UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

CONTROLE QUÍMICO DA FERRUGEM ALARANJADA NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

Lúcio de Paula Collette

Engenheiro Agrônomo

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

CONTROLE QUÍMICO DA FERRUGEM ALARANJADA NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

Lúcio de Paula Collette

Orientador: Prof. Dr. Antonio de Goes

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal)

2016

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Lúcio de Paula Collette – Filho de Geraldo Collette e Miriam Fátima de Paula Collette, nascido em 13 de abril de 1983, em Laranjal Paulista/SP, graduou-se Engenheiro Agrônomo pela Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ, em agosto de 2006. A partir desta data, trabalhou como prestador de serviço à empresa BASF na área de fitossanidade, com o desenvolvimento de novas moléculas químicas para uso agrícola. Em agosto de 2007, após aprovação no concurso público da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, começou a trabalhar na CDA (Coordenadoria de Defesa Agropecuária), realizando a fiscalização e inspeção de pragas de interesse peculiar do Estado. Em janeiro de 2008, retornou à empresa BASF, onde permanece até a presente data. Ocupa atualmente a função de gerente de projetos fungicidas para América Latina, sendo responsável pelo desenvolvimento de novas tecnologias e posicionamento de novos produtos fitossanitários no mercado agrícola da América Latina.

Collette, Lúcio de Paula
C698c Controle químico da ferrugem alaranjada na cultura da cana-de-açúcar / Lúcio de Paula Collette. – – Jaboticabal, 2016
v, 25 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016
Orientador: Antonio de Goes
Banca examinadora: Modesto Barreto, Ivan Antônio dos Anjos
Bibliografia

1. Controle químico. 2. *Puccinia kuehnii*. 3. *Saccharum spp*. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 632.95:634.3

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: CONTROLE QUÍMICO DA FERRUGEM ALARANJADA NA CULTURA DA CANA DE AÇUCAR

AUTOR: LÚCIO DE PAULA COLLETTE
ORIENTADOR: ANTONIO DE GÓES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ANTONIO DE GÓES
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Pesquisador IVAN ANTONIO DOS ANJOS
Divisão de Estações Experimentais / IAC - Ribeirão Preto, SP

Prof. Dr. MODESTO BARRETO
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 23 de maio de 2016

SUMÁRIO

Página

TÍTULO – RESUMO.....ii
PALAVRAS-CHAVES..... iii
TITLE – ABSTRACT..... iv
KEYWORDS..... iv
LISTA DE TABELAS v
1-INTRODUÇÃO 1
2- REVISÃO DE LITERATURA 4
2.1- Ferrugem alaranjada (*Puccinia kuehnii*) 4
2.2- Controle químico de ferrugem alaranjada na cana-de-açúcar..... 5
2.3- Manejo Integrado de Doenças 7
3- MATERIAIS E MÉTODOS 8
4- RESULTADOS 14
4.1 - Experimentos conduzidos com a cultivar RB72454 (E1 e E2) .....
.....14
4.2 - Experimentos conduzidos com a cultivar SP813250 (E3 e E4) .....
.....18
5- DISCUSSÃO 20
6- CONCLUSÃO 24
7- REFERÊNCIAS 25

CONTROLE QUÍMICO DA FERRUGEM ALARANJADA NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO - A ferrugem alaranjada, causada por *Puccinia kuehnii*, é uma importante doença na cultura da cana-de-açúcar, causando danos econômicos significativos aos produtores. É responsável por 20-40 % de perda em toneladas de cana por hectare e, além disso, provoca redução no teor de sacarose nos colmos. Diante desse contexto, o objetivo desse estudo foi determinar a eficácia dos fungicidas fluxapiroxade, do grupo químico carboxamida, com formulação de fluxapiroxade 300 g L^{-1} e a formulação contendo o fluxapiroxade + piraclostrobina (167 + 333 g L^{-1}), comparados com os fungicidas padrões piraclostrobina + epoxiconazol (133 + 50 g L^{-1}) e azoxistrobina + ciproconazol (200 + 80 g L^{-1}). Para tal, foram conduzidos quatro experimentos, em condições de campo, no município de Santa Rita do Passa Quatro, estado de São Paulo, entre os meses de novembro de 2012 a abril de 2014. Foram empregadas as cultivares RB72454 e SP813250, plantadas no espaçamento 1,5 m entre linhas. Os tratamentos avaliados e as dosagens (em mL de produto comercial por hectare) foram: fluxapiroxade (167, 233, 300); fluxapiroxade + piraclostrobina (350), epoxiconazol + piraclostrobina (1000) e ciproconazol + azoxistrobina (300). O fungicida ciproconazol + azoxistrobina foi acrescido de 600 mL do óleo mineral Nimbus, enquanto nos demais fungicidas adicionou-se o óleo mineral Assist a 500 mL ha^{-1}. As aplicações dos fungicidas, em número de três, e em intervalos mensais, deram-se mediante pulverizador costal pressurizado a CO_2, com 30 lb^{-pol2}, com bicos tipo leque Teejet 8002, e volume equivalente a 150 L ha^{-1}. Um tratamento correspondente à testemunha não recebeu aplicação com fungicida. Adotou-se o delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Cada unidade experimental foi representada por parcelas constituídas por 6,0 m de largura e 10 m de comprimento, totalizando uma área de 60,0 m². As avaliações consistiram na determinação dos índices de severidade dos sintomas, empregando-se escala de notas, em número de cinco avaliações. Também foi determinada a produtividade das plantas, em termos de tonelada de colmos de cana-de-açúcar por hectare. Com os dados de severidade foi calculada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Após análise de variância, as médias foram comparadas por meio de teste de médias, empregando-se o teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. Todos os fungicidas, independente se isolados ou em misturas, de forma geral demonstraram eficiência quando aplicados previamente ao aparecimento de sintomas da doença, em cana da cultivar SP813250, a qual apresentou baixo índice de severidade da doença. Porém, quando aplicados em plantas já sintomáticas, da cultivar RB72454, verificou-se um comportamento diferenciado dos tratamentos, com destaque para fluxapiroxade 300 g L^{-1} que, em doses superiores a 233 mL pc ha^{-1}, foi estatisticamente semelhante aos padrões piraclostrobina + epoxiconazol e azoxistrobina + ciproconazol. O fungicida fluxapiroxade + piraclostrobina (167 + 333 g L^{-1}), na dose de 350 mL pc ha^{-1} foi o mais eficiente, sendo superior aos padrões, independente das condições avaliadas.

Palavras-chave: *Puccinia kuehnii*, *Saccharum* spp., controle químico

CHEMICAL CONTROL OF ORANGE RUST IN SUGAR CANE

ABSTRACT- Orange rust, caused by *Puccinia kuehnii,* is an important disease in the sugarcane crop, causing significant economic damage to farmers. It's responsible for the loss of 20 – 40% tons of sugarcane per hectare, and furthermore causes a reduction in sucrose content in the stems. In this context, the objective of this study was to determine the effectiveness of fluxapyroxad fungicides, from carboxamide chemical group, with fluxapyroxad formulation 300 g L^{-1} , and the formulation containing fluxapyroxad + pyraclostrobin (333 + 167 g l^{-1}) , compared with the standards fungicides pyraclostrobin + epoxiconazole (133 50 + g L^{-1}) and azoxystrobin + cyproconazole (200 + 80 g L^{-1}). To this, four experiments were conducted under field conditions at the municipality of Santa Rita do Passa Quatro, state of São Paulo, between November 2012 to April 2014. It was used RB72454 and SP813250 cultivars, planted with 1,5 m between rows. The treatments evaluated and dosages (in mL of commercial product per hectare) were: fluxapyroxad (167, 233, 300); fluxapyroxad + pyraclostrobin (350), epoxiconazole + pyraclostrobin (1000) and azoxystrobin + cyproconazole (300). For the cyproconazole + azoxystrobin fungicide was added 600 mL of Nimbus mineral oil, while the other fungicides were added the mineral oil Assist at 500 mL ha^{-1}. The applications of fungicides, applied three times, and with monthly intervals, were done by CO2 backpack applicator, with 30 lb-^{pol2}, nozzles type Teejet 8002, and volume equivalent to 150 $L.ha^{-1}$. A corresponding treatment as check received no fungicide application. A randomized block design with four replications was adopted. Each sample unit was represented by plots with 6.0 m width and 10 m length, with a total area of 60 m². The evaluations consisted in determining the rates the severity of symptoms, using grading scale in number of five evaluations. Also was determined the productivity of the plants in terms of tons of sugarcane stems per hectare.The severity data were transformed into area under the disease progress curve (AUDPC). After analysis of variance, the means were compared with means test, using the Scott-Knott test at 5% probability. All fungicides, regardless of isolated or in mixtures, demonstrated effectiveness when applied prior to the onset of symptoms of the disease in sugarcane cultivar SP813250, which showed low level of disease severity. However, when applied in already symptomatic plants, cultivar RB72454, there was a different behavior of the treatments, especially fluxapyroxad 300 g L^{-1} that, at doses higher than 233 mL pc ha^{-1} was statistically similar to standards pyraclostrobin + epoxiconazole and cyproconazole + azoxystrobin. The fungicide fluxapyroxad + pyraclostrobin (167 + 333 g L^{-1}), at dose of 350 ml pc ha^{-1} was the most efficient, being higher than the standards, regardless of the conditions evaluated.

Key-word: *Puccinia kuehnii, Saccharum* spp., chemical control

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1- Caracterização dos tratamentos aplicados para o controle de ferrugem alaranjada (*P. kuehnii*) na cana-de-açúcar. Jaboticabal – SP (2016) 9

Tabela 2- Caracterização das aplicações dos ensaios E1, E2, E3 e E4 para o controle de ferrugem alaranjada (*Puccinia kuehnii*) na cana-de-açúcar. Jaboticabal– SP (2016) 12

Tabela 3- Severidade máxima (%) e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da ferrugem alaranjada em cana-de-açúcar da cultivar RB72454, com aplicação dos fungicidas em plantas ainda assintomáticas (E1) e quando da presença de sintomas nas fases iniciais (E2). Jaboticabal/SP 2016.....16

Tabela 4- Produtividade (Toneladas de Cana-de-açúcar por Hectare- TCH) de cana-de-açúcar da cultivar RB72454, sob condições naturais de infecção, com aplicação dos fungicidas em plantas ainda assintomáticas (E1) e quando da presença de sintomas nas fases iniciais (E2). Jaboticabal/SP 2016.....17

Tabela 5- Severidade máxima (%) e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da ferrugem alaranjada em cana-de-açúcar da cultivar SP813250, sob condições naturais de infecção, com aplicação dos fungicidas em plantas ainda assintomáticas (E3) e quando da presença de sintomas nas fases iniciais (E4). Jaboticabal/SP 2016.....18

Tabela 6- Produtividade (Toneladas de cana-de-açúcar por Hectare- TCH) de cana-de-açúcar das cultivares SP813250, sob condições naturais de infecção, com aplicação dos fungicidas em plantas ainda assintomáticas (E3) e quando da presença de sintomas nas fases iniciais (E4). Jaboticabal/SP 2016 19

Tabela 7- Dados climáticos obtidos nos meses de conduções dos experimentos E1, E2, E3 e E4 (Temperatura média e dados pluviométricos acumulados) Jaboticabal /SP (2016) 20

1 - INTRODUÇÃO

No Brasil, o total de área cultivada com cana-de-açúcar *Saccharum* spp., na safra 2014/15, foi de aproximadamente nove milhões de hectares (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB, 2015). Isso demonstra a importância econômica e estratégica da indústria sucro energético para o Brasil.

Em que pese a pujança do setor, a cultura da cana-de-açúcar vem enfrentando problemas de ordem fitossanitária, com destaque aos causados por fungos. Dentre as doenças fúngicas, a ferrugem alaranjada, causada pelo fungo *Puccinia kuehnii* (W. Kruger) E.J. Butler, e a marrom (*Puccinia melanocephala* Syd. & P. Syd) (INFANTE et al., 2009), vêm se mostrando como as mais importantes, causando prejuízos significativos.

Segundo Zhao et al. (2011), a ferrugem alaranjada diminui o crescimento e o rendimento da cana-de-açúcar por meio de ações relacionadas com a redução da quantidade de clorofila nas folhas, efetividade de fixação do carbono, na condutância estomática e nas taxas de transpiração foliar e de fotossíntese líquida. Além disso, nos programas de melhoramento varietal, pode tornar obsoletas cultivares de elevado potencial agronômico, uma vez mostrem-se suscetíveis ao patógeno.

O primeiro relato da incidência *P. kuehnii* no Brasil deu-se quando da sua presença em canaviais da região de Araraquara, São Paulo, em dezembro de 2009 (CTC 2010). Sintomas da doença já foram verificados em diversos clones, cultivares e genótipos. Por exemplo, na pré-cultivar CV 14 Centaurus e em clones oriundos dos programas de melhoramento genético, foram verificados altos índices de severidade de sintomas (BARBASSO et al., 2010). Sob condições de campo, importantes cultivares como RB72454, SP891115 e SP842025 mostram-se suscetíveis (AGROFIT, 2015).

Segundo Ferrari (2010), os métodos recomendáveis para minimização da doença, além da substituição das cultivares suscetíveis por cultivares resistentes, são o zoneamento climático e conhecimento quanto ao comportamento geográfico das cultivares, em cada região, com decisões bem direcionadas neste contexto, e o uso de fungicidas.

Nos Estados Unidos da América, Raid et al. (2010) testaram a eficiência de 13 tratamentos fungicidas no controle de *P. kuehnii*, durante a safra 2008/09. Com níveis de severidade de 30%, os resultados apontaram que os tratamentos constituídos por fungicidas à base de estrobilurinas foram superiores e mais eficientes no controle da doença, quando comparados com os tratamentos constituídos pela combinação de estrobilurinas + triazóis.

No Brasil, segundo estudo de Canteri et al. (2012), os fungicidas a base de triazóis, associados às estrobilurinas, mostraram os melhores níveis de controle, sendo eficientes mesmo em condições de alta favorabilidade climática ao desenvolvimento da doença.

Embora os fungicidas do grupo das estrobilurinas, assim como os inibidores da biossíntese de ergosterol, demonstrem eficiência no controle de vários basidiomicetos responsáveis por sintomas do tipo ferrugem em culturas como soja, café, milho, feijoeiro, trigo, amendoim, dada a aspectos genéticos dos patógenos e fatores econômicos e socioambientais, faz-se necessário a avaliação do comportamento de novos fungicidas com vistas à busca de alternativas racionalmente mais viáveis.

Os fungicidas do grupo das carboxamidas, os quais mostram-se como novas fronteiras e complementos aos demais fungicidas usuais do mercado, apresentam como mecanismo de ação a inibição da respiração dos fungos, inibindo o complexo mitocondrial II (Succinato-desidrogenase), denominado como inibidor SDHI (Succinate dehydrogenase inhibitors) (GUICHERIT, 2014). Neste grupo, incluem-se os fungicidas bixafen, furametpyr, isopyrazam, penflufen, penthiopyrad, sedaxane e fluxapiroxade, os quais apresentam-se como novas alternativas aos fungicidas usuais do mercado, possivelmente complementando o desempenho dos mesmos.

Considerando o manejo varietal como a principal forma de controle da ferrugem alaranjada, e que as cultivares reconhecidas como suscetíveis ocupem, juntas, cerca de 900 mil hectares do canavial brasileiro, o conhecimento e estudo do controle químico fazem-se necessários. Além disso, cultivares tidas como resistentes passaram a apresentar a doença, como é o caso da SP832847 e SP813250 (CTC, 2010). Tal aspecto se aplica também à cultivar de RB 92 5211, inicialmente classificada como resistente, e que, posteriormente, sob condições de campo mostrou-se com nível intermediário de resistência. Tais mudanças podem resultar da

abundância de inóculo de *P. kuhnii*, dado à falta de descontinuidade temporal e espaço-temporal na relação cana/*P. kuenii*, ou, talvez, por influência do ambiente, levando-se em conta a origem polifilética da cana-de-açúcar.

Dado ao exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência dos fungicidas fluxapiroxade (300 g L^{-1}) e a combinação fluxapiroxade + piraclostrobina (167 + 333 g L^{-1}), em comparação com os fungicidas de mercado, no controle da ferrugem alaranjada na cultura da cana-de-açúcar.

2- REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Ferrugem alaranjada (*Puccinia kuehnii*)

A ferrugem alaranjada é causada pelo fungo *Puccinia kuehnii* (W.Kruger) E.J.Butler, pertencente a Divisão Basidiomycota, Classe Pucciniomycetes, Ordem Pucciniales e Família Pucciniaceae. Trata-se de um fungo biotrófico, que possui baixa gama de hospedeiros, atacando principalmente plantas do gênero *Saccharum* (VIRTUDAZO; NOJIMA; KAKISHIMA, 2001).

As pústulas da ferrugem alaranjada geralmente tendem a ocorrer agrupadas e próximas ao ponto de inserção da folha do colmo. Progressivamente, as pústulas se abrem, liberando os urediniósporos, que são unicelulares, ovóides a piriformes, elipsoides e equinulados, de coloração amarela a castanho-clara, com até cinco poros equatoriais, espessura de parede de 1 a 2,3 µm, apresentando espessamento no seu ápice (VIRTUDAZO; NOJIMA; KAKISHIMA, 2001; MAGAREY, 2000).

A disseminação dos urediniósporos de *P. kuehnii* dá-se de forma fácil por meio do vento. O patógeno também pode ser transportado de uma planta para outra por meio de gotas de água. O homem pode também ser um grande disseminador de urediniósporos, levando nas roupas, sapatos e transportando material vegetal doente (FERRARI et al.,2010). A infecção é favorecida por alta umidade, temperaturas elevadas no verão e também a alternância de calor e frio, no outono (MAGAREY, 2000).

Klosowski (2012), em concordância com os estudos realizados por Neubauer et al. (2011), desenvolveu um mapeamento espaço-temporal das zonas de risco da ferrugem alaranjada no Brasil. A favorabilidade para ocorrência da doença foi estimada considerando temperaturas entre 17 e 24 ºC e umidade acima de 95%. Para a região centro-sul do Brasil, os meses de janeiro a abril e outubro a dezembro apresentaram maiores médias diárias de horas favoráveis ao desenvolvimento da doença. E para o litoral nordestino, esse maior favorecimento foi encontrado de maio a setembro.

Os sintomas da ferrugem alaranjada caracterizam-se pela presença de pústulas alaranjadas no limbo foliar, inicialmente na forma de clorose nas folhas mais

jovens, expandindo-se, posteriormente, para soros que se rompem, formando as urédias. Em cultivares suscetíveis, e sob ambiente favorável, a evolução dos sintomas dá-se de forma muito rápida (FERRARI et al., 2010).

2.2 - Controle químico de ferrugem alaranjada na cana-de-açúcar

Segundo Ferrari (2010), dentre os métodos recomendáveis para controle da doença inclui-se a substituição das cultivares suscetíveis por cultivares resistentes. Além disso, é recomendável que uma determinada cultivar não ocupe mais que 15% das áreas de cultivo.

O uso de fungicidas, em aplicações preventivas, vem se mostrando altamente eficaz no controle da ferrugem alaranjada, em alguns cultivares de cana-de-açúcar suscetíveis ao patógeno (GODOY e CANTERI, 2004).

Segundo Rodrigues et al. (2007), o uso contínuo de fungicidas de um mesmo grupo químico, e empregado de forma sequencial, eleva a pressão de seleção sobre a população de fungos existentes em um determinado ecossistema. Em função disso, há a possibilidade de que, inicialmente, alguns esporos possam desenvolver rotas metabólicas alternativas e subsistir mesmo na presença destes fungicidas. A consequência imediata será a perda da eficiência dos fungicidas, tornando necessário o uso combinado de grupos químicos, complementados com fungicidas protetores ou residuais, visando garantir sua eficiência local. De acordo com a literatura, os patógenos podem desenvolver diferentes formas para superar as suas limitações frente aos fungicidas, tornando posteriormente insensíveis aos fungicidas usuais de mercado. Dessa forma, além do uso racional dos fungicidas eventualmente registrados para o controle do patógeno, a busca de novas alternativas faz-se necessária e imprescindível, tornando o objetivo desse estudo.

O fungicida fluxapiroxade apresenta como mecanismo de ação a inibição da respiração, inibindo o complexo mitocondrial II (Succinato-deidrogenase), denominado como inibidor SDHI (Succinate dehydrogenase inhibitors), da família química dos pyrazóis-carboximidas, e pertence ao grupo das anilidas. Esse grupo apresenta como mecanismo de ação a inibição da enzima succinato ubiquinona

redutase, também conhecida como Complexo II, na cadeia de transporte de elétrons da mitocôndria, no lado interno da membrana. O Complexo II detém várias funções chave no metabolismo do fungo. Não somente devido à sua contribuição na produção de energia, mas também regulando a disponibilidade da construção de blocos de aminoácidos e lipídios. Através da inibição do Complexo II, os fungicidas deste grupo inibem o crescimento do fungo desprovendo as células do fungo de sua fonte de energia e eliminando a disponibilidade de blocos para a síntese de componentes essenciais da célula (ZAMBOLIM et al., 2007).

O mecanismo de ação dos fungicidas pertencentes ao grupo das estrobilurinas, que entraram no mercado em 1996, ocorre através da inibição da respiração mitocondrial, bloqueando a transferência de elétrons entre o citocromo *b* e o citocromo c_1, no sítio Q_o, interferindo na produção de ATP (BASF, 2011).

Os fungicidas integrantes ao grupo das estrobilurinas atuam preventivamente, com atividade anti-esporulante, inibição da germinação de esporos, e efeito curativo e erradicante. As moléculas são absorvidas pelas folhas de forma gradual e constante, conferindo proteção superficial por tempo mais prolongado, e difundindo-se pela folha, com consequente distribuição sistêmica uniforme. Com o aumento da umidade (orvalho, pulverização, chuva, etc.) a redistribuição superficial e a absorção das moléculas são incrementadas. Além disso, fungicidas desse grupo também apresentam difusão translaminar. São eficientes contra um grande número de fitopatógenos, em todas as classes de fungos, a baixas concentrações (VENÂNCIO et al., 2003).

Os fungicidas do grupo do triazol inibem a passagem do lanosterol para 4,4-dimetil-colesta-8,14,24-trienol. Excetuando-se o fungicida bitertanol, classificado como locossistêmico, os demais fungicidas do grupo são sistêmicos, sendo absorvidos e translocados pela planta de forma acropetal. Apresentam propriedades protetoras e curativas com elevada fungitoxicidade, rápida penetração e translocação nos tecidos vegetais, inibem a germinação de esporos, a formação do tubo germinativo e a formação do apressório. Entretanto, esta proteção é apenas parcial, uma vez tenha ocorrido a penetração do patógeno nos tecidos da planta. Na ação curativa o desenvolvimento do haustório e/ou o crescimento micelial no interior dos

tecidos do hospedeiro são inibidos pela presença do fungicida (EHR, KEMMITT, 2002; FORCELINI, 1994).

2.3 - Manejo Integrado de Doenças

Manejo Integrado implica no controle de doenças de plantas, via diferentes alternativas, objetivando atender aos aspectos econômicos, ecológicos e sociológicos. Segundo Zambolim et al. (2004), o manejo integrado de doenças consiste na adoção de um conjunto de medidas, como controle cultural, biológico, genético, químico e o físico, voltados para o patógeno (fungos), o hospedeiro e o ambiente. Dessa forma, procura-se reduzir ou eliminar completamente o inóculo inicial do patógeno, que inicia o processo doença, reduzir a taxa de progresso da doença com o intuito de diminuir o número de plantas doentes no tempo e, por fim, manipular o período de tempo em que a cultura permanece exposta ao patógeno, em condições de campo. O uso de fungicidas, de forma racional, também se mostra uma ferramenta muito importante, sendo, às vezes, a medida mais apropriada para o controle de determinados patógenos.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizados quatro experimentos, no período de novembro de 2012 a maio de 2014, em Santa Rita do Passa Quatro, SP, a latitude Sul 21° 41'; e a longitude Oeste 47° 39', e 645 m de altitude, utilizando-se cana-de-açúcar das cultivares RB72454 e SP813250, sob condições naturais de infecção, plantadas em 21/01/10 e 13/02/09, respectivamente, ambas com espaçamento de 1,5 m entre linhas.

O fungicida fluxapiroxade a 300 g L^{-1} foi avaliado de forma isolada, e também mediante combinação com piraclostrobina, correspondente a uma formulação pronta, nas concentrações contendo 167 e 333 g L^{-1}, respectivamente. Tais tratamentos foram comparados com os fungicidas padrões, representados por piraclostrobina + epoxiconazol (133+50 g L^{-1}) e azoxistrobina + ciproconazol (200 + 80 g L^{-1}).

Em todos os experimentos os tratamentos foram idênticos entre si, e constituíram nos seguintes (mL ha^{-1}): 1- Testemunha (sem tratamento com fungicida); 2- fluxapiroxade (167); 3- fluxapiroxade (233); 4- fluxapiroxade (300); 5- piraclostrobina + epoxiconazol (1000); 6- fluxapiroxade + piraclostrobina (350); 7- azoxistrobina + ciproconazol (300). Os tratamentos 2 a 6 foram acrescidos de óleo mineral Assist® a base de 500 mL pc ha^{-1}, enquanto o tratamento 7 o foi com o óleo mineral Nimbus® (600 mL pc ha^{-1}). Os tratamentos, doses e descrições dos produtos encontram-se apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Caracterização dos tratamentos aplicados para o controle de ferrugem alaranjada causada por *Puccinia kuehnii* na cana-de-açúcar. Jaboticabal – SP, 2016.

	Tratamentos	Concentração g ia L^{-1}	Formulação	Dose (L ha^{-1}) pc[2]	Dose (g ha^{-1}) ia[3]	Aplicações
1	Testemunha	-	-	-	-	-
2	Fluxapiroxade*	300	SC	0,167	50	ABC[4]
3	Fluxapiroxade*	300	SC	0,233	70	ABC
4	Fluxapiroxade*	300	SC	0,30	90	ABC
5	Piraclostrobina + epoxiconazol*	183	SC	1,00	183	ABC
6	Piraclostrobina + fluxapiroxade*	500	SC	0,35	175	ABC
7	Azoxistrobina + ciproconazol**	280	SC	0,30	84	ABC

[2] pc: Produto Comercial; [3] ia: ingrediente ativo; [4] A – Primeira aplicação; B - 30 dias após a aplicação A; C - 30 dias após a aplicação B. *Tratamentos acrescido de óleo mineral Assist (500 mL pc ha^{-1}); ** Tratamento acrescido de óleo mineral Nimbus (600 mL ha^{-1}).

Adotou-se o delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Cada parcela foi representada por quatro linhas de plantas com 10 m de comprimento, totalizando uma área de 60,0 m².

Para cada cultivar de cana-de-açúcar foram realizados dois experimentos, sendo que para a cultivar RB72454, o primeiro foi conduzido mediante três aplicações foliares dos fungicidas, em intervalos de 30 dias, sendo a primeira em 21/11/12, ainda sem a presença de sintomas da doença. No segundo experimento, com a mesma cultivar, foi adotado o mesmo número de aplicações e intervalos, iniciando em 22/12/2012, porém com a presença de sintomas de doença, em fase inicial. Os experimentos adicionais foram realizados no ano seguinte, em 2013, adotando-se a mesma metodologia para a cultivar SP813250. A aplicação dos fungicidas, no primeiro experimento, deu-se em 07/11/2013, ainda sem a presença de sintomas da doença. O segundo experimento foi iniciado no dia 13/01/2014, e nessa data já haviam sintomas da doença, porém em níveis muito baixos.

As pulverizações foram realizadas mediante pulverizador costal pressurizado a CO_2, com pressão constante de 60 lb^{-pol2}, dotado de lança, com 200 cm de comprimento, com bicos tipo leque Teejet 8002. A vazão média adotada, em todas as aplicações, foi de 150 L ha^{-1}.

As avaliações consistiram na determinação dos níveis de severidade dos sintomas da doença e determinação da produtividade, em toneladas de colmos de cana-de-açúcar por hectare (TCH).

A quantidade de doença foi estimada mediante emprego de escala de notas que variaram de 1 (0 % de severidade ou ausência de sintomas) a 9 (sintomas severos com mais de 50% de severidade), conforme Amorim et al. (1987), adotada para a ferrugem marrom, causada por *P. melanocephala*, conforme ilustrada na Figura 1. Para tais avaliações foram empregadas folhas +3, conforme sistema de Kuijper (Van Dillewijn, 1952), validados por Chavarría et al. (2009) e Klosowsky et al. (2013), conforme ilustrado na Figura 2.

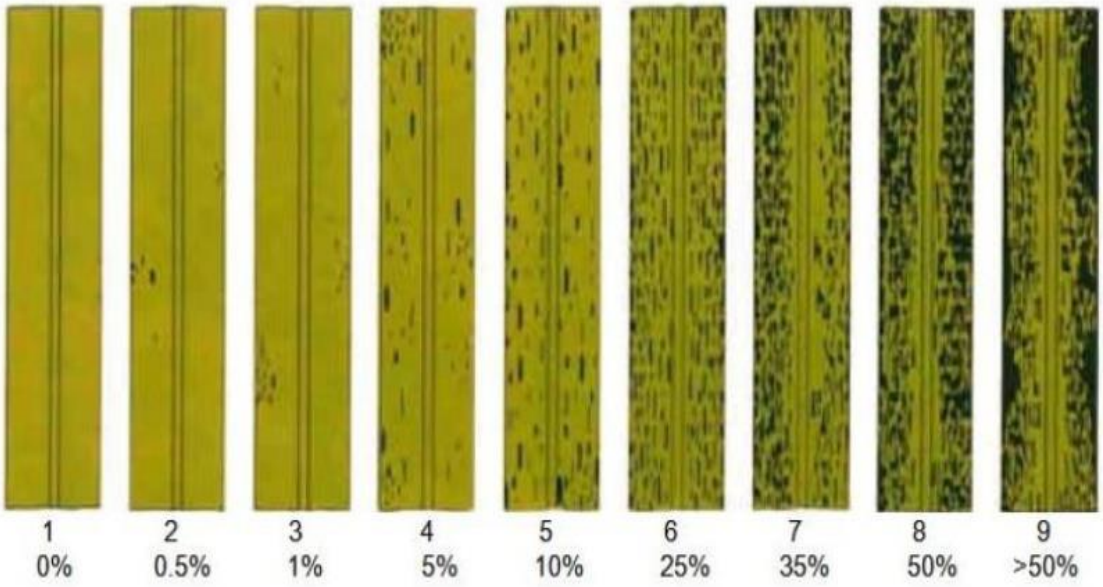

Figura 1: Escala diagramática para avaliação da ferrugem marrom em cana-de-açúcar (AMORIM et al.,1987).

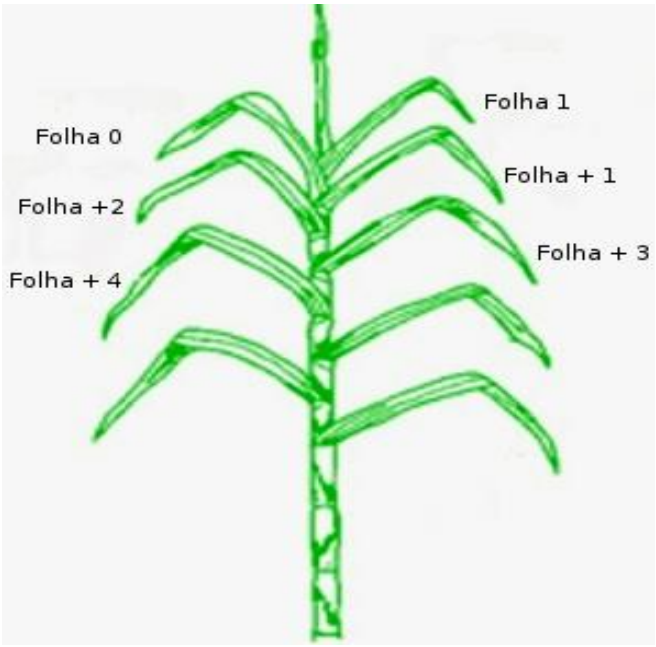

Figura 2: Localização das folhas de cana-de-açúcar, numeradas pelo sistema de Kuijper

As avaliações da severidade dos sintomas foram realizadas quando da demarcação das parcelas (T0); na primeira aplicação de fungicidas (T1); quando da segunda aplicação e/ou 30 dias da primeira aplicação de fungicidas (T2); na terceira aplicação e/ou 30 dias da segunda aplicação (T3); aos 30 dias após a terceira aplicação (T4); e aos 60 dias após a terceira aplicação (T5). Tais datas de aplicações foram: Experimento 1 (E1) (Cultivar RB72454, sem presença de sintomas): 21/11/12, 22/12/12 e 22/01/13; Experimento 2 (E2) (Cultivar RB72454 com presença inicial dos sintomas): 22/12/12, 22/01/13 e 22/02/13; Experimento 3 (E3) (Cultivar SP813250, sem presença de sintomas): 07/11/13, 08/12/13 e 13/01/14; Experimento 4 (E4) (Cultivar SP813250 com presença inicial dos sintomas): 13/01/14, 13/02/14 e 12/03/14 (Tabela 2).

Tabela 2- Caracterização das aplicações dos ensaios E1, E2, E3 e E4 para o controle de ferrugem alaranjada (*Puccinia kuehnii*) na cana-de-açúcar. Jaboticabal–SP, 2016.

Experimento	E1	E2	E3	E4
	Data	**Data**	**Data**	**Data**
1ª Aplicação	21/11/12	22/12/12	07/11/13	13/01/14
2ª Aplicação	22/12/12	22/01/13	08/12/13	13/02/14
3ª Aplicação	22/01/13	22/02/13	13/01/14	12/03/14

As avaliações foram realizadas em 20 folhas coletadas ao acaso em touceira localizada na região central de cada parcela. Com os dados de severidade de sintomas foi posteriormente calculada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), conforme Campbell & Madden (1990), sendo:

$$AACPD = \Sigma (yi + yi+1) /2 * (ti+1 – ti), \text{ onde:}$$

i = número de avaliações; y = severidade de sintomas da ferrugem alaranjada (%); t = tempo (dias).

Segundo Campbell e Madden (1990), a análise da AACPD representa o critério mais seguro de diferenciação de tratamentos quando o objetivo é resumir uma curva de progresso de doença no tempo, pois o seu cálculo leva em consideração várias observações ao longo do ciclo da cultura.

Para estimativa da produtividade de colmos foram realizadas avaliações do peso de 10 colmos, sem folhas, coletados ao acaso, no centro da parcela, aos 60 dias após a última aplicação dos fungicidas, conforme ilustrado na Figura 3. Ainda quando da demarcação das parcelas, foram determinados o número total de perfilhos das touceiras localizadas no centro das parcelas, a partir das quais, na colheita, foi determinada a produtividade (TCH).

As colheitas anteriores as instalações dos ensaios foram realizadas nas datas de: 25 de março de 2012 para os experimentos E1 e E2, realizados na cultivar RB72454, e em de 2 de abril de 2013 para os experimentos E3 e E4, realizados para a cultivar SP813250.

Após análise de variância as médias foram comparadas mediante o teste Scott-Knott, a 5 % de significância. Os dados obtidos foram analisados mediante análise de variância, sendo aplicado testes de médias e analisada a homogeneidade entre as

matrizes de variância para os tratamentos mediante testes de Hartley F-max, Cochran e Bartlett Chi-Sqr. Com tais procedimentos foi também determinado os melhores tratamentos de controle da ferrugem alaranjada em cana-de-açúcar, e estabelecidas correlações entre dados de AACPD e produção.

Figura 3: Ilustração da avaliação da produtividade de colmos de cana-de-açúcar.

4 - RESULTADOS

4.1 - Experimentos conduzidos com a cultivar RB72454 (E1 e E2)

A cultivar RB72454 mostrou-se muito suscetível, com níveis de severidade de sintomas a ordem de 53,75% e 63,75%, no momento da avaliação, realizada em T(5), aos 60 dias após a última aplicação de fungicidas, respectivamente para os experimentos E1 e E2 (Tabela 3). Este comportamento já havia sido mencionado por Barbasso et al. (2010) e Klosowsky (2012).

Em termos de severidade máxima (Tabela 3), com início das aplicações dos fungicidas em plantas assintomáticas (E1) e no início de aparecimento dos sintomas (E2), observou-se que todos os tratamentos com fungicidas foram eficientes no controle da doença, sendo estatisticamente (Scott-Knott, $P \leq 0,05$) superiores à testemunha.

O maior nível de eficiência foi observado mediante ao emprego da combinação fluxapiroxade + piraclostrobina a 350 mL ha^{-1}. Este tratamento foi também significativamente superior aos tratamentos padrões, representados por piraclostrobina + epoxiconazol e azoxistrobina + ciproconazol.

Considerando-se que a severidade máxima de doença ocorreu quando da última avaliação T (5), ou 60 dias após a terceira aplicação (E2), especula-se que o tratamento constituído por fluxapiroxade + piraclostrobina foi o que apresentou um maior efeito residual, o que propiciou um menor nível de severidade máxima. O fungicida fluxapiroxade, aplicado na forma isolada, nas dosagens contendo 167, 233 e 300 mL ha^{-1}, apresentou eficiência comparável aos fungicidas padrões, não havendo diferença estatística entre os mesmos. Em termos comparativos, a diferença do efeito de fluxapiroxade + piraclostrobina, em relação à testemunha pode ser observada através da Figura 4.

Figura 4: Aspecto visual do nível de severidade da doença em folhas +3 de cana-de-açúcar da cultivar RB72454, na avaliação aos 30 dias após a última aplicação (T4), no tratamento testemunha (sem fungicida) e no tratamento constituído por fluxapiroxade + piraclostrobina a 350 mL ha^{-1}, cujo início das aplicações deu-se em plantas ainda assintomáticas (E1).

Em termos da AACPD, para os experimentos com aplicações preventivas E1, todos os fungicidas foram estatisticamente semelhantes entre si, e superiores à testemunha (Tabela 3). Entretanto, quando do início das aplicações nas fases em que haviam sintomas da doença na fase inicial (E2), verificou-se efeito diferencial entre os tratamentos. Todos os tratamentos foram estatisticamente diferentes e superiores à testemunha, com destaque para fluxapiroxade + piraclostrobina, o mais eficiente e superior aos demais, incluindo-se os fungicidas padrões, representados por piraclostrobina + epoxiconazol e azoxistrobina + ciproconazol. O fungicida

fluxapiroxade, a 167 mL ha^{-1}, embora estatisticamente tenha sido superior à testemunha, seu comportamento foi inferior quando comparado às doses de 233 e 300 mL ha^{-1}, e também em relação aos fungicidas padrões.

Tabela 3 - Severidade máxima (%) e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da ferrugem alaranjada em cana-de-açúcar da cultivar RB72454, com aplicação dos fungicidas em plantas ainda assintomáticas (E1) e quando da presença de sintomas nas fases iniciais (E2). Jaboticabal/SP, 2016.

Tratamentos	Dose (mL ha^{-1})	**Severidade Máxima (%)**				**AACPD**			
		(E1)		**(E2)**		**(E1)**		**(E2)**	
Testemunha	-	53,75	a	63,75	a	457,62	a	718,99	a
Fluxapiroxade	167	30,75	b	31,00	b	198,62	b	278,77	b
Fluxapiroxade	233	29,50	b	25,75	b	192,50	b	197,57	c
Fluxapiroxade	300	28,00	b	27,50	b	173,25	b	192,32	c
Piraclostrobina + epoxiconazol	1000	27,25	b	28,25	b	174,12	b	181,12	c
Fluxapiroxade + piraclostrobina	350	21,25	c	17,50	c	125,12	b	121,10	d
Azoxistrobina + ciproconazol	300	30,00	b	30,00	b	204,75	b	177,89	c
Coeficiente de Variação (%)		8,02		10,76		10,41		8,94	

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si (Scott-Knott; $P \geq 0,05$).

Em termos de produtividade, em toneladas de cana-de-açúcar por hectare (Tabela 4), com início de aplicação de fungicidas previamente ao aparecimento de sintomas E1, as menores respostas foram observadas no tratamento mediante o fungicida fluxapiroxade a 167 mL ha^{-1}. A combinação fluxapiroxade + piraclostrobina mostrou-se altamente eficiente, resultando em produtividade estatisticamente semelhante àquela obtida mediante os fungicidas padrões, representados por piraclostrobina + epoxiconazol e azoxistrobina + ciproconazol. Resultados semelhantes foram também obtidos com a aplicações de fungicidas quando da presença de sintomas nas fases iniciais. Não foi constatada diferença estatística entre a testemunha e o fungicida fluxapiroxade a 167 mL ha^{-1}. Os demais tratamentos diferiram estaticamente dos anteriores, conferindo maior produtividade das plantas. Em termos relativos, a maior eficiência foi observada mediante o emprego do fungicida

de fluxapiroxade + piraclostrobina a 350 mL ha^{-1}, com incremento em produção a ordem de 20,8%, quando comparado com a testemunha.

Tabela 4 - Produtividade (Toneladas de Cana-de-açúcar por Hectare- TCH) de cana-de-açúcar da cultivar RB72454, sob condições naturais de infecção, com aplicação dos fungicidas em plantas ainda assintomáticas (E1) e quando da presença de sintomas nas fases iniciais (E2). Jaboticabal/SP, 2016.

Tratamentos	Dose (mL ha^{-1})	**Produtividade (TCH)**			
		(E1)		**(E2)**	
Testemunha	-	98,8	b	88,75	b
Fluxapiroxade	167	104,97	b	97,75	b
Fluxapiroxade	233	129,85	a	101,75	a
Fluxapiroxade	300	127,20	a	100,25	a
Piraclostrobina + epoxiconazol	1000	126,20	a	100,00	a
Fluxapiroxade + piraclostrobina	350	124,37	a	107,25	a
Azoxistrobina + ciproconazol	300	120,47	a	98,00	a
Coeficiente de Variação (%)		3,37		4,48	

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si (Scott-Knott; $P \geq 0,05$).

4.2 - Experimentos conduzidos com a cultivar SP813250 (E3 e E4)

Independente da fase de início da aplicação dos fungicidas, com plantas ainda assintomáticas, ou quando da presença de sintomas nas fases iniciais, todos os tratamentos foram eficientes, e estatisticamente superiores à testemunha (Tabela 5). Resposta igualmente semelhante foi observada quando toma-se em conta os dados de AACPD, onde todos os tratamentos com fungicidas foram estatisticamente semelhantes entre si, e diferentes da testemunha.

Tabela 5 - Severidade máxima (%) e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da ferrugem alaranjada em cana-de-açúcar da cultivar SP813250, sob condições naturais de infecção, com aplicação dos fungicidas em plantas ainda assintomáticas (E3) e quando da presença de sintomas nas fases iniciais (E4). Jaboticabal/SP, 2016.

Tratamentos	Dose (mL ha^{-1})	Severidade Máxima (%)				AACPD			
		(E3)		(E4)		(E3)		(E4)	
Testemunha	-	12,50	a	14,25	a	99,75	a	187,25	a
Fluxapiroxade	167	1,50	b	4,00	b	17,50	b	51,62	b
Fluxapiroxade	233	1,75	b	4,50	b	8,75	b	54,25	b
Fluxapiroxade	300	1,75	b	3,25	b	18,37	b	49,87	b
Piraclostrobina + epoxiconazol	1000	0,75	b	4,25	b	10,50	b	60,90	b
Fluxapiroxade + piraclostrobina	350	1,00	b	3,75	b	8,75	b	62,12	b
Azoxistrobina + ciproconazol	300	1,25	b	5,00	b	12,25	b	70,70	b
Coeficiente de Variação (%)		25,77		19,61		25,10		16,72	

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si (Scott-Knott; $P \geq 0,05$).

Em termos de produtividade, independentemente da época de início de aplicação dos fungicidas, se em plantas ainda assintomáticas (E3), ou nas fases iniciais de aparecimento dos sintomas da ferrugem alaranjada (E4), todos os tratamentos com fungicidas não diferiram estatisticamente entre si, sendo, porém, diferentes da testemunha (Tabela 6). Porém, a produtividade verificada na cultivar SP813250, em 2013 (Tabela 6), foi menor que aquela observada em 2012 (Tabela 4). Aparentemente, as mesmas condições climáticas que foram menos favoráveis ao desenvolvimento de sintomas, com menor índice pluviométrico (Tabela 7), também se refletiram em menor produtividade das plantas.

Como os valores de severidade máxima e AACPD das testemunhas dos dois experimentos, E3 e E4, foram relativamente baixos, na ordem de respectivamente 12,5% e 99,75 para E3 e 14,25% e 187,25 para E4, conclui-se que o nível de infecção do patógeno na cultivar SP813250 não foi suficiente elevado para causar perdas significativas quanto à produtividade.

Tabela 6 - Produtividade (Toneladas de Cana-de-açúcar por Hectare- TCH) de cana-de-açúcar das cultivares SP813250, sob condições naturais de infecção, com aplicação dos fungicidas em plantas ainda assintomáticas (E3) e quando da presença de sintomas nas fases iniciais (E4). Jaboticabal/SP, 2016.

Tratamentos	Dose (mL ha^{-1})	Produtividade (TCH)			
		(E3)		(E4)	
Testemunha	-	77,50	a	80,00	a
Fluxapiroxade	167	91,75	a	89,00	a
Fluxapiroxade	233	94,75	a	99,00	a
Fluxapiroxade	300	96,00	a	96,75	a
Piraclostrobina + epoxiconazol	1000	92,50	a	99,00	a
Fluxapiroxade + piraclostrobina	350	94,75	a	95,50	a
Azoxistrobina + ciproconazol	300	91,25	a	93,75	a
Coeficiente de Variação (%)		16,52		18,92	

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si (Scott-Knott; $P \geq 0,05$).

Tabela 7 - Dados climáticos obtidos nos meses de conduções dos experimentos E1, E2, E3 e E4 (Temperatura média e dados pluviométricos acumulados) Jaboticabal – SP (2016).

Mês	Temperatura média (ºC)		Dados pluviométricos (mm)	
	2012/2013	2013/2014	2012/2013	2013/2014
Novembro	24,2	23,2	167,3	103
Dezembro	26,8	24,4	113,4	66,8
Janeiro	26,3	25,6	99,3	69,8
Fevereiro	25,9	25,9	141,5	98,1
Março	24,1	23,8	167,2	192,3
Abril	*	21,6	*	14,2
Média	25,46	24,08	137,74	90,7
Total	*	*	688,7	544,2

5 - DISCUSSÃO

Em termos da Área Abaixo da Curva de Progressão de Doenças (AACPD), todos os tratamentos com fungicidas foram igualmente eficientes e diferentes estatisticamente da testemunha. Não foi observada diferença significativa entre os fungicidas, quando o início das aplicações se deu ainda quando as plantas se mostravam assintomáticas, mesmo se observando uma alta diferença de níveis de severidade entre as cultivares RB72454 e SP813250.

O nível de severidade máxima de doença foi menor em 2013, quando comparados àqueles observados em 2012 (Tabelas 3 e 5). As diferenças nos níveis de sintomas podem estar relacionados às influências climáticas, possivelmente menos favoráveis no ano de 2013, e também ao comportamento dos genótipos. Comparativamente, RB72454 mostra-se mais suscetível que a SP813250, avaliada em 2013. Segundo Chapola (2013), a cultivar SP813250 apresenta comportamento intermediário, em termos de resistência a *P. kuehnii*.

Considerando ainda as avaliações da área abaixo da curva de progresso da doença, nota-se que a maior eficiência de controle de *P. kuehnii* foi observada mediante ao emprego do tratamento constituído pelo fungicida fluxapiroxade + piraclostrobina a 350 mL ha^{-1}, quando utilizado sob condições mais severas, e com as aplicações iniciadas na presença inicial dos sintomas da doença na cultivar RB72454, observado em E2.

Raid (2013) concluiu, em estudo semelhante realizado na Florida, maior região produtora de cana-de-açúcar dos Estados Unidos da América, sob alta pressão da doença, que os fungicidas piraclostrobina, azoxistrobina + ciproconazol e fluxapiroxade + piraclostrobina, com três aplicações sequenciais, em intervalos de aproximadamente 30 dias, foram eficientes no controle do patógeno. Nesse estudo, segundo o autor, quando sob alto nível de infecção, as perdas de produtividade foram estimadas em até 40%.

Para os dois experimentos com a cultivar SP813250, tanto em condições preventivas, como curativas, apesar de todos os tratamentos diferirem estatisticamente da testemunha, em termos de severidade máxima e AACPD, a

mesma diferenciação não foi observada para os valores de produtividade. Estes resultados podem ser explicados quando se observa que para os tratamentos com fluxapiroxade a 167 mL ha^{-1}, nos experimentos E1 e E2, houve redução no potencial produtivo, com níveis de severidade máxima de doença de respectivamente 30,75 % e 31,0 %, e que, para os tratamentos com fluxapiroxade a 233 mL ha^{-1}, valores de severidade máxima, de respectivamente 29,5% e 25,75%, em E1 e E2, não mostraram perdas de potencial produtivo. Esta análise, torna-se presumível que os dados de severidade máxima observados em E3 e E4, de respectivamente 12,5 % e 14,25%, não seriam suficientes para reduzir o potencial produtivo da cana-de-açúcar. Neste mesmo sentido, tomando como referência os dados relativos a AACPD, de 198,62 e 278,77, encontrados respectivamente nos tratamentos com fluxapiroxade a 167 mL ha^{-1}, dos experimentos E1 e E2, foram os limites médios mínimos observados para causar redução na produtividade, e que, valores da AACPD de respectivamente 192,5 e 197,57, apresentados pelo tratamento com fluxapiroxade a 233 mL ha^{-1}, em E1 e E2, não mostraram redução do potencial produtivo da cana-de-açúcar. Esta análise da AACPD, permite concluir que os dados apresentados, respectivamente em E3 e E4, de 99,75 e 187,25, não seriam suficientes para causar redução significativa na produtividade da cana-de-açúcar, uma vez que são menores que o limite mínimo de 198,62, observado no experimento E1.

A cultivar SP813250 apresentou comportamento intermediário à expressão de sintomas, com indicações da sua viabilidade de emprego como estratégia de controle da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar. Entretanto, conforme relatado por Araújo (2013), como a severidade das ferrugens em cana-de-açúcar, incluindo a alaranjada, é favorecida não só pelas condições climáticas, mas também por solos mais pesados e férteis, adubação nitrogenada, fertirrigação com vinhaça, utilização de torta de filtro e colheita tardia, os genótipos de resistência intermediária, como a cultivar SP813250, podem, em muitos casos, apresentar níveis epidêmicos diferenciados, sendo recomendado, em algumas condições, o uso de controle químico. Além do mais, o cultivo desse genótipo deve ser evitado em condições de manejo que favoreçam a ocorrência da doença.

Analisando-se as respostas dos tratamentos com fungicidas, em ambos os experimentos com a cultivar RB72454, observou-se que quanto à severidade máxima,

aos 60 dias após a terceira aplicação, o fungicida fluxapiroxade + piraclostrobina a 350 mL ha^{-1} mostrou-se como o mais eficiente, apresentando, inclusive, um período residual mais longo e superior aos demais. Aparentemente, o emprego desse fungicida, resultante da mistura de uma estrobilurina e o fungicida fluxapiroxade, contribui com ação protetora e curativa às infecções de *P. kuehnii.*

Fungicidas do grupo das carboxamidas, onde se inclui o fluxapiroxade, apresentam uma longevidade foliar significativamente mais elevada e em maiores níveis que os fungicidas do grupo das estrobilurinas, com consequentes respostas positivas em termos de atividade, tanto no controle dos patógenos, como nos processos fisiológicos das plantas (INSTITUTO PHYTOS, 2014). Essa junção de benefícios, pode, inclusive, resultar em ganhos de produtividade, como observado no presente estudo. A combinação de fungicidas do grupo das estrobilurinas e triazóis, representados pelos respectivos fungicidas padrões, resultaram, também, em eficiente controle da doença, convergindo com os resultados obtidos por Magarey et al. (2002), o qual verificou que tal associação resultou em eficiente controle do patógeno, e em incremento de até 40% no rendimento da cultura.

O fungicida fluxapiroxade, quando aplicado de forma isolada, resultou em redução dos níveis de severidade de sintomas da doença, expressos em termos de AACPD. Houve, inclusive, respostas positivas com o emprego de doses crescentes de fluxapiroxade, e consequente incremento da eficiência quando utilizado a 233 e 300 mL ha^{-1}, em vez de 167 mL ha^{-1}. Porém, de forma agronômica e de manejo da resistência de fungos aos fungicidas, a mistura de ingredientes ativos, pertencentes a grupos químicos diferentes, constitui-se em estratégia importante a ser empregada nos diferentes agrossistemas (BRENT, 1995; SOARES et al., 2006).

Quanto à produção, expressa em tonelada de cana por hectare (TCH), observou-se que, de um modo geral, os tratamentos com fungicidas redundaram em incremento na produtividade. Entretanto, comparativamente, as melhores respostas, foram obtidas quando do início da aplicação dos fungicidas em fases prévias ao aparecimento dos sintomas.

As carboxamidas, da família química dos pyrazóis-carboximidas, apresentam como mecanismo de ação a inibição da enzima succinato ubiquinona redutase, também conhecida como Complexo II, na cadeia de transporte de elétrons da

mitocôndria, no lado interno da membrana. Através da inibição do Complexo II, os fungicidas deste grupo inibem o crescimento do fungo, desprovendo as células de sua fonte de energia e eliminando a disponibilidade de blocos para a síntese de componentes essenciais da célula. Tratam-se de fungicidas sistêmicos, alguns com redistribuição translaminar.

Após aplicação na planta, fungicidas do grupo das carboxamidas apresentam movimento acropetal, direcionado para o topo e margens das folhas, e distribuição translaminar através da folha, protegendo os tecidos do lado oposto (BASF, 2011). Por se tratar de um produto com mecanismo de ação diferenciado dos demais fungicidas existentes e registrados para a cultura, este grupo tem potencial para ser utilizado como uma nova ferramenta para controle de *P. kuehnii* na cultura da cana-de-açúcar.

Atualmente, apesar de já existir registro de produtos dos grupos das carboxamidas para o controle da ferrugem alaranjada da cana, a grande maioria dos produtos comercialmente utilizados possui na sua formulação combinações de fungicidas do grupo das estrobilurinas e triazóis. Entretanto, como já é conhecido caso de resistência de espécies de fungos causadores de sintomas do tipo ferrugens, a fungicidas destes grupos, e, sendo estas de natureza cruzada, faz se necessário a utilização de novas moléculas para o manejo eficaz da resistência, sob riscos de elevados prejuízos na cultura.

Segundo Magarey et al. (2001) e Braithwaite (2009), dependendo da natureza genética da resistência das cultivares, essas podem tornarem-se suscetíveis ao longo do tempo graças à variabilidade da população do patógeno. Infere-se, inclusive, a possibilidade do surgimento de raças do patógeno, dependendo da pressão de seleção exercida sobre os respectivos agentes causais (Vanderplank, 1982), com consequente obsolescência das cultivares. Obviamente, considerando as formas de cultivo da cana-de-açúcar, em áreas extensas, e, o ciclo da mesma, semi-perene, há agravamento dos riscos, embora os benefícios da natureza polifilética da planta não possam ser subestimados.

6- CONCLUSÃO

O fungicida fluxapiroxade 300 g L^{-1} aplicado na dose de 233 e 300 mL ha^{-1} e a formulação contendo a mistura dos ativos fluxapiroxade e piraclostrobina (167 e 333 g L^{-1}) aplicado na dose de 350 mL ha^{-1} são eficientes no controle de ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar;

O fungicida fluxapiroxade e piraclostrobina na dose de 350 mL ha^{-1}, quando aplicado após o aparecimento dos primeiros sintomas da doença, contribui para a redução nos níveis de severidade máxima dos sintomas da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar;

O fungo *P. kuehnii*, em cultivar suscetível, como o caso de RB72454, em ambiente favorável ao desenvolvimento da doença, causa redução de produtividade na cana-de-açúcar, tornando justificável o uso racional de fungicidas eficientes;

O fungicida fluxapiroxade, em associação com piraclostrobina, tem potencial para ser utilizado no manejo da ferrugem alaranjada na cultura da cana-de-açúcar.

7 - REFERÊNCIAS

AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: < http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons.> Acesso em: 12 nov. 2015.

AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; SANGUINO, A.; CARDOSO, C. O. N.; MORAES, V. A.; FERNANDES, C. R. **Metodologia de avaliação de ferrugem da cana-de-açúcar (*Puccinia melanocephala*).** São Paulo: Copersucar, 1987. 13-16 p. (Boletim Técnico Copersucar. Documentos, 39).

AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2011. p. 517-542.

ARAÚJO, K.L.; CANTERI, M.G.; GILIO, T.A.S.; NEUBAUER, R.A.; SANCHES, P.B.; SUMIDA, C.H.;GIGLIOTI, E.A. Resistência genotípica e monitoramento da favorabilidade para ocorrência da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar. **Summa Phytopathologica***,* Botucatu, v.39, n.4, p.271-275, 2013.

BARBASSO, D.; JORDÃO, H.; MACCHERONI, W.; BOLDINI, J.; BRESSIANI, J.; SANGUINO, A. First report of *Puccinia kuehnii,* causal agent of orange rust of sugarcane, in Brazil. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 94, n.9, p. 1170, 2010.

BERGAMIN FILHO, A. Curvas de progresso da doença. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIN, L. **Manual de fitopatologia I**. 3. ed. Piracicaba: Ceres, 1995. cap. 30, p. 602-626.

BASF – BASF S/A; Parecer Técnico 006F/2011 – **Submissão de registro ao MAPA do fungicida Versatilis XE**, São Paulo: BASF AS 2011. 75p.

BRAITTHWAIT , K.S.; CROF, B.J.; MAGAREY, R.C.; SCHARASCHKIN, T. Phylogenetic placement of the sugarcane orange rust pathogen *Puccinia kuehnii* in a historical and regional context. **Australasian Plant Pathology**, Collingwood, v.38 p. 380-388, 2009.

BRENT, J. K. **Fungicide resistance in crop pathogens: how can it be managed**. Brussel: GIFAP,1995. p. 48.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology.** New York: Wjley, 1990. p. 532.

CANTERI, M.G.; GIGLIOTI, E.A.; ARAUJO, K.L., NEUBAUER, R.A., SANCHES, P.R.B., SUMIDA, C.H. Eficiência de fungicidas no controle da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar. **Tropical Plant Pathology** 38 - 45º Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 2012, Manaus. 1 CD –ROM.

CHAPOLA, R. G. **Reação de variedades de cana-de-açúcar à ferrugem alaranjada (*Puccinia kuehnii*)**, 2013. 78 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

CHAVARRÍA, E.; BARRANTES, J.; CORRALES, M.; CHAVES, L.; FONSECA, C.; MURILLO, J. P.; NARANJO, P.; SOLÍS, V.; VALVERDE, W. Combate químico de la roya naranja. In: CONGRESSO AZUCARERO ATACORI, 17. 2009, San José. **Memorias...** San José: ATACORI, 2009. p. 30.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**: safra 2014/105 cana-de-açúcar. Brasília, 2015. 29 p.

CTC – CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA. Seminário Estratégico em Ferrugem Alaranjada, 7, 2010, Piracicaba. **Resumos...** Piracicaba: CTC, 2010. P. 16-21.

EHR, R.J.; KEMMITT, G. Periodic table of the fungicides. Indianapolis: Dow Agrosciences, 2002;

FERRARI, J. T.; HARAKAVA, R.; DOMINGUES, R. J.; TERÇARIOL, I. M. L. **Ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar.** São Paulo: Instituto Biológico APTA, 2010 (Documento Técnico, 005), p 11-15.

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.

GODOY, C. V.; CANTERI, M. G. Efeitos protetor, curativo e erradicante de fungicidas no controle da ferrugem da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi*, em casa de vegetação. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 97-101, 2004.

GUICHERIT, E. Strategies for sustainable use of SDHI carboxamides. **Tropical Plant Pathology**, Londrina, v. 39 supplement, p 87, 2014.

INSTITUTO PHYTUS**.** Fungicidas: Modo de ação e programas de controle. Módulo II, atualizações Phytus. Passo Fundo, 2014. **Anais…**Passo Fundo: Curso de atualização de fungicidas, 2014. 1 CD-ROM.

INFANTE, D.; MARTINEZ, B.; GONZALEZ, B.; GONZALEZ, N. *Puccinia kuehnii* (KRUGER) BUTLER y *Puccinia melanocephala* H. Sydow y P. Sydow en el cultivo de la caña de azúcar. **Revista Protección Vegetal**, La Habana, v. 24, n. 1, p. 22-28, 2009.

KLOSOWSKY, A. C. **Escala diagramática, segregação da resistência em progênies de cana-de-açúcar e reação de cultivares à ferrugem alaranjada (*Puccinia kuehnii*)**. 2012. 72 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) –Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

KLOSOWSKY, A. C.; RUARO, L.; BESPALHOK FILHO, J. C.; MIO, L. L. M. de. Proposta e validação de escala para ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 166-171, 2013.

MAGAREY, R. C. Orange rust. In: ROTT, P.; BAILEY, R. A.; COMSTOCK, J. C.; CROFT, B. J.; SAUMTALLY, A. S. (eds). **A guide to sugarcane diseases**. Montpellier: La Librairie du Cirad, 2000. p. 121-125.

MAGAREY, R.C.; NEISEN, W.A.; MAGNANI, J.A. Environmental requirements for spore germination in three sugarcane leaf pathogens. In: CONFERENCE OF THE AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 26., 2004. **Anais…** Brisbane, Society of sugar cane technologists, 2004. 2 CD-ROM.

MAGAREY, R. C.; STAIER, T.; WILLCOX, T. Fungicides for control of orange rust in the 2001 Queensland crop. In: CONFERENCE OF THE AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 24., 2002. **Anais...** Brisbane, Society of sugar cane technologists, 2002. 1 CD-ROM.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Ferrugem alaranjada (*Puccinia kuehnii*)**, 2010. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/MAIS%20DESTAQUES/Ferrugem%20Alaranjada.pdf>. Acesso em: 16/12/2015.

NEUBAUER, R. A.; SANCHES, P. R. B.; GILIO, T. A. S.; FAGUNDES, C.; BASSAN, B. E.; RODERO, D. P.; RODERO, D. C. P.; ARAÚJO, K. L.; GIGLIOTI, E. A.; CANTERI, M. G. Mapeamento espaço-temporal de zonas de risco para ocorrência de ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar (*Puccinia kuehnii*) no Brasil. In: XLIV CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 2011, Bento Gonçalves. **Tropical Plant Pathology**. Brasília: Sociedade Brasileira de Fitopatologia, v.36 (suplemento), 2011.

RAID, R. N.; COMSTOCK, J. C.; GLYNN, N. C. Orange rust of sugarcane: prospects for fungicidal control. In: AMERICAN PHYTOPATHOLOGY SOCIETY CARIBBEAN DIVISION MEETING, 2009. Orlando. **Resumos…** Campinas: Phytopathology, 2010. p. 175.

RAID, R. Evaluation of fungicides for control of sugarcane orange rust. APS Crop Protection and Management Collection, 2013. University of Florida, IFAS. The American Phytopathological Society - **Relatório anual Nº7: FC029** p. 12.

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

SOARES R. M.; SOSA-GÓMEZ D.R. Manejo Integrado das Principais Doenças e Pragas da cultura da Soja. **Embrapa Soja,** Londrina 2006. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Soja/20RO/app_manejo_integrado_pragas_doencas.pdf >.Acesso em 10 dez 2015.

VAN DILLEWIJN, C. **Botany of sugarcane**. Waltham: The Chronica Botanica Company, 1952. p. 371.

VANDERPLANK, J. E. **Host - Pathogen Interactions in Plant Diseases**. New York: Academic Press, 1982. p. 207.

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

VIRTUDAZO, E. V.; NOJIMA, H.; KAKISHIMA, M. Taxonomy of *Puccinia* species causing rust diseases on sugarcane. **Mycoscience**, Tsukuba v. 42, p. 167-175, 2001.

ZAMBOLIN, L.; DO VALE, F. X. R.; COSTA, H.; JULIATTI, F. C. Manejo integrado – medidas de controle. In: DO VALE, F. X. R.; JUNIOR, W. C. J.; ZAMBOLIN, L. (Ed.). **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas.** Belo Horizonte: Editora Perfil, 2004. p. 465- 520.

ZHAO, D.; GLYNN, N. C.; GLAZ, B.; COMSTOCK, J. C.; SOOD, S. G. Orange rust effects on leaf photosynthesis and related characters of sugarcane. Plant Disease, Saint Paul, v. 95, n. 6, p. 640 -647, 2011. **Anais eletrônicos...** Saint Paul: Plant Disease, 2011. Disponível em: < http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-10-10-0762>. Acesso em 12 Dez. 2015.