuros do que o tecido sadio da folha, de uma coloração esverdeada a cinza-esverdeada com correspondente protuberância (urédia) na superfície inferior da

folha, podendo também aparecer na face superior das folhas. As urédias adquirem cor castanho-clara a castanho-escura, abrem-se em um minúsculo poro expelindo os uredósporos que, inicialmente de coloração hialina, tornam-se bege e acumulam-se ao redor dos poros ou são carregados pelo vento (ALMEIDA et al., 2005).

A doença causa queda prematura das folhas, impedindo a plena formação dos grãos. Quanto mais cedo ocorre a desfolha, menor é o tamanho dos grãos e, consequentemente, maior a perda de rendimento e qualidade. Em casos severos, quando a doença atinge a planta na fase de formação das vagens ou no início da granação, pode causar o aborto e a queda das vagens, resultando na perda total do rendimento (EMBRAPA, 2004).

O desenvolvimento da ferrugem asiática depende de condições ambientais favoráveis. A doença é favorecida por chuvas bem distribuídas e longos períodos de molhamento. A temperatura ótima para a infecção varia entre 18°C e 26,5^{o}C. As perdas na produtividade podem variar de 10% a 90% (EMBRAPA, 2011).

Na planta, o progresso e a intensidade da ferrugem são maiores no terço inferior das plantas, provavelmente em função de período mais prolongado de água livre sobre as folhas (GARCÉS-FIALLOS; FORCELLINI, 2013).

Para reduzir o risco de danos à cultura são recomendadas diferentes estratégias de manejo, devendo-se evitar a semeadura da soja na época mais favorável à doença (tardio), selecionar variedades mais precoces e monitorar a lavoura para detectar a doença no seu início (EMBRAPA, 2011; ALMEIDA et al., 2005). É recomendada a eliminação de plantas de soja voluntárias e a ausência de cultivo de soja na entressafra por meio do vazio sanitário e a utilização de cultivares resistentes, quando disponíveis (EMBRAPA, 2011).

Embora existam outras alternativas de manejo, o controle químico ainda é imprescindível para mitigar os danos decorrentes do ataque de doenças. A utilização de fungicidas no Brasil apresentou aumento significativo a partir da safra 2001/2002, com a introdução da ferrugem asiática da soja (EMBRAPA, 2011).

Os fungicidas mais utilizados para este fim pertencem aos grupos químicos das estrobilurinas, dos triazóis, das carboxamidas e dos fungicidas protetores. Segundo a Embrapa (2015), somente misturas comerciais, formadas por dois ou mais fungicidas, com modo de ação distintos, têm sido recomendadas para todas as regiões do Brasil a partir da safra 2008/09, já que é baixa a eficiência de controle dos ativos isolados.

A grande dificuldade do controle químico é que alguns agricultores só utilizam o fungicida quando a doença já está instalada em toda a planta, comprometendo assim a eficácia do controle. A aplicação em momento inadequado, assim como o uso indevido do produto, resulta em aumento do custo de produção ou controle deficiente (YORINORI, 2005). Para o controle químico eficiente da ferrugem é fundamental que haja o máximo de cobertura da folhagem com os fungicidas, que tenham adequado período residual e que protejam as plantas desde o início da ocorrência da doença. A deficiência no controle inicial irá permitir a multiplicação do fungo na parte inferior da folhagem, tornando cada vez mais difícil o acesso do fungicida a essa parte da planta, à medida que elas crescem (BARBOSA, 2012).

Há poucas opções de cultivares resistentes ou parcialmente resistentes à ferrugem asiática, razão pela qual o manejo da doença é fortemente baseado na aplicação de fungicidas (GARCÉS-FIALLOS; FORCELINI, 2013).

A diversidade das condições climáticas que ocorre de um ano para outro e o prolongado período de semeadura da soja nas diferentes regiões, torna difícil a recomendação de uma medida padrão de controle que satisfaça a todas as regiões (EMBRAPA, 2011).

2.12 Importância da cultura da videira

O aumento da área cultivada e a produção de frutas de clima temperado têm crescido no Brasil principalmente devido à modernização e melhor gestão da propriedade rural e de todos os fatores de produção. Destaca-se, também, a adoção de tecnologias de baixo impacto ambiental, visando a qualidade, segurança do produto e preservação do meio ambiente e, deste modo, atendendo às exigências do mercado consumidor brasileiro e transpondo as rigorosas barreiras fitossanitárias impostas pelos países importadores (FACHINELLO et al., 2011).

A videira *(Vitis* spp) é economicamente uma das mais importantes fruteiras cultivadas no mundo devido às inúmeras utilizações dos seus frutos para consumo *in natura* e processamento (SILVA; BOTELHO; FARIA, 2012). Sua distribuição geográfica espontânea contempla os continentes asiático, europeu e americano (AGEITEC, 2013).

Em 2014, a produção de uvas destinadas ao processamento (vinho, suco e derivados) foi de 673.422 milhões de quilos de uvas, representando 46,89% da

produção nacional. O restante da produção (53,11%) foi destinado ao consumo *in natura* (MELLO, 2015)

Os principais destinos da uva brasileira são a União Europeia (75%), sendo que os Países Baixos e o Reino Unido os países que mais importam a fruta. Os Estados Unidos aparecem como o terceiro maior comprador sendo responsável por 12% do volume exportado (BRANCO, 2014).

A viticultura brasileira ocupa uma área de 81 mil hectares, com vinhedos que se estendem desde o extremo Sul até regiões próximas à Linha do Equador, onde o Rio Grande do Sul é o estado de maior produção contribuindo, em média, com 777 milhões de quilos de uva por ano. Os polos de frutas de Petrolina/PE e de Juazeiro/BA, no submédio do Vale do São Francisco também se destacam já que foram exportadas, em 2013, 43.084.692 quilos de uvas finas de mesa. Esta quantidade foi equivalente a 99,77% das exportações brasileiras de uva, representando assim, quase a totalidade da exportação nacional (BRANCO, 2014). A viticultura está sendo implantada, ainda, em vários outros estados, como Mato Grosso do Sul, Goiás, Espírito Santo, Ceará e Piauí (EMBRAPA, 2010).

As exportações brasileiras do setor vitivinícola somaram, em 2013, 139,10 milhões de dólares e as exportações de uva de mesa situaram-se em 43.181 toneladas. No mesmo período, houve um aumento elevado nas exportações de suco de uva, que se situou em 4.212 toneladas, 70,32% superior ao ano de 2012 (MELLO, 2015).

A videira pertence ao gênero *Vitis* composto por mais de 60 espécies. A espécie mais cultivada no mundo é a *Vitis vinifera*, de origem europeia, é a principal espécie para elaboração de vinhos finos. A segunda espécie em importância pela área cultivada no mundo é a *Vitis labrusca,* de origem americana, sendo a mais cultivada no Brasil. As videiras americanas são conhecidas como uva rústica epodem ser utilizadas na produção de frutas para consumo *in natura* e para processamento, em especial para a elaboração de suco de uva e vinhos de mesa. Entre as cultivares de uvas rústicas as mais produzidas no país estão a ‘Isabel’, ‘Niágara Rosada’, ‘Niágara Branca’ e a ‘Bordô’ (CAMARGO et al., 2010; AGEITEC, 2013).

A tendência é que o Brasil, nas regiões quentes, continue a especializar a sua produção em termos de uvas de mesa sem sementes para atender ao mercado

internacional, e na região Sul, aumente a área cultivada de uvas viníferas em detrimento ao cultivo de uvas americanas e híbridos (FACHINELLO et al., 2011).

A uva e seus produtos são muito bem aceitos pela população brasileira sendo que o consumo desses alimentos é estimulado pelo alto valor nutritivo agregado, uma vez que apresentam compostos fenólicos que possuem importante atividade antioxidante, atuando na prevenção de desordens crônicas (ALONSO et al., 2004; SOARES, 2002).

Portanto, o interesse do cultivo da uva no Brasil se deve ao valor de exportação das frutas frescas, à sua aplicação em diferentes setores da indústria e sua boa aceitação pelos consumidores, já que o vinho tinto e o suco de uva são bebidas reconhecidas como benéficas à saúde humana.

2.13 Ferrugem da videira

Phakopsora euvitis Ono é um fungo biotrófico (BAYER; COSTA, 2006) e agente causal da ferrugem da videira. A ferrugem é uma doença foliar de grande expressão econômica evidenciada pelos constantes prejuízos causados nas regiões onde já foram identificados registros do patógeno (TESSMANN et al., 2004; BAYER; COSTA, 2006).

A doença prejudica a eficiência das plantas, reduzindo a área fotossintética e inibindo a translocação de assimilados desde a sua fonte de produção até as áreas de crescimento e deposição de material de rendimento (GOMES et al., 2011).

A ferrugem da videira apresenta ocorrência registrada em regiões tropicais e temperadas da Ásia (Bangladesh, China, Índia, Indonésia, Japão, Coreia, Coréia do Norte, Malásia, Myanmar, Nepal, Filipinas, Sri Lanka, Taiwan, Tailândia, Vietnam, e Região leste da Rússia), América do Norte, América do Sul (Colômbia, Venezuela e Brasil), América Central e Caribe (Barbados, Costa Rica, Cuba, Guatemala, Jamaica, Porto Rico, Trinidad e Tobago e Ilhas Virgens) e Oceania (Austrália) (EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION, 2007).

O primeiro registro da ferrugem da videira no Brasil ocorreu em 2001, no Norte do Paraná e posteriormente foi descrita nos estados do Mato Grosso do Sul e São Paulo (TESSMANN et al., 2004), Mato Grosso (SOUZA, 2004) e no Rio Grande do Sul (BAYER; COSTA, 2006).

A doença tem se mostrado mais severa em regiões do Brasil de clima tropical e subtropical com temperaturas amenas no inverno, as quais apresentam condições ambientais para a produção de uvas durante todo o ano (BUFFARA, 2013).

Os principais sintomas da doença são o aparecimento de estruturas de frutificação do fungo denominadas urédias de coloração amarelada que são as pústulas formadas por massas de urediniósporos que frutificam na face inferior da folha (ONO, 2000; GOMES et al., 2011), podendo ocorrer com menor intensidade também na face superior (BUFFARA, 2013). Na face superior da folha, na área correspondente às pústulas, se desenvolvem lesões necróticas de formato e tamanho variáveis. As pústulas são observadas principalmente em folhas maduras, podendo cobrir grande extensão do limbo foliar (ONO, 2000). Nos estágios mais avançados do desenvolvimento da doença, também se observam télias, de coloração marrom escura, entremeados com as urédias. As folhas colonizadas pelo patógeno secam, e o ataque severo da doença pode causar a queda prematura das folhas (TESSMANN et al., 2007).

Como a uva é uma fruta não climatérica, a desfolha precoce das plantas causa perdas na produção e afeta a qualidade dos frutos, tornando-os impróprios para a comercialização. A desfolha contribui, ainda, para a redução do acúmulo de reservas comprometendo o vigor das plantas para o ciclo seguinte (ONO, 2000; BUFFARA, 2013).

Nas últimas décadas, esforços têm sido realizados na tentativa de se utilizar métodos alternativos ao uso do controle químico tradicional. Entre as alternativas destacam-se os indutores de resistência em plantas a patógenos. No entanto, estudos realizados por Gomes et al. (2011) mostraram que o uso dos principais indutores utilizados no manejo de doenças de plantas não apresentou resultados significativos no controle de *P. euvitis.*

Como medida de controle é indicado, também, o uso de cultivares com elevado nível de resistência como aquelas derivadas do grupo tropical (*V. tiliaefolia*, *V.simpsoni*, etc.) e os porta enxertos IAC 766 (Campinas) e IAC 313 (Tropical). As cultivares do grupo ‘Itália’ têm-se mostrado mais resistentes que as cultivares americanas e japonesas em condições de campo (TESSMANN et al., 2007).

Para o controle químico da ferrugem podem ser utilizados fungicidas do grupo dos triazóis, estrobilulinas e ditiocarbamatos com registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (AGROFIT, 2015). Para a garantia da

eficiência do controle químico da ferrugem é fundamental que haja o máximo de cobertura da folhagem com fungicidas que tenham adequado período residual e com proteção da planta desde o início da ocorrência da doença.

Além do controle químico, são indicadas ainda outras medidas preventivas de controle da doença como: evitar o uso de sistema irrigação sobre copa (aspersão) uma vez que este favorece a infecções por *P. euvitis*, estabelecer quebra-ventos para minimizar a disseminação do patógeno, adquirir mudas com Certificado Fitossanitário de Origem (CFO) e monitorar periodicamente o parreiral, visando a detecção de focos iniciais de infecção (EMBRAPA, 2010).

Referências

ABAD-FUENTES, A.; CEBALLOS-ALCANTARILLA, E.; MERCADER, J.V.; AGULLÓ, C.; ABAD-SOMOVILLA, A.; ESTEVE-TURRILLAS, F.A. Determination of succinate-dehydrogenase-inhibitor fungicide residues in fruits and vegetables by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, Heidelberg, v. 407, n, 14, p. 4207-4211, 2015.

AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. **AGEITEC**. Uva para processamento. 2013. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/uva_para_processamento/arvore/CONT000g5f8cou802wx5ok0bb4szwyx060i6.html>. Acesso em: 26 jun. 2015.

AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. **AGEITEC**. 2015. Controle químico de doenças. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000g0tk3rt902wx5ok026zxpgnc6ynwi.html>. Acesso em: 24 jul. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **ANP**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?pg=73292&m=soja&t1=&t2=soja&t3=&t4=&ar=0&ps=1&1434136773314>. Acesso em: 12 jun. 2015.

AGRIOS, G. Plant disease epidemics. In:_____. **Plant pathology**. 5th ed. London: Elsevier, 2005. p. 266-291.

ALMEIDA, A. M. R. *et al*. Doenças da soja (*Glycine max*). *In*: KIMATI, H. *et al*. (Ed.). **Manual de Fitopatologia. Doenças das Plantas Cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. p. 569-588. v. 2

ALONSO M.G.; TERESA S.P.; BUELGA C.S.; GONZALO J.C.R. Evaluation of the antioxidant properties of fruits. **Food Chemistry**, Washington, v. 84, n. 1, p. 13-18, 2004.

AMAYA-GUERRA, C. A.; ALANIS-GUZMAN, M. G.; SALDÍVAR, S. O. S. Effects of soybean fortification on protein quality of tortilla-based diets produced from regular and quality protein maize. **Plant Foods for Human Nutrition**. Dordrecht, v. 59, n. 2, p. 45-50, 2004.

AMERICAN PHYTOPATHOLOGICAL SOCIETY. The Use of Fungicides to Promote Plant Physiological Benefits in Crops. In: APS Annual Meeting Hot Topic Session. **American Phytopathological Society**, Portland, 2009.

APVMA. Public release summary on the evaluation of the new active fluxapyroxad in the product MBREX fungicide. **Australian Pesticides and Veterinary Medicines Authority**, 2012.

AVENOT, H.F; MICHAILIDES, T.J. Progress in understanding molecular mechanisms and evolution of resistance to succinate dehydrogenase inhibiting (SDHI) fungicides in phytopathogenic fungi. **Crop Protection**, Guildford, v. 29, n. 7, p. 643–651, 2010.

AZEVEDO, L.A.S. de. **Fungicidas sistêmicos**: Teoria e Prática. 1. ed. Campinas: EMOPI, 2007, 284p.

BAIN, R.A. Report of the fungicide sub-group: Discussion of potato late blight fungicides, their properties and ratings. **PPO-Special Report**, v.13, p.177-182, 2009.

BALBA, H. Review of strobilurin fungicide chemicals. **Journal of Environmental Science and Health, PartB**. New York, v. 42, n. 4, p. 441-451, 2007.

BAMPI, D.; CASA, R.T.; WORDELL FILHO, J.A.; BLUM, M.M.C.; CAMARGO, M.P.de.Sensibilidade de *Stenocarpella macrospora* a fungicidas. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 787-795, 2013.

BARBOSA, G.F. **Manejo integrado da ferrugem asiática da soja na região de Jaboticabal**. 2012. 126 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2012.

BARTLETT, D.W.; CLOUGH, J.M.; GODWIN, J.R.; HALL, A.A.; HAMER, M.; PARR-DOBRZANSKI, B. The strobilurin fungicides. **Pest Management Science.** Sussex, v.58, n. 7, p. 649-662, 2002.

BAYER, T.M.; COSTA, I.F.D. Ocorrência de *Phakopsora euvitis* Ono em Santa Maria, Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 36, n. 4, p.1307-1308, 2006.

BLUM, M.M.C. **Sensililidade de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas**. 2009. 164p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, 2009.

BLUM, O.; DIDYK, N.; PAVLUCHENKO, N.; GODZIK, B. Assessment of protective effect of some modern agrochemicals against ozone-induced stress in sensitive clover and tobacco cultivars. **Journal of Toxicology**. New York, 2011, 4 p. Disponível em: <http://www.hindawi.com/journals/jt/2011/308598/>. Acesso em: 19 jun. 2015.

BRANCO, D.K.S. Impactos da ferrovia transnordestina na exportação de manga e uva do vale submédio São Francisco. X Encontro De Economia Baiana – Set. 2014. Disponível em: <http://www.eeb.sei.ba.gov.br/pdf/2014/eb/impactos_da_ferrovia_transnordestina.pdf >. Acesso em: 29 jun. 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agrofit**. 2015. sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 01 jun. 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Uva**. 2015. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/uva>. Acesso em: 08 jun. 2015.

BUFFARA, C.R.S. **Identificação molecular e caracterização de componentes epidemiológicos do agente causal e análise temporal de epidemias de ferrugem da videira**. 2013. 75 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.

CABRAS, P.; ANGIONi, A.; GARAU, V.L.; MELIS, M.; PIRISI, F.M.; CABITZA, F.; PALA, M. The effect of simulated rain on folpet and mancozeb residues on grapes and on vine leaves. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, New York, v. 36, n. 5, p. 609-18. 2001.

CAMARGO, U.A.; MAIA, J.D.G.; RITSCHEL, P.S. **Novas cultivares brasileiras de uva**. Bento Gonçalves. Embrapa Uva e Vinho, 2010. 64p.

CAPELLO, F.P. **Análise comparativa do custo de produção e rentabilidade da uva 'Niágara Rosada' cultivada em diferentes regiões do Estado de São Paulo**. 2014. 105p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

CARRIJO, D.R. **Efeitos fisiológicos provocados pelo fungicida Fluxapiroxade, isolado e em mistura com a Piraclostrobina, na cultura de soja.** 2014. 71p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

CASTANHO, G.; SANTOS NETO, J. DOS; SILVA, C.M. DA.; ALVES, D.S.; ANDRADE, L.M. **Fosfito de potássio como indutor de gliceolina em soja**. Iniciação Científica CESUMAR. 2014, v. 16, n. 2, p. 131-137.

CELMER, A.; MADALOSSO, M.G.; DEBORTOLI, M.P.; NAVARINI, L.; BALARDIN, R.S. Controle químico de doenças foliares na cultura do arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v.42, n.6, p. 901-904, 2007.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Levantamento de safra 2014/2015.** Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_04_10_09_22_05_boletim_graos_abril_2015.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2015.

CROWDY, S.H. Patterns and processes of movement of chemicals in higher plants. In. BRITISH INSECTICIDAE AND FUNGICIDE Conference, 7, 1973, Cambridge. **Proceedings…** Cambridge, p. 831-839, 1973.

CHRISTOFOLETTI, J.C. **Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Apostila técnica da Spraying Systems do Brasil Ltda. Diadema, São Paulo. Diadema. 1997, 14p.

DELEN, N.; TOSUN, N. Fungicidas: mecanismo de ação e resistência. Parte 2: fungicida com modo de ação específicos. **Revisão Anual de Patología de Plantas**. Passo Fundo, v. 12, p. 27-90, 2004.

DESAI, J. D.; BANAT, I.M. Microbial production of surfactants and their commercial potential.**Microbiology and Molecular Biology Reviews**. New York, v. 61, n. 1, p. 47-64, 1997.

DHINGRA, S.; JOOD, S. Organoleptic and nutritional evaluation of wheat breads supplemented with soybean and barley flour. **Food Chemistry**, London, v. 77, n. 4, p. 479-488, 2001.

DURIGAN, J.C. **Efeitos de adjuvantes na aplicação e eficácia de herbicidas. Jaboticabal**: FUNEP, 1993. 42p.

EDGINGTON, L.V.; KHEW, K.L.; BARRON, G.L. Fungitoxic Spectrum of Benzimidazole Compounds. **Phytopathology**, Sant Paul, v.61, p.42-44, 1971.

EMBRAPA. **Tecnologia de Produção de Soja** - região Central do Brasil. 2004. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/doenca.htm>. Acesso em: 23 jun. 2015.

EMBRAPA. **Cultivo da videira.** Embrapa Semiárido. 2010. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/CultivodaVideira_2ed/doencas.html>. Acesso em: 01 jul. 2015.

EMBRAPA. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2010/11: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. (Circular Técnica 87). 2011. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/download/CT87_VE.pdf>. Acesso em: 17 mai. 2015.

EMBRAPA. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2011/12: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina, 2012. 9 p. (Circular Técnica, 93). Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/download/CT93.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2015.

EMBRAPA SOJA. Soja em números. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 06 dez. 2015.

EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION. **Phakopsora euvitis**: grapevine rust.2007. Disponível em: <www.eppo.int/QUARANTINE/Alert.../Phakopsora_euvitis.doc>. Acesso em: 19 mai. 2015.

FACHINELLO, J.C.; PASA, M. da S.; SCHMTIZ, J.D.; BETEMPS, D.L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, p.109-129, 2011. Volume Especial.

FAGAN, E. B. **A cultura da soja: modelo de crescimento e aplicação de estrobilurina.** 2007. 84 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **FIESP**. Informativo DEAGRO Safra Mundial de Soja 2015/16 - 1º Levantamento do USDA. Disponível em: <http://az545403.vo.msecnd.net/uploads/2015/05/boletim_safra-mundial-soja_maio2015.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2015.

FORCELLINI, C. A. Fungicidas inibidores da síntese de esteróis. I. Tiazoles. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 2, p. 335-355, 1994.

FORCELLINI, C.A.; GOELLNER, C.I.; MAY-DE-MIO, L.L. Resistência de fungos a fungicidas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 9, p. 339-381, 2001.

FOYER, C.H.; NOCTOR, G. Oxidant and antioxidant signalling in plants: a reevaluation of the concept of oxidative stress in a physiological context. **Plant, Cell & Environment.** Dordrecht, v, 28, n. 8, p. 1056-1071, 2005.

FREITAS, M.C.M. A cultura da soja no brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera.** Goiânia, v. 7, n. 12, p. 1-12, 2011.

GARCÉS-FIALLOS, F.R.; FORCELLINI, C.A. Controle comparativo da ferrugem asiática da soja com fungicida triazol ou mistura de triazol + estrobilurina. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 805-815, 2013.

GARCIA, A. **Fungicidas I**: utilização no controle químico de doenças e sua ação contra os fitopatógenos. Porto Velho: EMBRAPA-CPAF Rondônia, 1999. 26 p.

GHINI, R.; KIMATI, H. **Resistência de fungos a fungicidas**. 2.ed. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2002, 78 p.

GLAAB, J.; KAISER, W.M. Increased nitrate reductase activity in leaf tissues after application of the fungicide Kresoxim-methyl. **Planta**, Berlim, v. 207, n. 3, p. 442-448, 1999.

GOLAN, D. E. **Princípios de Farmacologia**. A Base Fisiopatológica da Farmacoterapia, 2. ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2009, 580 p.

GOMES, E.C.S.; LEITE, R.P.; SILVA, F.J.A.; CAVALCANTI, L.S.; NASCIMENTO, L.C.; SILVA, S.M. Manejo do míldio e ferrugem em videira com indutores de resistência: produtividade e qualidade pós-colheita. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 36, n. 5, p. 332-335. 2011.

GONÇALVES, M.E.M.P.; GONÇALVES JUNIOR, D; SILVA, A.G.; CAMPOS, H.D.; SIMON, G.A.; SANTOS, C.J.L.; SOUZA, M.A. Viabilidade do controle químico de doenças foliares em híbridos de milho no plantio de safrinha. **Nucleus**, Ituverava, v. 9, n. 1, p. 49-62, 2012.

GOULART, A.C.P. Suscetibilidade de cultivares de algodoeiro a *Rhizoctonia solani* e benefícios do tratamento de sementes com fungicidas. **Summa Phytopathol**. Botucatu, v. 33, n. 3, p. 222-228, 2007.

GROSSMANN, K.; RETZLAFF, G. Bioregulatory effects of fungicidal strobilurin kresoxim-methyl in wheat (Triticum aestivum). **Pesticide Science**, Oxford, v. 50, n. 1, p. 11-20, 1997.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **IEA**. Defensivos Agrícolas: em 2014, faturamento do segmento foi o destaque. v. 10, n. 5, maio 2015. Disponível em: <http://ftp.sp.gov.br/ftpiea/AIA/AIA-33-2015.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2015.

JAMES, C. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2010. *ISAAA Brief*, n. 42. ISAAA: Ithaca, NY. 2011. Disponível em: <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/42/executivesummary/>. Acesso em: 01 jun. 2015.

KENDALL, S.; HOLLOMON, D.W.; ISHII, H.; HEANEY, S.P. Characterization of benzimidazole-resistant strains of *Rhynchosporium secalis*. **Pest Management Science.** Sussex, v.40, n. 3, p.175-181, 1994.

KLEIER, D.A. Phloem mobility of xenobiotics. I. Mathematical model unifying the weak acid and intermediate permeability theories. **Plant Physiology**. Bethesda, v. 86, n. 3, p. 803-810. 1988.

KIMATI, H. Controle químico. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de Fitopatologia.** 3 ed.São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v. 1, p .761-785.

KIMATI, H. Controle Químico. In: AMORIM, L., REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A. (Ed.). **Manual de fitopatologia**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2011. v. 1, p. 343-365.

KÖEHLE, H.; GROSSMANN, K.; JABS, T.; GERHARD, M; KAISER, W.; GLAAB, J.; CONRATH, U.; SEEHAUS, K.; HERMS, S. Physiological effects of strobilurin fungicide F 500 on plants. **Biochemical Society Transactions**, London, v. 22, n. 65, p. 1994.

KÖEHLE, H; et al. Physiological effects of the strobilurin fungicide F500 on plants. In: LYR, H. et al. (Eds.). **Modern fungicides and antifungal compounds III**. Andover, 2002.p. 61-74.

LENZ, G.; BALARDIN, R.S.; MINUZZI, S.G.; TORMEN, N.R.; MARQUES, L.N. Espectro de gotas e idade de trifólios na taxa de absorção e efeito residual de fungicidas em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 10, p. 1702-1708. 2011.

LENZ, G.; BALARDIN, R.S.; MINUZZI, S.G.; MADALOSSO, M.; DEBORTOLI, M.; Gulart C.; RAMOS, J.P de. Espectros de gotas e idade de trifólios e sua interação com a área abaixo da curva de progresso da ferrugem da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 9, p.1528-1534. 2012.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants,** 2 ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINS, D.; TERRA, M.A.; CARBONARI, C.A.; NEGRISOLI, E.; CARDOSO, L.R.; TOFOLI, G.R. Efeito de diferentes concentrações de aterbane na deposição de calda em plantas de*Pistia stratiotes*. **Planta Daninha**. Rio de Janeiro, v.23, n.2, p. 343-348, 2005.

MARTINS L.D.; RODRIGUES W.N.; TOMAZ M.A.; SOUZA A.F.; JESUS Jr. W.C. Função de crescimento vegetativo de mudas de cafeeiro conilon a níveis de ciproconazol+tiametoxam e nitrogênio. **Revista de Ciências Agrárias**, Jaboticabal, v. 35, n. 17, p. 173-183, 2012.

MCMINDES, M. K. Applications of isolated soy protein in low-fat meat products. **Food Technology**. Chicago, v. 45, n. 12, p. 61-64, 1991.

MELLO, L.M.R. Panorama da Vitivinicultura brasileira 2014. Disponível em: <http://www.revistacampoenegocios.com.br/panorama-da-vitivinicultura-brasileira-2014/>. Acesso em: 29 jun. 2015.

MENEGHETTI, R.C. Avaliação da ativação de defesa em soja contra *Phakopsora pachyrhizi* em condições controladas. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 34, n. 4, p. 823-829, 2010.

MILES, M.R.; FREDERICK, R.D.; HARTMAN, G.L. Soybean Rust: is the U.S. soybean crop at risk? APS, 2008. Disponível em: <http://www.apsnet.org/publications/apsnetfeatures/Pages/SoybeanRust.aspx>. Acesso em: 05 ago. 2015.

MONTÓRIO, G.A.; VELINI, E.D.; CLEBER D. G.; MACIEL, C.D.G.; MONTÓRIO, T. Eficiência dos surfatantes de uso agrícola na redução da tensão superficial. **Revista Brasileira de Herbicida**. Londrina, v. 4, n. 2, p. 8-22, 2005.

MOURA, P.C.S**. Efeitos fisiológicos da aplicação de triazol e estrobilurina em soja.** 2013. 60 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paula, Piracicaba, 2013.

MUELLER, D.S. Fungicides: Triazoles. Integrated Crop Management. 2006. News. Paper 1274. Disponível em: <http://lib.dr.iastate.edu/cropnews/1274>. Acesso em: 20 mai. 2015.

NEVES, J. S. **Influência da aplicação de fosfito de potássio na severidade da ferrugem asiática da soja**. 2006. 74 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

NOJOSA, G.B.A.; RESENDE, M.L.V.; RESENDE, A.V. Uso de sulfitos e silicatos na indução de resistência. In: CAVALCANTI, L.S; DI-PIERO, R. M.; PASCHOLATI, S. F.; RESENDE, M. L. V. de; ROMEIRO, R. da S. (Eds. (Eds). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba, v.1, p. 139-153, 2005.

OLIVEIRA, M.A.P. de. **Remoção pela chuva de diferentes formulações de flutriafol aplicada em soja, com e sem a adição de óleo mineral na calda**. 2009. 94 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Jaboticabal, 2009.

OLIVEIRA Jr, R.S.; BACARIN, M.A. **Absorção e Translocação de Herbicidas**. In: OLIVEIRA Jr, R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. (Eds.) Biologia e manejo de plantas daninhas. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 215-41.

ONO, Y. Taxonomy of the *Phakopsora ampelopsidis* species complex on vitaceous hosts in Asia including a new species, *P. euvitis*. **Mycologia,** Lawrence, v. 92, n. 1, p.154-173, 2000.

OTTONI, G.; OLIVEIRA, W.F.; SILVA, A.L.; ALBERNAZ, K.C.; SILVA, E.G.; CARDOSO, E.; GUICHERIT, E. Eficiência de fungicidas no controle de mancha-parda (*Bipolaris oryzae*) em arroz (*Oryza sativa*). **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v.30, n. 2, p. 59-62, 2000.

PAULSRUD, B.E.; MONTGOMERY, M. Characteristics of fungicides used in field crops. **Report on Plant Disease**. n.1002, p.38, 2005.

QUEIROZ, A.A.; MARTINS, J.A.S.; Cunha, J.P.A.R. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 8-19. 2008.

RAIJ, B. van. **Potássio:** necessidade e uso na agricultura moderna. Piracicaba: Potafos, 1990. 45 p.

REIS, E.M.; REIS, A.C.; CARMONA, M.A. **Manual de fungicidas:** Guia para controle químico de doenças de plantas. 6 ed. Passo Fundo. Ed. Universidade de Passo Fundo, 2010. 226 p.

RIBEIRO JUNIOR, P.M.; RESENDE, M.L.V. DE; PEREIRA, R. B.; CAVALCANTI, F.R.; AMARAL, D.R.; PÁDUA, M.A. Fosfito de potássio na indução de resistência a *Verticillium dahliae* Kleb., em mudas de cacaueiro (*Theobroma cacao* L.). **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 30, n. 4, p. 629-636, 2006.

RICH, S. Dynamics of deposition and tenacity of fungicides. **Phytopathology**. Saint Paul, v.44, p.203-213, 1954.

RODRIGUES, M.A.T. **Classificação de fungicidas de acordo com o mecanismo de ação proposto pelo "frac"**. 2006. 249 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Jaboticabal, 2006.

RODRIGUES, M.B.C.; ANDREOTE, F.D.; SPÓSITO, M.B.; AGUILLAR-VILDOSO, C.I.; ARAÚJO, W.L.; PIZZIRANI-KLEINER, A.A. Resistência a benzimidazóis por *Guignardia citricarpa*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v.42, n.3, p.323-327, 2007.

SANTOS, J.M.F.; OLIVEIRA, S.H.F.; DOMINGUES, R.J.; GUZZO, S.D. **Avaliação da eficácia de fungicidas sistêmicos no controle da ferrugem *(Hemileia vastatrix* L.*)* do cafeeiro, sob chuva simulada.** Arq. Inst. Biol., São Paulo, 69(1): 45-49, 2002.

SILVA, C.M.; BOTELHO, R.V.; FARIA, C.M.R.D. Utilização do extrato aquoso de cinamomo no controle da antracnose da videira. **Summa Phytopathologica**. Botucatu, v. 38, n. 4, p. 312-318, 2012.

SILVA, C.M.M.S.; FAY, E.F. Pesticidas & Ambiente. **Embrapa Informações Tecnológicas**. p.145-192, 2004.

SILVA, M.S.; NAVES, M.M.V.; OLIVEIRA, R.B.; LEITE, O.de S. Composição química e valor proteico do resíduo de soja em relação ao grão de soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 26, n. 3, p. 571-576, 2006.

SILVA, M.F.de O.; COSTA, L.M. da. A indústria de defensivos agrícolas. In: BNDES Setorial 35 p. 233-276. 2012. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3507.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2015.

SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N. **Aspectos nutricionais envolvidos na ocorrência de doenças com ênfase para o eucalipto**. (Circular Técnica n. 200). Piracicaba, 2003. 13 p

SOARES, R.M.; RUBIN, S. de A.; Wielewicki, A.P.; OZELAME, J.G. Fungicidas no controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) e produtividade da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n.4, p. 1245-1247, 2004.

SOARES, S.E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**. Campinas, v. 15, n. 1, p. 71-81, 2002.

SOUZA, N.S. Ocorrência de ferrugem em videira em Mato Grosso. **Fitopatologia Brasileira**. Brasilia, v.29, n.3, p. 226, 2004.

SOUZA, V.L.; ALMEIDA R.; SILVA, D.F.F.; PIEKARSKI, P.R.B.; JESUS, C.P.; PEREIRA, M.N. Substituição parcial de farelo de soja por ureia protegida na produção e composição do leite. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia,** Belo Horizonte, v. 62**,** n. 6, p. 1415-1422, 2010.

TESSMANN, D.J.; DIANESE J.C.; GENTA W.; VIDA J.B.; MIO L.L.M. Grape rust caused by *Phakopsora euvitis*, a new disease for Brazil. **Fitopatologia Brasileira**. Brasília, v. 29, n. 3, p. 338, 2004.

TESSMANN, D.J.; VIDA J.B.; GENTA W.; KISHINO AY. Doenças e seu manejo. In: KISHINO A.S.; CARVALHO S.L.C.; ROBERTO S.R. (Eds.) **Viticultura tropical**: O sistema de produção do Paraná. Londrina. IAPAR. 2007, p. 255-304.

TÖFOLI, J.G. Pinta preta - uma ameaça constante aos cultivos da batata e do tomate. **Revista Cultivar**, Pelotas, fev-mar, 2004.

TÖFOLI, J.G.; MELO, P.C.T.; DOMINGUES, R.J.; FERRARI, J.T. Controle da requeima e pinta preta da batata por fungicidas: conceitos, evolução e uso integrado. **Biológico**, São Paulo, v. 75, n. 1, p. 41-52, 2013.

TORRES, F.Z.V. **Translocação do inseticida Tiametoxan no floema de mamoneira e cafeeiro**. 2009. 105 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

VARGAS, L.; ROMAN, E.S. Conceitos e aplicações dos adjuvantes. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. Documentos Online, 56. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do56.pdf>. Acesso em: 17 set. 2015.

VENÂNCIO, W.S.; RODRIGUES, M.A.T.; BEGLIOMINI, E.; SOUZA, N.L. 2003. Physiological effects of strobilurin fungicides on plants. **Ciências Exatas e da Terra, Agrarías e Engenharias**. Ponta Grossa, v.9, n.3, p. 59-68, 2003

VENÂNCIO, W.S.; ZAGONEL, J.; FURTADO, E.L.; SOUZA, N.L. Novos fungicidas. I – produtos naturais e derivados sintéticos: estrobilurinas e fenilpirroles. In: LUZ, W.C.; FERNANDES, J.M.; PRESTES, A.M.; PICININI, E.C. **Revisão anual de patologia de plantas**. Passo Fundo, v.7, p. 103-55, 1999.

VENCATO, A. Z., et al. Anuário Brasileiro da Soja 2010. Santa Cruz do Sul: Ed. **Gazeta Santa Cruz**, p. 144, 2010.

VINCELLI, P. **QoI (Strobilurin) fungicides:** benefits and risks. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-I-2002-0809-02. 2002. Disponível em: <http://www.apsnet.org/edcenter/advanced/topics/Pages/StrobilurinFungicides.aspx. >. Acesso em: 10 out. 2015.

WEBER, A.L.; MCLEAN, H.C.; DRIGGERS, B.F.; ONEIL, W.J. Influence of different materials on coverage and adhesiveness of sprays and their effect on residue removal from apples. **New Jersey Agricultural Experiment Station**. New Jersey, v. 627, p.1-16, 1937.

WEISZ, R.; COWGER, C.; AMBROSE, G.; GARDNER, A. Multiple mid-atlantic field experiments show no economic benefit to fungicide application when fungal disease is absent in winter wheat. **Phytopathology.**Saint Paul v. 101, n. 3, p. 323-333, 2011.

WHEELER, I.E.; KENDALL, S.J.; BUTTERS, J.; HOLLOMON, D.W.; HALL, L. Using allele-specific oligonucleotide probes to characterize benzimidazole resistance in *Rhynchosporium secalis***. Pest Management Science.** Sussex, v.43, n. 3, p.201-209, 1995.

WITT, J.M. **Agricultural spray adjuvants**: Pesticide Safety Education Program (PSEP) Cornell University, 2012. Disponível em: <http://psep.cce.cornell.edu/facts-slides-self/facts/gen-peapp-djuvants.aspx.>. Acesso em: 19 set. 2015.

XU, L.; ZHU, H.; OZKAN, H.E.; BAGLEY, W.E.; DERKSEN, R.C.; KRAUSE, C.R. Adjuvant effects on evaporation time and wetted area of droplets on waxy leaves. **Transactions of the ASABE**, v. 53, n. 1, p. 13-20, 2010. Disponível em: <http://naldc.nal.usda.gov/download/41032/PDF>. Acesso em: 17 set. 2015.

YORINORI, J.T.; LAZZAROTO, J.J. **Situação da Ferrugem Asiática da Soja no Brasil e na América do Sul**. (Documentos 236), Embrapa. Londrina, 2004, 28 p.

YORINORI, J.T. A ferrugem asiática da soja no continente americano: evolução, importância econômica e estratégias de controle. **In: WORKSHOP BRASILEIRO SOBRE A FERRUGEM ASIÁTICA**, 1., 2005, Uberlândia. Coletânea...Uberlândia: Ed. UFU, 2005. p.21-37.

ZAMBOLIM, L. **Fungicidas: benefícios e riscos**. Ação Ambiental. Viçosa, MG, n. 5, p. 24-27. 1999.

ZAMBOLIM, L.; VENÂNCIO, W.S.; OLIVEIRA, S.H.F. **Manejo da resistência de fungos a fungicidas**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2007. 169 p.

ZANCANARO L. Nutrição e adubação: Rondonópolis: Fundação MT, 2004. p. 178-216. (Boletim 8).

3 ESTUDO DA SISTEMICIDADE E TENACIDADE DE EPOXICONAZOL, PIRACLOSTROBINA E FLUXAPIROXADE EM PLANTAS DE SOJA

Resumo

O controle químico é a medida mais empregada no manejo de doenças na cultura da soja. Portanto, conhecer o comportamento dos fungicidas, quando em contato com as plantas, é fundamental para o bom manejo das doenças. Assim, este trabalho teve por objetivo estudar a tenacidade e a sistemicidade dos fungicidas epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade em plantas de soja. Para avaliar a tenacidade dos produtos foram simuladas chuvas de diferentes intensidades e intervalos após a aplicação. As plantas foram então inoculadas com *Phakopsora pachyrhizi* e avaliou-se a severidade e área abaixo da curva de progresso da doença. Para os estudos de absorção e translocação, utilizaram-se as moléculas radiomarcadas, ^{14}C-epoxiconazol, ^{14}C-piraclostrobina e ^{14}C-fluxapiroxade, que foram diluídas com suas respectivas formulações comerciais. As variáveis foram avaliadas 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação (HAA). No caso do fluxapiroxade avaliou-se também o efeito de sua associação a adjuvante e ao fosfito de potássio. Constatou-se que a eficiência dos fungicidas foi crescente com o aumento do intervalo entre a aplicação e a simulação da chuva, independente da intensidade da mesma. A adição do óleo mineral aumentou substancialmente a tenacidade dos produtos, enquanto que, a associação com fosfito de potássio não resultou em benefícios adicionais. A absorção e translocação dos fungicidas aumentaram com o transcorrer das horas após a aplicação. A absorção mais rápida (3 HAA) foi do epoxiconazol (41%) seguido pela piraclostrobina (37%) e o fluxapiroxade (24%). Os fungicidas epoxiconazol e fluxapiroxade translocaram-se predominantemente no sentido acropetal, porém também foi observado uma pequena translocação basipetal. Por sua vez, a piraclostrobina não apresentou translocação a longas distâncias. Entre os fungicidas testados a sistemicidade foi alta para o epoxiconazol, intermediária para o fluxapiroxade e baixa para a piraclostrobina. A adição do adjuvante ao fluxapiroxade, promoveu maior e mais rápida absorção e translocação; a absorção aumentou 31% em todo período e 63% nas primeiras 24 HAA, enquanto que, a translocação aumentou 139%, quando comparado ao fluxapiroxade aplicado isoladamente. Por outro lado, a associação com o fosfito de potássio teve efeito antagônico, uma vez que, a absorção reduziu em média 52%. Em suma, conclui-se que quanto maior e mais rápida for a absorção dos fungicidas, menores serão as perdas decorrentes das intempéries, e por consequência maior será a eficácia dos produtos.

Palavras-chave: Fungicidas; Sistemicidade; Tenacidade; Ferrugem da soja

Abstract

The chemical control is the most commonly used measure in the management of diseases on soybean crop.Therefore, knowing the behavior of fungicides when in contact with plants is essential for the proper management of diseases. Hence, this work aimed to study the tenacity and systemicity of fungicides epoxiconazole, pyraclostrobin and fluxapyroxad in soybean plants. To assess the tenacity of the products it was simulated rainfall of different intensities and intervals after application. The plants were then inoculated with *Phakopsora pachyrhizi* and it was assessed the

severity and the area under the disease progress curve. For the uptake and translocation assays, it was used the radiolabeled molecules, ^{14}C-epoxiconazole, ^{14}C-pyraclostrobin and ^{14}C-fluxapyroxad, which were diluted with their respective commercial formulations. The parameters were assessed at 3, 9, 24, 48 and 72 hours after application (HAA). Concerning fluxapyroxad it was also assessed the effect of its association with adjuvant and potassium phosphite. It was found that the efficiency of fungicides has improved with the increase of the interval between the application and the simulation of rainfall, regardless of the intensity of it. The addition of mineral oil substantially increased the tenacity of the products, whereas the combination with potassium phosphite did not result in additional benefits. The absorption and translocation of the fungicides increased with the passing of the hours after application. The most quick absorption (3HAA) was observed to the epoxiconazole (41%) followed by pyraclostrobin (37%) and fluxapyroxad (24%). The fungicides epoxiconazole and fluxapyroxad has translocated mainly in the acropetal pathway, but a slight translocation in the basipetal path has also been observed. In contrast, pyraclostrobin showed no translocation to long distances. Among the fungicides tested, the systemicity was high for the epoxiconazole, intermediate for fluxapyroxad and low for pyraclostrobin. The addition of adjuvant to the fluxapyroxad had promoted greater and quicker absorption and translocation; the uptake increased by 31% over the entire period and 63% in the first 24 HAA, whereas the translocation has increased by 139%, compared to fluxapyroxad applied alone. On the other hand, the combination with potassium phosphite had antagonistic effect, since the uptake it was reduced by 52% in average. In nutshell, as bigger and faster the absorption of fungicides smaller are the losses resulting from the weather and most effective will be the products.

Keywords: Fungicides; Systemicity; Tenacity; Soybean rust

3.1 Introdução

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) apresenta elevada importância na agricultura mundial e a área destinada ao seu cultivo vem aumentando expressivamente. De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a área de soja plantada no mundo passou de 92,6 milhões de hectares na safra de 2004/05 para 118,135 milhões de hectares na safra 2014/15, um crescimento de 28% na década. A produção mundial de soja no mesmo período cresceu 47%, passando de 216,3 milhões de toneladas para 317,243 milhões (EMBRAPA, 2015).

A soja foi introduzida no Brasil via Estados Unidos em 1882 e seu cultivo foi iniciado no estado de São Paulo, na primeira década do século 20. Alcançou o Rio Grande do Sul em 1914, mas foi somente a partir dos anos de 1940 que a cultura adquiriu alguma importância econômica, merecendo o primeiro registro estatístico nacional em 1941, no Anuário Agrícola do RS: área cultivada de 640 ha, produção

de 450t e rendimento de 700 kg/ha. Em 1949, com produção de 25.000 toneladas, o Brasil figurou pela primeira vez como produtor de soja nas estatísticas internacionais (EMBRAPA, 2004). Atualmente, o maior produtor brasileiro de soja é o estado do Mato Grosso com produção de 27,868 milhões de toneladas na safra de 2014/2015, seguido pelo Paraná, com produção de 17,136 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2015).

O Brasil, com produção aproximada de 94 milhões de toneladas na safra 2014/2015, ocupa o segundo lugar na produção mundial de soja, superado apenas pelos Estados Unidos (CONAB, 2015). Estima-se que até 2020, a produção brasileira de soja deva ultrapassar a barreira de 100 milhões de toneladas podendo, assim, assumir a liderança mundial de produção desse grão (VENCATO et al., 2010).

O incremento da produção de soja aconteceu devido ao aumento da área de cultivo e aos ganhos em produtividade. Investimentos em defensivos agrícolas altamente eficazes, melhoramento genético de variedades e manejo de solo foram determinantes para o estabelecimento do cenário atual da sojicultura mundial.

Apesar dos indicadores altamente expressivos referentes a cultura da soja, deverão surgir novos desafios em relação ao futuro da cultura no Brasil. Neste contexto, é importante considerar as doenças da soja como um dos principais fatores relacionados a perda de produtividade. No Brasil, o controle de doenças mediante o uso de fungicidas está amplamente difundido, principalmente após o surgimento da ferrugem asiática, na safra 2001/02 (TSUMANUMA, 2009).

A ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P.Syd.) que vem fragilizando a produção de soja no país desde sua constatação em 2001/02, é considerada a doença mais severa que incide na cultura. Apresenta alto potencial de dano, pois pode causar queda prematura de folhas comprometendo a formação e o enchimento de vagens (SOARES et al., 2004). O controle da ferrugem compreende diversas medidas conjuntas. No entanto, quando a doença já está ocorrendo, o controle químico com fungicidas é, até o momento, o principal método de controle (SOARES et al., 2004).

Apesar do grande número de produtos comerciais disponíveis para o controle da ferrugem, existem apenas quatro mecanismos de ação sendo efetivamente utilizados (estrobilurinas, triazóis, carboxamidas e fungicidas protetores). Atualmente a mistura de triazóis + estrobilurinas é amplamente utilizada no controle da doença e

uma nova molécula fungicida do grupo das carboxamidas (fluxapiroxade) foi lançada recentemente como alternativa no controle da ferrugem (AUGUSTI et al., 2014).

De acordo com Tsumanuma (2009), o nível de eficiência de controle irá depender da severidade da doença no momento da aplicação, da sistemicidade, velocidade de absorção, eficiência do fungicida, do equipamento de pulverização utilizado, volume de calda, tamanho de gotas, densidade de plantas que favoreça a máxima cobertura do fungicida e das condições meteorológicas no momento da aplicação.

Bartlett et al. (2002), verificaram em uma ampla gama de culturas sob condições comerciais, que a absorção de azoxistrobina pelas células da folha após à aplicação foliar é dependente do tipo de formulação, aditivos, misturas com outros produtos, da cultura (tipo de folha, superfície e idade) e de fatores ambientais que influenciam a secagem da gota de pulverização. Reis, Forcellini e Reis (2007), comentam que a velocidade de absorção de fungicidas depende das características inerentes ao ingrediente ativo e da constituição da epiderme das folhas, e que, entre culturas e mesmo entre cultivares as taxas de penetração variam de acordo com a proporção de lipídeos intracuticulares.

Os fungicidas sistêmicos, em geral, são depositados sobre a superfície de partes vegetais e posteriormente absorvidos para que exerçam seu efeito no interior destas. A chuva é considerada o maior depreciador de depósitos fungicidas na superfície foliar (CABRAS et al., 2001). Exerce efeito na atividade residual e na eficácia dos produtos de aplicação por via foliar, o que torna importante o conhecimento da persistência dos produtos após sua ocorrência (SCHEPERS, 1996). Estudos demostram que os adjuvantes melhoram a penetração de alguns defensivos pela camada cerosa da cutícula, aumentando a taxa de penetração e, consequentemente, diminuindo as perdas ocasionadas pelas chuvas após a aplicação do produto (AZEVEDO, 2007; WITT, 2012).

Portanto, o desenvolvimento de estratégias para o controle químico de doenças requer o conhecimento da interação entre os produtos e a planta. Assim, o presente trabalho teve os seguintes objetivos: (1) avaliar a tenacidade de diferentes fungicidas aplicados com e sem adjuvante e com fosfito de potássio, após a simulação de chuva de diferentes intensidades e tempos após a aplicação, no patossistema da ferrugem da soja; (2) avaliar a absorção foliar e translocação dos fungicidas radiomarcados ^{14}C-epoxiconazol, ^{14}C-piraclostrobina e ^{14}C-fluxapiroxade

em plantas de soja; (3) avaliar a absorção foliar e translocação do fungicida radiomarcado ^{14}C-fluxapiroxade, associado a adjuvante (óleo mineral) e fertilizante foliar (fosfito de potássio) em plantas de soja.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Tenacidade dos fungicidas

Instalação dos experimentos

Os experimentos foram instalados em casa de vegetação na Estação Experimental da Basf no município de Santo Antônio de Posse, estado de São Paulo, em 22º 36' 16,3" de latitude sul; 46º 59' 13,1" de longitude oeste e 612 m de altitude.

A casa de vegetação onde o patógeno foi mantido infectando plantas de soja, possuem sistema de controle de temperatura do tipo pad-fan. As condições climáticas foram parcialmente controladas com o auxílio de dois exaustores e parede úmida de argila, além de um sistema de nebulização computadorizado (tipo fogger). Durante a realização dos experimentos, a temperatura do ar variou de 20 a 28°C e a umidade relativa do ar variou de 85 a 90%.

As sementes de soja (*Glycine max* L. Merrill) da cultivar BMX Potência RR, foram tratadas com fipronil + piraclostrobina + tiofanato-metílico (Standak Top) na dose de 100 mL/ha e cultivadas em vasos de 5L contendo substrato a base de solo + casca de arroz, na proporção de 3:2. Foram semeadas seis sementes por vaso e, após a emergência, foram mantidas duas plantas por vaso para a aplicação dos tratamentos. As plantas foram irrigadas diariamente, 3 vezes/dia durante 15 min, até atingirem o estádio fenológico R1 (início da floração) quando estavam aptas a iniciar os ensaios.

Aplicações

Quando as plantas de soja atingiram o estádio fenológico R2 (pleno florescimento), foram aplicados os tratamentos fungicidas com o auxílio de pulverizador costal pressurizado a CO_2, munido de barra de aplicação com ponta de pulverização do tipo jato plano “leque” (Teejet XR 11002), utilizando-se para isso, um volume de calda de 150L/ha^{-1} e três (3) bar de pressão. No experimento A a

aplicação foi realizada no dia 19/04/2013, as 8h:15min, com umidade relativa de 82%, temperatura média de 20.5^{o}C e velocidade do vento de 2.5km/h. A aplicação do experimento B ocorreu no dia 10/03/2015, as 8h:30min, com umidade relativa de 92%, temperatura média de 21.3^{o}C e velocidade do vento de 3.4km/h.

Figura 1 - Plantas de soja em estádio R2 (pleno florescimento) antes da aplicação dos fungicidas (A) e no momento da aplicação dos fungicidas com equipamento de CO_2 (B)

Simulação de chuva

O simulador de chuva aplica a água por aspersão e tem como vantagem o controle da precipitação de forma artificial, podendo regular a intensidade de precipitação e o tamanho e velocidade de impacto das gotas sobre o solo (MONTEBELLER et al., 2001). Os simuladores devem produzir gotas de diâmetro médio similar àquela da chuva natural, apresentar velocidade de impacto das gotas no solo o mais próximo possível da velocidade terminal das gotas de chuva, produzir precipitações com energia cinética próxima à da chuva natural e promover distribuição uniforme da precipitação sobre a parcela experimental em estudo (MEYER; HARMON, 1979).

Neste contexto, para a simulação da chuva artificial utilizou-se a câmara de aplicação da empresa BASF, onde foi possível simular as condições de uma precipitação natural.

Para isso utilizou-se o bico Veejet 80100 localizado à 2,45 m da superfície do solo, altura determinada por Meyer (1958) para que as gotas atingissem a velocidade terminal desejada.

A pressão de trabalho foi de 0,42 Kgf.cm^{-2} (6psi), baixa o suficiente para produzir gotas de tamanho máximo e alta o bastante para cobrir a maior área possível por bico e atingir a velocidade terminal de queda das gotas (DEBORTOLI,

2008). A área útil de molhamento abaixo do simulador de chuva foi de $1m^2$, onde ficaram dispostos os vasos que receberam os tratamentos.

Figura 2 - Detalhes da câmara utilizada para simulação de chuva

Inoculação de *Phakopsora pachyrhizi*

Os isolados de *Phakopsora pachyrhizi* foram obtidos a partir de plantas de soja infectadas presentes na casa de vegetação da Estação Experimental da Basf em Santo Antônio de Posse, SP. O inóculo foi obtido pela lavagem dos folíolos frescos com água destilada, para remoção dos uredósporos da ferrugem presentes nos soros urediniais.

O inóculo foi composto por água, espalhante adesivo (Tween 80-100 ppm) e uredósporos de *Phakopsora pachyrhizi* na concentração de $2x10^5$ esporos.mL^{-1}, obtido através de contagem em hemacitômetro (Câmara de Neubauer) com auxílio de microscópio ótico com aumento de 100 vezes.

A inoculação dos uredósporos sobre as folhas de soja foi realizada em período noturno, 24 horas após a aplicação dos tratamentos fungicidas, com auxílio de pistola de micro pintura pressurizada a ar comprimido. A pulverização foi efetuada em ambas as faces da folha até completo molhamento foliar.

Após 12 horas da inoculação artificial foram iniciadas as nebulizações programadas através de um controlador eletrônico, para a execução de turno de rega de 10 min/hora, até o surgimento dos primeiros sintomas da doença.

Avaliações

A avaliação da severidade da ferrugem da soja foi realizada através de notas visuais do percentual de área foliar com sintomas da doença a partir do seu aparecimento no tratamento testemunha, com o auxílio da escala diagramática proposta por Godoy et al., 2006 (Figura 3).

No experimento A, a severidade foi determinada aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após o aparecimento dos primeiros sintomas da doença na testemunha, e no experimento B, aos 10, 17 e 24 dias. Além disso, no experimento B, avaliou-se o número de urédias por centímetro quadrado aos 24 dias, com auxílio de microscópio ótico com aumento de 100 vezes.

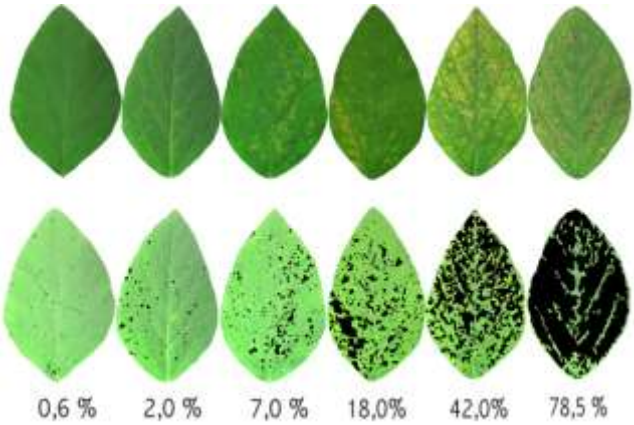


Figura 3 - Escala diagramática da ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*)

A partir das notas de severidade foi possível calcular a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), de acordo com equação apresentada por Campbel e Madden (1990).

$$AACPD = \Sigma_{ni-1}[(Y_i+1+Y_i)x\ 0,5)x(T_i+1-T_i)]$$

Sendo:

Yi: severidade da doença na época de avaliação i (i=1,...,n)

Yi+1: severidade da doença na época de avaliação i+1

Ti: época da avaliação i, que geralmente se considera o número de dias após a emergência das plantas.

Ti+1: época da avaliação i+1

n = número de avaliações

A eficácia dos tratamentos em porcentagem foi calculada pela fórmula de Abbott (1925).

$$E\ (\%) = [(T-Tr)/T].100$$

Sendo:

T: Testemunha

Tr: Tratamento analisado

Análise Estatística

Todas as análises foram realizadas em rotinas geradas no programa SAS® versão 9.1.3. (SAS/STAT, 1999). Para o teste de comparações múltiplas de médias foi utilizado o teste de Scott Knott (1974) ($p<0.05$). No experimento B houve transformação dos dados em arcsen ((x/100)^1/2) e (x+K)^1/2 com K = 0,1, para a análise da severidade.

Experimento A

O delineamento experimental empregado foi o de blocos inteiramente casualizados (DBC), com quatro repetições (4 vasos) e arranjo fatorial (4x6x2), cujos fatores foram:

→ três tratamentos fungicidas (com e sem adjuvante) e uma testemunha sem aplicação;

→ cinco períodos de tempo entre a aplicação e a simulação de chuva (0, 30, 60, 120 e 240 minutos) e uma testemunha sem aplicação de chuva simulada;

→ duas lâminas d'água (15 e 30 mm). O tempo de exposição à chuva simulada foi de 15 minutos.

Os tratamentos utilizados foram: 1) Testemunha; 2) Fluxapiroxade + Piraclostrobina; 3) Fluxapiroxade + Piraclostrobina + Óleo mineral e 4) Epoxiconazol + Piraclostrobina + Óleo mineral.

Onde:

Ingrediente Ativo	**Nome Comercial**	**Concentração (g i.a./L ou Kg)**	**Dose (g i.a.ha^{-1})**
Fluxapiroxade + Piraclostrobina	Orkestra SC	167 + 333	50+100
Epoxiconazol + Piraclostrobina	Opera	50 + 133	25+66
Óleo mineral	Assist	756	378

i.a. = ingrediente ativo

Experimento B

O delineamento experimental empregado foi o de blocos inteiramente casualizados (DBC), com quatro repetições (4 vasos) e arranjo fatorial (4x7x1), cujos fatores foram:

→ três tratamentos fungicidas e uma testemunha sem aplicação;

→ seis períodos de tempo entre a aplicação e a simulação de chuva (1, 3, 9, 24, 48 e 72 horas) e uma testemunha sem aplicação de chuva simulada;
→ uma lâmina d'água (15 mm). O tempo de exposição à chuva simulada foi de 15 minutos.
Os tratamentos utilizados foram: 1) Testemunha; 2) Fluxapiroxade; 3) Fluxapiroxade + Óleo mineral e 4) Fluxapiroxade + Fosfito de potássio.
Onde:

Ingrediente Ativo	**Nome comercial**	**Concentração (g i.a./L ou Kg)**	**Dose (g i.a.ha^{-1})**
Fluxapiroxade	BAS 700 04F	300	50
Óleo mineral	Assist	756	378
Fosfito de potássio	Phytogard K	894	894

i.a. = ingrediente ativo

3.2.2 Sistemicidade dos fungicidas

Instalação do experimento

Plantas de soja (*Glycine max* L. Merrill) da cultivar BMX Potência RR foram cultivadas em casa de vegetação na Estação Experimental da Basf no município de Santo Antônio de Posse, estado de São Paulo (22º 36' 16,3" de latitude sul; 46º 59' 13,1" de longitude oeste e 612 m de altitude).

As sementes de soja foram tratadas com fipronil + piraclostrobina + tiofanato-metílico (Standak Top) na dose de 100 mL/ha e cultivadas em vasos de 5L contendo substrato a base de solo + casca de arroz, na proporção de 3:2. Foram semeadas seis sementes por vaso e, após a emergência, foram mantidas duas plantas por vaso para a aplicação dos tratamentos.

Delineamento experimental e descrição dos tratamentos

O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado (DIC) com três repetições, sendo uma planta por repetição.

O estudo foi realizado quando as plantas de soja apresentaram seis folhas, cerca de 30 dias após a semeadura nos vasos.

A solução de trabalho foi preparada por meio da diluição dos fungicidas radiomarcados, ^{14}C-fluxapiroxade, ^{14}C-piraclostrobina e ^{14}C-epoxiconazol, com suas respectivas soluções comercias, BAS 700 04F, BAS 500 17F e BAS 480 27F, nas

doses de 50 g de ingrediente ativo (i.a.) ha^{-1}, 100 g i.a. ha^{-1} e 25 g i.a. ha^{-1}, respectivamente. Todas as formulações comerciais utilizadas foram do tipo suspensão concentrada (SC), anulando-se assim o efeito do tipo de formulação na absorção dos produtos. A absorção e translocação destas moléculas foram avaliadas as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após aplicação dos fungicidas, totalizando 15 parcelas por tratamento.

Aplicação dos fungicidas

Foram aplicadas, em cada folíolo da quarta folha da planta de soja, contagem da base para o ápice, 10 gotas de 1,0 µL de solução contendo as moléculas radiomarcadas dos fungicidas e os respectivos produtos comerciais, totalizando 30 gotas por folha de soja. A aplicação foi realizada com um microaplicador (Hamilton PB6000 Dispenser, Hamilton Co. EUA) sem possibilidade de deriva (Figura 4).

Após as aplicações, os vasos foram acondicionados em casa-de-vegetação, sendo irrigados somente no solo, sem contato da água com as folhas da planta.

Figura 4 - Aplicação dos produtos radiomarcados com micro aplicador. Detalhe das gotas formadas sobre os folíolos de soja após a aplicação

Estudo da sistemicidade dos fungicidas

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Ecotoxicologia (CENA/USP), em Piracicaba/SP.

Em cada período de avaliação (3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação) as plantas foram retiradas dos vasos e as folhas tratadas foram destacadas.

Com o objetivo de se extrair da superfície da folha o fungicida não absorvido, os folíolos tratados foram lavados com solução de metanol + água (50% v/v) utilizando, para tanto, 3 mL de solução para cada folíolo, totalizando 9 mL por folha tratada. Alíquotas de 1 mL da solução de lavagem foram adicionadas a 10 mL do líquido de cintilação para medição da radioatividade por espectrometria de cintilação líquida (Packard 1900 TR).

Estudos qualitativos foram realizados por meio de radioimagem. Para tanto, as plantas de soja foram secas (50°C), prensadas e em seguida, sobre as plantas, foram colocadas placas fosforescente (Perkin-Elmer). Após um período médio de 48 horas, as placas foram lidas em rádio “scanner” (Perkin-Elmer -Cyclone).

As plantas secas foram divididas em raiz, caule abaixo da folha tratada, caule acima da folha tratada, folha abaixo da folha tratada, folha acima da folha tratada, pecíolo da folha tratada e folha tratada (Figura 5), e submetidas à combustão em oxidador biológico (OX 500 R. J. Harvey Instruments). A radioatividade foi quantificada por espectrometria de cintilação líquida (ECL).

A absorção e translocação dos fungicidas foram determinadas pela porcentagem da radioatividade presente no interior de cada parte da planta, segundo a equação abaixo.

$$\% \text{ Fabs} = \frac{^{14}\text{C} - \text{tec.ox.}}{^{14}\text{C} - \text{tec.ox.} + {}^{14}\text{C} - \text{lav.}} \times 100$$

Onde:

Fabs = fungicida absorvido pelas plantas;

^{14}C- tec.ox. = quantidade de ^{14}C detectada nos tecidos oxidados (raízes + folha tratada + parte aérea);

^{14}C- lav. = quantidade de ^{14}C detectada na lavagem da folha tratada (líquido de lavagem + radioatividade no interior da planta);

Foram medidas a fração lavada e a fração oxidada, sendo feita a verificação que a soma de ambos é igual ao total aplicado.

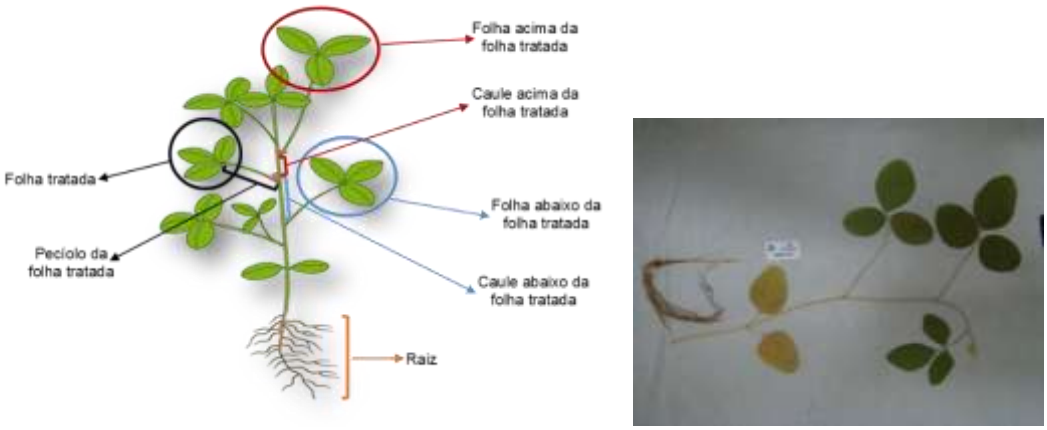


Figura 5 - Ilustração das partes da planta de soja utilizadas para a determinação da radioatividade presente no interior, através de cintilação líquida e radioimagem

Análise Estatística

Os resultados em porcentagem da radiação não absorvida, absorvida e translocada, foram submetidos aos testes de normalidade de resíduos (SHAPIRO-WILK, 1965), homogeneidade de variância (BARTLETT, 1937) e análise da variância (ANOVA), com subsequente aplicação do teste de Tukey ($p<0.05$) para comparações múltiplas de médias. Realizaram-se análise de regressão para ajuste do modelo matemático que melhor explica o comportamento dos fungicidas ao longo das horas após a aplicação. Todas as análises foram realizadas em rotinas geradas no programa SAS® versão 9.1.3. (SAS/STAT, 1999).

Avaliação qualitativa da translocação

Ensaio paralelo foi instalado a fim de verificar a translocação do fungicida radiomarcado ^{14}C-fluxapiroxade quando aplicado em folhas unifolioladas de plântulas de soja. O ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três repetições, com uma planta por repetição.

Foi preparada uma solução de trabalho diluindo-se o fungicida radiomarcado com seu produto comercial (BAS 700 04F) na dose equivalente a 50 g de ingrediente ativo (i.a.) ha^{-1}ou 167ml de produto comercial (p.c.) ha^{-1}.

Foram aplicadas 10 gotas de 1,0µL de solução contendo a molécula radiomarcada nas duas folhas unifolioladas, totalizando 20 gotas por plântula de

soja. Estudos qualitativos para observação da translocação foram realizados por meio de radioimagem a 1, 3, 7 e 14 dias após a aplicação.

3.2.3 Sistemicidade do fluxapiroxade associado a adjuvante e fosfito

Delineamento experimental e descrição dos tratamentos

O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado (DIC) com três repetições, sendo uma planta por repetição.

Foram preparadas duas soluções de trabalho diluindo-se o fungicida radiomarcado ^{14}C-fluxapiroxade com seu produto comercial (BAS 700 04F) na dose equivalente a 50 g de ingrediente ativo (i.a.) ha^{-1}ou 167ml de produto comercial (p.c.) ha^{-1}, sendo que uma solução foi preparada com Assist (378 g i.a.ha^{-1} = 0,5L p.c. ha^{-1}) e a outra com Phytogard K (894 g i.a ha^{-1} = 1,0L p.c.ha^{-1}). A absorção e translocação foram avaliadas as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após o tratamento do fungicida, totalizando 15 parcelas por tratamento.

O local do experimento e demais metodologias adotadas foram semelhantes às descritas para o experimento de sistemicidade de fungicidas.

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Tenacidade dos fungicidas

Experimento A

A severidade final da ferrugem na testemunha sem controle químico atingiu 41,8%, demonstrando que a inoculação artificial foi eficiente e proporcionou infecção nas plantas de soja por *Phakopsora pachyrhizi* (Tabela1).

Todos os tratamentos fungicidas foram superiores à testemunha quanto aos parâmetros severidade e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), evidenciando que o controle químico da ferrugem foi eficaz. O fungicida fluxapiroxade + piraclostrobina (Orkestra SC), foi superior ao fungicida epoxiconazol + piraclostrobina (Opera) no controle da ferrugem em todas as situações avaliadas (Tabela 1). Este resultado corrobora com o resultado obtido por Godoy et al. (2014), que observaram severidade da ferrugem da soja na ordem de 49% e 26% para os fungicidas Opera e Orkestra, respectivamente.

Nota-se pelas avaliações da severidade e área abaixo da curva de progresso da ferrugem da soja (Tabela 1 e Figuras 6 e 7), que a chuva simulada exerceu influência negativa na eficácia dos fungicidas, pois os tratamentos sem a ocorrência de chuva apresentaram os menores valores de severidade. A ocorrência de chuva entre 0 e 30 minutos após a pulverização, proporcionou o menor índice de controle da ferrugem -maior severidade - para ambas as lâminas d'água aplicadas (15 e 30mm). Os dados demonstram que o efeito da tenacidade do produto está diretamente ligado ao intervalo entre a aplicação e a ocorrência desta, ou seja, quanto maior o tempo entre a aplicação e ocorrência de chuva, maior é o controle da doença.

Produtos sistêmicos necessitam de um espaço de tempo entre a pulverização e a ocorrência de chuvas para serem absorvidos e translocados através dos tecidos das folhas em quantidade suficiente para o controle das doenças fúngicas (SANTOS et al., 2002). Hance e Holly (1990) enfatizam que quanto menor o período entre a pulverização e a precipitação pluviométrica, menores serão as chances de absorção de produtos sistêmicos, reduzindo-se a respectiva eficácia.

Lenz et al. (2012) verificaram os maiores valores de AACPD para os tratamentos que receberam chuva imediatamente após a aplicação dos fungicidas, sendo que a interferência verificada foi menor, à medida que se aumentou o intervalo entre a aplicação e a simulação de chuva para todos os trifólios avaliados.

Hunsche (2006), citato por Debortoli (2008), observou grandes perdas do ingrediente ativo mancozebe devido à ocorrência de chuva duas horas após a aplicação do fungicida em mudas de maçã. Quando a chuva ocorreu 4 e 24 horas após a pulverização, a remoção do fungicida foi menor. Oliveira et al. (1998) observaram que mesmo com um intervalo de 15 minutos entre uma pulverização de fungicidas triazóis e uma chuva induzida de 20mm, houve um eficiente controle da ferrugem do cafeeiro.

Suheri e Latin (1991) relatam que diferenças significativas de retenção foliar não foram observadas entre os fungicidas mancozebe e clorotalonil sob condições de ambiente seco. Entretanto, em condições de ambiente úmido, as diferenças foram marcantes, sendo que o mancozebe apresentou menor tenacidade, ou seja, menor retenção.

A adição de óleo mineral (Assist) ao fungicida fluxapiroxade + piraclostrobina (Orkestra SC), aumentou substancialmente a resistência à lavagem do produto pela

chuva (tenacidade), com significativa redução da severidade da ferrugem, independente do intervalo entre a aplicação e a simulação de chuva ou a lâmina d'água utilizada (Tabela 1 e Figuras 6 e 7).

Tabela 1 - Severidade (%) e área abaixo da curva de progresso da ferrugem Asiática da soja após a aplicação dos fungicidas e simulação de chuva artificial em diferentes períodos de tempo

Tratamentos	**Tempo**[2]	**7 DAP**[3]	**14 DAP**	**21 DAP**	**28 DAP**	**35 DAP**	**AACPD**[6]
Testemunha[1]		0.9 b[5]	9.3 a	26.0 a	30.8 a	41.8 a	611.3 a
Fluxapiroxade+ Piraclostrobina 15mm	0'	0.7 d	1.9 d	7.3 d	14.0 d	15.8 c	219.5 e
	30'	0.4 f	1.4 e	4.0 f	7.6 g	11.3 e	131.5 h
	60'	0.2 g	1.3 e	2.9 f	7.4 g	9.6 f	115.7 i
	120'	0.1 g	1.1 f	3.2 f	5.5 h	7.6 f	94.9 i
	240'	0.1 g	0.5 g	2.4 f	3.9 i	5.3 g	65.9 k
	s/c[4]	0.1 g	0.2 h	0.9 g	1.7 j	3.6 h	33.0 l
Fluxapiroxade+ Piraclostrobina 30mm	0'	0.5 e	1.6 e	9.1 c	15.0 c	19.3 b	249.4 d
	30'	0.3 f	1.9 d	5.4 e	12.0 e	16.8 c	194.5 f
	60'	0.2 g	1.8 d	3.0 f	8.6 f	11.0 e	133.1 h
	120'	0.2 g	1.2 e	4.6 e	7.0 h	8.6 f	120.6 i
	240'	0.1 g	0.6 g	4.6 e	5.4 h	6.4 g	96.8 i
	s/c	0.1 g	0.2 h	0.9 g	1.7 j	3.8 h	33.0 l
Fluxapiroxade+ Piraclostrobina +Adjuvante 15mm	0'	0.2 g	0.8 f	3.2 f	6.3 h	7.4 f	97.9 i
	30'	0.2 g	0.5 g	2.9 f	5.4 h	6.4 g	84.6 j
	60'	0.2 g	0.1 h	0.8 g	5.6 h	8.9 f	77.4 j
	120'	0.2 g	0.4 g	2.8 f	3.8 i	4.8 g	66.1 k
	240'	0.2 g	0.4 g	3.6 f	2.1 j	3.8 h	56.7 k
	s/c	0.1 g	0.3 h	0.4 g	1.6 j	1.8 i	21.9 l
Fluxapiroxade+ Piraclostrobina +Adjuvante 30mm	0'	0.2 g	0.9 f	4.0 f	6.6 h	8.6 f	111.4 i
	30'	0.2 g	1.0 f	3.6 f	6.0 h	7.4 f	100.5 i
	60'	0.2 g	1.0 f	3.9 f	4.6 i	4.6 g	83.1 j
	120'	0.1 g	0.6 g	3.9 f	4.5 i	5.6 g	83.1 j
	240'	0.2 g	0.2 h	2.9 f	4.9 i	4.9 g	72.9 j
	s/c	0.1 g	0.3 h	0.4 g	1.7 j	1.8 i	22.6 l
Epoxiconazol+ Piraclostrobina +Adjuvante 15mm	0'	1.0 b	5.4 c	10.0 c	16.8 b	18.5 b	293.0 c
	30'	0.8 c	2.2 d	7.8 d	12.5 e	15.0 d	212.3 e
	60'	0.7 d	2.1 d	8.5 c	10.3 f	13.8 d	196.5 f
	120'	0.4 f	1.8 d	7.3 d	9.1 f	14.0 d	177.4 g
	240'	0.1 g	0.6 g	5.6 e	7.6 g	9.0 f	128.5 h
	s/c	0.1 g	0.6 g	4.6 e	5.9 h	9.1 f	110.1 i
Epoxiconazol+ Piraclostrobina +Adjuvante 30mm	0'	1.2 a	7.1 b	13.3 b	18.3 b	20.3 b	345.3 b
	30'	0.5 e	2.2 d	8.3 c	15.0 c	17.8 b	242.3 d
	60'	0.3 f	1.4 e	6.7 d	16.5 b	16.5 c	230.7 d
	120'	0.2 g	1.0 f	5.3 e	14.3 d	14.3 d	194.3 f
	240'	0.2 g	0.4 g	2.6 f	11.8 e	11.8 e	144.9 h
	s/c	0.2 g	0.6 g	4.4 e	6.4 h	8.6 f	110.7 i
	C.V. (%)	26.02	19.88	19.75	15.26	12.60	9.78

Fluxapiroxade + Piraclostrobina (Orkestra SC); Epoxiconazol + Piraclostrobina (Opera); Adjuvante/Óleo mineral (Assist)

[1] testemunha absoluta sem aplicação de fungicida

[2] tempo (minutos) decorrido entre a aplicação e a simulação de chuva

[3] dias após o aparecimento dos primeiros sintomas

[4] sem chuva (s/c), ou seja, sem simulação de chuva após a aplicação do fungicida

[5] médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p<0,05$)

[6] área abaixo da curva de progresso da doença

Os resultados corroboram com os obtidos por Debortoli (2008) que observou incremento no controle da ferrugem da soja, tanto sob chuva simulada como na testemunha sem chuva, após a adição do adjuvante nimbus ao fungicida azoxistrobina + ciproconazol. A autora observou também uma redução média de 50% na severidade final de ferrugem, em relação aos tratamentos sem adjuvante. Oliveira et al. (1995) observaram aumento no controle de *Helminthosporim sativum* na cultura do trigo, em condições de chuva simulada, com a adição de óleo vegetal e mineral ao fungicida mancozebe.

Em outro experimento Debortoli (2008) observou que o controle de oídio na cultura da soja foi afetado quando a chuva ocorreu logo após a aplicação dos tratamentos, e que o uso de adjuvante possibilitou maior eficiência de controle da doença.

Observou-se que, para ambas as lâminas d'água, a eficiência da utilização do adjuvante junto ao fungicida fluxapiroxade + piraclostrobina é maior nos 30 minutos iniciais após a aplicação, decrescendo em importância após este período (Figura 8). A eficácia de controle (%) do fungicida fluxapiroxade + piraclostrobina no tempo 0', foi 20 e 23% maior com a adição de óleo mineral, para as lâminas d'água de 15 e 30mm, respectivamente (Figura 8).

Segundo Hazen et al. (2000), os adjuvantes proporcionam uma maior cobertura da folha aumentando a retenção de ingrediente ativo na sua superfície, além de tornar os depósitos de ativo menos vulneráveis à remoção pela chuva e facilitar o ingresso do ingrediente ativo nos tecidos vegetais.

A intensidade da chuva também influenciou no controle da doença. De modo geral, a chuva de menor intensidade (15mm) resultou em menor severidade e AACPD, quando comparada a maior precipitação simulada (30 mm) (Tabela 1 e Figuras 6 e 7). Duarte (2008) trabalhando com a cultura da batata e do tomate verificou que o aumento da intensidade de chuva promoveu a redução dos depósitos do fungicida à base de hidróxido de cobre na superfície foliar em ambas as culturas. Kudsk, Mathiassen e Kirknel (1991) trabalhando com os fungicidas maneb e mancozeb nas culturas de ervilha e batata observaram que 3 mm de chuva aplicado em alta intensidade (27 mm h^{-1}) lavou mais fungicida do que os mesmos 3 mm aplicado em baixa intensidade (3 mm h^{-1}).

O fungicida fluxapiroxade + piraclostrobina penetrou rapidamente no tecido foliar e/ou ficou fortemente aderido à camada cerosa, pois após sua aplicação e

simulação de chuva artificial, a 15 e 30 mm, logo em sequência (0'), assegurou uma eficácia mínima de 60% (Figura 8).

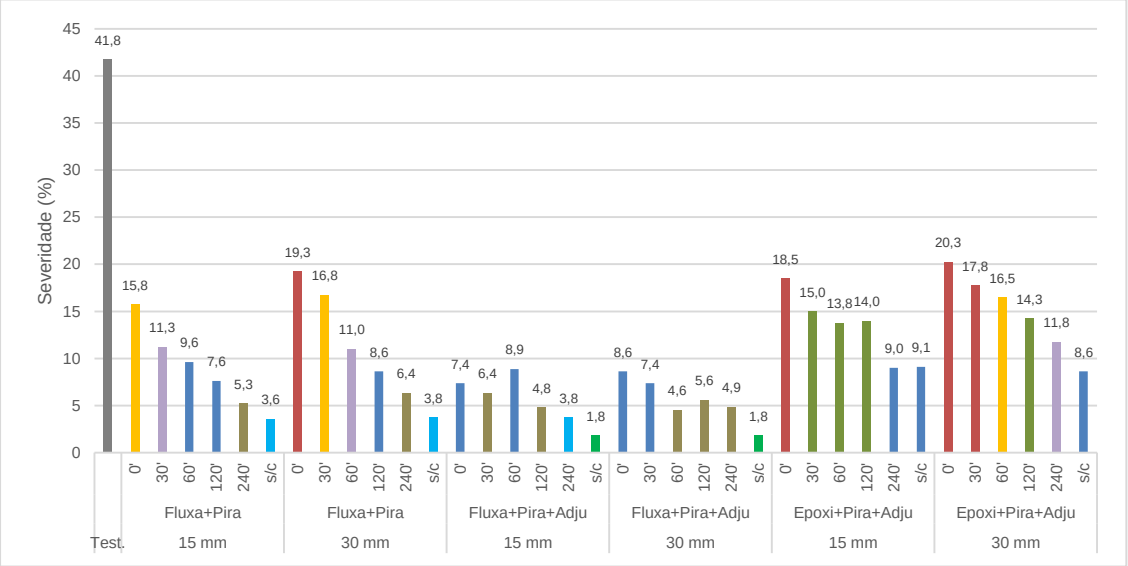


Figura 6 - Severidade da ferrugem da soja, aos 35 dias, após o aparecimento dos primeiros sintomas da doença. * Barras da mesma cor não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p<0,05)

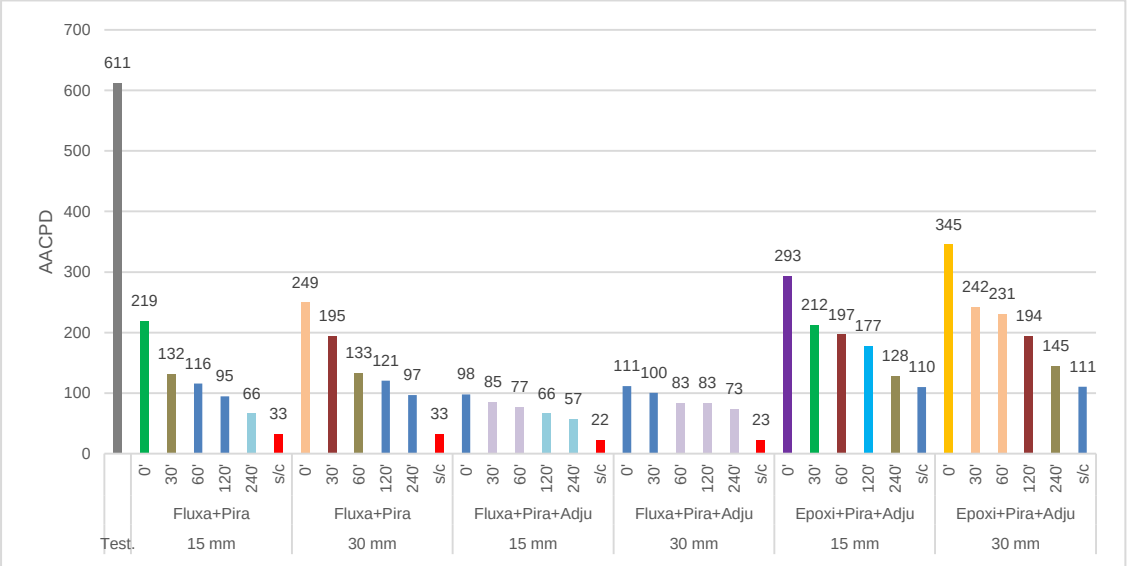


Figura 7 - Área abaixo da curva de progresso da ferrugem da soja (AACPD), após a aplicação dos diferentes tratamentos, sob condições de chuva simulada em diferentes períodos de tempo. * Barras da mesma cor não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p<0,05)

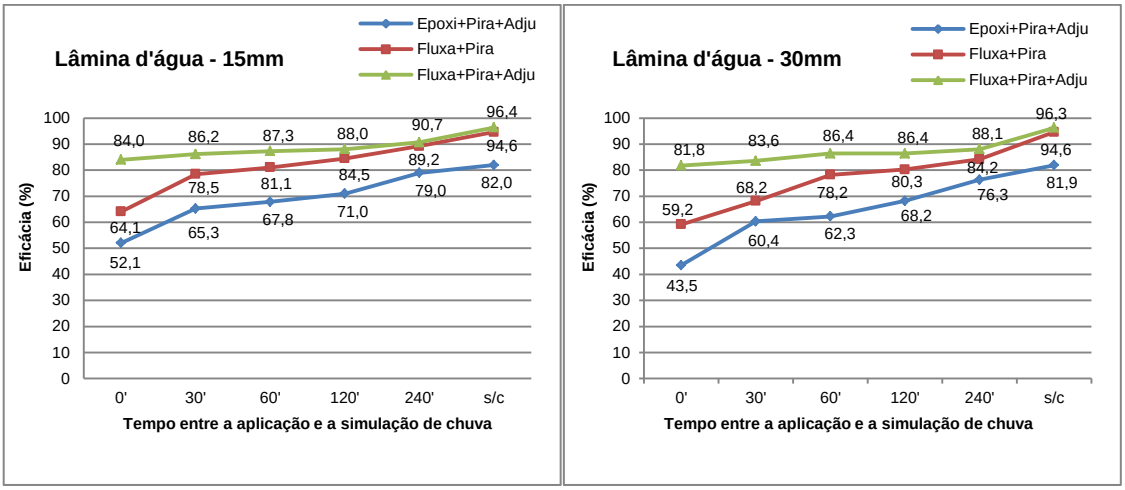


Figura 8 - Eficácia de controle da ferrugem Asiática, após a aplicação dos tratamentos com epoxiconazol + piraclostrobina + adjuvante; fluxapiroxade + piraclostrobina e fluxapiroxade + piraclostrobina + adjuvante, em plantas de soja submetidas à simulação de chuva, em intervalos de 0, 30, 60, 120 e 240 minutos e sem chuva (s/c)

Experimento B

A severidade final da ferrugem na testemunha sem controle químico atingiu 58,8%, e apresentou 30 urédias.cm^{-2}, demonstrando que a inoculação artificial foi eficiente e proporcionou infecção nas plantas de soja por *Phakopsora pachyrhizi* (Tabela 2).

A severidade e a AACPD foram diminuindo com o transcorrer das horas após a aplicação. A menor severidade e a menor AACPD foram observadas na condição sem chuva simulada, independente do tratamento fungicida utilizado (Tabela 2 e Figuras 9 e 10).

A adição de óleo mineral (Assist) ao fungicida fluxapiroxade resultou em menor severidade, ACCPD e número de urédias.cm^{-2} (Tabela 2). Estes dados corroboram com os resultados observados no experimento A, onde a adição do óleo mineral ao fungicida fluxapiroxade + piraclostrobina apresentou os menores valores de severidade da ferrugem da soja e AACPD, quando comparado ao tratamento sem adição de óleo. A utilização do adjuvante proporcionou 30% de redução na severidade uma hora após a aplicação e 82% as 72 horas (Figura 9).

Oliveira, Antuniassi e Velini (2011) observaram que a remoção do flutriafol pela chuva foi sempre maior ou igual nas caldas sem óleo, comparadas com as caldas com óleo, mostrando que a aplicação com óleo propiciou maior adesividade e/ou maior absorção das caldas pelas plantas. Os autores verificaram também que houve remoção significativa de fungicida até 48 horas após a aplicação.

Os fosfitos isolados ou em combinação com fungicidas podem auxiliar na redução da intensidade de doenças causadas por fungos parasitas obrigatórios ou facultativos em várias plantas cultivadas (DELIOPOULOS; KETTLEWELL; HARE, 2010).

Interessante observar, no entanto, que a adição de fosfito de potássio (Phytogard K) ao fungicida fluxapiroxade não resultou em benefícios adicionais no controle da doença sob condições de chuva simulada (Tabela 2 e Figuras 9 e 10). Na avaliação da severidade realizada aos 24 dias após a aplicação, verifica-se um aparente antagonismo entre o fluxapiroxade e o fosfito de potássio nas primeiras 24 horas após a simulação da chuva (Figura 9).

Este resultado pode ser considerado consistente ou até mesmo esperado, uma vez que, os fosfitos de forma geral, não apresentam as propriedades típicas de um adjuvante como o óleo mineral, que proporciona uma maior cobertura da folha aumentando a retenção e penetração do ingrediente ativo na sua superfície.

Entretanto, quando se observa a severidade e a AACPD do fluxapiroxade aplicado isoladamente e em mistura com fosfito de potássio na condição sem chuva (s/c) após a aplicação, verifica-se que o uso do fosfito de potássio mostrou-se significativamente vantajoso no controle da ferrugem da soja (Tabela 2 e Figura 10).

Neves e Blum (2014) avaliando a influência da aplicação de fungicidas isolados ou em associação com fosfito de potássio no controle da ferrugem asiática da soja, observaram que o fosfito reduziu a doença, mas não incrementou a produtividade e a massa de 1000 grãos.

Resultado divergente foi obtido por Meneghetti (2010), que avaliando o efeito da aplicação de fosfito de potássio de forma isolada e em associação com o fungicida epoxiconazol + piraclostrobina para o controle da ferrugem da soja, verificaram que não houve benefício da utilização do fosfito no controle da doença, pois não ocorreu redução na severidade, no número de urédias.cm^{-2} e na AACPD.

Tabela 2 - Severidade da ferrugem da soja (%) aos 10, 17 e 24 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos fungicidas, área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e número médio de urédias.cm^{-2}aos 24 DAA, após a simulação de chuva em diferentes intervalos de tempo

Tratamentos	Tempo[2]	10 DAA[3]	17 DAA	24 DAA	AACPD[6]	№ urédias.cm^{-2}
Testemunha[1]		4.5 a[5]	26.3 a	58.8 a	362.6 a	29.5 a
	1	2.5 b	10.5 b	38.2 c	191.4 b	13.3 c
	3	1.3 c	8.3 b	37.5 c	170.5 b	9.3 c
	9	0.8 c	9.3 b	38.4 c	178.1 b	9.5 c
Fluxapiroxade	24	0.8 c	7.8 b	36.3 c	161.8 c	7.5 c
	48	0.9 c	5.5 c	35.0 c	143.8 c	3.3 d
	72	0.6 c	8.5 b	29.4 d	145.6 c	3.3 d
	s/c[4]	0.4 d	7.0 b	22.2 e	113.4 d	6.0 d
	1	2.0 b	10.5 b	26.5 d	154.8 c	9.0 c
	3	1.0 c	6.5 b	12.3 g	82.5 e	4.8 d
Fluxapiroxade	9	0.7 c	6.0 b	9.3 g	69.2 e	1.5 d
+	24	0.6 c	3.5 c	7.1 g	46.1 f	1.5 d
Adjuvante	48	0.4 d	2.8 c	5.6 g	35.8 f	0.0 e
	72	0.3 d	2.5 c	5.4 g	33.3 f	0.0 e
	s/c	0.2 d	2.3 c	9.1 g	42.5 f	0.5 e
	1	1.0 c	7.3 b	45.5 b	187.1 b	10.0 c
	3	1.1 c	6.8 b	42.0 b	173.8 b	13.5 c
Fluxapiroxade	9	0.9 c	8.0 b	43.5 b	185.6 b	17.8 b
+	24	0.6 c	6.5 b	42.5 b	171.9 b	7.3 c
Fosfito de K	48	0.6 c	8.0 b	31.5 d	148.7 c	6.3 c
	72	0.6 c	7.3 b	24.0 e	121.3 d	9.3 c
	s/c	0.4 d	4.3 c	17.1 f	75.2 e	4.0 d
	C.V. (%)	25,71[7]	28.40	14.48	15.12	27.84[8]

Adjuvante/Óleo mineral (Assist). Fosfito de potássio (Phytogard K)

[1] testemunha absoluta sem aplicação de fungicida

[2] tempo (horas) decorrido entre a aplicação e a simulação de chuva

[3]dias após a aplicação dos fungicidas

[4] sem chuva, ou seja, sem simulação de chuva após a aplicação do fungicida

[5] médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p<0,05$)

[6] área abaixo da curva de progresso da doença

[7] dados transformados em arcsen ((x/100)^1/2)

[8] dados transformados em (x+K)^1/2 com K = 0,1

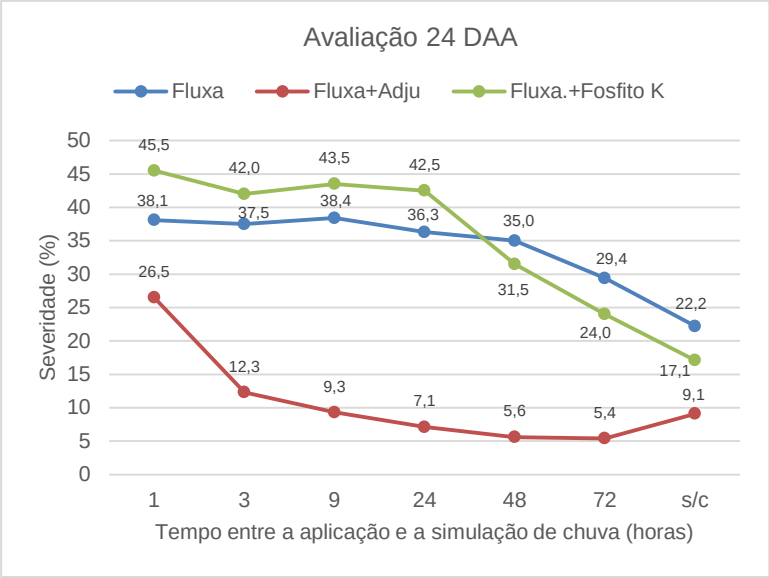


Figura 9 - Severidade da ferrugem da soja aos 24 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos com Fluxapiroxade, Fluxapiroxade + Adjuvante e Fluxapiroxade + Fosfito de Potássio, em plantas de soja submetidas à simulação de chuva, em intervalos de 1, 3, 9, 24, 48 e 72 horas e sem chuva (s/c)

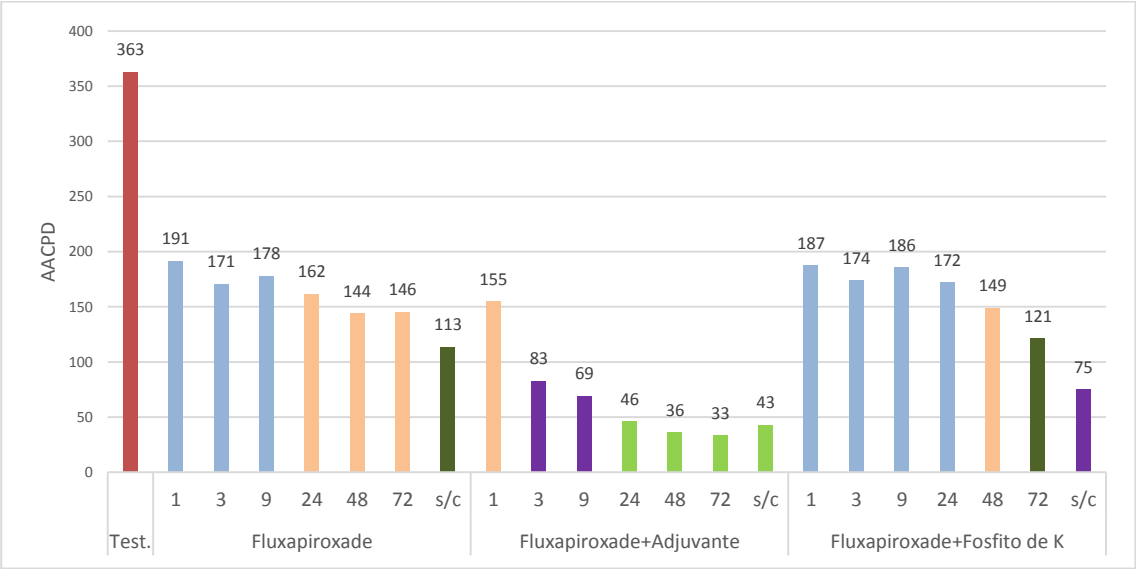


Figura 10 - Área abaixo da curva de progresso da ferrugem da soja (AACPD), após a aplicação dos tratamentos com Fluxapiroxade, Fluxapiroxade + Adjuvante e Fluxapiroxade + Fosfito de Potássio, em plantas de soja submetidas à simulação de chuva, em intervalos de 1, 3, 9, 24, 48 e 72 horas e sem chuva (s/c). * Barras da mesma cor não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p<0,05)

3.3.2 Sistemicidade dos fungicidas

O balanço de massa, em porcentagem, entre o que foi absorvido, não absorvido e translocado para os fungicidas epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade, encontra-se na Tabela 3.

De acordo com o resultado da análise de variância, verificou-se que há diferença significativa na absorção do ^{14}C-epoxiconazol em relação às horas após a aplicação (HAA), considerando um nível de 5% de significância. A porcentagem máxima de absorção (56%) ocorreu as 72 HAA. Entre as demais horas não foram encontradas diferenças significativas (Tabela 3 e Figura 11 A).

Analisando a absorção do fungicida ao longo do tempo, observa-se um ligeiro decréscimo até as 24 HAA, com posterior aumento até as 72 HAA após a aplicação (Figura 11 A). A fim de mensurar a taxa de absorção em função das horas efetuou-se a análise de regressão. O modelo de regressão que melhor se ajustou à radiação total absorvida foi o modelo quadrático, com coeficiente de determinação igual a R^{2*} = 0.74 (Figura 11 B).

Em relação a quantidade não absorvida se observou diferença significativa entre 24 e 72 HAA (Tabela 3). Há um aumento da quantidade não absorvida até as 24 horas com posterior redução nas avaliações subsequentes (Figura 11C). A quantidade não absorvida aparentemente segue um comportamento exponencial, embora a acurácia não tenha sido boa (R^2 = 0.44) (Figura 11D)

A translocação máxima (0.96%) ocorreu 72 HAA e foi diferente da ocorrida 3 horas (0.16%) após a aplicação (Tabela 3 e Figura 11 E). Observa-se na Figura 11F que a translocação aumenta com o passar das horas. O crescimento da translocação em função das horas é explicado pelo modelo quadrático, com coeficiente de determinação (R^2) igual a 0.61 (Figura 11 F).

O epoxiconazol, fungicida representante do grupo dos triazóis, é classificado como um produto sistêmico (AGROFIT), ou seja, possui a capacidade de translocar do local da aplicação para outras partes da planta. Em função desta capacidade de penetração e translocação dentro da planta, é capaz de agir curativamente. Porém, segundo Kimati et al. (1995), sob o ponto de vista epidemiológico, os mais importantes princípios envolvidos são a proteção e a imunização. Proteção porque são mais comumente pulverizados nas folhagens e a maior parte do resíduo fica depositada externamente, à espera do patógeno; imunização porque a pequena

porcentagem que penetra pode translocar na seiva e apresentar-se em concentração fungitóxica dentro dos tecidos sadios do hospedeiro. Os resultados obtidos confirmam estas hipóteses, pois ao final de 3 dias (72 HAA), 24% do produto permaneceu na parte externa da folha, com potencial efeito protetor e 56% penetrou na folha, com potencial efeito curativo. Do total absorvido pela folha, aproximadamente 1% translocou para as partes mais distantes do ponto de aplicação (Tabela 3).

A translocação de um fungicida qualquer no interior das plantas está associada à sua lipofilicidade intrínseca ou a sua relativa solubilidade nas membranas celulares. O coeficiente de partição octanol-água (log K_{ow}) é uma medida da lipofilicidade de um composto, estando assim relacionado à absorção e transporte deste. Este coeficiente varia de 2 a 7 e é utilizado como parâmetro para medir a velocidade de translocação ou sistemicidade dos fungicidas nas plantas (SILVA; FAY, 2004).

A permeação de compostos lipofílicos através da cutícula é em geral rápida, porém compostos muito lipófilicos podem ficar retidos nas ceras da folha, retardando a difusão para o apoplasto. Compostos muito hidrofílicos também são particionados lentamente da cutícula para o apoplasto (HSU et al. 1995).

Fungicidas lipofílicos ou não polares que possuem log K_{ow} maior que quatro, a exemplo do difenoconazol (log K_{ow} = 4,3), se movem lentamente no interior das plantas, permanecendo na maioria das vezes, aderido a materiais lipídicos. Por sua vez os fungicidas hidrofílicos ou polares que possuem log K_{ow} menor que três, como o flutriafol (log K_{ow} = 2,3), se movem rapidamente no interior das plantas, pois são mais solúveis em água (AZEVEDO, 2007). O epoxiconazol com log K_{ow}= 3.44 (a 22°C e pH 7) tem uma sistemicidade mediana (INFORMAÇÃO INTERNA BASF).

Tabela 3 - Balanço de massa (%) entre o que foi não absorvido, absorvido e translocado as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação dos fungicidas epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade em plantas de soja

	Horas após a aplicação – HAA					CV (%)
Epoxiconazol	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**	
Total não absorvido	33.18 ab[1]	35.64 ab	46.29 a	31.64 ab	23.83 b	16.89
Total absorvido	41.15 b	38.48 b	34.83 b	37.16 b	56.03 a	11.62
Total translocado	0.16 b	0.46 ab	0.75 ab	0.91 ab	0.96 a	42.86
Total translocado[2]	0.39 b	0.67 ab	0.87 a	0.95 a	0.95 a	21.23
Piraclostrobina	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**	
Total não absorvido	50.50 a	48.43 a	32.51 ab	39.75 ab	23.17 b	21.51
Total absorvido	37.14 a	40.16 a	51.34 a	47.69 a	58.34 a	17.52
Total translocado	0.00 a	0.02 a	0.02 a	0.01 a	0.04 a	155.40
Total translocado[2]	0.06 a	0.12 a	0.12 a	0.08 a	0.17 a	72.82
Fluxapiroxade	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**	
Total não absorvido	78.32 a	80.10 a	72.16 a	53.75 b	45.41 b	9.49
Total absorvido	23.89 b	25.08 b	25.68 b	42.98 a	46.22 a	11.77
Total translocado	0.01 b	0.01 b	0.00 b	0.49 a	0.51 a	78.86
Total translocado[2]	0.13 b	0.11 b	0.04 b	0.68 a	0.71 a	35.20

[1] médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$)
[2] dados transformados em raiz quadrada

Pela análise de variância verificou-se que não houve diferença significativa na absorção e translocação da ^{14}C-piraclostrobina em relação às horas após a aplicação, considerando um nível de 5% de significância. A máxima absorção (58%) ocorreu 72 HAA (Tabela 3 e Figura 12 A). Analisando a absorção da piraclostrobina verifica-se uma tendência de crescimento ao longo do tempo (Figura 12 A). Efetuou-se a análise de regressão e o modelo que melhor se ajustou aos dados da radiação total absorvida, foi o modelo linear, com coeficiente de determinação igual a 0.40 (Figura 12B).

A absorção da azoxistrobina (estrobilurina) é um processo gradual, onde normalmente entre 1-3% (videira, formulação SC, sem umectante) e 25% (cereais, formulação SC com umectante embutido; banana, formulação SC pulverizada com óleo) do material aplicado é absorvido pela folha dentro de 24 horas após a aplicação (BARTLETT et al., 2002).

Em outro trabalho, Bartlett et al. (2001) citam que normalmente cerca de 40% da picoxistrobina (estrobilurina) aplicada é absorvida pelas folhas um dia após a aplicação e aproximadamente metade disto entra na folha duas horas após a aplicação. Segundo os autores o material que permanece na superfície foliar tem

uma excelente resistência à lavagem pela chuva, uma vez que, em experimento conduzido na cultura do trigo eles constataram que não houve declínio no controle de *Septoria tritici* quando se comparou plantas pulverizadas com picoxistrobina (250g de ingrediente ativo.ha^{-1}) na ausência de chuva e plantas que foram expostas a 10mm de chuva simulada por uma hora, aplicado duas horas após a pulverização.

Godwin et al. (2000) trabalhando com trigo e cevada verificaram que 30-45% da picoxistrobina aplicada à superfície foliar é absorvida pelas células da folha dentro de 24 horas após a aplicação. Os autores relatam que este nível de absorção confere excelente propriedade curativa, enquanto que o material que permanece na superfície foliar, não absorvido, é responsável pela propriedade preventiva.

Em relação a porção não absorvida, verificou-se diferença significativa entre as horas após a aplicação, sendo a quantidade não absorvida 3 e 9 HAA iguais estatisticamente e diferente da observada 72 HAA (Tabela 3). Assim, 51% do produto se encontrava externamente à folha 3 HAA e 23% 72 HAA. O modelo de regressão que melhor se ajustou a radiação total não absorvida foi o linear com coeficiente de determinação de 0.47 (Figura 12 D).

Como não houve diferença quanto à translocação, pois o fungicida permaneceu praticamente imóvel dentro da planta, nenhum modelo se ajustou aos dados, visto que, nenhum comportamento efetivo em função das horas pode ser observado.

De acordo Vincelli (2002) o fungicida azoxistrobina move-se translaminarmente bem como sistemicamente, já o cresoxim-metílico e a trifloxistrobina movem-se translaminarmente, mas não sistemicamente. Estas últimas moléculas têm sido chamadas de mesostêmicos, quase sistêmicos ou sistêmicos de superfície. A piraclostrobina é um fungicida que pertence ao grupo das estrobilurinas e é classificado como um produto sistêmico de superfície. Com log K_{ow} = 3.99 (a 22°C e pH 7) tem uma sistemicidade considerada mediana (INFORMAÇÃO INTERNA BASF).

Os fungicidas QoI (inibidor externo da quinona), azoxistrobina, fenamidona, fluoxastrobina, cresoxim-metílico, trifloxistrobina e piraclostrobina, apresentam movimento translaminar. Quando estes fungicidas são aplicados, a maior parte do ingrediente ativo é inicialmente mantido sobre ou dentro da cutícula cerosa da superfície das plantas. Alguns dos ingredientes ativos, no entanto, dispersão "vazam" para as células subjacentes. Assim, o fungicida pode ser encontrado em

ambas as superfícies da folha, mesmo se apenas uma superfície da folha foi tratada. O movimento translaminar pode levar de um a vários dias para ser totalmente eficaz (VINCELLI, 2002).

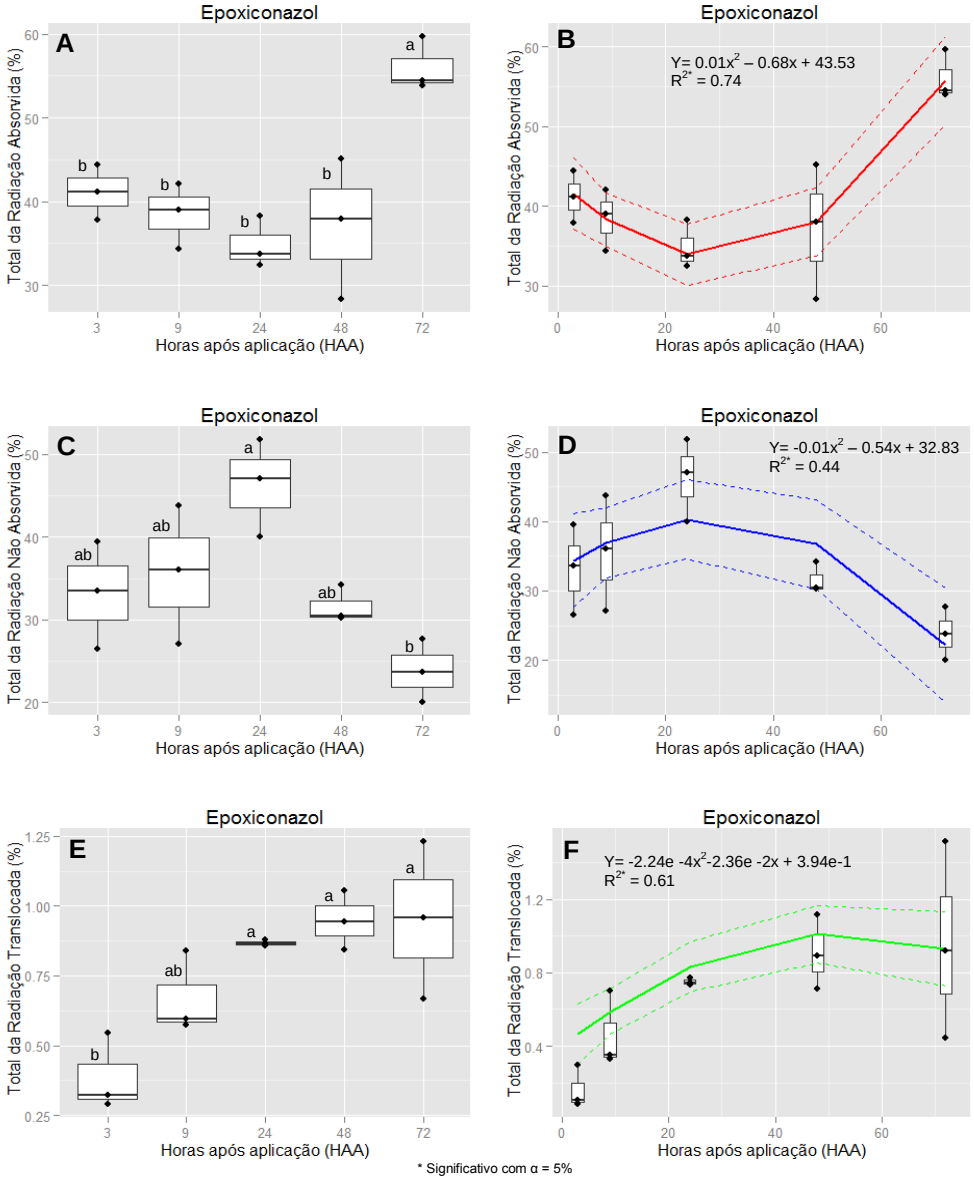


Figura 11 – Representação em box plot e regressão do total das radiações absorvida (A e B), não absorvida (C e D) e transcolada (E e F) para o fungicida epoxiconazol as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação em plantas de soja

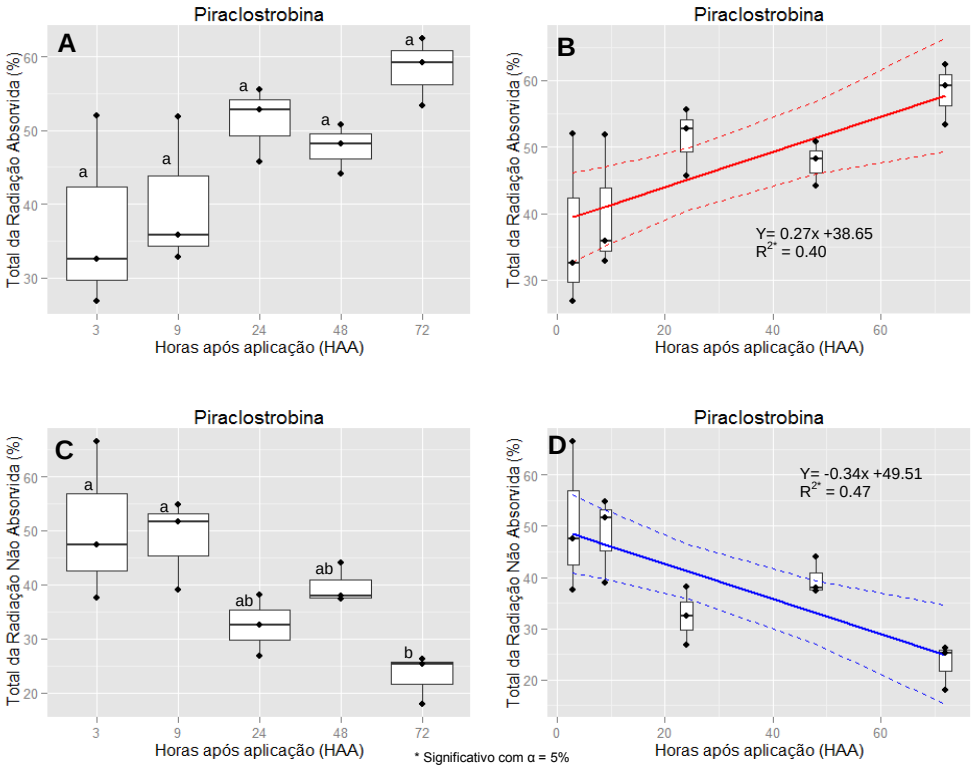


Figura 12 – Representação em box plot e regressão do total das radiações absorvida (A e B) e não absorvida (C e D) para o fungicida piraclostrobina as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação em plantas de soja

O ^{14}C-fluxapiroxade apresentou diferença estatística, em relação às horas após a aplicação, considerando um nível de 5% de significância, para todos os fatores avaliados - radiação absorvida, não absorvida e translocada (Tabela 3).

A maior absorção (46%) do ^{14}C-fluxapiroxade ocorreu as 72 HAA e não diferiu da ocorrida as 48 HAA. As menores absorções ocorreram as 3, 9 e 24 horas e também não diferiram estatisticamente entre si. A parte não absorvida teve comportamento semelhante e inverso, onde as menores quantidades foram observadas as 48 e 72 HAA e as maiores as 3, 9 e 24 HAA. A translocação do ^{14}C-Fluxapiroxade obedeceu a mesma tendência de não se observar diferença significativa entre 3, 9 e 24 HAA e entre 48 e 72 HAA. A maior translocação (0.51%) ocorreu as 72 horas após a aplicação (Tabela 3).

A mudança significativa de comportamento do produto no interior da planta, ocorreu entre 24 e 48 HAA, pois foi neste período, que aumentou significativamente a absorção e translocação do mesmo (Figuras 13 A e 13 E). A absorção mais lenta do fluxapiroxade nas primeiras 24 HAA, corrobora e ao mesmo tempo explica os resultados obtidos no experimento B, onde observou-se maior efeito da lavagem do

produto pela chuva nas primeiras 24 horas iniciais após a aplicação (Tabela 2 e Figura 9).

Nota-se que a maior parte do produto permanece no exterior da folha - 78% em 3 horas e 45% em 72 horas (Tabela 3). Este comportamento confere à molécula um pronunciado efeito protetor, uma vez que, a parte não absorvida inibirá a germinação dos esporos que se depositam sobre as folhas. Além disso, o produto tem efeito curativo, pois a parte absorvida irá controlar as estruturas do patógeno no interior das folhas. Em suma, o balanço de massa entre o que foi absorvido, não absorvido e translocado, mostra que o fungicida fluxapiroxade apresenta efeito protetivo e curativo, podendo agir a curtas e longas distâncias.

O modelo de regressão que melhor se ajustou à radiação total absorvida e não absorvida foi o exponencial, com coeficientes de determinação (R^2) de 0.80 e 0.83, respectivamente (Figuras13 B e 13 D). A translocação também apresentou um crescimento exponencial, porém, o modelo não se ajustou perfeitamente aos dados (R^{2*} = 0.59) (Figura 13 F).

O fluxapiroxade é um fungicida pertencente ao grupo das carboxamidas e é classificado como produto sistêmico. Com log K_{ow}= 3.13 (a 22°C e pH 7) também possui uma sistemicidade mediana (INFORMAÇÃO INTERNA BASF).

.

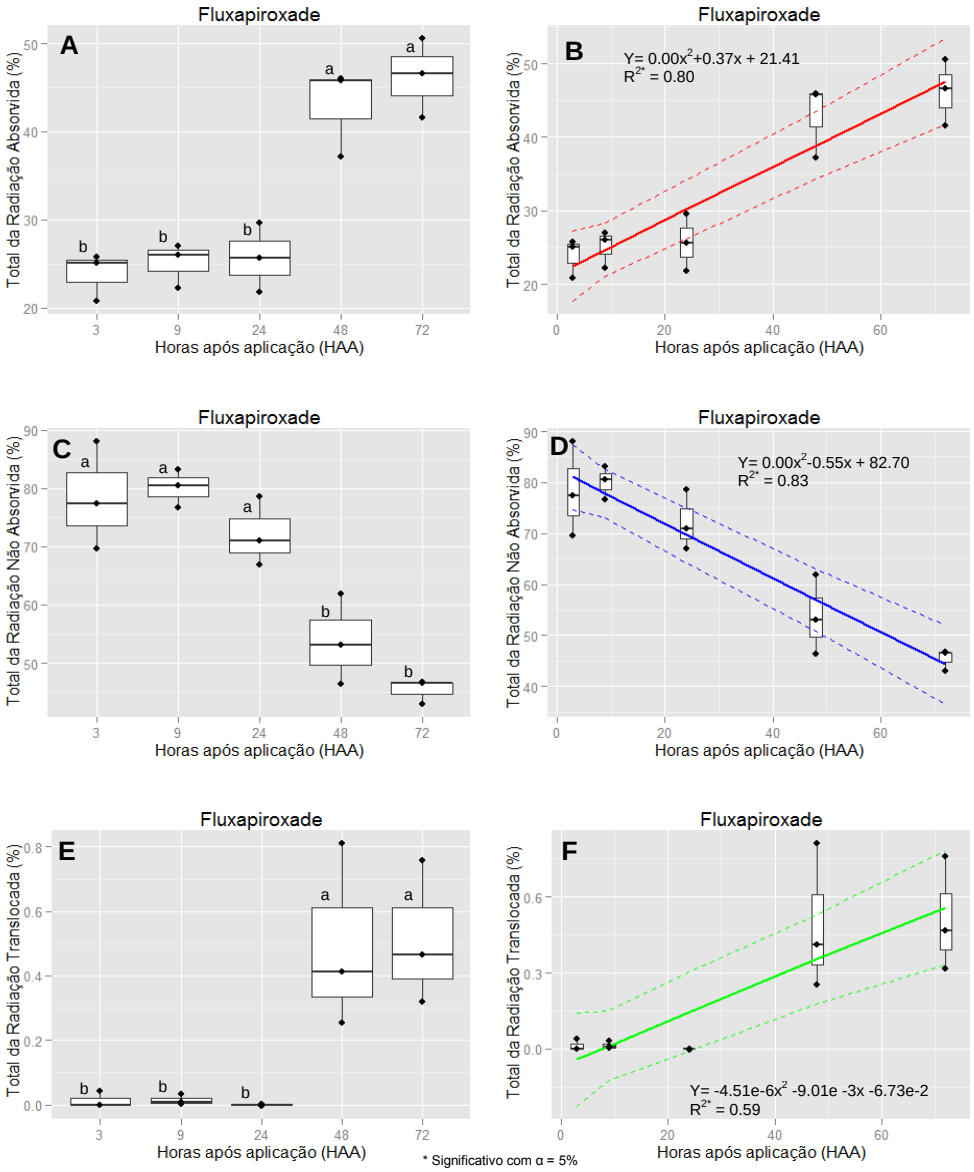


Figura 13 – Representação em box plot e regressão do total das radiações absorvida (A e B), não absorvida (C e D) e transcolada (E e F) para o fungicida fluxapiroxade as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação em plantas de soja

A distribuição da radioatividade absorvida, em porcentagem, por diferentes partes da planta de soja, as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação de epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade é mostrada na Tabela 4.

Analisando a translocação dos fungicidas para os tecidos adjacentes, nota-se que a piraclostrobina ficou totalmente retida nos folíolos aplicados. Estes resultados reiteram a característica não sistêmica deste fungicida, pois não se observou sua presença em outras partes da planta (Tabela 4). No caso da picoxistrobina, Bartlett et al. (2001) comentam que, uma vez absorvida pela folha, o produto é móvel no xilema (sistêmica), translocando-se com o fluxo de água na corrente de transpiração.

Já o epoxiconazol foi encontrado em todas as partes analisadas, confirmando sua característica sistêmica.

O epoxiconazol e o fluxapiroxade foram capazes de se translocar dos folíolos tratados para os não tratados. Contudo, a translocação do epoxiconazol foi mais intensa e rápida, quando comparado ao fluxapiroxade, corroborando novamente, com a maior sistemicidade do triazol (Tabela 4). A translocação do fungicida para a parte superior da planta tem grande importância prática, pois protegerá as novas brotações que não receberam o produto por ocasião da aplicação.

O total da translocação acropetal - que é a soma das porcentagens de translocação para as partes acima da folha tratada (folhas e caule) - foi de 0.58% para o epoxiconazol; 0.00% para a piraclostrobina e 0.28% para o fluxapiroxade as 72 HAA. Da mesma forma, o total da translocação basipetal - que é a soma das porcentagens de translocação para as partes abaixo da folha tratada (folhas e caule) – foi de 0.15% para o epoxiconazol; 0.00% para a piraclostrobina e 0.03% para o fluxapiroxade as 72 HAA (Tabela 4).

Bartlett et al. (2002) trabalhando com os fungicidas picoxistrobina e azoxistrobina em cereais de inverno, verificaram por meio de análises quantitativas a translocação dos fungicidas em relação a região aplicada. Os autores observaram que 20% da picoxistrobina e 8% da azoxistrobina que entram na folha, movem-se acima do ponto de absorção dentro de 8 dias após a aplicação, evidenciando que ambos podem mover-se para as folhas novas ou em expansão.

O epoxiconazol e fluxapiroxade foram também detectados no pecíolo da folha, indicando que possivelmente estes fungicidas atingiram o xilema e estão se movendo através da corrente de transpiração. Além disso, observou-se a presença dos mesmos nas raízes, indicando que ocorreu algum movimento no sentido basipetal (Tabela 4).

O movimento basipetal de algumas moléculas fungicidas ou de seus compostos derivados, ocorre via simplasto pelos tubos crivados do floema (CHOLLET et al. 2004). A maioria dos fungicidas não podem mover-se desta maneira, embora seja um atributo desejável para aumentar o controle de doenças de solo (AUGUSTO; BRENNEMAN, 2012). De acordo com Mc Grath (2004) os fungicidas sistêmicos móveis pelo floema, também conhecidos como "verdadeiros" ou fungicida sistêmicos com mobilidade nos dois sentidos, têm mobilidade bidirecional. O autor menciona que alguns materiais se movem no floema além da

folha em que foram depositados, para cima em direção às folhas e, para baixo em direção às raízes e que fungicidas sistêmicos não podem retornar ao local de origem após a translocação.

O movimento basipetal seria um atributo especialmente importante para os fungicidas utilizados no controle da ferrugem da soja. A partir do estádio reprodutivo (R1) a soja forma uma densa camada de folhas que impede que o produto atinja as folhas do baixeiro, por onde geralmente se inicia o processo de infecção.

A translocação do fluxapiroxade se inicia as 24 HAA, independente da parte da planta analisada. Em contrapartida observa-se a translocação do epoxiconazol já a partir de 3 HAA (Tabela 4). Avaliando os três fungicidas, pode-se dizer que a sistemicidade é alta para o epoxiconazol, intermediaria para o fluxapiroxade e nula para a piraclostrobina.

Tabela 4 - Distribuição da radioatividade absorvida (%) por diferentes partes da planta de soja, as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação dos fungicidas epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade

	Horas após a aplicação - HAA				
Epoxiconazol	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**
Folha tratada (FT)	40.98	38.01	34.08	36.24	55.08
Folha acima da FT	0.00	0.00	0.21	0.33	0.51
Folha abaixo da FT	0.02	0.00	0.00	0.14	0.11
Pecíolo da FT	0.08	0.44	0.45	0.32	0.09
Caule acima da FT	0.00	0.00	0.04	0.04	0.07
Caule abaixo da FT	0.03	0.00	0.03	0.04	0.04
Raiz	0.03	0.01	0.05	0.05	0.14
Piraclostrobina	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**
Folha tratada (FT)	37.14	40.14	51.33	47.67	58.29
Folha acima da FT	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
Folha abaixo da FT	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Pecíolo da FT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
Caule acima da FT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Caule abaixo da FT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Raiz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Fluxapiroxade	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**
Folha tratada (FT)	23.88	25.08	25.68	42.48	45.72
Folha acima da FT	0.00	0.00	0.00	0.06	0.27
Folha abaixo da FT	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Pecíolo da FT	0.00	0.00	0.00	0.38	0.10
Caule acima da FT	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
Caule abaixo da FT	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
Raiz	0.01	0.00	0.00	0.03	0.15

Nas autorradiografias dos folíolos de soja é possível observar a maior concentração do fungicida no local onde o produto foi aplicado (em vermelho) e a menor concentração onde o mesmo foi redistribuído (em azul) (Figuras 14; 15 e 16).

Pelos perfis de translocação do epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade mostrados nas autorradiografias, pode-se perceber que a maior parte do fungicida radiomarcado permaneceu na região da folha aplicada para todos os tratamentos, principalmente para a piraclostrobina (Figuras 14; 15 e 16). Em algumas autorradiografias é possível observar fortes traços de radiação somente nas posições em que as gotas do fungicida foram depositadas.

Fungicidas sistêmicos com mobilidade pelo xilema, quando aplicados em folhas se movem através da folha em que foi depositado, mas não podem ser redistribuídos para outra região que não aquela folha, no entanto, qualquer material depositado na haste pode se mover de forma ascendente em direção às folhas (Mc GRATH, 2004)

No caso do epoxiconazol, o tratamento de maior absorção, a sua autorradiografia apresenta traços mais fortes de radiação em outros tecidos não aplicados (Figura 14). Nota-se que o epoxiconazol se redistribuiu na folha aplicada de forma rápida, protegendo a folha por completo a partir de 24 HAA. O mesmo ocorre com o fluxapiroxade que apresenta uma boa redistribuição também a partir de 24 HAA. Já a piraclostrobina apresenta redistribuição mais limitada e lenta em comparação com os outros dois fungicidas testados (Figuras 14; 15 e 16).

Na Figura 17 observa-se a translocação do fluxapiroxade em toda a planta de soja, em aplicação realizada nas denominadas folhas unifolioladas - estágio vegetativo V_1. As autorradiografias confirmam a translocação acropetal (da base para o ápice) do produto. A translocação basipetal (do ápice para a base) também ocorre, porém de maneira muito insipiente como visto na Tabela 4. Analisando as imagens na sequência dos dias após a aplicação, é possível visualizar com nitidez que o fluxapiroxade está se movendo a favor da corrente de transpiração – translocação rumo ao pecíolo, parte em azul – e que, portanto, o produto deve ter alcançado o xilema.

Estudos sistêmicos, principalmente com herbicidas, têm mostrado que a capacidade de um pesticida para se concentrar no simplasto/floema e mover-se a longas distâncias, está principalmente relacionado com sua força ácida (DEVINE, 1989).

A força do ácido é medido pelo logaritmo negativo, pK_a, da constante de dissociação do ácido, K_a (RIGITANO et al. 1987). Um pesticida com pK_a menor que 7 é em geral considerado ácido (KLEIER; GRAYSON; HSU, 1998). A maioria dos fungicidas não têm propriedades ácidas ou básicas, a exceção do fosetil-Al que é um ácido fraco (pK_a = 4.7) (BRUDENELL; BAKER; GRAYSON, 1995).

O triazol protioconazol tem lipofilicidade intermediaria (log K_{ow} = 3.82) e é um ácido fraco (pK_a = 6.9) o que poderia, teoricamente, conferir alguma mobilidade pelo floema (AUGUSTO; BRENNEMAN, 2012). Augusto e Brenneman (2012) avaliaram a sistemicidade de fungicidas na cultura do amendoim através de bioensaios com *Sclerotium rolfsii* e demostraram que todos os produtos avaliados promoveram proteção acropetal e indicaram que protioconazol + tebuconazol ou protioconazol aplicado à folhagem, pode, às vezes, reduzir doenças nas partes inferiores da planta não tratada. O fluxapiroxade possui pK_a = 12.6, e portanto, não tem força ácida que permita a translocação pelo floema, como ficou demonstrado na Figura 17.

Figura 14 - Radioimagem de folíolos de soja as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação de ^{14}C-epoxiconazol

Figura 15 - Radioimagem de folíolos de soja as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação de ^{14}C-piraclostrobina

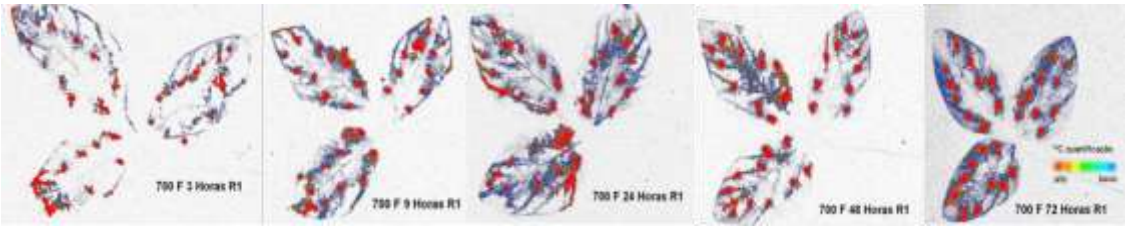


Figura 16 - Radioimagem de folíolos de soja as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação de ^{14}C-fluxapiroxade

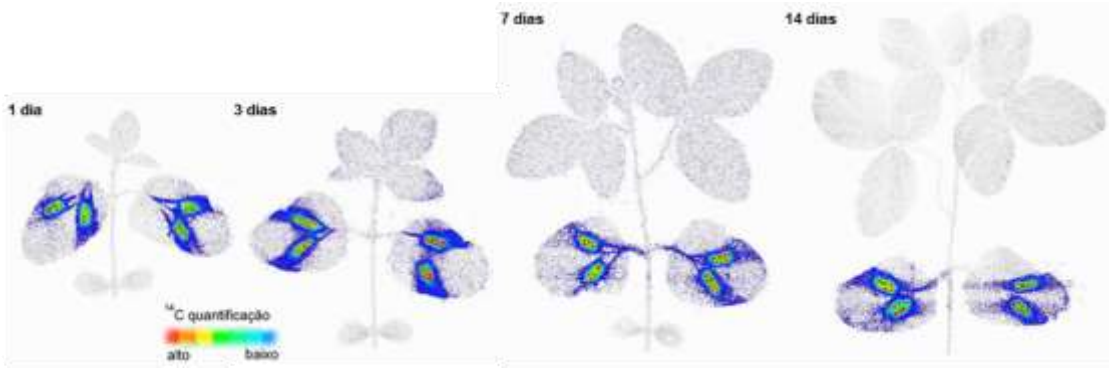


Figura 17 - Radioimagem de planta de soja tratada com ^{14}C-fluxapiroxade 1, 3, 7 e 14 dias após a aplicação

3.3.3 Sistemicidade do fluxapiroxade associado à adjuvante e fosfito

A análise do fluxapiroxade aplicado isoladamente já foi objeto de discussão em sistemicidade de fungicidas (Tabela 3). Portanto, neste experimento será abordado apenas suas interações com o adjuvante e o fosfito de potássio.

O balanço de massa, em porcentagem, entre o que foi absorvido, não absorvido e translocado para o fungicida fluxapiroxade, aplicado de forma isolada e em combinação com o adjuvante (óleo mineral – Assist) e o fosfito de potássio (Phytogard K), encontra-se na Tabela 5.

Analisando a absorção do ^{14}C-fluxapiroxade associado ao adjuvante, verifica-se que não houve diferença significativa na absorção do produto em função das horas após a aplicação. A máxima absorção (48%) foi detectada 72 HAA, e o crescimento da mesma, em função das horas, segue o modelo quadrático (R^2 = 0,42) (Tabela 5 e Figuras 18 A e 18 B). A adição do adjuvante ao fluxapiroxade resultou num aumento médio da absorção na ordem de 60% nas primeiras 24 horas.

Quanto a parte não absorvida do ^{14}C-fluxapiroxade/Adjuvante os dados apontam que houve diferença em função das horas. A maior quantidade foi observada as 3 e 9 HAA, não diferindo entre si, e a menor quantidade foi detectada as 24 e 72 HAA, também sem diferença entre si (Tabela 5). Verifica-se que há redução da quantidade não absorvida ao longo do tempo (Figura 18 C), e que esta pode ser mensurada pelo modelo quadrático, que melhor se ajustou aos dados (Figura 18D).

Pela análise de Tukey ($p<0.05$) verifica-se que a translocação foi menor as 3 e 9 HAA, aumentando significativamente a partir das 24 horas até atingir o máximo

(0.78%) as 72 HAA (Tabela 5 e Figura 18 E). A translocação apresenta crescimento exponencial com boa acurácia do modelo (R^2* = 0.78) (Figura 18 F).

Os dados revelam ainda que o adjuvante/óleo mineral contribuiu para o aumento da translocação do produto no interior da planta. Enquanto que, para o produto isolado a translocação foi praticamente detectada as 48 HAA, na associação com o adjuvante/óleo mineral, já se registrava valores significativos a partir da primeira leitura, efetuada às 3 HAA (Tabela 5). Podemos dizer que esta maior translocação se refletirá em um maior efeito sistêmico e curativo do produto, características estas altamente desejáveis em um fungicida. Vincelli (2002) comenta que em termos práticos, o movimento sistêmico (quando ocorre) e translaminar ajudam a compensar a cobertura de pulverização mal feita, além de controlar as doenças de forma curativa.

Na prática a adição do adjuvante ao fluxapiroxade promoverá maior e mais rápida penetração do produto no interior na planta. Segundo Azevedo (2003), os óleos emulsionáveis aumentam a penetração dos defensivos pela camada encerada da cutícula numa superfície foliar e, assim, aumentam a taxa de penetração. Infere-se assim, que o produto sofrerá uma menor perda por lavagem, caso ocorra chuva logo após a aplicação. Esta afirmação pode ser corroborada com os resultados obtidos nos experimentos A e B, onde se estudou o efeito do adjuvante em combinação aos fungicidas sob chuva simulada no controle da ferrugem Asiática da soja.

No experimento A verificou-se que a associação do adjuvante (Assist) ao fungicida fluxapiroxade + piraclostrobina (Orkestra SC) resultou em maior controle da doença, principalmente quando a chuva ocorreu até uma hora após a aplicação (Figuras 6 e 8). Além disso, é possível inferir que o fluxapiroxade + piraclostrobina penetrou muito rapidamente no tecido foliar e/ou ficou fortemente aderido à camada cerosa, pois após sua aplicação e simulação de chuva artificial (15 e 30 mm), logo em sequência (0’), assegurou um controle mínimo de 60 e 80%, sem e com adjuvante, respectivamente (Figura 8). Da mesma forma, no experimento B, verificou-se que a adição do adjuvante ao fungicida fluxapiroxade diminuiu consideravelmente a severidade da doença (Figura 9).

Tabela 5 - Balanço de massa (%) entre o que foi não absorvido, absorvido e translocado as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação dos tratamentos fluxapiroxade, fluxapiroxade + adjuvante (Assist) e fluxapiroxade + fosfito de potássio (Phytogard K) em plantas de soja

	Horas após a aplicação - HAA					CV (%)
Fluxapiroxade	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**	
Total não absorvido	78.32 a[1]	80.10 a	72.16 a	53.75 b	45.41 b	9.49
Total absorvido	23.89 b	25.08 b	25.68 b	42.98 a	46.22 a	11.77
Total translocado	0.01 b	0.01 b	0.00 b	0.49 a	0.51 a	78.86
Total translocado[2]	0.13 b	0.11 b	0.04 b	0.68 a	0.71 a	35.20
Fluxapiroxade+Ajuv.	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**	
Total não absorvido	55.52 a	55.71 a	43.31 b	46.48 ab	42.63 b	7.54
Total absorvido	37.09 a	36.89 a	48.00 a	44.94 a	48.02 a	10.05
Total translocado	0.13 b	0.24 b	0.67 a	0.62 a	0.78 a	17.56
Total translocado[2]	0.36 b	0.49 b	0.82 a	0.79 a	0.88 a	8.33
Fluxapiroxade+Fosf. K	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**	
Total não absorvido	66.52 a	64.67 a	62.46 a	74.47 a	62.99 a	11.73
Total absorvido	16.75 b	19.89 b	22.26 ab	19.48 b	29.13 a	13.65
Total translocado	0.06 b	0.05 b	0.11 b	0.29 a	0.54 a	28.55
Total translocado[2]	0.25 b	0.23 b	0.33 b	0.54 a	0.73 a	18.15

[1] médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05)
[2] dados transformados em raiz quadrada

Avaliando os resultados do teste de Tukey ($p<0.05$) para a absorção do ^{14}C-fluxapiroxade associado ao fosfito de potássio, verifica-se que a absorção máxima (29%) ocorreu as 72 HAA e foi estatisticamente diferente da ocorrida as 3, 9 e 48 HAA (Tabela 5 e Figura 19 A). O crescimento da absorção em função das horas obedeceu a uma tendência linear, embora, o modelo de regressão não tenha se ajustado perfeitamente aos dados ($R^2 = 0.47$) (Figura 19 B).

Para a porção não absorvida não se verificou diferença significativa entre as horas após a aplicação. Também nenhum modelo se ajustou aos dados, visto que, nenhuma tendência de crescimento ou decréscimo em função das horas pode ser observado (Tabela 5).

Os dados originais referentes à translocação do ^{14}C-fluxapiroxade associado ao fosfito de potássio não atenderam às pressuposições do modelo obtidas pelo teste da normalidade dos resíduos de Shapiro-Wilk (valor de $p = 0.02$) e homogeneidade das variâncias de Bartlett (valor de $p = 0.01$) a 5% de significância. Desta forma, os dados tiveram que ser transformados em raiz quadrada para que as pressuposições do modelo fossem cumpridas.

Houve diferença estatística (Tukey - $p<0.05$) quanto à translocação do ^{14}C-fluxapiroxade associado ao fosfito em função das horas após a aplicação. A translocação foi menor e igual as 3, 9 e 24 HAA e maior e igual as 48 e 72 HAA. A máxima translocação (0.54%) foi observada as 72 HAA (Tabela 5 e Figura 19 C).

O crescimento da translocação do ^{14}C-fluxapiroxade/Fosfito em função das horas foi exponencial. Verifica-se que o modelo quadrático obtido tem uma alta acurácia ($R^{2*} = 0.87$) (Figura 19 D).

Na leitura realizada as 3 HAA, o fluxapiroxade associado ao fosfito de potássio apresentou apenas 17% de absorção, contra 24% para o produto isolado e 37% para a mistura com o adjuvante/óleo mineral. Assim, nas primeiras três horas, a adição do adjuvante proporcionou 54% de incremento na absorção do ^{14}C-fluxapiroxade e a adição do fosfito de potássio resultou em menos 29% de absorção. Esta menor absorção observada na combinação do fungicida com o fosfito de potássio permaneceu até a leitura final realizada às 72 HAA (Tabela 5).

Pode-se assim dizer que a associação de fluxapiroxade ao fosfito de potássio resultou em efeito antagônico, diminuindo a quantidade de fungicida absorvido pelas plantas de soja. No entanto, é intrigante observar que no caso da translocação o resultado foi o inverso, ou seja, não ocorreu antagonismo, pois nota-se que de forma geral a translocação foi igual quando se combinou os dois produtos (Tabela 5). Em suma, observou-se uma menor absorção de fluxapiroxade quando associado ao fosfito de potássio, porém, esta pequena quantidade absorvida foi relativamente melhor translocada internamente, visto que, se observou sinais de translocação a partir das 3 HAA na associação com o fosfito, enquanto que, para o produto sozinho, a translocação iniciou-se após as 24 HAA. A hipótese é que o fosfito tenha carreado o fluxapiroxade internamente na planta.

Segundo Guest e Grant (1990) os fosfitos apresentam ação sistêmica acropetal e basipetal e atuam na supressão de doenças foliares e radiculares. Ouimette e Coffey (1989) mencionam que entre os fosfitos, o de potássio destaca-se por apresentar maior solubilidade, quando comparado a outros produtos do grupo.

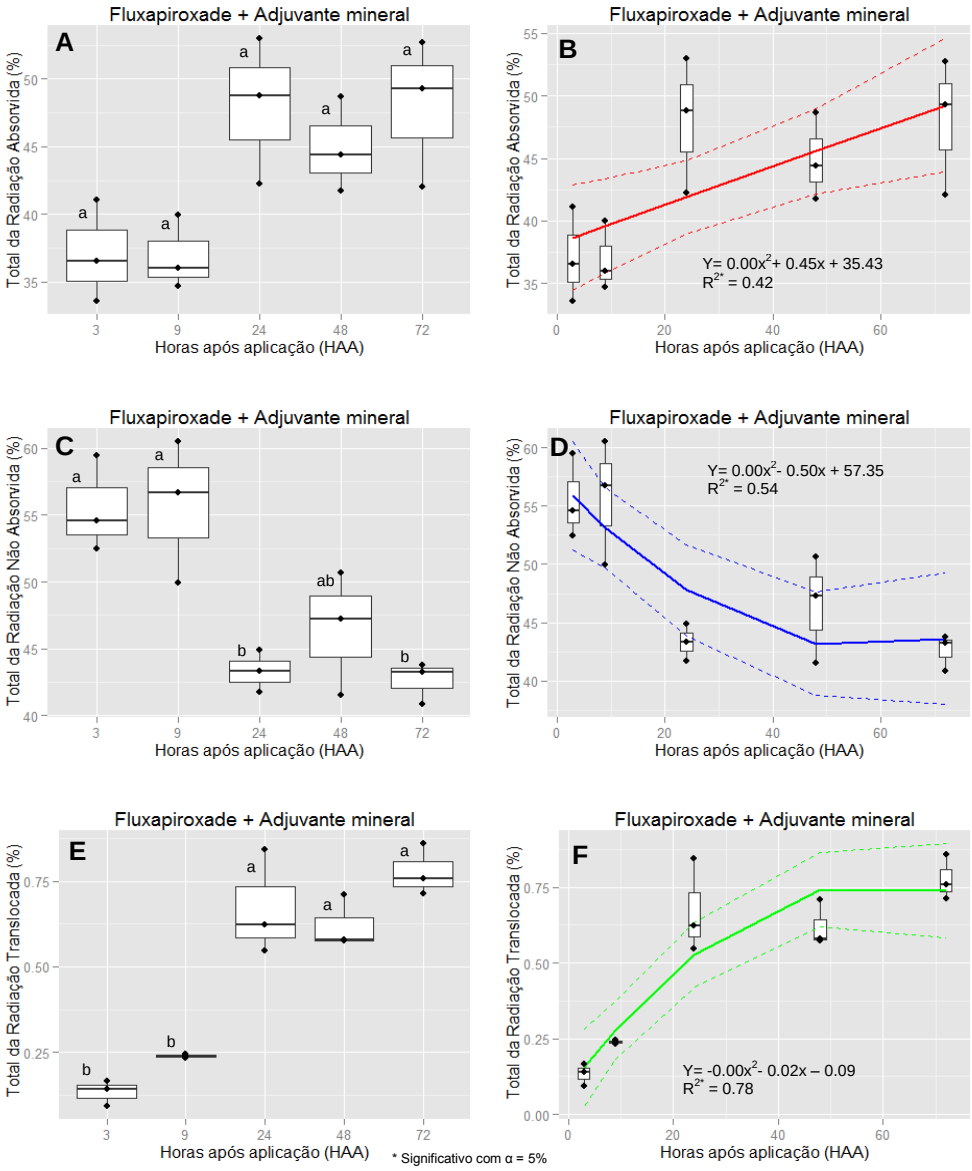


Figura 18 – Representação em box plot e regressão do total das radiações absorvida (A e B), não absorvida (C e D) e transcolada (E e F) para o fungicida fluxapiroxade em associação ao adjuvante (óleo mineral - Assist) as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação em plantas de soja

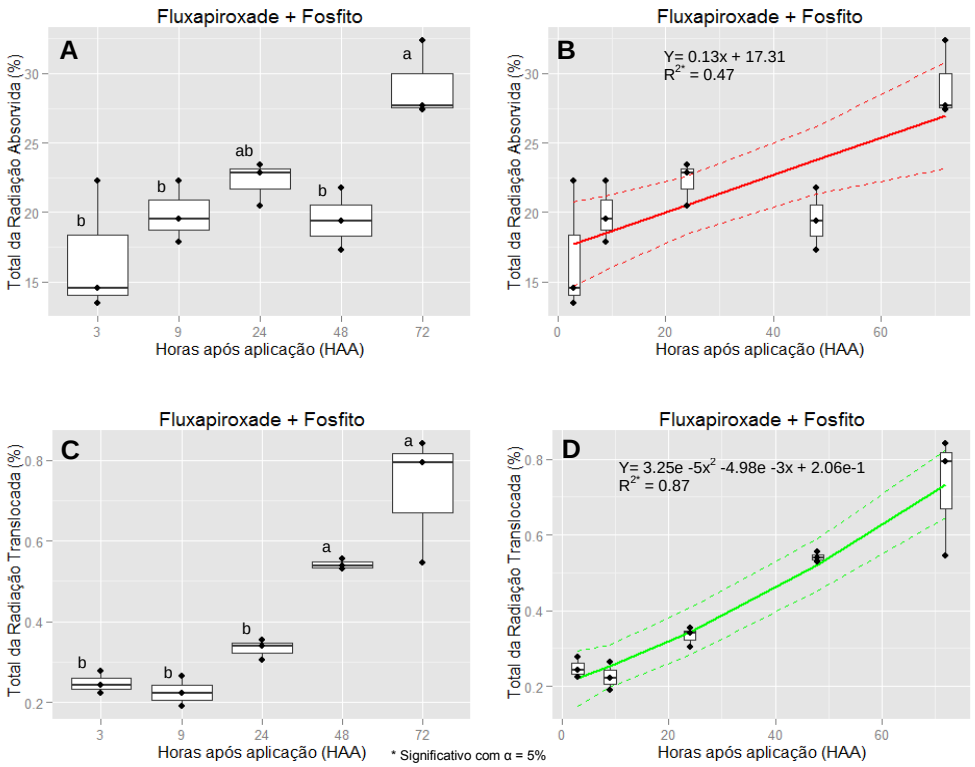


Figura 19 – Representação em box plot e regressão do total das radiações absorvida (A e B) e transcolada (C e D) para o fungicida fluxapiroxade em associação ao fosfito de potássio (Phytogard K) as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação em plantas de soja

Na Tabela 6 é apresentada a distribuição da radioatividade absorvida, em porcentagem, por diferentes partes da planta de soja, as 3, 9, 24, 48 e 72 HAA de fluxapiroxade, fluxapiroxade + adjuvante (Assist) e fluxapiroxade + fosfito de potássio (Phytogard K).

O fluxapiroxade apresentou padrões de translocação relativamente diferentes de acordo com a combinação utilizada. No tratamento em que se utilizou o fungicida em mistura com o adjuvante, a translocação foi maior do que quando se misturou o fosfito de potássio ou utilizou-se o produto isolado. Na combinação, fluxapiroxade mais adjuvante, observa-se maiores traços de radiação em outros tecidos diferentes da folha tratada (Tabela 6). Estes resultados confirmam que a adição do adjuvante aumentou a sistemicidade do produto e que a translocação ocorreu tanto no sentido acropetal como basipetal. Neste caso, podemos inferir que o produto está se movimentando tanto pelo xilema como pelo floema.

Os dados também reiteram que a adição do fosfito de potássio ao fluxapiroxade não contribuiu para o aumento da sistemicidade. Assim como no produto isolado, observou-se pouquíssima translocação basipetal, ou seja,

observou-se muito pouco produto nas raízes, folhas e caule abaixo do ponto de aplicação. Avaliando somente as raízes, novamente se observa a contribuição positiva do adjuvante e a inconsistência da mistura com o fosfito de potássio.

Agronomicamente seria desejável que o fosfito apresentasse sinergia com o fungicida, pois, de acordo com Panicker e Gangadharan (1999), os fosfitos agem inibindo o crescimento micelial e a esporulação do patógeno, além de induzir na planta a produção de fitoalexinas, fenilalanina-amônia-liase e compostos como a lignina e o etileno, que agem no processo de defesa da planta.

Analisando os folíolos acima da área tratada, observa-se que tanto o adjuvante quanto o fosfito de potássio, contribuíram para o aumento da translocação do fluxapiroxade para os folíolos acima do ponto de aplicação. Os valores observados as 72 HAA foram de 0.27% para o fluxapiroxade, 1.2% para a mistura com o adjuvante e 1.14% para a mistura com o fosfito de potássio. Ou seja, o adjuvante e o fosfito de potássio aumentaram a translocação do fluxapiroxade para os novos folíolos em quatro vezes aproximadamente (Tabela 6). Esta observação corrobora com a hipótese levantada anteriormente, de que ambos os produtos, estão ajudando no carreamento do fluxapiroxade no interior da planta de soja.

O total da translocação acropetal (soma das porcentagens de translocação para as partes acima da folha tratada) - foi de 0.28% para o fluxapiroxade; 1.25% para a mistura com o adjuvante e 1.19% para a mistura com o fosfito de potássio as 72 HAA. Da mesma maneira, o total da translocação basipetal (soma das porcentagens de translocação para as partes abaixo da folha tratada) – foi de 0.03% para o fluxapiroxade; 0.10% para a mistura com o adjuvante e 0.05% para a mistura com o fosfito de potássio as 72 HAA (Tabela 6).

A translocação dos fungicidas para os folíolos acima do ponto de aplicação tem grande importância prática, pois poderiam proteger as novas brotações que não receberam o produto por ocasião da aplicação. Isto é especialmente importante na cultura da soja, onde em média a cada 5 dias são emitidas novas folhas (CÂMARA, 2000). No entanto, Bartlett et al. (2002), verificaram que o movimento da azoxistrobina para as novas brotações, em culturas de folhas largas, é insuficiente para promover um bom controle de doenças nas folhas que emergem posteriormente (BARTLETT et al, 2002).

Tabela 6 - Distribuição da radioatividade absorvida (%) por diferentes partes da planta de soja, as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação dos tratamentos fluxapiroxade, fluxapiroxade/adjuvante (Assist) e fluxapiroxade/fosfito de potássio (Phytogard K)

	Horas após a aplicação - HAA				
Fluxapiroxade	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**
Folha tratada (FT)	23.88	25.08	25.68	42.48	45.72
Folha acima da FT	0.00	0.00	0.00	0.06	0.27
Folha abaixo da FT	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Pecíolo da FT	0.00	0.00	0.00	0.38	0.10
Caule acima da FT	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
Caule abaixo da FT	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
Raiz	0.01	0.00	0.00	0.03	0.15
Fluxapiroxade+Adjuvante	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**
Folha tratada (FT)	36.96	36.66	47.34	44.31	47.25
Folha acima da FT	0.03	0.12	1.02	1.14	1.20
Folha abaixo da FT	0.03	0.02	0.02	0.01	0.03
Pecíolo da FT	0.03	0.10	0.21	0.09	0.07
Caule acima da FT	0.01	0.01	0.02	0.01	0.05
Caule abaixo da FT	0.03	0.04	0.03	0.04	0.07
Raiz	0.03	0.03	0.05	0.10	0.16
Fluxapiroxade+Fosfito K	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**
Folha tratada (FT)	16.68	19.83	22.14	19.20	28.59
Folha acima da FT	0.00	0.00	0.09	0.69	1.14
Folha abaixo da FT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
Pecíolo da FT	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04
Caule acima da FT	0.00	0.01	0.00	0.00	0.05
Caule abaixo da FT	0.00	0.01	0.00	0.01	0.03
Raiz	0.03	0.02	0.06	0.02	0.05

Nas autorradiografias dos folíolos de soja observa-se maior concentração do fungicida no local onde o produto foi aplicado (em vermelho) e menor concentração onde o mesmo foi redistribuído (em azul) (Figuras 20; 21 e 22). As radioimagens confirmam as informações quantitativas obtidas anteriormente. Ou seja, o fluxapiroxade translocou-se ou redistribuiu-se mais nos folíolos aplicados, quando associado ao adjuvante seguido pelo fosfito de potássio, sendo que a aplicação do produto isolado apresentou a menor translocação.

Figura 20 - Radioimagem de folíolos de soja as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação de ^{14}C-fluxapiroxade

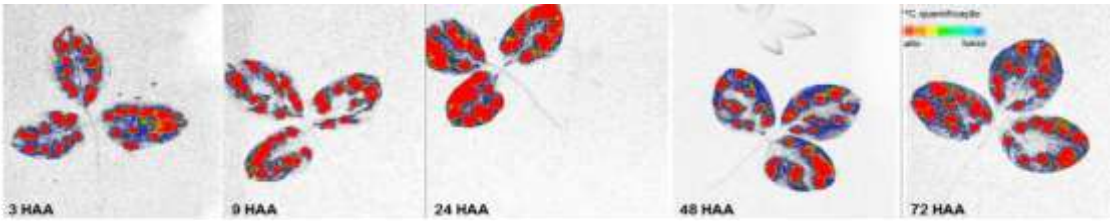


Figura 21 - Radioimagem de folíolos de soja as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação de ^{14}C-fluxapiroxade com o adjuvante (Assist)

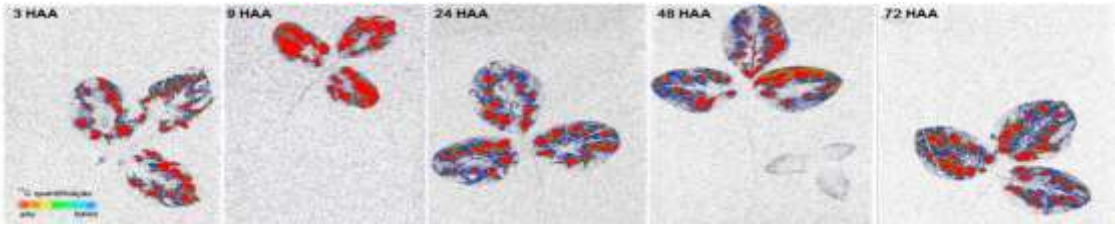


Figura 22 - Radioimagem de folíolos de soja as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação de ^{14}C-fluxapiroxade com o fosfito de potássio (Phytogard K)

A comparação entre todos os tratamentos quanto à absorção, não absorção e translocação encontra-se na Tabela 7.

Pela análise de Tukey ($p<0.05$) verificou-se que houve diferença significativa entre os tratamentos quanto à absorção. Na avaliação realizada três horas após a aplicação, observou-se maior absorção para o fluxapiroxade mais adjuvante (56%) e menor para o fluxapiroxade mais fosfito (17%). As 72 HAA a maior absorção foi obtida para a piraclostrobina (58%) e o epoxiconazol (56%), não diferindo entre si. Na sequência, sem diferença estatística, vieram o fluxapiroxade (46%) e o fluxapiroxade mais adjuvante (43%). A menor absorção ocorreu no tratamento de fluxapiroxade mais fosfito (29%) (Tabela 7).

O fungicida que se encontrava em maior quantidade na parte externa da folha as 3 horas após a aplicação foi o fluxapiroxade (78%) e a menor quantidade não absorvida (33%) foi observada para o epoxiconazol. As 72 HAA a maior quantidade não absorvida foi verificada no tratamento de fluxapiroxade mais fosfito (63%), seguida por fluxapiroxade (45%) e fluxapiroxade mais adjuvante (43%), sem

diferença estatística entre os dois últimos. As menores quantidades não absorvidas pela folha as 72 HAA, foi observado para os fungicidas piraclostrobina (23%) e epoxiconazol (24%), sem diferença entre si (Tabela 7).

As maiores translocações observada as 3 HAA foram para o epoxiconazol e fluxapiroxade mais adjuvante, que diferiram significativamente das menores translocações observadas para piraclostrobina e fluxapiroxade. As 72 HAA apenas a piraclostrobina, com a menor translocação, diferiu-se dos demais tratamentos (Tabela 7).

Tabela 7 - Balanço de massa (%) entre o que foi absorvido, não absorvido e translocado as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação dos tratamentos fluxapiroxade, fluxapiroxade/adjuvante, fluxapiroxade/fosfito de potássio, piraclostrobina e epoxiconazol em plantas de soja

Tratamentos	Horas após a aplicação - HAA				
Absorvido	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**
Fluxapiroxade	23.89 bc[1]	25.08 bc	25.68 c	42.98 a	46.22 b
Fluxapiroxade/Adjuvante	37.09 b	36.89 b	48.00 a	44.94 a	48.02 b
Fluxapiroxade/Fosfito K	16.75 c	19.89 c	22.26 c	19.48 b	29.13 c
Piraclostrobina	37.14 b	40.16 b	51.34 a	47.69 a	58.34 a
Epoxiconazol	41.15 ab	38.48 b	34.83 b	37.16 a	56.03 a
CV (%)	19.40	15.75	9.39	13.35	7.56
Não absorvido	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**
Fluxapiroxade	78.32 a	80.10 a	72.16 a	53.75 b	45.41 b
Fluxapiroxade/Adjuvante	55.52 abc	55.71 bc	43.31 bc	46.48 bc	42.63 b
Fluxapiroxade/Fosfito K	66.52 ab	64.67 ab	62.46 a	74.47 a	62.99 a
Piraclostrobina	50.50 bc	48.43 bc	32.51 c	39.75 cd	23.17 c
Epoxiconazol	33.18 c	35.64 c	46.29 b	31.64 d	23.83 c
CV (%)	17.61	13.29	9.78	9.44	8.78
Translocado[2]	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**
Fluxapiroxade	0.13 b	0.11 b	0.04 c	0.68 ab	0.71 a
Fluxapiroxade/Adjuvante	0.36 a	0.49 a	0.82 a	0.79 ab	0.88 a
Fluxapiroxade/Fosfito K	0.25 ab	0.23 b	0.33 b	0.54 b	0.73 a
Piraclostrobina	0.06 b	0.12 b	0.12 c	0.08 c	0.17 b
Epoxiconazol	0.39 a	0.67 a	0.87 a	0.95 a	0.95 a
CV (%)	30.69	26.13	11.23	17.49	25.19

[1] médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$)
[2] dados transformados em raiz quadrada

Quando se compara a piraclostrobina com o epoxiconazol, verifica-se que a translocação da primeira foi menor durante todo o período avaliado (Tabela 7). O que nos permite concluir que a piraclostrobina é menos sistêmica que o epoxiconazol, atestando assim os valores de log k_{ow} para os dois compostos.

O fluxapiroxade mais adjuvante apresentou maior absorção e translocação do que o fluxapiroxade sozinho, as 3, 9 e 24 HAA, igualando-se as 48 e 72 HAA (Tabela 7).

3.4 Conclusões

A eficácia dos fungicidas no controle da ferrugem da soja foi crescente com o aumento do intervalo entre a aplicação e a simulação da chuva, independentemente da lâmina d'água utilizada.

A adição de óleo mineral aos fungicidas aumentou substancialmente a resistência à lavagem do produto pela chuva, resultando em redução da severidade da ferrugem da soja, independente do intervalo entre a aplicação e a simulação da chuva ou intensidade da mesma.

A adição de fosfito de potássio ao fungicida fluxapiroxade não resultou em benefícios adicionais no controle da ferrugem da soja sob condições de chuva simulada.

A intensidade da chuva exerceu influência negativa nos tratamentos, sendo as menores eficácias obtidas com a aplicação de 30 mm de lâmina d'água.

A absorção e translocação dos fungicidas aumenta com o transcorrer das horas após a aplicação.

A absorção mais rápida, na avaliação realizada as 3 horas após a aplicação, foi do epoxiconazol (41%) seguido pela piraclostrobina (37%) e o fluxapiroxade (24%).

Os fungicidas epoxiconazol e fluxapiroxade translocaram-se predominantemente no sentido acropetal, porém também foi observado uma pequena translocação basipetal. Por sua vez, a piraclostrobina não apresentou translocação a longas distâncias.

Entre os fungicidas testados a sistemicidade foi alta para o epoxiconazol, intermediária para o fluxapiroxade e baixa para a piraclostrobina.

A adição do adjuvante, óleo mineral, ao fluxapiroxade promoveu maior e mais rápida absorção e translocação do fungicida nas plantas de soja. A absorção teve aumento médio de 31% durante todo o período avaliado, e 63% nas primeiras 24 horas após a aplicação, enquanto que, a translocação teve aumento médio de 139%, quando comparado ao fluxapiroxade aplicado isoladamente.

A associação do fosfito de potássio ao fungicida fluxapiroxade teve efeito antagônico, uma vez que, a absorção sofreu uma redução média de 52%. A translocação permaneceu a mesma, embora, tenha se iniciado mais rapidamente.

Quanto maior e mais rápida for a absorção dos fungicidas, menores serão as perdas decorrentes das intempéries, e por consequência maior será a eficácia dos produtos.

Referências

ABBOT W.S. A method of computing effectiveness of in insecticide. **Journal of Economic Entomology**. Lanhan, v. 18, n. 2, p. 265-267, 1925.

AUGUSTI, G.R.; SARI, B.G.; COSTA, I.F.D. da; RODRIGUES, J. dos R.; GUERRA, R.C. Aplicações preventivas e erradicantes de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. **Summa Phytopathologica**. Botucatu, v. 40, n. 3, p. 288-289, 2014.

AUGUSTO, J.; BRENNEMAN, T.B. Assessing systemicity of peanut fungicides through bioassay of plant tissues with Sclerotium rolfsii. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 96, n. 3, p. 330-337, 2012.

AZEVEDO, L.A.S. de. **Fungicidas sistêmicos**: teoria e prática. Campinas: EMOPI, 2007. 284 p.

_____. **Fungicidas protetores:** fundamentos para o uso racional. São Paulo, 2003. 319 p.

BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Society of London A***,* v.160, p.268-282, 1937.

BARTLETT, D.W.; CLOUGH, J.M.; GODWIN, J.R.; HALL, A.A.; HAMER, M.; PARR-DOBRZANSKI, B. The strobilurin fungicides. **Pest Management Science.** Sussex, v.58, n. 7, p. 649-662, 2002.

BARTLETT, D.W.; CLOUGH J.M.; GODFREY, C.R.A.; GODWIN, J.R.; HALL, A.A.; HEANEY S.P.; MAUND S.J. Understanding the strobilurin fungicides. **Pesticide Outlook**, London, v.12, n.4, p. 143-148, 2001.

BRUDENELL, A.J.P.; BAKER, D.A.; and GRAYSON, B.T. Phloem mobility of xenobiotics: tabular review of physicochemical properties governing the output of the Kleier model. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 16, n. 3, p. 215-231, 1995.

CABRAS, P.; ANGIONi, A.; GARAU, V.L.; MELIS, M.; PIRISI, F.M.; CABITZA, F.; PALA, M. The effect of simulated rain on folpet and mancozeb residues on grapes and on vine leaves.**Journal of Environmental Science and Health, Part B,** New York, v. 36, n. 5, p. 609-18. 2001.

CÂMARA, G.M.S.; HEIFFIG, L.S. Fisiologia, ambiente e rendimento da cultura da soja. In: CÂMARA, G.M.S. (Ed.). **Soja: tecnologia da produção**. Piracicaba: ESALQ, 2000. p. 81-120.

CAMPBELL, C. L; MADDEN, L.V. 1990**. Introduction to plant disease epidemiology**, New York, NY. John Wiley & Sons.

CHOLLET, J.F.; ROCHER, F.; JOUSSE, C.; DELETAGE-GRANDON, C.; BASHIARDES, G.; BONNEMAIN, J.L. Synthesis and phloem mobility of acidic derivatives of the fungicide fenpiclonil. **Pest Mangement Science**. Sussex, v. 60, n. 11, p. 1063-1072, 2004.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Levantamento de safra 2014/2015.** Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_04_10_09_22_05_boletim_graos_abril_2015.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2015.

DEBORTOLI, M.P. **Efeito do "rainfastness" e adjuvante na aplicação de fungicidas foliares em cultivares de soja**. 2008. 57 p. Dissertação (Mestrado em Proteção de plantas) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

DELIOPOULOS, T.; KETTLEWELL, P.S.; HARE, M.C. Fungal disease suppression by inorganic salts: A review. **Crop Protection**. Guildford, v. 29, n. 10, p. 1059-1075, 2010.

DEVINE, M.D. Phloem translocation of herbicides. **Reviews of Weed Science.** Madison, v. 4, p.191-213, 1989.

DUARTE, A.R. **Remoção de resíduos de fungicidas por meio de chuva simulada e de irrigação em batateira e tomateiro**. 2008. 43 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

EMBRAPA. **Tecnologia de Produção de Soja** - região Central do Brasil. 2004. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/doenca.htm>. Acesso em: 23 jun. 2015.

EMBRAPA SOJA. Soja em números. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 06 dez. 2015.

GODOY, C. V.; KOGA, L. J.; CANTERI, M. G. Diagrammatic Scale for Assessment of Soybean Rust Severity. **Fitopatologia Brasileira**. Brasília, v. 31, n. 1, p. 63-68. 2006.

GODOY, C.V.; UTIAMADA, C.M.; MEYER, M.C.; CAMPOS, H.D.; PIMENTA, C.B.; CASSETARI NETO, D.; JACCOUB FILHO, D.S.; BORGES, E.P.; ANDRADE JUNIOR, E.R.; SIQUERI, F.V.; JULIATTI, F.C.; FEKSA, H.R.; GRIGOLLI, J.F.J.; NUNES JUNIOR, J.; CARNEIRO, L.C.; SILVA, L.H.C.P.; SATO, L.N.; CANTERI, M.G.; MADALOSSO, M.; ITO, M.F.; MARTINS, M.C.; BALARDIN, R.S.; FURLAN, S.H.; MONTECELLI, T.D.N.; CARLIN, V.J.; BARROS, V.L.P.; VENANCIO, W.S. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2013/14: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.(Circular Técnica, 103), Londrina: Embrapa Soja, 2014, 8 p.

GODWIN, J.R.; BARTLETT, D.W.; CLOUGH, J.M.; GODFREY, C.R.A.; HARRISON, E.G.; MAUND, S. Picoxystrobin: a new strobilurin fungicide for use on cereals. **Proc… Pests and Diseases,** Surrey, UK. 2000. p. 533-540.

GUEST, D.I.; GRANT, B.R. The complex action of phosphonates as antifungal agents. **Biological Reviews**. Cambridge, v.66, n. 6, p.159-187, 1990.

HANCE, R.J.; HOLLY, K. **Weed control handbook**: principles. BCPC Blackwell Scientific Publication, London, 8. ed. 1990. 582 p.

HAZEN, J. L. Adjuvants: terminology, classification, e chemistry. **Weed Technology**, Champaign, v. 14, p. 773-784, 2000.

HSU, F.C.; SUN, K.; KLEIER, D.A.; FIELDING, M.J. Phloem mobility of xenobiotics VI. A Phloem-mobile pronematicide based on oxamyl ex-hibiting root-speciffic activation in transgenic tobacco. **Pest Management Science**. Sussex, v. 44, n. 1, p. 9-19, 1995.

HUSNCHE, M. **Rainfastness of selected agrochemicals as affected by leaf surface characteristics and environmental factors**. 2006. 97p.Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universitat Rheinischen Friedrich-Wilhelms, Gottingen.

KIMATI, H. Controle químico. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de Fitopatologia.** 3 ed.São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v. 1, p .761-785.

KLEIER, D.A.; GRAYSON, B.T.; HSU, F.C. The phloem mobility of pesticides. **Pesticide Outlook,** London, v. 9, p. 26-30, 1998.

KUDSK, P.; MATHIASSEN, S.K.; KIRKNEL, E. Influence of formulations and adjuvants on the rainfastness of maneb and mancozeb on pea and potato. **Pesticide Management Science**, Sussex, v. 33, n.1, p. 57-71, 1991.

LENZ, G.; BALARDIN, R.S.; MINUZZI, S.G.; MADALOSSO, M.; DEBORTOLI, M.; Gulart C.; RAMOS, J.P de. Espectros de gotas e idade de trifólios e sua interação com a área abaixo da curva de progresso da ferrugem da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.9, p.1528-1534. 2012.

MCGRATH, M.T. **What are Fungicides**.*The Plant Health Instructor*. 2004. DOI: 10.1094/PHI-I-2004-0825-01. Disponível em: <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/topics/Pages/fungicides.aspx.>. Acesso em: 28 nov. 2015.

MENEGHETTI, R.C. Avaliação da ativação de defesa em soja contra *Phakopsora pachyrhizi* em condições controladas. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 34, n. 4, p. 823-829, 2010.

MEYER, L.D. Rainfall simulator for runoff plots. **Journal of Agricultural Engineering**. Pisa, v.10, n. 4, p. 644-648, 1958.

MEYER, L.D; HARMON, W.C. Multiple intensity rainfall simulator for erosion research on row sideslopes. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 22, n. 1, p.100-103, 1979.

MONTEBELLER, C. A; CARVALHO, D. F; SOBRINHO, T. A; NUNES, A. C. S.; RUBIO, E.. Avaliação Hidráulica de um Simulador de Chuvas Pendular. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol.5, n.1, Campina Grande, 2001, p. 1-5.

NEVES, J.S.; BLUM, L.E.B. Influência de fungicidas e fosfito de potássio no controle no controle da ferrugem Asiática e na produtividade da soja. **Revista Caatinga**. Mossoró, v. 27, n.1, p. 75-82, 2014.

OLIVEIRA, M.A.P.; ANTUNIASSI, U.R.; VELINI, E.D. Remoção pela chuva de diferentes formulações de flutriafol aplicada em soja, com e sem a adição de óleo mineral na calda. **Revista Energia na Agricultura**. Botucatu, v. 26, n. 3, p. 80-97, 2011.

OLIVEIRA, S.H.F.; TOFOLI, J.G.; DOMINGUES, R.J. Persistência agronômica de mancozeb em diferentes concentrações de óleo vegetal e óleo mineral na cultura do trigo. **Summa Phytopathologica**. Botucatu, v. 21, n. 1, p. 53. 1995. Suplemento.

OLIVEIRA, S.H.F.; TOFOLI, J.G.; DOMINGUES, R.J.; SANTOS, J.M.F. Ação da chuva sobre a sistemicidade, tenacidade e eficiência de fungicidas triazóis para o controle da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) em cafeeiro. **In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras,** Poços de Caldas, v. 24, p. 183-184, 1998.

OUIMETTE, D.G.; COFFEY, M.D. Comparative antifungal activity of four phosphonate compounds against isolates of nine Phytophthora species. **Phytopathology**. Saint Paul, v.79, n. 7, p.761-767, 1989.

PANICKER, S.; GANGADHARAN, K. Controlling downy mildew of maize caused by *Peronosclerospora sorghi* by foliar sprays of phosphonic acid compounds. **Crop Protection**. Guildford, v. 18, n. 2, p. 115-118, 1999.

REIS, E.M.; FORCELINI, C.A.; REIS, A.C. **Manual de fungicidas:** guia para o controle químico de doenças de plantas. 5.ed. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2007. 153 p.

RIGITANO, R.L.O.; BROMILOW, R.H.; BRIGGS, G.G.; CHAMBERLAIN, K. Phloem translocation of weak acids in Ricinus communis. **Pest Management Science**, Sussex, v. 19, n. 19, p. 113-133, 1987.

SANTOS, J.M.F.; OLIVEIRA, S.H.F.; DOMINGUES, R.J.; GUZZO, S.D. Avaliação da eficácia de fungicidas sistêmicos no controle da ferrugem *(Hemileia vastatrix* L.*)* do cafeeiro, sob chuva simulada. **Arquivos do Instituto Biologico**, São Paulo, v. 69, n. 1, p, 45-49, 2002.

SCHEPERS, H.T.A.M. Effect of rain on efficacy of fungicide deposits on potato against *Phytophthora infestans*. **Potato Research**. Wageningen, v. 39, n. 4, p. 541-550, 1996.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika,** v.52, n.3-4, p.591-611, 1965.

SILVA, C.M.M.S.; FAY, E.F. Pesticidas & Ambiente. **Embrapa Informações Tecnológicas**. p.145-192, 2004.

SOARES, R.M.; RUBIN, S. de A.; WIELEWICKI, A.P.; OZELAME, J.G. Fungicidas no controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) e produtividade da soja. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 1245-1247, 2004.

SUHERI, B.; LATIN, C. Retention of fungicides for controlo f Alternaria leaf blight of muskmelon under greenhouse conditions. **Plant Disease**. Saint Paul, v. 75, n. 10 p.1013-1015, 1991.

TSUMANUMA, G.M. **Controle de ferrugem asiática e desempenho de duas cultivares de soja submetidas a diferentes fungicidas e épocas de aplicações.** 2009. 166 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

VENCATO, A. Z., et al. Anuário Brasileiro da Soja 2010. Santa Cruz do Sul: Ed. **Gazeta Santa Cruz**, p. 144, 2010.

VINCELLI, P. 2002. **QoI (Strobilurin) Fungicides: Benefits and Risks**. APS, 2002. Disponível em: <http://www.apsnet.org/edcenter/advanced/topics/Pages/StrobilurinFungicides.aspx.>. Acesso em: 10 out. 2015.

WITT, J.M. **Agricultural spray adjuvants**: Pesticide Safety Education Program (PSEP) Cornell University, 2012. Disponível em: <http://psep.cce.cornell.edu/facts-slides-self/facts/gen-peapp-adjuvants.aspx.>.Acesso em: 19 set. 2015.

4 ESTUDO DA SISTEMICIDADE E TENACIDADE DE EPOXICONAZOL, PIRACLOSTROBINA E FLUXAPIROXADE EM MUDAS DE VIDEIRA

Resumo

As doenças fúngicas constituem-se num dos principais entraves para a produção qualitativa e quantitativa da videira. Para o controle destas enfermidades, esforços têm sido feitos na tentativa de se utilizar métodos alternativos ao uso de agroquímicos. No entanto, em muitos casos, está parece ser a única medida eficiente e economicamente viável de garantir as altas produtividade e qualidade da produção. Neste contexto, é justificável estudos detalhados a fim de compreender o comportamento dos fungicidas nas plantas. Assim, este trabalho teve por objetivo estudar a tenacidade da piraclostrobina e fluxapiroxade e a sistemicidade de epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade em mudas de videira. Para avaliar a tenacidade dos produtos, foram simuladas chuvas em diferentes intervalos após a aplicação. Procedeu-se a inoculação de *Phakopsora euvitis* e avaliou-se a severidade e área abaixo da curva de progresso da doença. Para os ensaios de absorção e translocação, utilizou-se as moléculas radiomarcadas, ^{14}C-epoxiconazol, ^{14}C-piraclostrobina e ^{14}C-fluxapiroxade, que foram diluídas com suas respectivas formulações comerciais. As variávies foram avaliadas 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação (HAA). A absorção e translocação do fluxapiroxade também foram avaliadas em folhas velhas e novas de videira. O fluxapiroxade e a piraclostrobina foram altamente eficientes no controle da ferrugem da videira, o que não permitiu diferenciar os tratamentos quando a tenacidade. A piraclostrobina foi a mais absorvida pelas folhas de videira, tanto no início (3 HAA) como no final (72 HAA), seguida pelo epoxiconazol e fluxapiroxade. Grande quantidade de fluxapiroxade não foi absorvido pelas folhas da videira até as 72 HAA, porém a absorção continuou crescente. Portanto, infere-se que o produto tem potencial como fungicida protetor e curativo, uma vez que, há uma liberação contínua do mesmo para o interior das folhas com o decorrer do tempo. Já a translocação dos fungicidas foi baixa, menos de 0,5%, e constante ao longo do tempo. E finalmente, não houve diferença significativa na absorção e translocação do fluxapiroxade em folhas velhas e novas de mudas de videira, embora, a redistribuição do produto tenha sido melhor nas folhas novas.

Palavras-chave: Fungicidas; Sistemicidade; Tenacidade; Ferrugem da videira

Abstract

Fungal diseases constitute a major constraint for the qualitative and quantitative production of the vine. To control these diseases, efforts have been made in an attempt to use alternative methods to the use of agrochemicals. However, in many cases this seems to be the only efficient and economically feasible measure to ensure the high yield and quality of production. In this context, it is defensible depth studies in order to understand the behavior of fungicides in plants. Therefore, this work has aimed to study the tenacity of pyraclostrobin and fluxapyroxad and systemicity of epoxiconazole, pyraclostrobin and fluxapyroxad in nursery trees of vine. To assess the tenacity of the products, it was simulated rainfall at different intervals after application. The plants were inoculated with *Phakopsora*

euvitis and it was assessed the severity and the area under the disease progress curve. For the uptake and translocation assays, it was used the radiolabeled molecules, ^{14}C-epoxiconazole, ^{14}C-pyraclostrobin and ^{14}C-fluxapyroxad, which were diluted with their respective commercial formulations. The parameters were assessed at 3, 9, 24, 48 and 72 hours after application (HAA). The uptake and translocation of fluxapyroxad were also assessed in old and new vine leaves. The fluxapyroxad and pyraclostrobin were highly efficient in controlling the vine rust, which did not allow to differentiate between the treatments regarding the tenacity.The pyraclostrobin was the most absorbed by vine leaves, both at the beginning (3 HAA) and at the end (72 HAA), followed by fluxapyroxad and epoxiconazol. The vine leaves up to 72 HAA did not absorb large amount of fluxapyroxad, but the uptake kept growing. Therefore, it appears that the product has potential as a protective and curative, since there is a continuous release of the fungicide into the leaves over the time. The fungicides translocation was low, less than 0.5%, and constant over time. Finally, there was no significant difference in the uptake and translocation of fluxapyroxad in old and new leaves of vine, although, the redistribution of the product was better in the new leaves.

Keywords: Fungicides; Systemicity; Tenacity; Vine rust

4.1 Introdução

A videira (*Vitis* spp.) é a terceira fruta em área plantada no Brasil depois da laranja e da banana (XAVIER, 2012). Fazendo uso dos dados do IBGE, observou-se que em 2014 ocorreu aumento de 1,64% na produção nacional de uva com excepcional aumento nos Estados da Bahia e de Santa Catarina. A produção destinada ao processamento (vinho, suco e derivados) foi de 673.422 milhões de quilos de uvas, representando 46,89% da produção nacional (MELLO, 2015).

A viticultura brasileira ocupa, atualmente, área de 81 mil hectares, com vinhedos desde o extremo Sul até regiões próximas à Linha do Equador. Duas regiões se destacam: o Rio Grande do Sul, por contribuir, em média, com 777 milhões de quilos de uva por ano, e os polos de frutas de Petrolina/PE e de Juazeiro/BA, no Submédio do Vale do São Francisco, responsável por 95% das exportações nacionais de uvas finas de mesa.

Durante o ciclo de produção, a cultura é suscetível a uma série de problemas fitossanitários. As doenças fúngicas ocorrem com maior frequência e constituem-se num dos principais entraves para a produção qualitativa e quantitativa de uva. Em regiões onde as condições climáticas são favoráveis ao seu desenvolvimento, os tratamentos fitossanitários podem atingir 30% do custo de produção da uva (SÔNEGO; GARRIDO; GAVA, 2005).

Neste contexto, destaca-se a ferrugem da videira, causada por *Phakopsora euvitis* Ono, parasita obrigatório que depende do hospedeiro para se desenvolver e reproduzir (XAVIER, 2012). A doença ocorre principalmente em regiões tropicais e é bastante destrutiva, quando encontra condições ambientais favoráveis ao seu desenvolvimento, se não controlada rapidamente (EMBRAPA, 2010; XAVIER et al., 2012).

O controle químico de fitopatógenos é, em muitos casos, a única medida eficiente e economicamente viável de garantir as altas produtividade e qualidade da produção. Na videira este método de controle também se faz muito presente.

No cultivo convencional a céu aberto de uvas *Vitis vinífera* no Rio Grande do Sul, são realizadas, em média, 14 pulverizações com fungicidas (SANTOS; CHAVARRIA; 2012). Existem regiões do Brasil, como no Estado do Paraná, onde são realizadas até 60 aplicações em uvas *Vitis vinífera* durante os dois ciclos ocorridos por ano. Em diversas regiões do Brasil, de forma corrente, os produtores realizam pulverizações semanais (método por calendário) com a intenção de garantir a produção (CHAVARRIA; SANTOS, 2013).

Os fungicidas sistêmicos penetram nas folhas ou são absorvidos pelas raízes sendo posteriormente translocados pelo sistema vascular da planta (AZEVEDO, 2007). Alguns fungicidas sistêmicos movem-se a curtíssimas distâncias à partir do local de aplicação, como através da lâmina foliar de uma superfície à outra (translaminar). Alguns fungicidas são pouco sistêmicos e podem se mover mais além do que o local aplicado, e a maioria dos fungicidas sistêmicos se movem mais extensivamente em função da mobilidade no tecido do xilema (McGRATH, 2004).

Os fungicidas sistêmicos, em geral, são depositados sobre a superfície de partes vegetais e posteriormente absorvido para que exerçam seu efeito no interior destas. A chuva, no entanto, é uma das maiores causas de perdas e a responsável pela degradação acelerada dos depósitos de fungicidas sobre os vegetais. A influência da chuva sobre o período de proteção das plantas possui relação altamente dependente do intervalo entre a aplicação dos produtos e a ocorrência daquela, do produto que está sendo aplicado e da idade dos tecidos considerados (XAVIER et al., 2012). Segundo Debortoli (2008), a deposição, distribuição e tenacidade na superfície foliar influenciam a eficácia de um fungicida e a ação das chuvas logo após a pulverização pode remover o produto da superfície foliar.

Neste contexto, é justificável um estudo detalhado sobre o comportamento dos fungicidas na planta, o que permite a implementação de programas de manejo adequados e direcionados às diversas patologias. Assim, o presente trabalho teve os seguintes objetivos: (1) avaliar atenacidade (persistência)dos fungicidas fluxapiroxade e piraclostrobina, após a simulação de chuva em diferentes tempos após a aplicação, no patossistema da ferrugem da videira; (2) avaliar a absorção foliar e translocação dos fungicidas radiomarcados ^{14}C-epoxiconazol, ^{14}C-piraclostrobina e ^{14}C-fluxapiroxade em mudas de videira; (3) avaliar a absorção foliar e translocação do fungicida radiomarcado ^{14}C-fluxapiroxade em folhas velhas e novas de mudas de videira.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Tenacidade dos fungicidas

Instalação do experimento

Os experimentos foram instalados em casa de vegetação na Estação Experimental da Basf no município de Santo Antônio de Posse, estado de São Paulo, em 22º 36' 16,3" de latitude sul; 46º 59' 13,1" de longitude oeste e 612 m de altitude.

A casa de vegetação onde os patógenos foram mantidos infectando plantas de soja, possuem sistema de controle de temperatura do tipo pad-fan. As condições climáticas foram parcialmente controladas com o auxílio de dois exaustores e parede úmida de argila, além de um sistema de nebulização computadorizado (tipo fogger). Durante a realização dos experimentos, a temperatura do ar variou de 20 a 28°C e a umidade relativa do ar variou de 85 a 90%.

Estacas de videira de raiz nua, com aproximadamente 25cm de comprimento e já enxertas - porta enxerto IAC 766 e enxerto Niágara Rosada - foram adquiridas junto ao viveiro da EPAMIG de Caldas, MG. As estacas foram plantadas em saquinhos de polietileno (15x30cm) na cor preta, contendo solo e adubo na proporção de 3:1. As mudas foram irrigadas duas vezes por semana até atingirem o número de 6 folhas, quando estavam aptas para iniciar os experimentos.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos inteiramente casualizados (DBC), com três repetições (3 mudas) e arranjo fatorial (3x6x1), cujos fatores foram:

→ dois tratamentos fungicidas e uma testemunha sem aplicação;

→ cinco períodos de tempo entre a aplicação e a simulação de chuva (3, 9, 24, 48 e 72 horas) e uma testemunha sem aplicação de chuva simulada;

→ uma lâmina d'água (15mm). O tempo de exposição à chuva simulada foi de 15 minutos.

Os tratamentos utilizados foram: 1) Testemunha; 2) Fluxapiroxade e 3) Piraclostrobina.

Onde:

Ingrediente Ativo	**Nome comercial**	**Concentração (g i.a./L ou Kg)**	**Dose (g i.a.ha^{-1})**
Fluxapiroxade	BAS 700 04F	300	50
Piraclostrobina	BAS 500 17F	250	100

i.a. = ingrediente ativo

Aplicação

Quando a maioria das mudas de videira atingiram o número de seis (6) folhas, foram aplicados os tratamentos fungicidas com o auxílio de pulverizador costal pressurizado a CO_2, munido de barra de aplicação com ponta de pulverização do tipo jato plano "leque" (Teejet XR 11002), utilizando-se para isso, um volume de calda de 400L/ha^{-1} e três (3) bar de pressão. A aplicação foi realizada no dia 24/03/2015, as 8h, com umidade relativa de 91%, temperatura média de 18.5^{o}C e velocidade do vento de 3.7km/h.

Simulação de chuva

Para a simulação da chuva artificial utilizou-se a câmara de aplicação da empresa BASF, onde foi possível simular as condições de uma precipitação natural.

Para isso utilizou-se o bico Veejet 80100 localizado à 2,45 m da superfície do solo, altura determinada por Meyer (1958) para que as gotas atingissem a velocidade terminal desejada.

A pressão de trabalho foi de 0,42 Kgf.cm^{-2} (6psi), baixa o suficiente para produzir gotas de tamanho máximo e alta o bastante para cobrir a maior área

possível por bico e atingir a velocidade terminal de queda das gotas (DEBORTOLI, 2008). A área útil de molhamento abaixo do simulador de chuva foi de $1m^2$, onde ficaram dispostos os vasos que receberam os tratamentos.

Inoculação de *Phakopsora euvitis*

Os isolados de *Phakopsora euvitis* foram obtidos a partir de área infectada de viticultor do município de Indaiatuba, SP.

A coleta dos uredósporos foi realizada através da lavagem das folhas infectadas com os sintomas da doença.

O inóculo composto por uredósporos de *Phakopsora euvitis*, na concentração de $2x10^5$ esporos.mL^{-1}, mais água e espalhante adesivo (Tween 80-100 ppm), foi aplicado sobre as mudas de videira ao entardecer, 24 horas após a aplicação dos tratamentos, com o auxílio de um nebulizador manual. A pulverização foi efetuada em ambas as faces das folhas até o completo molhamento foliar, sem que houvesse escorrimento.

Após 12 horas da inoculação artificial foram iniciadas as nebulizações programadas através de um controlador eletrônico, para a execução de turno de rega de 10 min/hora, até o surgimento dos primeiros sintomas da doença.

Avaliações

A avaliação da severidade da ferrugem da videira foi realizada através de notas visuais do percentual de área foliar com sintomas da doença a partir do seu aparecimento no tratamento testemunha, com o auxílio da escala diagramática proposta por Angelotti et al., 2008 (Figura 23). A severidade foi determinada aos 20, 30, 40 e 50 dias após o aparecimento dos primeiros sintomas da doença na testemunha.

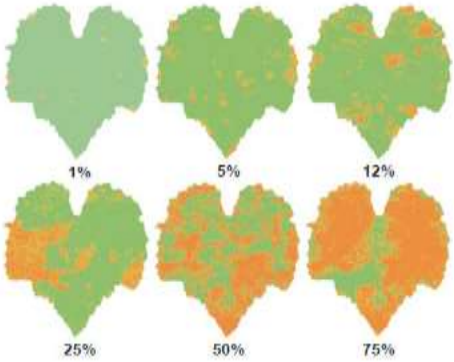


Figura 23 - Escala diagramática da ferrugem da uva (*Phakopsora euvitis*)

A partir das notas de severidade foi possível calcular a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), de acordo com equação apresentada por Campbel e Madden (1990).

$$AACPD = \Sigma_{i=1}^{n-1}[(Y_i+1+Y_i)x\ 0,5)x(T_i+1-T_i)]$$

Sendo:

Yi: severidade da doença na época de avaliação i (i=1,...,n)

Yi+1: severidade da doença na época de avaliação i+1

Ti: época da avaliação i, que geralmente se considera o número de dias após a emergência das plantas.

Ti+1: época da avaliação i+1

n = número de avaliações

Análise Estatística

Todas as análises foram realizadas em rotinas geradas no programa SAS® versão 9.1.3. (SAS/STAT, 1999). Para o teste de comparações múltiplas de médias foi utilizado o teste de Tukey (1953) ($p<0.05$). A transformação dos dados foi necessária, e para isso utilizou-se (x+K)^1/2 com K = 0,1, para a análise da severidade.

4.2.2 Sistemicidade dos fungicidas

Instalação do experimento

As mudas de videira (variedade Niágara Rosada) foram cultivadas na casa de vegetação da Estação Experimental da Basf no município de Santo Antônio de Posse, estado de São Paulo (22º 36' 16,3" de latitude sul; 46º 59' 13,1" de longitude oeste e 612 m de altitude).

Estacas de videira de raiz nua, com aproximadamente 25cm de comprimento e já enxertas - porta enxerto IAC 766 e enxerto Niágara Rosada - foram adquiridas junto ao viveiro da EPAMIG de Caldas, MG. As estacas foram plantadas em saquinhos de polietileno (15x30cm) na cor preta, contendo solo e adubo na proporção de 3:1. As mudas foram irrigadas duas vezes por semana até atingirem o número de 3 folhas, quando estavam aptas para iniciar os experimentos.

Delineamento experimental e descrição dos tratamentos

O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado (DIC) com três repetições, sendo uma planta por repetição.

O estudo foi realizado quando as mudas de videira apresentavam oito folhas verdadeiras, cerca de dois meses após o plantio nos saquinhos (12L).

A solução de trabalho foi preparada por meio da diluição dos fungicidas radiomarcados, ^{14}C-fluxapiroxade, ^{14}C-piraclostrobina e ^{14}C-epoxiconazol, com suas respectivas soluções comercias, BAS 700 04F, BAS 500 17F e BAS 480 27F, nas doses de 50 g de ingrediente ativo (i.a.) ha^{-1}, 100 g i.a. ha^{-1}e 25 g i.a. ha^{-1}, respectivamente. Todas as formulações comerciais utilizadas foram do tipo suspensão concentrada (SC), anulando-se assim o efeito do tipo de formulação na absorção dos produtos. A absorção e translocação foram avaliadas as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após aplicação, totalizando 15 parcelas por tratamento.

Aplicação dos fungicidas

Foram aplicadas 40 gotas de 1,0µL das soluções de trabalho preparadas com os fungicidas ^{14}C-fluxapiroxade (BAS 700 04F), ^{14}C-piraclostrobina (BAS 500 17 F) e ^{14}C-epoxiconazol (BAS 480 27F) na terceira folha, contada a partir da base de cada planta.

A aplicação foi realizada com um microaplicador (Hamilton PB6000 Dispenser, Hamilton Co. EUA) sem possibilidade de deriva (Figura 24). Após as aplicações, os saquinhos foram acondicionados em casa-de-vegetação, sendo irrigados somente no solo, sem contato da água com as folhas da planta.

Figura 24 - Aplicação dos produtos radiomarcados em folhas de videira com micro aplicador

Estudo da absorção e translocação dos fungicidas

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Ecotoxicologia (CENA/USP), em Piracicaba/SP.

Em cada período de avaliação (3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação) as mudas foram cortadas na junção do broto da estaca, preservando as duas gemas, e as folhas tratadas foram cortadas com o auxílio de uma tesoura. As folhas foram, então, lavadas com solução de metanol + água (50% v/v) para extração do fungicida não absorvido da superfície da folha.

Foram utilizados 12 mL da solução para lavagem de cada folha tratada. Alíquotas de 1 mL da solução de lavagem foram adicionadas a 10 mL do líquido de cintilação para medição da radioatividade por espectrometria de cintilação líquida (Packard 1900 TR).

Foram realizados estudos qualitativos por meio de radioimagem. Para tanto, as mudas de videira foram secas (50°C), prensadas e em seguida, sobre as mudas, foram colocadas placas fosforescente (Perkin-Elmer). Após um período médio de 48 horas, as placas foram lidas em rádio “scanner” (Perkin-Elmer -Cyclone).

As plantas de videira já secas foram, então, divididas em caule abaixo da folha tratada, caule acima da folha tratada, folha abaixo da folha tratada, folha acima da folha tratada e folha tratada (Figura 25) e submetidas à combustão em oxidador

biológico (OX 500 R. J. Harvey Instruments). A radioatividade foi quantificada por espectrometria de cintilação líquida (ECL).

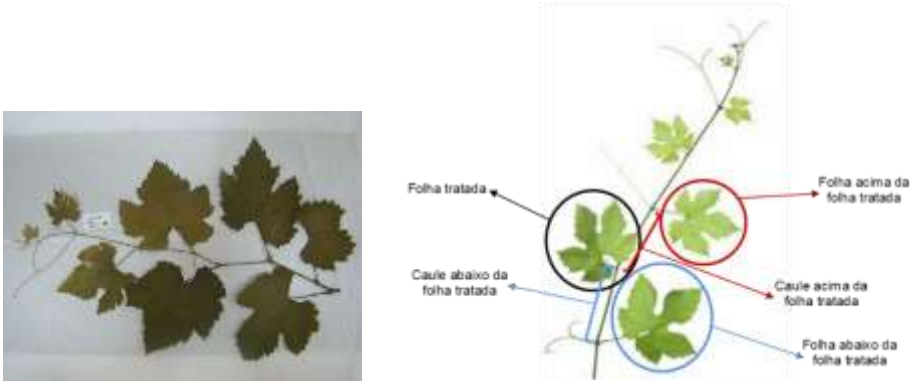


Figura 25 - Ilustração de ramo de uva mostrando as partes utilizadas para a determinação da radioatividade presente no interior, através de cintilação líquida e radioimagem

A absorção e translocação dos fungicidas foram determinadas pela porcentagem da radioatividade presente no interior de cada parte da planta, segundo a equação abaixo.

Onde:

$$\% \text{ Fabs} = \frac{^{14}C - \text{tec.ox.}}{^{14}C - \text{tec.ox.} + {}^{14}C - \text{lav.}} \times 100$$

Fabs= fungicida absorvido pelas plantas;

^{14}C- *tec.ox.* = quantidade de ^{14}C detectada nos tecidos oxidados (raízes + folha tratada + parte aérea);

^{14}C- *lav.*= quantidade de ^{14}C detectada na lavagem da folha tratada (líquido de lavagem + radioatividade no interior da planta);

Foram medidas a fração lavada e a fração oxidada, sendo feita a verificação que a soma de ambos é igual ao total aplicado.

Análise Estatística

Os resultados em porcentagem da radiação não absorvida, absorvida e translocada, foram submetidos aos testes de normalidade de resíduos (Shapiro-Wilk, 1965), homogeneidade de variância (Bartlett, 1937) e análise da variância (ANOVA),

com subsequente aplicação do teste de Tukey ($p<0.05$) para comparações múltiplas de médias. Realizou-se ainda análises de regressão para ajuste do modelo matemático que melhor explica o comportamento dos fungicidas ao longo das horas após a aplicação. Todas as análises foram realizadas em rotinas geradas no programa SAS® versão 9.1.3. (SAS/STAT, 1999).

4.2.3 Sistemicidade do fluxapiroxade em folhas velhas e novas

Delineamento experimental e descrição dos tratamentos

O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado (DIC) com três repetições, sendo uma planta por repetição.

A solução de trabalho foi preparada por meio da diluição do fungicida radiomarcado ^{14}C-fluxapiroxade com seu produto comercial (BAS 700 04F) na dose equivalente a 50 g de ingrediente ativo (i.a.) ha^{-1} ou 167ml de produto comercial (p.c.). A absorção e translocação foram avaliadas as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após aplicação, totalizando 15 parcelas por tratamento.

O experimento foi então dividido em ensaios A e B. No ensaio A, a solução de trabalho foi aplicada na folha mais velha, localizada na base da planta, enquanto que no ensaio B, a aplicação foi efetuada na folha mais nova, localizada no ápice da planta (Figura 26).

Para a aplicação na folha mais velha foram utilizados 12 mL da solução para lavagem de cada folha tratada e para a mais nova utilizou-se 9 mL da solução de lavagem.

Na aplicação nas folhas mais velhas, a muda de uva foi dividida em folhas e caule acima da folha tratada e folha tratada. Enquanto que no experimento onde o fungicida foi aplicado na folha mais nova, a planta foi dividida em folhas e caule abaixo da folha tratada e folha tratada (Figura 26).

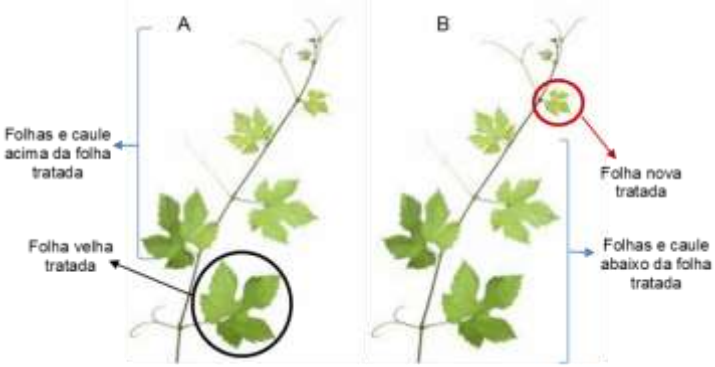


Figura 26 - Ilustração de ramo de uva mostrando as folhas utilizadas (A – folha velha e B – folha nova) para a aplicação do fungicida Fluxapiroxade para determinação da radioatividade presente no interior, através de cintilação líquida e radioimagem

O local do experimento e demais metodologias adotadas foram semelhantes as descritas para o de sistemicidade de fungicidas.

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Tenacidade dos fungicidas

A severidade final da ferrugem na testemunha sem controle químico atingiu 61%, demonstrando que a inoculação artificial foi eficiente e proporcionou infecção das plantas de soja com *Phakopsora euvitis* (Tabela 8).

Todos os tratamentos foram superiores à testemunha, quanto a severidade e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), evidenciando que o controle químico da ferrugem foi eficiente. O fluxapiroxade e a piraclostrobina foram tão eficientes no controle da doença, que não foi possível observar diferenças significativas na severidade e na AACPD (Tabela 8 e Figura 27). Assim, não foi possível avaliar a persistência (rainfastness) destes fungicidas, após a simulação de chuva, em diferentes intervalos após a aplicação.

De acordo com Tessmann e Vida (2005), em condições de epidemias severas e na ausência de controle químico, as perdas com a ferrugem podem chegar até 100% da produção comercializável. Para o controle químico os fungicidas dos grupos dos triazóis e estrobilurinas são eficientes (SÔNEGO; GARRIDO; GAVA, 2005).

Tabela 8 - Severidade e área abaixo da curva de progresso da ferrugem, após a aplicação de fluxapiroxade e piraclostrobina em mudas de videira, submetidas a chuva simulada, em intervalos de 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação e sem chuva (s/c)

Tratamentos	Tempo[2]	Severidade de ferrugem (%)				AACPD[6]
		20 DAA[3]	30 DAA	40 DAA	50 DAA	
Testemunha[1]		20.0 a[5]	55.0 a	58.3 a	61.0 a	1538.3 a
Fluxapiroxade	3	0.3 b	2.0 b	3.0 b	3.5 b	69.2 bc
	9	0.3 b	2.3 b	2.7 b	3.0 b	66.7 bc
	24	0.2 b	2.7 b	3.2 b	3.7 b	77.5 bc
	48	0.1 b	1.7 b	2.0 b	2.7 b	50.5 bc
	72	0.0 b	0.7 b	1.3 b	1.7 b	28.3 bc
	s/c[4]	0.0 b	0.3 b	0.5 b	0.7 b	11.7 c
Piraclostrobina	3	0.2 b	3.7 b	4.3 b	5.3 b	107.7 b
	9	0.0 b	0.8 b	1.0 b	1.7 b	26.7 bc
	24	0.0 b	2.0 b	2.5 b	3.3 b	61.3 bc
	48	0.0 b	1.7 b	2.8 b	3.7 b	63.3 bc
	72	0.0 b	1.5 b	1.8 b	2.0 b	42.5 bc
	s/c	0.1 b	2.0 b	2.8 b	3.3 b	65.5 bc
	C.V. (%)	27.11*	28.67*	24.01*	22.52*	19.70*

[1] testemunha absoluta sem aplicação de fungicida

[2] tempo (horas) decorrido entre a aplicação e a simulação de chuva

[3]dias após a aplicação dos fungicidas

[4] sem chuva, ou seja, sem simulação de chuva após a aplicação do fungicida

[5] médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05)

[6] área abaixo da curva de progresso da doença

*dados transformados em (x+K)^1/2 com K = 0,1

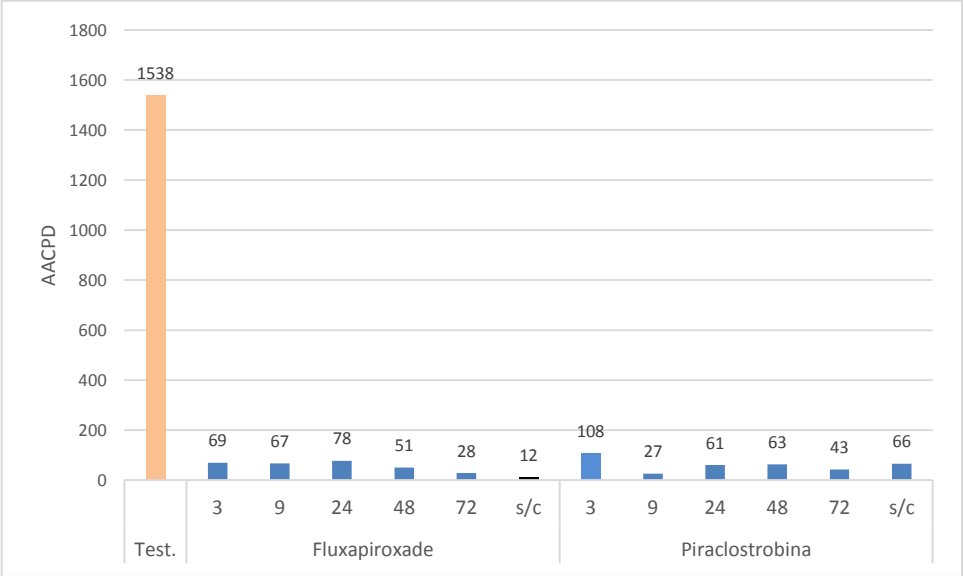


Figura 27 - Área abaixo da curva de progresso da ferrugem da videira (AACPD), após a aplicação dos tratamentos com fluxapiroxade e piraclostrobina, sob chuva simulada à intervalos de 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação, e sem chuva (s/c). *Barras da mesma cor não diferem entre si pelo teste de Tukey p<0,05)

4.3.2 Sistemicidade dos fungicidas

O balanço de massa, em porcentagem, entre o que foi absorvido, não absorvido e translocado para os fungicidas epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade, encontra-se na Tabela 9.

De acordo com o resultado da análise de variância ($p<0.05$), verificou-se que há diferença significativa na absorção do ^{14}C-epoxiconazol em relação às horas após a aplicação (HAA). A absorção máxima (40%) ocorreu as 72 HAA e foi significativamente diferente das demais horas (Tabela 9 e Figura 28 A).

Observa-se que a absorção do ^{14}C-epoxiconazol vai aumentando com o passar das horas, e que, a partir das 48 HAA ocorre um aumento acentuado, quase dobrando a valor observado as 72 HAA (Figura 28 A). De acordo com a regressão obtida, este crescimento ocorre de forma exponencial (modelo quadrático), com coeficiente de determinação igual a 0.82 (Figura 28 B).

Para a radiação não absorvida do epoxiconazol, não houve diferença significativa nas primeiras 48 HAA. Só se observou diferença as 72 HAA, com o valor mínimo de 32% (Tabela 9). O modelo que melhor se ajustou a radiação não absorvida também foi o quadrático ($R^{2*} = 0.76$) (Figura 28 D).

Não se observou diferença significativa para a translocação do epoxiconazol, a mesma permaneceu mais ou menos constante no transcorrer das horas. (Tabela 9 e Figura 28 E). O modelo de regressão que melhor se ajustou aos dados foi o quadrático com coeficiente de determinação igual a 0,61 (Figura 28 F).

Pela análise de variância verificou-se que há diferença significativa na absorção do ^{14}C-piraclostrobina em função das horas após a aplicação. A máxima absorção (54%) ocorreu as 48 e 72 HAA e foi significativamente diferente das demais horas. Já a menor absorção, 22 e 26%, ocorreu as 3 e 9 HAA, respectivamente (Tabela 9 e Figura 29 A). A absorção do fungicida em função das horas é explicada pelo modelo quadrático (crescimento exponencial), com alta acurácia ($R^{2*} = 0.92$) (Figura 29 B).

Avaliando os resultados do teste de Tukey para a radiação não absorvida de ^{14}C-piraclostrobina, nota-se que ocorreu diferença significativa, entre 3 e 9 horas com 24 HAA. As menores quantidades não absorvidas foram obtidas as 48 (29%) e 72 HAA (33%) e não diferiram entre si (Tabela 9 e Figura 29 C). A não absorção em

função do tempo também é descrita pelo modelo de regressão quadrática (R^{2*} = 0,80) (Figura 29 D).

Analisando a translocação da ^{14}C-piraclostrobina, verifica-se que não há diferença em relação as horas após a aplicação. Porém, a observação dos dados poderia sugerir um leve crescimento com o passar do tempo e que este crescimento teria um comportamento linear (Figura 29 E). Apesar da análise de regressão comprovar esta hipótese, a acurácia do modelo foi baixa (R^2=0.41), e, portanto, não explicaria o comportamento dos dados (Figura 29 F).

Tabela 9 - Balanço de massa (%) entre o que foi não absorvido, absorvido e translocado as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação dos fungicidas epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade em mudas de videira

	Horas após a aplicação - HAA					CV (%)
Epoxiconazol	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**	
Total não absorvido	76.42 a[1]	60.97 ab	62.65 ab	54.21 b	32.08 c	11.29
Total absorvido	10.27 b	13.79 b	16.35 b	22.06 b	40.14 a	24.97
Total translocado	0.18 a	0.31 a	0.08 a	0.21 a	0.16 a	70.91
Total translocado[2]	0.42 a	0.52 a	0.27 a	0.45 a	0.40 a	30.53
Piraclostrobina	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**	
Total não absorvido	58.54 a	58.75 a	47.05 ab	28.94 c	32.60 bc	12.92
Total absorvido	21.80 c	26.30 bc	36.31 b	53.94 a	53.71 a	9.83
Total translocado	0.09 a	0.07 a	0.13 a	0.14 a	0.23 a	52.97
Total translocado[2]	0.28 a	0.27 a	0.33 a	0.37 a	0.47 a	27.77
Fluxapiroxade	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**	
Total não absorvido	93.12 a	92.23 a	85.98 a	71.15 b	64.22 b	6.51
Total absorvido	7.48 c	6.22 c	9.03 bc	13.05 b	19.30 a	16.19
Total translocado	0.26 a	0.09 a	0.08 a	0.14 a	0.16 a	63.16
Total translocado[2]	0.50 a	0.29 a	0.28 a	0.34 a	0.38 a	35.68

[1] médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05)
[2] dados transformados em raiz quadrada

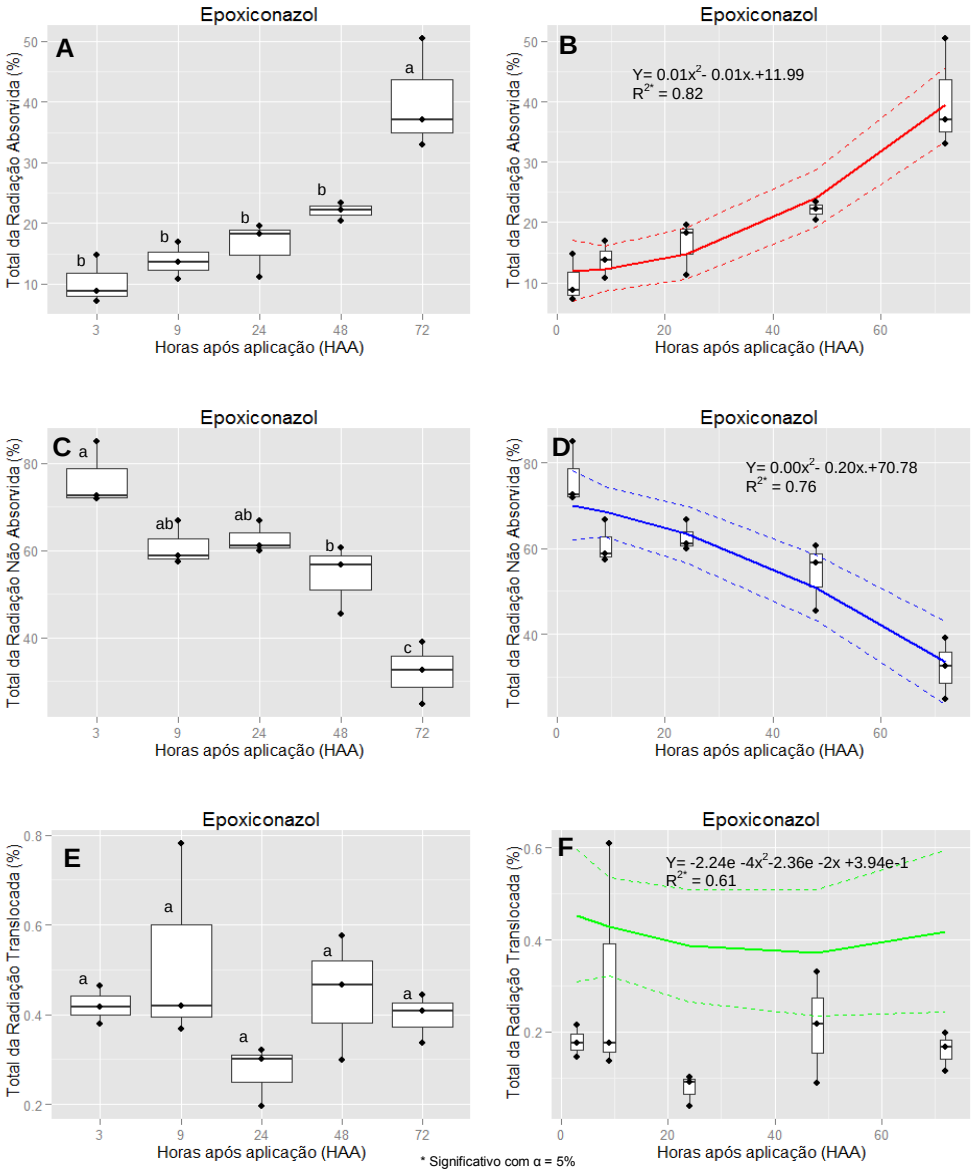


Figura 28 – Representação em box plot e regressão do total das radiações absorvida (A e B), não absorvida (C e D) e translocada (E e F) para o fungicida epoxiconazol as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação em mudas de videira

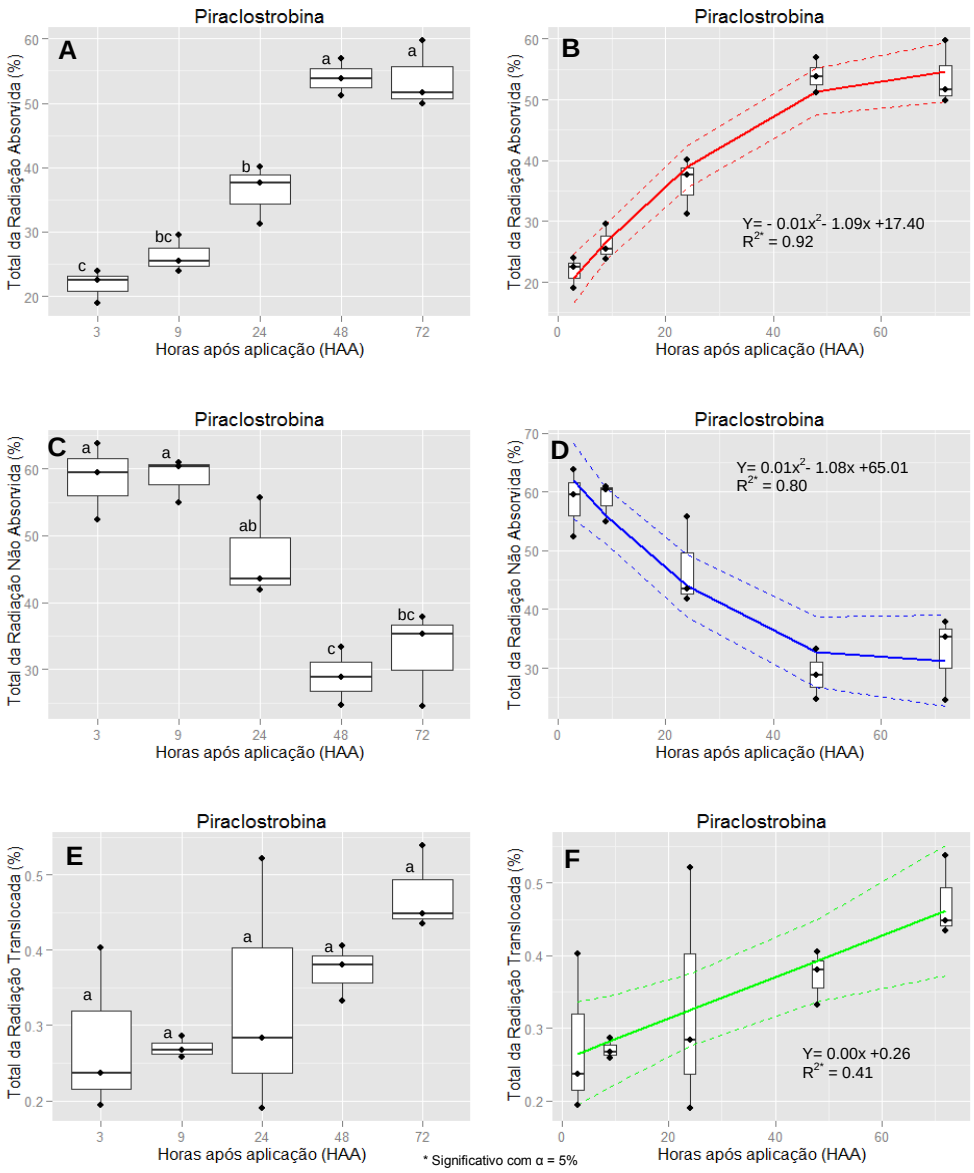


Figura 29 – Representação em box plot e regressão do total das radiações absorvida (A e B), não absorvida (C e D) e transcolada (E e F) para o fungicida piraclostrobina as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação em mudas de videira

Pelo teste de médias de Tukey ($p<0.05$), houve diferença significativa da absorção do ^{14}C-fluxapiroxade em função das horas após a aplicação. A maior absorção (19%) ocorreu as 72 HAA e foi significativamente diferente das demais (Tabela 9). Observa-se que há um crescimento da absorção no transcorrer das horas (Figura 30 A). Este crescimento é explicado pelo modelo quadrático (R^{2*} = 0.89) (Figura 30 B).

A parte não absorvida do ^{14}C-fluxapiroxade também apresentou diferença estatística. As maiores quantidades foram observadas as 3, 9 e 24 HAA, não diferindo entre si, e as menores quantidades foram observadas as 48 e 72 HAA,

também sem diferença entre elas (Tabela 9). A quantidade não absorvida decresce em função das horas, segundo o modelo quadrático (R^{2*} = 0.84) (Figura 30 D).

Constata-se que a absorção do fluxapiroxade pelas folhas da videira foi muito baixa, principalmente nas primeiras horas, e por consequência, se observou grande quantidade do produto exteriormente à folha (>90% as 3 e 9 HAA) (Tabela 9).

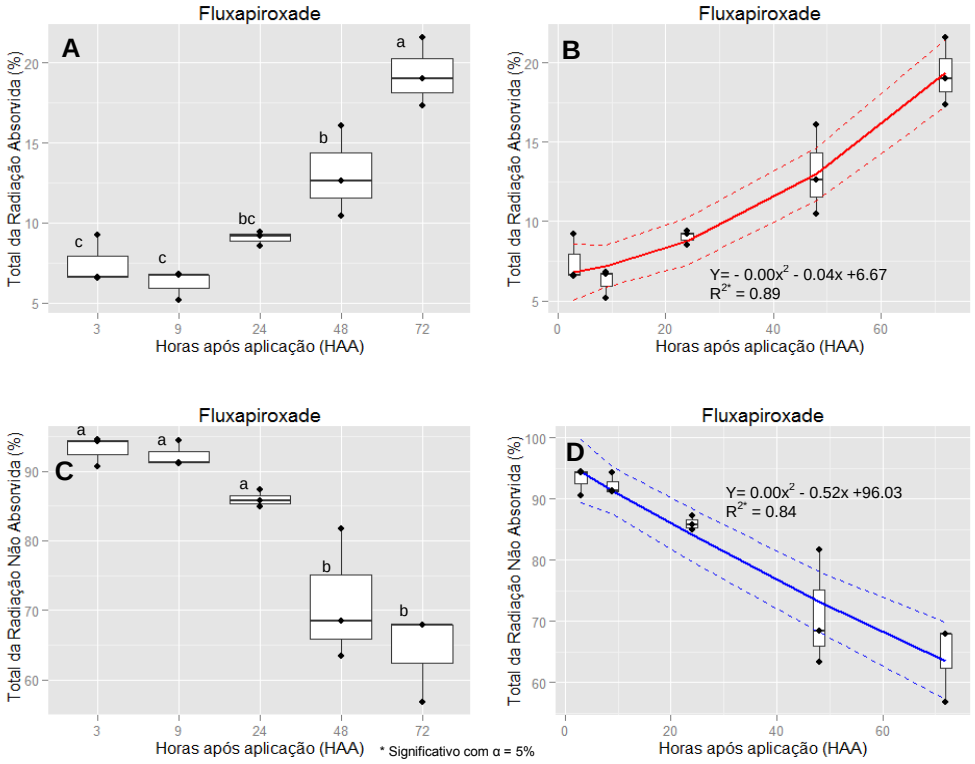


Figura 30 – Representação em box plot e regressão do total das radiações absorvida (A e B) e não absorvida (C e D) para o fungicida fluxapiroxade as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação em mudas de videira

Em relação a translocação do ^{14}C-fluxapiroxade, não se observou diferença significativa entre os tratamentos e nenhum modelo de regressão se ajustou aos dados obtidos (Tabela 9).

A maior absorção inicial (3 HAA) foi da piraclostrobina (22%), seguida do epoxiconazol (10%) e fluxapiroxade (7%). Ao final das avaliações (72 HAA) a maior absorção obedeceu a mesma sequência, ou seja, piraclostrobina (54%); epoxiconazol (40%) e fluxapiroxade (19%) (Tabela 9).

Fungicidas sistêmicos em formulações concentrado emulsionável (EC) penetram mais rapidamente nas folhas, provavelmente devido aos solventes de natureza orgânica que são utilizados na formulação (AZEVEDO, 2007). Os

fungicidas utilizados nestes experimentos foram todas suspensões concentradas (SC), evitando ou anulando o efeito de formulação na absorção. Portanto, os resultados aqui reportados medem somente os efeitos dos ingredientes ativos.

A distribuição da radioatividade absorvida, em porcentagem, por diferentes partes da muda de videira, as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação de epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade é apresentada na Tabela 10.

Analisando a translocação dos fungicidas para os tecidos adjacentes, nota-se que todos ficaram quase que totalmente retidos nas folhas aplicadas. Observou-se pequenas quantidades em outras partes analisadas, porém, sem um comportamento que pudesse diferenciar os produtos.

Tabela 10 - Distribuição da radioatividade absorvida (%) por diferentes partes da muda de videira, as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação dos fungicidas epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade

	Horas após a aplicação - HAA				
Epoxiconazol	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**
Folha tratada (FT)	10.08	13.50	16.29	21.84	39.99
Folha acima da FT	0.05	0.03	0.02	0.10	0.03
Folha abaixo da FT	0.07	0.22	0.01	0.03	0.10
Caule acima da FT	0.03	0.03	0.02	0.01	0.00
Caule abaixo da FT	0.03	0.02	0.02	0.08	0.02
Piraclostrobina	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**
Folha tratada (FT)	21,72	26.22	36.18	53.82	53.49
Folha acima da FT	0.01	0.02	0.03	0.05	0.10
Folha abaixo da FT	0.01	0.03	0.08	0.08	0.12
Caule acima da FT	0.05	0.02	0.01	0.01	0.00
Caule abaixo da FT	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Fluxapiroxade	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**
Folha tratada (FT)	7.23	6.12	8.94	12.93	19.14
Folha acima da FT	0.23	0.07	0.06	0.12	0.13
Caule acima da FT	0.03	0.02	0.01	0.00	0.02
Caule abaixo da FT	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01

As análises das autorradiografias confirmam as informações quantitativas obtidas (Tabela 10). É possível observar nas folhas da videira a maior concentração do fungicida no local onde o produto foi aplicado (em vermelho) e a menor concentração onde o mesmo foi redistribuído (em azul) (Figuras 31; 32 e 33). A redistribuição foi ligeiramente mais eficiente para o epoxiconazol e a piraclostrobina.

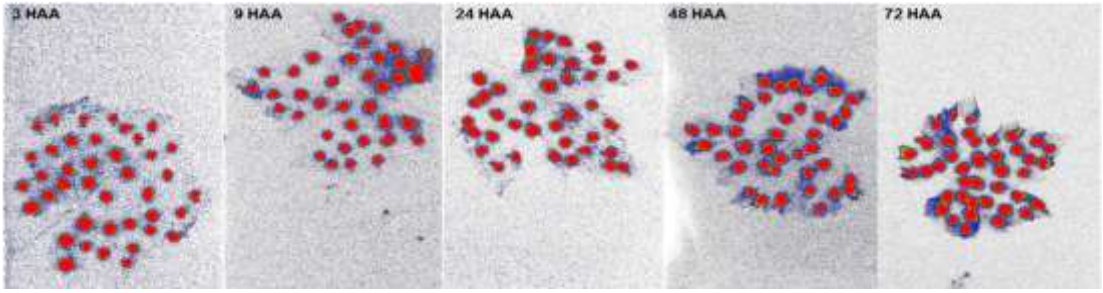


Figura 31 - Radioimagem de folhas de videira as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação de ^{14}C-epoxiconazol

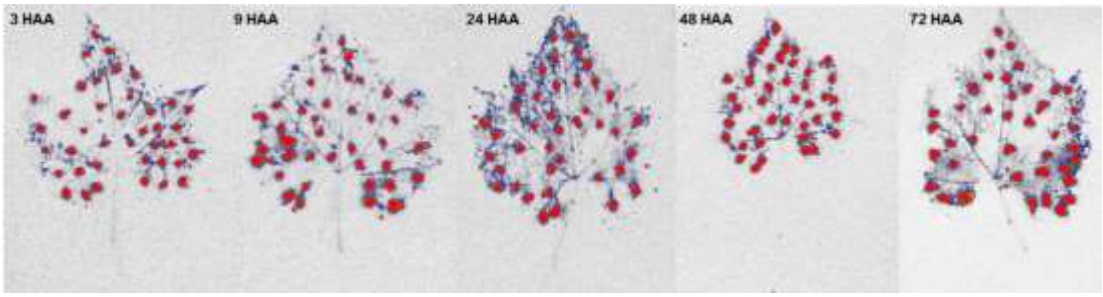


Figura 32 - Radioimagem de folhas de videira as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação de ^{14}C-piraclostrobina

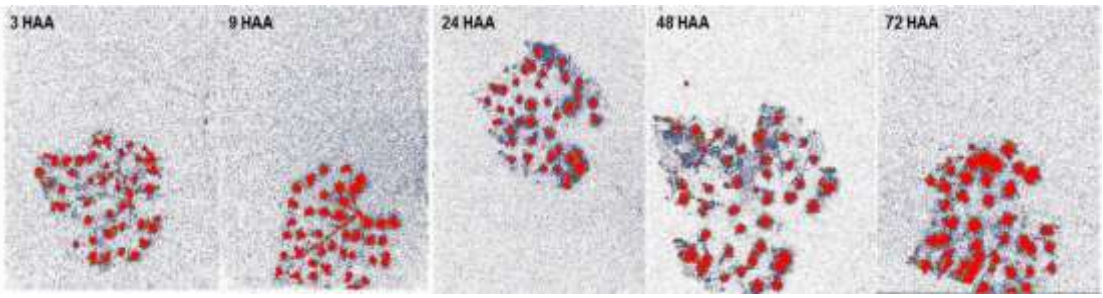


Figura 33 - Radioimagem de folhas de videira as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação de ^{14}C-fluxapiroxade

4.3.3 Sistemicidade do fluxapiroxade em folhas velhas e novas

Poucos são os trabalhos na literatura que relacionam a idade fisiológica dos tecidos foliares com à absorção e translocação de fungicidas. Assim, a fim de analisar estes parâmetros, foi realizado este experimento com folhas novas e velhas de videira.

A análise do fluxapiroxade aplicado na folha velha já foi objeto de discussão no experimento de sistemicidade de fungicidas (Tabela 9). Portanto, neste experimento, será discutido os resultados da aplicação na folha nova e suas diferenças em relação a aplicação na folha velha.

Pelo teste de Tukey ($p<0.05$) observa-se que há diferença significativa na absorção do ^{14}C-fluxapiroxade em função das horas após a aplicação (HAA),

quando aplicado na folha nova de videira. A maior absorção (21%) ocorreu as 72 HAA, e foi significativamente diferente das demais. Já a menor absorção (5%) ocorreu as 3 HAA (Tabela 11). A absorção foi crescente com o transcorrer das horas (Figura 34 A). Efetuou-se a análise de regressão e o modelo que melhor descreve este crescimento foi o quadrático (R^{2*} = 0.77) (Figura 34 B).

Para a quantidade não absorvida de ^{14}C-fluxapiroxade, também se observou diferença significativa entre as horas. A maior quantidade não absorvida (94%) foi constatada as 3 HAA e a menor (67%) as 72 HAA, com diferença significativa entre elas (Tabela 11). A quantidade não absorvida decresce com o passar das horas segundo modelo quadrático (R2* = 0.86) (Figuras 34 C e 34 D).

Analisando a translocação do ^{14}C-fluxapiroxade em folhas novas de videira, observa-se que não há diferença significativa entre as horas após a aplicação. A translocação foi mais ou menos constante no decorrer do período analisado (Tabela 11). Desta forma não foi possível encontrar um modelo com boa acurácia que explicasse o comportamento dos dados.

De modo geral observou-se que não houve diferença significativa, pelo teste de comparação de médias de Tukey ($p<0.05$), na quantidade absorvida, não absorvida e translocada de fluxapiroxade em folhas velhas e novas da videira (Tabelas 11 e 13).

Lenz et al. (2011) trabalhando na cultura da soja, observaram que os trifólios mais novos absorvem os fungicidas mais rapidamente e, em consequência, estabelecem um maior atraso no desenvolvimento da ferrugem da soja.

Tabela 11 - Balanço de massa (%) entre o que foi não absorvido, absorvido e translocado as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação do fungicida fluxapiroxade em folha velha e nova de videira

Fluxapiroxade	Horas após a aplicação - HAA					CV (%)
Folha Velha	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**	
Total não absorvido	93.12 a[1]	92.23 a	85.98 a	71.15 b	64.22 b	6.51
Total absorvido	7.48 c	6.22 c	9.03 bc	13.05 b	19.30 a	16.19
Total translocado	0.26 a	0.09 a	0.08 a	0.14 a	0.16 a	63.16
Total translocado[2]	0.50 a	0.29 a	0.28 a	0.34 a	0.38 a	35.68
Folha Nova	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**	
Total não absorvido	94.36 a	88.01 ab	83.00 bc	75.02 cd	67.09 d	5.01
Total absorvido	5.19 c	9.57 bc	12.44 b	13.24 b	20.56 a	17.65
Total translocado	0.11 a	0.24 a	0.12 a	0.04 a	0.11 a	104.41
Total translocado[2]	0.19 a	0.45 a	0.34 a	0.16 a	0.31 a	70.69

[1] médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05)
[2] dados transformados em raiz quadrada

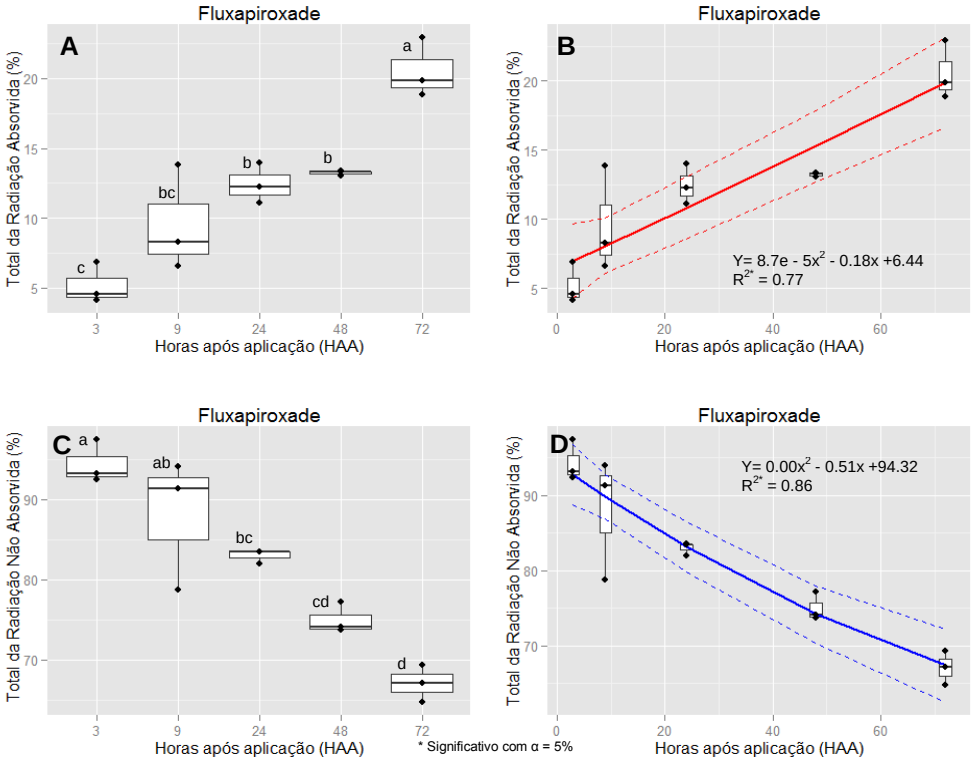


Figura 34 – Representação em box plot e regressão do total das radiações absorvida (A e B) e não absorvida (C e D) para o fungicida fluxapiroxade as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação em folha nova de muda de videira

A distribuição da radioatividade absorvida, em porcentagem, por diferentes partes da muda de videira, as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação de fluxapiroxade em folhas novas e velhas de videira é apresentada na Tabela 12.

Analisando a translocação do fluxapiroxade para os tecidos adjacentes, nota-se, que tanto a aplicação na folha velha, como na nova, o produto permaneceu em sua grande maioria na folha tratada ou aplicada.

Tabela 12 - Distribuição da radioatividade absorvida (%) por diferentes partes da muda de videira, as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação do fungicida fluxapiroxade em folha velha e nova de videira

Fluxapiroxade	**Horas após a aplicação - HAA**				
Folha Velha	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**
Folha tratada (FT)	7.23	6.12	8.94	12.93	19.14
Folha acima da FT	0.23	0.07	0.06	0.12	0.13
Caule acima da FT	0.03	0.02	0.01	0.00	0.02
Caule abaixo da FT	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01
Folha Nova	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**
Folha tratada (FT)	5.07	9.33	12.30	13.20	20.46
Folha não tratada	0.06	0.19	0.09	0.03	0.10
Caule acima da FT	0.05	0.05	0.03	0.00	0.00

Nas autorradiografias das folhas velhas e novas da videira observa-se maior concentração do fungicidano local onde o produto foi aplicado (em vermelho) e a menor concentração onde o mesmo foi redistribuído (em azul) (Figuras 35 e 36). Entretando, observa-se que a redistribuição do fluxapiroxade foi muito maior nas folhas novas do que nas velhas. A partir das 3 HAA o produto já protegia a folha nova por completo, enquanto que, na folha velha, mesmo as 72 HAA, o produto não havia se redistribuído em toda a folha. Na prática este fato confere uma proteção muito maior contra os patógenos que possam a vir se depositar sobre estas folhas. A maior redistribuição nas folhas novas, provavelmente, deve-se ao fato de as mesmas terem um metabolismo maior do que as folhas velhas.

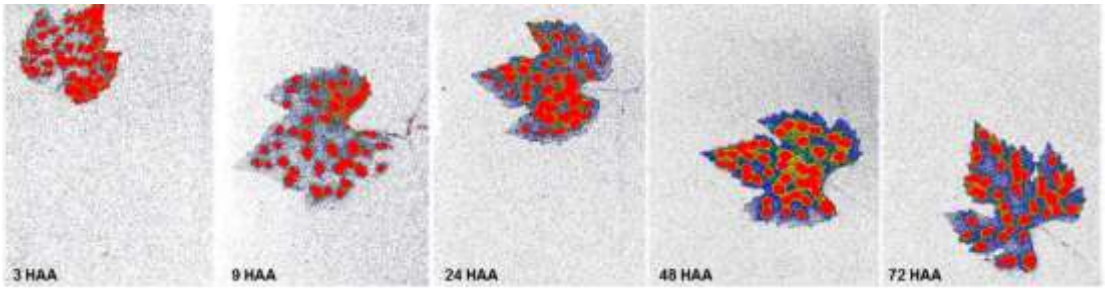


Figura 35 - Radioimagem de folhas novas de videira as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação de ^{14}C-fluxapiroxade

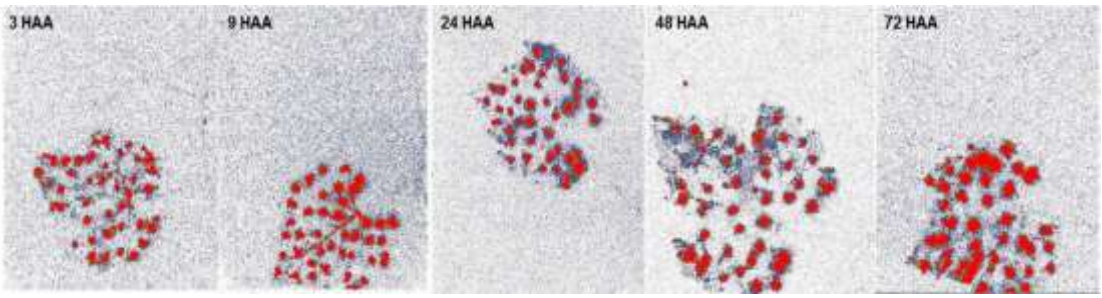


Figura 36 - Radioimagem de folhas velhas de videira as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação de ^{14}C-fluxapiroxade

A comparação entre os fungicidas quanto a absorção, não absorção e translocação, feita pelo teste de comparação de médias de Tukey ($p<0.05$), em mudas de videira, encontra-se na Tabela 13.

Houve diferença significativa entre os tratamentos quanto a absorção. A piraclostrobina apresentou maior absorção do que o fluxapiroxade, tanto na folha velha como na nova, independente da avaliação; e foi mais absorvida do que o epoxiconazol as 3, 9, 24 e 48 HAA, igualando-se a este as 72 HAA. Considerando todo o período de avaliação, a piraclostrobina foi 231% mais absorvida do que o fluxapiroxade e 87% a mais do que o epoxiconazol. O epoxiconazol e o fluxapiroxade (folha velha e nova) apresentaram absorções semelhantes as 3, 9 e 24 HAA, diferindo-se entre si a partir das 48 HAA, com o aumento da absorção do epoxiconazol (Tabela 13).

Não ocorreu diferença significativa na absorção do fluxapiroxade, entre as folhas velhas e novas, com o transcorrer das horas (Tabela 13). Embora na média geral das avaliações, tenha-se observado 11% a mais de absorção para as folhas novas. Pressupõe-se que a absorção poderia ter sido maior, em favor das folhas novas e, portanto, significativa, caso a diferença de idade dos tecidos também fosse maior, o que não foi possível em se tratando de mudas.

A maior quantidade não absorvida foi encontrada nos tratamentos com o fluxapiroxade, que se diferiu da piraclostrobina e do epoxiconazol em praticamente todas as avaliações, a exceção das 48 HAA, onde este se igualou ao epoxiconazol. As 3 HAA, em média 94% do produto, encontrava-se exterior à folha, enquanto que, as 72 HAA o índice foi de 66% em média (Tabela 13). Com isso pode-se dizer que o produto terá uma função predominantemente protetora, e um menor efeito curativo.

Em relação a translocação, não houve diferença significativa entre os fungicidas avaliados. Além disso, não foi observado acréscimo ou diminuição da translocação com o passar das horas, aparentemente ela acontece de maneira constante (Tabela 13).

Tabela 13 - Balanço de massa (%) entre o que foi absorvido, não absorvido e translocado as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação dos tratamentos epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade em mudas de videira

Tratamentos	Horas após a aplicação - HAA				
Absorvido	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**
Epoxiconazol	10.27 b[1]	13.79 b	16.35 b	22.06 b	40.14 a
Piraclostrobina	21.80 a	26.30 a	36.31 a	53.94 a	53.71 a
Fluxapiroxade/F Velha	7.48 b	6.22 c	9.03 b	13.05 c	19.30 b
Fluxapiroxade/F Nova	5.19 b	9.57 bc	12.44 b	13.24 c	20.56 b
CV (%)	23.20	20.64	17.74	8.37	16.38
Não absorvido	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**
Epoxiconazol	76.42 b	60.97 b	62.65 b	54.21 b	32.08 b
Piraclostrobina	58.54 c	58.75 b	47.05 c	28.94 c	32.60 b
Fluxapiroxade/F Velha	93.12 a	92.23 a	85.98 a	71.15 ab	64.22 a
Fluxapiroxade/F Nova	94.36 a	88.01 a	83.00 a	75.02 a	67.09 a
CV (%)	6.18	6.90	6.13	11.55	12.42
Translocado[2]	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**
Epoxiconazol	0.42 a	0.52 a	0.27 a	0.45 a	0.40 a
Piraclostrobina	0.28 a	0.27 a	0.33 a	0.37 a	0.47 a
Fluxapiroxade/F Velha	0.50 a	0.29 a	0.28 a	0.34 a	0.38 a
Fluxapiroxade/F Nova	0.19 a	0.45 a	0.34 a	0.16 a	0.31 a
CV (%)	53.14	45.50	36.55	39.84	25.60

[1] médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$)
[2] dados transformados em raiz quadrada

4.4 Conclusões

O fluxapiroxade e a piraclostrobina foram altamente eficientes no controle da ferrugem da videira, mesmo as 3 horas após a aplicação e simulação da chuva, o que não permitiu diferenciar os tratamentos quanto à tenacidade.

A piraclostrobina foi a mais absorvida pelas folhas de videira, tanto no início (3 HAA) como no final (72 HAA), seguida pelo epoxiconazol e fluxapiroxade.

Grande quantidade de fluxapiroxade não foi absorvido pelas folhas da videira, o que pode resultar em grande potencial como fungicida protetor. No entanto, observou-se também, absorção crescente com o tempo, o que significa, que o produto apresenta uma liberação contínua no interior das folhas, podendo agir de forma curativa.

A translocação dos fungicidas foi baixa, menos de 0,5%, e constante ao longo do tempo.

Não houve diferença na absorção e translocação do fluxapiroxade em folhas velhas e novas de mudas de videira, embora, a redistribuição do produto tenha sido melhor nas folhas novas.

Referências

ANGELOTTI, A.; SCAPIN, C.R.; TESSMANN, D.J.; VIDA, J.B.; VIEIRA, R.A.; SOUTO, E.R. Resistência de genótipos de videira à ferrugem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 43, n.9, p. 1129-1134, 2008.

AZEVEDO, L.A.S. de. **Fungicidas sistêmicos**: Teoria e Prática. 1. ed. Campinas: EMOPI, 2007, 284p.

BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Society of London A***,* v.160, p.268-282, 1937.

CAMPBELL, C. L; MADDEN, L.V. 1990**. Introduction to plant disease epidemiology**, New York, NY. John Wiley & Sons.

CHAVARRIA, G; SANTOS H.P. dos. Cultivo protegido de videira: manejo fitossanitário, qualidade enológica e impacto ambiental. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 910-918, 2013.

DEBORTOLI, M.P. **Efeito do “rainfastness” e adjuvante na aplicação de fungicidas foliares em cultivares de soja**. 2008. 57 p. Dissertação (Mestrado em Proteção de plantas) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

EMBRAPA. **Cultivo da videira.** Embrapa Semiárido. 2010. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/CultivodaVideira_2ed/doencas.html>. Acesso em: 01 jul. 2015.

LENZ, G.; BALARDIN, R.S.; MINUZZI, S.G.; TORMEN, N.R.; MARQUES, L.N. Espectro de gotas e idade de trifólios na taxa de absorção e efeito residual de fungicidas em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 10, p. 1702-1708. 2011.

MCGRATH, M.T. **What are Fungicides**.The Plant Health Instructor.2004. DOI: 10.1094/PHI-I-2004-0825-01. Disponível em: http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/topics/Pages/fungicides.aspx.>. Acesso em: 28 nov. 2015.

MELLO, L.M.R. Panorama da Vitivinicultura brasileira 2014. Disponível em: <http://www.revistacampoenegocios.com.br/panorama-da-vitivinicultura-brasileira-2014/>. Acesso em: 29 jun. 2015.

MEYER, L.D. Rainfall simulator for runoff plots. **Journal of Agricultural Engineering**. Pavia, v.10, n. 3, p. 644-648, 1958.

SANTOS, H.P.; CHAVARRIA, G. Cultivo de videira em ambiente protegido. In: CHAVARRIA, G.; SANTOS, H.P. (Ed.). **Fruticultura em ambiente protegido**. Embrapa: Brasília, 2012. 278 p.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika,** v.52, n.3-4, p.591-611, 1965.

SÔNEGO, O.R.; GARRIDO, L.R.; GAVA, R. **Ferrugem da videira no Brasil**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. 4p.

TESSMANN, D.J.; VIDA, J.B. A ferrugem da videira no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, p. S23-S25, 2005. Suplemento.

XAVIER, A.A.; DARIVA, J.M.; RIBEIRO, R.C.F.; MIZOBUTSI, E.H. Ocorrência da ferrugem da videira em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 317-319, 2012.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO GERAL

O balanço de massa, em porcentagem, entre o que foi absorvido, não absorvido e translocado, para os fungicidas epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade em plantas de soja e videira, encontra-se na Tabela 14. Pela análise de Tukey ($p<0.05$) verifica-se que há diferença significativa entre os tratamentos para todos os parâmetros avaliados.

A absorção do epoxiconazol foi substancialmente maior nos folíolos de soja em comparação com as folhas da videira, durante todo o período avaliado. A absorção do epoxiconazol pelos folíolos da soja foi alta desde o início, 41% as 3 HAA, e manteve-se relativamente constante ao longo do período de avaliação, enquanto que, na videira a absorção inicial foi baixa, 10% as 3 HAA, porém foi aumentando com o transcorrer das horas, 40% as 72 HAA (Tabela 14). Comparando as duas culturas, verifica-se que na média geral das horas, o epoxiconazol foi absorvido 102% a mais pelos folíolos da soja.

A absorção da piraclostrobina, em números absolutos, também foi maior na soja, embora estatisticamente tenha-se observado diferenças significativa as 9 e 24 HAA. A semelhança do epoxiconazol a absorção da piraclostrobina, pelos folíolos da soja, manteve-se relativamente constante, e na videira houve um aumento progressivo com o passar das horas. Na média geral das horas a piraclostrobina foi absorvida 22% a mais pelos folíolos da soja em comparação com as folhas da videira (Tabela 14).

O fluxapiroxade foi substancialmente mais absorvido pelos folíolos da soja do que pelas folhas da videira, durante toda a avaliação. Ao contrário do epoxiconazol e da piraclostrobina, o fluxapiroxade tem a absorção aumentada progressivamente no transcorrer das horas, para ambas as culturas. Também na soja e na videira, nota-se aumento significativo da absorção do fluxapiroxade a partir das 24 HAA. O aumento médio da absorção do fluxapiroxade pelos folíolos da soja em relação a folha da videira é de 197% (Tabela 14).

As maiores absorções, na média de todas as avaliações, em ordem decrescente foram: piraclostrobina-soja (x~47%) > epoxiconazol-soja (x~42%) > piraclostrobina-videira (x~38%) > fluxapiroxade-soja (x~33%) > epoxiconazol-videira (x~21%) > fluxapiroxade-videira (x~11%).

De maneira geral na primeira hora após a aplicação, a absorção dos fungicidas sistêmicos ocorre numa proporção muito baixa. O ^{14}C-flutriafol (triazol) foi quantificado em folhas de trigo e constatou-se que apenas 8% do produto havia sido absorvido na primeira hora após a aplicação (AZEVEDO, 2007). Em outro experimento, também na cultura do trigo, verificou-se que 80% do flutriafol e 45% do tebuconazol havia sido absorvido pelas folhas na avaliação realizada três dias após a aplicação (AZEVEDO, 2007).

A quantidade não absorvida é inversamente proporcional a quantidade absorvida. Neste caso, é interessante destacar o comportamento do fungicida fluxapiroxade, que permaneceu em sua grande maioria, 66% para a soja e 81% para a videira, na parte externa da folha. Infere-se assim que este produto tem também um alto potencial como fungicida protetor, e que por consequência, seria bastante eficiente em aplicações preventivas. Entretanto, ficou comprovado, para ambas as culturas, que sua absorção é crescente com o transcorrer do tempo e, portanto, isto também lhe confere um efeito curativo (Tabela 14).

Segundo Azevedo (2007), os depósitos de fungicidas sistêmicos formados na superfície da folha desempenham um papel importante, porque garantem uma penetração contínua do produto dentro da folha.

A translocação do epoxiconazol foi semelhante para ambas as culturas, as 3 e 9 HAA, diferindo-se a partir das 24 HAA, com maior translocação sendo observada nas plantas de soja. Embora não se tenha observado diferença estatística em relação a translocação da piraclostrobina entre as culturas, verifica-se, que, em média, a piraclostrobina foi translocada 209% a mais nas mudas da videira. A explicação para o fato advém, provavelmente, dos altos coeficientes de variação observados na análise deste parâmetro. A translocação do fluxapiroxade foi maior nas mudas da videira as 3 HAA, não se diferindo a partir de então das plantas de soja (Tabela 14).

A translocação a longa distância foi baixa, menos de 1%, para todos os fungicidas, nas culturas testadas. Na cultura da soja existe uma tendência de aumento da translocação com o decorrer das horas, para os fungicidas epoxiconazol e fluxapiroxade, diferente da videira, que não apresentou este mesmo tipo de comportamento. A piraclostrobina teve uma translocação muito limitada e mais ou menos constante durante o tempo de avaliação.

De acordo com Reis et al. (2001), a velocidade de absorção de fungicidas depende tanto das características inerentes aos ingredientes ativos aplicados como também da constituição da epiderme das folhas que recebem os produtos. A principal barreira à penetração de fungicidas através da cutícula são os lipídios intracuticulares. Desse modo entre culturas e mesmo entre cultivares as taxas de penetração variam de acordo com a proporção de lipídios intracuticulares.

Tabela 14 - Balanço de massa (%) entre o que foi não absorvido, absorvido e translocado as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação dos fungicidas epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade em plantas de soja e videira

Tratamentos	Horas após a aplicação - HAA				
Absorvido	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**
Epoxiconazol-Soja	41.15 a[1]	38.48 ab	34.83 b	37.16 b	56.03 a
Epoxiconazol-Videira	10.27 c	13.79 cd	16.35 cd	22.06 c	40.14 b
Piraclostrobina-Soja	37.14 ab	40.16 a	51.34 a	47.69 ab	58.34 a
Piraclostrobina-Videira	21.80 bc	26.30 bc	36.31 b	53.94 a	53.71 ab
Fluxapiroxade-Soja	23.89 bc	25.08 bc	25.68 bc	42.98 ab	46.22 ab
Fluxapiroxade-Videira	7.48 c	6.22 d	9.03 d	13.05 c	19.30 c
CV (%)	25.52	19.64	13.52	12.67	11.56
Não absorvido	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**
Epoxiconazol-Soja	33.18 d	35,64 c	46.29 c	31.64 c	23.83 c
Epoxiconazol-Videira	76.42 ab	60.97 b	62.65 b	54.21 ab	32.08 bc
Piraclostrobina-Soja	50.50 cd	48.43 bc	32.51 c	39.75 bc	23.17 c
Piraclostrobina-Videira	58.54 bc	58.75 b	47.05 c	28.94 c	32.60 bc
Fluxapiroxade-Soja	78.32 ab	80.10 a	72.16 ab	53.75 ab	45.41 b
Fluxapiroxade-Videira	93.12 a	92.23 a	85.98 a	71.15 a	64.22 a
CV (%)	13.08	8.98	9.32	13.88	14.94
Translocado[2]	**3**	**9**	**24**	**48**	**72**
Epoxiconazol-Soja	0.39 a	0.67 a	0.87 a	0.95 a	0.95 a
Epoxiconazol-Videira	0.42 a	0.52 ab	0.27 bc	0.45 b	0.40 bc
Piraclostrobina-Soja	0.06 b	0.12 c	0.12 bc	0.08 c	0.17 c
Piraclostrobina-Videira	0.28 ab	0.27 bc	0.33 b	0.37 bc	0.47 bc
Fluxapiroxade-Soja	0.13 b	0.11 c	0.04 c	0.68 ab	0.71 ab
Fluxapiroxade-Videira	0.50 a	0.29 bc	0.28 bc	0.34 bc	0.38 bc
CV (%)	30.55	38.57	27.33	27.56	30.47

[1] médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$)
[2] dados transformados em raiz quadrada

Referências

AZEVEDO, L.A.S. de. **Fungicidas sistêmicos**: teoria e prática. Campinas: EMOPI, 2007. 284 p.

REIS, E.; FORCELLINI, C.A.; REIS, C.A. **Manual de fungicidas**: guia para o controle de doenças de plantas. 4. ed. Florianópolis: Ed. Insular, 2001. 176 p.

6 CONCLUSÃO GERAL

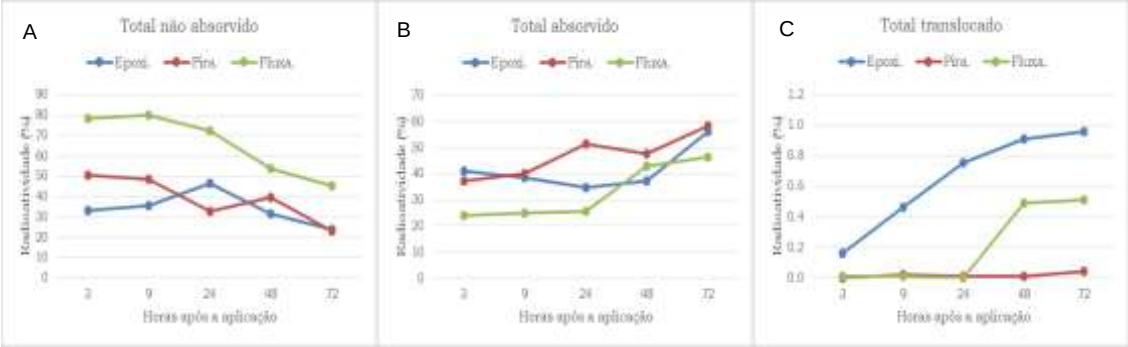
Os folíolos de soja absorveram mais epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade do que as folhas de videira.

O fluxapiroxade mostrou-se versátil, pois apresenta elevado potencial como fungicida protetor, uma vez que, grande quantidade do produto (>65%) permaneceu na parte externa das folhas da soja e videira até as 72 horas após a aplicação. Além disso, apresentou absorção crescente com o tempo, o que significa, que o produto apresenta uma liberação contínua no interior das folhas, podendo agir também de forma curativa.

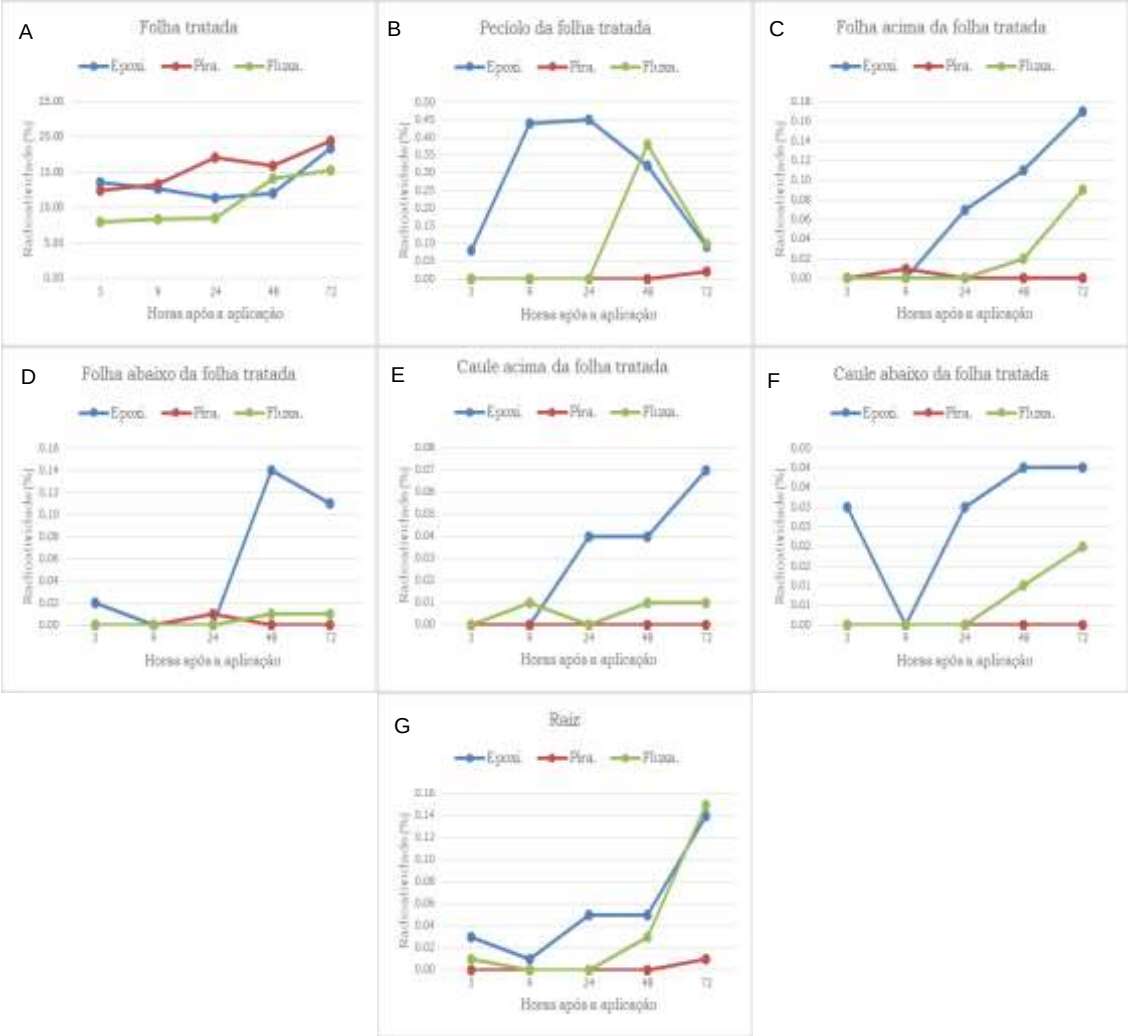
A translocação à longa distância, nas culturas da soja e videira, foi baixa, menos de 1%, para todos os fungicidas avaliados.

A translocação do epoxiconazol e fluxapiroxade aumenta com o decorrer das horas nas plantas de soja e não em mudas de videira. A piraclostrobina tem uma translocação limitada e constante em ambas as culturas.

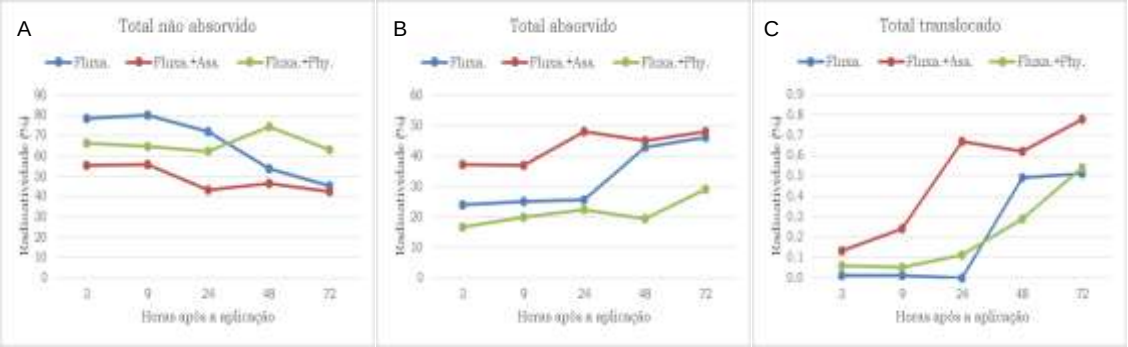
ANEXOS



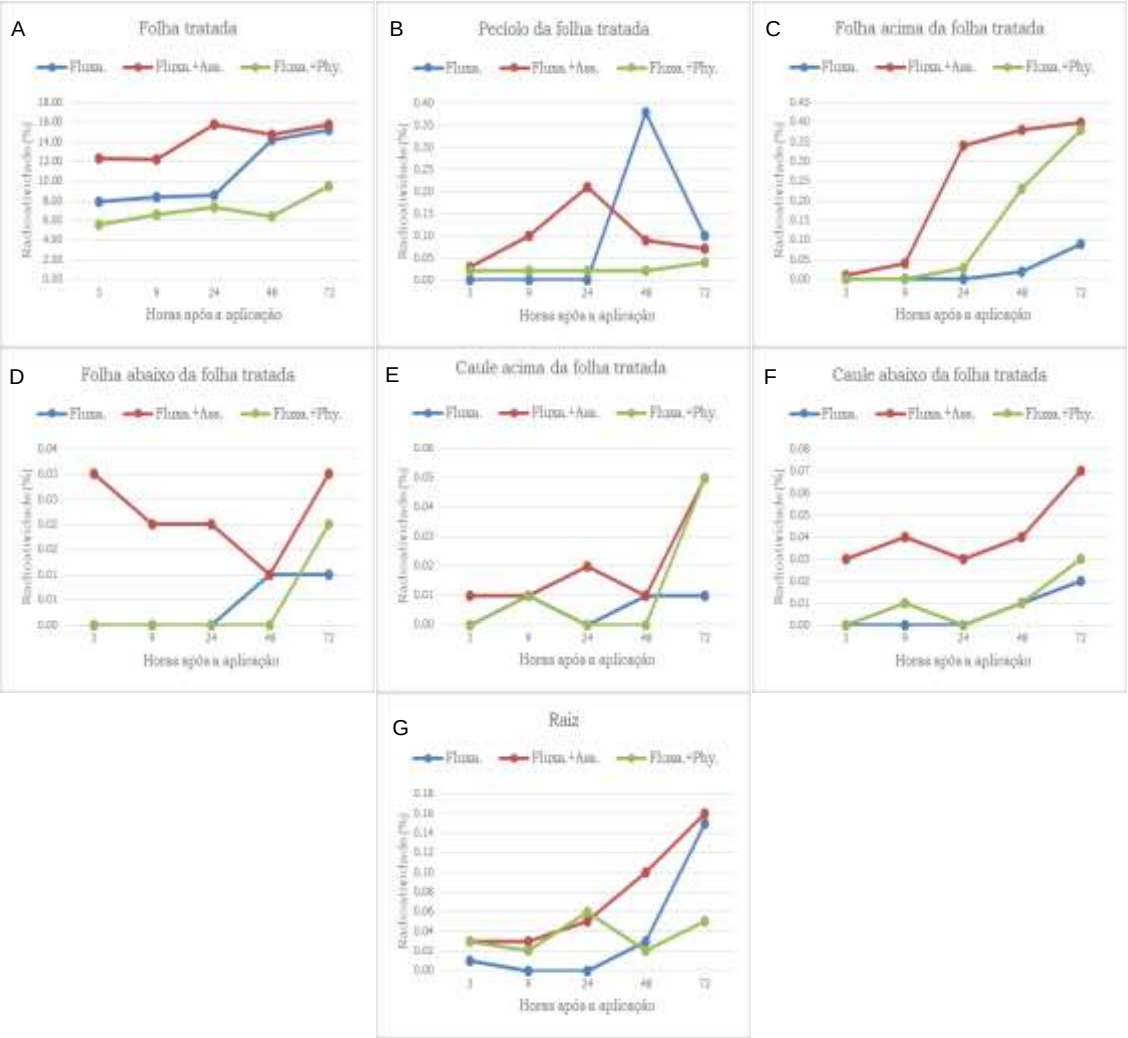
Anexo A - Total não absorvido (A), absorvido (B) e translocado (C) dos fungicidas epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação em plantas de soja



Anexo B - Translocação dos fungicidas epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade, nas folhas tratadas (A), no pecíolo da folha tratada (B), na folha acima e abaixo da folha tratada (C e D), no caule acima e abaixo da folha tratada (E e F) e na raiz (G), as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação em plantas de soja

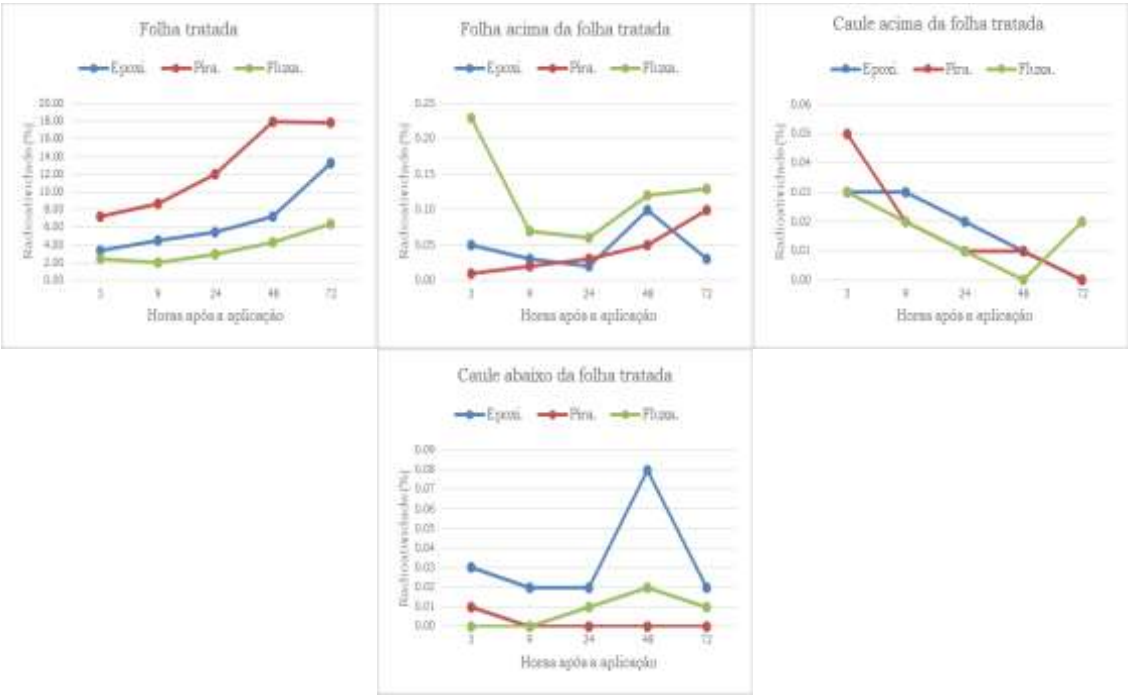


Anexo C - Total não absorvido (A), absorvido (B) e translocado (C) dos tratamentos com fluxapiroxade, fluxapiroxade associado a adjuvante (Assist) e fluxapiroxade associado a fosfito de potássio (Phytogard K) as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação em plantas de soja

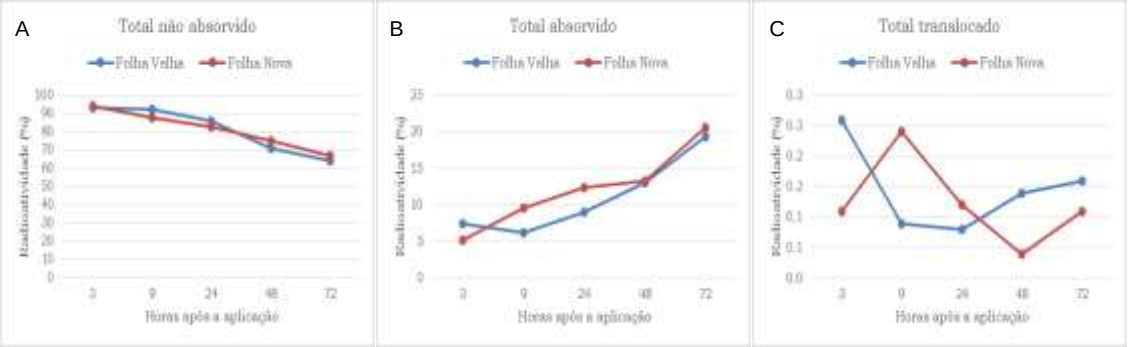


Anexo D - Translocação dos tratamentos com fluxapiroxade, fluxapiroxade associado eadjuvante (Assist) e fluxapiroxade associado afosfito de potássio (Phytogard K), nas folhas tratadas (A), no pecíolo da folha tratada (B), na folha acima e abaixo da folha tratada (C e D), no caule acima e abaixo da folha tratada (E e F) e na raiz (G), as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação em plantas de soja

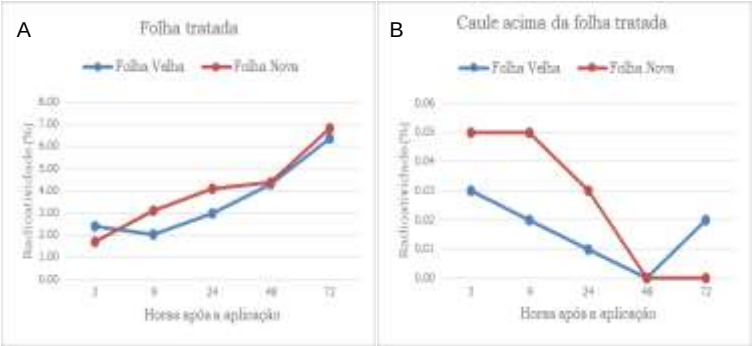
Anexo E - Total não absorvido (A), absorvido (B) e translocado (C) dos fungicidas epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação em folhas de videira



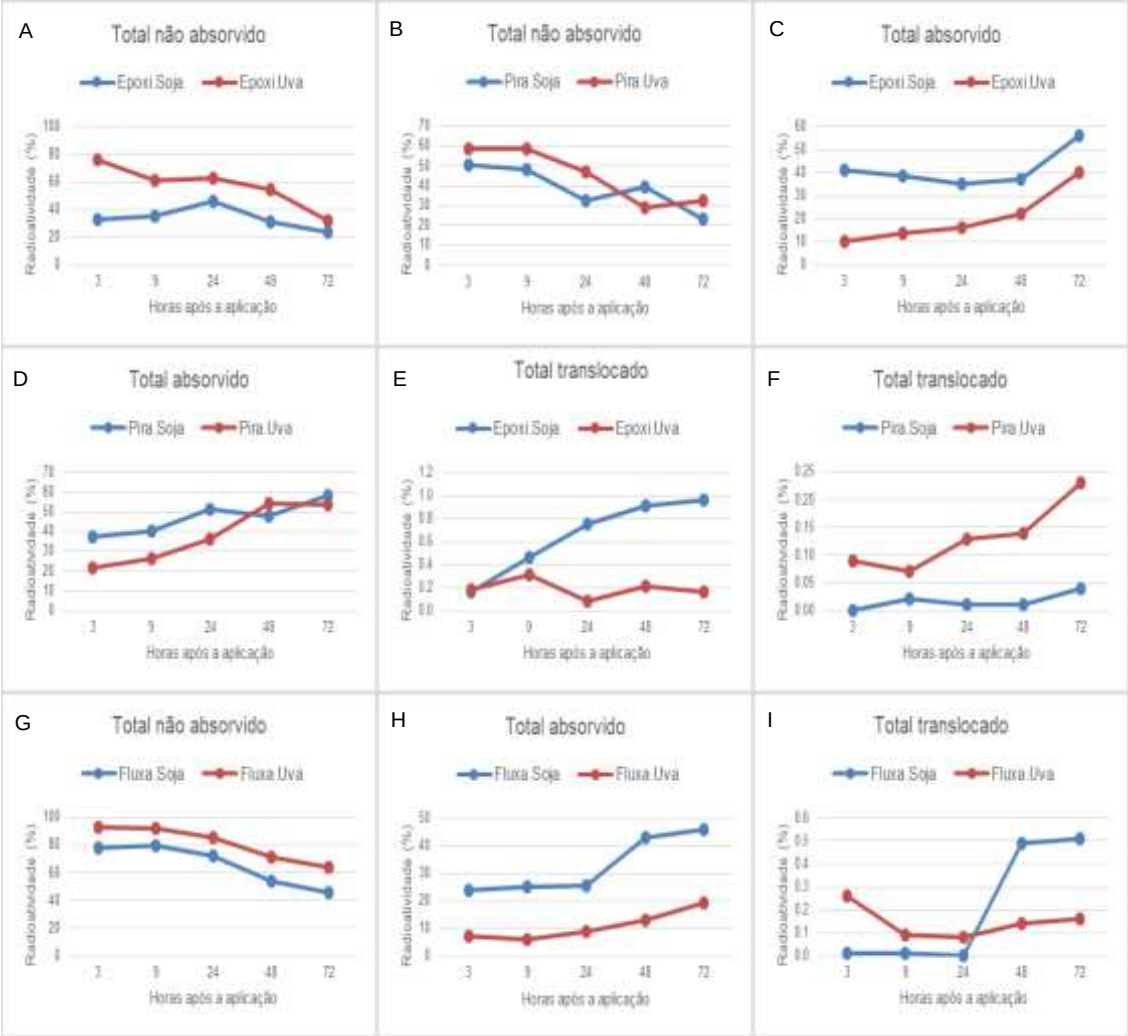
Anexo F - Translocação dos fungicidas epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade, na folha cima da folha tratada (A), no caule acima e abaixo da folha tratada (B e C) e na folha tratada (D), as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação em mudas de videira



Anexo G - Total não absorvido (A), absorvido (B) e translocado (C) do fungicida fluxapiroxade em folha velha e nova de videira as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação



Anexo H - Translocação do fungicida fluxapiroxade na folha tratada (A) e no caule acima da folha tratada (B), as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação em folha velha e nova de videira



Anexo I - Total não absorvido, absorvido e translocado dos fungicidas epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade em plantas de soja e videira as 3, 9, 24, 48 e 72 horas após a aplicação