**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Ação de fungicidas e indutores de resistência no controle da requeima e pinta
preta na cultura da batata**

Jesus Guerino Tofoli

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

**Piracicaba
2011**

Jesus Guerino Tofoli
Engenheiro Agrônomo

Ação de fungicidas e indutores de resistência no controle da requeima e pinta preta na cultura da batata

Orientador:
Prof. Dr. **PAULO CÉSAR TAVARES DE MELO**

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

**Piracicaba
2011**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Tofoli, Jesus Guerino

Ação de fungicidas e indutores de resistência no controle da requeima e pinta preta na cultura da batata / Jesus Guerino Tofoli. - - Piracicaba, 2011.
175 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2011.

1. Batata - Resistência 2. Fungicidas 3. Fungos fitopatogênicos 4. Pinta Preta
5. Requeima I.Título

CDD 633.491
T644a

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

A todos que estão relacionados à descoberta, difusão, pesquisa, produção e promoção desse nobre alimento

dedico

“Somente em Deus eu encontro a paz e Nele ponho a minha esperança”. Salmo 62:5

AGRADECIMENTOS

Ao Eterno Deus, pela graça e a alegria da vida.

Aos meus pais João e Isolde Regina (*in memorian*) pelo amor, cuidados e ensinamentos.

A minha irmã Ana Regina por sua amizade e presença incondicional.

A minha avó Regina Schwittay (*in memorian*) por me fazer conhecer e amar a Agronomia.

Ao professor Dr. Paulo César Tavares de Melo pela orientação, exemplo, dedicação, amizade e apoio nas diferentes fases desse trabalho.

A Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e ao Departamento de Produção Vegetal pela oportunidade em realizar o curso de Doutorado.

Aos professores: Dra Simone da Costa Mello, Dr. Francisco de Assis Alves Mourão Filho, Dr. João Alexio Scarpate Filho, Dr. Pedro Jacob Christoffoleti, Dra. Lilian Amorim e a pesquisadora científica Dra Sylvia Dias Guzzo pelos ensinamentos.

Ao Instituto Biológico pela confiança e apoio concedido.

Ao Pq. C. Ricardo José Domingues pela amizade e colaboração em diferentes fases desse estudo.

Ao Pq. C. José Maria Fernandes dos Santos pela contribuição na área de tecnologia de aplicação e chuva simulada.

Ao Pq. C. Cesar Martins Chaves pela versão inglesa dos resumos.

Ao Pq. C. Alexandre Levi R. Chaves pela reprodução das escalas diagramáticas.

Aos colegas do Laboratório de Doenças Fúngicas em Horticultura: Dr. Eduardo Monteiro de Campos Nogueira, Dra. Josiane Takassaki Ferrari, Eng. Agr^a. Ieda Mascarenhas Louzeiro Terçariol e Teresa Maria Ferraz pela amizade e convívio.

Ao produtor Sr. José de Goes pela concessão de áreas para os experimentos de campo e auxílio constante.

Aos colegas de curso do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela convivência e aprendizado.

A Luciane Aparecida Lopes Toledo, secretária do PPG em Fitotecnia, pela gentileza, dedicação e pronta colaboração no decorrer de todo o curso.

A bibliotecária Eliana Maria Garcia pela revisão dessa tese.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização desse sonho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	13
1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Batata um alimento universal.....	15
1.2 A cultura da batata no Brasil e no mundo.....	15
1.3 Botânica.....	17
1.4 A requeima e a pinta preta.....	17
1.5 Fungicidas e indutores de resistência.....	22
1.6 Objetivo.....	24
Referências.....	24
2 AÇÃO PREVENTIVA, RESIDUAL, CURATIVA E ANTI-ESPORULANTE DE FUNGICIDAS NO CONTROLE DA REQUEIMA E PINTA PRETA DA BATATA EM CONDIÇÕES CONTROLADAS.	31
Resumo.....	31
Abstract.....	31
2.1 Introdução.....	32
2.2 Desenvolvimento.....	33
2.2.1 Revisão Bibliográfica.....	33
2.2.2 Material e Métodos.....	35
2.2.2.1 Experimento 1. Ação protetora e residual de fungicidas no controle da requeima da batata	35
2.2.2.2 Experimento 2. Ação curativa e atividade anti-esporulante de fungicidas no controle da requeima da batata.....	36
2.2.2.3 Experimento 3. Ação protetora e residual de fungicidas no controle da pinta preta da batata.....	37
2.2.2.4 Experimento 4. Ação curativa e atividade anti-esporulante de fungicidas no controle da pinta preta da batata.....	37
2.2.3 Resultados e Discussão.....	38
2.3 Considerações Finais.....	55
Referências.....	56

3 EFEITO DE CHUVA SIMULADA SOBRE A EFICIÊNCIA DE FUNGICIDAS NO CONTROLE DA REQUEIMA E PINTA PRETA DA BATATA.	61
Resumo.....	61
Abstract.....	61
3.1 Introdução.....	61
3.2 Desenvolvimento.....	63
3.2.1 Revisão Bibliográfica.....	63
3.2.2 Material e Métodos.....	64
3.2.2.1 Experimento 1. Efeito de chuva simulada sobre a eficiência de fungicidas no controle requeima da batata.....	65
3.2.2.2 Experimento 2. Efeito de chuva simulada sobre a eficácia de fungicidas no controle da pinta preta da batata.....	66
3.2.3 Resultados e Discussão.....	66
3.3 Considerações Finais.....	75
Referências.....	76
4 CONTROLE DA REQUEIMA E PINTA PRETA DA BATATA POR FUNGICIDAS E SEUS REFLEXOS SOBRE A PRODUTIVIDADE E A QUALIDADE DE TUBÉRCULOS.....	81
Resumo.....	81
Abstract.....	81
4.1 Introdução.....	82
4.2 Desenvolvimento.....	83
4.2.1 Revisão Bibliográfica.....	83
4.2.2 Material e Métodos.....	87
4.2.2.1 Experimentos 1 e 2. Ação de fungicidas no controle da requeima e pinta preta da batata e seus reflexos sobre a produtividade e a qualidade de tubérculos.....	87
4.2.3 Resultados e Discussão.....	89
4.3 Considerações Finais.....	109
Referências.....	109
5 AÇÃO DE ACIBENZOLAR-S-METILICO E FOSFITO DE POTÁSSIO ISOLADO E EM MISTURA COM FUNGICIDAS NO CONTROLE DA REQUEIMA E PINTA PRETA NA CULTURA DA BATATA.....	117

Resumo.....	117
Abstract.....	117
5.1 Introdução.....	118
5.2 Desenvolvimento.....	120
5.2.1 Revisão Bibliográfica.....	120
5.2.2 Material e Métodos.....	126
5.2.2.1 Experimento 1. Ação de acibenzolar-s-metílico e fosfito de potássio isolados e em mistura com fungicidas no controle da requeima da batata.....	126
5.2.2.2 Experimento 2. Ação de acibenzolar-s-metílico e fosfito de potássio isolados e associados a programas de aplicação de fungicidas no controle da requeima da batata.....	127
5.2.2.3 Experimento 3. Ação de acibenzolar-s-metílico isolado e em mistura com fungicidas no controle da pinta preta da batata.....	129
5.2.2.4 Experimento 4 Ação de acibenzolar-s-metílico associado a programas de aplicação de fungicidas no controle da requeima da batata.....	129
5.2.3 Resultados e Discussão.....	131
5.3 Considerações Finais.....	151
Referências.....	151
ANEXOS.....	163

RESUMO

Ação de fungicidas e indutores de resistência no controle da requeima e pinta preta na cultura da batata

A requeima, causada pelo oomiceto *Phytophthora infestans* e a pinta preta, causada pelo fungo *Alternaria solani*, estão entre as doenças mais importantes e destrutivas da cultura da batata no Brasil e no mundo. Considerando a importância do controle químico em sistemas integrados e a necessidade de se conhecer detalhadamente o desempenho de fungicidas e indutores de resistência visando à sustentabilidade da produção, o presente estudo objetivou caracterizar e comparar a ação preventiva, residual, curativa, anti-esporulante e resistência à chuva de fungicidas em condições controladas, bem como, avaliar em campo o potencial de controle de fungicidas e indutores de resistência e seus reflexos sobre a produtividade total e comercial de tubérculos. Todos os fungicidas promoveram elevada ação preventiva contra a requeima e a pinta preta. Os fungicidas sistêmicos ou com alta tenacidade proporcionaram controle das duas doenças até os 12 DAP, enquanto que os fungicidas translaminares até os 9 DAP. Quanto à ação curativa e anti-esporulante destacaram-se principalmente os fungicidas sistêmicos aplicados até as 24 horas após a inoculação (HAI). Os fungicidas translaminares foram capazes de inibir a requeima quando aplicados até 12 HAI e os de contato destacaram-se apenas para ação preventiva. Semelhantemente, os fungicidas sistêmicos, translaminares ou com alta tenacidade foram os menos afetados pela chuva simulada. O aumento do tempo de secagem promoveu uma maior retenção ou absorção dos produtos reduzindo o impacto negativo da precipitação. Os melhores níveis de controle, produtividade e qualidade de tubérculos foram obtidos com os fungicidas mandipropamida+clorotalonil, fluopicolida+propamocarbe, dimetomorfe+ametotradina, mandipropamida, fenamidona+propamocarbe, bentiavalicarbe+fluazinam, seguidos de dimetomorfe+clorotalonil mefenoxam+clorotalonil e famoxadona+cimoxanil+mancozebe para requeima e azoxistrobina+difenoconazol, picoxistrobina, piraclostrobina+metconazol, trifloxistrobina+tebuconazol, azoxistrobina, boscalida+piraclostrobina, iprodiona+pirimetanil e ciprodinil para pinta preta. Acibenzolar-s-metílico (ASM) reduziu a severidade da requeima e da pinta preta, porém, promoveu aumento da produtividade, apenas no campo de requeima. O fosfito de potássio (FP) também reduziu a severidade da requeima, no entanto, não influenciou na produtividade. Com exceção de mandipropamida, a adição de ASM à mefenoxam+mancozebe, cimoxanil+mancozebe e mancozebe promoveu aumento do controle da requeima, no entanto, apenas quando em mistura com mancozebe proporcionou aumento na produtividade. A adição de FP à mandipropamida, mefenoxam+mancozebe, cimoxanil+mancozebe, mancozebe e de ASM à azoxistrobina e difenoconazol não refletiu no controle da requeima, da pinta preta e na produtividade, respectivamente. Mancozebe e ASM não diferiram quanto severidade, progresso da pinta preta e produtividade, porém mancozebe+ASM foi superior ao ASM. A adição de ASM a programas de aplicação reduziu a requeima e a pinta preta e incrementou a produtividade apenas quando adicionados a programas onde prevaleceram fungicidas translaminares e de contato. O FP não influenciou nenhum dos programas testados para requeima.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum*; *Phytophthora infestans*; *Alternaria solani*; Ativador de plantas; Indução de resistência; Acibenzolar-s-metílico; Fosfito de potássio

ABSTRACT

Fungicides and resistance inducers action in the control of late and early blight in potato crops

Late blight, caused by the oomycete *Phytophthora infestans* and early blight, caused by the fungus *Alternaria solani*, are among the most destructive diseases of potato crops in Brazil and worldwide. Considering the importance of the chemical control on integrated systems and the need for detailed knowledge of the performance of resistance inducers and fungicides targeting the sustainability of production, the present study aimed to: 1- characterize and compare the pre-emptive, residual, curative, antispore action and rain resistance of fungicides under controlled conditions; 2- evaluate, under field conditions, the control potential of fungicides and resistance inducers and their effects on the total and commercial yield of potato tubers. All fungicides tested provided a high pre-emptive action against late and early blight. The systemic fungicides or high tenacity ones provided control of both diseases until 12 days after application, while translaminar ones until 9 days after application. As for the curative and anti-spore action, the systemic fungicides stand out when applied until 24 hours postinoculation, while the translaminar ones inhibited late blight when applied until 12 hours postinoculation. The contact fungicides stand out concerning pre-emptive action only. Similarly, systemic, translaminar and high tenacity fungicides were less affected by the simulated rain. An increase in drying time promoted higher retention and absorption of the products, so decreasing the negative precipitation impact. The better levels of control, yield and tubers quality were reached with the use of the following fungicides in the control of late blight: mandipropamid+chlorothalonil, fluopicolide+propamocarb, dimetomorph+ametoctradin, mandipropamid, fenamidone+propamocarb, bentiavalicarb+fluazinam, followed by dimetomorph+chlorothalonil, mefenoxam+chlorothalonil and famoxadone+cymoxanil+mancozeb. In the control of early blight the most efficient were: azoxystrobin+difenoconazole, pycoxystrobin, pyraclostrobin+metconazole, trifloxystrobin+tebuconazole, azoxystrobin, boscalid+pyraclostrobin, iprodione+pyrimethanil and cyprodinil. Acibenzolar-s-methyl (ASM) reduced the severity of late and early blight, but promoted an increase in the tuber yield only in late blight affected field. Potassium phosphite (Pp) also reduced the severity of late blight, although it did not have influenced the yield. Except for mandipropamid, the addition of ASM to mefenoxam+mancozeb, cymoxanil+mancozeb or mancozeb led to a better control of late blight, but only when mixed with mancozeb it promoted increase in the yield. Addition of Pp to mandipropamid, mefenoxam+mancozeb, cymoxanil+mancozeb, mancozeb and ASM to azoxystrobin, difenoconazole did not result either in the control of late and early blight or in an increase of yield. Mancozeb and ASM did not differ as for severity, progress of late blight and increasing yield, but however, mancozeb+ASM had a superior efficiency than ASM. Addition of ASM to application programs reduced late and early blight and increased yield only when added to programs in which prevailed translaminar and contact fungicides. Pp did not influenced any of the tested programs against late blight.

Keywords: *Solanum tuberosum*; *Phytophthora infestans*; *Alternaria solani*; Plant activator; Resistance induction; Acibenzolar-S-methyl; Potassium phosphite

1 INTRODUÇÃO

1.1 Batata um alimento universal

Originária dos Andes e introduzida na Europa pelos espanhóis no século XVI, hoje a batata é considerada o terceiro alimento humano mais importante do mundo, sendo superada apenas pelo arroz e trigo. Embora o milho seja considerado por muitos autores, o terceiro alimento em importância, deve-se destacar que grande parte de sua produção é utilizada na alimentação de animais, produção de óleo e álcool (ANDERSON, 2008; SCHWARTZMANN, 2010).

Ampla adaptabilidade, elevado potencial produtivo e versatilidade culinária caracterizam a batata como um alimento estratégico para a humanidade, seja para ser consumida "in natura" ou industrializada na forma de palitos congelados, chips, amidos, féculas e farinhas. Rica em carboidratos, a batata é uma fonte importante de fósforo, potássio, vitaminas do complexo B e C, proteínas de boa qualidade, fibra alimentar e outros nutrientes. Apresenta ainda, alto valor biológico, baixo teor de lipídeos e ausência de colesterol que a torna um alimento completo e saudável (PEREIRA et al., 2005). O caráter universal da batata aliado ao seu alto potencial para auxiliar no combate à fome no mundo, levaram a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação - FAO a declarar o ano de 2008, o Ano Internacional da Batata (PEREIRA, 2008).

Alimento de mais de 1 bilhão de pessoas no mundo, estima-se que o consumo per capita de batata seja de 86 kg/ano em países europeus, 63 kg/ano nos Estados Unidos e 24 kg/ano na América do Sul. No Brasil, esse índice é de 13-17 kg por habitante/ano, podendo haver variações em função da região, do poder aquisitivo e de aspectos culturais. A falta de informações sobre a qualidade nutricional e características culinárias das cultivares existentes no mercado brasileiro induzem que a demanda pelo produto seja baseada na aparência visual e não no seu potencial como alimento (GODOY; SCOTTI; BUENO, 2003).

1.2 A cultura da batata no Brasil e no mundo

A batata é cultivada nos cinco continentes, sob condições de clima temperado, subtropical e tropical e nos mais variados agro-ecossistemas, níveis tecnológicos e sistemas de produção. A produção mundial de batata em 2008 foi de 314 milhões de toneladas em uma área cultivada de 18 milhões de hectares, o que representa uma produtividade média de 17 t/ha.

Nas últimas décadas a produção dessa solanácea tem passado por mudanças importantes no cenário mundial. Reduções na produção na Europa e América do Norte têm sido acompanhadas por aumentos notáveis em países em desenvolvimento como a China e a Índia. (FAO, 2008). Na América Latina a produção de batata aumentou cerca de 80% nos últimos 30 anos. Inúmeros fatores técnicos e comerciais apontam a Argentina, o Brasil e a Colômbia como centros de produção, onde aumentos substanciais na produção e produtividade devem ocorrer nas próximas décadas (FERREIRA et al., 2008).

No Brasil, a batata não é considerada um alimento básico, porém é a olerácea que ocupa a maior área cultivada (CAMARGO FILHO; CAMARGO, 2008). A produção brasileira de batata em 2008 foi de 3,4 milhões de toneladas, com uma área colhida de 143 mil hectares, obtendo uma produtividade média de 24 t/ha. Atualmente a produção brasileira de batata representa cerca de 1% da produção mundial, porém a sua produtividade é 40% superior.

A bataticultura possui grande importância econômica e social no cenário agrícola brasileiro. Considerada em outros tempos uma atividade de pequenos produtores hoje a cadeia produtiva da batata assume características empresariais bem definidas, com avanços tecnológicos constantes e gerenciamento avançado de todo processo produtivo. São Paulo e o sul de Minas Gerais no Sudeste, e Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul na região Sul, são os principais estados produtores, sendo responsáveis por 90 % da produção nacional. Novos empreendimentos e áreas de produção têm surgido nos estados de Goiás e Bahia com reflexos visíveis tanto na oferta nacional como nos preços (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2009).

A produção nacional é obtida em três épocas de cultivo denominadas: safra das águas, da seca e de inverno. O período de plantio nessas safras pode variar em função da região, porém são sempre concatenadas, sendo que cada região desenvolve dois cultivos predominantes. A safra de inverno é típica da região Sudeste (GODOY; SCOTTI; BUENO, 2003; CAMARGO FILHO; CAMARGO, 2008). De maneira geral, quase toda a produção brasileira de batata chega ao mercado na forma *in natura*, porém o mercado de batata processada vem se expandindo nos últimos anos (FERREIRA et al., 2008).

1.3 Botânica

A batata (*Solanum tuberosum* L) é reconhecida através de duas subespécies: a *andígena* e a *tuberosum*. A primeira delas é cultivada na região dos Andes entre o norte da Argentina e a Venezuela, enquanto que, *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* tem o seu centro de origem no sul do Chile e constitui a única forma de batata cultivada comercialmente (MIRANDA FILHO; GRANJA; MELO, 2003).

A planta de batata é uma dicotiledônea, herbácea anual, da família *Solanaceae*, gênero *Solanum*, o qual possui mais de 2.000 espécies das quais pouco mais de 150 são produtoras de tubérculos. A planta de batata apresenta caules aéreos, herbáceos, clorofilados, angulosos, ramificados, em disposição ereta, aberta ou prostrada, podendo alcançar até 60 cm de altura e coloração verde ou arroxeadada. As folhas são compostas por três ou mais pares de folíolos laterais, um folíolo terminal e alguns rudimentares ou terciários. Em função da cultivar, os folíolos podem diferir quanto ao formato, número, tamanho e coloração. As flores são pentâmeras, hermafroditas, apresentam-se reunidas em inflorescência no topo da planta e podem apresentar coloração branca, arroxeadada, azulada ou rosada. Os frutos são verdes, amarelos ou violeta, do tipo baga, com sementes. O sistema radicular é delicado, superficial, com raízes concentradas nos primeiros 50 cm de profundidade. Além das hastes aéreas, as plantas de batata apresentam outros dois tipos de caule: os estólons e que se desenvolvem horizontalmente e os tubérculos que se formam nas extremidades desses (FORTES; PEREIRA, 2003).

1.4 A requeima e a pinta preta

A requeima causada pelo oomiceto *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary é considerada a mais devastadora doença de plantas da história da humanidade. A mesma destruiu a batata - base da alimentação européia - em meados do século XIX causando fome, mortes e correntes imigratórias (AGRIOS, 2005; WALE; PLAT; CATTILIN, 2008).

Favorecida por períodos de alta umidade e temperaturas amenas, a requeima afeta drasticamente folhas, hastes, pecíolos e tubérculos, podendo causar perdas totais quando interagem fatores como: cultivar suscetível, condições favoráveis e equívocos na adoção de medidas de controle (FRY, 1994; STEVENSON et al., 2001; MIZUBUTI; FRY, 2006).

Nos últimos anos, o controle da requeima tem apresentado aumentos significativos nos custos de produção. Raças mais agressivas e destrutivas demandam a utilização de um número

maior de pulverizações. Estima-se que a doença cause prejuízos anuais superiores a 6,7 bilhões de dólares (HAVERKORT et al., 2008). No Brasil, calcula-se que os gastos com o controle da requeima alcance entre 15 e 20 % dos custos de produção. Segundo Nazareno et al. (2003) uma cultivar suscetível como a Bintje pode receber até 30 aplicações em um ciclo. No entanto, a importância econômica da requeima, não fica restrita apenas às perdas diretas. Riscos de contaminação do ambiente, aplicadores e consumidores; aumento de custos; ocorrência de resistência a fungicidas e quebra de resistência de cultivares são fatores de ordem ambiental, social, econômica e científica gerados pela doença que podem influenciar consideravelmente o mercado e o futuro da cultura da batata como um todo (MIZUBUTI, 2001).

Os primeiros sintomas da requeima em folhas são caracterizados por manchas de tamanho variável, coloração verde-clara ou escura, aspecto úmido, localizadas nas bordas ou ápices dos folíolos. Ao evoluírem estas se tornam escuras, irregulares ou parcialmente circulares, apresentando geralmente aspecto encharcado. Sob condições ótimas de temperatura (12 a 18° C) e umidade (100%), observa-se na face inferior das lesões a formação de um anel de esporulação formado por esporângios e esporangióforos do patógeno. Este apresenta aspecto aveludado, coloração branco-acinzentada e localiza-se principalmente ao redor das lesões nos limites entre o tecido sadio e o necrótico. À medida que o tecido foliar é afetado as lesões tornam-se necróticas e ressecadas, apresentando um aspecto de queima intensa e generalizada. Nas hastes, as lesões são marrom-escuras, contínuas e aneladas podendo causar a morte das áreas posteriores à lesão. Nos tubérculos, as lesões são castanhas, superficiais, irregulares e com bordos definidos. No interior dos mesmos, a necrose é irregular, de coloração marrom, aparência granular e mesclada. Sintomas de podridão seca associados a crescimento do patógeno também podem ser observados em tubérculos infectados (DIAS; IMAUTI, 2005; STEVENSON; KIRK; ATALLAH, 2008; WALE; PLAT; CATTILIN, 2008).

A espécie *P. infestans* caracteriza-se por ser um microrganismo que apresenta características morfológicas semelhantes aos fungos, porém taxonomicamente é estreitamente relacionado a organismos aquáticos, como as algas marrons e as diatomáceas (DICK, 2001). *P. infestans* é diplóide para a maior parte do seu ciclo de vida e isento de pigmentos fotossintéticos. A sua parede celular é constituída por celulose e outras glucanas, enquanto que a dos fungos verdadeiros é composta principalmente por quitina. Outra característica marcante do gênero *Phytophthora* é não possuir capacidade de sintetizar o próprio esterol e tiamina, sendo esses

obtidos diretamente na planta hospedeira (ERWIN; RIBEIRO, 1996). Apesar de possuir um crescimento micelial característico, *P. infestans*, difere dos fungos superiores por apresentar micélio cenocítico, isto é, sem septos. *Phytophthora infestans* produz esporângios que são formados em períodos de umidade relativa superior a 90% e temperaturas entre 16 e 23° C. Esses são hialinos, com formato de limão, papilados e apresentam dimensões que variam de 21 a 38 X 12 a 23 µm. Os esporangióforos são desenvolvidos, com ramificação simpodial, e emergem através dos estômatos em número variável de 3 a 5. Em condições específicas de temperatura de umidade formam esporos móveis (zoósporos) com dois flagelos que os tornam capazes de nadar indicando uma ancestralidade aquática (LUZ; MATSUOKA, 2001; STEVENSON; KIRK; ATALLAH, 2008; GALLEGLY; HONG, 2008).

O genoma do *P. infestans*, foi recentemente seqüenciado (HAAS et al., 2009). Esse é caracterizado por elementos transposons e regiões hipervariáveis abundantes. Isso explica a nível genético as grandes variações de fenótipo, agressividade e adaptabilidade observadas para esse patógeno no decorrer da sua evolução (KAMOUN, 2003; GUO et al., 2009).

P. infestans pode se reproduzir de forma assexuada e sexuada. As estruturas assexuadas de propagação são os esporângios e zoósporos. Em geral, nos locais onde ocorre apenas um grupo de compatibilidade, a população é constituída por um ou poucos grupos de indivíduos geneticamente semelhantes a um ancestral comum constituindo uma população clonal. No processo de reprodução sexuada envolve a participação de indivíduos geneticamente distintos e contribui para o aumento da variabilidade genética da população. Para *P. infestans*, os indivíduos são classificados em dois tipos de compatibilidade A1 e A2. A reprodução sexuada ocorre somente quando os dois grupos coexistem na mesma área, na mesma planta ou na mesma lesão, e ocorre a troca de material genético. Como resultado, forma-se os oósporos; esporos de parede espessa, adaptados a resistir a condições adversas do ambiente (MIZUBUTI, 2001). Os oósporos são formados em maior número em hastes que em folhas, provavelmente pelo fato dos caules sobreviverem por mais tempo do que as folhas (MOSA et al., 1991). Quando os restos de plantas infectadas se decompõem, os oósporos são liberados no solo.

Inicialmente, os indivíduos A1 e A2 só podiam ser encontrados no Vale de Toluca, no México. Nas demais áreas, predominavam indivíduos do grupo A1 e a reprodução assexuada. No entanto, a partir de 1986 indivíduos do grupo A2 passaram a ser observados em vários países, inclusive no Brasil (BROMMONSCHENKEL, 1988). A presença da reprodução sexuada de *P.*

infestans, em maior escala contribuiu para o aumento da variabilidade genética, surgimento de linhagens mais agressivas, e aumento da demanda de fungicidas para o manejo da requeima (FRY; GOODWIN, 1997). Quanto à população brasileira de *P. infestans*, Reis et al. (2003) e Suassuna et al. (2004) observaram a presença dos dois grupos de compatibilidade, sendo o grupo A1 associado predominantemente ao tomateiro e o grupo A2 à batateira. Naquele momento, apesar de haver os dois grupos de compatibilidade não havia evidências da ocorrência de reprodução sexuada no país. Todavia esse panorama tende a ser alterado. Gomes et al. (2007) observaram a ocorrência simultânea dos grupos A1 (43,83 % dos isolados) e A2 (56,16 % dos isolados) ocorrendo simultaneamente na cultura da batata no Rio Grande do Sul. Análises moleculares estão sendo realizadas para verificar se existem ou não de populações híbridas de *P. infestans* nessas áreas.

Ao lado da requeima, a pinta preta é também uma importante e freqüente doença da cultura da batata. Ao contrário da requeima, essa doença é favorecida por temperaturas mais superiores a 25° C e alternância de períodos secos e úmidos. Considerada uma doença de importância mundial, a pinta preta ocorre com maior freqüência em áreas tropicais e subtropicais podendo causar danos de 6 a 100 % na produção, caso não sejam adotadas pulverizações ou as epidemias se iniciem precocemente (FRY, 1994; VAN DER WAALS; KORSTEN; AVELING, 2001; NAZARENO; JACOUD FILHO, 2003).

Nos últimos anos a doença também tem crescido em importância na Europa e causado perdas consideráveis na produção. Alguns autores atribuem a essa crescente importância da pinta preta a mudanças no clima causado pelo aquecimento global (SCHULLER; HABERMEYER, 2002; KAPSA, 2009).

Nas folhas, a pinta preta se expressa através de lesões necróticas, pardo-escuras ou negras, com característicos anéis concêntricos e bordos bem definidos. Essas podem ser circulares, alongadas ou ainda apresentarem formato irregular devido a limitações impostas pelas nervuras das folhas. As lesões ocorrem isoladamente ou em grupos, podendo apresentar ou não halo clorótico. O aumento da intensidade da doença no campo ocorre tanto pelo surgimento de lesões novas como pela expansão das mais velhas, que podem coalescer atingindo todo limbo foliar. Sintomas semelhantes, porém com lesões mais alongadas e às vezes deprimidas, ocorrem nas hastes e pecíolos. Nos tubérculos as lesões são escuras, de formato irregular, deprimidas e tendem a provocar podridão seca (DIAS; IMAUTI, 2005).

A pinta preta é caracterizada pela redução prematura da área foliar, queda de vigor das plantas, quebra de hastes, redução da produção e da qualidade de tubérculos. O aumento de suscetibilidade está geralmente associado à maturidade dos tecidos e ao início do período de florescimento e tuberização. Os sintomas aparecem primeiramente nas folhas mais velhas e em seguida, evoluem para as partes mais jovens da planta. Plantas debilitadas por viroses e mal nutridas são mais pré-dispostas à pinta preta da batata. Níveis adequados de matéria orgânica no solo e nutrientes como nitrogênio e magnésio podem reduzir a severidade da doença (TOFOLI; DOMINGUES, 2004)

O fungo *Alternaria solani* tem sido relatado como o agente causal da pinta preta da batata por inúmeros autores (VAN DER WAALS; KORSTEN; AVELING, 2001; NAZARENO; JACOUD FILHO, 2003; DIAS; IMAUTI, 2005; STEVENSON; KIRK; ATALLAH, 2008; KAPSA, 2009). Porém a doença também pode estar associada a outras espécies do gênero como *Alternaria alternata* e *Alternaria grandis* (SIMMONS, 2007). No Brasil, a ocorrência de *A. alternata* é conhecida há algum tempo, porém a de *A. grandis* é recente (BOITEUX; REISFCHNEIDER, 1994; RODRIGUES et al., 2009).

De maneira geral, não se observa diferenças sintomatológicas significativas entre as três espécies, porém essas diferem em relação ao tamanho e morfologia dos conídios. Os conídios de *A. solani* são geralmente individuais, ovais, podendo apresentar variações longas, curtas, largas e estreitas. Os conídios com bico único são longos, ovóides ou elipsóides com comprimento de 109-115 µm e largura entre 18-26 µm e um bico de 80-118 µm. Conídios com dois bicos podem atingir tamanhos de 80-106 µm e 16-21 µm de largura, acrescido de um bico inicial 58-88 µm de comprimento e um segundo bico 64-88 µm. Apresentam coloração palha, parda, marrom-oliváceo ou ouro claro, com 7 a 11 septos transversais e poucos ou nenhum, longitudinais. Os conídios são inseridos em conidióforos septados retos ou sinuosos que ocorrem isolados ou em grupos, que apresentam 6 a 10 µm de diâmetro e 100 a 110 µm de comprimento e coloração idêntica aos conídios (SIMMONS, 2007). *A. alternata* apresenta conídios em forma de clava ou pêra invertidos, ovóides ou elipsóides, formados em longas cadeias, com bicos curtos, cilíndricos ou cônicos, e comprimento inferior a um terço do corpo, possui até oito septos transversais e vários longitudinais ou oblíquos (SIMMONS, 2007). *A. grandis* possui conídios com morfologia semelhante a *A. solani*, porém com dimensões 50 a 100 % maiores (RODRIGUES; MIZUBUTI, 2009). Os conídios com bico único são longos, ovóides ou elipsóides com comprimento de 141-

192 μm e largura entre 26-38 μm e um bico de 160-200 μm . Conídios com dois bicos possuem corpos na faixa de 128-198 μm e 24-30 μm de largura, acrescido de um bico inicial 99-160 μm de comprimento e um segundo bico de 64-88 μm (SIMMONS, 2007).

A ocorrência das três espécies pode variar em função da localidade. Na Europa observa-se que a doença é causada pelo complexo *A. solani* e *A. alternata*, enquanto que nos Estados Unidos prevalece a ocorrência de *A. solani*. No Brasil, estudos estão sendo realizados com o objetivo de caracterizar as espécies de *Alternaria* associadas a solanáceas (RODRIGUES; MIZUBUTI, 2009; HAUSLADEN; LEIMINGER, 2009; LATORSE et al., 2010).

1.5 Fungicidas e indutores de resistência

Os fungicidas desempenham um papel decisivo no controle da requeima e da pinta preta. Eficácia, modo de ação, risco de resistência, efeitos colaterais, aspectos econômicos e sociais, e legislações são fatores que devem ser tecnicamente considerados em programas de manejo que visem a sustentabilidade da cadeia produtiva da batata.

As estratégias de controle com fungicidas têm o objetivo de prevenir ou reduzir a ocorrência de doenças no campo. Para isso é necessário que se conheça detalhadamente o potencial de controle desses produtos para que possam alcançar os melhores níveis de controle em programas de aplicação ou sistemas de previsão de doenças. Variáveis como: suscetibilidade das cultivares, condições meteorológicas, escolha do produto, estágio fenológico da cultura e momento da aplicação podem influenciar diretamente a eficiência de controle de um fungicida.

O controle químico na cultura da batata concretizou-se com o surgimento da calda bordalesa no final do século XIX. A possibilidade de combater a requeima e assegurar a produção permitiu que o uso de fungicidas fosse amplamente aceito em todo mundo.

Ao longo dos últimos 125 anos grandes avanços têm sido obtidos pela proteção química com o objetivo de assegurar a produtividade, a qualidade e reduzir o impacto ambiental. Inovação e diversidade na pesquisa e desenvolvimento de novos fungicidas têm proposto produtos seletivos, efetivos em doses baixas e com modos distintos de ação. Esses se caracterizam por possuir ação rápida; alto potencial protetor; resistência a ocorrência de precipitações; maior ação residual e menor risco de selecionar raças resistentes (MÜLLER, 2002; KRÄMER; SCHIRMER, 2007; LEADBEATER; GISI, 2009).

No Brasil, o controle da requeima tem sido realizado basicamente com fungicidas à base de mefenoxam, dimetomorfe, cimoxanil, famoxadona, fluazinam, enquanto que, a pinta preta com tebuconazol, difenoconazol, iprodiona e algumas estrobilurinas como azoxistrobina e piraclostrobina. Os fungicidas de contato pertencentes, principalmente às classes dos ditiocarbamatos, cúpricos e cloronitrilas, têm sido empregados no controle preventivo das duas doenças, seja em aplicações isoladas ou formulado em mistura com produtos específicos (AGROFIT, 2010).

Nos últimos três anos, novos produtos foram introduzidos no mercado brasileiro para o controle da requeima e pinta preta. Novas misturas, mecanismos de ação e características técnicas diferenciadas abrem novas perspectivas para o controle dessas doenças. As opções mais recentes para o controle da requeima destacam-se os fungicidas à base de mandipropamida, fluopicolida, bentiavalicarbe e ciazofamida. Para a pinta preta a tendência atual é o desenvolvimento de misturas entre diferentes grupos fungicidas como: estrobilurinas e triazóis (azoxistrobina+difenoconazol, trifloxistrobina+tebuconazol, piraclostrobina+metconazol), estrobilurina e carboximida (piraclostrobina+boscalida) e anilinopiridilamina e dicarboximida (pirimetanil+iprodiona). Entre as novas opções em desenvolvimento para o controle da requeima e pinta preta da batata, destacam-se os fungicidas ametoctradina e picoxistrobina, respectivamente.

Pesquisas em busca de novos conceitos e alternativas para o controle de doenças têm proposto compostos capazes de ativarem o sistema de defesa latente da planta a resistir ao ataque de patógenos (ROMEIRO, 2008). Enquanto que os fungicidas atuam suprimindo o patógeno, os indutores de resistência ativam o sistema de defesa da planta impedindo ou reduzindo o processo infeccioso (WALTERS; FOUNTAINE, 2008). O Acibenzolar-s-metílico, recentemente registrado para o controle da requeima na cultura da batata, caracteriza-se por atuar apenas no sistema de defesa da planta de forma inespecífica. O fosfito de potássio, por sua vez, além de atuar diretamente sobre alguns oomicetos, pode induzir a produção de fitoalexinas em algumas culturas (CAVALCANTI et al., 2004; CASTRO et al., 2008). No Brasil, os fosfitos são registrados como fertilizantes, ou seja, são considerados uma fonte suplementar de fósforo e do elemento combinado.

A possibilidade de integração de fungicidas e indutores de resistência em misturas ou programas de aplicação no controle da requeima e pinta preta da batata abre perspectivas a um controle conceitualmente mais completo e eficaz (WALTERS, 2010).

1.6 Objetivos

Em face da importância do controle químico da requeima e da pinta preta da batata, em sistemas de produção integrada e a necessidade de se conhecer detalhadamente o desempenho de fungicidas e indutores de resistência visando à sustentabilidade dos sistemas de produção, o presente trabalho teve por objetivos:

1. Comparar a ação protetora, residual, curativa, anti-esporulante de fungicidas no controle da requeima e pinta preta da batata em condições de controladas;
2. Entender o efeito de chuva simulada sobre a eficácia de fungicidas no controle da requeima e pinta preta da batata;
3. Avaliar o potencial de controle desses fungicidas e seus efeitos sobre a produtividade e classificação de tubérculos;
4. Verificar a eficiência de acibenzolar-s-metílico e fosfito de potássio, isolados e integrados com fungicidas no controle dessas doenças e seus reflexos sobre a produção.

Referências

AGRIOS, G.N. **Plant pathology**. 5th ed. Amsterdam: Elsevier Academic, 2005. 919 p.

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos e Fitossanitários**. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 30 nov. 2010.

ANDERSON, P.K. Reduciendo el hambre y la pobreza através de las papas. **Avances en Ciencia y Desarrollo de la Patata para una Agricultura Sostenible**, Vitoria-Gasteiz, p. 11-13, 2008.

BOITEUX, L.S.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. Potato early blight caused by *Alternaria alternata* in Brasil. **Plant Disease**, St Paul, v. 78, p. 101, 1994.

BROMMONSCHENKEL, S.H. **Patogenicidade, compatibilidade, citogenética e padrões isoenzimáticos de isolados de *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary do Brasil**. 1988. 82 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

CAMARGO FILHO, W.P.C.; CAMARGO, F.P. Produção de batata no Brasil, 1990-2007: evolução, distribuição regional e safras. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 1024-1026, 2008. Suplemento.

CASTRO, P.R.C.; SERCILOTO, C.M.; PEREIRA, M.A.; RODRIGUES, J.L.M. **Utilização de fosfitos e potencial de aplicação dos aminoácidos na agricultura tropical**. Piracicaba: ESALQ, DIBD, 2008. 71 p. (Série Produtor Rural, 38).

CAVALCANTI, L.S.; RESENDE, M.L.V., NOJOSA, G.B.A.; SANTOS, F.S.; COSTA, J.C.B., FERREIRA, J.B.; ARAUJO, D.V.; MUNIZ, M.F.S.; DEUNER, C.C.; MIRANDA, J.C. Ativadores de resistência disponíveis comercialmente. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA EM PLANTAS, 2.; SIMPÓSIO DE CONTROLE DE DOENÇAS DE PLANTAS, 4., 2004, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2004. p. 82-97.

DIAS, J.A.C.; IMAUTI, M.T. Doenças da batateira (*Solanum tuberosum*). In: KIMATI, H.; AMORIN, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. (Ed.). **Manual de fipatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Ceres, 2005. v. 2, p. 119-142.

DICK, M.W. **Straminopilous fungi**. Hingham: Kluwer, 2001. 670 p.

ERWIN, D.C.; RIBERO, O.K. **Phytophthora diseases worldwide**. St. Paul: APS, 1996. 562 p.

FAO. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 03 ago. 2010.

FERREIRA, P.B.; MELO, D.V.; OLIVEIRA, R.L.; FAVERO, L.A. O mercado de batatas congeladas no Brasil. Estudo de caso: batatas Maccain. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA. 46., 2008, Recife. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2008. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/349.pdf>>. Acesso: 09 set. 2010.

FORTES, G.R.L.; PEREIRA, J.E.S. Classificação e descrição botânica. In: PEREIRA, A.S.; DANIELS, J. (Ed.). **O cultivo da batata na Região Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 69-79.

FRY, W.E. Role of early and late blight suppression in potato pest management. In: ZENDER, G.W.; POWLESON, M.L.; JANSSEN R.K.; RAMAN, K.V. **Advances in potato pest: biology and management**. St. Paul: APS, 1994. p. 166-177.

FRY, W.E.; GOODWIN, S.B. Resurgence of the Irish potato famine fungus. **Bioscience**, Washington, v. 47, p. 363-371, 1997.

GALLEGLY, M.E.; HONG, C. **Phytophthora: indentifying species by morphology and DNA fingerprints**. St. Paul, APS, 2008. 156 p.

GODOY, R.C.B.; SCOTTI, C.A.; BUENO, L.A.P. A batata no estado do Paraná. In: PEREIRA, A.S., DANIELS, J. (Ed.). **O cultivo da batata na Região Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 25-37.

GOMES, C.B.; SANTANA, F.M.; GARRASTAZU, M.C.; REIS, A.; PEREIRA, A.S., NAZARENO, N.R.X.; BECKER, W.F. **Monitoramento e caracterização dos grupos de compatibilidade de *Phytophthora infestans* associados à batata na região Sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007.16 p.

GUO, J.; VAN DER LEE, T.; QU, D.Y.; YAO, Y.Q.; GONG, X.F.; LIANG, D.L.; XIE, K.Y.; WANG, X.W.; GOVERS, F. *Phytophthora infestans* isolates from Northern China show high virulence diversity but low genotypic diversity. **Plant Biology**, Stuttgart, v. 1, p. 57-67, 2009.

HAAS, B.J.; KAMOUN, S.; ZODY, M.C.; JIANG, R.H.Y.; HANDSAKER, R.E.; CANO, L.M.; GRABHERR, M.; KODIRA, C.D.; RAFFAELE, S.; TORTO-ALALIBO, T.; BOZKURT, T.O.; AH-FONG, A.M.V.; ALVARADO, L.; ANDERSON, V.L.; ARMSTRONG, M.R.; AVROVA, A.; BAXTER, L.; BEYNON, J.; BOEVINK, P.C.; BOLLMANN, S.R.; BOS, J.I.B.; BULONE, V.; CAI, G.; CAKIR, C.; CARRINGTON, J.C.; CHAWNER, M.; CONTI, L.; COSTANZO, S.; EWAN, R.; FAHLGREN, N.; FISCHBACH, M.A.; FUGELSTAD, J.; GILROY, E.M.; GNERRE, S.; GREEN, P.J.; GRENVILLE-BRIGGS, L.J.; GRIFFITH, J.; GRÜNWALD, N.J.; HORN, K.; HORNER, N.R.; HU, C.-H.; HUITEMA, E.; JEONG, D.-H.; JONES, A.M.E.; JONES, J.D.G.; JONES, R.W.; KARLSSON, E.K.; KUNJETI, S.G.; LAMOUR, K.; LIU, Z.; MA, L.; MACLEAN, D.; CHIBUCOS, M.C.; MCDONALD, H.; MCWALTERS, J.; MEIJER, H.J.G.; MORGAN, W.; MORRIS, P.F.; MUNRO, C.A.; O'NEILL, K.; OSPINA-GIRALDO, M.; PINZÓN, A.; PRITCHARD, L.; RAMSAHOYE, B.; REN, Q.; RESTREPO, S.; ROY, S.; SADANANDOM, A.; SAVIDOR, A.; SCHORNACK, S.; SCHWARTZ, D.C.; SCHUMANN, U.D.; SCHWESSINGER, B.; SEYER, L.; SHARPE, T.; SILVAR, C.; SONG, J.; STUDHOLME, D.J.; SYKES, S.; THINES, M.; VAN DE VONDERVOORT, P.J.I.; PHUNTUMART, V.; WAWRA, S.; WEIDE, R.; WIN, J.; YOUNG, C.; ZHOU, S.; FRY, W.; MEYERS, B.C.; VAN WEST, P.; RISTAINO, J.; GOVERS, F.; BIRCH, P.R.J.; WHISSON, S.C.; JUDELSON, H.S.; NUSBAUM, C. Genome sequence and analysis of the Irish potato famine pathogen *Phytophthora infestans*. **Nature**, London, v. 461, p. 393-398, 2009. Disponível em: <<http://www.nature.com/nature/journal/v461/n7262/abs/nature08358.html>>. Acesso: 20 jan. 2010.

HAUSLADEN, H.; LEIMINGER, J. Epidemiology and yield loss of *Alternaria* spp. in potatoes. **PPO- Special Report**, Hamar, v. 13, p. 253-258, 2009.

HAVERKORT, A.J.; BOONEKAMP, P.M.; HUTTEN, R.; JACOBSEN, E.; LOTZ, L.A.P.; KESSEL G.J.T.; VISSER, R G.F.; VAN DER VOSSEN, E.A.G. Societal costs of late blight in potato and prospects of durable resistance through cisgenic modification. **Potato Research**, Wageningen, v. 51, p. 47-57, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso: 03 set. 2010.

KAMOUN, S. Molecular genetics of phytopathogenic oomycetes. **Eukaryotic Cell**, Washington, v. 2, p. 191-199, 2003.

KAPSA, J. Effectiveness of some fungicides in control of *Alternaria alternata* and *Alternaria solani*. **PPO-Special Report**, Hamar, v. 13 p. 127-134, 2009.

KRÄMER, W.; SCHIRMER, U. (Ed.). **Modern crop protection compounds**. Berlin: Verlag, 2007. v. 2, 750 p.

LATORSE, M.P.; SCHMITT, F.; PEYRARD, S.; VELOSO, S. BEFFA, R. Molecular analysis of *Alternaria* populations early blight causal agents in potato plants. **PPO-Special Report**, Arras, n. 14, p. 179-186, 2010.

LEADBEATER, A.; GISI, U. The challenges of chemical control of plant diseases. In: GISI, U.; CHET, I.; GULLINO, M.L. (Ed.). **Recent developments in management of plant diseases: plant pathology in the 21st Century**. Dordrecht: Springer, 2009. v. 1, p. 3-17.

LUZ, E.D.M.N.; MATSUOKA, K. *Phytophthora*: fungo, protista ou chromista. In: LUZ, E.D.M.N.; SANTOS, A.F.; MATSUOKA, K.; BEZERRA, J.L. **Doenças causadas por *Phytophthora* no Brasil**. Campinas: Livraria e Editora Rural, 2001. p. 100-173.

MIRANDA FILHO, H.S.; GRANJA, N.P.; MELO, P.C.T. **Cultura da batata**. Vargem Grande do Sul: APTA; Piracicaba: ESALQ, 2003. 63 p.

MIZUBUTI, E.S.G. Requeima ou mela da batata e tomate. In: LUZ, E.D.M.N.; SANTOS, A.F.; MATSUOKA, K.; BEZERRA, J.L. **Doenças causadas por *Phytophthora* no Brasil**. Campinas: Livraria e Editora Rural, 2001. p. 100-173.

MIZUBUTI, E.S.G.; FRY, W.E. Potato late blight. In: COOKE, B.M.; JONES D.G.; KAYE B. **The epidemiology of plant diseases**. Amsterdam: Springer, 2006. p. 445-471.

MOSA, A.A.; KOBAYASHI, K.; OGOSHI, A.; KATO, M.; SATO, N. Formation of oospores by *Phytophthora infestans* in inoculated potato tissues. **Annals of the Phytopathological Society of Japan**, Tokyo, v.57, p. 334-338, 1991.

MÜLLER U. Chemical crop protection research: methods and challenges. **Pure and Applied Chemistry**, Oxford, v. 74, n.12, p. 2241–2246, 2002.

NAZARENO, N.R.X.; JACCOUD FILHO, D.S. Doenças fúngicas. In: PEREIRA, A.S.; DANIELS, J. (Ed.). **O cultivo da batata na Região Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 239-276.

PEREIRA, A.S. Batata: fonte de alimento para a humanidade. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. contra-capas, 2008.

PEREIRA, E.M.S.; LUZ, J.M.Q.; MOURA, C.C. **A batata e seus benefícios nutricionais**. Uberlândia: EDUFU, 2005. 60 p.

REIS, A.; SMART, C.D.; FRY, W.E.; MAFFIA, L.A.; MIZUBUTI, E.S.G. Characterization of isolates of *Phytophthora infestans* from southern and southeastern Brazil from 1998 to 2000. **Plant Disease**, St. Paul, v. 87, p. 896-900, 2003.

RODRIGUES, T.; MIZUBUTI, E.S.G. Pinta preta: surge uma nova espécie. **Batata Show**, Itapetininga, v. 24, p. 14-16, ago. 2009.

RODRIGUES, T.T.M.S.; BERBEE, M.L.; SILVA, M.B.; QUEIROZ, M.V.; MIZUBUTI, E.S.G. Mudanças na população de *Alternaria* associada à pinta preta no Brasil. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, p. 186, 2009. Suplemento.

ROMEIRO, R.S. Indução de resistência em plantas a patógenos. In: PASCHOLATI, S.F.; LEITE, B.; STANGARLIN, J.R.; CIA, P. **Interação planta-patógeno**: fisiologia, bioquímica e biologia molecular. Piracicaba: FEALQ, 2008. p. 411-433.

SCHULLER, E.; HABERMEYER, J. First results from an *Alternaria solani* field trial in potatoes. **PPO-Special Report**; Lelystad, v. 8, p. 265-269, 2002.

SCHWARTZMANN, M. Potato: a world production, a European business. **PPO-Special Report**, Arras, n. 14, p. 11-16, 2010.

SHTIENBERG D. Integrated management of early blight and late blight in Israel. **African Crop Science Journal**, Kampala, v. 9, p. 203-207, 2001.

SIMMONS, E. **Alternaria**: an identification manual. Utrecht: CBS, 2007. 775 p. (CBS Biodiversity Series, 6)

STEVENSON, R.; LORIA, R.; FRANC, G.D.; WEINGARTNER, D.P. **Compendium of potato diseases**. St. Paul: APS, 2001. 134 p.

STEVENSON, W.; KIRK, W.; ATALLAH, Z.K. Managing foliar disease: early blight, late blight and white mold. In: JOHNSON D.A. (Ed.). **Potato health management**. St. Paul: APS, 2008. p. 209-222.

SUASSUNA, N.D.; MAFFIA, L.A.; MIZUBUTI, E.S.G. Aggressiveness and host specificity of brazilian isolates of *Phytophthora infestans*. **Plant Pathology**, London, v. 53, p. 405-413, 2004.

TOFOLI, J.G.; DOMINGUES, R.J. Alternarioses em hortaliças: sintomas, etiologia e manejo integrado. **Biológico**, São Paulo, v. 66, n. 1/2, p. 23-33, 2004.

VAN DER WAALS, J.E.; KORSTEN L.; AVELING T.A.S. A review of early blight of potato. **African Plant Protection**, Queenswood, v. 7, p. 91-102, 2001.

WALE, S.; PLATT, H.W.; CATTILIN, N. **Disease pests and disorders of potatoes**. Amsterdam: Elsevier, 2008. 179 p.

WALTERS, D.R. Induced resistance: destined to remain on the sidelines of crop protection. **Phytoparasitica**, Tel Aviv, v. 38, n.1, p. 1-4, 2010.

WALTERS, D.R.; FOUNTAINE, J.M. Practical application of induced resistance to plant diseases: an appraisal of effectiveness under field conditions. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 147, p. 523-535, 2009.

2 AÇÃO PREVENTIVA, RESIDUAL, CURATIVA E ANTI-ESPORULANTE DE FUNGICIDAS NO CONTROLE DA REQUEIMA E PINTA PRETA DA BATATA EM CONDIÇÕES CONTROLADAS

Resumo

A ação de fungicidas em diferentes fases do processo infeccioso da requeima (*Phytophthora infestans*) e pinta preta (*Alternaria solani*) da batata foi estudada em condições de casa-de-vegetação e laboratório. A ação preventiva e residual foi avaliada através de inoculações realizadas com os respectivos patógenos a 1, 3, 6, 9, 12 e 15 dias após a pulverização (DAP). Para a ação curativa os fungicidas foram aplicados 1, 12, 24 e 48 horas após a inoculação (HAI) para requeima e 1, 24, 48 e 72 HAI para pinta preta. Os aspectos ação preventiva, residual e curativa foram avaliados com base na porcentagem de área foliar afetada e a ação anti-esporulante através da contagem de esporângios e conídios. Todos os fungicidas promoveram elevada proteção contra a requeima e a pinta preta. Os fungicidas sistêmicos ou com alta tenacidade proporcionaram controle significativo das duas doenças até 12 DAP, enquanto que fungicidas translaminares até os 9 DAP. Quanto à ação curativa e anti-esporulante destacaram-se principalmente os fungicidas sistêmicos aplicados até as 24 horas após a inoculação (HAI). Os fungicidas translaminares foram capazes de inibir a requeima quando aplicados até 12 HAI. Os fungicidas de contato destacaram-se apenas para a característica ação preventiva.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L.; *Phytophthora infestans*; *Alternaria solani*; Modo de ação

Abstract

The action of fungicides at different phases of the infectious process of late blight (*Phytophthora infestans*) and early blight (*Alternaria solani*) of potato was studied under green house and laboratory conditions. Pre-emptive and residual action was evaluated through inoculations undertaken with the respective pathogens 1, 3, 6, 9, 12 and 15 days after application. For curative action against late blight, fungicides were applied 1, 12, 24 and 48 hours postinoculation, and against early blight 1, 24, 48 hours after inoculation. Pre-emptive, residual and curative actions were evaluated according to their severity and antisporeulating action made through sporangia and conidia counting. All fungicides, regardless of their mode of action, provided high protection against late and early blight. Systemic fungicides or those with high tenacity provided significant control of both diseases until 12 days after application, while translaminar ones until 9 days after application. As for curative and antisporeulating actions, systemic fungicides applied until 24 hours postinoculation inoculation were especially outstanding. Translaminar fungicides could inhibit late blight when applied until 12 hours after inoculation. Contact fungicides stood out in preventive action only.

Keywords: *Solanum tuberosum* L.; *Phytophthora infestans*; *Alternaria solani*; Mode of action

2.1 Introdução

O alto potencial destrutivo da requeima e pinta preta, a predominância de condições favoráveis e a inexistência de cultivares de batata com elevados níveis de resistência, tornam necessário o uso sistemático e direcionado de fungicidas para que se alcancem níveis competitivos de produtividade e qualidade (DIAS; IMAUTI, 2005; STEVENSON; KIRK; ATALLAH, 2008).

A constante evolução técnico-científica dos fungicidas agrícolas permitiu o desenvolvimento de produtos com diversos modos de ação na planta e nas diferentes fases do processo infeccioso (AGRIOS, 2005, RUSSEL, 2005). Em relação à planta, os fungicidas podem ser classificados em produtos de contato, mesostêmicos, translaminares e sistêmicos. Os fungicidas de contato caracterizam-se por formar uma película protetora na superfície da planta, que impede a penetração do patógeno. Os fungicidas mesostêmicos apresentam alta afinidade com a camada cerosa superficial das folhas, podendo se redistribuir na fase de vapor ou ser absorvido pelo tecido, sem, no entanto, apresentar nenhum movimento. Os fungicidas sistêmicos são aqueles que podem se movimentar na planta através de vasos condutores podendo atingir locais distantes do local depositado, enquanto que os translaminares distribuem-se de forma limitada nos tecidos (AZEVEDO, 2007; REIS et al., 2007). Quanto ao processo infeccioso, os fungicidas podem apresentar ação preventiva, curativa e anti-esporulante. A ação preventiva de um fungicida é expressa quando esse é aplicado antes do patógeno infectar os tecidos da planta. A ação curativa refere-se à capacidade do fungicida em limitar o desenvolvimento do patógeno, quando aplicado no período latente, ou seja, no intervalo entre a penetração e o aparecimento dos primeiros sintomas. A atividade anti-esporulante trata da característica do fungicida em limitar a reprodução ou inviabilizar as estruturas reprodutivas do patógeno. A ação residual, por sua vez, refere-se ao período de proteção proporcionado pelo produto após a sua aplicação e pode variar em função da estabilidade da molécula, tenacidade, crescimento da planta e ocorrência de intempéries (BAIN, 2009).

O êxito no uso de fungicidas no controle de doenças foliares da batata está condicionado por fatores como: suscetibilidade da cultivar; existência ou não de sintomas no campo, pressão de doença; clima; fungicida escolhido; tecnologia de aplicação; o número e o intervalo entre aplicações (TOFOLI, 2006). O conhecimento detalhado do perfil técnico de um fungicida

permite que esse seja posicionado em programas de manejo, em função de suas características, e assim expresse de forma completa o seu potencial de controle.

Apesar do modo de ação nas diferentes fases do processo infeccioso ser sempre destacado nas descrições técnicas de fungicidas recomendados para o controle da requeima e pinta preta da batata, poucos são os estudos que comparam essas características de forma abrangente.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a ação preventiva, residual, curativa e anti-esporulante de diferentes grupos fungicidas no controle da requeima e pinta preta da batata em condições controladas.

2.2 Desenvolvimento

2.2.1 Revisão Bibliográfica

A ação preventiva de um fungicida é requisito básico para que esse composto possa ser utilizado de forma efetiva no controle de doenças de plantas. Independente de ser tópico ou sistêmico o fungicida deve proteger a planta antes da possibilidade do patógeno infectar seus tecidos (KIMATI, 1995). Bødker e Nielsen (2001, 2002), estudando a ação preventiva dos fungicidas mancozebe, fluazinam, dimetomorfe+mancozebe, cimoxanil+mancozebe, mefenoxam+mancozebe, zoxamida+mancozebe, famoxadona+cimoxanil, fenamidona+mancozebe e propamocarbe no controle da requeima da batata observaram que todos fungicidas, independente de seu modo de ação, apresentaram elevada ação protetora quando aplicados antes da inoculação. A ação preventiva de fungicidas sobre *P. infestans* tem sido observada para mandipropamida (HERMANN et al., 2005), fluopicolida (TAFFOREAU et al., 2006), fenamidona (TAFFOREAU et al., 2009), bentiavalicarbe (MIYAKE et al., 2005), ciazofamida (MITAME; KAMACHI; SUGIMOTO, 2005), zoxamida (BRADSHAW; SCHEPERS, 2001) e ametoctradina, em processo de desenvolvimento no Brasil (GOLD et al., 2009; REIMANN et al., 2010). A ação preventiva de fungicidas no controle da pinta preta tem sido relatada para os fungicidas tebuconazol (FORCELINI, 1994), difenoconazol (MANTECÓN, 2009), azoxistrobina (BALDWIN et al., 1996), mancozebe (JILDERDA et al., 2006) entre outros. Horsfield et al. (2010) obtiveram elevada ação protetora em condições controladas para os fungicidas boscalida, azoxistrobina e difenoconazol em plantas de batata inoculadas até três dias após o tratamento. Elevados níveis de ação preventiva dos fungicidas iprodiona, fluazinam, tebuconazol, difenoconazol, procimidona, famoxadona+mancozebe, piraclostrobina+metiram, boscalida, pirimetanil, azoxistrobina,

clorotalonil e mancozebe também foram obtidos por Tofoli, Domingues e Kurozawa (2005) para o controle da pinta preta do tomateiro em condições controladas.

A ação curativa tornou-se uma realidade com o advento dos fungicidas sistêmicos. Entre os fatores que podem influenciar a ação curativa de um fungicida destacam-se a suscetibilidade do hospedeiro, a pressão de doença e o momento da aplicação (GENET et al., 2000; AZEVEDO, 2007; HUGGENBERGER; KNAUF-BEITER, 2007). Johnson et al. (2000) estudando a ação curativa de fungicidas no controle da requeima da batata observaram que propamocarbe+clorotalonil e dimetomorfe+mancozebe foram eficazes em conter a expansão das lesões e a esporulação em folhas e hastes, quando aplicados em intervalos inferiores às 48 horas após a inoculação (HAI). No mesmo experimento observaram ainda que cimoxanil+mancozebe não foi capaz de inibir a requeima em hastes, porém reduziu significativamente a esporulação de *P. infestans*. Bødker e Nielsen (2001, 2002), observaram que os fungicidas sistêmicos mefenoxam+mancozebe e propamocarbe apresentaram os melhores níveis de controle da requeima quando aplicados 12 HAI. Os fungicidas translaminares famoxadona+cimoxanil, dimetomorfe+mancozebe e cimoxanil+mancozebe foram intermediários, enquanto que, mancozebe, zoxamida+mancozebe e fluazinam, fungicidas de contato, foram os menos eficazes. Níveis de ação curativa diferenciados também têm sido observados para mandipropamida (HERMANN et al., 2005; THOMPSON; COOKE, 2009), fluopicolida (TAFFOREAU et al., 2006) e bentiavalicarbe (MIYAKE et al., 2005). Poucos são os trabalhos disponíveis sobre a ação curativa de fungicidas no controle da pinta preta em solanáceas. Horsfield et al. (2010) verificaram em condições controladas que os fungicidas boscalida, azoxistrobina e difenoconazol promoveram níveis consideráveis de controle da pinta preta quando aplicados até 3 dias após a inoculação (DAI). No entanto, apenas difenoconazol foi capaz de reduzir a doença quando aplicado aos 5 DAI. A ação curativa de azoxistrobina e difenoconazol no controle da pinta preta da batata também foi observada pelos autores Bouwman e Rijkers (2004) e Mantecón (2009), respectivamente. Tofoli, Domingues e Kurozawa (2005) verificaram que os fungicidas azoxistrobina, piraclostrobina+metiram, difenoconazol, tebuconazol e pirimetanil proporcionaram significativa ação curativa sobre a pinta preta do tomateiro, quando aplicados 24 HAI.

A ação anti-esporulante de fungicidas sobre *P. infestans* tem sido relatada para alguns fungicidas como: mandipropamida (HUGGENBERGER; KNAUF-BEITER, 2007;

THOMPSON; COOKE, 2009), fluopicolida (TAFFOREAU et al., 2006; LATORSE et al., 2007), bentiavalicarbe (MIYAKE et al., 2005), mfenoxam (HEWIT, 1998), cimoxanil, dimetomorfe e propamocarbe (JOHNSON et al., 2000; GENET et al., 2000). Bouwan e Rijkers (2004) obtiveram em condições controladas, excelente e intermediária redução da esporulação de *A. solani* em plantas de batata tratadas com azoxistrobina e difenoconazol, respectivamente. Tofoli, Domingues e Kurozawa (2005) obtiveram significativa redução da esporulação de *A. solani* em plantas de tomate tratadas com iprodiona, tebuconazol, famoxadona+mancozebe, piraclostrobina+metiram, pirimetanil e azoxistrobina.

2.2.2 Material e Métodos

Foram conduzidos quatro experimentos em condições de casa de vegetação e laboratório cujas cultivares e metodologias utilizadas para obtenção de isolados, produção de inóculo, cultivo de plantas e pulverização de plantas em casa de vegetação encontram-se descritas nos Anexos, Item 1. Os fungicidas testados encontram-se caracterizados nos Anexos, item 3, tabelas 1 e 2.

2.2.2.1 Experimento 1. Ação protetora e residual de fungicidas no controle da requeima da batata

Plantas de batata (cv. Agata), com aproximadamente 23 cm de altura, foram pulverizadas com os fungicidas (kg ou L de produto formulado - p.f./ha⁻¹): piraclostrobina+metiram (1,5), dimetomorfe+ametotradina (1,0), dimetomorfe+mancozebe (0,45+3,0), dimetomorfe+clorotalonil (0,45+1,5), cimoxanil+mancozebe (2,0), cimoxanil+zoxamida (0,4), mfenoxam+mancozebe (2,5), mfenoxam+clorotalonil (1,5), bentiavalicarbe+fluazinam (0,7), mandipropamida (0,4), mandipropamida+clorotalonil (2,0), famoxadona+cimoxanil (0,6), fenamidona (0,3), propamocarbe (1,25), fenamidona+propamocarbe (2,0), fluopicolida+propamocarbe (2,0), ametotradina+metiram (2,0), ciazofamida (0,25), fluazinam (1,0), mancozebe (3,0) e clorotalonil (1,5). A inoculação foi realizada em folhas, previamente marcadas no tercio médio das plantas, com uma suspensão de 10⁵ esporângios.mL⁻¹ nos intervalos de 1, 3, 6, 9, 12 e 15 dias após a pulverização (DAP) e mantidas em câmara úmida por 36 horas a 20±2°C.

A severidade da requeima foi avaliada através de notas de 1 a 5, adaptada da escala diagramática proposta por James, 1971 (Anexos, item 2 – Figura 1), onde: 1 – ausência de

sintomas; 2 – traços a 10 %; 3 – 10,1 a 25 %; 4 – 25,1 a 50%; 5 – acima de 50% de área foliar lesionada.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com 4 repetições, sendo cada parcela composta por um vaso contendo duas plantas. A avaliação foi realizada cinco dias após a inoculação, avaliando-se 6 folhas marcadas por parcela. Para a análise estatística foi adotado um esquema fatorial com 22 tratamentos (21 fungicidas e testemunha) e seis intervalos (1, 3, 6, 9, 12, 15 dias). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

2.2.2.2 Experimento 2. Ação curativa e atividade anti-esporulante de fungicidas no controle da requeima da batata

Folhas previamente marcadas em plantas de batata (cv. Agata), com aproximadamente 25 cm de altura, foram inoculadas com uma suspensão de 10^5 esporângios.mL⁻¹ e colocadas em câmara úmida por 36 horas a $20 \pm 2^\circ$ C. Os fungicidas (kg ou L de p.f. ha⁻¹): piraclostrobina+metiram (1,5), dimetomorfe+ametoctradina (1,0), dimetomorfe+mancozebe (0,45+3,0), dimetomorfe+clorotalonil (0,45+1,5), cimoxanil+mancozebe (2,0), cimoxanil+zoxamida (0,4), mefenoxam+mancozebe (2,5), mefenoxam+clorotalonil (1,5), mandipropamida (0,4), mandipropamida+clorotalonil (2,0) bentiavalicarbe+fluazinam (0,7), famoxadona+cimoxanil (0,6), fenamidona (0,3), propamocarbe (1,25), fenamidona+propamocarbe (2,0) fluopicolida+propamocarbe (2,0), fluazinam (1,0) e ciazofamida (0,25) foram aplicados 1, 12, 24, 36 e 48 horas após a inoculação (HAI).

A avaliação da severidade e o delineamento experimental adotado foram os mesmos utilizados no experimento 1.

Para avaliar a atividade anti-esporulante, 12 folíolos com sintomas de cada parcela foram coletados e mantidos em câmara úmida a $18 \pm 1^\circ$ C por 24 horas. Em seguida, esses foram lavados em 30 mL de água destilada estéril e a suspensão obtida filtrada em camada única de gase. De cada amostra foram preparadas 10 lâminas com 10 µL da suspensão, nas quais foi quantificado o número de esporângios, em microscópio óptico.

A análise estatística foi realizada adotando-se um esquema fatorial com 19 tratamentos (18 fungicidas e uma testemunha) e cinco intervalos (1, 12, 24, 36 e 48 horas). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

2.2.2.3 Experimento 3. Ação protetora e residual de fungicidas no controle da pinta preta da batata

Plantas de batata (cv. Monalisa), com aproximadamente 22 cm de altura, foram pulverizadas com os fungicidas (kg ou L de p.f./ha⁻¹): picoxistrobina (0,25), azoxistrobina (0,08), azoxistrobina+difenoconazol (0,75), piraclostrobina+metiram (1,5), piraclostrobina+metconazol (0,6), trifloxistrobina+tebuconazol (0,75), tebuconazol (1,0), difenoconazol (0,3), metconazol (1,0), flutriafol (0,75), boscalida (0,1), boscalida+piraclostrobina (0,25), ciprodinil (0,25), pirimetanil (1,0), famoxadona+mancozebe (1,2), iprodiona+pirimetanil (0,3+0,5), fluazinam (1,0), iprodiona (1,0), clorotalonil (1,5) e mancozebe (3,0).

Folhas marcadas nas plantas tratadas foram inoculadas com uma suspensão de 10⁴ conídios.mL⁻¹ de *A. solani* a 1, 3, 6, 9, 12, 15 dias após a pulverização (DAP) e mantidas em câmara úmida por 24 horas a 25±2° C. A severidade da pinta preta foi avaliada através de uma escala de notas de 1 a 6, adaptada de Reifschneider; Furumoto; Filgueira (1984) em que: 1 – ausência de sintomas; 2 – traços a 2,4%; 3 – 2,5 a 11,9 %; 4 – 12,9 a 24,9 %; 5 – 25,0 a 50,0%; 6 – acima de 50% de área foliar lesionada (Anexos, item 2 - Figura 2).

O delineamento experimental em de blocos ao acaso com quatro repetições, sendo cada parcela composta por um vaso contendo duas plantas. A avaliação foi realizada sete dias após a inoculação, avaliando-se seis folhas por parcela. Para a análise estatística foi adotado o esquema fatorial com 21 tratamentos (20 fungicidas e testemunha) e seis intervalos (1, 3, 6, 9, 12, 15 dias). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

2.2.2.4 Experimento 4. Ação curativa e atividade anti-esporulante de fungicidas no controle da pinta preta da batata

Folhas marcadas de plantas de batata (cv. Monalisa), com aproximadamente 24 cm de altura, foram inoculadas com uma suspensão de 10⁴ conídios.mL⁻¹ de *A. solani* e submetidas à câmara úmida por 24 horas a 25±2°C e umidade de aproximadamente 100%. A pulverização dos fungicidas (kg de p.f./ha⁻¹): picoxistrobina (0,25), azoxistrobina (0,08), azoxistrobina+difenoconazol (0,75), piraclostrobina+metiram (1,5), piraclostrobina+metconazol (1,0), trifloxistrobina+tebuconazol (0,75), tebuconazol (1,0), metconazol (1,0), flutriafol (0,75), difenoconazol (0,3), boscalida (0,10), boscalida+piraclostrobina (0,25), ciprodinil (0,25),

famoxadona+mancozebe (1,6), fluazinam (1,0), iprodiona (1,0) e pirimetanil (1,0) foi realizada nos intervalos de 1, 24, 48 e 72 horas após a inoculação (HAI).

A avaliação da severidade e o delineamento experimental adotado foram os mesmos utilizados no experimento 3.

Para quantificar a ação anti-esporulante, 12 folíolos com sintomas provenientes de cada parcela foram coletados e mantidos em câmara úmida a $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Em seguida, esses foram lavados em 30 mL de água destilada estéril e a suspensão obtida filtrada em camada única de gase. De cada amostra foram preparadas 10 lâminas com 10 μL da suspensão, nas quais foram contados os conídios de *A. solani*, em microscópio óptico.

Para a análise estatística foi adotado o esquema fatorial com 18 tratamentos (17 fungicidas e testemunha) e quatro intervalos (1, 24, 48 e 72 horas). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

2.2.3 Resultados e Discussão

No experimento 1, todos os fungicidas testados apresentaram elevada ação preventiva no controle da requeima da batata. A primeira redução significativa de controle foi observada nas parcelas tratadas com mancozebe aos 6 DAP (Tabela 1; Figura 1).

Nos intervalos de 9 e 12 DAP, os maiores níveis de controle da requeima foram obtidos com mefenoxam+clorotalonil, mandipropamida+clorotalonil, fluopicolida+propamocarbe, bentiavalicarbe+fluazinam, mefenoxam+mancozebe, fenamidona+propamocarbe, mandipropamida, dimetomorfe+ametotradina, dimetomorfe+clorotalonil, propamocarbe, famoxadona+cimoxanil, fenamidona e cimoxanil+zoxamida. Piraclostrobina+metiram, dimetomorfe+mancozebe, fluazinam, ametotradina+metiram, ciazofamida e cimoxanil+mancozebe, promoveram controle intermediário, enquanto que clorotalonil e mancozebe foram os menos efetivos.

Aos 15 DAP, mandipropamida+clorotalonil, fluopicolida+propamocarbe, mefenoxam+clorotalonil, mandipropamida, dimetomorfe+ametotradina, fenamidona+propamocarbe e propamocarbe foram os tratamentos mais eficientes. Neste intervalo, as parcelas tratadas com mancozebe não diferiram da testemunha.

Verificou-se significativa redução no controle da requeima em função do aumento do período entre a aplicação do fungicida e a inoculação do patógeno. Clorotalonil e mancozebe

tiveram seu potencial de controle reduzido a partir dos 6 DAP, enquanto que fluazinam, fenamidona, dimetomorfe+mancozebe, cimoxanil+mancozebe e piraclostrobina+metiram aos 9 DAP. Os demais fungicidas apresentaram maiores períodos de proteção, apresentando redução de controle a partir dos 12 DAP.

Figura 1 - Severidade de requeima em plantas de batata (cv. Agata) tratadas com fungicidas e inoculadas com *P. infestans*, 1, 3, 6, 9, 12 e 15 dias após a inoculação (DAP)

No experimento 2, a ação curativa e anti-esporulante dos fungicidas foi decrescente em função do aumento do período entre a inoculação e aplicação dos fungicidas (Tabela 2; Figura 2).

No intervalo de 1 hora após a inoculação (HAI), traços da requeima foram observados apenas nas parcelas tratadas com ciazofamida e fluazinam.

No intervalo de 12 HAI, mefenoxam+clorotalonil, mefenoxam+mancozebe, fenamidona+propamocarbe, fluopicolida+propamocarbe, benthiavalicarbe+fluazinam, propamocarbe e famoxadona+cimoxanil promoveram os maiores níveis de controle curativo da requeima. Mandipropamida+clorotalonil mandipropamida, cimoxanil+mancozebe, cimoxanil+zoxamida, dimetomorfe+ametoctradina, fenamidona dimetomorfe+clorotalonil,

Tabela 1 - Severidade de requeima em plantas de batata (cv. Agata) tratadas com fungicidas e inoculadas com *P. infestans* aos 1, 3, 6, 9, 12 e 15 dias após a pulverização (DAP)

Tratamentos	Dias após a pulverização (DAP)											
	1		3		6		9		12		15	
testemunha	5,00	a A	5,00	a A	5,00	a A	5,00	a A	5,00	a A	5,00	a A
piraclostrobina+metiram	1,00	b D	1,00	b D	1,00	c D	2,20	cd C	3,00	defg B	4,15	cd A
dimetomorfe+ametoctradina	1,00	b C	1,00	b C	1,00	c C	1,53	ef C	2,35	ij B	3,15	fghi A
dimetomorfe+mancozebe	1,00	b D	1,00	b D	1,00	c D	2,38	cd C	3,05	def B	3,85	de A
dimetomorfe+clorotalonil	1,00	b C	1,00	b C	1,00	c C	1,50	ef C	2,60	fghij B	3,38	ef A
cimoxanil+mancozebe	1,00	b D	1,00	b D	1,00	c D	2,58	c C	3,35	cd B	4,18	cd A
cimoxanil+zoxamida	1,00	b C	1,00	b C	1,00	c C	1,70	def C	2,65	fghij B	3,53	ef A
mefenoxam+mancozebe	1,00	b C	1,00	b C	1,00	c C	1,45	ef C	2,55	ghij B	3,28	fg A
mefenoxam+clorotalonil	1,00	b C	1,00	b C	1,00	c C	1,35	f C	2,28	ij B	2,85	ghi A
bentiavalicarbe+fluazinam	1,00	b C	1,00	b C	1,00	c C	1,43	ef C	2,53	ghij B	3,25	fg A
mandipropamida	1,00	b B	1,00	b B	1,00	c B	1,50	ef B	2,48	hij A	2,85	ghi A
mandipropamida+clorotalonil	1,00	b C	1,00	b C	1,00	c C	1,38	f C	2,05	j B	2,65	i A
famoxadona+cimoxanil	1,00	b C	1,00	b C	1,00	c C	1,65	def C	2,55	ghij B	3,25	fgh A
fenamidona	1,00	b D	1,00	b D	1,00	c D	1,78	def C	2,68	efghij B	3,20	fgh A
propamocarbe	1,00	b C	1,00	b C	1,00	c C	1,55	ef C	2,50	ghij B	3,28	fghi A
fenamidona+propamocarbe	1,00	b C	1,00	b C	1,00	c C	1,48	ef C	2,20	j B	2,80	ghi A
fluopicolida+propamocarbe	1,00	b C	1,00	b C	1,00	c C	1,40	f C	2,05	j B	2,73	hi A
ametoctradina+metiram	1,00	b C	1,00	b C	1,00	c C	1,68	def C	2,75	efghi B	3,48	ef A
ciazofamida	1,00	b D	1,00	b D	1,00	c D	2,18	cd C	2,85	defgh B	3,95	de A
fluazinam	1,00	b D	1,00	b D	1,00	c D	2,23	cd C	3,35	de B	4,10	cd A
mancozebe PM	1,00	b E	1,08	b E	2,35	b D	3,53	b C	4,33	b B	4,98	ab A
clorotalonil	1,00	b E	1,00	b E	1,18	c D	3,05	b C	3,83	bc B	4,45	bc A

CV (%): 12,98

*Médias seguidas por letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

piraclostrobina+metiram e dimetomorfe+mancozebe apresentaram desempenho intermediário, enquanto que fluazinam e ciazofamida foram os menos efetivos.

Nos intervalos de 24, 36 e 48 HAI, as menores severidades foram obtidas com mefenoxam+clorotalonil, bentiavalicarbe+fluazinam, mefenoxam+mancozebe, fenamidona+propamocarbe, fluopicolida+propamocarbe e propamocarbe. Famoxadona+cimoxanil foi semelhante aos melhores tratamentos quando aplicado 24 HAI, porém não diferiu da testemunha no último intervalo. Mandipropamida e mandipropamida+clorotalonil proporcionaram controle intermediário em todos os períodos. Dimetomorfe+mancozebe, dimetomorfe+clorotalonil, cimoxanil+zoxamida, piraclostrobina+metiram, cimoxanil+mancozebe, famoxadona+cimoxanil e fenamidona foram intermediários nos intervalos de 24 e 36 HAI e semelhante à testemunha no último. Ciazofamida e fluazinam não diferiram da testemunha em nenhum desses intervalos.

Os melhores níveis de ação curativa foram obtidos com os fungicidas mefenoxam+clorotalonil, mefenoxam+mancozebe, bentiavalicarbe+fluazinam, propamocarbe, fenamidona+propamocarbe, fluopicolida+propamocarbe e dimetomorfe+ametotradina aplicados até 24 HAI. Os demais tratamentos reduziram a requeima apenas no intervalo de 12 HAI.

Figura 2 - Severidade de requeima em plantas de batata (cv. Agata) inoculadas com *P. infestans* e tratadas com fungicidas: 1, 12, 24, 36 e 48 horas após a inoculação (HAI)

Tabela 2 - Severidade de requeima em plantas de batata (Cv. Agata) inoculadas com *P. infestans* e tratadas com fungicidas 1, 12, 24, 36 e 48 horas após a inoculação (HAI)

Tratamentos	Horas após a inoculação (HAI)									
	1	12	24	36	48					
testemunha	5,00 a A	5,00 a A	5,00 a A	5,00 a A	5,00 a A					
piraclostrobina+metiram	1,00 b D	2,90 cd C	3,45 b B	3,88 bcd B	4,55 abcd A					
dimetomorfe+ametoctradina	1,00 b D	2,53 def C	2,70 bcde C	3,53 cdef B	4,35 abcd A					
dimetomorfe+mancozebe	1,00 b D	2,93 cd C	3,48 b B	3,90 bcd B	4,58 abc A					
dimetomorfe+clorotalonil	1,00 b D	2,78 de C	3,25 b B	3,70 cdef B	4,50 abcd A					
cimoxanil+mancozebe	1,00 b E	2,48 def D	3,20 bc C	4,10 bc B	4,83 ab A					
cimoxanil+zoxamida	1,00 b E	2,50 def D	3,25 b C	3,75 bcde B	4,50 abcd A					
mefenoxam+mancozebe	1,00 b D	2,30 efg C	2,68 bcde BC	2,88 gh B	3,88 ef A					
mefenoxam+clorotalonil	1,00 b D	1,85 g C	2,13 e C	2,95 gh B	4,00 cdef A					
bentiavalicarbe+fluazinam	1,00 b E	2,05 fg D	2,60 de C	3,15 fgh B	4,08 cdef A					
mandipropamida	1,00 b E	2,50 def D	3,08 bcd C	3,83 bcd B	4,40 bcde A					
mandipropamida+clorotalonil	1,00 b E	2,33 defg D	2,85 bcd C	3,55 cdef B	4,28 bcde A					
famoxadona+cimoxanil	1,00 b E	2,13 fg D	2,65 cde C	4,00 bcd B	4,50 abcd A					
fenamidona	1,00 b E	2,58 def D	3,18 bc C	4,30 b B	4,78 ab A					
propamocarbe	1,00 b D	2,25 efg C	2,68 bcde C	3,30 defgh B	4,14 cdef A					
fenamidona+propamocarbe	1,00 b D	2,18 fg C	2,53 de C	3,18 efgh B	3,95 f A					
fluopicolida+propamocarbe	1,00 b D	2,10 fg C	2,45 de BC	2,63 h B	4,10 f A					
fluazinam	1,55 b C	3,75 b B	4,80 a A	5,00 a A	5,00 a A					
ciazofamida	1,35 b C	3,45 bc B	4,85 a A	5,00 a A	5,00 a A					

CV(%) = 15,84

*Médias seguidas por letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Os melhores níveis de ação anti-esporulante foram observados nos intervalos de 12 e 24 horas após a inoculação (Tabela 3; Figura 3). Fluazinam e ciazofamida apresentaram níveis intermediários de esporulação, sendo semelhantes entre si e inferiores aos demais. Nos intervalos de 36 e 48 HAI, fluopicolida+propamocarbe, fenamidona+propamocarbe, mandipropamida, mandipropamida+clorotalonil, mefenoxam+clorotalonil, mefenoxam+mancozebe, dimetomorfe+ametotradina proporcionaram menor esporulação, enquanto que piraclostrobina+metiram, dimetomorfe+mancozebe, dimetomorfe+clorotalonil, bentiavalicarbe+fluazinam, cimoxanil+mancozebe, cimoxanil+zoxamida, famoxadona+cimoxanil e fenamidona foram intermediários. Os maiores níveis de esporulação foram obtidos nas parcelas tratadas com fluazinam e ciazofamida, no intervalo de 48 HAI, sendo fluazinam semelhante à testemunha e inferior a ciazofamida.

Figura 3 - Número de esporângios de *P. infestans* obtidos em folíolos de batata (cv. Agata) tratados com fungicidas 1, 12, 24, 36 e 48 horas após a inoculação (HAI)

Tabela 3 - Número de esporângios de *P. infestans* em 10 µL, obtidos em folíolos de batata (cv. Agata) tratadas com fungicidas aos 1, 12, 24 36 e 48 horas após a inoculação (HAI)

Tratamentos	Horas após a inoculação (HAI)									
	1		12		24		36		48	
testemunha	326,75	a A	335,25	a A	346,25	a A	360,25	a A	336,25	a A
piraclostrobina+metiram	0,00	b C	18,25	d BC	40,25	c B	80,50	de A	112,75	defg A
dimetomorfe+ametoctradina	0,00	b C	18,75	d BC	31,75	c BC	48,75	efg AB	72,00	ghi A
dimetomorfe+mancozebe	0,00	b C	13,00	d C	53,00	c B	105,50	d A	140,50	cde A
dimetomorfe+clorotalonil	0,00	b D	25,00	cd CD	42,25	c C	86,00	de B	126,75	cdef A
cimoxanil+mancozebe	0,00	b D	36,75	bcd CD	57,50	c BC	94,25	de B	156,75	cd A
cimoxanil+zoxamida	0,00	b D	23,00	cd CD	50,50	c BC	85,50	de AB	118,00	cdefg A
mefenoxam+mancozebe	0,00	b B	8,50	d AB	15,25	c AB	28,25	g AB	39,50	ij A
mefenoxam+clorotalonil	0,00	b A	5,75	d A	11,25	c A	20,25	g A	22,50	j A
bentiavalicarbe+fluazinam	0,00	b D	26,00	cd CD	46,25	c BC	81,25	de AB	114,00	defgh A
mandipropamida	0,00	b D	18,75	d CD	43,75	c BC	66,25	defg AB	91,25	fgh A
mandipropamida+clorotalonil	0,00	b C	12,25	d BC	33,75	c ABC	48,25	efg AB	68,25	hij A
famoxadona+cimoxanil	0,00	b D	20,50	cd CD	53,50	c C	103,50	d B	163,50	c A
fenamidona	0,00	b D	20,05	cd CD	46,75	c BC	76,75	def AB	105,50	efgh A
propamocarbe	0,00	b C	19,75	cd BC	52,25	c B	92,25	de A	117,25	cdefg A
fenamidona+propamocarbe	0,00	b C	13,75	d C	31,50	c BC	51,50	efg AB	76,50	ghi A
fluopicolida+propamocarbe	0,00	b B	12,75	d AB	17,25	c AB	29,00	fg AB	41,50	ij A
fluazinam	0,00	b D	80,05	b C	162,50	b B	270,25	b A	297,75	a A
ciazofamida	0,00	b D	67,75	bc C	124,25	b B	200,55	c A	217,75	b A
Cv (%)	27,16									

*Médias seguidas por letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

No experimento 3, traços da pinta preta foram observados apenas nas parcelas tratadas com mancozebe e clorotalonil a partir dos 6 DAP (Tabela 4; Figura 4).

Nos intervalos de 9, 12 e 15 DAP as parcelas tratadas com azoxistrobina+difenoconazol, trifloxistrobina+tebuconazol, piraclostrobina+metconazol, boscalida+piraclostrobina, famoxadona+mancozebe e iprodiona+pirimetanil apresentaram os menores níveis da doença. Picoxistrobina, azoxistrobina, pirimetanil, piraclostrobina+metiram, metconazol, ciprodinil, difenoconazol, tebuconazol, boscalida apresentaram desempenho intermediário, enquanto que iprodiona, clorotalonil, fluazinam e mancozebe foram os menos efetivos.

Houve significativa redução no controle da pinta preta em função do aumento do período entre a pulverização e a inoculação. Os fungicidas azoxistrobina+difenoconazol, trifloxistrobina+tebuconazol, boscalida+piraclostrobina, piraclostrobina+metconazol e famoxadona+mancozebe apresentaram redução no controle a partir dos 12 DAP. Mancozebe e os demais tratamentos tiveram seus potenciais de controle reduzidos a partir dos 6 e 9 DAP, respectivamente.

Algumas misturas apresentaram maior ação residual do que o uso isolado de seus ingredientes ativos. Nessa situação destacam-se os fungicidas e suas respectivas misturas: azoxistrobina e difenoconazol; piraclostrobina e metconazol; bem como, boscalida e piraclostrobina.

Figura 4 - Severidade de pinta preta (escala de notas de 1 a 6) em plantas de batata (cv. Monalisa) tratadas com fungicidas e inoculadas um, 3, 6, 9, 12 e 15 dias após a pulverização (DAP)

Tabela 4 - Severidade de pinta preta em plantas de batata (cv. Monalisa) tratadas com fungicidas e inoculadas aos 1, 3, 6, 9, 12 e 15 dias após a pulverização

Tratamentos	Dias após a pulverização (DAP)									
	1		3		6		9		12	15
testemunha	5,93 a	A*	5,90 a	A	5,78 a	A	5,95 a	A	5,85 a	A
picoxistrobina	1,00 b	D	1,00 b	D	1,00 b	D	1,60 fghi	C	2,30 cde	B
azoxistrobina	1,00 b	D	1,00 b	D	1,00 b	D	1,90 defg	C	2,63 c	B
azoxistrobina+difenoconazol	1,00 b	B	1,00 b	B	1,00 b	B	1,08 j	B	2,15 def	A
piraclostrobina+metiram	1,00 b	D	1,00 b	D	1,00 b	D	2,03 def	C	2,48 cd	B
piraclostrobina+metconazol	1,00 b	C	1,00 b	C	1,00 b	C	1,30 ij	C	1,95 ef	B
trifloxistrobina+tebuconazol	1,00 b	C	1,00 b	C	1,00 b	C	1,10 j	C	1,80 f	B
metconazol	1,00 b	D	1,00 b	D	1,00 b	D	1,80 efg	C	2,38 cd	B
tebuconazol	1,00 b	D	1,00 b	D	1,00 b	D	1,85 efg	C	2,43 cd	B
difenoconazol	1,00 b	C	1,00 b	C	1,00 b	C	2,05 def	B	2,40 cde	B
boscalida	1,00 b	C	1,00 b	C	1,00 b	C	2,00 def	B	2,35 cde	B
boscalida+piraclostrobina	1,00 b	B	1,00 b	B	1,00 b	B	1,35 hij	B	1,80 f	A
ciprodinil	1,00 b	D	1,00 b	D	1,00 b	D	2,10 cde	C	2,65 c	B
famoxadona+mancozebe	1,00 b	C	1,00 b	C	1,00 b	C	1,10 j	C	1,95 ef	B
iprodiona+pirimetanil	1,00 b	D	1,00 b	D	1,00 b	D	1,45 ghij	C	2,15 def	B
pirimetanil	1,00 b	D	1,00 b	D	1,00 b	D	1,78 efgh	C	2,38 cde	B
iprodiona	1,00 b	D	1,00 b	D	1,00 b	D	2,35 cd	C	3,38 b	B
fluazinam	1,00 b	D	1,00 b	D	1,00 b	D	2,53 bc	C	3,25 b	B
clorotalonil	1,00 b	D	1,00 b	D	1,25 b	D	2,83 b	C	3,35 b	B
mancozebe PM	1,00 b	E	1,00 b	E	1,43 b	D	2,88 b	C	3,63 b	B
CV% =	11,45									

*Médias seguidas por letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

No experimento 4, traços da pinta preta foram observados apenas nas parcelas tratadas com fluazinam e iprodiona no intervalo de 1 HAI (Tabela 5; Figura 5). Nos intervalos de 24, 48 e 72 HAI, os menores níveis da doença foram obtidos nas plantas tratadas com picoxistrobina, azoxistrobina+difenoconazol, piraclostrobina+metconazol, trifloxistrobina+tebuconazol, tebuconazol, difenoconazol, metconazol e boscalida+piraclostrobina. Azoxistrobina, boscalida, ciprodinil, famoxadona+mancozebe, iprodiona+pirimetanil e pirimetanil foram intermediários, enquanto que, fluazinam e iprodiona foram os menos efetivos no último intervalo. Os maiores níveis de ação curativa foram verificados quando os tratamentos foram aplicados até 24 HAI.

Os fungicidas testados reduziram significativamente a esporulação de *A. solani* em todos os intervalos testados (Tabela 6; Figura 6). Os melhores resultados foram obtidos com fungicidas que apresentaram maior ação curativa, sendo significativo o aumento do intervalo entre a inoculação e a aplicação dos fungicidas. As reduções mais expressivas da esporulação foram observadas nos intervalos em que a aplicação dos tratamentos foi realizada 1 e 24 HAI.

Figura 5 – Severidade de pinta preta em plantas de batata (cv. Monalisa) tratadas com fungicidas, 1, 24, 48 e 72 horas após a inoculação (HAI)

Tabela 5 - Severidade de pinta preta em plantas de batata (cv. Monalisa) inoculadas com *A. solani* e tratadas com fungicidas: 1, 24, 48 e 72 horas após a inoculação (HAI)

Tratamentos	Horas após a inoculação (HAI)											
	1			24			48			72		
picoxistrobina	1,00	b	D*	1,95	efg	C	3,40	gh	B	4,10	efgh	A
azoxistrobina	1,00	b	D	2,43	cdef	C	3,88	defg	B	4,50	cdefg	A
azoxistrobina+difenoconazol	1,00	b	D	1,80	fg	C	3,23	gh	B	3,78	gh	A
piraclostrobina+metiram	1,00	b	D	2,45	cdef	C	4,30	cde	B	4,90	bcd	A
piraclostrobina+metconazol	1,00	b	C	2,08	efg	B	3,43	gh	A	3,85	fgh	A
trifloxistrobina+tebuconazol	1,00	b	D	1,60	g	C	2,95	h	B	3,55	h	A
tebuconazol	1,00	b	D	2,23	defg	C	3,58	efgh	B	4,15	efgh	A
metconazol	1,00	b	D	2,28	defg	C	3,38	gh	B	4,20	defgh	A
difenoconazol	1,00	b	D	2,13	defg	C	3,68	efgh	B	4,28	cdefgh	A
boscalida	1,00	b	C	2,40	cdef	B	4,28	cdef	A	4,60	cde	A
boscalida+piraclostrobina	1,00	b	C	2,03	efg	B	3,73	efg	A	4,10	efgh	A
ciprodinil	1,00	b	D	2,60	cde	C	3,53	fgh	B	4,35	cdefg	A
famoxadona+mancozebe	1,00	b	C	3,10	bc	B	4,50	cd	A	4,95	bc	A
fluazinam	1,00	b	C	3,63	b	B	5,25	ab	A	5,60	ab	A
iprodiona+pirimetanil	1,00	b	D	2,38	cdef	C	3,75	efg	B	4,53	cdef	A
iprodiona	1,00	b	D	2,83	cd	C	4,63	bc	B	5,70	a	A
pirimetanil	1,00	b	D	2,45	cdef	C	3,83	defg	B	4,43	cdefg	A
testemunha	5,85	a	A	5,75	a	A	5,73	a	A	5,95	a	A
CV%	15,38											

*Médias seguidas por letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Tabela 6 - Número de conídios de *A. solani* em 10 µL, obtidos em folíolos (cv. Monalisa) tratados com fungicidas, 1, 24, 48 e 72 horas após a inoculação (HAI)

Tratamentos	Horas após a inoculação (HAI)											
	1			24			48			72		
testemunha	194,75	a	AB	186,50	a	B	199,75	a	AB	212,75	a	A
picoxistrobina	0,00	b	C	17,00	ef	BC	39,00	ef	B	85,25	cd	A
azoxistrobina	0,00	b	C	18,75	ef	C	51,50	def	B	78,50	cde	A
azoxistrobina+difenoconazol	0,00	b	C	8,25	f	C	32,50	ef	B	55,05	ef	A
piraclostrobina+metiram	0,00	b	D	27,00	def	C	54,50	cde	B	88,75	cd	A
piraclostrobina+metconazol	0,00	b	C	10,75	f	BC	23,25	f	AB	42,00	f	A
trifloxistrobina+tebuconazol	0,00	b	C	11,75	ef	BC	31,00	ef	B	53,50	ef	A
tebuconazol	0,00	b	D	27,25	def	C	49,75	ef	B	77,25	cde	A
metconazol	0,00	b	C	33,75	def	B	46,75	ef	B	78,75	cde	A
difenoconazol	0,00	b	C	33,05	def	B	59,00	cde	A	80,75	cde	A
boscalida	0,00	b	C	35,15	def	B	51,25	def	B	78,75	cde	A
boscalida+piraclostrobina	0,00	b	C	11,05	ef	BC	29,05	ef	AB	51,50	ef	A
ciprodinil	0,00	b	D	25,25	def	C	55,75	cde	B	78,25	cde	A
famoxadona+mancozebe	0,00	b	C	52,50	bcd	B	81,05	bcd	A	91,00	cd	A
fluazinam	0,00	b	D	75,50	b	C	103,00	b	B	150,50	b	A
iprodiona+pirimetanil	0,00	b	C	24,75	def	B	44,25	ef	AB	63,25	def	A
iprodiona	0,00	b	D	65,50	bc	C	105,50	b	B	133,50	b	A
pirimetanil	0,00	b	C	41,00	cde	B	56,05	cde	A	98,25	c	A
CV% = 24,04												

*Médias seguidas por letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Figura 6 - Número de conídios de *A. solani* obtidos em folíolos de batata (cv. Monalisa) tratados com fungicidas, 1, 24, 48 e 72 horas após a inoculação (HAI)

Nesse estudo, todos os fungicidas, independente do seu modo de ação proporcionaram elevada ação preventiva no controle da requeima e pinta preta da batata. A ação protetora de fungicidas, com diferentes níveis de sistemicidade, no controle dessas doenças, também é ressaltada nos trabalhos de Bødker e Nielsen (2001, 2002) e Horsfield et al. (2010).

Os maiores níveis de ação residual foram obtidos com produtos sistêmicos ou com alta tenacidade inerente até os 12 DAP. Para a requeima, os melhores resultados foram obtidos com formulações contendo os sistêmicos mefenoxam e propamocarbe ou fungicidas com alta tenacidade como mandipropamida, ametoctradina, famoxadona e zoxamida. Para pinta preta destacaram-se principalmente as misturas azoxistrobina+difenoconazol, trifloxistrobina+tebuconazol, piraclostrobina+metconazol, famoxadona+mancozebe e boscalida+piraclostrobina. A ação residual superior dos fungicidas sistêmicos ou com alta tenacidade deve-se principalmente a suas respectivas capacidades de serem absorvidos e translocados pelos tecidos ou por apresentarem maior capacidade adesão às camadas lipofílicas existentes na superfície das folhas (SAUTER, 2007; KUCK; VORS, 2007; GOLD et al., 2009; REIMANN et al., 2010).

Os fungicidas translaminares formulados com cimoxanil e piraclostrobina+metiram para requeima e picoxistrobina, azoxistrobina, iprodiona, pirimetanil, iprodiona+pirimetanil, para pinta preta apresentaram as primeiras reduções de controle aos 9 DAP. Comportamento semelhante foi observado para os sistêmicos boscalida e ciprodinil, e produtos de contato com

reconhecida tenacidade como fluazinam, ciazofamida e clorotalonil. A baixa penetração nos tecidos, a menor adesão ou a exposição a fatores externos podem justificar a menor ação residual desses produtos, em relação aos demais (HEWIT, 1998; GISI; MÜLLER, 2007). Os períodos de controle da pinta preta da batata obtidos nesse estudo com azoxistrobina, piraclostrobina+metiram, tebuconazol, difenoconazol, boscalida e famoxadona+mancozebe foram inferiores aos obtidos por Tofoli, Domingues e Kurozawa (2005) em tomateiro. Esse resultado pode ser atribuído a diferenças na superfície foliar das duas solanáceas, suscetibilidade das cultivares, ou ainda diferenças de patogenicidade entre os isolados empregados.

Os menores períodos de controle foram obtidos com mancozebe para requeima e pinta preta e mancozebe para pinta preta. Típicos fungicidas de contato, esses fungicidas são expostos de forma contínua a fatores ambientais externos como fotólise, hidrólise, volatilização, ação de chuvas, umidade. A maior ação residual de clorotalonil em relação ao mancozebe sobre a pinta preta pode ser justificada por sua tenacidade e maior fungitoxicidade sobre *A. solani* (SUEHI; LATIN, 1993).

Os maiores níveis de ação curativa e atividade antiesporulante, no controle da requeima da batata, foram obtidos com mefenoxam+mancozebe, mefenoxam+clorotalonil, propamocarbe, fluopicolida+propamocarbe, fenamidona+ propamocarbe e dimetomorfe+ametoctradina quando aplicados até 24 HAI. Os produtos contendo fungicidas translaminares como mandipropamida, cimoxanil, fenamidona e dimetomorfe apresentaram comportamento intermediário e limitaram o desenvolvimento da requeima, principalmente, quando aplicados até 12 HAI. Bødker e Nielsen (2001, 2002) observaram que produtos sistêmicos e translaminares apresentaram ação curativa sobre a requeima principalmente quando aplicados no início do período de latente, ou de 12 a 36 horas após a inoculação. A redução da ação curativa e anti-esporulante dos fungicidas, nos intervalos de 36 e 48 HAI, pode ser justificada pelo rápido caráter destrutivo da requeima que dificulta a absorção e a translocação do produto, e consequentemente, a sua ação sobre o patógeno no interior dos tecidos.

Os melhores níveis de ação curativa e anti-esporulante para pinta preta foram observados para fungicidas que possuem ação sistêmica ou translaminar como: picoxistrobina, azoxistrobina+difenoconazol, piraclostrobina+metconazol, trifloxistrobina+tebuconazol, tebuconazol, difenoconazol, metconazol, boscalida+piraclostrobina, azoxistrobina e boscalida até o intervalo de 24 HAI (SAUTER, 2007; KUCK; VORS, 2007; RHEINHEIMER, 2007).

A elevada ação preventiva, residual, curativa e anti-esporulante de fluopicolida+propamocarbe e fenamidona+propamocarbe obtidas nesse estudo podem ser explicadas pela significativa ação protetora de fluopicolida e fenamidona, e sistêmica de propamocarbe. O propamocarbe apresenta a capacidade de penetrar e mover-se pelos tecidos e agir diretamente sobre o crescimento micelial e desenvolvimento de esporângios (JOHNSON et al., 2000). As duas misturas se diferenciam principalmente pelo modo distinto de ação de fluopicolida e fenamidona. Fluopicolida atua interrompendo a formação de proteínas que desempenham papel vital na estabilidade das células em oomicetos (TOQUIN et al., 2006), enquanto que a fenamidona age inibindo a respiração ao nível do complexo II (SAUTER, 2007). A fluopicolida e fenamidona tendem a se distribuir na superfície tratada e promover a formação de uma película protetora. Com o passar do tempo, parte dos depósitos de fluopicolida existentes na superfície foliar tendem a ser absorvidos e distribuídos via xilema, enquanto que os de fenamidona são redistribuídos sobre a superfície foliar devido a sua ação translaminar pouco expressiva. (TAFFOREAU et al., 2006, 2009).

A alta ação protetora e residual observada para mandipropamida e mandipropamida+clorotalonil pode ser explicado pela sua forte aderência às ceras presentes na superfície foliar. Apesar de não ter sido notada diferença na ação residual entre mandipropamida e mandipropamida+clorotalonil é importante destacar que clorotalonil também apresenta reconhecida tenacidade (SUEHI; LATIN, 1993). Mandipropamida e mandipropamida+clorotalonil apresentaram controle curativo intermediário da requeima. Segundo Huggenberger e Knauf-Beiter (2007), mandipropamida apresenta boa ação translaminar, porém sua ação curativa e atividade anti-esporulante podem ser limitadas. A alta afinidade de mandipropamida pelas ceras superficiais das folhas faz com que a maior parte do produto fique aderida na parte externa, limitando a sua ação no interior dos tecidos.

A ação protetora de bentiavalicarbe+fluazinam verificada nesse trabalho também foi constatada por Miyake et al. (2005) em plantas de tomate em condições controladas. Segundo Hofman e Van Oudheusden (2004) bentiavalicarbe apresenta alta estabilidade e ação translaminar o que permite proteger adequadamente as plantas tratadas. No Brasil, bentiavalicarbe é formulado em mistura com fluazinam, outro fungicida com reconhecida ação residual no controle de doenças (WHITTINGHAN, 2007). A significativa ação curativa de bentiavalicarbe até as 12

HAI, observada nesse estudo, também foi constatada por Miyake et al. (2005) em plantas de tomate.

As plantas de batata tratadas com dimetomorfe em mistura com diferentes fungicidas apresentaram diferentes períodos de proteção. Dimetomorfe+ametoctradina e dimetomorfe+clorotalonil foram semelhantes entre si e superiores dimetomorfe+mancozebe. Considerando que dimetomorfe possui sistemicidade apoplástica moderada (COHEN et al., 1995) conclui-se que a diferenciação da ação residual entre essas misturas deve-se principalmente à elevada estabilidade e afinidade de ametoctradina com as camadas de cera na superfície foliar (GOLD et al., 2009; REIMANN et al., 2010) e a considerável tenacidade de clorotalonil, em relação à mancozebe (SUEHI; LATIN, 1993). A ação curativa de dimetomorfe e suas misturas com mancozebe e clorotalonil até o intervalo de 12 HAI, foi igualmente verificada por Johnson et al. (2000). A maior ação curativa de dimetomorfe+ametoctradina até o intervalo de 24 HAI, e a redução da esporulação de *P. infestans* nos intervalos de 36 e 48 HAI, sugerem que ametoctradina possa ter alguma atividade sistêmica, ou que a formulação permita uma maior penetração de dimetomorfe nos tecidos.

Mefenoxam e as suas misturas com mancozebe e clorotalonil apresentaram elevada ação protetora, residual, curativa e anti-esporulante graças às propriedades sistêmicas dessa acilalanina (COHEN; COFFEY, 1986; SINGH; PUNDHIR, 2004).

A maior da ação residual de cimoxanil em mistura com zoxamida e famoxadona, em relação ao mancozebe, deve-se principalmente à estabilidade e elevada tenacidade apresentada por zoxamida (BRADSHAW; SCHEPERS, 2001) e famoxadona (ANDRIEU et al., 2001), uma vez que cimoxanil apresenta baixa ação residual (COHEN; COFFEY, 1986) e mancozebe baixa tenacidade (SUEHI; LATIN, 1993). Nesse estudo as misturas com cimoxanil apresentaram considerável ação curativa e redução da esporulação quando aplicados no intervalo de 12 HAI. Johnson et al. (2000) também observaram significativa ação curativa de cimoxanil sobre a requeima da batata, quando as plantas foram tratadas até as 24 HAI. A menor ação curativa de cimoxanil, observada nesse estudo, pode ser justificada pela alta suscetibilidade da cultivar Agata a requeima e pelo uso de uma concentração de inóculo superior à utilizada por esses autores. A ação anti-esporulante observada para cimoxanil e suas misturas concorda com os resultados de Genet et al. (2000).

Apesar de piraclostrobina apresentar registro no Brasil para o controle da requeima, as demais representantes do grupo como azoxistrobina, trifloxistrobina e picoxistrobina tem seu foco voltado principalmente para o controle da pinta preta, sejam isoladas ou em mistura com triazóis. De maneira geral, as estrobilurinas não diferiram entre si quanto à ação residual, porém piraclostrobina foi inferior as demais, em relação à ação curativa. Esse resultado pode ser justificado pela limitada sistemicidade de piraclostrobina, quando comparada à picoxistrobina, trifloxistrobina e azoxistrobina (BARTLETT et al., 2001; SAUTER, 2007).

A superioridade de boscalida+piraclostrobina, em relação à piraclostrobina, pode ser justificada pela considerável ação translaminar e acropetal da boscalida (RHEINHEIMER, 2007).

Os resultados positivos obtidos com tebuconazol, difenoconazol, metoconazol e flutriafol no controle da pinta preta podem ser explicados pelos diferentes níveis de sistemicidade e alta fungitoxicidade que apresentam esses triazóis (FORCELINI, 1994).

A alta ação residual das misturas azoxistrobina+tebuconazol, piraclostrobina+metconazol, boscalida+piraclostrobina, em relação ao uso isolado de seus ingredientes ativos, sugere que a somatória de características como diferentes mecanismos de ação e diferentes níveis de sistemicidade contribua para um maior período de controle. Cabe destacar que essas misturas não promoveram maior controle curativo. Esse resultado pode ser explicado pelo fato dos ingredientes ativos terem reduzido grau de penetração e translocação nos tecidos infectados pela pinta preta (TOFOLI; DOMINGUES; KUROZAWA, 2005).

A ação curativa dos fungicidas azoxistrobina, piraclostrobina+metiram, boscalida, difenoconazol, tebuconazol e pirimetanil observada nesse trabalho concorda com os obtidos por Tofoli, Domingues e Kurozawa (2005) em plantas de tomate tratadas até 24 horas após a inoculação. A ação curativa de azoxistrobina no controle da pinta preta da batata foi verificada por Bouwman e Rijkers (2004) em plantas de batata tratadas 48 horas após a inoculação. Horsfield et al. (2010) também destacam a ação curativa de boscalida, azoxistrobina e difenoconazol quando aplicados 3 dias após a inoculação. Fluazinam e iprodiona promoveram redução da pinta preta somente quando aplicados até 24 HAI, porém em nível inferior aos demais fungicidas. A limitada ação curativa desses fungicidas no controle da pinta preta do tomateiro também foi observada por Komyoji et al. (1995) e Tofoli, Domingues e Kurozawa (2005). Existem poucas informações disponíveis sobre a atividade anti-esporulante de fungicidas sobre *A. solani*. Bouwman e Rijkers (2004) obtiveram em condições controladas, excelente e intermediária

redução da esporulação desse fungo para azoxistrobina e difenoconazol, respectivamente. Tofoli, Domingues e Kurozawa (2005) observaram considerável ação anti-esporulante dos fungicidas azoxistrobina, kresoxim metílico, difenoconazol, tebuconazol, pirimetanil em plantas de tomate tratadas pré e pós-inoculação.

A elevada ação residual e limitada ação curativa de famoxadona e suas misturas observada nesse trabalho pode ser justificada por sua elevada tenacidade e resistência à chuva e baixo potencial de translocação (ANDRIEU et al., 2001; SAUTER, 2007).

Nesse estudo iprodiona, pertencente ao grupo das dicarboximidas, apresentou níveis intermediários de ação residual, curativa e antiesporulante sobre a pinta preta. Tal resultado pode ser explicado por sua baixa penetração nos tecidos (HEWITT, 1998). A superioridade da ação curativa e anti-esporulante de iprodiona+pirimetanil pode ser justificada pela maior sistemicidade do pirimetanil (GISI; MÜLLER, 2007).

Os fungicidas pirimetanil e ciprodinil, pertencentes ao grupo das anilino pirimidinas, também promoveram níveis intermediários de ação residual, curativa e anti-esporulante. Pirimetanil atua inibindo a secreção de proteínas e enzimas associadas com a patogênese, enquanto que o ciprodinil inibe a síntese de aminoácidos intermediários. O modo distinto de ação desses fungicidas os torna importantes ferramentas em programas de manejo (GISI; MÜLLER, 2007).

2.3 Considerações Finais

Os melhores níveis de controle da requeima e pinta preta da batata foram obtidos quando a aplicação de fungicidas foi preventiva. As características sistemicidade e tenacidade não influenciaram a ação preventiva dos fungicidas, porém foram significativas sobre a ação residual, curativa e anti-esporulante. Apesar de efetiva a ação curativa de alguns fungicidas, verificou-se que essa é limitada quando se associam doenças destrutivas como a requeima e a pinta preta e cultivares suscetíveis. Em situações críticas em que existe a necessidade de aplicações curativas deve-se optar sempre por misturas que incluam produtos sistêmicos e com diferentes modos de ação. Destaca-se ainda que aplicações curativas em situações de grande pressão de doença, além de pouco eficazes, podem selecionar raças resistentes do patógeno (GHINI; KIMATI, 2000; KUCK; GISI, 2007). A redução da esporulação de *P. infestans* e *A. solani* observada para a

maioria dos produtos aplicados de forma curativa pode contribuir de forma significativa na redução do inóculo e o progresso dessas doenças, ao longo do ciclo.

Referências

- AGRIOS, G.N. **Plant pathology**. 5th ed. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2005. 919 p.
- ANDRIEU, N.; JAWORSKA, G.; GENET J.; BOMPEIX G. Biological mode of action of Famoxadone on *Plasmopara viticola* and *Phytophthora infestans*. **Crop Protection**, Guildford, v. 20, n. 3, p. 253-260, 2001.
- AZEVEDO, L.A.S. **Fungicidas protetores: fundamentos para o uso racional**. São Paulo: O Autor, 2003. 320 p.
- _____. **Fungicidas sistêmicos: prática e teoria**. Campinas: O Autor, 2007. 290 p.
- BAIN, R.A. Report of the fungicide sub-group: discussion of potato late blight fungicides, their properties and ratings. **PPO-Special Report**, Hamar, v. 13, p. 177–182, 2009.
- BALDWIN, B.C.; CLOUGH, J.M.; GODFREY, C.R.A.; GOODWIN, J.R.; WIGGINS, T.E. The discovery and mode action of ICI 5504. In: LYR, H.; RUSSEL, P.E.; SISLER, H.D. (Ed.). **Modern fungicides and antifungal compounds**. Andover: Intercept, 1996. p. 69-77.
- 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**, Cambridge, v. 12, p. 143-148, 2001.
- BØDKER, L.; NIELSEN, B.J. Preventive and curative effect of fungicides against potato late blight under field conditions. **PPV-Special Report**, Munich, n. 7, p. 261-264, 2001.
- _____. Field Experiments with preventive and curative control of potato late blight **PPO-Special Report**, Edinburgh, n. 8, p. 211-215, 2002.
- BOUWMAN, J.J.; RIJKERS, G. The control of *Alternaria solani* (early blight) with azoxystrobin in potatoes. **PPO Special Report**, Wageningen, v. 10, p. 179-188, 2004.
- BRADSHAW, N.J.; SCHEPERS, H.T.A.M. Experiences with RH-117281 (zoxamide) – a new fungicide for the control of potato blight. **PPV-Special Report**, Munich, n. 7, p. 173-183, 2001
- COHEN, Y.; COFFEY M.D. Systemic fungicides and the control of oomycetes. **Annual Review Phytopathology**, Palo Alto, v. 24, p. 311–338, 1986.
- COHEN, Y.; BALDER, A.; COHEN, B.H. Dimetomorph activity against oomycete fungal plant pathogens. **Phytopathology**, St Paul, v. 85, p. 1500-1506, 1995.

DIAS, J.A.C.; IMAUTI, M.T. Doenças da batateira (*Solanum tuberosum*). In: KIMATI, H.; AMORIN, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Ceres, 2005. v. 2, p. 119-142.

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

GENET, J.L.; JAWORSKA, G.; GEDDENS, R.; SHEPHERD, C. Effect of temperature on the curative and anti-sporulant action of cymoxanil for control of *Phytophthora infestans*. **PPV-Special Report**, Munich, n. 7, p. 107-117, 2001.

GHINI, R.; KIMATI, H. **Resistência de fungos a fungicidas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 78 p.

GISI, U.; MÜLLER, U. Anilinopyrimidines: methionine biosynthesis inhibitors. In: KRÄMER, W.; SCHIRMER, U. (Ed.). **Modern crop protection compounds**. Berlin: Verlag, 2007. v. 2, p. 551-560.

GOLD, R.; SCHERER, M.; RETHER J.; SPEAKMAN J.; NAVÉ, B.; LEVY T.; STORER R.; MARRIS, D. Initium®: an innovative fungicide of a new chemical class for the control of oomycetes. In: BCPC CONGRESS, 2009, Glasgow. **Proceedings...** Glasgow: BCPC, 2009. p. 1-6.

HERMANN, D.; BARLETT, D.W.; FISCHER, W.; KEMPF, H.J. The behavior of mandipropamid in plants. In: BCPC CROP SCIENCE & TECHNOLOGY, 2005, Glasgow. **Proceedings...** Glasgow: BCPC, 2005. p. 93-98.

HEWITT, H.G. **Fungicides in crop protection**. New York: CAB International, 1998. 221 p.

HOFMAN, T.W.; VAN OUDHEUSEN, Z. New fungicide benthiavalicarb-isopropil +mancozebe for foliar use in potatoes in Europe. **PPO-Special Report**, Jersey, n. 10, p. 125-30, 2004.

HORSFIELD, A.; WICKS, T.; DAVIES K.; WILSON, D.; PATON S. Effect of fungicide use strategies on the control of early blight (*Alternaria solani*) and potato yield. **Australasian Plant Pathology**, Queensland, v. 39, n. 1, p. 368-375, 2010.

HUGGENBERGER, F.; KNAUF-BEITER, G. Mandipropamid a new fungicides for the control of late blight in potatoes. **PPO-Special Report**, Bologna, v. 12, p. 67-76, 2007.

JAMES, C. An illustrated series of assessment keys for plant diseases, their preparation and usage. **Canadian Plant Disease Survey**, Saskatchewan, v. 51, p. 39-65, 1971.

JOHNSON, D.A.; CUMMINGS, T.F.; GEARY, B. Postinfection activity of selected late blight fungicides. **Plant Disease**, St. Paul, v. 84, n. 10, p. 1116-1120, 2000.

- KIMATI, H. Controle químico. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Ceres, 1995. v. 1, p. 761-785.
- KOMYOJI, T.; SUGIMOTO, K.; MITANI, S.; MATSUO, N.; KAZUMI, S. Biological properties of a new fungicide, fluazinam. **Journal Pesticide Science**, Tokyo, v. 20, p. 129-135, 1995.
- KUCK, K.H.; GISI, U. FRAC mode of action classification and resistance risk. In: KRÄMER, W.; SCHIRMER, U. (Ed.). **Modern crop protection compounds**. Berlin: Verlag, 2007. v. 2, p. 415-432.
- KUCK, K.H.; VORS, J.P. Sterol biosynthesis inhibitors. In: KRÄMER, W.; SCHIRMER, U. (Ed.). **Modern crop protection compounds**. Berlin: Verlag, 2007. v. 2, p. 605-650.
- LATORSE, M.P.; JARRY, F.; MERCIER, V.; VELOSO, S. Tuber blight control: effect of foliar applied fungicides such as Infinito on viability of sporangia of *Phytophthora infestans*. **PPO-Special Report**, Bologna, v. 12, p. 37- 47, 2007.
- MANTECÓN, J.D. Control of potato early blight with triazole fungicide using preventive and curative spraying, or a forecasting system. **Ciencia e Investigación Agraria**, Buenos Aires, v. 36, n. 2, p. 291-296, 2009.
- MITAME, S.; KAMACHI, K.; SUGIMOTO, K. Controle of potato late blight by ciazofamid. **Journal of Pesticide Science**, Tokyo, v. 30, n. 2, p. 116-119, 2005.
- MIYAKE, Y.; SAKAI, J.; SHIBATA, M.; YONEKURA, N.; MIURA, I.; KUMAKURA, K.; NAGAYAMA, K. Fungicidal activity of Benthiavalicarb-isopropyl against *Phytophthora infestans* and its controlling activity against late blight diseases. **Journal Pesticide Science**, Tokyo, v. 30, n. 4, p. 390-396, 2005.
- MULLER, U.; GISI, U. Newest aspects of nucleic acid synthesis inhibitors: Metalaxyl-M. In: KRÄMER, W.; SCHIRMER, U. (Ed.). **Modern crop protection compounds**. Berlin: Verlag, 2007. v. 2, p. 739-746.
- REIFSCHNEIDER, F.J.B; FURUMOTO, O.; FILGUEIRA, F.A.R. Illustrated key for the evaluation of early blight of potatoes. **FAO Plant Protection Bulletin**, Rome, v. 32, n. 3, p. 91-93, 1984.
- REIMANN, S.; JILDERDA, K.; GERBER, M.; TEGGE, V.; KLAPPACH, K. Initium®: a new fungicidal active ingredient for the control of Oomycetes. **PPO-Special Report**, Arras, n. 14, p. 89-94, 2010.
- REIS, E.M.; REIS A.C.; FORCELINI, C.A. **Manual de fungicidas: guia para o controle químico de doenças**. Passo Fundo: UPF Editora, 2007. 157 p.
- RHEINHEIMER, J. Succinate dehydrogenase inhibitors. In: KRÄMER, W.; SCHIRMER, U. (Ed.). **Modern crop protection compounds**. Berlin: Verlag, 2007. v. 2, p. 496-504.

RUSSEL, P.E. A century of fungicides evolution. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 143, p. 11-25, 2005.

SAUTER, H. Strobilurins and other complex. III Inhibitors. In: KRÄMER, W.; SCHIRMER, U. (Ed.). **Modern crop protection compounds**. Berlin: Verlag, 2007. v. 2, p. 457-495.

SINGH R.P.; PUNDIR, V.S. Uptake, translocation and persistence of metalaxyl in potato. **Journal of Mycology and Plant Pathology**, Udaipur, v. 34, n. 1, p. 93-95, 2004.

STEVENSON, W.; KIRK, W.; ATALLAH, Z.K. Managing foliar disease: early blight, late blight and white mold. In: JOHNSON, D.A. (Ed.). **Potato health management**. St. Paul: APS, 2008. p. 209-222.

SUEHI, B.; LATIN, C. Retention of fungicides for control of alternaria leaf spot of muskmelon under greenhouse conditions. **Plant Disease**, St. Paul, v. 75, p. 1013-1015, 1991.

TAFFOREAU, S.; LATORSE, M.P.; JUHL, O.; BARDSLEY, E. Consento: new experiences on the control of late blight 2007-2008. A summary of recent data with Consento in Europe. **PPO-Special Report**, Hamar, v. 13, p. 135-142, 2009.

TAFFOREAU, S.; BARDSLEY, E.; LATORSE, M.P.; FABRÈGES, C.; SCHIRTINGS, A.; WEGMANN, T. Infinito: profile of a novel potato late blight fungicides. Summary of three years of development trials in Europe. **PPO-Special Report**, Wageningen, v. 11, p. 77-88, 2006.

THOMPSON J.M.; COOKE, L.R. The effect of mandipropamid on infection of potato leaves by *Phytophthora infestans*: an SEM study. **PPO-Special Report**, Hamar, v. 13, p. 229-236, 2009.

TOFOLI, J.G. Batata: queima interrompida. **Cultivar HF**, Pelotas, v. 37, p. 10-13, 2006.

TOFOLI, J.G.; DOMINGUES, R.J.; KUROSZAWA, C. Ação de fungicidas sobre diferentes fases do ciclo da pinta preta do tomateiro em condições controladas. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 31, n. 2, p. 125-132, 2005.

TOQUIN, V.; BARJA, F.; SIRVEN, C.; GAMET, S.; LATORSE, M.P.; ZUNDEL, L.; SCHMITT, F.; BEFFA, R. A new mode of action for fluopicolida: modification of the cellular localization of a spectrin-like protein. **Pflanzenschutz Nachrichten Bayer**, Leverkusen, v. 59, n. 2/3, p. 171-184, 2006.

WHITTINGHAM, W.G. Uncouplers of oxidative phosphorylation. In: KRÄMER, W.; SCHIRMER, U. (Ed.). **Modern crop protection compounds**. Berlin: Verlag, 2007. v. 2, p. 505-527.

3 EFEITO DE CHUVA SIMULADA SOBRE A EFICIÊNCIA DE FUNGICIDAS NO CONTROLE DA REQUEIMA E PINTA PRETA DA BATATA

Resumo

O efeito de chuva simulada sobre a eficiência de fungicidas no controle da requeima (*Phytophthora infestans*) e pinta preta (*Alternaria solani*) da batata foi avaliado em condições de casa-se vegetação e laboratório. Plantas de batata das cultivares Agata e Monalisa tratadas com fungicidas indicados para as duas doenças foram submetidas à chuva controlada de 20 mm durante 6 minutos aos 30 minutos, 1, 2 e 4 horas após a pulverização. Após a secagem das plantas, discos foliares foram transferidos para placas de Petri e inoculados com os respectivos patógenos. Em seguida as placas foram incubadas em BOD a 18 e 25° C e fotoperíodo de 12 horas, respectivamente. A severidade foi avaliada através da porcentagem da área do disco afetada pela doença aos 5 e 7 dias após a inoculação. Os resultados obtidos permitiram concluir que os fungicidas sistêmicos, translaminares ou com tenacidade inerente foram menos afetados pela chuva simulada quando comparados aos fungicidas de contato. O aumento do tempo de secagem promoveu maiores níveis de controle da requeima e pinta preta, evidenciando uma maior retenção ou absorção dos produtos testados.

Palavras-chave: *Phytophthora infestans*; *Alternaria solani*; *Solanum tuberosum*; Tenacidade

Abstract

The effect of simulated rain on the efficiency of fungicides in the control of late blight (*Phytophthora infestans*) and early blight (*Alternaria solani*) of potato was evaluated under green house and laboratory conditions. Plants of potato cultivars Agata and Monalisa treated with fungicides against both diseases were submitted to 20mm controlled rain during 6 minutes – 30 minutes, 1, 2 and 4 hours after spraying. Once all leaves have dried, foliar discs were transferred to Petri dishes and inoculated with the respective pathogens. Then, plates were incubated in BOD for 12-hour photoperiod at 18°C and 25°C, respectively. Disease severity was evaluated through the percentage of the disease affected areas on foliar discs 5 and 7 days postinoculation. The results here obtained allowed to conclude that systemic or inherent tenacity fungicides were less disturbed by the simulated rain as compared to contact fungicides. An increase in drying time promoted higher control levels of both diseases, indicating a better retention and absorption of the tested products.

Keywords: *Phytophthora infestans*; *Alternaria solani*; *Solanum tuberosum*; Tenacity

3.1 Introdução

Independentemente de proteger a planta de forma tópica ou sistêmica, a eficácia de um fungicida está intimamente relacionada à sua capacidade de resistir à degradação física, química

ou biológica do ingrediente ativo causada por fatores externos como raios solares, calor, erosão pelo vento e lavagem pela chuva ou água de irrigação (SCHEPERS, 1996; SCHILDER, 2010).

A ocorrência de chuvas é considerada um dos principais fatores capazes de comprometer a eficácia de fungicidas. A quantidade de produto que adere ou é absorvido pela planta e a quantidade que permanece ativa na planta após a ação de chuvas é o que determina o controle de fitopatógenos (RICH, 1954; HUNSCHE, 2007). As chuvas podem afetar a estrutura e a atividade de um depósito, por sua diluição, redistribuição ou remoção física (THACKER; YOUNG, 1999).

Entre os fatores que podem influenciar a interação de fungicidas e a ocorrência de chuvas destacam-se: a quantidade, a intensidade e a frequência das precipitações (CABRAS et al., 2001); o tempo de secagem dos depósitos (SCHEPERS, 1996; DUARTE, 2008) a formulação do produto (KUDSK; MATHIASSEN; KIRKEL, 1991; TOFOLI et al., 2006); a dose aplicada e o uso de adjuvantes (KUDSK; MATHIASSEN; KIRKEL, 1991; GREEN, 2001; FIFE; NOKES, 2002); bem como, as diferenças estruturais existentes entre as superfícies foliares de diferentes culturas e cultivares (REYNOLDS; REILLY; HOTCHKISS, 1994; DEBORTOLI, 2009).

Escassos são os trabalhos relacionados com ação de precipitações na efetividade de fungicidas em condições brasileiras. Oliveira et. al. (2002), Santos et al. (2002) e Tofoli et al. (2002) verificaram os impactos de chuva simulada sobre eficiência de fungicidas cúpricos, triazóis e azoxistrobina no controle da ferrugem do café (*Hemileia vastatrix*), respectivamente. Debortoli (2009) observou que a incidência de chuva simulada afetou de forma diferenciada a eficiência dos fungicidas azoxistrobina+ciproconazol, piraclostrobina+ciproconazol, picoxistrobina+ciproconazol e tebuconazol no controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em sete cultivares de soja. Duarte (2008) estudando a ação de chuva simulada sobre fungicidas de contato em plantas de batata e tomate verificou que o tempo de secagem dos depósitos foi determinante sobre a remoção desses.

Períodos chuvosos, além de limitar o potencial de controle de fungicidas favorecem epidemias de requeima e pinta preta da batata, por proporcionarem aumento da umidade relativa e facilitarem a dispersão de estruturas reprodutivas. Nesse contexto, o conhecimento do potencial de controle de fungicidas após a ocorrência de precipitações é essencial para se estabelecer diretrizes para a reaplicação.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o impacto de diferentes intervalos de chuva simulada sobre a eficiência de fungicidas com diferentes níveis de sistemicidade sobre o controle da requeima e pinta preta da batata.

3.2 Desenvolvimento

3.2.1 Revisão Bibliográfica

O maior ou menor impacto das chuvas sobre a eficiência de fungicidas está diretamente relacionado com a sistemicidade e a tenacidade dos fungicidas (BRUGGEN et al., 1987; EVENHUIS et al., 1997).

Os fungicidas de contato ou tópicos por formarem uma película protetora na superfície tratada estão mais expostos ação negativa de chuvas, orvalho e umidade. Suheri e Latin (1991) estudando a retenção de mancozebe e clorotalonil em meloeiro observaram que ambos foram semelhantes entre si, em ambiente seco, porém mancozebe apresentou menor tenacidade em ambiente úmido. Cabras et al. (2001) observaram baixa tenacidade de mancozebe em videiras submetidas a 45 mm de chuva, distribuídas em 1, 2 e 3 simulações.

Segundo Schilder (2010) os fungicidas com atividade sistêmica tendem a serem menos vulneráveis à lavagem, em virtude de sua absorção e redistribuição pela planta. Santos et al. (2002) observaram que a ocorrência de 20 mm de chuva simulada, 15 minutos após a aplicação, não reduziu a ação de ciproconazol e tetraconazol no controle da ferrugem do cafeeiro. No entanto, a incidência de chuvas, logo após a aplicação, pode comprometer significativamente a eficiência de produtos sistêmicos. Segundo Akobundu (1987) e Hance e Holly (1990) quanto menor o período entre a pulverização e a ocorrência de chuva, menores são as possibilidades de absorção de produtos sistêmicos e consequentemente maiores são as possibilidades de lavagem.

A influência de chuvas e água de irrigação sobre a eficácia de fungicidas no controle da requeima da batata é destacada por alguns autores. Schepers (1996) estudando a influência de 10 mm de chuva simulada sobre depósitos fungicidas em plantas de batata observou que, precipitações realizadas 4 horas após a aplicação, comprometeram mais a eficácia de mancozebe, do que a de fluazinam. Inclusive, em algumas situações a chuva aumentou a eficiência de fluazinam, provavelmente devido a uma redistribuição dos depósitos na superfície foliar.

Quanto ao efeito da formulação e uso de adjuvantes sobre a tenacidade de fungicidas em plantas de batata, Kudsk, Mathiassen e Kirknel (1991) destacam que as suspensões concentradas

apresentam maior retenção que as em pó molhável e que o uso de adjuvantes melhora consideravelmente a tenacidade desses produtos. Tofoli et al. (2006) estudando a ação de chuva controlada sobre depósitos de mancozebe NT (grânulos dispersíveis) e PM (pó molhável), em plantas de tomate, observaram que o primeiro proporcionou controle superior da requeima em relação ao segundo.

Bødker e Nielsen (2002) avaliando a influência de 0, 15 e 50 mm de irrigação sobre a lavagem de depósitos fungicidas, concluíram que ciazofamida foi o menos afetado; zoxamida+mancozebe, dimetomorfe+mancozebe, mancozebe NT e fluazinam apresentaram comportamento intermediário, enquanto que fenamidona+mancozebe o mais lavado.

Pouca informação é veiculada pela literatura sobre o impacto de precipitações na eficácia de fungicidas indicados para o controle do gênero *Alternaria*. Vicent, Armengol e García-Jiménez (2007) comparando a tenacidade de fungicidas indicados para o controle da mancha de alternária em citros (*A. alternata*) concluíram que fungicidas cúpricos foram mais resistentes a precipitação quando comparados a mancozebe, iprodiona, famoxadona e piraclostrobina.

3.2.2 Material e Métodos

Foram realizados dois experimentos em condições de casa de vegetação e laboratório, adotando sugestões do protocolo proposto por Schepers et al. (2004).

As cultivares utilizadas, a obtenção de isolados, a produção de inóculo, o cultivo e a pulverização das plantas de batata encontram-se descritas nos Anexos, item 1.

A simulação de chuva foi realizada por meio de um protótipo experimental idealizado por Santos (2000). O equipamento foi regulado quanto à quantidade e intensidade de precipitação de forma a proporcionar 20 mm de precipitação durante 6 minutos aos 30 minutos, 1, 2 e 4 horas após a aplicação dos fungicidas (Figura 1). No dia seguinte, foi realizado um bioensaio onde discos foliares de 1,5 cm de diâmetro coletados de folhas marcadas, foram transferidos para placas de Petri revestidas com papel de filtro umedecido com água destilada, inoculados com os respectivos patógenos e incubados em BOD. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com seis repetições. Cada repetição foi representada por uma placa contendo 10 discos foliares.

Os fungicidas testados encontram-se caracterizados nos Anexos, item 3, Tabelas 1 e 2.

Figura 1 - Protótipo para simulação de chuva (SANTOS, 2000)

3.2.2.1 Experimento 1. Efeito de chuva simulada sobre a eficiência de fungicidas no controle requeima da batata

Plantas de batata (Cv. Agata) com aproximadamente 25 cm de altura foram tratadas com os fungicidas (kg ou L de p.c. ha⁻¹): piraclostrobina+metiram (1,5), dimetomorfe+ametoctradina (1,0), dimetomorfe+mancozebe (0,45+3,0), dimetomorfe+clorotalonil (0,45+1,5), cimoxanil+mancozebe (2,0), cimoxanil+zoxamida (0,4), mefenoxam+mancozebe (2,0), mefenoxam+clorotalonil (1,5), mandipropamida (0,4), mandipropamida+clorotalonil (2,0), famoxadona+cimoxanil (0,6), fenamidona (0,3), propamocarbe (1,25), fenamidona+propamocarbe (2,0), fluopicolida+propamocarbe (2,0), bentiavalicarbe+fluazinam (0,7), ametoctradina+metiram (2,0), ciazofamida (0,25), fluazinam (1,0), clorotalonil (1,5), mancozebe NT (3,0) e mancozebe PM (3,0) e submetidas aos diferentes intervalos de chuva controlada e coleta de discos foliares. Os discos foram inoculados com 10 µL de uma suspensão com 10⁵ esporângios de *P. infestans* mL⁻¹, e as placas incubadas a 18±1°C e fotoperíodo de 12 horas. A severidade da requeima foi avaliada 6 dias após a inoculação (DAI) através de uma escala de notas de 1 a 5, em que: 1 – ausência de sintomas; 2 – traços a 12,5 %; 3 – 12,6 a 25 %; 4 – 25,1 a 50%; 5 – acima de 50% do disco foliar lesionado. Para a análise estatística foi adotado um esquema fatorial com 23 tratamentos (22

fungicidas e testemunha) e cinco intervalos (sem chuva, 30 minutos, 1, 2 e 4 horas após a aplicação). Os resultados foram comparados pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

3.2.2.2 Experimento 2. Efeito de chuva simulada sobre a eficiência de fungicidas no controle da pinta preta da batata

Plantas de batata (cv. Monalisa) com aproximadamente 27 cm de altura foram pulverizadas com os fungicidas (kg ou L de p.c.ha⁻¹): picoxistrobina (0,25), azoxistrobina (0,08), azoxistrobina+difenoconazol (0,75), piraclostrobina+metiram (1,5), piraclostrobina+metconazol (0,6), trifloxistrobina+tebuconazol (0,75), tebuconazol (1,0), metconazol (1,0), difenoconazol (0,3), flutriafol (0,75), boscalida (0,10), boscalida+piraclostrobina (0,25), ciprodinil (0,25), pirimetanil (1,0), iprodiona+pirimetanil (0,3+0,5), famoxadona+mancozebe (1,6), iprodiona (1,0), fluazinam (1,0), clorotalonil (1,5), mancozebe NT (3,0), mancozebe PM (3,0) e submetidas à chuva controlada nos intervalos descritos e coleta de discos. Os discos foram inoculados 10 µL de uma suspensão com 10⁴ conídios de *A. solani*, sendo as placas incubadas a temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 horas. A severidade da pinta preta foi avaliada aos 7 DAI, através de uma escala de notas de 1 a 6, em que: 1 – ausência de sintomas; 2 – traços a 2,5%; 3 – 2,6 a 12%; 4 – 12,1 a 25 %; 5 – 25,1 a 50%; 6 – acima de 50% do disco foliar lesionado. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com seis repetições, sendo cada repetição representada por uma placa contendo 10 discos foliares. Para a análise estatística, adotou-se um esquema fatorial com 21 (20 fungicidas e testemunha) e 5 intervalos (sem chuva, 30 minutos, 1, 2 e 4 horas após a aplicação). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

3.2.3 Resultados e Discussão

No experimento 1, todos os fungicidas promoveram elevado controle da requeima na ausência de chuva simulada. Traços da doença foram observados apenas nas plantas tratadas com mancozebe e clorotalonil (Tabela 1; Figura 2).

Nos intervalos em que a chuva ocorreu aos 30 minutos e uma hora após a aplicação (HAA) os maiores níveis de controle da requeima foram obtidos com os fungicidas dimetomorfe+ametotradina, dimetomorfe+clorotalonil, mefenoxam+mancozebe, mefenoxam+clorotalonil, mandipropamida, mandipropamida+clorotalonil, famoxadona+cimoxanil, ametotradina+metiram, propamocarbe, fenamidona+propamocarbe, fluopicolida+propamocarbe,

cimoxanil+zoxamida, bentiavalicarbe+fluazinam. Ciazofamida, piraclostrobina+metiram, fenamidona e fluazinam foram intermediários, enquanto que dimetomorfe+mancozebe cimoxanil+mancozebe, mancozebe NT e clorotalonil foram os menos eficientes. As parcelas tratadas com mancozebe não diferiram da testemunha. Ciazofamida apresentou desempenho intermediário no intervalo de 30 minutos após a aplicação, porém não diferiu dos melhores tratamentos, no intervalo de 1 HAA.

Nos intervalos em que a simulação ocorreu 2 e 4 HAA, verificou-se a mesma tendência de controle para a maioria dos tratamentos. As parcelas tratadas com dimetomorfe+mancozebe, cimoxanil+mancozebe e fenamidona apresentaram aumento significativo da requeima nesses intervalos. Incrementos no potencial de controle de mancozebe PM foram observados apenas no intervalo de 4 HAA.

O aumento do período entre a aplicação e a ocorrência de chuva simulada incrementou o potencial de controle de todos os fungicidas testados. Observou-se que mefenoxam+mancozebe, mefenoxam+clorotalonil, dimetomorfe+ametotradina, dimetomorfe+clorotalonil, propamocarbe, fenamidona+propamocarbe bentiavalicarbe+fluazinam, mandipropamida, mandipropamida +clorotalonil, ametotradina+metiram, ciazofamida, cimoxanil+zoxamida, cimoxanil+famoxadona foram mais afetados quando a precipitação ocorreu 30 minutos após a aplicação, enquanto que, dimetomorfe+mancozebe, fluopicolida+propamocarbe, piraclostrobina+metiram, fluazinam, clorotalonil e mancozebe NT, nos intervalos até 1 HAA. As parcelas tratadas com fenamidona apresentaram significativa redução de controle da requeima até o intervalo de 2 HAA.

Tabela 1 - Severidade de requeima em plantas de batata (cv. Agata) tratadas com fungicidas e submetidas à chuva controlada (20 mm) aos 30 minutos, 1, 2, e 4 horas após a aplicação

Tratamentos	Intervalos de ocorrência de chuva controlada após a aplicação									
	Sem chuva		30 minutos		1 hora		2 horas		4 horas	
testemunha	4,96	a A *	5,00	a A	5,00	a A	5,00	a A	5,00	a A
dimetomorfe+ametoctradina	1,00	b C	2,85	def A	2,44	ef B	2,08	fg B	1,85	fghi B
dimetomorfe+mancozebe	1,00	b C	3,56	bcd A	3,38	bc A	2,48	def B	2,56	cde B
dimetomorfe+clorotalonil	1,00	b D	3,22	cdef A	2,70	defg B	2,36	efg BC	2,12	defgh C
mefenoxam+mancozebe	1,00	b C	2,82	ef A	2,32	fg B	2,04	fg B	1,48	hi C
mefenoxam+clorotalonil	1,00	b D	2,60	f A	2,14	g B	1,76	g BC	1,32	i CD
propamocarbe	1,00	b D	2,88	ef A	2,32	fg B	2,18	fg BC	1,82	fghi C
fenamidona+propamocarbe	1,00	b D	2,52	f A	2,28	fg B	2,08	fg BC	1,70	fghi C
fluopicolida+propamocarbe	1,00	b C	2,96	def A	2,64	efg A	2,12	fg B	2,02	efgh B
fenamidona	1,00	b C	3,32	bcde A	3,04	bcde A	2,72	cdef AB	2,20	cdefg B
piraclostrobina+metiram	1,00	b D	3,40	bcde A	3,00	bcde AB	2,60	cdef BC	2,50	cde C
bentiavalicarbe+fluazinam	1,00	b C	3,04	def A	2,50	efg B	2,38	efg B	2,12	defgh B
cimoxanil+mancozebe	1,00	b C	3,80	bc A	3,48	b A	2,84	cde B	2,68	cd B
cimoxanil+zoxamida	1,00	b D	3,12	def A	2,73	defg B	2,45	def BC	2,14	defg C
famoxadona+cimoxanil	1,00	b D	3,04	def A	2,50	efg B	2,36	efg BC	2,08	defgh C
mandipropamida	1,00	b D	2,84	ef A	2,32	fg B	2,16	fg BC	1,82	fghi C
mandipropamida+clorotalonil	1,00	b D	2,66	f A	2,16	g B	1,98	fg BC	1,64	ghi C
ametoctradina+metiram	1,00	b D	2,83	ef A	2,53	efg B	2,28	efg BC	2,03	defgh C
ciazofamida	1,00	b D	3,28	cde A	2,58	efg B	2,35	efg BC	2,10	defgh C
fluazinam	1,00	b C	3,40	bcde A	3,06	bcde A	2,56	cdef B	2,32	cdef B
clorotalonil	1,08	b D	3,88	b A	3,52	b AB	3,16	c BC	2,68	cd C
mancozebe NT	1,00	b D	3,76	bc A	3,34	bcd AB	3,08	cd BC	2,85	c C
mancozebe PM	1,10	b C	4,84	a A	4,76	a A	4,34	b A	3,84	b B
CV% = 14,52										

*Médias seguidas por letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Os fungicidas com características sistêmicas e translaminares e com tenacidade inerente apresentaram maior resistência a incidência de chuva, enquanto que os de contato apresentaram as reduções de controle mais significativas. Apenas mefenoxam+mancozebe e mefenoxam+clorotalonil, no intervalo de 4 horas após a aplicação (HAA), apresentaram níveis de controle semelhante à condição sem chuva.

Figura 2 - Severidade de requeima em plantas de batata (cv. Agata) tratadas com fungicidas e submetidas à chuva controlada (20 mm) aos 30 minutos, 1, 2, e 4 horas após a aplicação

No experimento 2, todos os fungicidas promoveram elevado controle da pinta preta na ausência de chuva, sendo semelhantes entre si e superiores à testemunha (Tabela 2; Figura 3).

Nos intervalos em que a chuva ocorreu aos 30 minutos e 1 HAA, os maiores níveis de controle foram obtidos com os fungicidas azoxistrobina+difenoconazol, piraclostrobina+metconazol, boscalida+piraclostrobina, trifloxistrobina+tebuconazol, picoxistrobina, boscalida, tebuconazol, metconazol, difenoconazol, ciprodinil, iprodiona pirimetanil, pirimetanil, famoxadona+mancozebe e fluazinam. Azoxistrobina, piraclostrobina+metiram, iprodiona, mancozebe NT e clorotalonil foram intermediários, enquanto que mancozebe PM foi o menos eficaz.

Nos intervalos de 2 e 4 HAA observou-se a mesma tendência de controle dos períodos anteriores. As parcelas tratadas azoxistrobina apresentaram incremento significativo de controle da pinta preta, não diferindo dos melhores tratamentos, nesses intervalos.

Azoxistrobina+difenoconazol, piraclostrobina+metconazol, trifloxistrobina+tebuconazol, tebuconazol, metconazol, difenoconazol, boscalida+piraclostrobina, picoxistrobina boscalida e ciprodinil foram mais afetados até o intervalo de 30 minutos após a aplicação, enquanto que fluazinam, azoxistrobina, piraclostrobina+metiram, pirimetanil, iprodiona+pirimetanil, famoxadona+mancozebe, iprodiona, mancozebe NT e clorotalonil até 1 HAA. Mancozebe foi o mais afetado, apresentando o primeiro incremento de controle da pinta preta, no intervalo de 4 HAA.

Os fungicidas picoxistrobina, azoxistrobina+difenoconazol, piraclostrobina+metconazol, trifloxistrobina+tebuconazol, difenoconazol, metconazol, boscalida, boscalida+piraclostrobina, no intervalo de 4 HAA, apresentaram níveis de controle semelhantes à condição sem chuva.

Figura 3 - Severidade de pinta preta em plantas de batata (cv. Monalisa) tratadas com fungicidas e submetidas à chuva controlada de 20 mm, aos 30 minutos, 1, 2 e 4 horas após a aplicação (HAA)

Tabela 2 - Severidade de pinta preta em plantas de batata (cv. Monalisa) tratadas com fungicidas e submetidas à chuva controlada de 20 mm, aos 30 minutos, 1, 2 e 4 horas após a aplicação (HAA)

Tratamentos	Intervalos de chuva após a aplicação														
	Sem chuva			30 minutos			1 hora			2 horas			4 horas		
picoxistrobina	1,00	b	C*	3,10	ef	A	2,48	ef	B	1,92	g	B	1,20	hi	C
azoxistrobina	1,00	b	D	3,52	cde	A	3,26	cde	A	2,28	defg	B	1,68	efghi	C
piraclostrobina+metiram	1,00	b	D	3,72	cde	A	3,44	cd	A	2,86	cde	B	2,36	cd	C
azoxistrobina+difenoconazol	1,00	b	C	2,85	f	A	2,28	f	B	1,86	g	B	1,12	i	C
piraclostrobina+metconazol	1,00	b	C	3,20	def	A	2,58	ef	B	2,24	efg	B	1,14	i	C
trifloxistrobina+tebuconazol	1,00	b	D	3,12	ef	A	2,60	f	B	2,00	g	C	1,08	i	D
tebuconazol	1,00	b	E	3,28	def	A	2,58	f	B	2,06	g	C	1,48	efghi	D
metconazol	1,00	b	C	3,10	ef	A	2,36	f	B	2,14	fg	B	1,38	fghi	C
difenoconazol	1,00	b	C	3,06	f	A	2,48	f	B	2,16	fg	B	1,28	ghi	C
boscalida	1,00	b	C	3,32	cdef	A	2,52	f	B	2,26	defg	B	1,40	efghi	C
boscalida+piraclostrobina	1,00	b	D	2,96	f	A	2,48	f	B	1,96	g	C	1,44	efghi	D
ciprodinil	1,00	b	D	3,02	f	A	2,66	ef	B	2,20	fg	B	1,52	efghi	C
pirimetanil	1,00	b	D	3,18	def	A	2,76	ef	AB	2,36	defg	B	1,82	defgh	C
pirimetanil+iprodiona	1,00	b	C	3,05	f	A	2,60	f	A	2,06	g	B	1,70	efghi	B
famoxadona+mancozebe	1,00	b	D	3,06	f	A	2,70	ef	AB	2,28	defg	BC	1,74	efghi	C
fluazinam	1,00	b	D	3,28	def	A	2,84	def	AB	2,44	defg	B	1,92	def	C
iprodiona	1,00	b	D	3,70	cde	A	3,26	cde	A	2,72	def	B	2,02	de	C
clorotalonil	1,04	b	D	3,76	cd	A	3,42	cd	A	2,88	cd	B	2,40	cd	C
mancozebe NT	1,00	b	D	3,94	c	A	3,60	c	AB	3,36	c	B	2,82	c	C
mancozebe PM	1,10	b	C	5,08	b	A	4,78	b	A	4,64	b	A	4,14	b	B
testemunha	5,86	a	A	5,82	a	A	5,96	a	A	5,92	a	A	6,00	a	A
CV (%) 14,22															

CV (%) 14,22

*Médias seguidas por letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A chuva simulada influenciou consideravelmente a efetividade dos fungicidas testados no controle da requeima e pinta preta da batata. Os produtos com características sistêmicas, translaminares ou com reconhecida tenacidade apresentaram resistência maior à chuva simulada, quando comparados a fungicidas de contato.

Para os fungicidas sistêmicos, translaminares ou com tenacidade inerente, as maiores reduções de controle, da requeima e pinta preta, foram observadas nos intervalos em que a chuva ocorreu 30 minutos e 1 HAA. Mancozebe PM, típico fungicida de contato, foi afetado em todos os intervalos testados.

De maneira geral, observou-se que o potencial de controle de todos fungicidas aumentou em função do aumento do período entre a pulverização e a simulação da chuva. Esses resultados evidenciam que quanto maior esse período, maiores são as possibilidades de secagem e adesão dos depósitos na superfície tratada, ou maior é a penetração e translocação do produto pela planta (BRUGGEN et al., 1987; SCHEPERS, 1996; DUARTE, 2008).

A sistemicidade apresentou um papel importante na resistência dos fungicidas à chuva. Os melhores resultados foram obtidos com produtos sistêmicos, seguidos dos translaminares. Os translaminares apresentaram níveis diferenciados de desempenho em função de variáveis como: uso isolado ou característica do fungicida utilizado em mistura. Quando isolados ou em mistura com fungicidas de contato, os fungicidas translaminares foram menos resistentes à chuva do que as misturas com produtos com reconhecida tenacidade. Os fungicidas de contato tiveram comportamento variável em função de sua capacidade de aderir à superfície tratada. A tenacidade de alguns fungicidas de contato como ciazofamida, fluazinam, ametoctradina, famoxadona e clorotalonil foram determinantes sobre a capacidade de controle desses fungicidas.

As misturas de mefenoxam com mancozebe e clorotalonil foram as mais resistentes apresentando níveis de controle da requeima, semelhantes à condição sem chuva no último intervalo. A resistência de mefenoxam à chuva pode ser explicada por suas excelentes características sistêmicas (COHEN; COFFEY, 1986; BRUGGEN et al., 1987; SINGH; PUNDIR, 2004; MULLER; GISI, 2007).

Os resultados positivos de fluopicolida+propamocarbe e fenamidona+propamocarbe observados nesse estudo concordam com os obtidos por outros autores. Tafforeau et al. (2009) analisando essas misturas em períodos críticos de chuva observaram que essas proporcionaram os maiores os níveis de controle, e conseqüentemente, os maiores potenciais de resistir à chuva

quando comparados com ciazofamida, dimetomorfe+mancozebe e zoxamida+mancozebe. O nível de controle semelhante entre essas misturas e propamocarbe isolado confirmam o importante papel que a sistemicidade desse carbamato apresenta no desempenho dessas misturas.

A alta capacidade de mandipropamida resistir à ação de chuvas, observada nesse estudo, pode ser justificada por sua capacidade de aderir às ceras existentes na superfície das folhas (HERMANN et al., 2005; HUGGENBERGER; KNAUF-BEITER, 2007). A superioridade de mandipropamida à mancozebe e dimetomorfe+mancozebe observada nesse estudo concordam com as observações de Kappes e Huggenberger (2007).

A habilidade de bentivalicarbe+fluazinam resistir à chuva simulada, verificada no experimento 1, também foi para bentiavalicarbe isolado em plantas de tomate. (MIYAKE et al. 2005). A capacidade de fluazinam resistir à chuva também pode ter contribuído para um melhor desempenho da mistura (WHITTINGHAN, 2007; SCHEPERS, 1996; KOMYOJI et al., 1995).

Apesar de dimetomorfe apresentar ação translaminar limitada (COHEN et al., 1995) este em mistura com clorotalonil e ametotradina apresentou boa resistência a precipitação. O mesmo não foi observado para a mistura com mancozebe. Tal comportamento pode ser justificado pela maior tenacidade de clorotalonil e ametotradina, em relação ao mancozebe (SUEHI; LATIN, 1991; GOLD et al., 2009; REIMANN et al., 2010a). A habilidade de dimetomorfe+ametotradina e ametotradina+metiram resistirem à chuva de forma similar a mandipropamida e ciazofamida, observada nesse estudo, concordam com os resultados de Reimann et al. (2010b).

Semelhantemente, o resultado obtido para cimoxanil+famoxadona e cimoxanil+zoxamida, quanto a sua capacidade de resistir à chuva, pode ser justificada pela ação translaminar de cimoxanil nos tecidos (COHEN; COFFEY, 1986) e elevada tenacidade apresentada por famoxadona (ANDRIEU et al., 2001) e zoxamida (BRADSHAW; SCHEPERS, 2001). A mistura cimoxanil+mancozebe apresentou comportamento intermediário devido à menor tenacidade de mancozebe (SUEHI; LATIN, 1991; TOFOLI et al., 2006).

Apesar de ciazofamida ser um fungicida de contato este resistiu à chuva simulada, apresentando níveis de controle semelhante aos fungicidas sistêmicos. A tenacidade desse fungicida deve-se sua alta capacidade de aderir à camada cerosa existentes na superfície das folhas (BØDKER; NIELSEN, 2002; SAUTER, 2007).

O fungicida piraclostrobina+metiram apresentou níveis intermediários de controle da requeima e da pinta preta quando submetido à chuva simulada. A limitada ação translaminar de

piraclostrobina e baixa tenacidade de metiram, respectivamente tornam os depósitos dessa mistura mais vulneráveis a ação da chuva (BARTLETT et al., 2001; TOFOLI et al., 2006).

A baixa capacidade de fenamidona resistir à chuva observada nesse estudo também foi observada por Bødker e Nielsen (2002). Segundo esses autores, fenamidona+mancozebe resistiu menos que ciazofamida, zoxamida+mancozebe, dimetomorfe+mancozebe e fluazinam a ocorrência de irrigação. A baixa resistência à precipitação pode ser atribuída a sua baixa sistemicidade, e conseqüentemente maior exposição a fatores externos (SAUTER, 2007).

A alta capacidade das misturas de estrobilurinas com triazóis e triazóis isolados de resistirem à precipitação está relacionada à sistemicidade marcante dos triazóis, uma vez, que as estrobilurinas apresentam níveis variáveis de ação translaminar (FORCELINI, 1994; BARTLETT et al., 2001). Debortoli (2008), também observou menor impacto da chuva simulada no controle da ferrugem em algumas cultivares de soja para azoxistrobina+ciproconazol, picoxistrobina+epoxiconazol, picoxistrobina+ciproconazol e tebuconazol.

O aumento do controle da pinta preta proporcionado por azoxistrobina, em função do aumento do tempo entre a aplicação e a ocorrência de chuva, pode ser explicado por sua considerável atividade sistêmica (BARTLETT et al., 2001; TOFOLI et al., 2002; SAUTER, 2007). Provavelmente, o aumento de tempo entre a aplicação e a simulação de chuva, permitiu uma maior absorção e aderência do produto, tornando-o menos sujeito a lavagem nos intervalos de 2 e 4 HAA. A maior resistência à chuva apresentada por azoxistrobina+difenoconazol, em relação à azoxistrobina isolada, nos intervalos de 30 minutos e 1 hora, pode ser atribuída à atividade sistêmica complementar de difenoconazol. A superioridade de difenoconazol a azoxistrobina em resistir à precipitação, observada nesse estudo, sugere que difenoconazol apresente uma sistemicidade mais abrangente que azoxistrobina. Semelhantemente, a mistura piraclostrobina+metconazol também se destacou em relação à piraclostrobina+metiram, em função da alta sistemicidade de metconazol (FORCELINI, 1994; KUCK; VORS, 2007).

A redução de controle da pinta preta causada pela chuva simulada verificada para iprodiona e boscalida também foram observadas por Pigati; Dernoeden; Grybauskas (2010) no controle de *Sclerotinia homeocarpa* em campos de golf. A superioridade de boscalida em relação à iprodiona em resistir à chuva, observada no experimento 2, pode ser explicada por sua maior sistemicidade, em relação a essa dicarboximida (HEWIT, 1998; RHEINHEIMER, 2007).

A maior resistência à precipitação demonstrada pela mistura pirimetanil+iprodiona e ciprodinil pode ser atribuída à sistemicidade dessas duas anilinopirimidinas (GISI; MULLER, 2007).

A capacidade de fluazinam resistir à chuva e controlar a requeima e pinta preta, observada nesse trabalho, deve-se a sua reconhecida tenacidade inerente (WHITTINGHAN, 2007). Schepers et al. (1996) também comprovaram essa característica quando observaram que fluazinam foi menos afetado que manebe quando submetido a chuvas de 10 mm, 4 horas após a aplicação. Esses autores observaram, ainda que, em algumas situações a indução aumentou o controle de fluazinam, em virtude de uma possível redistribuição do produto na superfície tratada, fato não observado nesse estudo.

Clorotalonil e mancozebe NT, típicos fungicidas de contato, foram superiores a mancozebe (PM), em virtude da maior tenacidade apresentada por esses produtos (SUEHI; LATIN, 1993; TOFOLI et al., 2006).

Mancozebe PM foi o produto mais afetado pela ocorrência de chuva simulada. Os primeiros aumentos significativos de controle da requeima e pinta preta foram obtidos apenas quando a chuva ocorreu 4 HAA, porém em nível inferior à condição sem chuva. Segundo Duarte (2007) são necessárias pelo menos 6 horas de secagem para que se reduza a remoção de mancozebe em plantas de tomate e batata. Tal resultado justifica os resultados obtidos nesse trabalho, onde o maior intervalo entre aplicação e chuva foi de 4 horas.

Nesse trabalho, a variável formulação foi significativa para as formulações de mancozebe testadas. A superioridade da formulação NT em relação a PM, em resistir à chuva simulada e refletir sobre o controle da requeima e pinta preta da batata pode ser explicada pelo tamanho menor de suas partículas que permite uma maior adesão na superfície tratada (TOFOLI; DOMINGUES; SANTOS, 2006; TOFOLI et al., 2006).

3.3 Considerações finais

Os fungicidas com características sistêmicas e tenacidade inerente foram menos afetados pela chuva simulada quando comparados a mancozebe PM. O aumento do intervalo entre a aplicação e a incidência de precipitação promoveu maiores níveis de controle da requeima e pinta preta, evidenciando uma maior retenção ou absorção dos produtos testados.

O conhecimento do desempenho de fungicidas em relação à ocorrência de chuvas permite que se estabeleçam critérios mais confiáveis e seguros para a reaplicação em períodos chuvosos.

Referências

AKOBUNDU, I.O. **West science in the tropics: principles and practices**. Norwich: John Wiley, 1987. 522 p.

ANDRIEU, N.; JAWORSKA, G.; GENET J.; BOMPEIX G. Biological mode of action of famoxadone on *Plasmopara viticola* and *Phytophthora infestans*. **Crop Protection**, Guildford, v. 20, n. 3, p. 253-260, 2001.

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**, Cambridge, v. 12, p. 143-148, 2001.

BØDKER, L.; NIELSEN, B.J. Influence of irrigation on the wash-off of fungicides in field grown potato. **PPO-Special Report**, Edingburgh, v. 8, p. 163-167, 2002.

BRADSHAW, N.J.; SCHEPERS, H.T.A.M. Experiences with RH-117281 (zoxamide) – a new fungicide for the control of potato blight. **PPV-Special Report**, Munich, n. 7, p. 173-183, 2001

BRUGGEN, A.H.C.; MILGROOM, M.G.; OSMELOSKI, J.F.; FRY, W.E.; JACOBSON, J.S. Attenuation of metalaxyl on potato leaves by simulated acidic rain and residence time. **Phytopathology**, St. Paul, v. 77, p. 401-406, 1987.

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 wine leaves. **Journal of Environmental Science and Health**, New York, v.36, n. 5, p. 609-618, 2001.

COHEN, Y.; COFFEY, M.D. Systemic fungicides and the control of oomycetes. **Annual Review Phytopathology**, Palo Alto, v. 24, p. 311–338, 1986.

COHEN, Y.; BALDER, A.; COHEN, B.H. Dimetomorph activity against oomycete fungal plant pathogens. **Phytopathology**, St Paul, v. 85, p.1500-1506, 1995.

DEBORTOLI, M.P. **Efeito do “Rainfastness” e adjuvante na aplicação de fungicidas foliares em cultivares de soja**. 2008. 57 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

DUARTE, A.R. **Remoção de resíduos de fungicidas por meio de chuva simulada e irrigação em batateira e tomateiro**. 2008. 33 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

EBERSOLD, D. Ranman, the new marathon fungicide. **PPO-Special Report**, Edinburgh, v. 8, p. 225-230, 2002.

EVENHUIS, A.; SCHEPERS, H.T.A.M.; BUS, C.B.; STEGEMAN W.L.M. Rainfastness of mancozeb and Curzate M on potato leaves. **PAV-Special Report**, Carlow, v. 3, p. 218-225, 2002.

FIFE, J.P.; NOKES, S.E. Evaluation of the effect of rainfall intensity and duration on the persistence of chlorothalonil on processing tomato foliage. **Crop Protection**, Guildford, v. 21, n. 9, p. 733-740, 2002.

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

GISI, U.; MÜLLER, U. Anilinopyrimidines: methionine biosynthesis inhibitors. In: KRÄMER, W.; SCHIRMER, U. (Ed.). **Modern crop protection compounds**. Berlin: Verlag, 2007. v. 2, p. 551-560.

GOLD, R.; SCHERER, M.; RETHER J.; SPEAKMAN J.; NAVÉ, B.; LEVY T.; STORER R.; MARRIS, D. Initium®: an innovative fungicide of a new chemical class for the control of oomycetes. In: BCPC CONGRESS, 2009, Glasgow. **Proceedings...** Glasgow: BCPC, 2009. p. 1-6.

GREEN, J.M. Factors that influence adjuvant performance. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ADJUVANTS FOR AGROCHEMICALS, 6., 2001, Amsterdam. Amsterdam: ISAA Foundation, 2001. p. 179-190.

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

HERMANN, D.; BARLETT, D.W.; FISCHER, W.; KEMPF, H.J. The behavior of mandipropamid in plants. In: BCPC CROP SCIENCE & TECHNOLOGY, 2005, Glasgow. **Proceedings...** Glasgow: BCPC, 2005. p. 93-98.

HEWITT, H.G. **Fungicides in crop protection**. New York: CAB International, 1998. 221 p.

HUGGENBERGER, F.; KNAUF-BEITER, G. Mandipropamid a new fungicides for the control of late blight in potatoes. **PPO-Special Report**, Bologna, v.12, p. 67-76, 2007.

HUNSCHE, M.; DAMEROW, L.; SCHMITZ-EIBERGER, M.; NOGA, G. Mancozeb wash-off from apple seedlings by simulated rainfall as affected by drying time of fungicide deposit and rain characteristics. **Crop Protection**, Bonn, v. 26, p. 768-774, 2007.

KAPPES, E.M.; HUGGENBERGER, F. Revus: field performance and product recommendations against late blight in potatoes in Europe. **PPO-Special report**, Bologna, v. 12, p. 121-128, 2007.

KOMYOJI, T.; SUGIMOTO, K.; MITANI, S.; MATSUO, N.; KAZUMI, S. Biological properties of a new fungicide, fluazinam. **Journal Pesticide Science**, Tokyo, v. 20, p. 129-135, 1995.

KUCK, K.H.; VORS, J.P. Sterol biosynthesis inhibitors. In: KRÄMER, W.; SCHIRMER, U. (Ed.). **Modern crop protection compounds**. Berlin: Verlag, 2007. v. 2, p. 605-650.

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

MIYAKE, Y.; SAKAI, J.; SHIBATA, M.; YONEKURA, N.; MIURA, I.; KUMAKURA, K.; NAGAYAMA, K. Fungicidal activity of Benthiavalicarb-isopropyl against *Phytophthora infestans* and its controlling activity against late blight diseases. **Journal Pesticide Science**, Tokyo, v. 30, n. 4, p. 390-396, 2005.

OLIVEIRA, S.H.F., SANTOS, J.M.F.; GUZZO, S.D. Efeito da chuva sobre a tenacidade e eficiência de fungicidas cúpricos associados ao óleo vegetal no controle da ferrugem do cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, p. 581-585, 2002.

PIGATI, R.L.; DERNOEDEN, P.H.; GRYBAUSKAS, A.P. Simulated rainfall and mowing impact fungicide performance when targeting dollar spot in creeping bentgrass. **Plant Disease**, St. Paul, v. 94, n. 5, p. 596-603, 2010.

REIMANN, S.; JILDERDA, K.; GERBER, M.; TEGGE, V.; KLAPPACH, K. Initium®: a new fungicidal active ingredient for the control of Oomycetes. **PPO-Special Report**, Arras, n. 14, p. 89 – 94, 2010a.

_____. Initium® based products for the control of *Phytophthora infestans* in potatoes. **PPO-Special Report**, Arras, n. 14, p. 95-100, 2010b.

REIS, E.M.; REIS A.C.; FORCELINI, C.A. **Manual de fungicidas**: guia para o controle químico de doenças. Passo Fundo: UPF Editora, 2007. 157 p.

REYNOLDS, K.L.; REILLY, C.C.; HOTCHKISS, M.W. Removal of fentin hydroxide from pecan seedlings by simulated rain. **Plant Disease**, St Paul, v. 78, n. 9, p. 857-860, 1994.

RHEINHEIMER, J. Succinate dehydrogenase inhibitors. In: KRÄMER, W.; SCHIRMER, U. (Ed.). **Modern crop protection compounds**. Berlin: Verlag, 2007. v. 2, p. 496-504.

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

SANTOS, J.M.F. Protótipo experimental de torre móvel para simulação de chuva controlada e pulverização a diferentes volumes. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 345, 2000. Suplemento.

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) do cafeeiro, sob chuva simulada. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 69, n. 1, p. 45-49, jan./mar. 2002.

SAUTER, H. Strobilurins and other complex. III. Inhibitors. In: KRÄMER, W.; SCHIRMER, U. (Ed.). **Modern crop protection compounds**. Berlin: Verlag, 2007. v. 2, p. 457-495.

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

SCHEPERS, H.T.A.M.; NIELSEN, B.J.; DUVAUCHELLE, S. Harmonized protocol for evaluation of rainfastness of late blight fungicides. **PPO-Special Report**, Jersey, n. 10, p. 161-163, 2004.

SCHILDER, A. Fungicides properties and weather conditions. **Plant & Pest Advisory**, New Jersey, v. 15, n. 12, p. 1-3, 2010.

SINGH, R.P.; PUNDHIR, V.S. Uptake, translocation and persistence of metalaxyl in potato. **Journal of Mycology and Plant Pathology**, Udaipur, v. 34, n. 1, p. 93-95, 2004.

SUEHI, B.; LATIN, C. Retention of fungicides for control of alternaria leaf spot of muskmelon under greenhouse conditions. **Plant Disease**, St. Paul, v. 75, p. 1013-1015, 1991.

TAFFOREAU, S.; LATORSE, M.P.; JUHL, O.; BARDSLEY, E. Consentó: new experiences on the control of late blight 2007-2008. A summary of recent data with Consentó in Europe. **PPO-Special Report**, Hamar, v. 13, p. 135-142, 2009.

THACKER, J.R.M.; YOUNG, R.D.F. The effects of six adjuvants on the rainfastness of chlorpyrifos formulated as an emulsifiable concentrate. **Pesticide Science**, London, v. 55, p. 198-200, 1999.

TOFOLI, J.G.; DOMINGUES, R.J.; SANTOS, J.M.F. Resistência à chuva. **Cultivar – Hortaliças e Frutas**, Pelotas, n. 36, p. 22-25, 2006.

TOFOLI, J.G.; DOMINGUES, R.J.; SANTOS, J.M.F.; LOURENZONI JR., A.M. **Efeito de chuva simulada sobre a eficácia de Dithane NT (mancozebe) no controle da requeima do tomateiro**. Disponível em: <[www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/ .../46_0196.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/.../46_0196.pdf)>. Acesso em: 25 out. 2010.

TOFOLI, J.G.; OLIVEIRA, S.H.F.; DOMINGUES, R.J.; SANTOS, J.M.F.; MARTINS, E.M.F. Desempenho de azoxystrobin no controle da ferrugem do cafeeiro sob condições de chuva induzida. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 69, n. 1, p. 93-96, 2002.

VICENT, A.; ARMENGOL, J.; GARCÍA-JIMÉNEZ, J. Rain fastness and persistence of fungicides for control of Alternaria brown spot of citrus. **Plant Disease**, St. Paul, v. 91, p. 393-399, 2007.

WHITTINGHAM, W.G. Uncouplers of oxidative phosphorylation. In: KRÄMER, W.; SCHIRMER, U. (Ed.). **Modern crop protection compounds**. Berlin: Verlag, 2007. v. 2, p. 505-527.

4 CONTROLE DA REQUEIMA E PINTA PRETA DA BATATA POR FUNGICIDAS E SEUS REFLEXOS SOBRE A PRODUTIVIDADE E A QUALIDADE DE TUBÉRCULOS

Resumo

A requeima (*Phytophthora infestans*) e a pinta preta (*Alternaria solani*) estão entre as doenças mais frequentes e destrutivas da cultura da batata. Com o objetivo de avaliar a ação de diferentes grupos fungicidas no controle dessas doenças, foram realizados dois experimentos em cultivo comercial de batata (cvs. Agata e Monalisa), localizados em Pilar do Sul-SP, na safra 2008. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com 4 repetições, sendo cada parcela de 30 m². As aplicações foram realizadas com um pulverizador costal, munido de barra de aplicação e pressão constante de 3 Bar. O volume de aplicação variou de 300 a 500 Lha⁻¹ em função do desenvolvimento da cultura. As variáveis avaliadas para as duas doenças foram: severidade em folhas, área abaixo da curva de progresso da doença, produtividade total e comercial, e classificação de tubérculos. No experimento de requeima avaliou-se também a severidade em haste. Os menores níveis de severidade, progresso da doença, produtividade comercial e qualidade de tubérculos foram observados nas parcelas tratadas com mandipropamida+clorotalonil, fluopicolida+propamocarbe, dimetomorfe+ametoctradina, mandipropamida, fenamidona+propamocarbe, bentiavalicarbe+fluazinam, seguidos de dimetomorfe+clorotalonil, mefenoxam+clorotalonil e famoxadona+cimoxanil+mancozebe para requeima e azoxistrobina+difenoconazol, picoxistrobina, piraclostrobina+metconazol, trifloxistrobina+tebuconazol, azoxistrobina, boscalida+piraclostrobina, iprodiona+pirimetanil e ciprodinil para pinta preta.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L.; *Phytophthora infestans*; *Alternaria solani*; Manejo de doenças

Abstract

Late blight (*Phytophthora infestans*) and early blight (*Alternaria solani*) are among the most current and destructive diseases of potato. With the aim of evaluate the efficiency of different fungicides in the control of both diseases, two experiments were carried out in commercial potato crops (cultivars Agata and Monalisa) in Pilar do Sul, São Paulo State, during 2008 cropping season. Randomized block designs were used, with 4 replications and each parcel of 30m². Applications were carried out using coastal sprayer with spray-bar under constant pressure of 3 Bar. The application volume varied from 300 l to 500 l per hectare according to the crop development. The evaluated variables for both diseases were: severity on leaves, area under disease progress curve, total and commercial yield, and classification of tubers. In the experiment with late blight, the severity on stems was also evaluated. For late blight, the lower severity levels, disease progress and tubers quality were observed on the rows treated with mandipropamid+chlorothalonil, fluopicolide+propamocarb, dimetomorph+ametoctradin, mandipropamid, fenamidone+propamocarb, bentiavalicarb+fluazinam, followed by dimetomorph+chlorothalonil, and, for early blight, azoxystrobin+difenoconazole, picoxystrobin,

pyraclostrobin+metconazole, trifloxystrobin+tebuconazole, azoxystrobin, boscalid+pyraclostrobin, iprodione+pyrimethanil and cyprodinil.

Keywords: *Solanum tuberosum*, *Phytophthora infestans*, *Alternaria solani*, Disease management

4.1 Introdução

A requeima causada pelo oomiceto *Phytophthora infestans* e a pinta preta causada pelo fungo *Alternaria solani*, representam as doenças mais importantes e destrutivas da cultura da batata no Brasil e no mundo (STEVENSON et al., 2001; DIAS; IMAUTI, 2005).

Favorecida por períodos de alta umidade e temperaturas amenas, a requeima, pode ocorrer em qualquer fase da cultura, afetando drasticamente folhas, hastes, pecíolos e tubérculos. A doença afeta de forma significativa a produtividade e qualidade de tubérculos, podendo causar perdas de 20 a 100%. As epidemias de requeima são favorecidas por períodos úmidos e temperaturas amenas, podendo nessas condições destruir completamente a cultura em curto espaço de tempo (MIZUBUTI, 2001; MIZUBUTI; FRY, 2006).

A pinta preta é caracterizada pela redução da área foliar, queda de vigor das plantas, quebra de hastes, redução da produção e da qualidade de tubérculos. O aumento de suscetibilidade à infecção está geralmente associado ao aumento da idade das plantas e ao início do período de florescimento e tuberização, sendo está mais severa a partir dos 40 dias após o plantio. A doença pode causar danos que variam de 6 a 100 % (FRY, 1994; VAN DER WAALS; KORSTEN; AVELING, 2001).

Programas de produção integrada têm recomendado para o manejo da requeima e pinta preta da batata a adoção de medidas conjuntas como: uso de sementes certificadas; plantio de cultivares com algum nível de resistência; evitar o plantio em áreas úmidas e sujeitas a neblina; evitar irrigações excessivas; adubação equilibrada; rotação de culturas; eliminação de restos culturais; controle de plantas daninhas e a aplicação de fungicidas de contato e sistêmicos (WALE; PLAT; CATTILIN, 2008; STEVENSON; KIRK; ATALLAH, 2008).

A maioria das cultivares, com maior expressão comercial no Brasil, mostra-se suscetível ou moderadamente suscetível a requeima e a pinta preta, o que torna necessário a utilização de fungicidas, sob condições favoráveis. Esses são aplicados inicialmente para prevenir e, posteriormente, para retardar a evolução dessas doenças durante as fases de crescimento vegetativo e formação de tubérculos. O êxito no uso de fungicidas no controle da requeima e

pinta preta está condicionado a fatores como: suscetibilidade da cultivar; pressão de doença; clima; escolha do fungicida adequado; tecnologia de aplicação; momento oportuno para o tratamento; o número e o intervalo entre aplicações (TOFOLI, 2006).

Nos últimos anos, novos produtos têm sido desenvolvidos para o controle da requeima e pinta preta da batata. Entre as novidades para requeima destacam-se os produtos à base de mandipropamida (HUGGENBERGER; KNAUF-BEITER, 2007), fluopicolida (TAFFOREAU et al., 2006), bentiavalicarbe (MIYAKE et al., 2006) e ciazofamida (EBERSOLD, 2002). Para a pinta preta tem se observado o lançamento de misturas entre produtos específicos com diferentes mecanismos de ação tais como: azoxistrobina+difenoconazol, trifloxistrobina+tebuconazol, piraclostrobina+metconazol, piraclostrobina+boscalida e pirimetanil+iprodiona. Entre as novas moléculas em desenvolvimento no país para o controle da requeima e da pinta preta encontram-se a ametotradina (GOLD, 2009; REIMANN et al., 2010a) e a picoxistrobina (SAUTER, 2007), respectivamente.

Considerando a importância do uso de fungicidas para a cadeia produtiva da batata, o presente trabalho objetivou avaliar o controle da requeima e da pinta preta da batata por esses produtos, bem como seus reflexos sobre a produção e qualidade de tubérculos.

4.2 Desenvolvimento

4.2.1 Revisão Bibliográfica

A era dos fungicidas, iniciada em 1885 com a descoberta da calda bordalesa, é caracterizada pelo desenvolvimento de produtos com os mais diferentes mecanismos de ação e níveis de sistemicidade (KIMATI, 1995; HEWIT, 1998; RUSSEL, 2005; REIS et al., 2007; KRÄMER; SCHIRMER, 2007).

Os fungicidas fluazinam, zoxamida, ciazofamida e ametotradina são produtos de contato e apresentam modo ação definido. Fluazinam e zoxamida apresentam ação sobre *P. infestans* e *Alternaria solani*, enquanto que ciazofamida e ametotradina são específicos para oomicetos. O fluazinam, pertence à classe das dinitroanilina, apresenta excelente ação protetora, bom efeito residual e resistência à chuva (KOMYOJI et al., 1995). Atua inibindo a germinação de esporângios e conídios, a formação de apressórios, a penetração, o crescimento de hifas e a esporulação. O fluazinam inibe a respiração desacoplando a fosforilação oxidativa na célula fúngica. Apresenta baixo risco de selecionar patógenos resistentes, e possui baixa toxicidade

(WHITTINGHAM, 2007). A zoxamida, pertencente à classe das benzamidas é altamente efetivo no controle de oomicetos em batata, videira e hortícolas em geral. Atua sobre a tubulina, desestabilizando os microtúbulos, impedindo assim, a divisão celular. Apresenta também ação sobre gêneros *Alternaria*, *Venturia*, *Sclerotium*, *Mycosphaerella*, *Botrytis* e *Monilinia* (EGAN et al., 1998). Zoxamida inibe o alongamento do tubo germinativo, o crescimento micelial, e impede a formação adequada de esporângios e zoósporos, no entanto, não afeta diretamente a mobilidade dos zoósporos, o encistamento ou a germinação. Zoxamida possui ação residual e tenacidade elevadas (YOUNG, 2007). O fungicida ciazofamida possui ação específica sobre oomicetos e atua inibindo todos os estágios do ciclo de vida de *P. infestans*. Segundo Sauter (2007) ciazofamida inibe a respiração no complexo III, citocromo bc1 no sítio Qi (QiI – inibidor interno da quinona), apresenta ação protetora e considerável resistência à chuvas. Ametoctradina pertence à nova classe das pirimidilaminas e caracteriza-se por apresentar alta eficácia no controle preventivo da requeima e míldios em várias culturas (KLAPPACH; WALKER, 2010). Ametoctradina inibe especificamente a respiração no complexo III citocromo bc1, porém em um sítio ainda desconhecido. Caracteriza-se por atuar sobre a formação, liberação, motilidade de zoósporos e germinação de cistos. O fungicida apresenta ainda alta afinidade com as ceras superficiais das plantas, permitindo que o mesmo tenha uma considerável resistência às precipitações e maior efeito residual (GOLD et al., 2009; REIMANN et al., 2010a).

A partir da década de 1970 iniciou-se o desenvolvimento de fungicidas com diferentes níveis de sistemicidade, podendo esses ser classificados em: mesostêmicos, translaminares e sistêmicos (HEWITT 1998; RUSSEL et al., 2005; REIS et al., 2007). Para o controle conjunto da requeima e pinta preta destaca-se principalmente as **estrobilurinas** (piraclostrobina, azoxistrobina, picoxistrobina), **oxazolidinadionas** (famoxadona) e imidazolinonas (fenamidona), enquanto que os produtos à base de **dicarboximidas** (iprodiona), **carboximidas** (boscalida), **triazóis** (tebuconazol, difenocanazol, metconazol, flutriafol) e **anilinopirimidinas** (ciprodinil e pirimetanil) controlam apenas a pinta preta. As **acilalaninas** (mefenoxam), **cianoacetamidas** (cimoxanil), **amidas do ácido carboxílico** (dimetomorfe, bentiavalicarbe, mandipropamida), **piridinilmetilbenzamidas** (fluopicolida), e os **carbamatos** (propamocarbe), por sua vez, são específicos para a requeima.

As estrobilurinas, oxazolidinedionas e imidazolinonas são inibidores potentes da respiração mitocondrial ao nível do citocromo III, citocromo bc1 no sítio Qo (QoI – inibidor

externo da quinona) (SAUTER, 2007). As estrobilurinas azoxistrobina, trifloxistrobina, piraclostrobina e picoxistrobina são fungicidas que apresentam excelente ação preventiva, curativa e anti-esporulante. Desenvolvidas a partir de compostos naturais, apresentam diferentes níveis de sistemicidade, perfil agro-ecotoxicológico favorável e possuem amplo espectro de ação sobre fungos e oomicetos (CLOUGH; GODFREY, 1998; BARTLETT et al., 2001). Possuem elevada eficácia no controle da pinta preta e da requeima, todavia no Brasil, apenas piraclostrobina em mistura com metiram, é registrada para o controle da requeima da batata. A famoxadona, pertence à classe das oxazolidinedionas, pode ser encontrada em mistura com mancozebe ou cimoxanil. Elevada ação biológica, resistência à chuva, baixa sistemicidade e considerável ação residual são características desse fungicida. (ANDRIEU et al., 2000; SAUTER, 2007). As imidazolinonas, representadas pelo fungicida fenamidona, apresentam propriedades similares às estrobilurinas e famoxadona (LACROIX; MERCER, 2001). Famoxadona e fenamidona também apresentam ação simultânea sobre a requeima e a pinta preta.

Pertencente a classe das carboxamidas, o fungicida boscalida inibe a respiração no complexo II, através da inibição da enzima succinato desidrogenase. Possui ação protetora, sistêmica e atua sobre a germinação de esporos, a elongação do tubo germinativo, a formação de apressório, o crescimento micelial e a esporulação (RHEINHEIMER, 2007). Boscalida apresenta ação específica sobre a pinta preta.

O fungicida iprodiona do grupo das dicarboximidas apresenta reconhecida eficácia no controle de *A. solani* nas culturas de batata e tomate. São fungicidas com ação de profundidade e apresentam ação curativa e anti-esporulante (HEWIT, 1998). Apresenta alto risco de selecionar patógenos resistentes (FRAC, 2010).

Os triazóis, típicos inibidores da biossíntese de ergosterol em ascomicetos, basidiomicetos e deuteromicetos, caracterizam-se por serem altamente eficazes no controle da pinta preta da batata. Por atuarem sobre a síntese de ergosterol, não possuem ação sobre oomicetos, pois esses o obtêm diretamente da planta hospedeira. São fungicidas que possuem ação sistêmica, alta atividade protetora, curativa, antiesporulante e eficiência em doses relativamente baixas. Entre os princípios ativos potenciais desse grupo destacam-se: tebuconazol, difenoconazol, metconazol, flutriafol (FORCELINI, 1994; KUCK; VORS, 2007).

Os fungicidas pirimetanil e ciprodinil, pertencentes ao grupo das anilinopirimidinas, representam opções de controle da pinta preta com modo distinto de ação. O pirimetanil inibe a

secreção de proteínas e enzimas associadas com a patogênese e o ciprodinil atua inibindo a síntese de aminoácidos (GISI; MÜLLER, 2007).

O fungicida mefenoxam (metalaxil-M), isômero mais ativo do metalaxil, pertence à classe das acilalaninas e representa um marco histórico no controle de oomicetos (MÜLLER; GISI, 2007). Mefenoxam inibe a síntese de RNA ribossômico resultando no colapso da síntese de proteína. As acilalaninas são eficazes em inibir as fases do processo infeccioso após a formação do haustório primário (penetração, colonização, esporulação), sem atuar nas demais. Mefenoxam possui alta e rápida sistemicidade acropetal, ação protetora e curativa e alta persistência nos tecidos, podendo ser recomendado para proteção de parte aérea, sistema radicular e tramento de sementes, bulbos e tubérculos (SINGH; PUNDHIR, 2004).

A acetamida cimoxanil também é um fungicida clássico no controle de oomicetos pertencentes aos gêneros *Phytophthora*, *Plasmopara* e *Peronospora* em hortaliças e plantas frutíferas (HILLEBRAND; ZUNDEL, 2007). Cimoxanil penetra rapidamente nas folhas tratadas, apresentando significativa ação de protetora, curativa e antiesporulante. Apresenta baixa ação residual devido a sua rápida degradação, o que torna necessário o seu uso em mistura com outros fungicidas como mancozebe, famoxadona e zoxamida (HEWIT, 1998; ANDRIEU et al., 2000).

As amidas do ácido carboxílico representadas pelos grupos químicos das amidas do ácido cinâmico (dimetomorfe), as valinamidas (bentiavalicarbe) e mandelamidas (mandipropamida) são fungicidas altamente eficazes no controle da requeima da batata (GISI et al., 2007). Possuem diferentes níveis de ação translaminar, podendo atuar como protetores, curativos e anti-esporulantes (HOFMAN; VAN OUDHEUSEN, 2004; THOMPSON; COOKE, 2009). São fungicidas que inibem fortemente a germinação de esporângios e zoósporos e são capazes de deformar tubos germinativos. Não atuam sobre a liberação de zoósporos dos esporângios e o encistamento, porém são inibidores potentes do crescimento micelial (COHEN; GISI, 2007). Caracterizam-se por paralisar a biossíntese de fosfolipídios e a deposição da parede celular.

Fluopicolida é um fungicida recém introduzido no mercado brasileiro. Pertencente a nova classe das piridinilmetilbenzamidas, esse interfere na divisão celular modificando a distribuição espacial de proteínas espectrinas, relacionadas com a estabilidade e sustentação das membranas celulares de hifas e zoósporos. Os estudos biológicos realizados com *P. infestans* e *Plasmopara viticola* mostraram que fluopicolida afeta a liberação e a motilidade de zoósporos, a germinação de cistos, o crescimento micelial e a esporulação (TOQUIN et al., 2007). O novo modo de ação

de fluopicolida não demonstra resistência cruzada com outras importantes classes de fungicidas como as fenilamidas, estrobilurinas (QoIs) e amidas de ácido carboxílico (FRAC, 2010).

Propamocarbe, pertencente à classe dos carbamatos, caracteriza-se por controlar especificamente oomicetos. Atua alterando a permeabilidade da membrana celular e permite o efluxo de constituintes celulares importantes como fosfatos, carboidratos e proteínas. As propriedades sistêmicas de propamocarbe e o médio a baixo risco de selecionar raças resistentes tem permitido que esse seja utilizado em misturas com fungicidas específicos como fluopicolida e fenamidona (HEWIT, 1998).

No Brasil, a cultura da batata conta com 20 ingredientes ativos registrados para o controle da requeima e 25 para a pinta preta. Esses são formulados isolados ou em misturas e dão origem a 104 e 114 produtos comerciais, respectivamente (AGROFIT, 2010).

4.2.2 Material e Métodos

4.2.2.1 Experimentos 1 e 2 Ação de fungicidas no controle da requeima e pinta preta da batata e seus reflexos sobre a produtividade e a qualidade de tubérculos

Dois experimentos foram conduzidos em cultivo comercial de batata (Pilar do Sul - SP), nos períodos de abril a junho/2008 e outubro a dezembro de 2008, respectivamente.

No experimento 1, os fungicidas (kg ou L de p.f. ha⁻¹) testados para requeima foram: piraclostrobina+metiram (1,5), dimetomorfe+clorotalonil (0,45+1,5), dimetomorfe+mancozebe (0,45+3,0), dimetomorfe+ametoctradina (1,0), mandipropamida (0,4), mandipropamida+clorotalonil (2,0), mefenoxam+mancozebe (2,5), mefenoxam+clorotalonil (1,5), cimoxanil+mancozebe (2,0), cimoxanil+zoxamida (0,4), bentiavalicarbe+fluazinam (0,7), famoxadona+cimoxanil (0,6), famoxadona+mancozebe (1,6), famoxadona+cimoxanil+mancozebe (0,6+3,0), fenamidona (0,3), fenamidona+propamocarbe (2,0), fluopicolida+propamocarbe (2,0), propamocarbe (1,25), ametoctradina+metiram (2,0) ciazofamida (0,25) e fluazinam (1,0).

No experimento 2, os fungicidas testados para pinta preta (kg ou L de p.f. ha⁻¹) foram: picoxistrobina (0,25), azoxistrobina (0,08), azoxistrobina+difenoconazol (0,75), piraclostrobina+metiram (1,5), piraclostrobina+metconazol (0,6), trifloxistrobina+tebuconazol (0,75), tebuconazol (1,0), difenoconazol (0,3), flutriafol (0,75), metconazol (1,0), boscalida (0,10), boscalida+piraclostrobina (0,25), famoxadona+mancozebe (1,6), iprodiona (1,0), pirimetanil (1,0), iprodiona+pirimetanil (0,3+0,5) ciprodinil (0,25), fluazinam (1,0), clorotalonil

(1,5). As características técnicas dos fungicidas testados nos dois experimentos encontram-se descritas nos Anexos, item 3, tabelas 1 e 2.

Nos experimentos 1 e 2 foram utilizadas as cultivares Agata e Monalisa, respectivamente (Anexos, item 1.3).

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso com quatro repetições, sendo que cada parcela foi composta por 25 m².

As pulverizações foram realizadas de forma preventiva, sendo iniciadas aos 30 e 42 dias após a emergência (DAE). Para tanto, foi utilizado um pulverizador costal pressurizado a CO₂, munido de barra de aplicação e pressão constante de 3 Bar regulado de forma a proporcionar cobertura adequada do alvo. A barra de aplicação continha cinco bicos cônicos do tipo TXKV26, espaçados de 0,5 m, sendo a distância entre a barra e o alvo durante a aplicação de aproximadamente 0,5 m. O volume de aplicação variou de 300 a 500 L ha⁻¹ em função do desenvolvimento da cultura. Foram realizadas cinco aplicações a intervalos de 5 a 7 dias no experimento 1 e 4 aplicações a intervalos de 7 a 8 dias no experimento 2. No período pré e pós-aplicação dos tratamentos foram realizadas três aplicações clorotalonil (1,5 kg de p.c. ha⁻¹) nos dois experimentos. No decorrer dos experimentos foram adotados todos os tratos culturais recomendados para o cultivo da batata.

No experimento 1, as características avaliadas foram: a) Severidade em folhas: a porcentagem de área foliar afetada pela requeima a partir dos primeiros sintomas (0 a 100%) foi avaliada com a escala proposta por Cruikshank, Stewart e Wastie (1982) (Anexos, item 2 - Figura 3). Foram realizadas sete avaliações em cada experimento a intervalos de cinco dias, considerando todas as plantas dos 15 m² centrais de cada parcela. b) Área abaixo da curva de progresso da requeima (AACPR). Os valores obtidos ao longo das avaliações de severidade foram utilizados para calcular a área abaixo da curva do progresso da requeima (AACPR) conforme proposto por Shaner e Finney (1977). Os valores da AACPR foram padronizados dividindo-se cada valor pelo número de dias da epidemia. c) Severidade em haste: foi avaliada através de uma escala de notas de 1 a 5, adaptada de Schepers et al. (2007) onde se considerou a porcentagem de haste coberta por lesões onde: 1- ausência de sintomas; 2- 0,1 a 5 %; 3-5, 1 a 10 %; 4-10, 1 a 15%; 5- lesões acima de 15% ou morte do ponteiro.

No experimento 2, a severidade da pinta preta em folhas foi avaliada através de uma adaptação da escala proposta por Reifschneider, Furumoto e Filgueira (1984) (Anexos, Item 2,

Figura 2). Foram avaliadas 25 folhas escolhidas ao acaso nos terços médio e inferior de plantas localizadas nos 15 m² centrais de cada parcela. Foram realizadas sete avaliações a intervalos de sete dias. O cálculo da área abaixo da curva de progresso da pinta preta foi realizado de forma semelhante ao realizado para requeima.

As variáveis referentes a produção de tubérculos nos experimentos 1 e 2 foram: produtividade total (kg 10m²⁻¹), produtividade comercial (kg 10m²⁻¹) e classificação de tubérculos por tamanho (maior diâmetro transversal em milímetros (mm) onde: Classe I - > 70 mm; Classe II - > 42 até 70 mm; Classe III - > 33 até 42 mm; IV - > 28 até 33 mm.

Os dados foram submetidos à análise da variância, aplicando-se o teste Tukey a 5% de probabilidade para a comparação das médias.

4.2.3 Resultados e Discussão

No experimento 1, a ocorrência de condições climáticas favoráveis aliadas à suscetibilidade da cultivar Agata favoreceu o aparecimento da requeima e o seu rápido desenvolvimento nas parcelas testemunhas (Tabela 1). Os primeiros sintomas da doença e a destruição completa da parte aérea das plantas nas parcelas testemunhas foram observados aos 40 e 65 DAE, respectivamente.

Todos os fungicidas adiaram o aparecimento da requeima. As plantas tratadas com dimetomorfe+mancozebe, fluazinam, mefenoxam+mancozebe, cimoxanil+mancozebe, famoxadona+mancozebe apresentaram os primeiros sintomas da doença aos 45 DAE, enquanto que piraclostrobina+metiram, dimetomorfe+clorotalonil, mefenoxam+clorotalonil, propamocarbe, famoxadona+cimoxanil, famoxadona+cimoxanil+mancozebe, ciazofamida, fenamidona, fenamidona+propamocarbe e cimoxanil+zoxamida aos 50 DAE. Nos demais tratamentos a requeima foi observada a partir dos 55 DAE. As curvas de progresso da requeima baseada na severidade e dias após o início dos primeiros sintomas reflete graficamente o avanço da mesma através do tempo (Figura 1).

Os menores níveis de severidade e progresso da requeima foram observadas nas parcelas tratadas com mandipropamida+clorotalonil, fluopicolida+propamocarbe, dimetomorfe+ametotradina, mandipropamida, fenamidona+propamocarbe, bentiavalicarbe+fluazinam, seguidos de dimetomorfe+clorotalonil, mefenoxam+clorotalonil e famoxadona+cimoxanil+mancozebe. Fenamidona, famoxadona+cimoxanil, zoxamida+cimoxanil,

piraclostrobina+metiram, dimetomorfe+mancozebe, propamocarbe, ciazofamida, ametoctradina+metiram, mefenoxam+mancozebe, seguidos de cimoxanil+mancozebe apresentaram comportamento intermediário, enquanto que famoxadona+mancozebe e fluazinam foram os menos eficientes (Figuras 2 e 3). Os valores da área abaixo da curva de progresso da requeima (AACPPP) variaram de 2,18 a 63,45.

Em hastes, os menores níveis de requeima foram observados nas parcelas tratadas com mandipropamida+clorotalonil, fluopicolida+propamocarbe, dimetomorfe+ametoctradina, mandipropamida, fenamidona+propamocarbe, bentiavalicarbe+fluazinam, dimetomorfe+clorotalonil, mefenoxam+clorotalonil, famoxadona+cimoxanil+mancozebe seguidos de piraclostrobina+metiram, ametoctradina+metiram, mefenoxam+mancozebe, cimoxanil+zoxamida, fenamidona, propamocarbe e ciazofamida (Tabela 1). Fluazinam foi o menos eficiente em reduzir a doença em haste, enquanto que os demais foram intermediários.

A variação na severidade e evolução da requeima proporcionada pelos fungicidas, em relação à testemunha, foi determinante sobre a produtividade total, comercial e classificação de tubérculos (Tabelas 1 e 2). A doença reduziu sensivelmente a produtividade total nas parcelas testemunhas e promoveu queda de 35% na quantidade de tubérculos comercializáveis. As parcelas tratadas com fungicidas apresentaram reduções que variaram de 3,50 a 12 %, o que evidenciou que o uso de fungicidas foi significativo para a obtenção de produções comerciais superiores. Fluopicolida+propamocarbe promoveu a maior produtividade total, sendo superior a fluazinam, cimoxanil+mancozebe, mefenoxam+mancozebe, dimetomorfe+mancozebe e semelhante aos demais. Mandipropamida+clorotalonil e fluopicolida+propamocarbe proporcionaram as maiores produtividades comerciais, sendo esses superiores a mefenoxam+mancozebe, famoxadona+mancozebe, cimoxanil+mancozebe e fluazinam e semelhantes aos tratamentos restantes. Quanto à classificação, observou-se que as parcelas tratadas com fungicidas apresentaram maiores quantidades de tubérculos das classes I, enquanto que na testemunha prevaleceram as classes II, III e IV (Figura 4). A maior quantidade de tubérculos da classe I foi obtida com fluopicolida+propamocarbe, sendo essa superior às obtidas com dimetomorfe+mancozebe, ametoctradina+metiram, mefenoxam+mancozebe, cimoxanil+mancozebe, cimoxanil+zoxamida, bentiavalicarbe+fluazinam, famoxadona+cimoxanil, famoxadona+mancozebe, famoxadona+cimoxanil+mancozebe, fenamidona, propamocarbe, ciazofamida, fluazinam e semelhante às demais. Famoxadona+cimoxanil+mancozebe

Tabela 1 - Severidade em folhas, haste, área abaixo da curva de progresso da requeima (AACPR) e produtividade total em cultivo de batata (cv. Agata) tratado com fungicidas. Pilar do Sul-SP, abril a junho 2008

Tratamentos	Severidade			AACPR	Produtividade Total (kg.10m ² ⁻¹)
	% de área foliar afetada (65 DAE)	% de controle	Haste (60 DAE)		
testemunha	100,00 a*	-	5,00** a	63,45 a	11,25 e
piraclostrobina+metiram	25,25 cdef	74,75	2,28 defg	8,18 def	27,45 abcd
dimetomorfe+clorotalonil	18,03 fg	81,97	2,10 defgh	6,07 fgh	27,90 abcd
dimetomorfe+mancozebe	26,75 cde	73,30	2,58 cde	10,18 cde	24,38 bcd
dimetomorfe+ametotradina	9,25 h	90,75	1,43 h	2,88 hi	28,75 abcd
ametotradina+metiram	28,05 cde	71,95	2,28 defg	9,35 cdef	26,70 abcd
mandipropamida	11,25 gh	88,75	1,65 gh	2,63 hi	28,93 abc
mandipropamida+clorotalonil	7,85 h	92,15	1,35 h	2,18 i	29,50 ab
mefenoxam+mancozebe	28,75 cd	71,25	2,20 efg	11,03 cd	24,28 bcd
mefenoxam+clorotalonil	19,50 efg	80,50	1,73 fgh	6,15 fgh	26,15 abcd
cimoxanil+mancozebe	32,75 c	67,25	2,73 cd	12,08 c	24,13 bcd
cimoxanil+zoxamida	25,05 def	74,95	2,23 defg	9,20 cdef	25,08 abcd
bentiavalicarbe+fluazinam	12,75 gh	87,25	1,62 gh	3,28 ghi	27,30 abcd
famoxadona+cimoxanil	24,28 def	75,72	2,40 cdef	7,96 def	27,08 abcd
famoxadona+mancozebe	41,25 b	58,75	3,05 bc	16,68 b	23,53 cd
famoxadona+cimoxanil+ mancozebe	20,08 efg	79,92	2,13 defgh	6,45 fgh	29,78 ab
fenamidona	23,75 def	76,25	2,15 efg	7,36 def	25,18 abcd
fenamidona+propamocarbe	12,50 gh	87,50	1,65 gh	3,50 ghi	27,50 abcd
fluopicolida+propamocarbe	8,50 h	91,50	1,48 h	2,25 i	30,68 a
propamocarbe	26,75 cde	73,25	2,18 efg	10,00 cde	25,48 abcd
ciazofamida	27,70 cd	72,30	2,33 defg	9,28 cdef	27,73 abcd
fluazinam	46,50 b	53,50	3,73 b	20,15 b	22,83 d
CV	12,86		10,72	13,26	10,62

*Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Figura 1 - Curvas de progresso da requeima em cultivo de batata (cv. Agata) tratado com fungicidas. Pilar do Sul-SP, abril a junho/2008

promoveu maior quantidade de tubérculos da classe II, sendo superior a dimetomorfe+mancozebe, mefenoxam+mancozebe, cimoxanil+mancozebe, cimoxanil+zoxamida e fenamidona, porém semelhante aos demais. Nas classes III e IV não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos.

Figura 2 - Severidade de requeima em cultivo de batata (cv. Agata) tratado com fungicidas, Pilar do Sul-SP, abril a junho de 2008

Figura 3 - Área abaixo da curva de progresso da requeima (AACPR) em cultivo de batata (cv. Agata) tratadas com fungicidas, Pilar do Sul-SP, abril a junho de 2008

Tabela 2 – Produtividade comercial e classificação e redução de tubérculos comerciais obtidos de plantas de batata (cv. Agata) tratadas com fungicidas. Pilar do Sul – SP, abril a junho de 2008

Tratamentos	Produtividade comercial (kg 10m ² ⁻¹)										Redução de tubérculos comerciais (%)
	Classificação de tubérculos (kg 10m ² ⁻¹)										
	Classe IV		Classe III		Classe III		Classe I				
testemunha	7,53	f	1,95	a AB*	2,85	a AB	3,13	d A	0,93	h B	34,78
piraclostrobina+metiram	26,20	abcd	2,38	a D	4,43	a C	6,68	abc B	13,35	abcd A	4,55
dimetomorfe+clorotalonil	26,68	abcd	1,70	a C	3,50	a C	6,73	abc B	14,45	abc A	4,37
dimetomorfe+mancozebe	22,85	bcde	1,85	a C	3,93	a B	5,25	cd B	12,18	cde A	6,28
dimetomorfe+ametoctradina	28,00	ab	1,35	a D	4,83	a C	7,25	abc B	15,08	ab A	2,37
ametoctradina+metiram	25,05	abcde	2,00	a D	4,28	a C	7,10	abc B	10,45	ef A	6,18
mandipropamida	27,63	abc	2,25	a D	4,75	a C	7,55	abc B	12,98	abcde A	4,46
mandipropamida+clorotalonil	28,88	a	1,83	a D	4,50	a C	8,43	ab B	14,63	abc A	2,43
mefenoxam+mancozebe	22,65	bcde	2,15	a C	3,50	a BC	5,08	cd B	12,48	bcde A	6,70
mefenoxam+clorotalonil	24,83	abcde	2,53	a C	3,88	a C	6,13	abc B	12,83	abcde A	5,05
cimoxanil+mancozebe	22,00	cde	2,28	a C	3,18	a C	5,70	cd B	11,13	de A	8,83
cimoxanil+zoxamida	24,20	abcde	2,03	a C	4,65	a B	6,03	bc B	11,30	def A	3,51
bentiavalicarbe+fluazinam	25,78	abcde	2,15	a C	5,25	a B	6,58	abc B	12,10	cde A	5,57
famoxadona+cimoxanil	25,40	abcde	2,83	a D	4,80	a C	7,15	abc B	10,50	ef A	10,68
famoxadona+mancozebe	20,95	de	2,05	a C	3,23	a C	6,50	abc B	9,28	fg A	10,96
famoxadona+cimoxanil+mancozebe	27,40	abc	2,85	a D	5,25	a C	8,70	a B	11,33	def A	7,99
fenamidona	23,05	abcde	2,13	a C	3,68	a C	5,78	bcd B	11,25	def A	8,46
fenamidona+propamocarbe	26,10	abcd	2,50	a D	4,53	a C	7,00	abc B	12,70	abcde A	5,09
fluopicolida+propamocarbe	28,60	a	1,85	a D	5,38	a C	7,45	abc B	15,38	a A	6,78
propamocarbe	23,56	abcde	1,80	a D	4,15	a C	6,50	abc B	11,08	def A	7,54
ciazofamida	25,75	abcde	2,05	a D	4,30	a C	7,15	abc B	10,68	ef A	7,14
fluazinam	20,05	e	2,00	a B	3,55	a B	6,95	abc A	7,15	g A	12,18
CV (%)	12,05		17,20								

* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Figura 4 - Produtividade comercial e classificação de tubérculos obtidos em plantas de batata (cv. Agata) tratadas com fungicidas, Pilar do Sul-SP, 2008

No experimento 2, a pinta preta atingiu 81% da área foliar aos 87 DAE. Todos os fungicidas testados reduziram significativamente a severidade da pinta preta, com níveis de controle que variaram de 55 a 95 % (Tabela 3).

Os primeiros sintomas da doença foram observados nas parcelas testemunhas, aos 52 DAE. Com exceção de clorotalonil os demais tratamentos retardaram o aparecimento da doença em relação à testemunha. As parcelas tratadas com picoxistrobina, azoxistrobina, tebuconazol, piraclostrobina+metiram, flutriafol, metconazol, ciprodinil famoxadona+mancozebe, boscalida e pirimetanil apresentaram os primeiros sintomas a partir dos 66 DAE, enquanto que iprodiona e fluazinam aos 59 DAE. Os demais tratamentos apresentaram sintomas a partir dos 73 DAE. As curvas de progressos da pinta preta encontram-se representadas na Figura 5.

Azoxistrobina+difenoconazol, picoxistrobina, piraclostrobina+metconazol, trifloxistrobina+tebuconazol, azoxistrobina, boscalida+piraclostrobina, iprodiona+pirimetanil e ciprodinil promoveram as maiores reduções na severidade e progresso da pinta preta. Iprodiona, fluazinam e clorotalonil foram os menos eficazes enquanto que os demais apresentaram comportamento intermediário (Figura 6). Os valores da área abaixo da curva de progresso da pinta preta (AACPPP) variaram de 1,20 a 34,98 (Figura 7).

Tabela 3 – Severidade, área abaixo da curva de progresso da pinta preta (AACPPP) e produtividade total obtida em plantas de batata (cv. Monalisa) tratadas com fungicidas. Pilar do Sul-SP, outubro a dezembro 2008

Tratamentos	Severidade 87 DAE		% de controle	AACPPP		Produtividade total (10m ² · ⁻¹)
picoxistrobina	5,78	ij*	92,88	1,83	ghi	29,70 a
azoxistrobina	7,75	hij	90,46	2,88	efghi	26,95 ab
azoxistrobina+difenoconazol	4,25	j	94,76	1,20	i	29,95 a
piraclostrobina+metiram	14,25	efghi	82,46	5,18	defgh	28,80 ab
piraclostrobina+metconazol	5,75	ij	92,92	1,35	i	27,70 ab
trifloxistrobina+tebuconazol	6,50	ij	92,00	1,50	hi	29,75 a
tebuconazol	20,50	de	74,76	7,35	d	22,75 abc
difenoconazol	18,75	ef	76,92	6,28	def	23,48 ab
flutriafol	15,50	efgh	80,92	5,35	defgh	22,20 abc
metconazol	20,75	cde	74,46	7,15	d	23,40 ab
boscalida	18,25	ef	77,50	6,68	de	28,68 ab
boscalida+piraclostrobina	9,25	ghij	88,62	2,38	fghi	27,80 ab
famoxadona+mancozebe	17,25	efg	78,76	5,58	defg	25,85 ab
iprodiona	29,00	bcd	64,31	12,83	c	22,25 abc
pirimetanil	16,25	efgh	80,00	5,48	defg	22,98 ab
iprodiona+pirimetanil	10,25	fghij	87,38	3,03	efghi	24,73 ab
ciprodinil	12,50	fghij	84,62	4,30	defghi	24,58 ab
fluazinam	29,50	bc	63,69	13,33	c	23,05 ab
clorotalonil	36,75	b	54,76	18,08	b	21,50 bc
testemunha	81,25	a	-	34,98	a	15,58 c
CV (%)	20,64			17,78		12,75

*Médias seguidas de minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Figura 5 - Curvas de progresso da pinta preta em cultivo de batata (cv. Monalisa) tratado com fungicidas. Pilar do Sul-SP, outubro a dezembro de 2008

Figura 6 - Severidade da pinta preta em cultivo de batata (cv. Monalisa) tratado com fungicidas. Pilar do Sul-SP, outubro a dezembro de 2008

Figura 7 - Área abaixo da curva de progresso da pinta preta (AACPPPP) em cultivo de batata (cv. Monalisa) tratado com fungicidas. Pilar do Sul, outubro a dezembro de 2008

A variação na severidade e a evolução da pinta preta proporcionada pelos fungicidas, em relação à testemunha, influenciou a produtividade total, comercial e a classificação de tubérculos (Tabelas 3 e 4). A pinta preta reduziu a produtividade total e promoveu redução de 18% na

quantidade de tubérculos comercializáveis nas parcelas testemunhas. As parcelas tratadas com fungicidas apresentaram reduções que variaram de 3 a 17 %. Tal fato evidencia que o uso de fungicidas promoveu um aumento significativo de tubérculos comerciais para a maioria dos produtos testados. Os maiores níveis de produtividade total foram obtidos com picoxistrobina, azoxistrobina+difenoconazol, trifloxistrobina+tebuconazol, sendo esses superiores a clorotalonil e semelhantes aos demais. As parcelas tratadas com tebuconazol, flutriafol, iprodiona e clorotalonil não diferiram da testemunha para essa característica. Com relação à produtividade comercial de tubérculos, apenas a proporcionada por clorotalonil não diferiu da testemunha (Tabela 4). Azoxistrobina+difenoconazol foi superior aos fungicidas tebuconazol, difenoconazol, flutriafol, metconazol, boscalida, famoxadona+mancozebe, iprodiona, pirimetanil, fluazinam e clorotalonil, porém semelhante aos demais. Todos os fungicidas proporcionaram classificação superior de tubérculos em relação à testemunha (Figura 8). Nas parcelas testemunhas não houve diferenças significativas entre as quatro classes de tubérculos. As maiores quantidades de tubérculos classe I foram obtidas com os fungicidas picoxistrobina, piraclostrobina+metconazol e trifloxistrobina+tebuconazol, sendo estes superiores a iprodiona, pirimetanil, clorotalonil e semelhantes aos demais tratamentos. As maiores produções de tubérculos pertencentes à classe II foram promovidas pelos tratamentos azoxistrobina+difenoconazol, piraclostrobina+metiram e azoxistrobina, sendo os demais semelhantes à testemunha. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos quanto à produção de tubérculos das classes III e IV.

Figura 8 - Produtividade comercial e classificação de tubérculos obtidos em plantas de batata (cv. Monalisa) tratadas com fungicidas, Pilar do Sul-SP, outubro a dezembro de 2008

Os altos potenciais destrutivos da requeima (*P. infestans*) e da pinta preta (*A. solani*) limitaram de forma significativa a produção total, comercial e a qualidade de tubérculos nos dois experimentos. O uso de fungicidas reduziu significativamente as duas doenças nas parcelas tratadas e permitiu que as cvs. Agata e Monalisa pudessem completar o ciclo e expressassem seu potencial produtivo.

De maneira geral, os fungicidas que se destacaram no controle da requeima em folhas também foram efetivos em hastes. O comportamento de produtos em hastes é pouco explorado em nossas condições, porém esse assume relevância quando se considera aspectos como o risco da infecção de tubérculos e o alojamento de oósporos originados de recombinação gênica (MOSA et al., 1991; GEDDENS; SHEPHERD; GENET, 2002).

Tabela 4 - Produtividade comercial e classificação de tubérculos obtidos de plantas de batata (cv. Monalisa) tratadas com fungicidas. Pilar do Sul-SP, outubro a dezembro 2008

Tratamentos	Produtividade comercial (kg 10m ² ⁻¹)										Redução de tubérculos comerciais (%)				
	Classificação de tubérculos														
	Classe IV			Classe III		Classe II		Classe I							
picoxistrobina	27,85	ab	3,25	a	C	5,15	a	BC	7,45	abcd	B	11,68	a	A	6,22
azoxistrobina	25,25	abc	3,03	a	C	5,65	a	BC	7,75	abc	B	10,75	abc	A	6,30
azoxistrobina+difenoconazol	29,68	a	3,85	a	B	6,15	a	B	9,18	a	A	11,00	abc	A	4,10
piraclostrobina+metiram	27,58	ab	3,08	a	C	6,08	a	B	8,88	ab	A	11,60	ab	A	4,23
piraclostrobina+metconazol	25,88	abcde	3,18	a	C	4,33	a	BC	7,05	abcd	B	11,98	a	A	6,57
trifloxistrobina+tebuconazol	27,90	ab	5,00	a	BC	4,13	a	C	7,03	abcd	B	12,10	a	A	6,22
tebuconazol	20,95	cdef	3,08	a	B	4,70	a	B	5,68	abcd	B	8,85	abc	A	7,91
difenoconazol	21,10	bcdef	3,20	a	B	4,85	a	B	5,88	abcd	B	8,75	abc	A	10,14
flutriafol	20,00	bcdef	3,15	a	B	4,72	a	B	5,76	abcd	B	8,63	abc	A	9,91
metconazol	20,05	cdef	3,00	a	B	4,75	a	B	5,62	abcd	B	9,65	abc	A	14,32
boscalida	25,55	abcde	3,30	a	C	4,30	a	BC	7,05	abcd	B	10,85	abc	A	10,91
boscalida+piraclostrobina	26,85	abcd	4,15	a	B	5,68	a	B	6,45	abcd	B	11,38	ab	A	3,42
famoxadona+mancozebe	24,40	abcdef	3,08	a	C	5,20	a	BC	6,58	abcd	B	9,95	abc	A	5,60
iprodiona	19,78	ef	2,63	a	B	3,85	a	B	4,15	cd	B	7,90	bc	A	11,10
pirimetanil	20,83	cdef	3,03	a	B	4,13	a	B	5,15	bcd	AB	7,48	c	A	9,36
iprodiona+pirimetanil	23,40	abcdef	3,02	a	C	5,40	a	BC	6,50	abcd	B	10,25	abc	A	5,38
ciprodinil	23,55	abcdef	2,63	a	B	4,20	a	B	4,88	cd	B	10,30	abc	A	4,19
fluazinam	20,75	cdef	2,68	a	B	3,75	a	B	5,50	abcd	B	8,90	abc	A	9,98
clorotalonil	17,85	fg	2,60	a	B	2,55	a	B	5,33	bcd	A	7,32	c	A	16,98
testemunha	12,75	g	3,33	a	A	3,30	a	A	3,70	d	A	2,65	d	A	18,16
CV(%)	15,52		25,56												

*Médias seguidas de letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A alta eficácia de fluopicolida+propamocarbe no controle da requeima da batata, observada no experimento 1, também foi constatada por Bardsley et al. (2006) que verificaram a superioridade desse, em relação ao dimetomorfe+mancozebe. No Reino Unido, os mesmos autores observaram que fluopicolida+propamocarbe foi superior a fluazinam e ciazofamida no controle da requeima em folhas. Tafforeau et al. (2006) analisando 29 experimentos realizados na Europa nas safras 2002-2004 observaram que fluopicolida+propamocarbe proporcionou excelente proteção da área foliar, sendo superior a dimetomorfe+mancozebe, fluazinam e mancozebe. Schepers et al. (2009) comparando experimentos realizados na Dinamarca, Reino Unido, Holanda e Alemanha nas safras 2006 a 2009 verificaram que fluopicolida+propamocarbe foi um dos fungicidas que mais consistência apresentou na redução do progresso da requeima. Fluopicolida caracteriza-se por apresentar um modo de ação inédito, ao qual ainda não se conhece a ocorrência de resistência (TOQUIN et al., 2007). Tal fato, aliado a características positivas do propamocarbe tem proporcionado elevados níveis de controle da requeima, em folhas, hastes, brotações, tubérculos e ação sobre raças de *P. infestans* resistentes a acilalaninas (LATORSE et al., 2007; COOKE; LITTLE, 2007).

Os consideráveis níveis de controle obtidos para fenamidona nesse estudo também foram verificados por Tofoli, Domingues e Garcia Jr. (2003) ao avaliarem a eficiência de fenamidona isolado e em mistura com clorotalonil e fosetil-Al no controle da requeima do tomate. Características positivas como: eficiência sobre os grupos de compatibilidade A1 e A2 de *P. infestans*, raças resistentes a mefenoxam, bem como, ação sobre a pinta preta tornam fenamidona uma alternativa estratégica no manejo de doenças foliares da batata (JILDERDA et al., 2005; GUDMESTAD; PASCHE, 2007). É importante destacar que fenamidona, pertence à classe das imidazolinonas, atua inibindo a respiração ao nível do citocromo III e apresenta alto risco de ocorrência de resistência. A superioridade de fenamidona+propamocarbe em relação à fenamidona e propamocarbe isolados, observada nesse trabalho pode ser justificada pela somatória de dois modos distintos de ação, diferentes níveis de sistemicidade e maior ação residual da mistura (MAYTON et al., 2001; SAUTER, 2007). Os elevados níveis de controle de fenamidona+propamocarbe observados nesse trabalho concordam com os obtidos por Tafforeau et al. (2009). Esses autores, comparando o resultado de 4 campos experimentais, relataram que fenamidona+propamocarbe promoveu elevado e consistente controle da requeima, sendo semelhante ao fluopicolida+propamocarbe, mandipropamida dimetomorfe+mancozebe e

ciazofamida e superior a fluazinam e zoxamida+mancozebe. Fenamidona+propamocarbe atende ainda à recomendação de se utilizar fungicidas com risco de selecionar raças resistentes em mistura com fungicidas com modo distinto de ação (FRAC, 2010).

A redução significativa do progresso da requeima proporcionada por mandipropamida e mandipropamida+clorotalonil observada nesse estudo também são destacadas por outros autores. Segundo Kappes e Huggenberger (2007) mandipropamida apresentou resultados superiores e mais consistentes que dimetomorfe+mancozebe e ciazofamida quando comparados com cimoxanil+mancozebe e mancozebe. Em experimento realizado em 2006, os mesmos autores verificaram que mandipropamida apresentou a melhor eficácia e manteve as parcelas sadias por mais tempo, em relação ao bentiavalicarbe+mancozebe, zoxamida+mancozebe cimoxanil+mancozebe e mancozebe. Neste experimento fluopicolida+propamocarbe, dimetomorfe+mancozebe e ciazofamida apresentaram também bom nível de controle. Schepers et al. (2009) também verificaram a elevada redução do progresso da requeima na cultura da batata proporcionado por mandipropamida em experimentos realizados na Dinamarca, Holanda, Reino Unido e Alemanha nas safras 2007 a 2009. Cooke e Little (2010) destacam que mandipropamida representa uma alternativa segura para o manejo da requeima em áreas onde prevalecem isolados A2 resistentes a fenilamidas.

O alto potencial de controle de bentiavalicarbe, observado no experimento 1, também é destacado por Hofman e Van Oudheusen (2004). Segundo esses, bentiavalicarbe+mancozebe reduziu consideravelmente a requeima sendo superior a dimetomorfe+mancozebe, fluazinam e mancozebe. Miyake et al. (2005) também observaram elevados níveis de controle de bentiavalicarbe no controle da requeima em campos de tomate e batata. Schepers et al. (2009) analisando vários experimentos comparativos de ação de fungicidas sobre a requeima da batata verificaram que bentiavalicarbe em mistura com mancozebe apresentou elevados níveis de controle na maioria das situações.

As misturas de dimetomorfe com ametoctradina e clorotalonil proporcionaram elevados níveis de controle da requeima, sendo esses sempre semelhantes aos melhores tratamentos, enquanto que a mistura com mancozebe apresentou níveis intermediários de controle. Tal fato deve-se provavelmente à maior tenacidade apresentada por ametoctradina e clorotalonil (GOLD et al., 2009; SUEHI; LATIN, 1991). A superioridade de dimetomorfe+clorotalonil em relação à mistura com mancozebe também foi observada por Canteri et al. (1993). Stein e Kirk (2003), por

sua vez, não observaram diferenças entre as misturas de dimetomorfe com mancozebe e clorotalonil quando estes foram aplicados em programas de forma alternada com clorotalonil. Ametoctradina pertence à nova classe das pirimidilaminas e caracteriza-se por inibir a respiração no complexo III, num sítio ainda desconhecido (GOLD et al., 2009; FRAC, 2010). O modo de ação inédito permite que esse atue sobre raças resistentes de oomicetos a fenilamidas (mefenoxam), QoIs (estrobilurinas, oxazolidinedionas e imidazolinonas), e amidas de ácido carboxílico (dimetomorfe, mandipropamida, bentiavalicarbe), tornando-o uma alternativa para o manejo da resistência em mistura com outros fungicidas. Nesse estudo, ametoctradina em mistura com dimetomorfe proporcionou elevados níveis de controle da requeima e significativos reflexos sobre a produção e qualidade de tubérculos, confirmando os resultados de Reimann et al. (2010b).

Os fungicidas dimetomorfe, mandipropamida e bentiavalicarbe são derivados das amidas do ácido carboxílico e atuam sobre a biosíntese de fosfolipídios e deposição da parede celular. São considerados compostos com baixo a médio risco de resistência e requerem a adoção de manejo para evitar o aparecimento de raças resistentes (MOORE et al., 2008). Apesar de não ser conhecida a ocorrência de raças resistentes de *P. infestans* a esses compostos, essa já foi observada para *Plasmopara viticola* (FRAC, 2010). Por esse motivo, as formulações desses produtos tem sido frequentemente veiculadas em mistura com produtos de contato, como mancozebe, clorotalonil. Cabe destacar que apesar mandipropamida e bentiavalicarbe serem fungicidas recentemente introduzidos no mercado brasileiro, esses não são uma inovação quanto ao mecanismo de ação.

Ciazofamida apresentou comportamento intermediário de controle nos experimentos realizados em Pilar do Sul-SP. Esse resultado está de acordo com os obtidos por Schepers et al. (2009) em campos experimentais realizados na Holanda (safras 2007 e 2008) e Reino Unido (safra 2007), porém diferem dos elevados níveis de controle obtidos por Ebersold (2002) e Mitani et al. (2005) para esse imidazol. A alta suscetibilidade da cultivar Agata e a alta pressão de requeima observada no período pode ter limitado de alguma forma o potencial de controle de ciazofamida nesse experimento.

As misturas famoxadona+cimoxanil+mancozebe, famoxadona+cimoxanil apresentaram níveis intermediários de controle, sendo semelhantes entre si e superiores a famoxadona+mancozebe. As três misturas conjugam três e dois modos de ação sobre

Phytophthora infestans, respectivamente, além de possuírem ação complementar sobre a pinta preta. Os resultados de famoxadona+cimoxanil e famoxadona+cimoxanil+mancozebe observados nesse estudo também foram observados por Kirk et al. (2003), Waldenmaier (2004) e May et al. (2005). De maneira geral, famoxadona+mancozebe apresentou níveis inferiores de controle quando comparado às misturas com cimoxanil. Tal fato pode ser justificado pela menor sistemicidade de famoxadona em relação a cimoxanil e a baixa tenacidade de mancozebe (ANDRIEU et al., 2000; SUEHI; LATIN, 1993).

Semelhantemente, a mistura cimoxanil+zoxamida destacou-se em relação à cimoxanil+mancozebe. A alta capacidade de zoxamida aderir e persistir na superfície foliar justifica a diferença entre as duas misturas (YOUNG, 2007). A zoxamida representa uma alternativa interessante para o manejo de doenças foliares da batata por seu modo distinto de ação, baixo risco de resistência cruzada com mefenoxam, dimetomorfe, cimoxanil, estrobilurinas e ação sobre *A. solani* (BRADSHAW; SCHEPERS, 2001).

Mefenoxam+clorotalonil destacou-se em relação à mefenoxam+mancozebe. Como em outras situações observadas nesse trabalho esse resultado pode ser justificado pela menor tenacidade de mancozebe em relação ao mancozebe (SUEHI; LATIN, 1993). A considerável ação de mefenoxam no controle da requeima observada nesse trabalho também foi constatada por Mantecón (2009) em experimentos conduzidos durante 20 anos na Argentina.

Os níveis intermediários de controle da requeima promovidos por piraclostrobina+metiram também foram observados por Berardi et al. (2005). O desempenho intermediário quanto à ação residual, curativa e resistência a chuva observados nos capítulos 1 e 2, podem justificar os resultados obtidos com essa estrobilurina em campo.

Fluazinam típico fungicida de contato promoveu níveis inferiores de controle quando comparados com fungicidas com características sistêmicas. Schepers et al. (2009) observaram consideráveis níveis de controle para fluazinam em experimentos realizados no Reino Unido nas safras 2007, 2008 e 2009. Nos campos realizados na Holanda (safra 2007) e Alemanha (2009) fluazinam apresentou níveis de controle inferiores como observado em Pilar do Sul-SP. O fluazinam é um fungicida com baixo risco de ocorrência de resistência podendo ser considerado estratégico para ser utilizado em programas de aplicação ou em mistura com fungicidas estratégicos.

O elevado potencial destrutivo da requeima reduziu significativamente a produtividade total, comercial e a qualidade de tubérculos nas testemunhas. A redução da severidade e do progresso da requeima proporcionada pelos fungicidas permitiram que as parcelas tratadas apresentassem maior produtividade comercial e melhor classificação de tubérculos. Os resultados obtidos permitem concluir que o uso de fungicidas em epidemias severas de requeima e pinta preta pode contribuir de forma direta sobre o valor comercial da produção (MANTECÓN, 2009).

Os reflexos positivos do uso de fungicidas sobre a produção de tubérculos observado nesse trabalho também foram constatados para fluopicolida (BARDSLEY et al., 2006; COOKE; LITTLE, 2007; TAFFOREAU et al., 2006), mandipropamida (KAPPES; HUGGENBERGER, 2007); dimetomorfe (HEREMANS; HAESAERT, 2003; STEIN; KIRK, 2003), bentiavalicarbe (HOFMAN; VAN OUDHEUSDEN, 2004), mefenoxam (APPEL et al., 2001, MANTECÓN, 2009), propamocarbe, zoxamida e famoxadona (HEREMANS; HAESAERT, 2003).

De maneira geral, observou-se que os maiores níveis de controle geraram as melhores produções comerciais. Todavia alguns fungicidas como piraclostrobina+metiram, fenamidona, ciazofamida, famoxadona+cimoxanil e propamocarbe apresentaram níveis intermediários de controle, no entanto, não diferiram dos melhores tratamentos quanto à produção comercial de tubérculos. Provavelmente o nível de controle desses fungicidas foi suficiente para que o potencial produtivo da cultivar Agata fosse expresso. Cabe destacar que as parcelas tratadas com piraclostrobina+metiram, no experimento 1, apresentaram produção de tubérculos da classe I semelhante aos melhores tratamentos. Estudos têm provado que algumas estrobilurinas além de atuarem diretamente sobre o patógeno apresentam efeitos secundários altamente benéficos à planta, tais como: a redução da produção de etileno, o aumento da atividade da enzima nitrato-redutase, atraso na senescência, aumento do teor de clorofila e proteínas e reflexos positivos a produção (KÖEHLE et al., 2002; VENANCIO et al., 2003).

As maiores reduções da severidade e progresso da pinta preta foram obtidas com as estrobilurinas (azoxistrobina, piraclostrobina, trifloxistrobina, picoxistrobina) isoladas ou em mistura com triazóis ou boscalida, iprodiona+pirimetanil e ciprodinil. Os triazóis, boscalida e famoxadona+mancozebe e pirimetanil apresentaram comportamento intermediário, enquanto que iprodiona, fluazinam e clorotalonil foram os menos eficientes.

A similaridade de controle entre as estrobilurinas isoladas e suas misturas com triazóis e boscalida, e a superioridade dessas em relação aos triazóis e boscalida isolados, demonstram a

alta capacidade que as estrobilurinas apresentam para controlar *A. solani*. Tal fato pode ser explicado pela alta fungitoxicidade e diferentes níveis de atividade sistêmica que essas apresentam (BARTLETT et al., 2001). Destaca-se ainda, que nesse estudo, o aumento da ação residual e resistência a chuva observada para as misturas de estrobilurinas e triazóis ou boscalida observadas nos capítulos II e III não influenciaram diretamente o controle da doença no campo. Provavelmente a alta concentração de inóculo e as condições altamente favoráveis a doença utilizadas em condições controladas, podem ter contribuído para uma melhor expressão e destaque das misturas em relação ao uso isolado.

Os elevados níveis de controle obtidos para as estrobilurinas obtidos nesse estudo também foram observados na literatura para azoxistrobina (LEIMINGER; HAUSLANDEN, 2008; KUZNETSOVA et al., 2008; HORSFIELD et al., 2010); piraclostrobina e piraclostrobina+boscalida (JILDERDA et al., 2006, MACDONALD et al., 2007; LEIMINGER; HAUSLANDEN, 2009) e trifloxistrobina (LEIMINGER; HAUSLANDEN, 2009).

Famoxadona+mancozebe apresentou níveis intermediários da pinta preta em condições de campo. De maneira geral, o produto apresentou bons níveis de resistência à chuva e ação residual em condições controladas, porém essas foram pouco expressivas no campo, quando comparados a outros fungicidas nas mesmas condições. Tofoli et al. (2003) observaram elevados níveis de controle da pinta preta do tomateiro para essa mistura.

Os triazóis difenoconazol, metconazol, tebuconazol e flutriafol também apresentaram consideráveis níveis de controle da pinta preta da batata, porém quase sempre inferiores às estrobilurinas e as suas misturas com essas. São fungicidas considerados altamente eficazes sobre a pinta preta, sendo considerados padrões de controle a partir da década de 1990. Sistemicidade, ação curativa, bom período residual e resistência às chuvas são características frequentes entre os diferentes representantes dessa classe fungicida (FORCELINI, 1994; KUCK; VORS, 2007). A superioridade de tebuconazol, em relação a produtos de contato, no controle da pinta preta e produtividade também foi observada por Shtienberg et al. (1996). Semelhantemente ao que foi observado nesse trabalho Mantecón (2000) obteve bons níveis de controle de *A. solani* com metconazol, sendo esse superior a iprodiona e semelhante à tebuconazol. Tofoli et al. (2003) obtiveram consideráveis níveis de controle da pinta preta do tomateiro por tebuconazol e difenoconazol.

O fungicida pirimetanil promoveu níveis intermediários de controle da pinta preta. Apesar da mistura iprodiona+pirimetanil não diferir dos melhores tratamentos, essas não promoveu incrementos significativos de controle quando comparada a pirimetanil isolado. A mistura iprodiona+pirimetanil visou associar dois modos distintos de ação para reduzir o risco de resistência, uma vez que iprodiona apresenta alto risco de selecionar raças resistentes de patógenos. O fungicida pirimetanil é caracterizado por possuir importante ação preventiva, curativa e antiesporulante graças a sua ação translaminar característica (GISI; MULLER, 2007)

Os menores níveis de controle observados para fluazinam e clorotalonil podem ser explicados por sua ação típica de contato (WHITTINGHAN, 2007). O baixo risco de selecionar raças resistentes os torna uma opção segura para serem utilizados em misturas ou programas de aplicação (GHINI; KIMATI, 2000).

A redução da pinta preta proporcionada pelos fungicidas refletiu sobre a produção total, comercial e classificação de tubérculos. Como foi observado para requeima, o uso de fungicidas além de aumentar a produtividade comercial reduziu de forma o descarte de tubérculos. Os aumentos de produção obtidos nesse estudo também foram observados para os fungicidas azoxistrobina (BOUWMAN; RIJKERS, 2004; MACDONALD et al., 2007); trifloxistrobina (LEIMINGER; HAUSLADEN, 2009), piraclostrobina (MACDONALD et al., 2007; LEIMINGER; HAUSLADEN, 2009) e tebuconazol (SHTIENBERG et al., 1996).

A especificidade das estrobilurinas e iprodiona torna esses fungicidas vulneráveis a seleção de linhagens resistentes. Apesar do gênero *Alternaria* apresentar baixo risco de ocorrência de resistência a fungicidas, os QoI têm selecionado algumas espécies resistentes a esses fungicidas tais como: *A. solani*, *A. alternata*, *A. arborescens*, *A. mali* e *A. tenuísima* (FRAC, 2010). A ocorrência de resistência de *Alternaria solani* a estrobilurinas é uma realidade nos Estados Unidos (PASCHÉ; WHARAM; GUDMESTAD, 2004; ROSENZWEIG; ATALLAH, 2008; PASCHÉ; GUDMESTAD, 2007). Apesar de não existirem relatos da ocorrência de raças resistentes de *A. solani* a iprodiona, essa já foi observada para *A. dauci* em cenoura (FANCELLI; KIMATI, 1991). O desenvolvimento de misturas conjugando esses fungicidas com produtos com modo distinto de ação tem permitido somar diferentes modos de ação, prolongar a vida útil desses fungicidas e reduzir o risco de ocorrência de resistência (GHINI; KIMATI, 2000; KUCK; GISI, 2007).

4.3 Considerações finais

Os resultados obtidos nesse estudo reforçam o uso de fungicidas como uma medida eficiente para o controle da requeima e pinta preta da batata e obtenção de melhores níveis de produtividade comercial e classificação de tubérculos. Os melhores resultados foram obtidos com os fungicidas sistêmicos, translaminares e com tenacidade inerente. Seletividade, alto potencial protetor, ação rápida, sistemicidade, ação residual, proteção de brotações, resistência à chuva, doses baixas, novos modos de ação, menor risco de resistência e segurança no uso são características que diferenciam os produtos testados e podem direcionar o seu uso em função de variáveis como: suscetibilidade de cultivares, presença ou ausência de doença no campo, pressão de doença, condições meteorológicas favoráveis, custo entre outras.

Referências

- AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos e Fitossanitários**. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 30 nov. 2010.
- ANDRIEU, N.; JAWORSKA, G.; GENET J.; BOMPEIX G. Biological mode of action of Famoxadone on *Plasmopara viticola* and *Phytophthora infestans*. **Crop Protection**, Guildford, v. 20, n. 3, p. 253-260, 2001.
- APPEL, R.; ADLER, N.; HABERMAYER, J. The influence of serial systemic and translaminar spraying regime on development and epidemic of *Phytophthora infestans*. **PPV-Special Report**, Munich, n. 7, p. 165-171, 2001.
- BARDSLEY, E.; WEGENER, M.; TAFFOREAU, S. Field development of infinito for late blight control in potatoes. **Pflanzenschutz Nachrichten Bayer**, Leverkusen, v. 59, n. 2/3, p. 281-292, 2006.
- 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**, Cambrige, v. 12, p. 143-148, 2001.
- BERARDI, R.; GIANATI, P.; COLLINA, M.; BRUNELLI, A.; BUGIANI, R.; GENGOTTI, S.; ANTONIACCI, L. Evaluation of the efficacy of different fungicides to control potato and tomato late blight in Italy. **PPO – Special Report**, Wageningen, v. 11, p. 209-216, 2006.
- BOUWMAN, J.J.; RIJKERS, G. The control of *Alternaria solani* (early blight) with azoxystrobin in potatoes. **PPO Special Report**, Wageningen, v. 10, p. 179-188, 2004.

BRADSHAW, N.J.; SCHEPERS, H.T.A.M. Experiences with RH-117281 (zoxamide) – a new fungicide for the control of potato blight. **PPV-Special Report**, Munich, n. 7, p. 173-183, 2001.

CANTERI, M.G.; FURIATTI, R.S.; PERINO, M.A. Efeito de fungicidas aplicados isoladamente ou em mistura no controle da requeima (*Phytophthora infestans*) da batata. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 19, n. 2, p. 195-198, 1993.

CLOUGH, J.M.; GODFREY, C.R.A. The strobilurin fungicides. In: HUTSON, D.; MYAMAMOTO, J. **Fungicidal activity**. Hamburg: John Wiley, 1998. p. 109-147.

COHEN, Y.; COFFEY, M.D. Systemic fungicides and the control of oomycetes. **Annual Review Phytopathology**, Palo Alto, v. 24, p. 311-338, 1986.

COHEN, Y.; GISI, U. Differential activity of carboxylic acid amide fungicides against various developmental stages of *Phytophthora infestans*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 97, n. 10, p. 1274-1283, 2007.

COHEN, Y.; RUBIN, E.; HADAD, T.; GOTLIEB, D.; SIEROTZKI, H.; GISI, U. Sensitivity of *Phytophthora infestans* to mandipropamid and the effect of enforced selection pressure in the field. **Plant Pathology**, Oxford, v. 56, n. 5, p. 836-842, 2007.

COOKE, L.R.; LITTLE, G. Evaluation of fluopicolide-containing formulations for the control of potato late blight in Northern Ireland, 2003-2006. **PPO-Special Report**, Bologna, n. 12, p. 77-85, 2007.

_____. Evaluation of mandipropamid for the control of potato late blight in Northern Ireland. **PPO-Special Report**, Arras, n. 14, p. 109-116, 2010.

CRUICKSHANK, G.; STEWART, H.E.; WASTIE, R.L. An illustrated assessment key for foliage blight of potatoes. **Potato Research**, Wageningen, v. 25, p. 213-214, 1982.

DIAS, J.A.C.; IAMAUTI, M.T. Doenças da batateira (*Solanum tuberosum*). In: KIMATI, H.; AMORIN, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. (Ed.). **Manual de fipatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Ceres, 2005. v. 2, p. 119-142.

EBERSOLD, D. Ranman, the new marathon fungicide. **PPO-Special Report**, Edinburgh, v. 8, p. 225-230, 2002.

EGAN, A.R.; MURRAY, A.; MULLINS, S. Past history and future prospects for fungicides for the control of *Phytophthora infestans* on potatoes. In: DOWLEY, L.J.; BANNON, E.; COOKE, L.R.; KEANE, T.; O'SULLIVAN, E. (Ed.). **Phytophthora infestans 150**. Carlow: Boole Press, 1995. p. 160-170.

FANCELLI, M.I.; KIMATI, H. Occurrence of iprodione resistant strains of *Alternaria dauci*. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 17, p. 135-146, 1991.

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

FRY, W.E. Role of early and late blight suppression in potato pest management. In: ZENDER, G.W.; POWLESON, M.L.; JANSSON, R.K.; RAMAN, K.V. **Advances in potato pest: biology and management**. St. Paul: APS Press, 1994. p. 166-177.

FUNGICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. **FRAC code list**: fungicides sorted by mode of action. Disponível em: <http://www.frac.info/frac/publication/anhang/FRAC_Code_List_2010.pdf>. Acesso: 01 out. 2010.

_____. **FRAC list of plant pathogenic organisms resistant to disease control agents**. Disponível em: <http://www.frac.info/frac/publication/anhang/List_of_resistant_plant_pathogens_Jan/2010.pdf>. Acesso em: 01 out. 2010.

GEDDENS, R.; SHEPHERD, C.; GENET, J. Stems lesions of potato late blight: biological features and fungicidal control of early-season infections. **PPO-Special Report**, Edinburgh, v. 8, p. 145-154, 2002.

GHINI, R.; KIMATI, H. **Resistência de fungos a fungicidas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 78 p.

GISI, U.; MÜLLER, U. Anilinopyrimidines: methionine biosynthesis inhibitors. In: KRÄMER, W.; SCHIRMER, U. (Ed.). **Modern crop protection compounds**. Berlin: Verlag, 2007. v. 2, p. 551-560.

GISI, U.; LAMBERTH, C., MEHL, A.; SEITZ, T. Carboxylic Acid Amide (CAA) fungicides. In: KRÄMER, W.; SCHIRMER, U. (Ed.). **Modern crop protection compounds**. Berlin: Verlag, 2007. v. 2, p. 651-674.

GOLD, R.; SCHERER, M.; RETHER J.; SPEAKMAN J.; NAVÉ, B.; LEVY T.; STORER R.; MARRIS, D. Initium®: an innovative fungicide of a new chemical class for the control of oomycetes. In: BCPC CONGRESS, 2009, Glasgow. **Proceedings...** Glasgow: BCPC, 2009. p. 1-6.

GUDMESTAD, N.C.; PASCHE J.S. Role of fenamidone in the management of potato early blight. **PPO-Special Report**, Bologna, v. 12, p. 175-182, 2007.

HEREMANS, B.; HAESAERT, G. Effects of selected commercial fungicides on late blight infection during the potato growing season 2003. **Parasitica**, Bruxelles, v. 59, n. 3/4, p. 97-105, 2003.

HEWITT, H.G. **Fungicides in crop protection**. New York: CAB International, 1998. 221 p.

HILLEBRAND, S.; ZUNDEL, J.L. Newer fungicides with unknown mode of action. In: KRÄMER, W.; SCHIRMER, U. (Ed.). **Modern crop protection compounds**. Berlin: Verlag, 2007. v. 2, p. 709-726.

HOFMAN, T.W.; VAN OUDHEUSEN, Z. New fungicide benthiavalicarb-isopropil +mancozebe for foliar use in potatoes in Europe. **PPO-Special Report**, Jersey, n. 10, p. 125-130, 2004.

HORSFIELD, A.; WICKS, T.; DAVIES, K.; WILSON, D.; PATON S. Effect of fungicide use strategies on the control of early blight (*Alternaria solani*) and potato yield. **Australasian Plant Pathology**, Clayton, v. 39, n.1, p. 368–375, 2010.

HUGGENBERGER, F.; KNAUF-BEITER, G. Mandipropamid a new fungicides for the control of late blight in potatoes. **PPO-Special Report**, Bologna, v. 12, p. 67-76, 2007.

JILDERDA, K.; KRUTS M.; SCHOLTENS R.; JACOBS K.; SINNEMA T. Signum, a novel fungicide for the control of *Alternaria* spp in potatoes. **PPO-Special Report**, Tallin, v.11, p. 69–75, 2006.

KAPPES, E.M.; HUGGENBERGER, F. Revus - Field performance and product recommendations against late blight in potatoes in Europe. **PPO-Special report**, Bologna, v. 12, p. 121-128, 2007.

KIMATI, H. Controle químico. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Ceres, 1995. v. 1, p. 692-709.

KIRK, W.W.; SCHAFER, R.I.; BERRY D. Evaluation of TANOS, FAMOXATE and CURZATE programs for potato late blight and *Alternaria* spp. Control, 2002. **F & N Tests**, St. Paul, v. 58, p. 104, 2003.

KLAPPACH, K.; WALKER, K. Ametoctradin: a new Oomycete specific fungicide. **Phytopathology**, St Paul, v. 100, p. 63, 2010.

KÖEHLE, H.; GROSSMANN, K.; ABS, T.; GERHARD, M.; KAISER, W.; GLAAB, J.; CONRATH, U.; SEEHAUS, K.; HERMS, S. Physiological effects of the strobilurin fungicide F 500 on plants. In: DEHNE, H.W.; GISI, U.; KUCK, K.H.; RUSSELL, P.E.; LYR, H. (Ed.). **Modern fungicides and antifungal compounds III**. Bonn: AgroConcept GmbH, 2002. S61-74.

KOMYOJI, T.; SUGIMOTO, K.; MITANI, S.; MATSUO, N.; KAZUMI, S. Biological properties of a new fungicide, fluazinam. **Journal Pesticide Science**, Tokyo, v. 20, p. 129-135, 1995.

KRÄMER, W.; SCHIRMER, U. (Ed.). **Modern crop protection compounds**. Berlin: Verlag, 2007. v. 2, 750 p.

KUCK, K.H.; GISI, U. FRAC: mode of action classification and resistance risk. In: KRÄMER, W.; SCHIRMER, U. (Ed.). **Modern crop protection compounds**. Berlin: Verlag, 2007. v. 2, p. 415-432.

KUCK, K.H.; VORS, J.P. Sterol biosynthesis inhibitors. In: KRÄMER, W.; SCHIRMER, U. (Ed.). **Modern crop protection compounds**. Berlin: Verlag, 2007. v. 2, p. 605-650.

KUZNETSOVA, M.A.; SPIGLAZOVA, S.Y.; SMETANINA, T.I.; KOZLOVSKY, B.E.; DERENKO, T.A.; FILIPPOV, A.V. Effect of Quadris applied as an in-furrow spray against the late blight and early blight on a potato foliage. **PPO-Special Report**, Hamar, v. 13, p. 275-280, 2009.

LACROIX, G.; MERCER, R. **Fungicide fenomen**. Lyon: Aventis CropScience, 2001. 35 p. (Technical Bulletin).

LATORSE, M.P.; JARRY, F.; MERCIER, V.; VELOSO, S. Tuber blight control: effect of foliar applied fungicides such as Infinito on viability of sporangia of *Phytophthora infestans*. **PPO-Special Report**, Bologna, v. 12, p. 37- 47, 2007.

LEIMINGER, J.; HAUSLADEN, H. Efficacy of different fungicides for the control of early blight. **PPO-Special Report**, Hamar, v. 13, p. 123-126, 2009.

MACDONALD, W.; PETERS, R.D.; COFFIN, R.H.; LACROIX, C. Effect of strobilurin fungicides on control of early blight (*Alternaria solani*) and yield of potatoes grown under two N fertility regimes. **Phytoprotection**, Quebec, v. 88, n. 1, p. 9-15, 2007.

MANTECÓN, J.D. Management of potato early blight with systemic and non systemic fungicides, 1999. **F & N Tests**, St. Paul, v. 55, p. 212-213, 2000.

_____. Importance of potato late blight in Argentina, and the effect of fungicide treatments on yield increments over twenty years. **Ciencia e Investigación Agraria**, Santiago, v. 36, n. 1, p. 115-122, 2009.

MAY, S.R.; CRIST, B.J.; PECK, M.W. Fungicidal control of late blight on potato, 2004. **F & N Tests**, St Paul, v. 60, p. 84, 2005.

MAYTON, H.; FORBES, G. A.; MIZUBUTI, E.S.G.; FRY, W.E. The roles of three fungicides in the epidemiology of potato late blight. **Plant Disease**, St Paul, v. 85, p. 1006-1012, 2001.

MITAME, S.; KAMACHI, K.; SUGIMOTO, K. Controle of potato late blight by ciazofamid. **Journal of Pesticide Science**, Tokyo, v. 30, n. 2, p. 116-119, 2005.

MIYAKE, Y.; SAKAI, J.; SHIBATA, M.; YONEKURA, N.; MIURA, I.; KUMAKURA, K.; NAGAYAMA, K. Fungicidal activity of Benthiavalicarb-isopropyl against *Phytophthora infestans* and its controlling activity against late blight diseases. **Journal Pesticide Science**, Tokyo, v. 30, n. 4, p. 390-396, 2005.

MIZUBUTI, E.S.G. Requeima ou mela da batata e tomate. In: LUZ, E.D.M.N.; SANTOS, A.F.; MATSUOKA, K.; BEZERRA, J.L. **Doenças causadas por *Phytophthora* no Brasil**. Campinas: Livraria Rural, 2001. p. 100-173.

MIZUBUTI, E.S.G.; FRY, W.E. Potato late blight. In: COOKE, B.M.; JONES, D.G.; KAYE, B. **The epidemiology of plant diseases**. Amsterdam: Springer, 2006. p. 445-471.

MOORE, M.S.; FOLLAS, G.B.; HAGERTY, G.C.; BERESFORD, R.M. Carboxylic acid amide fungicide resistance prevention strategy. **New Zealand Plant Protection**, Christchurch, v. 61, p. 134-136, 2008.

MOSA, A.A.; KOBAYASHI, K.; OGOSHI, A.; KATO, M.; SATO, N. Formation of oospores by *Phytophthora infestans* in inoculated potato tissues. **Annals of the Phytopathological Society of Japan**, Tokyo, v. 57, p. 334-338, 1991.

MULLER, U.; GISI, U. Newest aspects of nucleic acid synthesis inhibitors – Metalaxyl-M. In: KRÄMER, W.; SCHIRMER, U. (Ed.). **Modern crop protection compounds**. Berlin: Verlag, 2007. v. 2, p. 739-746.

PASCHE, J.S.; GUDMESTAD, N.C. Prevalence and significance of the F129L mutation in *Alternaria solani* from the United States. **PPO-Special Report**, Bologna, v. 12, p. 265-268, 2007.

PASCHE, J.S.; WHARAM, C.M.; GUDMESTAD, N.C. Shift in sensitivity of *Alternaria solani* in response to QoI fungicides. **Plant Disease**, St. Paul, v. 88, p. 181-187, 2004.

REIFSCHNEIDER, F.J.B.; FURUMOTO, O.; FILGUEIRA, F.A.R. Illustrated key for the evaluation of early blight of potatoes. **FAO Plant Protection**, Rome, v. 32, n. 3, p. 91-93, 1984.

REIMANN, S.; JILDERDA, K.; GERBER, M.; TEGGE, V.; KLAPPACH, K. Initium®: a new fungicidal active ingredient for the control of Oomycetes. **PPO-Special Report**, Arras, n. 14, p. 89 – 94, 2010a.

_____. Initium® based products for the control of *Phytophthora infestans* in potatoes. **PPO-Special Report**, Arras, n. 14, p. 95 – 100, 2010b.

REIS, E.M.; REIS A.C.; FORCELINI, C.A. **Manual de fungicidas**: guia para o controle químico de doenças. Passo Fundo: UPF Editora, 2007. 157 p.

RHEINHEIMER, J. Succinate dehydrogenase inhibitors. In: KRÄMER, W.; SCHIRMER, U. (Ed.). **Modern crop protection compounds**. Berlin: Verlag, 2007. v. 2, p. 496-504.

ROSENZWEIG, N.; ATALLAH, Z. K.; OLAYA, G.; STEVENSON, W. R. Evaluation of QoI fungicide application strategies for managing fungicide resistance and potato early blight epidemics in Wisconsin. **Plant Disease**, St. Paul, v. 92, p. 561-568, 2008.

RUSSEL, P.E. A century of fungicides evolution. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 143, p. 11-25, 2005.

SAUTER, H. Strobilurins and other complex III Inhibitors. In: KRÄMER, W.; SCHIRMER, U. (Ed.). **Modern crop protection compounds**. Berlin: Verlag, 2007. v. 2, p. 457-495.

SCHEPERS, H.; SPITS, H. **Effectiveness of fungicides against foliage blight caused by *Phytophthora infestans***: euroblight protocol. Disponível em: <<http://www.euroblight.net/EuroBlight.asp>>. Acesso em: 01 out. 2007.

SCHEPERS, H.T.A.M.; BAIN R.; HAUSLADEN, H.; NIELSEN. B.J.; SPITS H.G.; VAN DEN BERG, W.; EVENHUIS, A. Fungicide evaluation to rate efficacy to control leaf late blight for the euroblight table results 2006 – 2009. **Applied Plant Research**, Wageningen, PPO no. 3250082300, 2009. 31 p.

SCHULLER, E.; HABERMEYER, J. First results from an *Alternaria solani* field trial in potatoes. **PPO-Special Report**; Lelystad, v. 8, p. 265-269, 2002.

SHANER, G.; FINNEY, R.E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, St. Paul, v. 67, p. 1051-1056, 1977.

SHTIENBERG, D. Integrated management of early blight and late blight in Israel. **African Crop Science Journal**, Kampala, v. 9, p. 203-207, 2001.

SHTIENBERG, D.; BLACHINSKY, D.; BEN-HADOR, G.; DINOOR, A. Effects of growing season and fungicide type on the development of *Alternaria solani* and on potato yield. **Plant Disease**, St. Paul, v. 80, p. 994-998, 1996.

SINGH, R.P.; PUNDHIR, V.S. Uptake, translocation and persistence of metalaxyl in potato. **Journal of Mycology and Plant Pathology**, Udaipur, v. 34, n. 1, p. 93-95, 2004.

STEIN, J.M.; KIRK, W.W. Field optimization of dimetomorph for the control of potato late blight *Phytophthora infestans*: application rate, interval, and mixtures. **Crop Protection**, Guildford, v. 22, p. 609-614, 2003.

STEVENSON, R; LORIA, R.; FRANC, G.D.; WEINGARTNER, D.P. **Compendium of potato diseases**. St. Paul: APS, 2001. 134 p.

STEVENSON, W.; KIRK, W.; ATALLAH, Z.K. Managing foliar disease: early blight, late blight and white mold. In: JOHNSON, D.A. (Ed.). **Potato health management**. St. Paul: APS, 2008. p. 209-222.

SUEHI, B.; LATIN, C. Retention of fungicides for control of alternaria leaf spot of muskmelon under greenhouse conditions. **Plant Disease**, St. Paul, v. 75, p. 1013-1015, 1991.

TAFFOREAU, S.; LATORSE, M.P.; JUHL, O.; BARDSLEY, E. Consento: new experiences on the control of late blight 2007-2008. A summary of recent data with Consento in Europe. **PPO-Special Report**, Hamar, v. 13, p. 135-142, 2009.

TAFFOREAU, S.; BARDSLEY, E.; LATORSE, M.P.; FABRÈGES, C.; SCHIRRINGS, A.; WEGMANN, T. Infinito: profile of a novel potato late blight fungicides. Summary of three years of development trials in Europe. **PPO-Special Report**, Tallinn, v. 11, p. 77-88, 2006.

THOMPSON, J.M.; COOKE, L.R. The effect of mandipropamid on infection of potato leaves by *Phytophthora infestans*: an SEM study. **PPO-Special Report**, Hamar, v.13, p. 229-236, 2009.

TOFOLI, J.G. Batata: queima interrompida. **Cultivar HF**, Pelotas, v. 37, p. 10–13, 2006.

TOFOLI, J.G.; DOMINGUES R.J.; GARCIA JR., O. Controle da requeima do tomateiro com fungicidas e seus reflexos na produção. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 70, n. 4, p. 473-482, 2003.

TOFOLI, J.G.; DOMINGUES, R.J.; GARCIA JR., O.; KUROSZAWA, C. Controle da pinta preta do tomateiro por fungicidas e seus impactos na produção. **Summa Phytopatológica**, Botucatu, v. 29, n. 3, p. 225-233, 2003.

TOQUIN, V.; BARJA, F.; SIRVEN, C.; BEFFA, R. Fluopicolide a new anti-oomycetes fungicides with a new mode of action inducing perturbation of a spectrin like protein. In: KRÄMER, W.; SCHIRMER, U. (Ed.). **Modern crop protection compounds**. Berlin: Verlag, 2007. v. 2, p. 675-682.

VAN DER WAALS, J.E.; KORSTEN L.; AVELING, T.A.S. A review of early blight of potato. **African Plant Protection**, Queenswood, v. 7, p. 91-102, 2001.

VENANCIO, W.S.; RODRIGUES, M.A.T.; BEGLIOMINI, E.; SOUZA N.L. Efeitos fisiológicos de fungicidas do grupo das estrobilurinas sobre plantas. **UEPG Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, v. 9, n. 3, p. 59-68, 2003.

WALDENMAIER, C.M. Evaluation of fungicides for management of late blight in white potato. **F & N Tests**, St Paul, v. 59, p. 83, 2004.

WALE, S.; PLATT, H.W.; CATTILIN, N. **Disease pests and disorders of potatoes**. Amsterdam: Elsevier, 2008. 179 p.

WHITTINGHAM, W.G. Uncouplers of oxidative phosphorylation. In: KRÄMER, W.; SCHIRMER, U. (Ed.). **Modern crop protection compounds**. Berlin: Verlag, 2007. v. 2, p. 505-527.

YOUNG, D.H. Zoxamide, an antitubulin fungicide for control of oomycete pathogens. In: KRÄMER, W.; SCHIRMER, U. (Ed.). **Modern crop protection compounds**. Berlin: Verlag, 2007. v. 2, p. 581-590.

5 AÇÃO DE ACIBENZOLAR-S-METÍLICO E FOSFITO DE POTÁSSIO ISOLADOS, EM MISTURA COM FUNGICIDAS E EM PROGRAMAS DE APLICAÇÃO NO CONTROLE DA REQUEIMA E PINTA PRETA NA CULTURA DA BATATA

Resumo

Visando avaliar a ação de acibenzolar-s-metílico (ASM) e fosfito de potássio, isolados, em mistura com fungicidas e em programas de aplicação no controle da requeima (*Phytophthora infestans*) e ASM nas mesmas condições sobre a pinta preta (*Alternaria solani*) da batata, foram realizados quatro experimentos em cultivo comercial em Pilar do Sul- SP, nas safras 2007, 2008 e 2008/2009. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com 4 repetições, sendo as parcelas de 30 m². Durante o experimento foram realizadas pulverizações, a intervalos de 7 dias com pulverizador costal de pressão constante (3 bar) e volume de aplicação de 300 a 500 L/ha. As características avaliadas foram: severidade e progresso das duas doenças em folhas, severidade de requeima em hastes, produtividade total e comercial de tubérculos. ASM reduziu a severidade da requeima e pinta preta, porém, promoveu aumento da produtividade, apenas no campo de requeima. O fosfito de potássio (FP), por sua vez, reduziu a severidade da requeima, sem, no entanto, influenciar a produtividade. Com exceção de mandipropamida, a adição de ASM à mefenoxam+mancozebe, cimoxanil+mancozebe e mancozebe promoveu aumento do controle da requeima, no entanto, apenas a mistura com mancozebe incrementou a produção. A adição de fosfito de potássio a mandipropamida, mefenoxam+mancozebe, cimoxanil+mancozebe e mancozebe e ASM a azoxistrobina e difenoconazol não promoveu aumento significativo de controle e produção da requeima e pinta preta, respectivamente. Mancozebe e ASM não diferiram quanto à severidade, progresso da pinta preta e produtividade, porém mancozebe+ASM foi superior ao ASM. A adição de ASM a programas de aplicação reduziu a requeima e a pinta preta e incrementou a produção apenas quando adicionados a programas onde prevaleceram fungicidas translaminares e de contato. O fosfito de potássio não influenciou nenhum dos programas testados para requeima.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum*; *Phytophthora infestans*; *Alternaria solani*; Ativador de plantas; Indução de resistência; Acibenzolar-s-metílico; Fosfito de potássio

Abstract

With the aim of evaluating the action of ASM or Pp, alone, mixed with fungicides and in application programs on the control of late blight (*Phytophthora infestans*) and ASM, under same conditions, on the control of early blight (*Alternaria solani*) of potato, 4 experiments were undertaken in a potato field in Pilar do Sul (SP) during 2007, 2008 and 2008/2009 crop seasons. Randomized block designs were used, with 4 replications and parcels of 30 m². Spraying were done at 7-day intervals using coastal sprayer with spray-bar under constant pressure of 3 Bar and application volume of 300 to 500 l per hectare. The following aspects were here evaluated: severity and progress of both diseases on leaves, severity of late blight on stems, total and commercial tuber yield. ASM reduced severity caused by late and early blight, although it has promoted an increase in yield in late blight affected field. Pp, on the other hand, reduced late blight severity, but without influencing the yield. Except for mandipropamid, addition of ASM to

mefenoxam+mancozeb, cymoxanil+mancozeb and mancozeb led to an increase of late blight control, but only the combination with mancozeb increased production. Addition of Pp to mandipropamid, mefenoxam+mancozeb, mancozeb, and ASM to azoxystrobin and difenoconazol did not led to a significant level of either an increase in tuber production or late blight control. Mancozeb and ASM did not differ concerning potato productivity, progress and severity of early blight, but mancozeb+ASM showed to be more efficient than ASM alone. Addition of ASM to application programs reduced late and early blight and increased productivity only when added to programs in which prevailed translaminar and contact fungicides. Pp did not interfere in any tested programs to control late blight.

Keywords: *Solanum tuberosum*; *Phytophthora infestans*; *Alternaria solani*; Plant activators; Resistance inducers; Acibenzolar-s-methyl; Potassium phosphite

5.1 Introdução

Os fungicidas agrícolas representam uma das medidas mais utilizadas e eficazes no controle de doenças de plantas, no entanto, o uso indiscriminado dessa tecnologia pode trazer impactos negativos ao meio ambiente e à saúde humana. A adoção de estratégias alternativas e menos agressivas de controle está entre um dos principais desafios da agricultura do século XXI. Nesse contexto, a indução de resistência caracteriza-se como uma alternativa promissora a ser considerada e incluída em programas de manejo que buscam a sustentabilidade dos agroecossistemas (ROMEIRO, 2008; WALTERS, 2010).

No curso da evolução, as plantas têm desenvolvido uma matriz complexa de mecanismos de resistência a patógenos que envolvem mecanismos capazes de reconhecer o ataque e ativar o sistema de defesa da planta. Assim sendo, para que um patógeno possa parasitar uma planta é necessário que esse neutralize suas reações de defesa. Segundo Leite et al. (1997), o reconhecimento pela planta de um microorganismo como ameaça a sua integridade gera o desencadeamento de respostas celulares que impedirão o processo doença. Isso acontece quando um elicitor se liga a um possível receptor na superfície da célula vegetal e através dele um sinal primário é transmitido para o interior da célula, ativando os mensageiros secundários, que amplificam o sinal e regulam a expressão de genes específicos, determinando o desenvolvimento de interações compatíveis ou incompatíveis.

Em plantas que possuem resistência genética a um determinado patógeno, os mecanismos de defesa são acionados rapidamente e o processo de infecção é interrompido. Nesse caso, a resistência se manifesta através de uma resposta de hipersensibilidade, que resulta na morte celular no sítio de penetração do patógeno. Em plantas suscetíveis o reconhecimento é mais lento,

a ponto do patógeno já estar estabelecido na planta, no momento em que as defesas são acionadas. De maneira geral, as plantas suscetíveis possuem mecanismos de defesa definidos geneticamente, porém esses são ativados tarde demais (WALTERS; FOUNTAINE, 2009).

A resistência em grande parte é baseada nas barreiras e mecanismos de defesa constitutivos, ou seja, aqueles que são pré-existentes na planta. Esses se caracterizam por existirem antes da chegada do patógeno e envolvem fatores estruturais como a cutícula, tricomas, estômatos, vasos condutores e fatores bioquímicos, como a presença de fenóis, alcalóides, fototoxinas, glicosídeos cianogênicos e glicosídeos fenólicos (PASCHOLATI; LEITE, 1995). As plantas suscetíveis possuem ainda outros mecanismos inativos ou latentes que somente são ativados após as plantas serem expostas a agentes ativadores de origem biótica ou abiótica (BONALDO; PASCHOLATI; ROMEIRO, 2005). Os mecanismos estruturais pós-formados são reflexos da indução de resistência e estão relacionados a lignificação, a suberificação, formação de papilas, camadas de abscisão, cortiça e tiloses, enquanto que os pós-formados englobam o acúmulo de fitoalexinas e de proteínas relacionadas à patogênese (Ps-RP), e a atividade de enzimas como as quitinases e β -1,3-glucanases (STICHER; MAUCH-MANI; MÉTRAUX, 1997; CAVALCANTI et al., 2005; ROMEIRO, 2008; MARTINS, 2008; BUONAURO; IRITI; ROMANAZZI, 2009).

A indução de resistência foi reconhecida pela primeira vez por Beauverie no início do século XX, quando plantas de begônia tornaram-se protegidas contra *Botrytis cinerea*, ao serem submetidas à aplicação no solo de um isolado atenuado do mesmo fungo. Na década de 1940, Müller e Börger observaram que tubérculos de batata inoculados com uma raça não patogênica de *P. infestans* apresentavam proteção contra uma raça patogênica do mesmo patógeno. Novas evidências do fenômeno de indução foram obtidas por Ross, na década de 1960, ao observar que plantas de tabaco apresentavam resistência sistêmica contra vários patógenos quando inoculadas nas folhas inferiores com o vírus do mosaico do fumo (TMV). A partir dessas constatações, inúmeros trabalhos de pesquisa foram realizados em todo mundo comprovando a possibilidade de se ativar mecanismos latentes de defesa da planta, tornando a indução de resistência uma ferramenta para a proteção de plantas (KESSMAN et al., 1994; EDREVA, 2004; KÚC, 2001; GOZZO, 2003; DURRANT; DONG, 2004).

O desencadeamento das defesas da planta não exige necessariamente o reconhecimento específico do patógeno ou de seus produtos. Essas podem ser desencadeadas por estímulos

bióticos, abióticos e situações de estresse. Nesse sentido, o advento dos indutores de resistência como acibenzolar-s-metílico e os fosfitos abriram perspectivas de aplicação prática da indução de resistência em cultivos comerciais. Atualmente o uso desses produtos tem sido visto como um dos integrantes de programas de manejo. Considerando o potencial da indução de resistência em programas de manejo de doenças, o presente estudo objetivou avaliar a ação de acibenzolar-s-metílico e fosfito de potássio isolados, em mistura com fungicidas e em programas de aplicação no controle da requeima e pinta preta na cultura da batata.

5.2 Desenvolvimento

5.2.1 Revisão Bibliográfica

Conceitualmente, a resistência induzida em plantas pode ser definida pela ativação de mecanismos latentes de defesa em plantas suscetíveis. Esse fenômeno envolve mecanismos geneticamente determinados e caracteriza-se por ser inespecífica (STADNICK, 2000; PASCHOLATI et al., 2004; ROMEIRO, 2008).

Em função da rota de sinalização, a indução de resistência pode ser dividida em resistência sistêmica adquirida (RSA) e resistência sistêmica induzida (RSI). A RSA é induzida por microorganismos patogênicos e agentes químicos (acibenzolar-s-metílico, ácido salicílico e INA) e apresenta o ácido salicílico (AS) como principal sinalizador, levando à produção de proteínas relacionadas à patogênese. A RSI é independente do AS e caracteriza-se por ser promovida por microorganismos como rizobactérias e trichodermas. Seus principais sinalizadores são o ácido jamônico e o etileno (WALTERS; NEWTON; LYON, 2007; ROMEIRO, 2008). A RSA e RSI são fenômenos distintos, mas fenotipicamente semelhantes, em que plantas, após a exposição a um agente indutor, têm seus mecanismos de defesa ativados de forma inespecífica, não apenas no sítio de indução como também em locais distantes desses (BARROS et al., 2010).

A ativação da resistência pode ser obtida através de tratamentos com agentes bióticos e abióticos como: microorganismos não patogênicos (PASCHOLATI, 1998); raças não virulentas ou atenuadas do patógeno (MONOT et al., 2002); pelo próprio patógeno inativado pelo calor (BACH; BARROS; KIMATI, 2003); por substâncias provenientes do patógeno (CAPDEVILLE et al., 2003) por preparações de leveduras (STADNICK; BETTIOL, 2000); por rizobactérias e fungos promotores de crescimento (MURPHY et al., 2000); por elicitores abióticos, incluindo produtos químicos sintéticos inócuos, como o ácido 2,6-dichloroisonicotinic – INA (BESSER et

al., 2000), ácido β -aminobutírico – BABA (SI-AMMOUR et al., 2003), acibenzolar-s-metílico – ASM (GÖRLACH et al., 1996; CAVALCANTI et al., 2004), fosfato de potássio (CASTRO et al., 2008) etc.

Entre as principais respostas proporcionadas pela ativação dos mecanismos de defesa da plantas destacam-se principalmente: as reações de hipersensibilidade (SILUÉ et al., 2002), as alterações estruturais como depósito de calose, lignina e a formação de papila (BESSER et al., 2000), o acúmulo de peróxido de hidrogênio (IRITI; FAORO, 2003), as fitoalexinas (TAIZ; ZEIGER, 2004), as proteínas relacionadas à patogênese (DURRANT; DONG, 2004; BUZI et al., 2004; MARTINS, 2008) e aumento na atividade de algumas enzimas como a fenilalanina-amônia-liase (CAVALCANTI et al., 2005) e as peroxidases (BAYSAL et al., 2003; IRTI; FAORO, 2003).

Para que a de indução de resistência possa ser confirmada como fenômeno biológico na planta deve-se levar em consideração os seguintes critérios: o indutor não deve apresentar ação sobre o patógeno; a indução de resistência deve ser suprimida caso os genes responsáveis pela indução sejam inibidos; existe a necessidade de um intervalo de tempo entre a exposição da planta ao indutor e a expressão da resistência; inespecificidade da proteção; a indução da resistência pode ser local ou sistêmica, ser dependente do genótipo da planta e não deve ser influenciada pelo aumento da concentração ou dose do indutor (STEINER; SHÖNBECK, 1995).

A proteção sistêmica induzida não confere imunidade absoluta, porém resulta na redução do número e tamanho das lesões, bem como redução da esporulação em fungos. Segundo observações de Vallad e Goodman (2004) e Walters et al. (2005) agentes ativadores de plantas podem apresentar níveis de controle que variam de 4% a mais de 90%.

Após os primeiros estudos sobre a eficiência e aplicabilidade da indução de resistência no controle de doenças, estudou-se a possibilidade de selecionar agentes indutores que pudessem ser utilizados com a mesma tecnologia desenvolvida para os fungicidas.

O acibenzolar-s-metílico (ASM) derivado do benzotiadiazol, análogo do ácido salicílico tem sido proposto como um agente ativador dos mecanismos de defesa de plantas conferindo proteção sistêmica contra diferentes patógenos em várias culturas. O ASM não possui ação direta sobre a maior parte dos microorganismos fitopatogênicos estudados. Segundo Friedrich et al. (1996), ASM na concentração de 1,4 mM, não afetou significativamente o desenvolvimento de

18 fungos. No entanto, Pascholati et al. (1998) observaram que ASM inibiu o crescimento de *Colletotrichum graminicola*.

O ASM, quando aplicado preventivamente, ativa os mecanismos naturais de defesa da planta, induzindo a produção de um sinal químico que desencadeia a resposta de resistência. Esse sinal ativa a expressão de genes de defesa controlados pelas rotas metabólicas do ácido salicílico, levando a síntese das proteínas relacionadas à patogênese (Ps-rp). Entre essas foram identificadas as enzimas β 1,3 – glucanase e quitinase capazes de degradar as paredes celulares de microorganismos fitopatogênicos (MADAMANCHI; KUC, 1991). Reações de hipersensibilidade e síntese de outros compostos relacionados a mecanismos inespecíficos de defesa tais como peroxidases, fenilalanina-amônia-liase e lignina também foram observados pelo uso do ASM (BESSER et al., 2000; IRITI; FAORO, 2003; STADNICK; BUCHENAUER, 2000; BAYSAL et al., 2003; BUZI et al., 2004).

O ASM tem conferido proteção em diversos patossistemas de importância econômica tais como: **batata** e *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atrosepticum* atípica (BENELLI; DENARDIN; FORCELINI, 2004); **feijoeiro** e *Uromyces appendiculatus* (IRITI; FAORO, 2003); **tomateiro**: *Alternaria solani* (TOFOLI, 2002), *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* raça 1 (GURGEL et al., 2005), *Xanthomonas vesicatoria* (CAVALCANTI et al., 2006), *Clavibacter michiganensis* (BAYSAL et al., 2003), *Ralstonia solanacearum* (ARAUJO et al., 2005); **Fumo** e TMV, *Cercospora nicotianae*, *Peronospora tabacina*, *Phytophthora parasitica*, *Erwinia carotovora*, *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci* (FRIEDRICH et al., 1996); **morangueiro** e *Botrytis cinerea* (TERRY; JOYCE, 2000); **trigo** e *Eryshiphe graminis* f. sp. *tritici* (GÖRLACH et al., 1996); **cafeeiro** e *Hemileia vastatrix* (GUZZO et al., 2001); **melão** e *Didymella bryoniae* (RIZZO; FERREIRA; BRAZ, 2003), *Alternaria* spp, *Fusarium* spp e *Rhizopus* sp (HUANG et al., 2000); **pepino** e *Cladosporium cucumerinum*; **rosa** e *Diplocarpon rosae* (SUO; LEUNG, 2002); **cacau** e *Verticillium dahliae* (PEREIRA et al., 2008); **couve-flor** e *Peronospora parasitica* (GODARD et al., 1999); **espinafre** e *Albugo occidentalis* (LESKOVAR; KOLENDA, 2002); **algodão** e *Alternaria macrospora*, *Xanthomonas campestris* pv. *malvacearum*; *Verticillium dahliae* (COLSON-HANKS; ALLEN; DEVERALL, 2000); **maçã** e *Erwinia amylovora* (MAXSON-STEIN et al., 2002); **citrus** e *Elsinoe fawcettii*, *Alternaria alternata* (AGOSTINI et al., 2003), entre outras.

Até o presente momento poucos são os resultados sobre a eficácia de ASM no controle de doenças foliares da batata. Segundo Beyer et al. (2001), a aplicação de ASM em plantas de batata ativou de forma significativa a expressão de um gene codificador de β 1,3 glucanase (S3-12E); de um fator de transcrição WRKY proteína de ligação do DNA, característico por ativar genes codificadores de Proteínas PR (S1-12G) e a expressão de um gene codificador de glutamina-s-transferase envolvida nos mecanismos de proteção celular, estresse oxidativo e respostas de hipersensibilidade (S1-11B). Niederman et al. (1995) verificaram elevada ação fungistática de proteínas RP purificadas de tomateiro e tabaco sobre a germinação de zoósporos de *P. infestans* *in vitro* e o crescimento de lesões de requeima *in vivo*.

Aspectos positivos do uso de ASM no controle da requeima na cultura da batata são destacados por autores como Navia et al. (2001), Fernandez-Northcote (2001) e Tofoli et al. (2005). Além da eficácia de ASM em mistura com fungicidas de contato e sistêmicos, Trujillo et al. (1997) e Navia et al. (2000) observaram redução do número de aplicações de fungicidas sistêmicos. Entretanto, cabe destacar que Si-Ammour et al. (2003) não observaram ação indutora de ASM em folhas destacadas de batata (cv. Bintje) tratadas com ASM. A ação positiva de ASM no controle da pinta preta da batata foi observada por Bokshi et al. (2003). Segundo esses autores, as plantas de batata tratadas com o indutor apresentaram controle total da doença e apresentaram incremento significativo da atividade de 1,3 β glucanase em folhas, hastes e tubérculos.

A introdução de ASM, o primeiro indutor comercial de resistência, abriu novas perspectivas para o manejo de doenças em diversas culturas. A possibilidade de integração com outros métodos de controle permite a ampliação prática do manejo de doenças pela adoção de diferentes estratégias de controle. A adição de ASM em mistura com fungicidas ou a aplicação alternada em programas permite a junção de diferentes estratégias de controle, uma focada no patógeno e outra na planta. O uso combinado desses métodos de controle pode incrementar o controle, reduzir o número de aplicações de fungicidas, bem como, pode estender ou prolongar a vida útil desses produtos (VALLAD; GOLDMAN, 2004; WALTERS; NEWTON; LYON, 2007; WALTERS, 2010).

Resultados sobre o aumento do controle e produção pela mistura de ASM com fungicidas foram verificados em algumas situações. Yamaguchi (1998) citando dados da Novartis Crop Protection, destaca que ASM aplicado em trigo isolado ou em mistura com ciprodinil e fenpropidin apresentaram aumento do controle do oídio e ferrugem, bem como incrementos na

produção de 9, 13 e 17 %, respectivamente. Em experimentos onde aplicou-se fungicidas triazóis em esquema semelhante de tratamentos, verificou-se aumentos de 40 % na produção em relação a testemunha. Rizzo, Ferreira e Braz et al. (2003) demonstraram que a associação de ASM com difenoconazol foi mais eficiente no controle do cancro da haste do melão rendilhado quando comparado a benomil, azoxistrobina e clorotalonil isolados ou em mistura com o indutor. A inclusão de ASM em programas de controle químico também foi positiva no controle do oídio e septoriose do trigo (STADNICK; BUCHENAUER, 1999); de doenças foliares da soja (DALLAGNOL et al., 2006), antracnose e cretamento bacteriano do feijoeiro (NAVARINI, 2009) e ferrugem branca do espinafre (LESKOVAR; KOLENDA, 2002). Aumentos de controle da requeima da batata foi observado por Tofoli et al. (2005) quando ASM foi utilizado em mistura com fungicidas de contato e sistêmicos, porém aumento da produtividade somente foi constatado quando esse foi adicionado a produtos de contato.

Os fosfitos são compostos derivados do ácido fosforoso que podem se combinar com elementos como potássio, cálcio, magnésio, manganês, alumínio e zinco. Tais compostos caracterizam-se por estimular o crescimento das plantas (NOJOSA; RESENDE; RESENDE, 2005), por possuírem considerável ação fungicida (COHEN; COFFEY, 1986) e por não serem fitotóxicos quando utilizados em concentrações adequadas.

Os fosfitos destacam-se principalmente por sua eficiência no controle de míldios e diversas doenças causadas pelo gênero *Phytophthora* (MCDONALD; GRANT; PLAXTON, 2001). Segundo Pegg et al. (1985) os fosfitos apresentam eficácia similar ao Fosetil-Al. Acredita-se que o fosfito seja formado no interior na planta, em função da aplicação de Fosetil-AL e que esse seja o componente ativo desse fosfonato (SAINDRENAT et al., 1990).

Os fosfitos apresentam ação sistêmica acropetal e basipetal e atuam na supressão de doenças foliares e radiculares (GUEST; GRANT, 1991). A sistemicidade dos fosfitos permite que esses possam ser aplicados via pulverização foliar, fertirrigação, imersão de mudas, injeção e pincelamento de órgãos afetados (CASTRO et al., 2008).

Quanto ao modo de ação dos fosfitos, alguns autores consideram a sua ação direta sobre o patógeno (SMILIE; GRANT; GUEST, 1989). Outros acreditam que ela é indireta por meio da ativação dos mecanismos de defesa da planta (GUEST; BOMPEIX, 1990; GRANT; GRANT; HARRIS, 1992) ou ainda conjunta (GUEST; GRANT, 1991; JACKSON; BURGESS; COLQUHOUN, 2000). A ação direta ou fungicida dos fosfitos é a mais relatada, enquanto que a

de ativador de mecanismos de defesa da planta nem sempre é observada ou evidenciada (RIBEIRO JUNIOR et al., 2006).

Quanto à ação direta sobre o patógeno, sabe-se que o ácido fosforoso e seus derivados atuam na inibição do processo da fosforilação oxidativa em oomicetos (McGRATH, 2004), além de inibirem o crescimento de microorganismos. Lobato et al. (2010) observaram diferentes níveis de inibição de fosfitos sobre *P. infestans*, *Streptomyces scabies*, *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani*. A ação inibitória dos fosfitos pode variar em função da variabilidade genética do patógeno. Bashan et al. (1989) verificaram a existência de uma grande variação na sensibilidade de isolados de *Phytophthora infestans* aos fosfitos. Outro fato que reforça o papel da ação direta dos fosfitos no controle de doenças é a sua ineficácia quando utilizados em raças de oomicetos resistentes (BROWN et al., 2004).

O modo de ação direto e indireto dos fosfitos foi relatado por Jackson et al. (2000), onde em alta concentração atuou como inibidor direto de *Phytophthora cinnamomi* e em baixas concentrações foi capaz de estimular a produção de enzimas de defesa do hospedeiro.

Entre os fosfitos, o fosfito de potássio tem se destacado por sua eficiência em relação a outros fosfitos. Segundo Ouimette e Coffey, (1989a) essa superioridade pode ser justificada por sua maior solubilidade.

O fosfito de potássio tem apresentado ação positiva no controle de oomicetos em diversas culturas como tomate e pimenta (FÖRSTER et al., 1998), brássicas (BECOT et al., 2000), pepino (IRVING; KÚC, 1990), morango (REBOLLAR-ALVITER et al., 2010), macieira (BRACKMANN et al., 2004), citros (AGOSTINI et al., 2003), videira (SONEGO et al., 2003), abacate (OUIMETTE; COFFEY, 1989b), tomate e petúnia (BECKTELL; DAUGHTREY; FRY, 2005) e alface (PAJOT; CORRE; SILUÉ, 2001). Cabe destacar que os fosfitos, aplicados em caráter preventivo ou curativo, nunca apresentam controle completo da doença.

O efeito de fosfitos sobre o controle da requeima nas folhas e tubérculos de batata é destacado por autores como Andreu et al. (2008), Cooke e Little (2002), Mayton, Myers e Fry (2008). Segundo Andreu e Caldiz (2006). o fosfito de potássio proporcionou bons níveis de controle da requeima, sendo esse mais significativo na cultivar Shepody que na Kenebec. Esses observaram também que o uso de fosfito de potássio, independente da cultivar, promoveu acúmulo de fitoalexinas e significativa proteção dos tubérculos contra requeima e fusariose. Variações de controle da requeima por fosfitos, em função das cultivares, também foram

observadas quando Andreu et al. (2006) utilizaram o fosetil-AL, no controle da requeima. Segundo esses autores, esse não foi eficaz em reduzir a doença nas cultivares Ranger Russet (resistente) e Shepody (altamente suscetível), porém foi capaz de proteger a Kennebec e Russet Burbank (resistência intermediária).

Forbes, Taipei e Perez (2009) analisando o potencial de controle de fosfitos na cultura da batata e o impacto negativo do uso abusivo de alguns fungicidas, questionam se esses não seriam uma alternativa viável de substituição dos ditiocarbamatos em países em desenvolvimento.

5.2.2 Material e Métodos

As características técnicas e doses dos fungicidas e indutores de resistência testados nos experimentos 1, 2, 3 e 4 encontram-se descritas nos Anexos, item 3, Tabelas 1, 2 e 3.

5.2.2.1 Experimento 1. Ação de acibenzolar-s-metílico e fosfito de potássio isolados e em mistura com fungicidas no controle da requeima da batata

A ação isolada e em mistura de acibenzolar-s-metílico e fosfito de potássio com fungicidas de contato, translaminar e sistêmico no controle da requeima da batata foi avaliada em experimento realizado em cultivo comercial de batata (cv. Agata), localizado em Pilar do Sul-SP, no período de abril a junho/2007.

Os tratamentos testados foram: 1. testemunha, 2. fosfito de potássio (FP), 3. acibenzolar-s-metílico (ASM), 4. mancozebe, 5. mancozebe+FP, 6. mancozebe+ASM, 7. mandipropamida, 8. mandipropamida+FP, 9. mandipropamida+ASM, 10. cimoxanil+mancozebe, 11. Cimoxanil+mancozebe+FP, 12. cimoxanil+mancozebe+ASM, 13. mefenoxam+mancozebe, 14. mefenoxam+mancozebe+FP e 15. mefenoxam+mancozebe+ASM.

As aplicações dos tratamentos iniciaram-se aos 25 dias após a emergência (25 DAE) totalizando seis aplicações de cada tratamento a intervalos de 7 dias. No período prévio e posterior às aplicações dos tratamentos, foram realizadas 3 aplicações de clorotalonil (1,5 kg de p.c. ha⁻¹), respectivamente, totalizando 12 aplicações no ciclo.

5.2.2.2 Experimento 2. Ação de acibenzolar-s-metílico e fosfito de potássio isolados e associados a programas de aplicação de fungicidas no controle da requeima da batata

A associação de acibenzolar-s-metílico e fosfito de potássio à programas de aplicação de fungicidas no controle da requeima foi avaliada através de experimento realizado em campo comercial de batata (cv. Agata), localizado em Pilar do Sul-SP, no período de maio a julho/2008.

Os programas testados foram:

- 1. mancozebe (a)/ mefenoxam+mancozebe (bcde)/ mandipropamida (fghi)/ fluazinam (jlm)**
2. mancozebe (a)/ mefenoxam+mancozebe (bcde)/ mandipropamida (fghi)/ fluazinam (jlm) e ASM (abcde)
3. mancozebe (a)/ mefenoxam+mancozebe (bcde)/ mandipropamida (fghi)/ fluazinam (jlm) e FP (abcdefgh)
- 4. mancozebe (a)/ fluopicolida+propamocarbe (bcde)/ fenamidona (fghi)/ fluazinam (jlm)**
5. mancozebe (a)/ fluopicolida+propamocarbe (bcde)/ fenamidona (fghi)/ fluazinam (jlm) e ASM (abcde)
6. mancozebe (a)/ fluopicolida+propamocarbe (bcde)/ fenamidona (fghi) fluazinam (jlm) e FP (abcdefgh)
- 7. mancozebe (a)/ dimetomorfe+mancozebe (bcde)/ piraclostrobina+metiram (fghi)/ fluazinam (jlm)**
8. mancozebe (a)/ dimetomorfe+mancozebe (bcde)/ piraclostrobina+metiram (fghi) /fluazinam (jlm) e ASM (abcde)
9. mancozebe (a)/ dimetomorfe+mancozebe (bcde)/ piraclostrobina+metiram (fghi)/ fluazinam (jlm) e FP (abcdefgh)
- 10. mancozebe (a)/ cimoxanil+mancozebe (bcde)/ famoxadona+cimoxanil (fghi)/ fluazinam (jlm)**
11. mancozebe (a)/ cimoxanil+mancozebe (bcde)/ famoxadona+cimoxanil (fghi)/ fluazinam (jlm) e ASM (abcde)
12. mancozebe (a)/ cimoxanil+mancozebe (bcde)/ famoxadona+cimoxanil (fghi)/ fluazinam (jlm) e FP (abcdefgh)

13. mancozebe (abc)/ famoxadona+mancozebe (def)/ cimoxanil+mancozebe (gh)/ dimetomorfe+mancozebe (i)/ piraclostrobina+metiram (j)/ fluazinam (kl)/ calda bordaleza (mno)/mancozebe (pqrst).

14. mancozebe (abc)/ famoxadona+mancozebe (def)/ cimoxanil+mancozebe (gh)/ dimetomorfe+mancozebe (i)/ piraclostrobina+metiram (j)/ fluazinam (kl)/ calda bordaleza (mno)/ mancozebe (pqrst) e ASM (abcde).

15. mancozebe (abc)/ famoxadona+mancozebe (def)/ cimoxanil+mancozebe (gh)/ dimetomorfe+mancozebe (i)/ piraclostrobina+metiram (j)/ fluazinam (kl)/ calda bordaleza (mno)/ mancozebe (pqrst) e FP (abcdefgh).

16. testemunha

*ASM = acibenzolar-s-metílico

**FP = Fosfíto de potássio

A aplicação dos programas iniciou-se de forma preventiva aos 15 DAE, sendo realizadas na sequência descrita. Os programas 1, 4, 7, 10, 13 foram padrões (em negrito), sendo as demais versões com a adição de acibenzolar-s-metílico e fosfíto de potássio, respectivamente. Foram realizadas 5 adições de ASM (abcde) e 8 de FP (abcdefgh) aos respectivos programas. Os programas 1 a 12 foram compostos de 12 aplicações realizadas a intervalos de 7 dias (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, l, m). Os programas 13 (padrão do produtor), 14 e 15 totalizaram 20 aplicações, realizadas a intervalos de 3 a 5 dias.

Nos experimentos 1 e 2, as pulverizações foram executadas com um pulverizador costal pressurizado a CO₂, munido de barra de aplicação e pressão constante de 3 Bar, regulado de forma a proporcionar cobertura adequada do alvo. A barra de aplicação era composta por cinco bicos cônicos do tipo TXKV26, espaçados de 0,5 m, sendo a distância entre a barra e o alvo durante a aplicação de aproximadamente 0,5 m. O volume de aplicação variou de 300 a 500 L ha⁻¹ em função do desenvolvimento da cultura.

Os critérios de avaliação adotados foram: a) Severidade em folhas: a porcentagem de área foliar afetada pela requeima a partir dos primeiros sintomas (0 a 100%) avaliada com a escala proposta por Cruickshank, Stewart e Wastie (1982) – Anexos, item 2, Figura 3. Foram realizadas sete avaliações em cada experimento, a intervalos de cinco dias, considerando todas as plantas

dos 15 m² centrais de cada parcela. b) Área abaixo da curva de progresso da requeima (AACPR). Os valores obtidos ao longo das avaliações de severidade foram utilizados para calcular a área abaixo da curva do progresso da requeima (AACPR) conforme proposto por Shaner e Finney (1977). Os valores da AACPR foram padronizados dividindo-se cada valor pelo número de dias da epidemia. c) Severidade em haste: foi avaliada através de uma escala de notas de 1 a 5, adaptada de Schepers et al. (2007) onde se considerou a porcentagem de haste coberta por lesões onde: 1 - ausência de sintomas; 2- 0,1 a 5 %; 3-5, 1 a 10 %; 4-10, 1 a 15%; 5- lesões acima de 15% ou morte do ponteiro. Produtividade total e comercial: kg de tubérculos nos 10 m² centrais de cada parcela (kg 10 m²⁻¹).

5.2.2.3 Experimento 3. Ação de acibenzolar-s-metílico isolado e em mistura com fungicidas no controle da pinta preta da batata

A ação isolada e em mistura de acibenzolar-s-metílico com fungicidas de contato, translaminar e sistêmico no controle da pinta preta em cultivo comercial de batata (cv. Monalisa), foi avaliada em experimento conduzido em Pilar do Sul-SP, no período de outubro a dezembro de 2008. Os tratamentos testados foram: 1. acibenzolar-s-metílico (ASM), 2. mancozebe, 3. mancozebe+ASM, 4. azoxistrobina, 5. azoxistrobina+ASM, 6. tebuconazol, 7. tebuconazol+ASM, 8. testemunha.

A aplicação dos tratamentos iniciou-se aos 45 DAE, totalizando 5 aplicações, a intervalos de 7 dias. No período prévio e posterior às aplicações dos tratamentos, foram realizadas 3 e 2 aplicações de clorotalonil (1,5 kg de p.c. ha⁻¹), respectivamente, totalizando 10 aplicações no ciclo.

5.2.2.4 Experimento 4 Ação de acibenzolar-s-metílico associados a programas de aplicação de fungicidas no controle da requeima da batata

A ação de acibenzolar-s-metílico em programas de aplicação de fungicidas no controle da pinta preta da batata foi avaliada através de um experimento realizado em plantio comercial de batata (cv. Monalisa), localizado em Pilar do Sul-SP, no período de novembro/2008 a janeiro/2009.

Os programas testados foram:

1. mancozebe (ab)/ azoxistrobina+difenoconazol (cde)/ ciprodinil (fgh)/ mancozebe (ij)

2. mancozebe (ab)/ azoxystrobina+difenoconazol (cde)/ ciprodinil (fgh)/ mancozebe (ij) e ASM (b, c, d, e, f)
3. **mancozebe(ab)/ azoxistrobina (cde)/ ciprodinil (fgh)/ clorotalonil (ij)**
4. mancozebe (ab)/ azoxistrobina (cde)/ ciprodinil (fgh)/ mancozebe(ij) e ASM (b, c, d, e, f)
5. **mancozebe (ab)/ trifloxistrobina+tebuconazol (cde)/ iprodiona+pirimetanil (fgh)/ mancozebe (ij)**
6. mancozebe (ab)/ trifloxistrobina+tebuconazol (cde)/ iprodiona+pirimetanil (fgh)/ mancozebe (ij) e ASM (b, c, d, e, f)
7. **mancozebe (ab)/ piraclostrobina+metiram (cde)/ boscalida (fgh)/ mancozebe (ij)**
8. mancozebe (ab)/ piraclostrobina+metiram (cde)/ boscalida (fgh)/ mancozebe (ij) e ASM (b, c, d, e, f)
9. **mancozebe (ab)/ piraclostrobina+boscalida(cde)/ metconazol (fgh)/ mancozebe (ij)**
10. mancozebe (ab)/ piraclostrobina+boscalida (cde)/ metconazol (fgh)/ mancozebe (ij) + ASM (b, c, d, e, f)
11. **mancozebe (ab)/ picoxistrobina (cde)/ famoxadona+mancozebe (fgh)/ mancozebe (ij)**
12. mancozebe (ab)/ picoxistrobina (cde)/ famoxadona+mancozebe (fgh)/ mancozebe (ij) + ASM (b, c, d, e, f)
13. **mancozebe (ab)/ clorotalonil (cde)/ fluazinam (fg)/ iprodiona (hi)/ calda bordalesa (jkl)/ mancozebe (mnop)**
14. mancozebe (ab)/ clorotalonil (cde)/ fluazinam (fg)/ iprodiona (hi)/ calda bordalesa (jkl)/ mancozebe (mnop) e ASM (b, c, d, e, f).
15. testemunha

As aplicações iniciaram-se de forma preventiva aos 19 DAE, respectivamente e foram realizadas na sequência acima descrita, totalizando 10 aplicações no ciclo (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j). O programa 13 foi o adotado pelo produtor, sendo composto por 16 aplicações. Os programas 1, 4, 7, 10 e 13 foram padrões (em negrito), sendo as demais versões com a adição de ASM. O acibenzolar-s-metílico foi aplicado em mistura com os programas totalizando 5 aplicações (b, c, d, e, f). A aplicação dos tratamentos foi realizada com os mesmos critérios adotados nos experimentos 1 e 2.

Nos experimentos 3 e 4, a severidade da pinta preta em folhas foi avaliada utilizando-se a escala proposta por Reifschneider, Furumoto e Filgueira (1984) – Anexo 2, figura 2. Foram avaliadas 25 folhas escolhidas ao acaso nos terços médio e inferior de plantas localizadas nos 15 m² centrais de cada parcela. Foram realizadas sete avaliações a intervalos de sete dias. O cálculo da área abaixo da curva de progresso da pinta preta foi realizado de forma semelhante ao realizado para requeima. A produtividade total e comercial de tubérculos foi avaliada nos 10 m² centrais de cada parcela.

Os dados foram submetidos à análise da variância, aplicando-se o teste Tukey a 5% de probabilidade para a comparação das médias.

5.2.3 Resultados e Discussão

No experimento 1, a requeima atingiu elevados níveis de severidade destruindo completamente as parcelas testemunhas aos 76 DAE (Tabela 1). Todos os tratamentos foram superiores à testemunha apresentando níveis de controle que variaram de 30 a 95%. As curvas de progresso da requeima encontram-se representadas na Figura 1.

As parcelas tratadas com ASM apresentam menor severidade em relação às tratadas com FP. Mancozebe foi superior a fosfito de potássio, porém não diferiu de ASM. ASM em mistura com mancozebe foi superior a mancozebe isolado, porém essa diferença não foi observada para a mistura com FP. Mandipropamida foi superior a mancozebe, cimoxanil+mancozebe e mfenoxam+mancozebe. Cimoxanil+mancozebe não diferiu de mfenoxam+mancozebe. Houve incremento do controle quando cimoxanil+mancozebe e mfenoxam+mancozebe foram acrescidos de ASM, porém o mesmo não foi verificado quando FP foi adicionado a estes fungicidas. Mandipropamida não apresentou aumento significativo de controle quando acrescido dos dois ativadores. Mefenoxam+mancozebe foi semelhante à mandipropamida apenas quando utilizado em mistura com acibenzolar-s-metílico (Figura 2).

Todos os tratamentos reduziram a severidade da requeima na haste. Fosfito de potássio, acibenzolar-s-metílico e mancozebe foram semelhantes entre si e inferiores a mandipropamida, cimoxanil+mancozebe e mfenoxam+mancozebe. A adição de ASM e FP a mancozebe não promoveu aumento de controle para esta característica, porém mancozebe+acibenzolar-s-metílico foi superior a fosfito de potássio. Os dois ativadores reduziram a doença quando adicionados a cimoxanil+mancozebe, porém apenas acibenzolar-s-metílico foi capaz de reduzi-la quando em

mistura com mandipropamida. A adição de fosfito potássio e acibenzolar-s-metílico a mefenoxam+mancozebe não promoveu aumento significativo do controle da requeima em hastes.

Os valores de AACPR variaram de 1,25 a 51,25 (Tabela 1). A menor AACPR foi obtida com mandipropamida, sendo esta inferior às observadas nas parcelas tratadas com mefenoxam+mancozebe, cimoxanil+mancozebe e mancozebe. As parcelas tratadas com ASM e FP apresentaram AACPR superiores a mancozebe. Considerando a mistura de mancozebe, cimoxanil+mancozebe e mefenoxam+mancozebe com os dois indutores, apenas as misturas com ASM reduziram o progresso da requeima em relação ao uso isolado. Mandipropamida isolado ou em mistura com ASM e FP não diferiram entre si (Figura 3).

Com exceção de FP, os demais tratamentos possibilitaram aumentos significativos da produção total e comercial de tubérculos (Tabela 1; Figura 4). Além de afetar significativamente a produtividade total nas parcelas testemunhas, a requeima reduziu 38 % a quantidade de tubérculos comerciais. O uso de ASM e FP diminuiu essa perda para 26 e 31%, respectivamente. Mandipropamida, cimoxanil+mancozebe, mefenoxam+mancozebe e mancozebe suas respectivas misturas com ASM e FP proporcionaram as reduções que variaram de 1 a 18 %. A maior produção total de tubérculos foi obtida nas parcelas tratadas com mandipropamida+ASM, sendo essa superior às obtidas com cimoxanil+mancozebe, mancozebe+ASM, mancozebe+FP, mancozebe, ASM e FP, e semelhantes as demais. ASM e FP não diferiram, entre si, para essa característica, e FP foi semelhante à testemunha. Com relação à produção comercial, ASM foi superior a FP, promovendo aumento de 84 % na produção, quando comparado à testemunha. Quanto à adição de ASM e FP aos fungicidas, apenas a adição de ASM a mancozebe proporcionou aumento significativo na produção de tubérculos em relação ao fungicida isolado (42%). De maneira geral, as misturas de fungicidas com ASM promoveram produções mais expressivas que as misturas com FP.

Figura 1 - Curvas de progresso da requeima em cultivo de batata (cv. Agata) tratadas com fungicidas e indutores de resistência. Pilar do Sul-SP, abril a junho de 2007

Tabela 1 - Área abaixo da curva de progresso da requeima (AACPR), severidade em folhas, haste, produtividade total e comercial de tubérculos em cultivo de batata (cv. Agata) tratado com acibenzolar-s-metílico (ASM) e fosfito de potássio (FP) isolados ou em mistura com fungicidas. Pilar do Sul-SP, abril a junho de 2007

Tratamentos	Severidade			Produtividade kg 10m ² ⁻¹				Redução de tubérculos comerciais (%)	Aumento da produção comercial pela adição de indutores (%)
	AACPR	% de área foliar afetada	haste	total		comercial			
testemunha	51,25 a*	100,00 a	5,00 a	8,35	f	5,20	e	37,72	
fosfito de potássio (FP)	30,00 b	69,75 b	3,93 b	10,43	ef	7,15	e	31,45	45,19
acibenzolar-s-metílico (ASM)	24,75 c	58,25 c	3,72 bc	12,68	de	9,55	d	25,68	83,65
mancozebe	18,95 d	55,50 c	3,68 bc	13,15	de	10,75	d	18,25	
mancozebe+FP	15,38 de	48,25 cd	3,45 bc	15,88	cd	13,28	cd	16,37	28,17
mancozebe+ASM	12,18 ef	37,20 d	3,23 cd	17,85	c	15,58	c	12,71	42,14
mandipropamida	2,28 i	8,75 h	1,90 e	25,80	ab	24,78	ab	3,95	
mandipropamida+FP	2,00 i	7,75 h	1,35 ef	26,53	ab	25,60	ab	3,50	3,31
mandipropamida+ASM	1,25 i	5,50 h	1,00 f	29,33	a	28,98	a	1,19	16,55
cimoxanil+mancozebe (ci+mcz)	14,63 de	34,25 de	2,73 d	24,83	b	22,43	b	9,66	
ci+mcz+FP	10,48 fg	26,75 ef	1,53 ef	25,93	ab	24,68	ab	4,82	11,16
ci+mcz+ASM	7,60 fgh	24,25 f	1,15 f	26,95	ab	26,05	ab	3,34	17,94
mefenoxam+mancozebe (mef+mcz)	9,58 efg	25,20 ef	1,28 ef	27,83	ab	25,62	ab	7,94	
mef+mcz+FP	5,78 ghi	18,25 fg	1,08 f	28,63	ab	26,78	a	6,46	4,94
mef+mcz+ASM	4,76 hi	14,25 gh	1,00 f	29,15	ab	27,75	a	4,80	8,74
CV%	13,90	14,40	10,34	8,61		15,81			

* Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Figura 2 - Severidade da requeima em cultivo de batata (cv. Agata) tratadas com fungicidas, acibenzolar-s-metílico e fosfito de potássio. Pilar do Sul-SP, abril a junho de 2007

Figura 3 - Área abaixo da curva de progresso da requeima (AACPR) em cultivo de batata (cv. Agata) tratadas com fungicidas, acibenzolar-s-metílico e fosfito de potássio. Pilar do Sul-SP, abril a junho de 2007

Figura 4 - Produtividade comercial de plantas de batata (cv. Agata) tratadas com fungicidas, acibenzolar-s-metílico e fosfito de potássio. Pilar do Sul-SP, abril a junho de 2007

No experimento 2, os programas testados apresentaram níveis de controle entre 77 e 96%. A requeima atingiu elevados níveis de severidade nas parcelas testemunhas, causando a destruição completa da parte aérea das plantas aos 74 DAE (Tabela 2).

As curvas de progresso da requeima encontram-se representadas na Figura 5. Os programas padrões 1, 4 e 7 reduziram a severidade e progresso da requeima, sendo semelhantes entre si e superiores aos programas 10 e 13. O programa 13 foi o menos eficiente, sendo inferior ao programa 10. Acibenzolar-s-metílico e fosfito de potássio promoveram aumento significativo no controle da requeima quando adicionados aos programas 11, 14 e 15 respectivamente. Os valores de AACPR variaram de 0,9 a 55 (Figuras 6 e 7).

Com relação à severidade da requeima em haste, os programas 5 e 9 foram superiores aos programas 10, 11, 12, 13, 14, 15 e semelhantes aos demais. Os programas 11, 12 e 14 apresentaram comportamento intermediário. Para este critério, apenas a adição de acibenzolar-s-metílico ao programa 14 foi capaz de reduzir a doença.

A variação na severidade e evolução da requeima proporcionada pelos fungicidas, em relação à testemunha, foi determinante sobre a produtividade total e comercial (Tabelas 2). A doença reduziu sensivelmente a produtividade total nas parcelas testemunhas e promoveu redução média de 40% na quantidade de tubérculos comerciais. As parcelas tratadas com os programas apresentam reduções inferiores que variaram de 3,68 a 12,78 %. Quanto à produção total, não houve diferença estatística entre os programas padrões testados. A adição de ASM e FP aos programas não influenciou essa característica. Quanto à produtividade comercial, houve diferença entre os programas testados. Os padrões 1, 4, 7, foram superiores ao programa 13 e semelhantes ao 10 (Figura 8). ASM proporcionou aumento significativo na produção comercial de tubérculos quando adicionado aos programas 11 (16,84%) e 14 (18,45%). Fosfito de potássio não influenciou a produtividade comercial de tubérculos nos programas testados.

Figura 5 - Curvas de progresso da requeima em cultivo de batata (cv. Agata) tratadas com fungicidas e indutores de resistência. Pilar do Sul-SP, maio a julho de 2008

Tabela 2 - Área abaixo da curva da requeima (AACPR), severidade em folhas, haste, produtividade total e comercial em cultivo de batata (cv. Agata) tratado com programas envolvendo a aplicação de fungicidas e indutores de resistência. Pilar do Sul-SP, maio a julho de 2008

Tratamentos	Severidade						Produtividade kg 10m ² ⁻¹		Redução de tubérculos comerciais (%)	Aumento da produção comercial pela adição de indutores (%)
	AACPR		% de área foliar afetada	% de controle		haste	total	comercial		
1*	3,38	defg	8,75	efg	91,25	1,65	cdefg	29,98 abcd	28,23 cd	5,84
2	1,26	fg	4,50	g	95,50	1,58	cdefg	33,38 abc	31,98 abc	13,28
3	2,40	efg	7,15	fg	92,85	1,60	cdefg	31,73 bcd	29,40 bcd	3,08
4	1,66	efg	5,50	g	94,50	1,40	efg	31,08 bcd	29,48 bcd	5,15
5	0,88	g	3,75	g	96,25	1,00	g	33,98 ab	32,55 ab	10,41
6	1,05	fg	4,63	g	95,37	1,10	fg	31,78 abcd	29,43 bcd	4,25
7	2,55	efg	8,08	efg	91,92	1,35	efg	31,85 abcd	30,65 abc	3,76
8	1,38	efg	5,25	g	94,75	1,45	defg	34,83 a	33,55 a	9,46
9	2,26	efg	7,08	fg	92,92	1,05	g	33,40 abc	31,68 abc	1,03
10	7,68	c	16,78	c	83,32	2,05	bc	28,35 bcd	26,30 de	7,23
11	3,45	defg	11,05	def	88,95	1,55	cdef	31,90 abcd	30,73 abc	16,84
12	4,25	cdef	13,25	cde	86,75	1,75	cde	30,53 abcd	28,75 bcd	10,45
13	9,73	b	23,25	b	76,75	2,35	b	27,15 d	23,68 e	12,78
14	4,53	cde	13,28	cde	86,72	1,73	cde	30,28 abcd	28,05 cd	18,45
15	6,75	bc	18,25	bcd	83,75	1,85	bcde	28,13 cd	26,13 de	10,37
testemunha	54,88 a		100,00 a	-		5,00 a		9,38 e	5,65 f	39,76
CV%	18,48		13,75			15,54		9,43	13,55	

*Programas padrões estão em negrito. **Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Figura 6 - Severidade da requeima em cultivo de batata (cv. Agata) tratado com fungicidas, acibenzolar-s-metílico e fosfito de potássio. Pilar do Sul-SP, maio a julho 2008

Figura 7 - Área abaixo da curva de progresso da requeima (AACPR) em cultivo de batata (cv. Agata) tratado com fungicidas, acibenzolar-s-metílico e fosfito de potássio. Pilar do Sul-SP, maio a julho de 2008

Figura 8 - Produtividade comercial de plantas de batata (cv. Agata) tratadas com fungicidas e indutores de resistência acibenzolar-s-metílico e fosfito de potássio. Pilar do Sul-SP, maio a julho de 2008

No experimento 3, a doença atingiu considerável severidade destruindo 67 % da área foliar aos 80 DAE (Tabela 3). Todos os tratamentos testados foram eficazes apresentando níveis de controle que variaram de 49 a 93%. As curvas de progresso da pinta preta encontram-se descritas na Figura 9. As menores severidade e área abaixo da curva de progresso da pinta preta (AACPPP) foram obtidas com os tratamentos azoxistrobina+ASM, azoxistrobina e tebuconazol+ASM. Tebuconazol e mancozebe+ASM apresentaram comportamento intermediário, enquanto que ASM e mancozebe foram semelhantes entre si e os menos eficientes (Figuras 10 e 11). A mistura mancozebe+ASM foi superior ao ASM, porém semelhante à mancozebe.

A pinta preta reduziu a produtividade total nas parcelas testemunhas promovendo redução de 18 % na quantidade de tubérculos comerciais. As parcelas tratadas com fungicidas, ASM e respectivas misturas apresentam reduções que variaram de 1,3 a 13 %. Quanto à produção total, os melhores resultados foram obtidos com azoxistrobina+ASM, sendo esse superior a ASM, mancozebe, mancozebe+ASM, e tebuconazol+ASM, e semelhante à azoxistrobina e tebuconazol. ASM não diferiu da testemunha. As maiores produtividades comerciais foram obtidas com os tratamentos azoxistrobina+ASM e azoxistrobina (Figura 12). Mancozebe+ASM e tebuconazol, seguidos de tebuconazol+ASM apresentaram comportamento intermediário. Mancozebe proporcionou produção semelhante a do acibenzolar-s-metílico, porém foi superior à testemunha. Apesar de ASM promover aumento de 27,14% na produção comercial de tubérculos, esses não foi significativo quando comparado à testemunha.

Tabela 3 - Área abaixo da curva de progresso da pinta preta (AACPPP), severidade, produtividade total e comercial em cultivo de batata (cv. Monalisa) tratado com fungicidas e acibenzolar-s-metílico. Pilar do Sul-SP, outubro a dezembro/2008

Tratamentos	AACPPP	Severidade 80 DAE	% de controle	Produtividade (kg 10m ²⁻¹)				Redução de tubérculos comerciais (%)	Aumento da produção comercial pela adição de ASM (%)
				total		comercial			
acibenzolar-s- metílico (ASM)	18,08 b*	35,15 b	48,87	16,18	de	14,43	de	10,82	27,14
mancozebe	14,03 bc	28,25 bc	58,91	19,38	cd	16,90	cd	12,79	
mancozebe+ASM	8,75 cd	19,05 c	72,29	22,63 bc		20,78	c	8,17	30,69
azoxistrobina	2,35 e	7,28 e	89,42	26,55 ab		26,20	ab	1,32	
azoxistrobina+ASM	1,48 e	4,75 e	93,09	29,78 a		28,33	a	4,87	7,31
tebuconazol	6,20 de	16,50 cd	76,00	24,83 ab		23,10	bc	6,97	
tebuconazol+ASM	2,93 e	8,75 de	87,27	22,70 bc		20,38	c	8,24	-18,46
testemunha	32,28 a	69,75 a	-	13,89 e		11,35	e	18,26	
CV	0,26	15,23		10,40		12,45			

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Apesar de não ser significativa, a adição de ASM a tebuconazol proporcionou redução de 18,46% da produtividade de tubérculos comerciais, em relação ao fungicida isolado.

Figura 9 - Curvas de progresso da pinta preta em cultivo de batata (cv. Monalisa) tratado com fungicidas e acibenzolar-s-metílico (ASM). Pilar do Sul-SP, outubro a dezembro/2008

Figura 10 - Severidade de pinta preta em cultivo de batata (cv. Monalisa) tratado com fungicidas e acibenzolar-s-metílico. Pilar do Sul-SP, outubro a dezembro/2008

Figura 11 - Área abaixo da curva de progresso da pinta preta em cultivo de batata (cv. Monalisa) tratado com fungicidas e acibenzolar-s-metílico. Pilar do Sul-SP, outubro a dezembro/2008

Figura 12 - Produtividade comercial de plantas de batata (cv. Monalisa) tratadas com fungicidas e acibenzolar-s-metílico. Pilar do Sul-SP, outubro a dezembro/2008

No experimento 4, a pinta preta atingiu os maiores níveis de severidade destruindo 79% da área foliar aos 75 DAE (Tabela 4). Todos os programas testados reduziram de modo significativo a severidade, apresentando níveis de controle que variaram de 75 a 98%. As curvas de progresso da pinta preta encontram representadas na Figura 13. O programa padrão 1 foi superior aos padrões 7 e 13, e semelhante aos demais. Acibenzolar-s-metílico promoveu aumento significativo da pinta preta apenas quando foi adicionado ao programa 14 (Figura 14). Quanto ao progresso da pinta preta os programas 1 ao 12 foram semelhantes entre si e superiores ao 13 e 14. A adição de ASM ao programa 14 reduziu a evolução da doença em relação ao 13. Os valores de AACPPP variaram de 0,6 a 36,05 (Figura 15).

Todos os programas testados proporcionaram aumento significativo da produtividade total e comercial de tubérculos (Figura 16). A pinta preta reduziu a produtividade total nas parcelas testemunhas promovendo redução de 21% na quantidade de tubérculos comerciais. As parcelas tratadas com os programas apresentam reduções que variaram de 4 a 14 %. Com relação à produtividade total e comercial de tubérculos, os programas padrões 1, 3, 5, 7, 9 e 11 foram semelhantes entre si e superiores ao 13. A adição de acibenzolar-s-metílico a programas de aplicação proporcionou aumento significativo da produção comercial de tubérculos (21%) apenas quando adicionado ao programa 14.

Figura 13 - Curvas de progresso da pinta preta em cultivo de batata (cv. Monalisa) tratado com fungicidas e acibenzolar-s-metílico. Pilar do Sul-SP, novembro/2008 a janeiro/2009

Tabela 4 - Área abaixo da curva de progresso da pinta preta (AACPPP), severidade, produtividade total e comercial em cultivo de batata (Cv. Monalisa) tratado com programas envolvendo o uso de fungicidas e acibenzolar-s-metílico. Pilar do Sul – SP, dezembro/2008 a janeiro/2009

Programas	AACPPP		Severidade		Produtividade (kg 10m ² ⁻¹)		Redução de tubérculos comerciais (%)	Aumento de produção comercial pela adição de ASM (%)
			% de área foliar afetada	% de controle	total	comercial		
1*	0,90	d	3,75	ef	95,96	27,08 bc	25,39 bc **	6,24
2	0,55	d	1,50	f	98,10	29,73 ab	27,55 ab	8,11
3	3,10	cd	10,25	de	86,95	27,18 bc	25,40 bc	6,55
4	1,73	d	4,03	def	94,87	29,13 abc	27,38 abc	7,80
5	1,88	d	6,25	def	91,04	29,18 abc	27,90 ab	4,39
6	0,60	d	1,25	f	98,41	30,85 a	29,03 a	5,90
7	3,70	cd	10,75	d	85,31	28,05 abc	26,80 abc	4,46
8	1,15	d	5,25	def	93,32	29,85 ab	28,40 ab	4,85
9	3,38	cd	8,20	def	89,56	28,23 abc	26,48 abc	6,19
10	0,95	d	4,50	def	94,27	29,50 abc	28,20 ab	4,41
11	2,30	d	7,75	def	90,13	29,93 ab	27,83 ab	7,02
12	0,73	d	3,75	ef	95,23	31,08 a	29,13 a	6,27
13	12,33	b	32,50	b	58,63	23,30 d	20,10 d	13,73
14	6,28	c	19,25	c	74,49	26,38 cd	24,28 c	7,96
testemunha	38,05	a	78,55	a	-	13,45 e	10,68 e	20,59
CV%	21,05		20,85			9,72	13,82	

*Programas padrões estão em negrito. **Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Figura 14 - Severidade da pinta preta em cultivo de batata (cv. Monalisa) tratado com fungicidas e acibenzolar-s-metílico. Pilar do Sul – SP, dezembro/2008 a janeiro 2009

Figura 15 - Área abaixo da curva de progresso da pinta preta (AACPPP) em cultivo de batata (cv. Monalisa) tratado com fungicidas e acibenzolar-s-metílico. Pilar do Sul – SP, dezembro/2008 a janeiro/2009

Figura 16 - Produtividade comercial de plantas de batata (cv. Monalisa) tratadas com fungicidas e acibenzolar-s-metílico. Pilar do Sul-SP, dezembro/2008 a janeiro/2009

O indutor de resistência acibenzolar-s-metílico (ASM) reduziu a severidade e o progresso da requeima e da pinta preta, porém promoveu aumento da produtividade total e comercial apenas quando avaliado para requeima. Destaca-se que ASM não diferiu de FP quanto à produtividade total, porém esse foi superior ao fosfito em relação à produtividade comercial. O caráter precoce e mais destrutivo da requeima, em relação à pinta preta, e a aplicação de ASM nos primeiros estádios fenológicos no experimento 1, podem justificar o impacto positivo do indutor sobre a produtividade, nessa condição.

O potencial de ASM ativar o sistema de defesa de plantas de batata e refletir de forma positiva no controle da requeima e a pinta preta observado nesse estudo, também foi constatado por Beyer et al. (2001), Sala et al. (2007) e Bokshi et al. (2003), respectivamente. Segundo esses autores, a indução de resistência promovida por ASM em plantas de batata deve-se principalmente a síntese de quitinases e β 1,3 glucanases.

Com exceção de mandipropamida, a adição de ASM à mefenoxam+mancozebe, cimoxanil+mancozebe e mancozebe promoveu aumento do controle da requeima, no entanto, apenas quando em mistura com mancozebe proporcionou aumento na produtividade total e comercial. Por outro lado, a adição de ASM a mancozebe, azoxistrobina e difenoconazol não incrementou o controle da pinta preta, nem refletiu sobre a produtividade. Mancozebe e ASM não diferiram quanto à severidade, progresso da pinta preta e produtividade, porém mancozebe+ASM foi superior ao ASM. O efeito positivo da adição de ASM a fungicidas sistêmicos, translaminares e de contato no controle de doenças também foram verificados para *Phytophthora parasitica* em *Arabidopsis sp* (MOLINA; HUNT; RYALS, 1998), oídio e septoriose em trigo (STADNICK; BUCHENAUER, 1999) e requeima em batata (TRUJILLO et al., 1997; NAVIA et al., 2000, 2001; FERNANDEZ-NORTHCOTE, 2001; TOFOLI et al., 2005).

Aumentos de controle de doença pela adição de ASM a fungicidas sistêmicos sem reflexos sobre a produção observados nesse estudo, também foram verificados no controle do oídio do trigo (STADNICK; BUCHENAUER, 1999) e da requeima da batata (TOFOLI et al., 2005). Os fungicidas sistêmicos e translaminares por protegerem as plantas de uma forma mais completa, talvez limitem que a indução de resistência contribua de forma mais efetiva sobre o aumento da produção. Por outro lado, os incrementos de controle e produtividade pela adição de ASM a mancozebe, observados no experimentos 1, concordam com os resultados de Tofoli et al. (2005) no controle da requeima da batata e Tofoli e Domingues (2005) no controle da pinta preta do tomateiro. Tal fato, pode ser justificado por uma provável ação sinérgica entre a indução de resistência e a ação fungicida de mancozebe. Por ser um

fungicida de contato, mancozebe apresenta vulnerabilidade à ação de fatores externos que podem comprometer sua eficiência em muitas situações (AZEVEDO, 2003). A proteção sistêmica proporcionada por ASM provavelmente contribuiu para que esses limites fossem minimizados e maiores níveis de controle e produtividade fossem alcançados pela mistura.

Os programas padrões testados no controle da requeima e pinta preta, se destacaram em relação aos realizados pelo produtor. Além de maior eficácia e maiores níveis de produtividade total e comercial de tubérculos, esses se caracterizaram por uma expressiva redução do número de aplicações. Tal resultado pode ser justificado, principalmente pelo uso de um maior número de aplicações de produtos específicos e pelo uso combinado de produtos que se destacaram quanto à ação protetora, residual, curativa, antiesporulante e resistência à chuva, nos capítulos 2 e 3. No caso da requeima, a antecipação da aplicação de fungicidas sistêmicos para estádios fenológicos mais críticos (pós-emergência e rápido crescimento vegetativo) provavelmente contribuíram para uma maior proteção e refletiram de forma direta sobre a evolução da requeima e produção de tubérculos (ZELLNER et al., 2010). Os menores níveis de controle e produtividade obtidos pelo produtor podem ser explicados pelo uso predominante de fungicidas de contato nos estágios iniciais da cultura e pelo uso de fungicidas translaminares em caráter curativo.

A adição de ASM a programas de aplicação no controle da requeima e pinta preta da batata, foi significativa apenas nos programas onde prevaleceram aplicações de fungicidas de contato e translaminares, provavelmente pelo mesmo fato discutido anteriormente. A aplicação de ASM em estádios fenológicos iniciais, nos experimentos 2 e 4, pode ter contribuído para que ASM promovesse aumento da produtividade comercial. O efeito positivo da adição de ASM em programas de aplicação de fungicidas em tomateiro também foi observado por Castro et al. (2000, 2001), que constataram redução significativa da ocorrência de requeima, pinta preta, septoriose e mancha bacteriana, bem como incrementos na produção e qualidade de frutos. Tofoli et al. (2005) estudando a ação de programas de aplicação sobre a pinta preta do tomateiro observaram que a aplicação de ASM+mancozebe alternado com difenoconazol ou azoxistrobina proporcionou aumento significativo no controle da doença e produção de frutos.

Apesar de não ser estatisticamente significativa, a adição de ASM a tebuconazol proporcionou redução de 18% na produção de tubérculos. A redução de doença pelo uso de ASM sem acréscimos, ou redução da produção observada nesse estudo também foi verificada para outros patossistemas como a mancha bacteriana do tomateiro (LOUWS et al., 2001), mancha bacteriana do fumo (COLE, 1999), pinta preta do tomateiro (TOFOLI et al., 2005)

entre outros. Segundo Stadnik e Buchenauer (1999) este resultado provavelmente deve-se ao fato das plantas induzidas apresentarem um gasto adicional de energia de forma que a redução de severidade obtida não se reflita sobre a produção. Romero et al. (2001), também verificaram redução na produção e na maturação de frutos de pimentão quando tratados com ASM na ausência de doença, reforçando a idéia de um custo energético para a planta quando a resistência da planta é ativada. Apesar de não terem sido observados sintomas de fitotoxicidade nas parcelas tratadas com tebuconazol+ASM, essa redução da produtividade sugere que ASM possa ter aumentado o potencial fitotóxico do triazol (FORCELINI, 1994).

O potencial de fosfito de potássio (FP) no controle da requeima seja isolado, em mistura com fungicidas ou em programas de aplicação foi pouco expressivo nesse estudo. FP isolado reduziu a severidade e o progresso da requeima, porém não promoveu aumento da produção em relação à testemunha, nem influenciou nenhuma característica, quando adicionado aos programas de aplicação. A alta suscetibilidade da cultivar Agata à requeima pode explicar o baixo desempenho do fosfito de potássio, nesse estudo. Andreu et al. (2006) também obtiveram baixo desempenho de fosetil-Al no controle da requeima quando utilizaram cultivares altamente suscetível ou resistente, e proteção significativa quando esse foi aplicado em uma cultivar com resistência intermediária.

Apesar da ação de fosfito no controle da requeima na parte aérea ser observada nesse estudo e em alguns trabalhos, a maior parte deles, enfatiza o potencial dos fosfitos em controlarem a doença nos tubérculos. A característica sistêmica do fosfito de potássio permite que esse ao ser absorvido pelas folhas seja translocado via floema até os tubérculos e os proteja do ataque de *P. infestans* e *P. erythroseptica*. (COOKE; LITTLE, 2002; JOHNSON et al., 2004; ANDREU; CALDIZ, 2006; MAYTON et al., 2008).

Além de atuarem como fungicida e indutor de resistência, o fosfito de potássio é considerado uma fonte de fósforo e potássio adicional a planta. Após controlar patógenos e induzir a formação de fitoalexinas, esse é metabolizado a fosfato, a forma assimilável de fósforo pelas plantas. Por essa razão os fosfitos como um todo são comercializados na forma de fertilizantes e não fungicidas ou indutores de resistência. Andreu et al. (2006) destacam que o uso de fosfitos promove o desenvolvimento de plantas mais vigorosas e verdes, no entanto, esse efeito tônico não foi observado nesse trabalho. O uso de fosfito de potássio em plantas de batata sem incremento da produção observada nesse trabalho, também foi verificada por Johnson et al. (2004).

A ação inespecífica da indução de resistência de ASM abre grandes perspectivas para a utilização desse produto em programas multidisciplinares de manejo de doenças na cultura

da batata. Além de reduzir a requeima e pinta preta, ASM apresenta ação simultânea sobre a canela preta (*Pectobacterium carotovorum*) e a podridão seca (*Fusarium semitectum*) (BENELLI et al., 2004; BOKSHI et al., 2003). Segundo o FRAC (2010), não se conhece a ocorrência de raças de patógenos resistentes a ASM, tal fato, reforça o seu uso em programas de aplicação de fungicidas com o objetivo de reduzir a dose, a frequência de aplicação e prolongar a vida útil dos fungicidas (WALTERS, 2010).

Além de *P. infestans*, os fosfitos têm demonstrado ação sobre outras doenças da batata como a fusariose (*Fusarium solani*), a rizoctoniose (*Rhizoctonia solani*), a sarna (*Streptomyces scabies*) e a podridão mole (*Pectobacterium carotovorum*). Tal fato aponta para a versatilidade desses produtos em programas de manejo de doenças (ANDREU; CALDIZ, 2006; LOBATO et al., 2008, 2010). Apesar dos fosfitos serem considerados produtos com baixo risco de selecionar raças resistentes de patógenos, verificou-se que fosetil-alumínio, precursor do fosfito, foi capaz de selecionar isolados insensíveis de *Bremia lactucae*, agente causal do míldio de alface (FRAC, 2010; BROWN et al., 2004).

5.3 Considerações finais

Nesse estudo acibenzolar-s-metílico isolado, em mistura com fungicidas e em programas de aplicação controlou de forma significativa a requeima e pinta preta na cultura da batata. No entanto, os resultados mais expressivos de controle e produção foram obtidos por sua mistura com mancozebe e por sua aplicação em programas onde prevaleceu o uso de fungicidas translaminares e de contato. Apesar do fosfito de potássio reduzir a severidade e a evolução da requeima, esse não incrementou o controle e a produtividade quando aplicado em mistura com fungicidas diferentes níveis de sistemicidade ou associado a programas de aplicação.

Referências

ANDREU, A.B.; CALDIZ, D.O. El uso de fosfitos y su contribución al control de tizón tardío y *Fusarium* spp. **Del Campo a la Fabrica**, Balcarce, v. 6, n. 1, p. 3-7, 2006.

ANDREU, A.B.; GUEVARA, M.G.; WOLSKI, E.A.; DALEO, G.R.; CALDIZ, D.O. Enhancement of natural disease resistance in potatoes by chemicals. **Pest Management Science**, West Sussex, v. 62, n. 2, p. 162-70, 2006.

AGOSTINI, J.P.; BUSHONG, P.M.; TIMMER, L.W. Greenhouse evaluation of products that induced host resistance for control of scab, melanose and alternaria brown spot of citrus. **Plant Disease**, St. Paul, v. 87, n. 1, p. 69-74, 2003.

ARAUJO, J.S.P.; GONÇALVES, K.S.; OLIVEIRA, B.C.; RIBEIRO, R.L.D.; POLIDORO, J.C. Efeito do acibenzolar-S-methyl sobre murcha-bacteriana do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 5-8, 2005.

AZEVEDO, L.A.S. **Fungicidas protetores**: fundamentos para o uso racional. São Paulo: O Autor, 2003. 320 p.

BACH, E.E.; BARROS, B.C.; KIMATI, H. Induced resistance against *Bipolaris bicolor*, *Bipolaris sorokiniana*, e *Dreschlera tritici-repentis* in wheat leaves by xanthan gum and heat-inactivated conidial suspension. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 151, p. 411-418, 2003.

BARROS, F.C.; SAGATA, E.; FERREIRA, L.C.C.; JULIATTTI, F.C. Indução de resistência em plantas a fitopatogenos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 2, p. 231-239, Mar./Apr. 2010.

BASHAN, B., LEVY, Y., COHEN, Y. Variation in sensibility of *Phytophthora infestans* to fosetyl-Al. **Plant Pathology**, London, v. 39, p. 134-140, 1990.

BAYSAL, Ö.; SOYLU, E.M.; SOYLU, S. Induction of defence-related enzymes and resistance by the plant activator acibenzolar-S-methyl in tomato seedlings against bacterial canker caused by *Clavibacter michiganensis* spp. *michiganensis*. **Plant Pathology**, Bangor, v. 52, n. 6, p. 747-753, 2003.

BECKTELL, M.C.; DAUGHTREY, M.L.; FRY, W.E. Epidemiology and management of petúnia and tomato late blight in the greenhouse. **Plant Disease**, St Paul, v. 89, p. 1000-1008, 2005.

BECOT, S.; PAJOT, E.; LE CORRE, D.; MONOT, C.; SILUÉ, D. Phytogard (K₂HPO₃) induces localized resistance in cauliflower to downy mildew of crucifers. **Crop Protection**, Surrey, v. 19, p. 417-425, 2000.

BENELLI, A.I.H.; DENARDIN, N.D.; FORCELINI, C.A. Ação do acibenzolar-S-metil aplicado em tubérculos e plantas de batata contra canela preta, incitada por *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atrosepticum* atípica. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 263-267, 2004.

BESSER, K.; JAROSH, B.; LANGEN, G.; KOGEL, K.H. Analysis of gene induced in barley after chemical activation reveals distinct disease pathways. **Molecular Plant Pathology**, London, v.1, p. 277-286, 2000.

BEYER, K.; BINDER, A.; BOLLER, T.; COLLINGE M. Identification of potato genes induced during colonization by *Phytophthora infestans*. **Molecular Plant Pathology**, London, v. 2, p. 125-134, 2001.

BOKSHI, A.I.; MORRISA, S.C.; DEVERALLB, B.J. Effects of benzothiadiazole and acetylsalicylic acid on b-1,3-glucanase activity and disease resistance in potato. **Plant Pathology**, Oxford, v. 52, p. 22-27, 2003.

BONALDO, S.M.; PASCHOLATI, S.F.; ROMEIRO, R.S. Indução de resistência: noções básicas e perspectivas. In: CAVALCANTI, L.S.; DI PIERO, R.M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S.F.; RESENDE, M.L.V.; ROMEIRO, R.S. (Ed.). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 11-28.

BRACKMANN, A.; GIEHL, R.F.H.; SESTARI, I.; STEFFENS, C.A. Fosfitos para o controle de podridões pos-colheita em maçãs Fuji, durante o armazenamento refrigerado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 1039-1042, 2004.

BROWN, S.; KOIKE, S.T.; OCHOA, O.E.; LAEMMLEN, F.; MICHELMORE, R.W. Insensitivity to the fungicide fosetyl-aluminum in California isolates of the lettuce downey mildew pathogen *Bremia lactucae*. **Plant Disease**, St. Paul, v. 88, p. 502-508, 2004.

BUONAURIO, R.; IRITI, M.; ROMANAZZI, G. Induced resistance to plant diseases caused by oomycetes and fungi. **Petria**, Rome, v. 19, n. 3, p. 130-148, 2009.

BUZI, A.; CHILOSI, G.; DE SILLO, D.; MAGRO, P. Induction of resistance in melon to *Didimella bryoniae* and *Sclerotinia sclerotiorum* by seed treatment with acibenzolar-s-methyl and methyl jasmonate but not with salicylic acid. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 152, p. 34-42, 2004.

CAPDEVILLE, G.; BEER, S.V.; WATKINS, C.B.; WILSON, C.L.; TEDESCHI, L.O.; AIST, J.R. Pre- and post-harvest harpin treatments of apples induce resistance to blue mold. **Plant Disease**, St Paul, v. 87, p. 39-44, 2003.

CASTRO, P.R.C.; SERCILOTO, C.M.; PEREIRA, M.A.; RODRIGUES, J.L.M. **Utilização de fosfitos e potencial de aplicação dos aminoácidos na agricultura tropical**. Piracicaba: ESALQ, DIBD, 2008. 71 p. (Série Produtor Rural, 38).

CASTRO, R.M.; VIEIRA, M.; SCANAVACHI, V.; AZEVEDO, L.A. Efeito do ativador de plantas acibenzolar-S-methyl na proteção contra doenças, incremento de produção e qualidade de frutos em tomate estaqueado. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 492, 2001. Suplemento.

CASTRO, R.M.; VIEIRA, M.; SCANAVACHI, E.; GUICHERIT, E. Redução na severidade de doenças e incremento da produção e qualidade dos frutos de tomate estaqueado em áreas comerciais através da aplicação do ativador de plantas acibenzolar-S-methyl. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 457, 2000. Suplemento.

CAVALCANTI, F.R.; RESENDE, M.L.V.; ZACARONI, A.B.; RIBEIRO JÚNIOR, P.M.; COSTA, J.C.B.; SOUZA, R.M. Acibenzolar-S-metil e Ecolife® na indução de respostas de defesa do tomateiro contra a mancha bacteriana (*Xanthomonas vesicatoria*). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, p. 372-380, 2006.

CAVALCANTI, L.S.; BRUNELLI, K.R.; STANGARLIN, J.R. Aspectos bioquímicos e moleculares da resistência induzida. In: CAVALCANTI, L.S.; DI PIERO, R.M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S.F.; RESENDE, M.L.V.; ROMEIRO, R.S. (Ed.). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 81-124.

CAVALCANTI, L.S.; RESENDE, M.L.V., NOJOSA, G.B.A.; SANTOS, F.S.; COSTA, J.C.B., FERREIRA, J.B.; ARAUJO, D.V.; MUNIZ, M.F.S.; DEUNER, C.C.; MIRANDA, J.C. Ativadores de resistência disponíveis comercialmente. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA EM PLANTAS, 2.; SIMPÓSIO DE CONTROLE DE DOENÇAS DE PLANTAS, 4., 2004, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2004. p. 82-97.

COHEN, Y.; COFFEY, M.D. Systemic fungicides and the control of oomycetes. **Annual Review Phytopathology**, Palo Alto, v. 24, p. 311-338, 1986.

COLE, D.I. The efficacy of acibenzolar-S-methyl, an inducer of systemic acquired resistance, against bacterial and fungal diseases of tobacco. **Crop Protection**, Guilford, v. 18, p. 267-273, 1999.

COLSON-HANKS, E.S.; ALLEN S.J.; DEVERALL B.J. Effect of 2,6-dichloroisonicotinic acid or benzothiazole on *Alternaria* leaf spot, bacterial blight and *Verticillium* wilt in cotton under field conditions. **Australasian Plant Pathology**, Queensland, v. 29, p. 170-177, 2000.

COOKE, L.R.; LITTLE, G. The effect of foliar application of phosphonate formulation on susceptibility of potato tubers to late blight. **Pest Management Science**, Cichester, v. 58, p. 17-25, 2002.

CRUICKSHANK, G.; STEWART, H.E.; WASTIE, R.L. An illustrated assessment key for foliage blight of potatoes. **Potato Research**, Wageningen, v. 25, p. 213-214, 1982.

DALLAGNOL, L.J.; NAVARINI, L.; UGALDE, M.G.; BALARDIN, R.S.; CATELAM, R. Utilização de Acibenzolar-S-Methyl para controle de doenças foliares da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 32, n. 3, p. 255-259, 2006.

DURRANT, W.E.; DONG X. Systemic acquired resistance. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 42, p. 185-209, 2004.

EDREVA, A. A novel strategy for plant protection: induced resistance. **Journal of Cell and Molecular Biology**, Oxford, v. 3, p. 61-69, 2004.

FERNÁNDEZ-NORTHCOTE, E.N. Fungicides: past, present and future of fungicides uses for late blight control. In: INTERNATIONAL WORKSHOP COMPLEMENTING RESISTANCE TO LATE BLIGHT (*Phytophthora infestans*) IN THE ANDES, 2001, Lima. : **Proceedings...** Lima: Gilb, 2001. p. 67-76.

FORBES, G.A.; TAIPE, A.; PEREZ, W. Use of phosphite to manage foliar late blight in developing countries. **PPO-Special Report**, Hamar, v. 13, p. 251-252, 2009.

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

FOSTER, H.; ADASCAVEG, J.E.; KIM, D.H.; STHANGELLINE, M.E. Effect of phosphite on tomato and pepper plants and on susceptibility of pepper to phytophthora root and crown rot in hydroponic culture. **Plant Disease**, Quebec, v. 82, n. 10, p. 1165- 1171, 1998.

FRIEDRICH, L.; LAWTON, K.; RUESS, W.; MASNER, P.; SPECKER, N.; GUT RELLA, M.; MEIER, B.; DINCHER, S.; STAUB, T.; UKNES, S.; MÉTRAUX, J.-P.; KESSMAN, H.; RYALS, J.A. Benzothiadiazole derivative induces systemic acquired resistance in tobacco. **The Plant Journal**, Oxford, v. 10, n. 1, p. 61-70, 1996.

FUNGICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. **FRAC code list**: fungicides sorted by mode of action. Disponível em: <<http://www.frac.info/frac/publication/anhang/> / FRAC_Code_List_2010.pdf.>. Acesso em: 01 out. 2010

GODARD, J.F.; ZIADI, S.; MONOT, C.; LE CORRE, D.; SILUÉ, D. Benzothiadiazole (BTH) induces resistance in cauliflower (*Brassica oleracea* var *botrytis*) to downy mildew of crucifers caused by *Peronospora parasitica*. **Crop Protection**, Guildford, v. 18, p. 397-405, 1999.

GÖRLACH, J.; VOLRATH, S.; KNAUF-BEITER, G.; HENGY, G.; BECKHOVE, U.; KOGEL, K.G.; OOTENDORP, M.; STAUB, T.; WARDE, E.; KESSMANN, J.; RYALS, J. Benzothiadiazole, a novel class of inducers of systemic acquired resistance, activates gene expression and disease in wheat. **Plant Cell**, Baltimore, v. 8, p. 629-643, 1996.

GOZZO, F. Systemic resistance in crop protection: from nature to a chemical approach. **Journal of Agriculture Food Chemistry**, Easton, v. 51, p. 4487-4503, 2003.

GRANT, B.R.; GRANT, J.H.; HARRIS, J. Inhibition of growth of *Phytophthora infestans* by phosphate and phosphonate in defined media. **Experimental Mycology**, San Diego, v. 151, p. 430, 1992.

GUEST, D.I.; BOMPEIX, G. The complex action mode of action of phosphonates. **Australasian Plant Pathology**, Orange, v. 19, p. 113-115, 1990.

GUEST, D.I.; GRANT, B.R. The complex action of phosphonates as antifungal agents. **Biological Review**, Cambridge, v. 66, p. 159-187, 1991.

GURGEL, L.M.S.; OLIVEIRA, S.M.A.; COÊLHO, R.S.B.; SILVA, R.L.X. Proteção a murcha de fusário do tomateiro com Acibenzolar-S-Metil e Ácido b-Aminobutírico, em campo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 6, p. 655-657, 2005.

GUZZO, S.D.; CASTRO, R.M. de; KIDA, K.; MARTINS, E.M.F. Ação protetora do acibenzolar-S-methyl em plantas de cafeeiro contra ferrugem. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 68, n. 1, p. 89-94, 2001.

HUANG, Y.; DEVERALL, B.J.; TANG, W.H.; WANG, W.; WU, F.W. Foliar application of acibenzolar-S-methyl and protection of postharvest Rock melons and Hami melons from disease. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 106, p. 651-656, 2000.

IRITI, M.; FAORO, F. Benzothiadiazole (BTH) induces cell-death independent resistance in *Phaseolus vulgaris* against *Uromyces appendiculatus*. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 151, n. 3, p. 171-180, 2003.

IRVING, H.R.; KÚC, J. Local and systemic induction of peroxidase, chitinase and resistance in cucumber plants by K_2HPO_4 . **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 37, p. 355-366, 1990.

JACKSON, T.J.; BURGESS, T.; COLQUHOUN, I.; HARDY, G.E. St. J. Action of the fungicide phosphite on *Eucalyptus marginata* inoculated with *Phytophthora cinnamomi*. **Plant Pathology**, Bangor, v. 49, p. 147-154, 2000.

JOHNSON, D.A.; INGLIS, D.A.; MILLER, J.S. Control of potato tuber caused by oomycetes with foliar application of phosphorous acid. **Plant Disease**, St. Paul, v. 88, p. 1153-1159, 2004.

KESSMANN, H.; STAUB, T.; HOFMANN, C.; MAETZKE, T.; HERZOG J. Induction of systemic acquired disease resistance in plants by chemicals. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 32, p. 439-459, 1994.

KÚC J. Concepts and direction of induced systemic resistance in plants and its application. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 107, p. 7-12, 2001.

LEITE, B.; RONCATO, L.D.; PASCHOLATI, S.F.; LAMBAIS, M.R. Reconhecimento e transdução de sinais moleculares em interações plantas- fungos patogênicos. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 5, p. 235-280, 1997.

LESKOVAR, D.I.; KOLENDA, K. Strobirulin + acibenzolar-S-methyl controls white rust without inducing leaf chlorosis in spinach. **Annals of Applied Biology**, London, v. 140, p. 171-175, 2002.

LOBATO, M.C.; OLIVIERI, F.P.; DALEO, G.R.; ANDREU, A.B. Antimicrobial activity of phosphites against different potato pathogens. **Journal of Plant Diseases and Protection**, Stuttgart, v. 117, p. 102-109, 2010.

LOBATO, M.C.; OLIVIERI, F.P.; GONZALEZ ALTAMIRANDA, E.A.; WOLSKI, E.A.; DALEO, G.R.; CALDIZ, D.O.; ANDREU, A.B. Phosphite compounds reduce disease severity in potato seed tubers and foliage. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 122, n. 3, p. 349-358, 2008.

LOUWS, F.J.; WILSON, M.; CAMPBELL, H.L.; CUPPLES, D.A.; JONES, J.B.; HOEMACKER, P.B.; DAHIN, F.; MILLER, S.A. Field control of bacterial spot and bacterial speck of tomato using a plant activator. **Plant Disease**, St. Paul, v. 85, p. 481-488, 2001.

MADAMANCHI, N.R.; KUC, J. Induced systemic resistance in plants. In: COLE, G.T., HOCH, H. (Ed.). **The fungal spore and disease initiation in plants**. New York: Plenum Press, 1991. p. 347-362.

MARTINS, E.M.F. Proteínas relacionadas a patogenicidade. In: PASCHOLATI, S.F.; LEITE, B.; STANGARLIN, J.R.; CIA, P. **Interação planta-patógeno**. fisiologia, bioquímica e biologia molecular. Piracicaba: FEALQ, 2008. p. 387-410.

MAXSON-STEIN, K.; HE, S.Y.; HAMMERSCHMIDT, R.; JONES, A. L. Effect of treating apple trees with acibenzolar-*S*-methyl on fire blight and expression of pathogenesis-related protein genes. **Plant Disease**, St Paul, v. 86, p. 785-790, 2002.

MAYTON, H.; MYERS, K.; FRY, W.E. Potato late blight in tubers – the role of foliar phosphonate application in suppressing pre harvest tuber infections. **Crop Protection**, Guildford, v. 27, p. 943-950, 2008.

MCDONALD, A.E.; GRANT, B.R.; PLAXTON, W.C. Phosphite (phosphorous acid): its relevance in the environment and agriculture and influence on plant phosphate starvation response. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 24, n. 10, p. 1505-1519, 2001.

MCGRATH, M.T. **What are fungicides:** the plant health instructor. 2004. Disponível em: <<http://www.apsnet.org/education/introplantpath/topics/fungicides/default.htm>>. Acesso em: 09 set. 2010.

MOLINA, A.; HUNT, M.D.; RYALS, J.A. Impaired fungicide activity in plants blocked in disease signal transduction. **The Plant Cell**, Rockville, v. 10, n. 10, p. 1903-1914, 1998.

MONOT, C.; PAJOT, E.; LE CORRE, D.; SILUÉ, D. Induction of systemic resistance in broccoli (*Brassica oleracea* var *botrytis*) against downy mildew (*Peronospora parasitica*) by avirulent isolates. **Biological Control**, Orlando, v. 24, p. 75-81, 2002.

MURPHY, J.F.; ZEHNDER, G.W.; SCHUSTER, D.J.; SIKORA, E.J.; POLSTON, J.E.; KLOEPPER, J.W. Plant growth-promoting rhizobacterial mediated protection in tomato against Tomato mottle virus. **Plant Disease**, St. Paul, v. 84, p. 779-784, 2000.

NAVARINI, L.; CORTE, G.D.; DEBONA, D.; GULART, C.; FAVERA, D.D.; BALARDIN, R.S. Ação de acibenzolar-*s*-methyl isolado e em combinação com fungicidas no manejo de doenças na cultura do feijoeiro. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 76, n. 4, p. 735-739, 2009.

NAVIA, O.; TRUJILLO, A.; GABRIEL, J.; GANDARILLAS, A.; FERNÁNDEZ NORTHCOTE, E.N. Utilización de un activador de resistencia en estrategias de control químico del tizón de la papa (*Phytophthora infestans*) en un cultivar susceptible y uno resistente. In: CONGRESO IBEROAMERICANO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN PATATA, 2000, Vitória. **Libro de actas...** Vitória: Potato, 2000. p. 505-517.

NAVIA, O.; TRUJILLO, A.; GANDARILLAS, A.; GABRIEL, J.; FERNÁNDEZ NORTHCOTE, E.N. Utilización de un activador de resistencia y fungicidas en estrategias de control químico del tizón de la papa en zonas muy tizoneras. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 453, 2001. Suplemento.

NIEDERMAN, T.; GENETE, Y.; BRUYERE, T.; GEES, R.; STINZI, A.; LEGRAND, M.; FRITIG, B.; MOSINGER, E. Pathogenesis-related PR-1 proteins are antifungal. **Plant Physiology**, Rockville, v.108, p. 17-27, 1995.

NOJOSA, G.B.A.; RESENDE, M.L.V.; RESENDE, A.V. Uso de fosfitos e silicatos na indução de resistência. In: CAVALCANTI, L.S.; DI PIERO, R.M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S.F.; RESENDE, M.L.V.; ROMEIRO, R.S. (Org.). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 2005. v. 1, cap. 6, p. 139-153.

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

_____. Phosphonate levels in avocado (*Persea americana*) seedling and soil following treatment with fosetyl-Al or potassium phosphonate. **Plant Disease**, St Paul, v. 73, p. 212-215, 1989b.

PAJOT, E.; CORRE, D.L.; SILUÉ, D. Phyto-gard and DL- β -amino butyric (BABA) induce resistance to downy mildew (*Bremia lactuce*) in lettuce (*Lactuca sativa* L.). **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 107, p. 861-869, 2001.

PASCHOLATI, S.F. **Potencial de *Saccharomyces cerevisiae* e outros agentes bióticos na proteção de plantas contra patógenos**. 1998. 123 p. Tese (Livre-Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

PASCHOLATI, S.F.; LEITE, B. Hospedeiro: mecanismos de resistência. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L (Ed.). **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Ceres, 1995. v. 1, p. 692-709.

PASCHOLATI, S.F.; CIA, P.; BENATO, E.A.; CAMILI, E.C. O fenômeno da indução de resistência e o controle de doenças em pos-colheita. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA EM PLANTAS, 2.; SIMPÓSIO DE CONTROLE DE DOENÇAS DE PLANTAS, 4., 2004, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2004. p. 3-6.

PASCHOLATI, S.F.; STANGARLIN, J.R.; HOTO, F.V.; PICCININ, E.; OSSWALD, W. Efeito *in vitro* do ativador "Bion" no crescimento micelial e na germinação de conídios de *Colletotrichum graminicola*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 23, p. 266, 1998. Suplemento.

PEGG, K.; WILEY, A.W.; SARANAH, J.B.; GLASS, R.J. Control of phytophthora root rot of avocado with phosphorous acid. **Australian Plant pathology**, Melbourne, v. 14, p. 25-29, 1985.

PEREIRA, R.B.; RESENDE, M.L. V.; RIBEIRO JÚNIOR, P.M.; AMARAL, D. R.; LUCAS, G.C.; CAVALCANTI, F.R. Ativação de defesa em cacaueiro contra a murcha-de-vericílio por extratos naturais e acibenzolar-S-metil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 2, p. 171-178, 2008.

REBOLLAR-ALVITER, A.; WILSON, L.L.; MADDEN, L.V.; AND ELLIS, M.A. A comparative evaluation of post-infection efficacy of mefenoxam and potassium phosphite with protectant efficacy of azoxystrobin and potassium phosphite for controlling leather rot of strawberry caused by *Phytophthora cactorum*. **Crop Protection**, Surrey, v. 29, n. 4, p. 349-353, 2010.

REIFSCHNEIDER, F. J. B.; FURUMOTO, O.; FILGUEIRA, F. A. R. Illustrated key for the evaluation of early blight of potatoes. **FAO Plant Protection**, Rome, v. 32, n. 3, p. 91-93, 1984.

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

RIZZO, A.A.N.; FERREIRA, M.R.; BRAZ, L.T. Ação de acybenzolar-S-methyl (BTH) isolado e em combinação com fungicidas no controle do cancro da haste em melão rendilhado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 238-240, 2003.

ROMEIRO, A.M.; KOUSIK, C.S.; RITCHIE, D.F. Resistance to bacterial spot in bell pepper induced by Acibenzolar-S-methyl. **Plant Disease**, St. Paul, v. 85, p. 189-194, 2001.

ROMEIRO, R.S. Indução de resistência em plantas a patógenos. In: PASCHOLATI, S.F.; LEITE, B.; STANGARLIN, J.R.; CIA, P. **Interação planta-patógeno: fisiologia, bioquímica e biologia molecular**. Piracicaba: FEALQ, 2008, p. 411-433.

SAINDRENAT, P.; BARCHIETTO, T.; BOMPEIX, G. Effects of phosphonate on the elicitor activity of culture filtrates of *Pytophthora cryptogea* in *Vigna unguiculate*. **Plant Science**, Sofia, v. 76, p. 245-251, 1990.

SALA, E.; MARINELLO, S.; BURZI, P.L., GALLETTI, S.; CERATO C. Late blight resistance of potato breeding clones and response to ASM treatment. **PPO-Special Report**, Bologna, v. 12, p. 325-329, 2007.

SCHEPERS, H; SPITS, H. **Effectiveness of fungicides against foliage blight caused by *Phytophthora infestans***: euroblight protocol. Disponível em: <<http://www.euroblight.net/EuroBlight.asp>>. Acesso em: 01 out. 2007

SHANER, G.; FINNEY, R.E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, St. Paul, v. 67, p.1051-1056, 1977.

SI-AMMOUR, A.; MAUCH-MANI, B.; MAUCH, F. Quantification of induced resistance against *Phytophthora* species expressing GFP as a vital marker: b-aminobutyric acid but not BTH protects potato and *Arabidopsis* from infection. **Molecular Plant Pathology**, London, v. 4, p. 237-248, 2003.

SILUE, D.; PAJOT, E.; COHEN, Y. Induction of resistance to downy mildew (*Peronospora parasitica*) in cauliflower by DL- β -amino-*n*-butanoic acid (BABA). **Plant Pathology**, London, v. 51, p. 97-102, 2002.

SMILLE, R.; GRANT, B.R.; GUEST, D. The mode of action of phosphite: evidence for both direct and indirect modes of action on three *Phytophthora* spp. in plants. **Phytopathology**, St Paul, v. 79, p. 921-926, 1989.

SÔNEGO, O.R.; GARRIDO, L.R.; CZERMAINSKI, A.B.C. **Avaliação de fosfitos no controle do míldio da videira**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. 18 p.

STADNIK, M.J. Indução de resistência a oídios. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 26, p. 175-177, 2000.

STADNIK, M.J.; BETTIOL, W. Controle biológico de oídios. In: MELO, I.S.; AZEVEDO, J.L. **Controle biológico**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. v. 2, p. 95-116.

STADNIK, M.J.; BUCHENAUER, H. Control of wheat diseases by a benzothiadiazole-derivate and modern fungicides. **Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz**, Stuttgart, v. 106, p. 466-475, 1999.

STEINER, U.; SHÖNBECK, F. Induced disease resistance in monocots. In: HAMERSCHMIDT, R.; KÚC, J. (Ed.). **Induced resistance to disease plants: development in plant pathology**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1995. p. 86-110.

STICHER, L.; MAUCH-MANI, B.; MÉTRAUX, J.P. Systemic acquired resistance. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 35, p.235-270, 1997.

SUO, Y.; LEUNG, D.W.M. ASM-induced accumulation of extracellular proteins and blackspot disease in rose. **Biologic Plantarum**, Haikou, v.55, n. 2, p. 273-279, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TERRY, L.A.; JOYCE, D.C., Suppression of grey mould on strawberry fruit with the chemical plant activator acibenzolar. **Pest Management Science**, Hoboken, v. 56, p. 989-992, 2000.

TOFOLI, J.G. **Ação de fungicidas e acibenzolar-s-methyl no controle da pinta preta do tomateiro**. 2002. 123 p. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2002.

TOFOLI, J.G.; DOMINGUES, R.J. Controle da pinta preta do tomateiro com o uso de acibenzolar-s-metil isolado, em mistura com fungicidas e em programas de aplicação. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 72, n. 4, p. 481-487, 2005.

TOFOLI, J.G.; DOMINGUES, R.J.; FERREIRA, M.R.; GARCIA JÚNIOR, O. Ação de acibenzolar-s-methyl isolado e em mistura com fungicidas no controle da requeima da batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p.749-753, 2005.

TRUJILLO, A.; NAVIA, O.; FERNANDEZ-NORTHCOTE, E.N. Integration of resistance and chemical control for late blight. Use of resistance activator. In: CONGRESO LATINO AMERICANO DE FITOPATOLOGIA, 10., 1997, Montevideo. **Resumos...** Montevideo, 1997. p. 254.

VALLAD, G.E.; GOODMAN, R.M. Systemic acquired resistance and induced systemic resistance in conventional agriculture. **Crop Science**, Madison, v. 44, p. 1920-1934, 2004.

WALTERS, D.; WALSH, D.; NEWTON, A.; LYON, G. Induced resistance for plant disease control: Maximizing the efficacy of resistance elicitors. **Phytopathology**, St. Paul, v. 95, p. 1368-1373, 2005.

WALTERS, D.R. Induced resistance: destined to remain on the sidelines of crop protection. **Phytoparasitica**, Tel Aviv, v. 38, n. 1, p. 1-4, 2010.

WALTERS, D.R.; FOUNTAINE, J.M. Practical application of induced resistance to plant diseases: an appraisal of effectiveness under field conditions. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 147, p. 523-535, 2009.

WALTERS, D.R.; NEWTON, A.; LYON, G. **Induced resistance for plant defence**: a sustainable approach to crop protection. Oxford: Blackwell, 2007. 258 p.

YAMAGUCHI, I. Activators for systemic acquired resistance. In: HUTSON, D., MYAMAMOTO, J. (Ed.). **Fungicidal activity**. New York: Wiley, 1998. p.193-21.

ZELLNER, M.; WAGNER S.; WEBER, B.; HOFBAUER, J. **The correct strategy against late blight in potatoes**. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Institut für Pflanzenschutz. Disponível em: <http://www.lfl.bayern.de/ips/blattfruechte_mais/36321>. Acesso em: 16 set. 2010.

ANEXOS

1 Metodologias

1.1 Obtenção de isolados e produção de inóculo.

O isolado de *Phytophthora infestans* utilizado nos experimentos de casa de vegetação e laboratório foi coletado em cultivo comercial de batata localizado em Pilar do Sul-SP. O patógeno foi mantido *in vivo* através de sucessivas inoculações de folhas de batatas (cv. Agata) mantidas em câmara úmida e incubadas em BOD à temperatura de 18° C e fotoperíodo de 12 horas, durante 5 - 6 dias.

O isolado de *Alternaria solani* foi obtido de folhas de batata (cv. Monalisa) proveniente de Pilar do Sul – SP. Com auxílio de agulha histológica, estruturas do patógeno foram transferidas para placas de Petri contendo ágar-água. Após o crescimento as colônias obtidas foram purificadas através de repicagens sucessivas em BDA (200 g de batata, 10g de dextrose, 15 g de ágar). Durante o processo de isolamento e purificação as colônias foram incubadas a 25° C e fotoperíodo de 12 horas. A confirmação da espécie para o isolado obtido foi realizada com base nas dimensões médias dos conídios. Os conídios de bico único apresentaram comprimento de 110 µm e largura de 19-µm, sendo os bicos de 85 µm. Conídios com dois bicos atingiram comprimento de 82 µm, largura de 17 µm bicos com 60 e 72 µm, respectivamente.

O inóculo de *Alternaria solani* foi produzido através de uma adaptação da metodologia adotada por Töfoli et al. (2005), onde o fungo foi cultivado em placas de Petri (Pyrex Cornor) com meio de V8 (200 mL de suco V8, 4 g de carbonato de cálcio, 15 g de ágar, 800 mL de água destilada) por sete dias, à temperatura de 25° C e ausência de luz. Após o crescimento, as colônias foram submetidas à raspagem do micélio superficial, com auxílio de pincel e água destilada estéril, e as placas foram incubadas à temperatura de 8°C por 6 horas. Em seguida, as placas foram incubadas em BOD, sob fotoperíodo de 12 horas com luz negra e temperatura de 18° C, por 72 horas.

1.2 Cultivo e pulverização de plantas de batata em casa de vegetação

As plantas de batata utilizadas nos experimentos de casa de vegetação e laboratório foram cultivadas em vasos plásticos (PT 15), contendo substrato a base de casca de pinus, vermiculita expandida, turfa processada e enriquecido com nutrientes, especialmente desenvolvido para solanáceas. Em cada vaso foi plantado dois tubérculos brotados originando plantas com 2 a 3 hastes. As plantas foram conduzidas para evitar o acamamento.

A aplicação dos fungicidas foi realizada com um pulverizador costal pressurizado a CO₂, equipado com uma lança de ponta única (bico cônico do tipo TXKV26), pressão constante de 3 Bar, volume de aplicação de 300 L ha⁻¹ e a distância entre a ponteira e o alvo de aproximadamente 0,5 m. A aplicação foi conduzida de forma permitir a cobertura uniforme da planta, em especial, das folhas marcadas.

1.3 Cultivares

As cultivares utilizadas nos experimentos de casa de vegetação e campo foram:

Agata: Desenvolvida na Holanda é originária do cruzamento entre o clone BM52 72 e a cultivar Sirco. Possui tubérculos ovais, de casca amarela, lisa, polpa de cor amarela-clara e olhos superficiais. Possui porte baixo, boa arquitetura foliar, apresenta maturação precoce a semi-precoce, alto rendimento e baixo teor de matéria seca. É altamente suscetível a requeima (MELO et al., 2003; THE EUROPEAN..., 2010a).

Monalisa: criada na Holanda é originária do cruzamento de Bierma A1-287 x Colmo. Possui casca amarela e polpa amarela clara, com maturação semi-tardia e rendimento muito alto, produz tubérculos de forma oval-alongada de tamanho grande. Possui resistência a diversas viroses, porém é susceptível a requeima e a pinta preta. (THE EUROPEAN..., 2010b)

2 Escalas de notas

As escalas utilizadas nos experimentos de casa de vegetação e campo foram as seguintes:

Figura 1 - Porcentagens de área foliar afetada pela requeima da batata. James, 1971

Figura 2 - Porcentagens de área foliar afetada pela pinta preta da batata. Reifschneider (1984)

Figura 3 - Porcentagens de área foliar afetada pela requeima de 0 a 100% segundo Cruickshank, Stweart e Wastie (1982)

3 Características técnicas dos fungicidas e indutores

Os fungicidas e indutores testados encontram-se caracterizados nas Tabelas 1, 2 e 3

Tabela 1 - Características dos fungicidas testados para requeima (*P. infestans*) na cultura da batata

(continua)

Ingrediente Ativo	Grupo Químico	Ingrediente Ativo (%)	Modo de Ação*	Mobilidade	Formulação **	Dose (kg ou L p.f. ha ⁻¹)
mefenoxam+clorotalonil	acilalanina+cloronitrila	6,75+67,5	RNA polimerase I / múltiplo sítio de ação	sistêmico e contato	GD	1,50
mefenoxam+mancozebe	acilalanina+ditiocarbamato	4+64	RNA polimerase I / múltiplo sítio de ação	sistêmico e contato	GD	2,50
dimetomorfe+mancozebe	amida do ácido cinâmico+ditiocarbamato	50/80	biossíntese de fosfolípidos e deposição da parede celular/ múltiplo sítio de ação	translaminar e contato	PM	0,45+3,00
dimetomorfe+clorotalonil	amida do ácido cinâmico+cloronitrila	50/82,5	biossíntese de fosfolípidos e deposição da parede celular /múltiplo sítio de ação	translaminar e contato	PM/GD	045+1,50
dimetomorfe+ametoctradina	amida do ácido cinâmico+pirimidilamina	22,5+30	biossíntese de fosfolípidos e deposição da parede celular/inibição da respiração – complexo I	translaminar	SC	1,00
ametoctradina+metiram	pirimidilamina+ditiocarbamato	12+44	inibição da respiração – complexo I/ múltiplo sítio de ação	contato	GD	2,00
cimoxanil+mancozebe	cianoacetamida+ditiocarbamato	8+64	Biossíntese de ácidos nucleicos e proteínas / múltiplo sítio de ação	translaminar e contato	PM	2,00
famoxadona+cimoxanil	oxalidinadiona+cianoacetamida	22,5+33	respiração – complexo III QoI / múltiplo sítio de ação	translaminar	GD	0,60
famoxadona+mancozebe	oxalidinadiona+ditiocarbamato	6,25+62,5	respiração – complexo III QoI / múltiplo sítio de ação	translaminar e contato	GD	1,20
piraclostrobina+metiram	estrobilurina+ditiocarbamato	5+50	respiração – complexo III QoI / múltiplo sítio de ação	contato e contato	GD	1,50
mandipropamida	mandelamida	25	biossíntese de fosfolípidos e deposição da parede celular	translaminar	SC	0,40
mandipropamida+clorotalonil	mandelamida+cloronitrila	4+40	biossíntese de fosfolípidos e deposição da parede celular e múltiplo sítio de ação	translaminar e contato	SC	2,00

Tabela 1 - Características dos fungicidas testados para requeima (*P. infestans*) na cultura da batata

(conclusão)

ciazofamida	cianoimidazol	40	respiração – complexo III - Qil	contato	SC	0,25
fenamidona	imidazolinona	50	respiração – complexo III QoI	contato	SC	0,30
fenamidona+ propamocarbe	imidazolinona+ carbamato	7,5+37,5	respiração – complexo III QoI / permeabilidade da membrana celular	contato e sistêmico	SC	2,00
fluopicolida+ propamocarbe	piridinilmetil-benzamida+ carbamato	6,25+62,5	divisão celular / permeabilidade da membrana celular	translaminar e sistêmico	SC	2,00
propamocarbe	carbamato	72,2	permeabilidade da membrana celular	sistêmico	SL	1,25
bentiavalicarbe+ fluazinam	valinamida+ dinitroanilina	10+25	biossíntese de fosfolípidos e deposição da parede celular /fosforilação oxidativa	translaminar e contato	SC	0,70
cimoxanil+ zoxamida	toluamida+ acetamida	31,1+31,1	divisão celular / desconhecido	translaminar e contato	GD	0,40
fluazinam	dinitroanilina	50	fosforilação oxidativa	contato	SC	1,00
clorotalonil	cloronitrila	82,5	múltiplo sítio de ação	contato	GD	1,50
mancozebe	ditiocarbamato	80	múltiplo sítio de ação	contato	PM	3,00
mancozebe NT	ditiocarbamato	75	múltiplo sítio de ação	contato	GD	3,00

*FRAC-Fungicide Resistance Action Committee. www.frac.org. **SC: suspensão concentrada, CE: concentrado emulsionável, GD: grânulos dispersíveis, PM: pó molhável, SL: suspensão líquida.

Tabela 2 - Características dos fungicidas testados para pinta preta (*A. solani*) na cultura da batata

(continua)

Ingrediente Ativo	Grupo Químico	Ingrediente Ativo (%)	Modo de ação*	Mobilidade	Formulação**	Dose (kg ou L p.f. ha ⁻¹)
iprodiona	dicarboximida	50	transdução do sinal osmótico	translaminar	SC	1,00
tebuconazol	triazol	20	inibidor da síntese de esterol	sistêmico	CE	1,00
flutriafol	triazol	12,5	inibidor da síntese de esterol	sistêmico	CE	0,75
difenoconazol	triazol	25	inibidor da síntese de esterol	sistêmico	CE	0,30
metconazol	triazol	9	inibidor da síntese de esterol	sistêmico	CE	1,00
azoxistrobina	estrobilurina	50	respiração – complexo III QoI	translaminar	GD	0,08
azoxistrobina+ difenoconazol	estrobilurina+ triazol	20+12,5	respiração – complexo III QoI / inibidor da síntese de esterol	translaminar e sistêmico	SC	0,75
piraclostrobina +metiram	estrobilurina+ ditiocarbamato	5+50	respiração – complexo III QoI / múltiplo sitio de ação	contato e contato	GD	1,50
piraclostrobina +metconazol	estrobilurina+ triazol	13+8	respiração – complexo III QoI /síntese de ergosterol	contato e sistêmico	SC	0,60
boscalida	carboximida (anelida)	50	respiração – complexo II (SDHI)	translaminar	GD	0,10
boscalida+ piraclostrobina	carboximida (anelida)+ estrobilurina	20+10	respiração – complexo II (SDHI) e III (QoI)	translaminar e contato	SE	0,25
trifloxistrobina +tebuconazol	estrobilurina+ triazol	20+10	respiração – complexo III QoI / inibidor da síntese de esterol	translaminar e sistêmico	SC	0,75
picoxistrobina	estrobilurina	25%	respiração – complexo III QoI	translaminar	SC	0,25
famoxadona+ mancozebe	oxazolidinediona+ ditiocarbamato	6,25+62,5	respiração – complexo III QoI /múltiplo sitio de ação	translaminar e contato	GD	1,20
fluazinam	dinitroanilina	50	fosforilação oxidativa	contato	SC	1,00
pirimetanil	anilinopiridilamina	30	biossíntese de metionina	translaminar	SC	
iprodiona+ pirimetanil	dicarboximida+ anilinopiridilamina	15+25	transdução do sinal osmótico/biossíntese de metionina	translaminar e translaminar	SC	0,30+0,50
ciprodinil	anilinopiridilamina	75	biossíntese de metionina	sistêmico	GD	0,25
mancozebe PM	ditiocarbamato	80	múltiplo sítio de ação	contato	PM	3,0

Tabela 2 - Características dos fungicidas testados para pinta preta (*A. solani*) na cultura da batata

(conclusão)

mancozebe NT	ditiocarbamato	75	múltiplo sítio de ação	contato	GD	3,00
clorotalonil	cloronitrila	82,5	múltiplo sítio de ação	contato	GD	1,50

*FRAC-Fungicide Resistance Action Committee. www.frac.org. **SC: suspensão concentrada, CE: concentrado emulsionável, GD: grânulos dispersíveis, PM: pó molhável, SL: suspensão líquida.

Tabela 3 - Características dos indutores testados no controle da requeima (*P. infestans*) e pinta preta (*A. solani*) da batata

Ingrediente Ativo	Grupo Químico	Ingrediente ativo (%)	Modo de ação	Formulação*	Mobilidade	Dose (kg ou L p.f. ha ⁻¹)
acibenzolar-s-metílico	benzotiadiazol	50%	indutor de resistência	GD	sistêmico	0,025
fosfito de potássio***	fosfonatos	40% de P ₂ O ₅ e 20% de K ₂ O	fertilizante foliar	SL	sistêmico	1,00

*GD: grânulos dispersíveis, SL: suspensão líquida homogênea. *** Fosfito de potássio foi testado apenas para requeima da batata

Referências

CRUICKSHANK, G.; STEWART, H.E.; WASTIE, R.L. An illustred assessment key for foliage blight of potatoes. **Potato Research**, Wageningen, v. 25, p. 213-214, 1982.

THE EUROPEAN CULTIVATED POTATO. **Database: Agata**. Disponível em: <http://www.europotato.org/display_description.php?variety_name=Agata>. Acesso em: 29 out.2009a.

_____. **Database: Monalisa**. Disponível em: <http://www.europotato.org/display_description.php?variety_name=Monalisa>. Acesso em: 29 out.2009b.

JAMES, C. An illustrated series of assessment keys for plant diseases, their preparation and usage. **Canadian Plant Disease Survey**, Saskatchewan, v. 51, p. 39-65, 1971.

MELO, P.C.T.; GRANJA, N.P.; FILHO, H.S.M.; SUGAWARA, A.C.; OLIVEIRA, R.F. Análise do crescimento da cultivar de batata Agata. **Batata Show**, Itapatininga, v. 3, n. 8, p. 16-17, 2003.

REIFSCHNEIDER, F.J.B.; FURUMOTO, O.; FILGUEIRA, F.A.R. Illustrated key for the evaluation of early blight of potatoes. **FAO Plant Protection**, Rome, v. 32, n. 3, p. 91-93, 1984.

TOFOLI, J.G.; DOMINGUES, R. J.; KUROSZAWA, C. Ação de fungicidas sobre diferentes fases do ciclo da pinta preta do tomateiro em condições controladas **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 31, n. 2, p. 125-132, 2005.