

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA  
RESISTÊNCIA EM CANA-DE-AÇÚCAR AO *Colletotrichum falcatum*

ÁLVARO SANGUINO

Orientador: Dr. Hasime Tokeshi

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura-  
"Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo,  
para obtenção do título de Doutor em Fitopatologia

PIRACICABA  
Estado de São Paulo - Brasil  
Junho, 1979

À minha esposa Marisa

Aos meus filhos Ricardo e Guilherme

D E D I C O

## A G R A D E C I M E N T O S

O autor expressa seus agradecimentos

- A COPERSUCAR, pela oportunidade concedida para que pudessemos atingir esse estágio;
- Ao Professor Dr. Hasime Tokeshi, pela valiosa orientação e inestimável apoio;
- Ao Dr. Wilson Marcelo da Silva, pelo estímulo e apoio durante a realização dos trabalhos;
- Ao Dr. Roberto Simionato Moraes, pela orientação nas análises estatísticas;
- Ao Dr. Hiroshi Kimati, pelas sugestões e revisão dos originais;
- Ao Dr. Armando Bergamin Filho, pelas valiosas sugestões;
- Ao Eng<sup>o</sup>-Agr<sup>o</sup> Claudio Dal Piccolo e os Técnicos José Deodato Pereira de Campos e Osvaldo Teixeira Santos Filho, pelo auxílio na montagem e avaliação dos experimentos;
- Ao Colega Eng<sup>o</sup>-Agr<sup>o</sup> Flavio Franco Corte Brilho, pelo auxílio na condução dos experimentos.

E a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

## Í N D I C E

	Pág.
1 - RESUMO .....	1
2 - INTRODUÇÃO .....	3
3 - REVISÃO DE LITERATURA .....	5
3.1 - Histórico e Descrição .....	5
3.2 - Importância Econômica .....	7
3.3 - Ciclo da Doença .....	8
3.4 - Raças Fisiológicas .....	11
3.5 - Métodos de Controle da Doença .....	13
3.6 - Critérios de Avaliação .....	17
4 - MATERIAIS E MÉTODOS .....	21
4.1 - Local da Realização dos Experimentos .....	21
4.2 - Isolamentos e Multiplicações do Fungo .....	21
4.3 - Método de Inoculação nos Colmos .....	22
4.4 - Método de Avaliação das Inoculações nos Colmos .....	23
4.5 - Método de Inoculação nas Folhas .....	25
4.6 - Método de Avaliação das Inoculações nas Folhas .....	26
4.7 - Influência da Idade dos Colmos e do Pe- ríodo de Incubação na Manifestação da Doença no Colmo .....	27

	Pág.
4.8 - Testes de Resistência em Nove Variedades de Cana-de-Açúcar .....	29
4.9 - Testes de Resistência Foliar a <i>C. falcatum</i> Visando a Seleção de Plântulas da Progenie CB41-76 .....	29
4.10 - Testes de Resistência de 23 Clones Selecionados da Progenie CB41-76 (1972) .....	30
5 - RESULTADOS .....	32
5.1 - Influência da Idade da Planta e do Período de Incubação na Manifestação da Doença no Colmo .....	32
5.2 - Testes de Resistência a <i>C. falcatum</i> em Nove Variedades de Cana-de-Açúcar .....	35
5.3 - Testes de Resistência Foliar a <i>C. falcatum</i> Visando a Seleção de Plântulas da Progenie CB41-76 .....	37
5.4 - Testes de Resistência de 23 Clones da Progenie CB41-76 (1972) Pré-selecionados por Inoculação Foliar .....	37
6 - DISCUSSÃO .....	40
6.1 - Influência da Idade do Colmo e Períodos de Incubação na Manifestação da Doença nos Colmos .....	40
6.2 - Métodos de Avaliação da Resistência Varietal .....	42

	Pág.
6.2.1 - Avaliação por Inoculação nos Colmos ..	42
6.2.2 - Avaliação da Resistência nas Folhas ..	44
6.2.3 - Avaliação da Resistência pelo Brix Refratométrico .....	46
6.3 - Testes de Resistência à <i>C. falcatum</i> em Variedades de Cana-de-Açúcar .....	47
6.3.1 - Inoculações nos Colmos .....	47
6.3.2 - Inoculações nas Folhas .....	49
6.3.3 - Brix em Colmos Inoculados .....	50
6.4 - Seleção de Plântulas Resistentes à Podri- dão Vermelha .....	53
7 - CONCLUSÕES .....	56
8 - SUMMARY .....	58
9 - BIBLIOGRAFIA .....	60
10 - APÊNDICE .....	68

## 1 - RESUMO

Diferentes metodologias foram comparadas para a avaliação de resistência à *Colletotrichum falcatum* em cana-de-açúcar.

Avaliaram-se os efeitos da idade da planta e do período de incubação na manifestação da podridão vermelha, nos colmos, e os resultados mostraram não haver grande influência da idade do colmo na época de inoculação e que o período de incubação não precisa ser superior a 60 dias.

Avaliações de resistência de plantas de cana-de-açúcar à infecção foliar através de inoculações na nervura central mostraram que é possível separar classes de resistência em clones e variedades.

O autor desenvolveu um índice de doença (IVD) baseado no volume do tecido atacado e o volume total do colmo.

Determinaram-se as perdas de açúcar em colmos inoculados com *C. falcatum* de nove variedades de cana-de-açúcar, pe

la diferença de brix entre a parte sadia e doente do colmo.

Avaliou-se também a correlação entre a resistência nas folhas e resistência nos colmos ao *C. falcatum* em clones e variedades de cana-de-açúcar. Os resultados mostraram não haver correlação entre as duas formas de resistência.

Estimaram-se os prejuízos causados pela doença associando-se os valores obtidos da diferença de brix entre a parte sadia e doente com os valores de IVD. O resultado obtido nos permitiu uma melhor avaliação de cada variedade analisada.

Foi testada a possibilidade de desenvolver variedades resistentes através da pré-seleção em folhas de plântulas, e os resultados indicaram que a metodologia da inoculação na folha pode ser utilizada em programas de melhoramento.

## 2 - INTRODUÇÃO

Na Cultura da cana-de-açúcar, muitas das medidas clássicas de controle de doença não são praticáveis devido ao seu alto custo. Por esta razão, a indústria açucareira é altamente dependente de variedades resistentes às doenças.

Nos programas de melhoramento de cana-de-açúcar, as características de alta produtividade por unidade de área, alto teor de sacarose no caldo de também a resistência a pragas e moléstias, devem estar unidas para que um clone tenha condições de ser plantado comercialmente. Englobar essas características em uma única planta, é uma tarefa difícil, necessitando que o programa de melhoramento, seja suficientemente grande para permitir que com um grande número de plântulas, tenhamos uma maior probabilidade de encontrar um clone desejado. Em um programa como este, o trabalho do fitopatologista na procura de melhores, mais rápidos e perfeitos métodos de seleção para resistência às doenças, tem um papel de destaque.

Sendo que em nosso país, pouco ou quase nada se fez em relação ao melhoramento da cana-de-açúcar para a resistência à doença, há necessidade de estudos de metodologia que se adaptem às nossas condições e produzam os melhores resultados em curto espaço de tempo.

Dentro deste raciocínio, nos propusemos a estudar um método para a seleção de clones resistentes à podridão vermelha, que é uma das mais importantes doenças que ocorrem em nossas condições.

### 3 - REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 - Histórico e Descrição

A podridão vermelha da cana-de-açúcar foi primeiramente descrita em Java por WENT, em 1893, que estudou seus sintomas, inclusive a grande perda de sacarose do caldo e provou o parasitismo do fungo então chamado de *Colletotrichum falcatum* (ABBOTT, 1938).

Butler, em 1906 (In: ABBOTT *et alii*, 1961), conduzindo estudos sobre podridão vermelha na Índia, deu particular atenção para o agente causal e o seu modo de infecção e propôs o nome "red rot" que é até hoje universalmente aceito e preferido ao nome de "red smut" originalmente proposto por WENT. Observou também que a podridão vermelha reduzia a quantidade de sacarose e a pureza do caldo, concluindo ser isto devido à grande ação das invertases produzidas pelo fungo.

A podridão vermelha pode afetar diversas partes da cana-de-açúcar, tais como: raízes, colmos e folhas, mas os sintomas externos da doença no campo, são quase indetectáveis, uma vez que, seu sintoma típico, só pode ser observado cortando-se o colmo da cana-de-açúcar longitudinalmente. Nos colmos infectados, os tecidos dos internódios apresentam uma coloração vermelha opaca e, entre essas áreas vermelhas, algumas áreas transversais brancas, que caracterizam a doença. Na ausência de áreas brancas transversais entremeando as áreas vermelhas, a identificação da doença não pode ser positivada, pois a coloração vermelha dos tecidos pode ocorrer por diversas causas e não somente pela infecção do organismo da podridão vermelha (ABBOTT, 1938).

Nas folhas, o *C. falcatum* ocorre de preferência na nervura central, causando lesões alongadas, de coloração vermelho intenso, inicialmente, tornando-se mais claras no centro, quando em fase mais adiantada. A doença ocorrendo sobre a nervura central, tem uma importância indireta, uma vez que o fungo esporulando em sua superfície, servirá como principal fonte de inóculo para a infecção dos colmos (ABBOTT, 1938; ABBOTT *et alii*, 1961).

### 3.2 - Importância Econômica

A podridão vermelha da cana-de-açúcar pode causar danos na planta das seguintes maneiras:

- a - provocando a morte dos tecidos foliares;
- b - provocando a morte da planta ou do topo da planta;
- c - reduzindo a sacarose contida no caldo;
- d - reduzindo a germinação de toletes no campo.

A podridão vermelha afetando a nervura central da folha, pode causar uma seca prematura dos tecidos foliares, diminuindo a vida útil das folhas. Em algumas variedades, o topo da planta morre devido a infecção nodal. Em casos muito raros, brotos jovens podem secar causando a morte da planta. Estes sintomas descritos, não são comuns e estão geralmente confinados a variedades de extrema suscetibilidade (MIAN, 1969).

Segundo a literatura consultada (ABBOTT e HUGHES, 1961), os maiores danos causados pela doença, são na brotação das gemas de toletes e na diminuição do teor de sacarose contida no caldo.

O fungo crescendo em toletes, causa injúria às gemas e concorre com o alimento necessário para uma boa brotação, causando, com isso, uma diminuição no número de plantas por áreas (ABBOTT, 1938). THAUNG (1967) relatou que a podridão vermelha foi responsável pela devastação de 2.000 acres de plantio de cana em Burma.

O fungo causa também a inversão de sacarose contida nos colmos e assimila a glucose resultante (EDGERTON, 1911 e ABBOTT, 1938). As quantidades de açúcar invertidas são muito maiores que o necessário para o consumo do fungo, causando com isso uma grande redução na quantidade de sacarose (MIAN, 1969).

EDGERTON (1911), encontrou que a redução na sacarose contida no caldo, devida a ação do fungo, foi de 25%. Evidências indicam que a quantidade de sacarose no caldo pode cair abaixo de 7% (EDGERTON, 1959), quando o normal da sacarose é de 15 a 20% ou mais. SANDHU *et alii* (1969), relatam uma redução no peso da cana de 12 a 41,5% em variedades atacadas pela podridão vermelha. No Brasil, os relatos sobre os danos da doença estão sempre associados aos estudos sobre danos da broca da cana *Diatraea saccharalis*, como é o caso do trabalho de GALLO (1963) que atribuiu uma perda média em sacarose provável de 4,1% para uma média de 22,2% de intensidade de infestação da broca, e também uma perda de peso médio de 4,8% com a mesma intensidade de infestação.

### 3.3 - Ciclo da Doença

Durante a estação de crescimento da cana-de-açúcar, as infecções na nervura central, produzem o inóculo necessário para a disseminação do patógeno. Estes esporos, são

dispersos pelos respingos de chuva ou por gotas de orvalho atē os colmos, onde se alojam ao redor do nō envolvido pela bainha foliar.

Os esporos germinam e penetram atravēs da cicatriz foliar e das gemas (STEIB e SHILTON, 1951) ou atravēs das perfurações feitas pela broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* (ABBOTT *et alii*, 1961). Na Índia, APPALANARASIAH (1974), atravēs de inoculações feitas em galerias de broca, notou que não havia desenvolvimento da doença e atribuiu esta ocorrência aos tecidos lignificados das paredes da galeria, mas apōs a penetração, o micēlio pode crescer rapidamente, invadindo as cēlulas do hospedeiro, ou entāo permanecer dormente, dependendo para isso de vārias causas, tais como: teor de umidade, estāgio vegetativo do colmo e resistēncia varietal.

Sobre as folhas, os esporos carregados por respingos de chuva ou vento germinam e penetram diretamente atravēs da epiderme, podendo tambēm penetrar atravēs de perfurações feitas por insetos ou por outros tipos de injūria (PADWICK, 1940 e SINGH, 1976). Para RICAUD (1972) as infecções foliares estāo tambēm associadas às condições atmosféricas secas enquanto que para SREERAMULU *et alii* (1970), as chuvas e os orvalhos tem uma importāncia primordial no desenvolvimento da lesāo nas nervuras.

O fungo pode permanecer de uma estaçāo de crescimento para a outra, em soqueiras, restos de culturas e em to-

letes para plantio. EDGERTON e CARVAJAL (1944), notaram que o fungo é capaz de permanecer no solo sob a forma de clamidosporos por longo tempo, podendo com isso iniciar um novo ciclo de doença.

A infecção pode ocorrer por micélios, conídios, clamidosporos e ascosporos. Quando estabelecido no hospedeiro, o fungo é usualmente intracelular.

Com o avançar do micélio do fungo, o protoplasma das células da hospedeira se modificam e secretam uma substância gomosa para os espaços intercelulares. Nesse mesmo tempo, uma substância avermelhada é produzida e as paredes celulares a absorvem tomando coloração vermelha (EDGERTON, 1959). A substância avermelhada é antagônica ao fungo, o qual cresce pouco dentro da zona vermelha. Em variedades resistentes, a zona vermelha é formada muito rapidamente para conter o movimento do fungo. O grau de resistência de uma cana à podridão vermelha, é indicado pela rapidez com que a zona vermelha é formada, EDGERTON (1959) e EDGERTON *et alii* (1944). PAPPALIS *et alii* (1965.a e 1965.b), relataram a correlação entre a quantidade de parênquima morto e as áreas infectadas pelo *C. falcatum*, uma vez que, as células vivas limitam o desenvolvimento do fungo.

Embora o micélio não possa crescer internamente ao longo dos condutos vasculares do colmo, os esporos do fungo migram através dos condutos vasculares para regiões longe do

ponto de infecção (ABBOTT, 1938 e EDGERTON, 1959). Nas nervuras centrais das folhas, o fungo se espalha da mesma maneira que no colmo. Os conídios movem-se ao longo da nervura através dos condutos vasculares, onde germinam e produzem numerosas lesões espaçadas.

### 3.4 - Raças Fisiológicas

O primeiro trabalho que relatou uma possível existência de raças, foi o trabalho de ABBOTT (1938), quando ele separou entre as raças claras e escuras, diversos isolados do fungo e chegou a conclusão que as raças claras eram mais patogênicas.

AGNIHOTRI *et alii* (1974) sugeriram que o *C. falcatum* das nervuras das folhas e o *C. falcatum* que ataca os colmos, são raças diferentes, pois em seu trabalho, os isolados das folhas foram bem menos patogênicos que os isolados dos colmos. SANDHU *et alii* (1974), estabeleceram diferenças na intensidade de manifestação da doença em variedades suscetíveis, onde os isolados das folhas causavam menos doença, mas, quando testados em variedades resistentes, tal diferença não existia.

A mudança na reação de resistência das variedades de cana-de-açúcar para o patógeno da podridão vermelha, após certo período de cultivo, parece oferecer uma base suficiente

para fundamentar a hipótese do aparecimento de uma nova raça do patógeno.

A decadência da variedade POJ 213 na Louisiana, ABBOTT (1938) e da variedade Co213 na Índia, (CHONA e PADWICK, 1942) foram atribuídas ao surgimento de uma nova raça altamente esporulante do patógeno.

RAFAY (1950 e 1957), também atribui a decadência da variedade Co453 e da Variedade B011, ao surgimento de uma nova raça mais patogênica. Mais recentemente KIRTI KAR *et alii* (1964, 1965), SINGH e RANA (1968), RANA e GUPTA (1969) e PANDEY *et alii* (1974), relataram a ocorrência de novas raças, às quais atribuíram a decadência das variedades CoS510, CoS514, B010, B017 e B032 em Uttar Pradesh, na Índia. TYAGI e GOYAL (1975), investigando mais de 100 coleções de canas infectadas em diferentes locais, puderam identificar três raças distintas em sua patogenicidade.

No âmbito de pesquisa nacional, KIMATI (1975) inoculando em folhas cinco diferentes isolados de *C. falcatum* em três variedades de cana-de-açúcar, chegou a conclusão de que variações de patogenicidade são correm quanto à agressividade e que a resistência varietal é do tipo horizontal.

### 3.5 - Métodos de Controle da Doença

Devido a importância da podridão vermelha, os programas de melhoramento, em várias partes do mundo, tem adotado técnicas de inoculações artificiais para determinar a resistência relativa dos novos clones.

A procura de fontes de resistência tem sido muito grande apesar de AZAB e CHILTON (1959) mostrarem que, mesmo com diferentes graus de resistência dos progenitores utilizados nos cruzamentos, as plântulas obtidas dos cruzamentos apresentam pequenas diferenças percentuais em número de plantas resistentes.

SRINIVASAN *et alii* (1971), procurando fontes de resistência para podridão vermelha no banco de germoplasma da Sugarcane Breeding Institut, Coimbatore, encontraram que a resistência para a podridão vermelha em clones de *Saccharum officinarum*, *S. robustum* e *S. sinensis*, é bastante baixa, e que um terço dos clones de *S. barberi* e um terço de *S. spontaneum* eram resistentes.

SINGH (1973), trabalhando com 79 variedades de cana-de-açúcar e 7 clones de *Saccharum spontaneum*, encontrou apenas 4 variedades que eram altamente resistentes.

Vários métodos de inoculação tem sido adotados para testar a resistência relativa das variedades de cana-de-açúcar para a podridão vermelha.

ABBOTT (1938), utilizou colmos de cana cortados com  $\pm$  1 metro e em sua parte central foi feito um buraco onde foi colocado um pedaço do meio de cultura que continha o *C. falcatum*. CHONA (1954), propôs a utilização de um novo método (plug método), onde dos colmos em vegetação se retira de sua parte mediana, uma pequena secção cilíndrica pelo uso de um furador de rolas de 1/4" de diâmetro. Nesta cavidade, se coloca uma quantidade de inóculo equivalente ao volume da secção retirada, a qual logo após, é novamente recolocada em sua posição original. Este método é até hoje o mais usado nos testes de resistência feitos na Índia.

No Havai, ANON (1966), propôs a utilização de palitos de dente previamente colonizados com o *C. falcatum*, os quais são colocados nos furos do colmo, feitos com o auxílio de um estilete com diâmetro pouco maior que o do palito a ser utilizado. O grande inconveniente deste método é que outros fungos podem penetrar através da perfuração e mascarar a reação do colmo inoculado.

Considerando que os métodos acima descritos são bastante drásticos e artificiais por não levarem em consideração que podem existir diversas causas que impedem o patógeno de entrar em contato com os tecidos internos do hospedeiro, bem como, que em condições naturais de campo, pode não existir nas variedades testadas, potencial de inóculo suficiente para causar infecção nos colmos, RANA *et alii* (1968), sugerem a sele

ção nos estágios iniciais dos programas de melhoramento, usando a inoculação de uma suspensão de esporos na região nodal da cana, logo após as bainhas foliares terem sido removidas, permitindo que o fungo penetre pela cicatriz foliar.

SINGH *et alii* (1964), sugerem um método de inoculação que diz ser o mais próximo das condições naturais, e que consiste em colocar um algodão embebido em esporos e micélio do fungo, ao redor do nó da cana e cobrir com saco de polietileno, para manter a umidade. Após 93 dias os colmos são abertos e classificados pelos sintomas apresentados.

Outros métodos de seleção não baseados em inoculações e avaliações nos colmos, também tem sido proposto. SRINIVASAN (1962), sugeriu uma técnica de seleção de plântulas resistentes à podridão vermelha, baseada na inoculação de uma suspensão de esporos sobre as folhas das plântulas com 6 semanas de idade e imediatamente colocando-as em câmara úmida, feita com uma cobertura de lona plástica. Esta técnica não permitiu separar plântulas resistentes das de moderada resistência, mas permitiu que, todas as plantas altamente suscetíveis fossem eliminadas.

TILAK (1968) descreveu que, em caldo de plantas resistentes, havia uma maior esporulação e um crescimento mais esparso, enquanto que no caldo de variedades suscetíveis, a esporulação foi bastante fraca, mas o crescimento micelial foi grande.

RAO *et alii* (1967) , VERMA *et alii* (1971), confirmaram os trabalhos de ABBOTT (1938), encontrando uma maior quantidade de polifenol oxidase nos tecidos infectados de canas resistentes, que em tecidos de canas suscetíveis.

A maioria dos métodos empregados não levam em conta que a padronização do potencial de inóculo a ser utilizado , bem como o uso de uma só raça ou de uma mistura de raças, são fatores importantes na manifestação da reação das variedades testadas.

PANDEY *et alii* (1975), trabalharam com 4 raças testando-as independentemente em cada variedade. GUPTA *et alii* (1976) e ABBOTT (1938) trabalharam com misturas de raças.

SINGH *et alii* (1965), testando 4 variedades de cana-de-açúcar, concluíram que inóculo de apenas 1 raça, é muito mais patogênicos do que o de uma mistura de raças, indicando que um inóculo de 1 raça patogênica é preferível nos testes de resistência. KIMATI (1975), mostrou que existe apenas diferenças na agressividade entre diferentes isolamentos do fungo. Portanto, em testes de resistência, a utilização de apenas uma cepa bem agressiva parece ser preferível que uma mistura de cepas.

### 3.6 - Critérios de Avaliação

Os critérios de avaliação da resistência de clones e variedades para o fungo *C. falcatum* apresentam grandes diferenças de acordo com o local e metodologia de inoculações empregados.

ABBOTT *et alii* (1961), salientou que na classificação de variedades resistentes à podridão vermelha, parece não existir concordância nos resultados obtidos em diferentes locais com a mesma variedade. Tal fato, poderia ser explicado pela ocorrência de raças do fungo que diferem em agressividade, pela variação nas condições ambientais, pelo critério de avaliação empregado, ou pelo potencial de inóculo empregado.

Para a avaliação dos testes em inoculações em colmos cortados, ABBOTT (1938), utilizou o critério de nota de 1 a 5 que se baseia apenas na evolução ou não do sintoma da doença do internódio inoculado para os internódios vizinhos. SINGH *et alii* (1970), descrevendo metodologia de seleção de plantas resistentes na Índia, empregaram dois critérios de avaliação, sendo o primeiro para selecionar plantas em estágios iniciais, onde, os clones que apresentavam grande desenvolvimento longitudinal da doença, cruzando um ou mais nós acima do inoculado e que também apresentavam seca total ou parcial do topo da planta, eram considerados suscetíveis; o segundo critério, pa

ra estágios mais avançados de seleção, foi baseado no comprimento da lesão no interior da cana: lesões menores que 37,5 cm foram consideradas resistentes ; lesões de 37,6 até 75,0 cm foram consideradas moderadamente resistentes e as lesões a cima de 75,0 cm foram consideradas suscetíveis.

Um trabalho realizado na Índia (ANON, 1961), sugere que são insatisfatórios os critérios de avaliação baseados apenas no desenvolvimento da lesão no colmo e propõe que mais 4 características sejam introduzidas, ou sejam:

- a - o amarelecimento e a seca do topo da planta;
- b - largura da lesão;
- c - ocorrência e natureza das manchas brancas nas lesões;
- d - número de nós cruzados pelo patógeno.

SRINIVASAN (1962), utilizando inoculação por pulverização nas folhas de "seedlings", com 6 semanas de idade separou as plantas suscetíveis pela presença de pequenas lesões no limbo ou na bainha foliar.

SRINIVASAN (1963), sugere também a avaliação da resistência de plantas em laboratório onde um meio de cultura seria preparado com o caldo da cana a ser testada e o *C. falcatum* seria colocado para crescer neste meio onde o grau de esporulação seria observado. Tal método ficaria comprometido caso a cepa utilizada no teste não tivesse uma boa capacidade de esporulação.

Modelos matemáticos para avaliação da resistência foram propostos por KIRYU (1940) e PRASADARAO *et alii* (1977), na tentativa de minimizar as interferências dos critérios de avaliação por notas e sintomas.

Praticamente, todos os critérios de avaliação utilizam notas para quantificar o nível de resistência, e são sempre baseados no desenvolvimento do sintoma da doença no interior do colmo.

Mesmo trabalhando com a mesma variedade, a resistência à podridão vermelha, parece não apresentar uma concordância de resultados obtidos em diferentes países. A classificação de uma variedade, depende dos padrões utilizados em cada teste, seja ela baseada em inoculações em condições artificiais ou em inoculações em condições naturais.

ABBOTT (1938) foi o primeiro a utilizar a inoculação de nervura central das folhas, para medir a diferença entre isolamentos do fungo, por ele chamado de raças claras e raças escuras. Em seus trabalhos, ele não encontra correlação entre resistência nas folhas e a resistência no colmo deixando de lado as inoculações nas folhas e partindo somente para inoculações no colmo.

Os estudos de ABBOTT (1938), não se estenderam ao ponto da utilização das folhas em seleção de clones resistentes à podridão vermelha, mas permitiram algumas informações na diferenciação da patogenicidade entre as raças claras e escu-

ras do fungo. O trabalho de ABBOTT (1938) serviu como orientação da presente pesquisa por se tratar de um dos melhores estudos feitos com a podridão vermelha, dando informações necessárias para formulação de hipóteses e início dos trabalhos.

## 4 - MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 - Local da Realização dos Experimentos

Os experimentos componentes deste trabalho foram realizados nos laboratórios, na casa de vegetação e no campo da Estação Experimental de Cana Copersucar de Piracicabá, e da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP.

### 4.2 - Isolamentos e Multiplicações do Fungo

Folhas de cana-de-açúcar que apresentavam em sua nervura central sintomas e sinais do fungo *C. falcatum*, foram levadas para o laboratório, e com o auxílio de um microscópio estereoscópio fez-se isolamentos do fungo pela transferência de conídios para placas de Petri contendo meio de cultura Aveia-Agar. As placas utilizadas no isolamento foram co

locadas em estufa bacteriológica a uma temperatura de 28°C e com iluminação constante para favorecer a esporulação, KIMATI (1975). As placas que apresentavam esporulação abundante do fungo, foram usadas para nova repicagem e meio de Aveia-Agar (100 g/Aveia + 18 g/Agar + 1.000 cc/água). A cultura que apresentou a maior e mais homogênea esporulação, foi utilizada para a multiplicação do inóculo que seria usada nos trabalhos.

A multiplicação do inóculo foi feita repicando-se esporos do fungo para placas de Petri contendo meio de cultura Aveia-Agar e incubando-as em estufa bacteriológica com temperatura de 28°C e luz fluorescente constante durante 15 dias.

#### 4.3 - Método de Inoculação nos Colmos

Na inoculação dos colmos a suspensão dos esporos foi preparada usando-se as culturas com 15 dias de desenvolvimento, conforme descrito em 4.2. Nessas culturas foram colocados  $\pm 20 \text{ cm}^3$  de água destilada por caixa de Petri e com o auxílio de um pincel macio, os esporos foram suspensos e escorridos para um Erlenmeyer. Após a suspensão dos esporos, o inóculo foi padronizado para  $\pm 8 \times 10^5$  esporos por mililitro, mediante o auxílio de hemacitômetro e através de diluições.

Como local da inoculações no colmo, foi estabelecido o centro do entrenô onde se inicia a bainha da folha + 4

do sistema Kuijper (VANDELLEWIJN, 1960), sendo este critério utilizado em todos os testes com inoculações nos colmos.

Para a inoculação dos colmos, perfurou-se com um estilete de 2 mm de diâmetro, o meio do entrenô , e nesta perfuração injetou-se 1 cm<sup>3</sup> de inóculo com agulha e seringa hipodérmica. Após a inoculação, a perfuração foi tapada com fita adesiva impermeável, de maneira a evitar a entrada de organismos estranhos no interior do colmo inoculado, evitando assim possíveis interferências nos níveis de resistência a serem obtidos.

#### 4.4 - Método de Avaliação das Inoculações nos Colmos

Decorridos 60 dias das inoculações no colmo estes foram cortados e os seguintes parâmetros anotados: comprimento total do colmo e diâmetro médio do colmo. Em seguida, o colmo foi partido longitudinalmente e foram anotados: o comprimento da lesão , o diâmetro médio da lesão , o brix médio em baixo da lesão , o brix médio na lesão e o brix médio acima da lesão.

Na leitura do brix médio coletou-se caldo em três pontos diferentes de cada região analisada. Estas anotações foram tiradas em 32 colmos de cada uma das variedades estudadas, ou seja, 8 colmos por repetição.

Com os dados obtidos do comprimento total do colmo, diâmetro médio do colmo, comprimento da lesão e diâmetro da lesão, as reações varietais foram transformadas em Índice Volumétrico de Doença (IVD) pela equação:

$$\text{IVD} = \frac{\text{Volume do colmo doente}}{\text{Volume do colmo total}} \times 100$$

$$= \frac{\pi \frac{d^2}{4} \times h}{\pi \frac{D^2}{4} \times H} \times 100$$

onde:

d = diâmetro médio da lesão,

h = comprimento da lesão,

D = diâmetro médio do colmo,

H = comprimento total do colmo.

Para efeito de cálculo, considerou-se o colmo como um cilindro perfeito, usando-se o seu diâmetro médio, tirado de três posições do colmo, fazendo-se também esta operação na parte lesionada. Para efeito de análise estatística os dados de IVD foram transformados em  $\text{arc sen } \sqrt{\%}$ .

Obtidos os IVD, as variedades foram classificadas pelo critério descrito a seguir:

Nota	I V D	Classe da Resistência	
1	0,0 - 0,5	AR	Altamente resistente
2	0,6 - 2,0	R	Resistente
3	2,1 - 3,5	R	Resistente
4	3,6 - 5,0	MR	Moderadamente resistente
5	5,1 - 9,0	MR	Moderadamente resistente
6	9,1 - 12,0	MR	Moderadamente resistente
7	12,1 - 15,0	S	Suscetível
8	15,1 - 20,0	S	Suscetível
9	> 20,0	AS	Altamente suscetível

#### 4.5 - Método de Inoculação nas Folhas

As plantas utilizadas para as inoculações nas folhas, foram plantadas em vasos de barro de 3 litros de capacidade. Em cada vaso conduziram-se duas plantas e usaram-se 6 vasos para cada uma das variedades, perfazendo 6 repetições com parcelas de 4 folhas em duas plantas. Após o plantio, os vasos foram colocados em casa de vegetação com a temperatura variando de 25 a 32°C, obedecendo o delineamento estatístico inteiramente casualizado.

Quando as plantas estavam com 40 dias de idade, foram submetidas a condições de pré-inoculação, onde a alta umidade relativa foi mantida durante três dias, com irrigação por pulverização intermitente em todo o compartimento da casa de

vegetação.

Para as inoculações nas folhas, o inóculo foi preparado e padronizado de acordo com o descrito em 4.2 , e as inoculações foram feitas colocando-se uma gota de suspensão de esporos na parte mediana da nervura central da folha seguidas de 3 a 4 perfurações com alfinete entomológico através da gota (ABBOTT, 1938).

Baseado em testes preliminares foram escolhidas para as inoculações as folhas + 1 e + 2 , do sistema Kuijper (VAN DELLEWIJN, 1960) de cada planta por apresentarem resultados mais homogêneos e constantes.

Após as inoculações, as plantas foram mantidas nas mesmas condições de pré-inoculação por 10 dias, quando então foram analisadas as reações.

#### 4.6 - Método de Avaliação das Inoculações nas Folhas

Decorridos dez dias das inoculações nas folhas, elas foram cortadas e levadas para o laboratório onde foram anotados os comprimentos das lesões. Após serem tomadas as medidas das lesões nas folhas, foi estabelecida a média aritmética das medidas das folhas + 1 e + 2 de cada repetição e submetidas à análise estatística, sendo a seguir classificadas pela escala de notas apresentada a seguir.

A esporulação do fungo na área lesionada ocorreu em toda a extensão da lesão com pequenas variações na intensidade, não oferecendo assim um bom e fácil critério para avaliação da resistência de variedade pela quantidade de esporos produzida.

Nota	Comprimento médio das lesões em cm	Classes de resistência
1	1,1 - 4	AR
2	4,1 - 8	R
3	8,1 - 12	R
4	12,1 - 16	MR
5	16,1 - 20	MR
6	20,1 - 24	MR
7	24,1 - 28	S
8	28,1 - 32	S
9	> 32	AS

#### 4.7 - Influência da Idade dos Colmos e do Período de Incubação na Manifestação da Doença no Colmo

Nas instalações dos experimentos foram utilizadas as variedades: CB40-69 , CB41-76 e NA56-79 , plantadas à razão de 10 gemas para cada metro de sulco. O experimento foi montado em condições de campo com o delineamento em blocos ao a-

caso com 4 repetições e cada parcela continha 4 sulcos de 4 metros, sendo que cada sulco de 4 metros foi considerado uma sub-parcela e utilizado para uma idade de colmos a ser inoculado.

As mudas foram plantadas em 09/12/76, e a primeira inoculação foi efetuada três meses após e as demais espaçadas com intervalo de dois meses uma da outra, até o nono mês de idade de colmos.

Decorridos 60 dias da primeira inoculação, foi efetuada a primeira avaliação dos sintomas e também a segunda inoculação em colmos com 5 meses de idade, e, assim, sucessivamente, a cada nova avaliação correspondia uma inoculação em uma idade de colmo até o nono mês, como indica o esquema:

Idade do colmo na época da i- noculação (meses)	Avaliação dos sintomas (Período de incubação em dias)			
	60	120	180	240
3	13/05/77	12/07/77	12/09/77	17/11/77
5	12/07/77	12/09/77	17/11/77	
7	12/09/77	17/11/77		
9	17/11/77			

#### 4.8 - Testes de Resistência em Nove Variedades de Cana-de-Açúcar

Foram selecionadas para os testes as variedades de cana-de-açúcar: CB40-13 , CB40-69 , CB41-76 , CB46-47 , CB47-355 , CB53-98 , Co740 , IAC52/150 e NA56-79 , umas por serem as mais plantadas comercialmente no Estado de São Paulo, e outras por apresentarem reações conhecidas em condições de campo.

Os toletes de cada variedade foram plantados no campo em parcelas de 1,5 metros de sulco com 4 repetições e após 8 meses do plantio 6 colmos de cada parcela foram inoculados pelo método descrito no item 4.3 na parte mediana do colmo. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado.

Na avaliação dos resultados das inoculações no colmo foram seguidas as mesmas metodologias descritas no item 4.4.

As metodologias empregadas para as inoculações e avaliações nas folhas são as descritas nos itens 4.5 e 4.6 respectivamente.

#### 4.9 - Testes de Resistência Foliar a *C. falcatum* Visando a Seleção de Plântulas da Progenie CB41-76

Para a seleção de plântulas resistentes à podridão vermelha nas folhas, foram escolhidas para os testes, semen -

tes da variedade CB41-76 de polinização livre (P.L.) que possuíam excelente viabilidade nos anos de 1972 , 1973 , 1975 e 1976. As plântulas foram obtidas pelo método proposto por SILVA (1974) e conduzidas até a idade de inoculação em casa de vegetação.

Quando as plântulas se apresentavam com dois meses foram inoculadas conforme a metodologia descrita em 4.5 . As avaliações das inoculações foram feitas conforme o descrito no item 4.6 .

#### 4.10 - Testes de Resistência de 23 Clones Selecionados da Progenie CB41-76 (1972)

Após as inoculações e avaliações dos testes do item anterior, as plântulas provenientes do lote de 1972 foram levadas para o campo onde foram plantadas com espaçamento de 30 cm na linha por 1,40 metros nas entrelinhas. Durante todo o desenvolvimento as plântulas foram observadas quanto a possível ocorrência de infecções naturais nas folhas.

Deste material, quando as plântulas atingiram 12 meses de transplante no campo, avaliaram-se o brix e a extensão das infecções internas de podridão vermelha nos colmos, selecionando-se 23 plantas que apresentavam baixa infecção natural de *C. falcatum* nas folhas, baixa infecção interna de *C. falcatum* nos colmos e brix acima de 20. Estas plantas foram

multiplicadas por toletes em delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições, sendo que cada parcela era constituída de 1,5 metros de sulco para cada clone e com 1,40 metros entre os sulcos. Foram plantadas como variedades padrões a CB41-76 e CB47-355.

Quando o material multiplicado se encontrava com 8 meses de idade 8 colmos de cada parcela foram inoculados. Os colmos inoculados foram cortados e avaliados 60 dias após a inoculação, e os dados, transformados em  $\text{arc sen } \sqrt{\%}$ , foram analisados estatisticamente.

Para a retestagem dos 23 clones selecionados da progênie CB41-76 (1972) para a resistência nas folhas, 8 gemas de cana clone foram plantados em vasos de barro com capacidade para três litros, sendo utilizado um vaso para cada duas gemas. Quando as plantas estavam com 25 a 30 cm de altura suas folhas foram inoculadas conforme a metodologia descrita no item 4.5. As avaliações foram feitas de acordo com o descrito no item 4.6. Usaram-se como padrões as variedades CB41-76 e CB47-355.

## 5 - RESULTADOS

### 5.1 - Influência da Idade da Planta e do Período de Incubação na Manifestação da Doença no Colmo

Os resultados deste experimento são apresentados, na forma de dados originais, no Apêndice 1 e, analisadamente, nas Tabelas 1 e 2, as quais são desdobramentos de uma única tabela com finalidade de esclarecer as comparações estatisticamente efetuadas.

Pode-se observar, de um modo geral, o pequeno efeito da idade da planta, dentro de todas variedades e dentro de todos os períodos de incubação (Tabela 1); do mesmo observa-se uma certa constância nos índices volumétricos das doenças, dentro das variedades, independentemente do período de incubação, nas diferentes idades de inoculação (Tabela 2). O que fica caracteristicamente demonstrado é a grande diferença de resistência, medida pelo IVD, entre a varieie

TABELA 1 - Influência da idade da planta em diferentes períodos de incubação na manifestação da podridão vermelha no colmo, avaliado pelo índice volumétrico de doença (IVD), em três variedades de cana

Variedades	Idade na Inoculação (Meses)	Índice volumétrico de doença (IVD) <sup>1/</sup> nos períodos de incubação (dias)							
		60		120		180		240	
		%	Ângulo	%	Ângulo	%	Ângulo	%	Ângulo
CB40-69	3	7,49	15,80 ab	6,90	15,10 ab	3,94	11,29 b	4,21	11,64 a
	5	3,82	10,43 cd	9,16	17,62 a	5,11	12,99 ab		
	7	6,69	14,37 abc	8,83	17,01 a				
	9	0,58	4,26 e						
CB41-76	3	5,41	13,34 bc	7,92	16,29 a	4,83	12,65 ab	5,74	13,75 a
	5	6,33	14,47 abc	8,54	16,98 a	8,26	16,20 a		
	7	10,23	18,61 a	9,92	18,26 a				
	9	2,12	8,20 de						
NA56-79	3	1,55	7,13 de	1,70	7,49 bc	1,13	6,06 c	1,27	6,41 b
	5	1,38	6,73 de	1,58	7,16 bc	1,44	6,66 c		
	7	1,02	5,67 e	0,86	5,16 c				
	9	0,59	4,33 e						
D.M.S. 5% (Tukey)		4,59		8,24		3,89		3,88	
C. V.		23,05%		32,38%		22,13%		16,88%	

<sup>1/</sup> Média de quatro repetições, cada uma representada por oito colmos. Médias com letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% (Tukey).

$$IVD = \frac{\text{Índice volumétrico de doença}}{\text{Volume do colmo doente}} \times 100$$

$$\text{Volume do colmo doente} = \frac{\text{Volume do colmo total}}{\text{Volume do colmo doente}} \times 100$$

TABELA 2 - Influência do período de incubação em plantas com diferentes idades, na manifestação da podridão vermelha no colmo, avaliada pelo Índice volumétrico de doença (IVD), em três variedades de cana

Variedades	Índice volumétrico de doença (IVD) <sup>1/</sup> nas plantas inoculadas com idade (em meses) de											
	3			5			7			9		
Período de incubação (Dias)	%	Ângulo	%	Ângulo	%	Ângulo	%	Ângulo	%	Ângulo	%	Ângulo
CB40-69	60	7,49	15,80 ab	3,82	10,43 bc	6,69	14,37 b	0,58	4,26 b			
	120	6,90	15,10 abc	9,16	17,62 a	8,83	17,01 a					
	180	3,94	11,29 d	5,11	12,99 abc							
	240	4,21	11,64 cd									
CB41-76	60	5,41	13,34 abcd	6,33	14,47 ab	10,23	18,61 a	2,12	8,20 a			
	120	7,92	16,29 a	8,54	16,98 ab	9,92	18,26 a					
	180	4,83	12,65 bcd	8,26	16,20 ab							
	240	5,74	13,75 abcd									
NA56-79	60	1,55	7,13 e	1,38	6,73 c	1,02	5,67 c	0,59	4,33 b			
	120	1,70	7,49 e	1,58	7,16 c	0,86	5,16 c					
	180	1,13	6,06 e	1,44	6,66 c							
	240	1,27	6,41 e									
D.M.S. 5% (Tukey)		3,57		7,18		2,19		3,73				
C. V.		16,17%		20,00%		10,42%		30,87%				

(1) Média de quatro repetições, cada uma representada por oito colmos. Médias com letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% (Tukey).

$$IVD = \text{Índice volumétrico de doença} = \frac{\text{Volume do colmo doente}}{\text{Volume do colmo total}} \times 100$$

dade NA56-79, de um lado, e as variedades CB40-69 e CB41-76, de outro, independentemente da idade de inoculação (exceto 9 meses) e do período de incubação (Tabelas 1 e 2). É interessante notar que praticamente s̄o houve variação, em IVD, dentro das variedades CB40-69 e CB41-76, entre as diferentes idades de inoculação, quando o período de incubação foi de 60 dias ; do mesmo modo, praticamente s̄o houve variação, em IVD, dentro das mesmas variedades, entre períodos de incubação, quando a idade da planta foi de três meses.

#### 5.2 - Testes de Resistência a *C. falcatum* em Nove Variedades de Cana-de-açúcar

Tanto em inoculações no colmo como na nervura foliar houve variações significativas na resistência das variedades testadas (Tabela 3). Se bem que não tenha ocorrido correspondência total da ordem de resistência varietal nos diferentes métodos de avaliação, ressalte-se o fato de três variedades (NA56-79 , CB46-47 e C0740) se mostrarem altamente resistentes tanto no colmo como na folha. É de se notar, também, nas inoculações do colmo, a falta de correspondência do índice volumétrico da doença com o comprimento da lesão e com a diferença de brix. (Para cálculo da Tabela 3 , vide dados originais nos Apêndices 4 , 5 , 6 , 7 e 8).

TABELA 3 - Avaliação da resistência de nove variedades de cana-de-açúcar por inoculações no colmo e na folha.

Variedade	No colmo				Inoculação na folha			
	Comprimento da lesão (cm)		IVD		2/ 5/		Nota	
	Difer. brix	Ângulo	%	Ângulo	Nota	(cm)	Nota	
CB 41-76	5,30	13,22 ab	10,85	19,23 a	6	8,96 b	3	
CB 40-69	6,68	14,88 a	8,94	17,39 b	5	13,25 a	4	
IAC52/150	4,42	11,95 b	5,80	13,93 c	5	2,79 c	1	
CB53-98	3,63	11,78 b	5,08	13,01 c	4	4,04 c	2	
CB47-355	2,07	8,22 cd	1,15	6,15 d	2	14,12 a	4	
CB40-13	1,52	6,79 d	1,14	6,15 d	2	13,83 a	4	
NA56-79	4,22	11,89 b	0,94	5,42 d	2	1,87 c	1	
CB46-47	3,46	10,74 bc	0,36	3,43 e	1	2,25 c	1	
Co740	3,78	11,49 b	0,33	3,29 e	1	3,37 c	1	
DMS 5% (Tukey)	3,04			1,47		3,20		
C.V.	11,45%			6,33%		23,71%		

1/ Média de quatro repetições cada uma representada por seis colmos ; 2/ Média de seis repetições, cada uma representada pela média da lesão em quatro folhas inoculadas ; 3/ Diferença de brix entre parte sadia (leituras tomadas em três locais diferentes tanto abaixo como acima da parte doente) e parte doente (leituras em três locais) ; 4/ IVD = Índice volumétrico de doença =

$$= \frac{\text{Volume do colmo doente}}{\text{Volume do colmo sadio}} \times 100$$
 ; 5/ Médias não seguidas pela mesma letra diferem ao nível de 5% (Tukey) ; 6/ Notas IVD: 1, de 0 a 0,5 ; 2, de 0,6 a 2 ; 3, de 2,1 a 3,5 ; 4, de 3,6 a 5,0 ; 5, de 5,1 a 9,0 ; 6, de 9,1 a 12 ; 7, de 12,1 a 15 ; 8, de 15,1 a 20,0 e 9, acima de 20 ; 7/ Notas de lesão na nervura em (cm): 1, de 1,1 a 4 ; 2, de 4,1 a 8,0 ; 3, de 8,1 a 12 ; 4, de 12,1 a 16 ; 5, de 16,1 a 20 ; 6, de 20,1 a 24 ; 7, de 24,1 a 28 ; 8, de 28,1 a 32 ; 9, acima de 32 .

### 5.3 - Testes de Resistência Foliar a *C. falcatum* Visando a Seleção de Plântulas da Progenie CB41-76

Os resultados dos testes efetuados em quatro diferentes anos de cruzamento, mostram que da progenie CB41-76, de polinização livre, sempre se originam plântulas que, em suas reações a *C. falcatum* abrangem todo o espectro de avaliação, tendendo, no cômputo geral, a predominância de plantas classificadas intermediariamente. Fica demonstrada a possibilidade de se selecionar facilmente plantas com alta resistência foliar, pois a frequência de plantas com nota 1 (lesão de 1,1 a 4,0 cm) foi de 4 a 9,61% (Tabela 4).

### 5.4 - Testes de Resistência de 23 Clones da Progenie CB41-76 (1972) Pré-selecionadas por Inoculação Foliar

Os 23 clones pré-selecionados quanto a resistência a *C. falcatum*, em inoculação foliar, com 60 dias de idade, comportaram-se igualmente ou mais resistentes do que o progenitor CB41-76 que lhes deu origem, quando avaliadas pelo índice volumétrico de doença. Quanto, entretanto, foram avaliados por inoculação foliar todas tiveram resistência igual ou menor do que a do progenitor CB41-76 (Tabela 5). Pelo critério de notas, a reação das progênies foi mais uniforme para o IVD do que para o comprimento da lesão foliar. (Para o cálculo da Tabela

TABELA 4 - Distribuição da frequência de plântulas de progênie CB41-76 nas classes de resistência foliar a *C. falcatum*, em diferentes anos de cruzamento

Classes de Resistência das Folhas	1/ Frequência de plântulas nas classes de resistência indicadas nos cruzamentos de:											
	1972		1973		1975		1976		Total			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
1	10	9,61	8	7,08	5	5,00	13	4,05	36	5,64		
2	5	4,80	2	1,77	7	7,00	15	4,67	29	4,55		
3	7	6,73	6	5,31	17	17,00	62	19,31	92	14,42		
4	8	7,69	23	20,35	26	26,00	81	25,23	138	21,63		
5	4	3,85	14	12,39	19	19,00	54	16,82	91	14,26		
6	6	5,77	14	12,39	15	15,00	52	16,20	87	13,63		
7	3	2,88	20	17,70	7	7,00	28	8,72	58	9,09		
8	10	9,61	15	13,27	4	4,00	12	3,74	41	6,42		
9	51	49,04	11	9,73	0	0	4	1,25	66	10,34		
Total	104	100	113	100	100	100	321	100	638	100		

1/ Baseadas em comprimento (cm) da lesão: 1, de 1,1 a 4; 2, de 4,1 a 8; 3, de 8,1 a 12; 4, de 12,1 a 16; 5, de 16,1 a 20; 6, de 20,1 a 24; 7, de 24,1 a 28; 8, de 28,1 a 32; e 9, > que 32.

TABELA 5 - Resistência de 23 clones da progênie CB41-76 (1972), pré-selecionados pela inoculação foliar, a *C. falcatum* em reinoculações no colmo e na folha

Clones e Variedades	Índice de doença					
	%	No colmo (IVD) <sup>1/</sup>			Na folha	
		Angulo <sup>3/</sup>	Nota <sup>4/</sup>	Comprimento <sup>2/3/</sup>	Nota <sup>5/</sup>	
13	2,17	8,45 bcde	3	19,25 cd	5	
27	0,70	4,76 fgh	2	12,12 fgh	4	
32	1,80	6,98 bcdefgh	2	15,25 defgh	4	
55	1,87	7,61 bcdefgh	2	12,00 fgh	3	
75	0,68	4,52 gh	2	11,12 gh	3	
100	1,32	6,60 cdefgh	2	13,25 efgh	4	
104	1,02	5,79 efgh	2	18,12 cde	5	
117	1,50	6,99 bcdefgh	2	9,12 h	6	
120	1,15	6,05 defgh	2	20,62 bcd	6	
123	1,50	6,93 bcdefgh	2	17,87 cdef	5	
136	1,92	7,95 bcdefg	2	29,50 a	8	
152	2,92	9,66 bcd	3	29,00 a	8	
154	1,80	7,63 bcdefgh	2	9,25 h	3	
172	1,67	7,41 bcdefgh	2	8,00 h	2	
179	3,15	10,20 bc	3	25,75 ab	7	
182	0,52	4,06 h	2	11,50 gh	3	
193	1,75	7,59 bcdefgh	2	16,25 defg	5	
194	1,35	6,66 bcdefgh	2	22,25 bc	6	
209	3,22	10,25 b	3	25,75 ab	7	
220	8,95	17,33 a	5	13,00 efgh	4	
222	2,32	8,64 bcde	3	12,75 efgh	4	
233	1,27	6,29 defgh	2	18,25 cde	5	
239	2,07	8,21 bcdef	2	11,00 gh	3	
CB 41-76	12,72	20,89 a	7	9,00 h	3	
CB 47-355	1,07	5,87 efgh	2	15,87 defgh	4	
DMS 5%		3,62		5,92		
C.V.		16,54%		13,53%		

1/ Média de 4 repetições, cada uma representada por 8 colmo ;  
 2/ Média de 4 repetições, cada uma representada por duas plantas com 2 fo-  
 lhas inoculadas ; 3/ Médias não seguidas pela mesma letra diferem esta-  
 tisticamente ao nível de 5% (Tukey) ; 4/ Baseada em IVD% : 2 , de 0,6  
 a 2 ; 3 , de 2,1 a 3,5 ; 5 , de 5,1 a 9 ; e 7 , de 12,1 a 15 ; 5/ Basea-  
 das em comprimento (cm) de lesão: 2 , de 4,1 a 8 ; 3 , de 8,1 a 12 ; 4 ,  
 de 12,1 a 16 ; 5 , de 16,1 a 20 ; 6 , de 20,1 a 24 ; 7 , de 24,1 a 28 ; e  
 8 , de 28,1 a 32 .

## 6 - DISCUSSÃO

### 6.1 - Influência da Idade do Colmo e Períodos de Incubação na Manifestação da Doença nos Colmos

Nos testes de resistência varietal executados e avaliados usando-se diferentes metodologias e estudos básicos, um dos principais problemas encontrados foi o de se saber qual a melhor idade do colmo para inoculação e período ideal de incubação para as avaliações dos resultados.

No experimento conduzido com três variedades de cana-de-açúcar, com inóculo padronizado, inoculação e avaliação em colmos com diferentes idades e períodos de incubação, pode-se notar que há uma idade do colmo mais favorável para o desenvolvimento da doença, pois os colmos inoculados aos 9 meses apresentaram menor IVD. As avaliações efetuadas em diferentes períodos de incubação mostraram uma evolução normal do quadro da doença, apresentando aparentemente uma proporcional-

lidade com o crescimento vegetativo do colmo. Tal fato pode explicar porque o IVD permanece quase inalterado durante os diferentes períodos de incubação analisados, permitindo que a avaliação de uma variedade possa ser sempre feita 60 dias após a inoculação.

Dependendo da idade do colmo, a posição ideal para a inoculação parece estar situada entre o terceiro entrenô de baixo para cima e a parte mediana do colmo, pois as avaliações nesta área parecem mais homogêneas. O ponto de inoculação escolhido e usado nos testes, ou seja, o centro do entrenô da folha + 4 foi o mais adequado para quase todas as idades de colmo estudados, tendo se observado influências maiores quando as inoculações foram feitas na parte superior do colmo (colmos com 9 meses de idade), onde houve a apresentação de um maior nível de resistência. A padronização, como local de inoculação, do entrenô da folha + 4 permite que todos os colmos inoculados tenham, no ponto de inoculação, idade fisiológica semelhante, o que evitaria erros na interpretação dos resultados.

Os resultados apresentados nas Tabelas 1 e 2 mostram as variedades CB41-76 e CB40-69 como mais suscetíveis que a variedade NA56-79, apesar de nenhuma delas apresentarem um estágio da doença comparável com a da CB56-171, onde a doença tomou conta de todo o colmo e causou a morte do mesmo (PLANALSUCAR, 1976). Acreditamos que as reações das varie

dades testadas neste experimento podem não corresponder com as reações naturais apresentadas no campo pois, no teste o inóculo foi alto e sem a interferência de *Fusarium moniliforme* que pode causar diminuição dos danos causados pelo *C. falcatum* devido aos fenômenos de proteção cruzada, LIU *et alii* (1979). Tal fato poderia explicar o secamento e morte das plantas inoculadas com *C. falcatum* aos 7 meses de idade na variedade CB41-76 após terminados as avaliações previstas, fato este aparentemente nunca observado em condições naturais.

As observações indicam que os prejuízos causados pela doença em uma determinada variedade, são mais ou menos constantes a partir de um único ponto de inoculação, mas como em nossas condições a ocorrência da podridão vermelha está intimamente relacionada com a infestação da broca da cana *Diatraea saccharalis*, pode-se dizer que estes prejuízos serão tão maiores quanto maiores forem os danos da broca em nossos canaviais.

## 6.2 - Métodos de Avaliação da Resistência Varietal

### 6.2.1 - Avaliação por inoculação nos colmos

Os testes de resistência varietal realizados em países onde a podridão vermelha tenha alguma importância econômica, são normalmente executados através de inoculações feitas

nos colmos, pois é aí que se apresenta o principal prejuízo causado pela doença, ou seja, a inversão da sacarose. Para avaliar as inoculações artificiais feitas nos colmos, cada local ou pesquisador tem seus próprios quesitos para classificar a resistência ou suscetibilidade de uma variedade. Os trabalhos de ABBOTT (1938) apresentam avaliações usando critério de notas de 1 a 5 em inoculações feitas em pedaços de colmo, tal metodologia está longe de imitar as condições reais, pois um colmo cortado já não apresenta as mesmas condições fisiológicas de um colmo em vegetação no campo, portanto, quando avaliamos uma reação não se pode esperar que a resistência ou suscetibilidade de uma variedade se manifeste da mesma maneira. Outras metodologias empregadas por SHUKLA *et alii* 1976 e MUKHERJI *et alii*, 1964 em que se utilizam colmos em vegetação, levam em consideração outros parâmetros que em nossas condições são impraticáveis, pois, na Índia parece que a ação do inseto (broca) tem pequena importância na penetração do fungo no interior do colmo, sendo que na maioria dos casos o fungo penetra pela cicatriz foliar. Tal fato se deve possivelmente às condições ecológicas reinantes naqueles locais ou então as raças do fungo lá existentes possuem uma grande agressividade.

A maioria dos trabalhos, utiliza como principal parâmetro para avaliação da resistência varietal o tamanho (comprimento) das lesões internas do colmo, sem levar em conta, na

maioria das vezes, a largura desta lesão ou também o diâmetro do colmo examinado, fazendo com que as avaliações estejam mais sujeitas aos bons olhos do avaliador do que a um critério matemático onde as possibilidades de interpretações errôneas sejam minimizadas.

A utilização do IVD constitui uma forma matemática de se avaliar a doença no interior do colmo, pois os parâmetros utilizados levam em conta todas as medidas necessárias para transformar a avaliação visual em volume de tecido atacado e posteriormente em IVD ao qual será atribuído uma nota que estabelecerá a resistência ou a suscetibilidade da variedade. Tal critério poderá ser utilizado em canas de qualquer idade e tamanho, pois o IVD estabelece uma correlação entre os tecidos sadios e doentes do colmo.

A utilização do IVD elimina a possibilidade de uma variedade de cana de que possui colmos com diâmetro menor, mas que apresenta lesões de podridão vermelha de comprimentos e diâmetros semelhantes ao de uma outra variedade com colmos de diâmetro bem maior, sejam classificadas como possuidoras do mesmo prejuízo ou da mesma classificação.

#### 6.2.2 - Avaliação da resistência nas folhas

A metodologia das inoculações nas folhas desenvolvida inicialmente por ABBOTT (1938), para avaliar a patogenicidade

dade de isolados de *C. falcatum* foi empregada no presente trabalho com a finalidade de separar plantas resistentes e suscetíveis, levando-se em consideração que as lesões foliares são epidemiologicamente importantes, pois constituem a principal fonte de inóculo para as infecções do colmo e para a disseminação do patógeno (ABBOTT, 1938 ; EDGERTON, 1958 ; MIAN , 1967) e que portanto, no caso de variedades que apresentem resistência nas folhas, a tendência dos prejuízos causados pela doença é de diminuir pela falta de inóculo.

Os trabalhos de inoculações foliares desenvolvidos por KIMATI (1975), mostraram que, quando as inoculações eram feitas em folhas jovens (possivelmente folhas + 1 e + 2), as lesões apresentavam pequeno desenvolvimento e também uma desniformidade no tamanho das lesões em diferentes folhas. Tal fato, talvez se deva a falta de controle das condições ambientais de pré e pós inoculações, pois os melhores resultados e as avaliações mais homogêneas dentro dos testes do presente trabalho, foram conseguidas com as inoculações executadas nas folhas + 1 e + 2 , mas mantendo-se as condições de pós e pré inoculações sob controle.

Para padronizar a avaliação, foi estabelecido um critério de notas de 1 a 9 onde, o mínimo da resistência foi limitado pelo tamanho médio das nervuras inoculadas, ou seja, 40 cm e o máximo no tamanho da menor lesão (lesão tipo hipersensibilidade), a qual apresentava 1 cm de comprimento.

O tempo decorrido entre a inoculação e a avaliação foi de 10 dias, sendo que KIMATI avaliou seus testes 15 dias após a inoculação, esta diferença de tempo talvez se deva à demora para o desenvolvimento das lesões devido as condições ambientais não serem favoráveis. Notou-se no presente trabalho que as lesões praticamente não cresceram após 10 dias da inoculação.

A esporulação do fungo na superfície da lesão poderia ser um parâmetro para a avaliação da resistência varietal mas como de um modo geral o fungo esporula com pequenas variações de intensidade em toda a superfície da lesão, a medição do comprimento da lesão é um trabalho mais fácil e rápido que a contagem dos esporos.

### 6.2.3 - Avaliação da resistência pelo brix refratométrico

A avaliação pela diferença de brix refratométrico nos permite quantificar as perdas em sólidos solúveis nos tecidos doentes, e com a maior parte desses sólidos solúveis são representados pela sacarose, podemos dizer que uma perda de brix representa uma perda de açúcar (sacarose). Como o principal prejuízo causado pela doença está justamente na inversão da sacarose e utilização da glucose para o metabolismo do fungo, a utilização do refratômetro pode nos dar uma idéia

da quantidade de açúcares consumidos durante a patogênese uma vez que, no caso de o fungo somente inverter pouca sacarose ou o consumo de açúcar para as reações de defesa na planta for baixo, haverá pequenas diferenças em brix entre a parte lesionada e a parte sadia, o que podera identificar a planta como resistente.

A utilização do brix na avaliação da resistência deve ser aplicada conjuntamente com o IVD pois necessitamos além da perda em açúcares, o volume de tecidos atacados para podermos ter uma idéia mais exata da resistência da variedade baseada na quantidade de tecidos doentes existentes no colmo e sua consequente perda de açúcares refletidos pela leitura do brix.

### 6.3 - Testes de Resistência à *C. falcatum* em Variedades de Cana-de-Açúcar

#### 6.3.1 - Inoculações nos colmos

As inoculações nos colmos em variedades comerciais e as avaliações pelo IVD , 60 dias após a inoculação – Tabela 3 e Apêndice 4 – mostram que as variedades testadas possuem diferentes reações para a podridão vermelha, tendo a análise estatística dos dados transformados apresentado três classes de resistência, ou seja: CB46-47 e Co740 como altamente resistentes ; CB40-13 , CB47-355 e NA56-79 como resistentes ; e

CB40-69 , CB41-76 , CB53-98 e IAC52-150 como moderadamente sus  
cetíveis. Comparando-se a classificação pelo IVD (Tabela 3) ,  
com a publicada por BASSINELLO *et alii* (1976) nota-se que en-  
quanto o IVD mostra três diferentes categorias de resistência,  
a classificação de BASSINELLO apresenta estas mesmas varieda -  
des como possuindo resistência intermediária. Pelo critério  
de SINGH *et alii* (1970) apenas a IAC5-150 seria moderadamente re  
sistentes. Essas discrepâncias se devem possivelmente a meto-  
dologia de avaliação, onde o critério utilizado e o número de  
repetições empregado são fatores importantes para que se possa  
avaliar com fidelidade o que acontece com uma determinada va -  
riedade.

Pode-se criticar a utilização neste trabalho de um  
único isolado do fungo para a multiplicação do inóculo e inocu-  
lações, mas o trabalho de ABBOTT (1938) mostra que uma varieda  
de não muda sua classificação quando é testada com um número  
maior de isolados. Mais recentemente KIMATI (1975) mostrou que  
existem entre isolados apenas diferenças na agressividade e que  
nossas variedades possuem resistência horizontal para a podri-  
dão vermelha. Tal fato talvez explique a não ocorrência de  
grandes surtos epidêmicos desta doença em nossas condições.

Os critérios baseados no comprimento da lesão do col-  
mo parecem falhos uma vez que podem existir variedades com le-  
sões do mesmo comprimento, mas com diferentes larguras ou diâ-  
metros, ou mesmo colmos de diferentes diâmetros. Por isso, a

adoção do IVD possibilita valores mais precisos para uma avaliação final.

### 6.3.2 - Inoculações nas folhas

Os resultados apresentados na Tabela 3 mostram três classes de resistência nas folhas, onde as variedades CB46-47, CB53-98 , Co740 , IAC52/150 e NA56-79 , não apresentaram diferenças estatísticas entre si e podem ser classificadas segundo os critérios apresentados no item 4.6 como altamente resistente à podridão vermelha. A variedade CB41-76 apresentou diferença estatística das variedades anteriormente citadas e pode ser classificada como resistente a infecção nas folhas. As variedades CB40-13 , CB40-69 e CB47-355 que não apresentaram diferença estatística entre si, mas foram estatisticamente diferentes das demais, e podem ser classificadas segundo o critério adotado como variedade de resistência intermediária.

Os resultados obtidos mostram que entre as variedades testadas, não se encontra nenhuma que se apresente como suscetível à infecção foliar, sendo portanto reduzida a produção de inóculo primário para a infecção dos colmos.

Como em condições de campo, nem sempre existem condições ideais para que as infecções foliares ocorram, nos levam a supor que, com baixo potencial de inóculo no campo se algumas de nossas variedades apresentam danos devido a doença

tal fato se deve principalmente aos diferentes níveis de infestação da broca da cana, ou, que estas variedades necessitem de um baixo potencial de inóculo para iniciar a infecção no colmo.

Os resultados obtidos no presente trabalho permitem estabelecer que não existe correspondência entre a resistência nas folhas e a resistência nos colmos (IVD), tal fato já havia sido discutido por ABBOTT (1938), mas mesmo que uma planta apresente apenas uma das formas de resistência, esta teria influência na diminuição dos prejuízos causados pela doença.

#### 6.3.3 - Brix em colmos inoculados

Os dados apresentados na Tabela 3, mostram que as variedades diferem com relação à perda de brix no local de infecção e como o brix é uma medida para avaliar sólidos solúveis e na cana-de-açúcar a maior quantidade destes sólidos é representada pela sacarose, pode-se admitir que quando se perde valores em brix, perde-se sacarose.

Os resultados da análise estatística da diferença de brix (Tabela 3) permitem uma separação das variedades em três categorias: a primeira com as variedades CB40-13 e CB47-355 que apresentaram respectivamente 1,52 e 2,07 de baixamento no brix nos tecidos lesionados quando comparado com o brix médio da parte sadia da cana; a segunda categoria, composta pelas variedades CB46-47, CB53-98, Co740, IAC52/150 e NA56-79 que

apresentaram respectivamente 3,46 , 3,63 , 3,78 , 4,42 e 4,22 de baixamento de brix nos tecidos lesionados ; a terceira categoria composta pelas variedades CB40-69 e CB41-76 , que apresentaram as maiores diferenças de brix ou seja, 6,68 e 5,30 respectivamente.

Tais valores apresentados separados do IVD não dão uma idéia exata do prejuízo causado pela doença. Os valores reais de IVD multiplicados pelo valor da diferença entre o brix da parte sadia do colmo e o brix da parte doente dão valores arbitrários que permitem perceber melhor as diferenças existentes entre uma variedade e outra. Tal operação não tem fundamento teórico, mas com sua execução pode-se estabelecer um valor que dará uma melhor visualização se as perdas são maiores em uma variedade com maior IVD ou se em outra com maior diferença de brix (vide Tabela 6).

No caso das variedades CB40-69 e CB41-76 tem-se um exemplo típico: enquanto a CB40-69 tem um menor IVD e maior diferença de brix, o contrário ocorre com a CB41-76 , e a análise das variedades para apenas um dos parâmetros pode levar ao erro em sua classificação.

TABELA 6 - Fator de perda de açúcar em nove variedades de cana-de-açúcar, calculado pelo IVD e diferença de brix

Variedades	Diferença brix (1)	IVD (1)	Fator de perda (2)
CB40-13	1,52	1,14	1,73
CB40-69	6,68	8,94	59,71
CB41-76	5,30	10,85	57,50
CB46-47	3,46	0,36	1,24
CB47-355	2,07	1,15	2,38
CB53-98	3,63	5,08	18,44
Co740	3,98	0,33	1,31
IAC52/150	4,42	5,80	25,63
NA56-79	4,22	0,94	3,96

(1) Dados baseados na Tabela 3

(2) Fator de perda = Diferença de brix x IVD .

#### 6.4 - Seleção de Plântulas Resistentes à Podridão Vermelha

A seleção de plantas resistentes à podridão vermelha nos estágios iniciais do programa de melhoramento já tem sido investigada na Índia e todos os métodos utilizados, baseiam-se na inoculação foliar de plântulas e posterior avaliação da reação (SRINIVASAN, 1962 e SINGH *et alii*, 1978), sendo que estas metodologias apenas conseguem eliminar as plantas altamente suscetíveis, não separando as classes intermediárias das resistentes.

Os resultados obtidos no presente trabalho, com a inoculação na nervura central de plântulas da progênie CB41-76, produzidas em diferentes anos de cruzamentos, mostraram que nas progênies produzidas no ano de 1973, 1975 e 1975 houve tendência de a maioria das plantas da progênie se situar nas classes intermediárias de resistência, enquanto na progênie produzida em 1972 houve uma grande concentração das plantas nas classes de alta suscetibilidade.

Os resultados obtidos mostram que o caráter de resistência nas folhas apresentado pela variedade CB41-76, não predomina em sua progênie.

As plantas submetidas à retestagem após a seleção na fase de campo (Tabela 5) mostraram que a seleção para caracteres agroindustriais é totalmente independente do caráter resistência nas folhas, pois quase todas as classes de resistência foliar se apresentaram nas plantas selecionadas; outro fato

é que nenhuma das plantas selecionadas apresentou reação de resistência foliar superior a da CB41-76.

Tal reação na retestagem por inoculação nas folhas seria um fato mais ou menos previsto, pois todas as plântulas da progênie CB41-76 produzida em 1972 foram levadas para o campo, independente da sua reação na inoculação inicial na nervura central.

Na inoculação dos colmos dos clones selecionados (Tabela 5) aconteceu exatamente o contrário dos resultados obtidos das inoculações nas folhas, pois todos os clones selecionados apresentaram uma resistência superior ao progenitor CB41-76. Tal fato talvez se deva ao critério era o exame interno dos colmos para a ocorrência de broca e podridões, fazendo com que os clones selecionados já apresentassem resistência no colmo.

As plantas que foram submetidas à retestagem nas folhas após a seleção na fase de campo (Tabela 5) mostraram que dos 23 clones testados 6 se comportam como resistentes, 13 com resistência intermediária e 4 como suscetíveis. Tal distribuição de reação mostra que não existe uma relação direta entre o critério de seleção adotado brix superior a 20, baixa infecção de *C. falcatum* no colmo e vigor superior aos padrões utilizados e a resistência nas folhas.

A não predominância de plantas resistentes nas folhas se deve ao fato de que todas as plantas da progênie

CB41-76 (1972) foram levadas para o campo independente da sua reação na inoculação inicial na folha na fase de plântula.

Na inoculação dos colmos dos 23 clones selecionados os resultados obtidos mostram que quando se seleciona visualmente clones com baixa infecção natural de *C. falcatum* no colmo os clones apresentam resistência quando testados por inoculação artificial (Tabela 5).

Todos os clones testados tiveram uma resistência superior ao do progenitor CB41-76.

Pode-se notar a total independência entre a resistência nas folhas e a resistência nos colmos (Tabela 5) o que confirma mais uma vez os resultados obtidos com o teste em variedades (Tabela 3) e permite afirmar que, se a resistência nas folhas é importante epidemiologicamente, na seleção de plantas resistentes à podridão vermelha deve-se levar em consideração, sempre que possível, ambos os fatores, de maneira a minimizar os problemas causados pela doença.

## 7 - CONCLUSÕES

Do presente trabalho podem ser tiradas as seguintes conclusões:

- 1 - A evolução da podridão vermelha no interior do colmo de uma variedade de cana-de-açúcar mantém uma certa proporcionalidade com o crescimento vegetativo do colmo.
- 2 - A utilização do IVD para a avaliação da resistência a *C. falcatum* no colmo, nos dá resultados mais precisos que a simples medição do comprimento da lesão.
- 3 - Os colmos de cana-de-açúcar podem ser inoculados desde os três meses de idade e avaliados pelo IVD com 60 dias de incubação.
- 4 - A padronização do local de inoculação no colmo através da localização da folha + 4 favorece para que os internódios dos colmos inoculados tenham a mesma maturação fisiológica e portanto os resultados das avaliações sejam mais constantes.

- 5 - A utilização do fator de perda, obtido pela multiplicação do IVD pela diferença de brix entre a parte sadia e doente do colmo, facilita a avaliação das variedades e a sua futura utilização, possibilitará, a avaliação dos prejuízos causados pela doença em uma variedade de cana-de-açúcar.
- 6 - A seleção dirigida dos clones que apresentam baixa infecção interna em condições naturais, favorece a obtenção de clones resistentes a infecção no colmo.
- 7 - Com inoculações foliares é possível separar em classes de resistência foliar variedades e clones de cana-de-açúcar.
- 8 - As reações de resistência nos colmos são totalmente independentes das reações nas folhas.
- 9 - Em programas de melhoramento que visam variedades com alta resistência à podridão vermelha, os testes deverão ser efetuados nas folhas e nos colmos.

## 8 - SUMMARY

Different methodologies of testing sugarcane resistance to red rot (*Colletotrichum falcatum*) were compared in plants inoculated in leaf and stem with different ages associated with period of incubation.

The evaluation of plant age and period of incubation effect in disease development indicated that stem age was not so important and that the incubation period of sixty days was enough to evaluate the disease resistance in stems.

In the inoculation of leaf middle rib it was possible to select resistant sugarcane plants to red rot pathogen based upon the lesion size.

The author developed a disease index (IVD) based on the volume of diseased tissue and the total volume of stem.

Considering the brix of diseased and healthy area of stem of nine varieties of sugarcane the sugar loss was es-

estimated using brix difference as a criteria for resistance to red rot.

Since the IVD and brix difference criteria for resistance evaluation was not satisfactory, a new index of loss was evaluated multiplying the IVD with the brix difference with better evaluation of disease resistance than all the other tested methods.

It was investigated the correlation between leaf and stem resistance in clones and varieties. The results indicated that the resistance in leaf does not depend on the stem resistance.

The possibility to develop resistant varieties through pre-selection in seedling leaves in breeding program was tested and the results indicated that the methodology of leaf inoculation can be utilized as an auxiliary breeding method for red rot.

## 9 - BIBLIOGRAFIA

- ABBOTT, E. V., 1938. Red Rot of Sugarcane. U.S. Dept. Agric. Tech. Bull., 641: 1-96
- ABBOTT, E. V. e C. G. HUGHES, 1961. Red Rot. In: Sugar Cane Diseases of the World. Elseveir Publishing Company, Amsterdan. p. 263-287.
- AGNIHOTRI, V. P. e T. R. BUDHRAJA, 1974. Pathogenic potentialities of midrid isolates of *Colletotrichum falcatum* in inciting stalk rot of sugarcane. Sug. Pathol. Newsl. 11/12 p. 19-21.
- ANÔNIMO, 1961. Importance of lesion width in assessing resistance of sugar cane varieties to red rot (*Glomerella tucumanensis* Speg)(Arx and Mueller). Plant Breeding Abstrats. 32, 5124.
- ANÔNIMO, 1966. Rep. Hawaiian Sug. Plrs' Ass. Exp. Stn. 32-35.

- APPALANARASIAH, P., 1974. Further studies on the role of sugar-cane borers in the spread of red rot infection. Sug. Pathol. Newsl., 11/12 p. 11.
- AZAB, Y. E. e S. J. P. CHILTON, 1959. Inheritance of resistance and susceptibility of sugar-cane to the red rot fungus (*Physalospora tucumanensis* Speg). Proc. Int. Soc. of Sugar Cane Technol. 10 th. Congress Hawaii. p. 1127-1129.
- BASSINELO, A. I. ; S. MATSUOKA e A. C. MENDES, 1976. Variedades de cana-de-açúcar para o Estado de São Paulo. PLANALSUCAR - COOD. REGIONAL - SUL. Boletim Técnico Nº 3.
- CHONA, B. L., 1954. Studies on the disease of sugar-cane in India. Relative resistance of sugar-cane varieties to red rot. Ind. Journ. Agr. Sc., 24: 301-315.
- CHONA, B. L. e S. W. PADWICK, 1942. More light on red-rot epidemics. Indian Farm., 3: 69-73.
- EDGERTON, C. W., 1911. The red rot of sugar-cane: a report of progress. Bull. La. Agric. Exp. Stn., 133.
- EDGERTON, C. W., 1959. Sugarcane and its disease. Louisiana State University Press. Baton Rouge: 69-100.
- EDGERTON, C. W. e F. CARVAJAL, 1944. Host parasite relations in red rot of sugar-cane. Phytopathology, 34: 827-837.
- GALLO, D. *et alii*, 1970. Manual de Entomologia. Editora Agronômica Ceres. São Paulo. 851 pp.

- GUPTA, M. R. ; S. C. GUPTA e R. KUMAR, 1976. Screening of sugar-cane cultivars for resistance to red rot caused by *Phylospora tucumanensis* Speg. in Western U. P. Indian Sugar, 26: 449-450.
- KIMATI, H., 1975. Taxonomia, Esporulação e Patogenicidade de *Colletotrichum graminicola* (Ces) Wils (Sensu ARX,1957). Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, para Concurso de Livre Docência. 103 pp. mimeografado.
- KIRYU, T., 1940. On a method of varietal resistance Trials of sugar-cane to red rot. Ann. Phytopath. Soc. Japan, 2-3: 156-170
- KIRTI, K. e D. K. SINGH, 1964. Recent achievements in controlling red rot in Uttar Pradesh. Indian Sugar, 14: 223-238.
- KIRTI, K. ; O. S. RANA e S. C. GUPTA, 1965. An intermediate type, virulent isolate of *Colletotrichum falcatum* in the eastern tract of Uttar Pradesh. Indian Sugar, 15: 161-163.
- LIU, H. P. *et alii*, 1979. Protection of sugar-cane against red rot disease with *Fusarium moniliforme*. (no prelo).
- MIAN, A. L., 1959. On red rot of sugar-cane. PANS, 15(4): 482-490.
- MUKHERJI, S. K. e P. K. S. GUPTA, 1964. Reaction of some sugar-cane varieties to red rot disease in West Bengal. Indian Sugar-cane Jour., 9(1): 55.

- PADWICK, G. W., 1940. The red rot epidemic. Indian Farming 1(6): 263-267.
- PANDEY, L. N. e R. SAKAL, 1974. A new pathogenic strain of *Glomerella tucumanensis* (Speg) in Uttar Pradesh. Indian Sugar, 24: 707-709.
- PANDEY, L. N. ; R. SAKAL e R. P. SINGH, 1975. Relative resistance of a few promising cane varieties to red rot disease. Indian Sugar, 25: 241-245.
- PAPPELIS, A. J. e R. A. KATSANOS, 1965.a. An approach to the study of the physiology of senescence and parasitism in sugar-cane. Phytopathology, 55(6): 620-622.
- PAPPELIS, A. J. e R. A. KATSANOS; 1965.b. Spread of *Physalospora tucumanensis* in stalk tissue of sugar-cane. Phytopathology, 55(7): 807-808.
- PRASADARAO, K. K. *et alii*. 1977. Discriminant function as a reliable guide for assessing varietal reaction to red rot of sugar-cane. Proc. Int. Soc. of Sugar Cane Tech., 16<sup>th</sup> Congress Brasil.
- RAFAY, S. A., 1950. Another strain of *Physalospora tucumanensis*. Curr. Sci., 19: 385-386.
- RAFAY, S. A. e V. B. SINGH, 1957. A new strain of *Glomerella tucumonensis*. Curr. Sci., 26: 19-20.
- RANA, O. S. e S. C. GUPTA, 1968. An easy method of screening out red rot susceptible varieties in inicial stage of multiplication. Indian Sugar, 18: 447-452.

- RANA, O. S. e S. C. GUPTA, 1969. A new strain of *Glomerella tucumanensis* causing red rot of sugar-cane. Indian Sugar, 19: 285-287.
- RAO, K. C. ; E. LALITHA e K. V. SRINIVASAN, 1967. Phenolic content and polyphenol oxidase (PPO) enzyme activity in relation to red rot resistance in sugar-cane. Ann. Rpt. Sugar-Cane Breeding Inst. Coimbatore, 68: 44-45.
- RICAUD, C., 1972. Red rot leaf infection. Sug. Pathol. Newsletter, 8: 33.
- SANDHU, S. S. ; D. S. BHATTI e B. K. RATTON, 1969. Extent of losses in sugar-cane caused by red rot (*Physalospora tucumanensis*) and smut (*Ustilago scitaminea*). J. Res. (Ludhiana), 6: 341-344. In: Rev. Plant Pathology, 49: 453.
- SANDHU, S. S. ; V. K. MEHAN e K. SINGH, 1974. Role of leaf midrib lesions in epidemiology of red rot caused by *Colletotrichum falcatum* Went in the Punjab. Indian Sugar, 24: 391-395.
- SHUKLA, S. B. L. e T. R. BUDHARAJA, 1976. A statistical evaluation of the technique for rating resistance to red rot (*Physalospora tucumanensis* Speg.) in sugar-cane. Indian Sugar, 26: 325-327.
- SILVA, W. M., 1974. Produção de "seedlings" de cana-de-açúcar pelo beneficiamento do "fuzz" e transplante precoce. Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, para obtenção do grau de "Magister Scientiae". 35 pp. mimeografada.

- SINGH, S., 1973. Source of resistance to red rot in hybrid sugar cane varieties and some clones of *Saccharum spontaneum*. Sug. Pathol., Newsletter, (10): 38-39.
- SINGH, G. R., 1976. Midrib infection of sugar-cane by *Colletotrichum falcatum* Went. Indian Sugar, 26(5): 311-318.
- SINGH, G. P. e O. S. RANA, 1968. A new virulent strain of red rot pathogen in Uttar Pradesh. Indian Sugar, 18: 537-540.
- SINGH, H. N. *et alii*, 1978. Improvement of the technique for screening against red rot at the seedling stage. Sug. Pathol., Newsletter, 21.
- SINGH, K. e T. R. BUDHRAJA, 1964. Methods of inoculating sugar cane for red rot. Plant. Dis. Rept., 48(12): 991-993.
- SINGH, B. e G. P. SINGH, 1970. Breeding for disease resistance elite clones of sugar cane in the eastern tract of Uttar Pradesh. Indian Sugar, 20: 541-549.
- SINGH, R. K. ; R. N. P. SRIVASTAVA e M. THAKUR, 1965. Efficacy of pure and mixed inocula of *Colletotrichum falcatum* Went. Indian Sugar-cane Jnl., 9(2): 123-224.
- SREERAMULU, T. e B. P. R. VITTAL, 1970. Incidence and spread of red rot lesions on midribs of sugar-cane leaves. Plant. Disease Reporter, 54(3): 226-231.

- SRINIVASAN, K. V., 1962. A technique for the elimination of red rot-susceptible sugar-cane seedlings at an early stage. Curr. Sci., 31: 112-113.
- SRINIVASAN, K. V., 1963. Some observations on variation in the red rot pathogen *Glomerella tucumanensis* (Speg) ARX & MULLER. Proc. Int. Soc. Sugar-cane Techn. 11<sup>th</sup>. Congress, Mauritius, 795-802.
- SRINIVASAN, K. V. e K. C. ALEXANDER, 1971. Sources of resistance to red rot and smut in the species of *Saccharum*. Sug. Pathol. Newsletter, (6): 6-7.
- STEIB, R. J. e S. J. P. CHILTON, 1951. Infection of sugar-cane stalk by the red rot fungus *Physalospora tucumanensis* Speg. Phytopathology, 41: 522-528.
- THAUNG, M. M., 1970. Epiphytotic outbreak of red rot of sugar-cane in Burma. Plant Disease Reporter, 53: 427.
- TILAK, K. V. B. R., 1968. Studies on the sporulation of *Colletotrichum falcatum* on sugar-cane juice of susceptible and resistant varieties. Phytopath. Z., 61: 286-291.
- TYAGI, R. N. S. e K. N. GOYAL, 1975. Red rot disease of sugar-cane in Rajasthan. Cane Grower's Bull., 2(4): 12-14.
- VAN DELLEWIJN, C., 1960. Botanique de la canne a sucre. Centres Tech. de la Canne et du Sucro de la Guadeloupe e de la Martinique. 391 pp.

VERMA, A. K. *et alii*. 1971. A study of polyphenols in sugar cane in relation to red rot disease present in the stem of sugar cane varieties. Sugar y Azucar, 66(12): 11-13.

10 - APÊNDICE

APÊNDICE 1 - IVD de colmos inoculados com *C. falcatum* em diferentes idades e períodos de incubação

Variedades Inoculadas	Idade na Inoculação (meses)	Dias de Inoculação	IVD obtidas nas repetições				
			1	2	3	4	
CB40-69	3	60	9,35	6,02	5,74	8,87	
		120	5,99	5,37	10,28	5,95	
		180	2,17	5,68	3,23	4,71	
		240	2,37	7,09	3,20	4,30	
	5	60	3,66	1,25	2,35	8,05	
		120	5,02	12,17	5,66	13,80	
		180	3,59	5,04	5,04	6,77	
	7	60	1,50	9,15	6,47	9,65	
		120	3,91	10,41	10,10	10,93	
	9	60	0,23	0,74	0,90	0,47	
	CB41-76	3	60	6,35	4,72	7,19	3,41
			120	9,66	7,05	6,26	8,71
180			5,64	3,75	5,73	4,20	
240			5,91	7,30	6,29	3,46	
5		60	4,34	5,35	7,14	8,52	
		120	8,21	10,07	7,61	8,30	
		180	3,97	5,36	8,50	15,22	
7		60	8,72	8,89	12,14	11,19	
		120	9,33	11,28	12,31	6,77	
9		60	3,68	1,34	2,07	1,40	
NA56-79		3	60	1,51	2,00	1,31	1,38
			120	2,11	2,34	1,12	1,24
	180		1,16	1,29	0,95	1,12	
	240		1,00	1,66	0,96	1,47	
	5	60	1,04	1,61	1,47	1,40	
		120	1,08	1,43	2,31	1,50	
		180	0,89	2,11	1,49	1,30	
	7	60	0,75	0,57	1,80	0,96	
		120	0,73	0,42	1,66	0,64	
	9	60	0,74	0,47	0,29	0,88	

APÊNDICE 2 - Tamanho das lesões (cm) no colmo inoculado com *C. falcatum* em diferentes idades e períodos de incubação

Variedades	Idade na Inoculação (Meses)	Dias de incubação para a avaliação			
		60	120	180	240
CB40-69	3	44,01 *	43,11	42,51	48,18
	5	31,55	49,40	35,70	
	7	24,98	35,70		
	9	7,41			
CB41-76	3	30,86	31,01	30,35	34,54
	5	33,23	36,77	42,87	
	7	26,60	37,07		
	9	11,50			
NA56-79	3	16,18	14,89	13,06	13,75
	5	12,29	14,43	15,15	
	7	9,60	9,51		
	9	6,17			

(\*) Médias de 32 canas

APÊNDICE 3 - Diâmetro das lesões em centímetro, nos colmos inoculados com *C. falcatum* em diferentes idades e períodos de incubação

Variedades	Idade na Inoculação (Meses)	Dias de incubação para a avaliação			
		60	120	180	240
CB40-67	3	1,56	1,38	1,24	1,22
	5	1,30	1,48	1,66	
	7	1,84	2,23		
	9	1,02			
CB41-76	3	1,52	1,97	1,75	1,58
	5	1,73	1,82	1,71	
	7	2,18	2,21		
	9	1,69			
NA56-79	3	1,11	1,12	1,08	1,12
	5	1,25	1,10	1,13	
	7	1,11	1,17		
	9	1,08			

APÊNDICE 4 - IVD de variedades de cana-de-açúcar inoculadas com *C. falcatum* no colmo

Variedades Inoculadas	(**) IVD nas repetições				Médias
	1	2	3	4	
CB40-13	1,09 *	1,19	0,99	1,31	1,14
CB40-69	8,39	9,56	8,19	9,62	8,94
CB41-76	11,27	10,19	11,09	10,85	10,85
CB46-47	0,30	0,40	0,41	0,33	0,36
CB47-355	1,20	1,13	1,26	1,02	1,15
CB53-98	5,01	5,13	5,52	4,68	5,08
Co740	0,31	0,40	0,37	0,26	0,33
IAC52/150	5,37	5,89	5,93	6,02	5,80
NA56-79	0,96	0,48	0,71	1,63	0,94

(\*) Média de 6 colmos por repetição.

(\*\*) IVD = Índice volumétrico de doença =

$$= \frac{\text{Volume do colmo doente}}{\text{Volume do colmo total}} \times 100$$

APÊNDICE 5 - Dados médios de 24 colmos por variedades inoculadas com *C. falcatum* e empregadas para o cálculo do IVD

Variedades Inoculadas	Comprimento do Colmo	Diâmetro do Colmo	Comprimento do Colmo	Diâmetro do Colmo	IVD (*)
CB40-13	244,36	2,99	12,23	1,43	1,14
CB40-69	242,93	2,63	34,29	2,09	8,94
CB41-76	209,72	2,58	29,87	2,25	10,85
CB46-47	238,95	2,90	7,27	1,00	0,36
CB47-355	226,90	2,83	25,48	0,91	1,15
CB53-98	239,04	2,87	36,04	1,66	5,08
Co740	227,37	2,86	10,42	0,77	0,33
IAC52/150	282,36	2,78	41,36	1,76	5,80
NA56-79	234,35	2,59	9,13	1,27	0,94

(\*) IVD = Índice volumétrico de doença =

$$= \frac{\text{Volume da área doente}}{\text{Volume total do colmo}} \times 100$$

APÊNDICE 6 - Tamanho médio das lesões foliares em variedades de cana-de-açúcar inoculadas com *C. falcatum*, avaliadas em centímetros

Variedades Inoculadas	Centímetros de lesão por folha obtida nas repetições						Médias
	1	2	3	4	5	6	
CB40-13	14,00 *	15,25	15,50	11,75	12,00	14,50	13,83 a
CB40-69	13,00	16,50	14,00	11,00	11,00	14,00	13,25 a
CB41-76	8,00	8,50	11,00	8,25	10,00	8,00	8,96 b
CB46-47	2,00	1,75	2,00	1,50	2,50	3,75	2,25 c
CB47-355	16,00	15,00	14,00	9,25	16,00	14,50	14,12 a
CB53-98	4,50	8,75	2,50	3,25	3,00	2,25	4,04 c
Co740	4,50	5,50	1,75	3,00	2,00	3,50	3,37 c
IAC52/150	1,25	5,00	2,50	3,00	3,00	2,00	2,79 c
NA56-79	2,25	3,50	2,00	1,00	1,25	1,27	1,85 c

Dados de quatro folhas inoculadas por parcela medidas em centímetros. Médias com letras iguais são estatisticamente iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% .

DMS 5% = 3,20

C.V. = 23,71

APÊNDICE 7 - Leituras de brix médio em 24 colmos por variedade de cana-de-açúcar inoculados com *C. falcatum*

Variedades	Brix abaixo da lesão	Brix acima da lesão	Brix na lesão	Brix cana	Diferença de brix
CB40-13	15,47 *	14,32	13,38	14,90 **	1,52 ***
CB40-69	16,28	12,79	7,85	14,53	6,68
CB41-76	14,35	10,54	7,20	12,50	5,30
CB46-47	16,80	14,67	12,29	15,75	3,46
CB47-355	15,32	12,90	12,55	14,62	2,07
CB53-98	11,55	11,79	9,51	13,14	3,63
Co740	15,60	13,96	10,81	14,79	3,78
IAC52/150	17,76	15,60	12,30	16,72	4,42
NA56-79	18,09	16,46	13,05	17,27	4,22

(\*) Brix médio de três pontos de cada região do colmo.

(\*\*) Brix cana representa a média entre brix acima e abaixo da lesão

(\*\*\*) Diferença de brix representa a diferença entre o brix cana e o brix na lesão.

APÊNDICE 8 - Diferença de Brix médio entre a parte sadia e doente dos colmos de cana-de-açúcar inoculados com *C. falcatum*. Dados transformados em  $\text{arc sen } \sqrt{\%}$

Variedades	Diferença de brix médio nas repetições				Médias
	1	2	3	4	
CB40-13	8,53	5,44	8,72	4,48	6,79 d
CB40-69	15,34	13,31	14,89	16,00	14,88 a
CB41-76	13,05	15,45	13,31	11,09	13,22 ab
CB46-47	11,09	10,31	10,94	10,63	10,74 bc
CB47-355	7,71	8,13	8,72	8,33	8,22 cd
CB53-98	10,94	11,83	11,68	12,66	11,78 b
Co740	12,32	11,83	10,14	11,68	11,49 b
IAC52/150	12,25	10,94	10,22	14,42	11,95 b
NA56-79	11,16	11,75	12,92	11,75	11,89 b

DMS 5% = 3,04

C.V. = 11,41

Médias com letras iguais não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

APÊNDICE 9 - IVD dos clones selecionados da progênie  
CB41-76 (1972) inoculadas com *C. falcatum* e avaliados com 60 dias de incubação

Clones e Variedades	IVD dos colmos inoculados nas repetições				Médias
	1	2	3	4	
13	1,80 *	1,90	2,70	2,30	2,17
27	0,90	0,60	0,80	0,50	0,70
32	1,80	0,60	1,60	2,20	1,80
55	2,00	2,90	1,80	0,80	1,87
75	0,70	0,60	0,50	0,70	0,62
100	1,30	1,20	1,20	1,60	1,32
104	0,90	1,30	0,90	1,00	1,02
117	1,50	1,00	1,70	1,80	1,50
120	1,90	1,10	0,80	0,80	1,15
123	2,00	1,30	0,80	1,90	1,50
136	2,10	1,80	2,30	1,50	1,92
152	4,80	2,90	1,60	2,40	2,92
154	1,70	2,50	1,90	1,10	1,80
172	1,80	1,30	1,60	2,00	1,67
179	3,10	3,00	3,80	2,70	3,15
182	0,50	0,30	0,90	0,40	0,52
193	1,80	1,90	1,80	1,50	1,75
194	1,60	1,30	1,30	1,20	1,35
209	4,60	2,30	2,60	3,40	3,22
220	11,90	8,80	7,00	8,10	8,95
222	2,90	3,30	1,40	1,70	2,32
233	0,50	2,10	1,00	1,50	1,27
239	2,60	2,60	1,60	1,50	2,07
CB41-76	13,00	12,40	12,80	12,70	12,72
CB47-355	1,70	0,80	0,90	0,90	1,07

(\*) Médias de IVD de oito colmos inoculados por parcela.

APÊNDICE 10 - Lesões nas folhas de clones selecionados da progênie CB41-76 (1972) medidas em centímetros

Clones Número	Repetições				Médias
	1	2	3	4	
13	22,00 *	15,50	18,50	21,00	19,25 cd
27	10,50	11,50	12,00	14,50	12,12 fgh
32	15,50	15,50	15,00	15,00	15,25 defg
55	14,00	9,50	13,00	11,50	12,00 fgh
75	13,50	10,50	8,50	12,00	11,12 gh
100	15,00	11,50	13,00	13,50	13,25 efgh
104	18,50	16,00	17,00	21,00	18,12 cde
117	6,50	8,50	12,50	9,00	9,12 h
120	19,00	21,50	23,00	19,00	20,62 bcd
123	15,00	14,50	21,50	20,50	17,87 cdef
136	29,50	29,00	28,50	31,00	29,50 a
152	26,50	29,50	32,50	27,50	29,00 a
154	9,50	12,00	8,00	7,50	9,25 h
172	9,00	7,50	9,00	6,50	8,00 h
179	22,50	29,00	25,50	26,00	25,75 ab
182	13,00	10,00	9,50	13,50	11,50 gh
193	18,00	17,50	14,00	15,50	16,25 defg
194	23,50	24,00	20,00	21,50	22,25 bc
209	27,00	29,50	23,00	23,50	25,75 ab
220	12,00	14,00	10,50	15,50	13,00 efgh
222	13,00	17,00	8,50	12,50	12,75 efgh
233	21,50	18,00	18,00	15,50	18,25 cde
239	12,50	11,00	11,0	9,50	11,00 gh
CB41-76	8,50	7,50	11,50	8,50	9,00 h
CB47-355	17,00	17,00	14,00	15,50	15,87 defgh

Médias com letras iguais não diferem estatisticamente entre si a 5% pelo teste de Tukey.

DMS 5% = 5,92

C.V. = 13,53