



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SEMENTES**

**ADUBAÇÃO POTÁSSICA E TRATAMENTO DE SEMENTES NO
CONTROLE DAS PODRIDÕES DO COLMO EM MILHO**

CÉZAR AUGUSTO NEULS

**PELOTAS
RIO GRANDE DO SUL – BRASIL
2012**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SEMENTES**

ADUBAÇÃO POTÁSSICA E TRATAMENTO DE SEMENTES NO CONTROLE DAS PODRIDÕES DO COLMO EM MILHO

CÉZAR AUGUSTO NEULS

Tese apresentada à Universidade Federal de Pelotas, sob a orientação do Prof. Dr. Silmar Teichert Peske, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, para obtenção do título de Doutor em Ciências.

**PELOTAS
RIO GRANDE DO SUL – BRASIL
2012**

Dados de catalogação na fonte:

(Raquel Siegel Barcellos CRB 10/2037)

N487a Neuls, César Augusto

Adubação potássica e tratamento de sementes no controle das podridões do colmo em milho / César Augusto Neuls; Silmar Teichert Peske, orientador. - Pelotas: UFPel, 2012.
53f.

Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2012.

1.Diplodia; 2.*Zea mays*; 3. Nutrição; 4.Tratamento; 5.Semente. I. título; II.Peske, Silmar Teichert.

CDD 631.5

ADUBAÇÃO POTÁSSICA E TRATAMENTO DE SEMENTES NO CONTROLE DAS PODRIDÕES DO COLMO EM MILHO

AUTOR: Cézar Augusto Neuls, Eng^o Agr^o

ORIENTADOR: Prof. Silmar Teichert Peske, Ph.D.

BANCA EXAMINADORA

Prof. SILMAR TEICHERT PESKE, Ph.D.
Orientador

Prof. ANTONIO CARLOS SOUZA ALBUQUER BARROS, Dr.

Eng^o Agr^o HILTON GRIMM, Dr.

Eng^o Agr^o DEMÓCRITO AMORIM CHIESA FREITAS, Dr.

Eng^o Agr^o GERI EDUARDO MENEGHELLO, Dr.

AGRADECIMENTOS

A minha família, pelo apoio e reconhecimento, meu pai, mãe e irmãos.

Ao meu orientador, Prof. Silmar Teichert Peske, pela sua dedicação, atenção e esforço.

Ao meu amigo, Prof. Ariano Moraes Prestes, pela oportunidade na vida e na continuação dos estudos.

Ao colega Ivoberto Luiz Fabris, pela ajuda e esforço.

Aos funcionários da Quality Sementes de Abelardo Luz: Vilma e Matheus, pela ajuda e pelo coleguismo.

Aos meus colegas, pelas ajudas e trocas de conhecimentos.

À Universidade Federal de Pelotas e aos professores, pela oportunidade do curso oferecido, somados da competência e da qualidade dos mesmos.

À EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, pela oportunidade de abrir as portas ao mundo científico.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ciclo da podridão de giberela do milho causada por <i>Gibberella zae</i> (REIS e DANELLI, 2009)	14
Figura 2. Ciclo da podridão de fusarium do milho causada por <i>Fusarium verticillioides</i> (REIS e DANELLI, 2009).....	18
Figura 3. Ciclo da podridão de diplodia do milho causada por <i>Stenocarpella maydis</i> (REIS e DANELLI, 2009).....	21
Figura 4. Ciclo da podridão de antracnose do milho causada por <i>Colletotrichum graminicola</i> (REIS e DANELLI, 2009).....	24
Figura 5. Teste de sanidade.....	36
Figura 6. Relação entre doses de potássio e rendimento de grãos de milho..	40
Figura 7. Relação entre incidência de podridão de colmo em milho em função de doses de potássio.....	41
Figura 8. Correlação entre incidência de podridão de colmo em milho (%) e rendimento (t/ha)	41
Figura 9. Relação entre concentração de ácido p. cumárico em colmos de milho em função de doses de potássio	42
Figura 10. Relação entre concentração de ácido p. cumárico e ácido ferúlico em colmos de milho, em função de doses de potássio	43
Figura 11. Colmos de milho assintomáticos (A) e colmos sintomáticos de podridões de colmo em milho (B).....	46
Figura 12. Colônias de <i>Fusarium graminearum</i> isoladas de colmos de milho..	47

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1. Efeito de doses de potássio (kg.ha ⁻¹ de K ₂ O) na incidência (%) de podridões do colmo e no rendimento de grãos de milho no experimento 1.....	38
Tabela 2. Efeito de doses de potássio (kg.ha ⁻¹ de K ₂ O) na incidência (%) de podridões do colmo e no rendimento de grãos (kg.ha ⁻¹) de milho no experimento 2.....	39
Tabela 3. Efeito do potássio e do tratamento de sementes na incidência de podridões do colmo em milho no experimento 4	44
Tabela 4. Efeito do potássio e do tratamento de sementes no rendimento de milho no experimento 4	45

RESUMO

NEULS, Cézar Augusto. **Adubação potássica e tratamento de sementes nas podridões do colmo em milho. UFPel, 2012.** Pelotas, 2012. 53f. Tese (Doutorado em Ciências), Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de sementes. Universidade Federal de Pelotas.

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da adubação potássica e do tratamento de sementes na incidência das podridões do colmo em milho, avaliando alguns efeitos fisiológicos e metabólicos. Nos experimentos 1 e 2 foram testadas cinco doses de potássio (0, 40, 80, 120 e 160kg.ha⁻¹), em solos com níveis de 190 e 120ppm de potássio, respectivamente. No experimento 3, foram testadas seis doses de potássio (0, 65, 97.5, 130, 162.5, 195kg.ha⁻¹), porém com níveis de 40ppm no solo. No experimento 4, foi testada a presença e ausência de potássio, associado ou não com tratamento de sementes. O delineamento experimental, para todos os experimentos, foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, parcelas de 21,0m² (6,0 x 3,50m). Foram utilizados os híbridos: Pionner 30R50, NK Sprint e Agroeste 1560, respectivamente, aos experimentos 1, 2, 3 e 4. Na condução do estudo, as práticas culturais foram realizadas de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do milho. Foi avaliado o rendimento de grãos e a incidência das podridões de colmo (PBCs) em milho, usando metodologia definida por Reis et al. (1998). Determinaram-se também o teor de compostos fenólicos no tecido do colmo do milho usando metodologia desenvolvida por Deschamps et al. (2002). Com base nos resultados, chegou-se às seguintes conclusões: 1) A aplicação de potássio em solos com baixos teores desse nutriente aumenta a tolerância da podridão da base do colmo em milho; 2) O potássio aumenta a concentração de ácidos fenólicos, proporcionando maior tolerância da podridão da base do colmo em milho; 3) O tratamento de sementes diminui a incidência da podridão da base do colmo em milho.

Palavras-chave: Diplodia, *Zea mays*, nutrição, tratamento, semente.

ABSTRACT

NEULS, César Augusto. **Potassium fertilization and seed treatment on the control of corn stalk rot. UFPel, 2012.** Pelotas, 2012. 53f. Tese (Doutorado em Ciências), Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de sementes, Universidade Federal de Pelotas.

The objective of the present study was to evaluate the effect of potassium and seed treatment of corn stalk disease. In experiment 1 and 2 were used five potassium doses (0, 40, 80, 120 and 160kg ha⁻¹) in soils with levels of 190 and 120ppm of potassium respectively. In experiment 3, six doses of potassium (0, 65, 97.5, 130, 162.5, 195kg ha⁻¹), but with levels of 40ppm in soil were tested. In experiment 4 was tested the potassium effect with seed treatment. The experimental design was a randomized complete blocks with four replications and plots of 21.0m². The following corn hybrids were tested: Pioneer 30R50, NK Sprint and Agroeste 1560 respectively for experiment 1, 2, 3 and 4. Experiments were conducted according to corn technical recommendations. Grain yield, incidence of stalk rot were assessed. It was also determined the content of phenolic compounds. Data were submitted to analysis of variance using the F test, followed by the use of linear and nonlinear regression analysis. The following conclusions were taken: 1) potassium has effect on the incidence of CSR, only under conditions of low levels in the soil; 2) Seed inoculum is one way of introduction of CSR causal agent in areas not previously cultivated with corn; 3) potassium does increase phenolic acid concentration, given higher tolerance to corn stalk rot.

Keywords: Diplodia, plant nutrition, seeds, disease.

SUMÁRIO

	Página
BANCA EXAMINADORA	2
AGRADECIMENTOS	3
LISTA DE FIGURAS	4
LISTA DE TABELAS	5
RESUMO	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1. PODRIDÃO DE GIBERELA	12
2.1.1. Ocorrência e importância econômica.....	12
2.1.2. Etiologia e taxonomia	12
2.1.3. Sintomatologia	13
2.1.4. Hospedeiros.....	13
2.1.5. Ciclo das relações patógeno-hospedeiro	14
2.1.5.1. Sobrevivência e fontes de inóculo	14
2.1.5.2. Disseminação, penetração e colonização	15
2.2. PODRIDÃO DE FUSARIUM.....	15
2.2.1. Ocorrência e importância econômica.....	15
2.2.2. Etiologia e taxonomia	15
2.2.3. Sintomatologia	16
2.2.4. Hospedeiros.....	16
2.2.5. Ciclo das relações patógeno-hospedeiro	17
2.2.5.1. Sobrevivência e fontes de inóculo	17
2.2.5.2. Disseminação, penetração e colonização	17
2.3. PODRIDÃO DE DIPLODIA.....	18
2.3.1. Ocorrência e importância econômica.....	18
2.3.2. Etiologia e taxonomia	19
2.3.3. Sintomatologia	19
2.3.4. Hospedeiros.....	20
2.3.5. Ciclo das relações patógeno-hospedeiro	20
2.3.5.1. Sobrevivência e fontes de inóculo	20
2.3.5.2. Disseminação, penetração e colonização	20
2.4. ANTRACNOSE	21
2.4.1. Ocorrência e importância econômica.....	21
2.4.2. Etiologia e taxonomia	22
2.4.3. Sintomatologia	22
2.4.4. Hospedeiros.....	23
2.4.5. Ciclo das relações patógeno-hospedeiro	23
2.4.5.1. Sobrevivência e fontes de inóculo	23
2.4.5.2. Disseminação, penetração e colonização	23

2.5. ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DAS PODRIDÕES DO COLMO EM MILHO	24
2.5.1. Resistência genética	24
2.5.2. Tratamento de sementes	25
2.5.3. Rotação de culturas	25
2.5.4. Manejo pela fertilidade do solo	26
2.5.5. Manejo pela população de plantas	30
3. MATERIAL E MÉTODOS	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5. CONCLUSÕES	48
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um dos cereais mais importantes do complexo produtivo agropecuário, tendo sua maior produção concentrada na região sul (24,0 milhões de toneladas). As agroindústrias localizadas no estado de Santa Catarina são um dos maiores consumidores de milho, sendo que a produção do estado chega a 3,2 milhões de toneladas, havendo necessidade de importação de outros estados. O centro-oeste é o maior produtor do Brasil, destacando-se o Mato Grosso entre os estados de maior crescimento em produção (CONABE, 2012).

As podridões da base do colmo (PBCs) em milho merecem destaque devido a sua elevada frequência e intensidade de danos em milho no sul do país, onde a incidência é de até 40% (NAZARENO, 1989). Reis et al. (1998) e Denti et al. (1999) observaram incidências de 4 a 72% e o dano variando de 0,67 a 50%. Nos Estados Unidos, foram relatados danos causados de 10 a 20% em híbridos suscetíveis e em outros países de 35 a 50% (SHURTLEFF, 1992).

Para o controle das PBCs em milho, existem várias questões que devem ser consideradas: variedade, rotação de cultura (DENTI e REIS, 2001), fertilidade do solo, semente sadia (CASA et al., 1998), população de plantas (SANGOI, 2000; REIS et al., 1996). Dentro dessas medidas de controle, a nutrição das plantas é uma das menos estudadas, quando relacionados com o manejo de PBCs em milho. Os efeitos dos nutrientes minerais sobre o desenvolvimento da planta e produtividade são explicados pelas funções desses elementos no metabolismo da planta. Entretanto, a nutrição mineral pode também se constituir em um fator de predisposição de plantas ao ataque de patógenos ou aumentar a resistência ou tolerância das plantas a esses patógenos.

A resistência é determinada pela habilidade da planta em limitar a penetração, o desenvolvimento e a reprodução do patógeno, enquanto a tolerância é caracterizada pela habilidade da planta infestada em manter seu próprio crescimento apesar da infecção do patógeno. Assim, dependendo do nutriente mineral (disponibilidade no solo e adubação), do estado nutricional das plantas, da espécie da planta e do tipo do patógeno, a nutrição mineral poderá influenciar na resistência ou tolerância da planta (MARSCHENER, 1986).

Quando os elementos minerais requeridos pela planta são fornecidos de forma adequada, ela normalmente apresenta maior capacidade de reação às doenças. A relação K/N vem sendo discutida por alguns autores (WHITE, 1999; SILVA, 2007) que, quando acontece um desequilíbrio entre os mesmos, ocorre incremento da incidência das PBCs em milho, porém não existem informações que expliquem qual efeito direto do K e/ou do N ocorre sobre o manejo do controle delas em milho.

Assim, busca-se com esse trabalho verificar o efeito do potássio e do tratamento de sementes na incidência das PBCs em milho e avaliar alguns efeitos fisiológicos e metabólicos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PODRIDÃO DE GIBERELA

2.1.1. Ocorrência e importância econômica

A podridão do colmo, chamada giberela, está disseminada em todo mundo. No Brasil, ela se concentra com frequência na região sul, principalmente em regiões de altitude média (650m). Denti e Reis (2003) levantaram danos das PBCs de até 1.150kg.ha⁻¹. Porém, Reis et al. (2004) comentam que ainda não existia a quantificação de danos para essa doença. Entretanto, Silva (2007) atribui que o dano pela podridão de giberela seja de 10-30% do rendimento e os danos são mais elevados quando o milho é conduzido sobre monocultura e restos culturas de cereais de inverno, onde estão presentes os corpos de frutificação de fungos, peritécios e acérvulos.

2.1.2. Etiologia e taxonomia

O agente causal da podridão do colmo e rosada da ponta da espiga é o fungo Ascomiceto [*Gibberella zeae* (Schwabe) Petch]. Os peritécios são escuros e superficiais, contendo oito ascósporos arranjados obliquamente em uma fila (WHITE, 1999). Os ascósporos são hialinos, com três septos, diminuindo de largura no ápice, ligeiramente curvos e medindo 3-5 x 20-30µm (TARR, 1962). Os peritécios são formados no outono, porém os esporos contidos nesses corpos de frutificação somente amadurecem na primavera ou no verão seguinte.

O fungo causador da giberela é parasita necrotrófico, não específico que pode colonizar outros órgãos da planta além das espigas (REIS, 1988). Seus requerimentos nutricionais são simples, sobrevivendo em restos de culturas. O principal agente é o fungo *Fusarium graminearum* (Schwabe), cuja forma teleomórfica é *Gibberella zeae* (Schw) PetchH. [Sin. *G. roseum* f. sp. *cerealis* *Graminearum*; *G. saubinetti* (Mont.) Sacc.]. *G. zeae* pertence à divisão

amastigomicota, classe dos Ascomicetes, subclasse dos Pirenomicetes, ordem Hipocreales e família Nectriaceae (ALEXOPOULOS et al., 1996).

A forma anamórfica *F. graminearum*, produz macroconídios com três a cinco septos e medindo 4-6 x 30-60µm, são hialinos, ligeiramente curvados, com as extremidades afiladas (TARR, 1962).

2.1.3. Sintomatologia

Os sintomas da podridão por giberela são similares aos sintomas das outras podridões. A base do colmo da planta doente altera a cor, tornando-se pardo, em contraste com o amarelado, esverdeado ou arroxado das plantas sadias, o que depende da presença e/ou da concentração pigmentos no híbrido. Os tecidos internos da medula desintegram-se, deixando somente os feixes vasculares intactos, porém soltos. Outro sintoma característico é a presença do micélio rosa na parte externa no entrenó da base do colmo, que mais tarde irá formar uma camada superficial de peritécios negros e ásperos. A doença também pode atacar as espigas, formando também um mofo rosado, característica do *F. graminearum*, anamorfo da giberela (REIS et al., 2004).

Os sintomas secundários são semelhantes aos demais das PBCs. As plantas doentes murcham, as folhas alteram a cor de verde brilhante para verde opaco e os entrenós inferiores do colmo tornam-se pardos (REIS et al., 2004; SILVA, 2007).

2.1.4. Hospedeiros

O fungo ataca várias plantas cultivadas como milho (*Zea mays* L.), aveia branca (*Avena sativa* L.), aveia preta (*A. strigosa* Schreb.), centeio (*Secale cereale* L.), cevada (*Hordeum vulgare* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), tritcale [*Triticum turgidocereale* (Kiss.) Mac Key], arroz (*Oryza sativa* L.), sorgo e milheto (*Pennisetum typhoides*, Burm.f. Stapf. & C.E. Hubb).

Além dessas, o patógeno também é encontrado parasitando espécies nativas e invasoras, como azevém (*Lolium multiflorum* L.), milhã [*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.] e papuã [*Brachiaria plantaginea* (Link.) Hitch.] (REIS, 1988).

2.1.5. Ciclo das relações patógeno-hospedeiro

2.1.5.1. Sobrevivência e fontes de inóculo

O fungo sobrevive nos restos culturais de forma saprofítica, após a colheita, e em sementes de milho (*Zea mays* L.), que são produzidas em áreas de monocultura (Figura 1), hospedeiros secundários, como arroz (*Oryza sativa* L.), cereais de inverno (BALMER e PEREIRA, 1980; SHURTLEFF, 1992), papuã, milhã, capim-arroz, paspalo (REIS, 1988) e gramíneas (Figura 1). Os peritécios, sob clima quente e úmido, são formados sobre os tecidos infectados, liberando mais tarde os ascósporos.

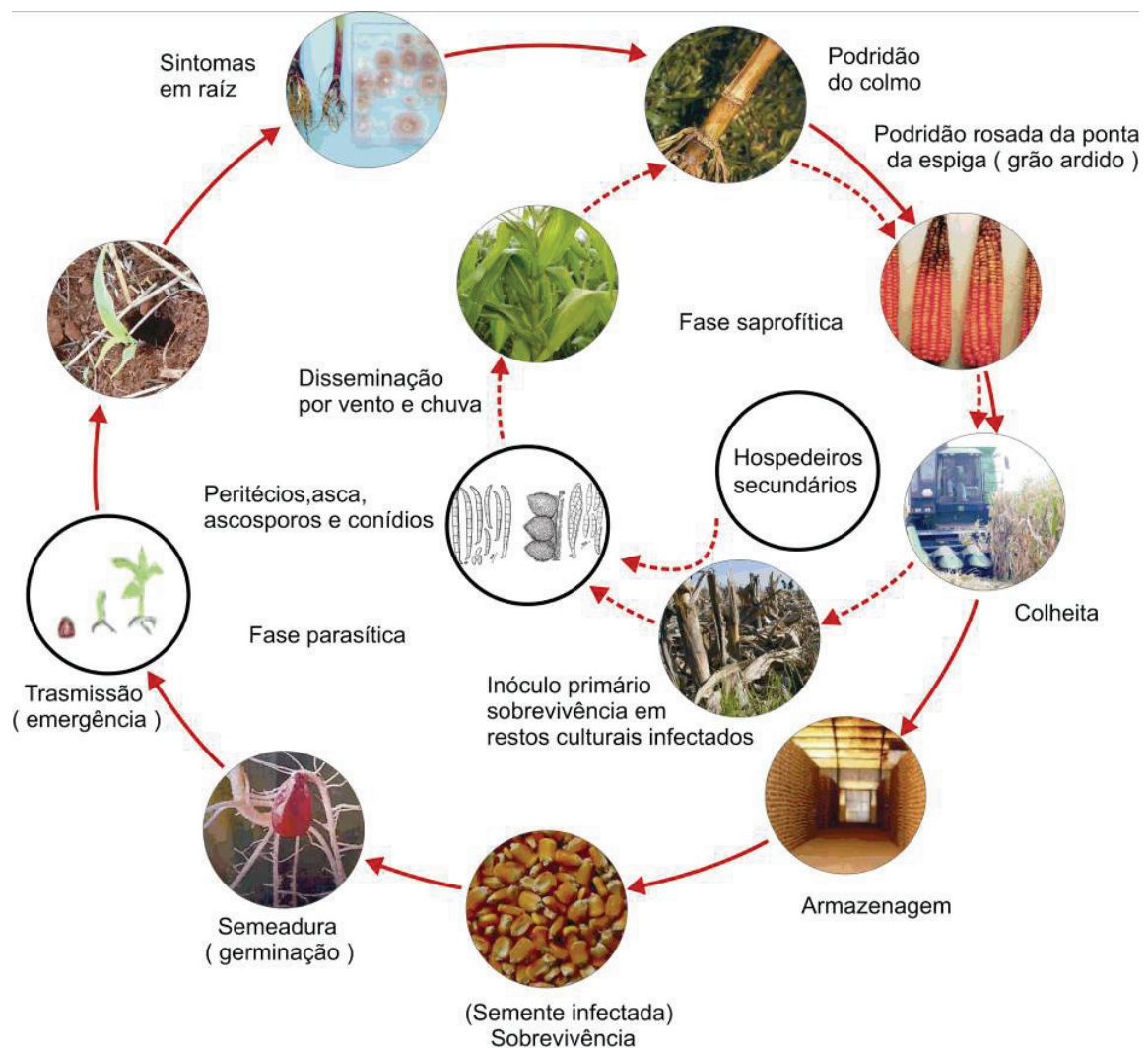


Figura 1. Ciclo da podridão de giberela do milho causada por *Gibberella zeae* (REIS e DANELLI, 2009).

2.1.5.2. Disseminação, penetração e colonização

Os peritécios maduros, que se desenvolveram no resto cultural da safra anterior, e nos hospedeiros secundários, em condição de umidade, ejetam ascósporos, os quais são disseminados pelo vento (Figura 1), depositando-se nas plantas de milho (REIS et al., 2009).

O inóculo pode, também, ser produzido na forma de conídios, durante o verão. A infecção dos colmos, normalmente, ocorre logo após a polinização, desenvolvendo-se a partir do ponto de inserção das folhas nos nós ou ao redor das raízes. O fungo pode penetrar nas raízes e crescer, atingindo mais tarde a parte inferior do colmo (WHITE, 1999).

Dessa forma, a doença completa o ciclo e, quando ocorrerem as condições climáticas ideais, com a presença de um hospedeiro suscetível, ela torna a se manifestar novamente, contaminando outras partes da planta (REIS et al., 2004).

2.2. PODRIDÃO DE FUSARIUM

2.2.1. Ocorrência e importância econômica

A podridão do colmo em milho, causada por fusarium, não é a mais comum no sul do Brasil. Ela predomina nas regiões quentes, no entanto, pode ser encontrada em lavouras do planalto gaúcho e catarinense e nos Campos Gerais do Paraná (REIS et al., 2004).

Os danos são similares aos da giberela, variando de 12 a 40% do rendimento (SILVA, 2007).

2.2.2. Etiologia e taxonomia

A podridão de fusarium é causada pelo fungo *Fusarium verticillioides* Wr. & Reink Sin.= *F. moniliforme*.

F. verticillioides produz poucos macroconídios, hialinos e curvados, que tem de três a sete células e medem 2,5-4,9 x 25-60µm. Os microconídios são ovoides, hialinos e medem 1,5-2,5 x 5-12µm, produzem em cadeias e em falsas cabeças.

Os peritécios de *G. fujikuroi*, ainda não detectados no Brasil (REIS e CASA, 1996), são globosos, lisos e com coloração azul-escura. As ascas são oblongas, medindo 75-100 x 10-16µm, contendo oito ascósporos, que são retos, afinados nas extremidades, com constrição nos septos, normalmente com um septo medindo 4,5-7,0 x 12-17µm e arranjados em duas fileiras irregulares (PERREIRA, 1997).

O *F. verticillioides* pertence à divisão Amastigomicota, classe dos Deuteromicetes, ordem Molilales e família Tuberculariaceae (ALEXOPOULOS et al., 1996).

2.2.3. Sintomatologia

Os sintomas da podridão do colmo por fusarium não são de fácil distinção como as PBCs causadas por giberela, diplodia e antracnose (WHITE, 1999). A doença inicia comumente após a polinização e se torna mais severa à medida que a planta atinge a maturação. Os sintomas da podridão de *Fusarium* iniciam com a alteração da coloração externa da base do colmo, sendo que as plantas infectadas apresentam a medula de cor branco-rosada a rosa-salmão. Os sintomas também podem se manifestar na espiga, iniciando na base. O micélio aparece em grãos isolados ou em grupos de grãos de coloração rosa-salmão, típico de *F. verticillioides* (REIS et al., 2004).

A podridão de *Fusarium* pode ser diagnosticada pela ausência de peritécios sobre a superfície do tecido afetado, o que não ocorre com a podridão de giberela (REIS et al., 2004; SILVA, 2007).

2.2.4. Hospedeiros

Arroz (*Oryza sativa* L.), cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum spp.*) são hospedeiros de *F. verticillioides* (BOOTH, 1971).

2.2.5. Ciclo das relações patógeno-hospedeiro

2.2.5.1. Sobrevivência e fontes de inóculo

O fungo sobrevive, saprofiticamente, em restos culturais após a colheita e sementes infectadas no processo de produção de sementes (COTTEN e MUNKVOLD, 1998; WHITE, 1999). Nas sementes, é o mais comumente encontrado (CASA, 1997), em forma de micélio, onde o fungo de *F. verticillioides* não forma clamidósporos (BOOTH, 1971) e, nos restos culturais, são formados os peritécios de *G. fujikuroi*. Em condições favoráveis, pode infectar as raízes ou colmos diretamente ou através de ferimentos causados por insetos ou por granizo (Figura 2).

2.2.5.2. Disseminação, penetração e colonização

Os propágulos de *F. verticillioides* são depositados sobre as folhas pelo vento e pela chuva e são levados pela água para dentro das bainhas, onde infectam os nós. Quando a infecção é severa, durante a colonização, pode ocorrer a esporulação do patógeno na parte externa do tecido afetado, na forma de uma massa de esporos de cor rosa-salmão. Como *F. verticillioides* não produz clamidósporos, isso explica a sua baixa densidade de inóculo no solo (REIS et al., 2004). Dessa forma completa-se o ciclo, ficando o inóculo no resto cultural ou na semente à espera de uma nova planta e condição climática, para dar início ao novo processo infeccioso (Figura 2).

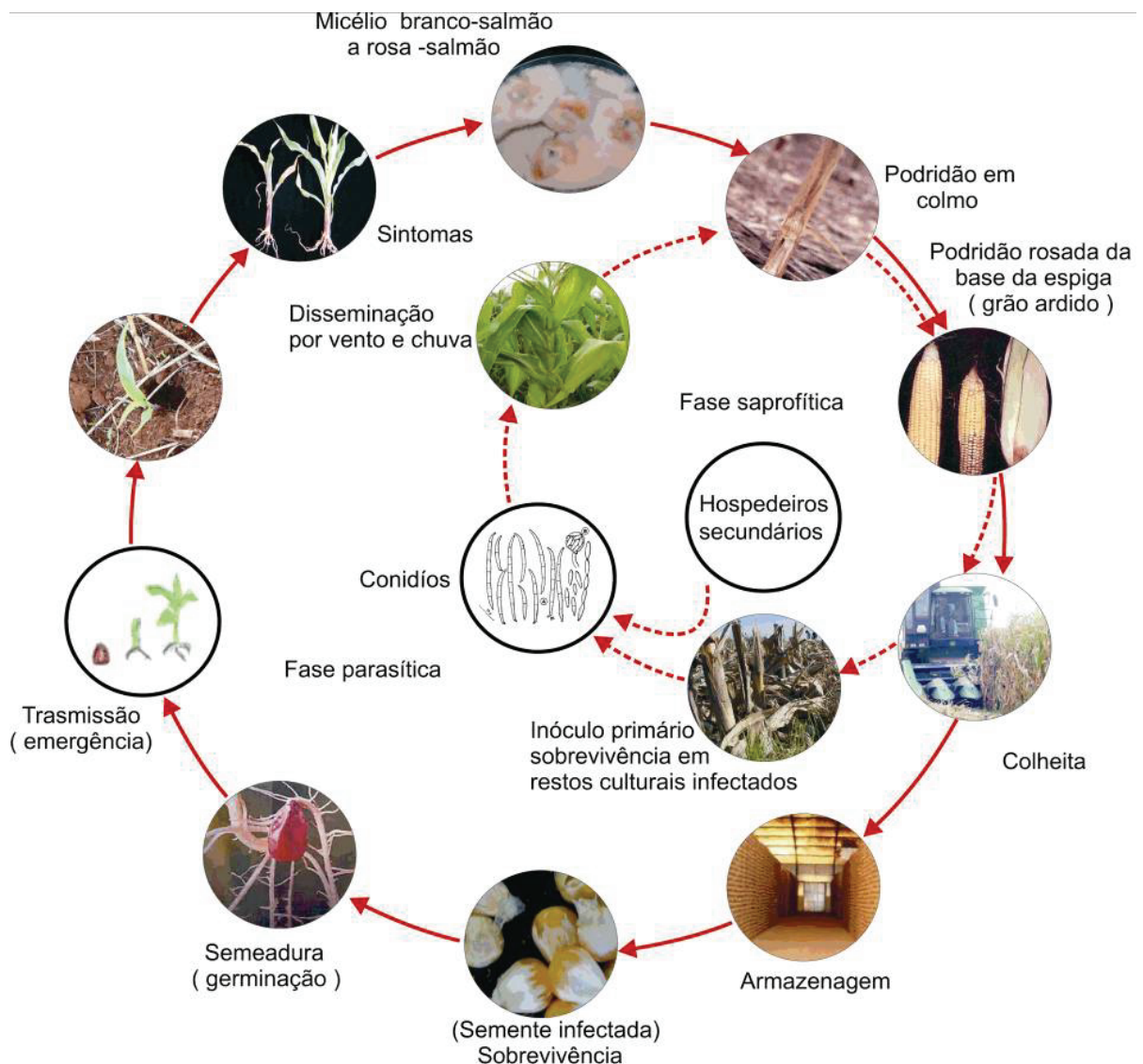


Figura 2. Ciclo da podridão de fusarium do milho causada por *Fusarium verticillioides* (REIS e DANELLI, 2009).

2.3. PODRIDÃO DE DIPLODIA

2.3.1. Ocorrência e importância econômica

A podridão do colmo por diplodia foi considerada a mais importante doença nos Estados Unidos nas décadas de 1960 e 1970 (WHITE, 1999). É comum nas regiões de cultivo de milho e mais frequente em variedades suscetíveis plantadas sob condições de deficiência hídrica antes da polinização, seguida de período chuvoso (PEREIRA, 1997).

Os danos chegaram a 9,7% (MICHAELSON e CHRISTENSEN, 1953). Casa (2000) relata que os danos por diplodia ainda não foram quantificados separadamente no Brasil e que sua frequência é maior em condição de monocultura.

2.3.2. Etiologia e taxonomia

Segundo Reis et al., (2004), a podridão de *Diplodia* é causada por dois fungos agentes causais, pertencentes à Subdivisão Deuteromycotina, classe Coelomycetes, ordem Sphaeropsidales, família Sphaeropsidaceae e ao gênero e espécies *Stenocarpella maydis* (Berk.) Sutton [Sin. *Diplodia maydis* (Berk.) Sacc.; *D. zeae* (Schw.) Lev.] e *S. macrospora* (Earle) Sutton [Sin. *D. macrospora* Earle in Bull.] (SUTTON, 1980; ALEXOPOULOS et al., 1996; WHITE, 1999).

O fungo *S. maydis* produz picnídios imersos, globosos, com coloração marrom-escuro à preta, paredes grossas e um ostíolo protuberante papilado (WHITE, 1999). Os conídios são pardo-oliva a pardos, cilíndricos, fusiformes, retos a ligeiramente curvados, medindo 5-6 x 25-30µm, bicelulados, comumente com um septo (0-2) (SUTTON e WATERSTON, 1966a), ao contrário da *S. macrospora*, onde seus conídios são 2-3 vezes maiores, medindo 7,5-11,5 x 44-82µm (SUTTON e WATERSTON, 1966b).

2.3.3. Sintomatologia

Os primeiros sintomas que revelam a presença das PBCs por diplodia é a alteração de coloração na parte externa nos internódios basais, passando de cor normal dos tecidos para uma despigmentação, que pode variar de palha a marrom, dependendo do híbrido. Internamente, a medula apresenta-se desintegrada e com cor alterada, sem que ocorra desintegração do tecido vascular (PEREIRA, 1997). Os sintomas podem estender-se para as folhas e, mais tarde, para as espigas (SILVA, 2007).

Um sinal importante à diagnose é a presença de picnídios, subepidérmicos, pequenos, pardo-negros, agrupados nas lesões próximas aos tecidos dos nós, principalmente quando o tecido encontra-se senescido (REIS et al., 2004).

2.3.4. Hospedeiros

O único hospedeiro secundário em que *S. maydis* foi encontrada foi bambu (*Arundinaria* sp.) (SUTTON & WATERSTON, 1966b; SUTTON, 1980). Porém tem pouca importância como fonte de inóculo (REIS et al., 2004).

Costa Neto (1976) relata que o milho é a única gramínea no estado do Rio Grande do Sul infectada por essas duas espécies.

2.3.5. Ciclo das relações patógeno-hospedeiro

2.3.5.1. Sobrevivência e fontes de inóculo

Os fungos *S. macrospora* e *S. maydis*, como podem ser vistos na Figura 3, sobrevivem, saprofiticamente, em restos culturais após a colheita (SMITH e WHITE, 1988; SHURTLEFF, 1992; CASA et al., 2003). Entretanto as sementes também podem ser outra maneira de sobrevivência na forma de micélio (MCGEE, 1988), em que cuidados com a sanidade no processo de produção de sementes devem ser tomados (CASA, 1997).

2.3.5.2. Disseminação, penetração e colonização

Em condições climáticas favoráveis, os propágulos são liberados pelos picnídios, onde ejetam uma massa de conídios que são disseminados por respingos de chuva e vento e caem sobre os órgãos da planta (Figura 3). Assim, ocorre o início do processo infeccioso, com a introdução direta da hifa pela degeneração das paredes da célula, facilitada pela atividade de enzimas (BENSCH e VAN STANDEN, 1992). A maior limitação dessa forma de disseminação é que as plantas dependem de estarem próximas da fonte de inóculo (ULLSTRUP, 1964; FLETT et al., 1992).

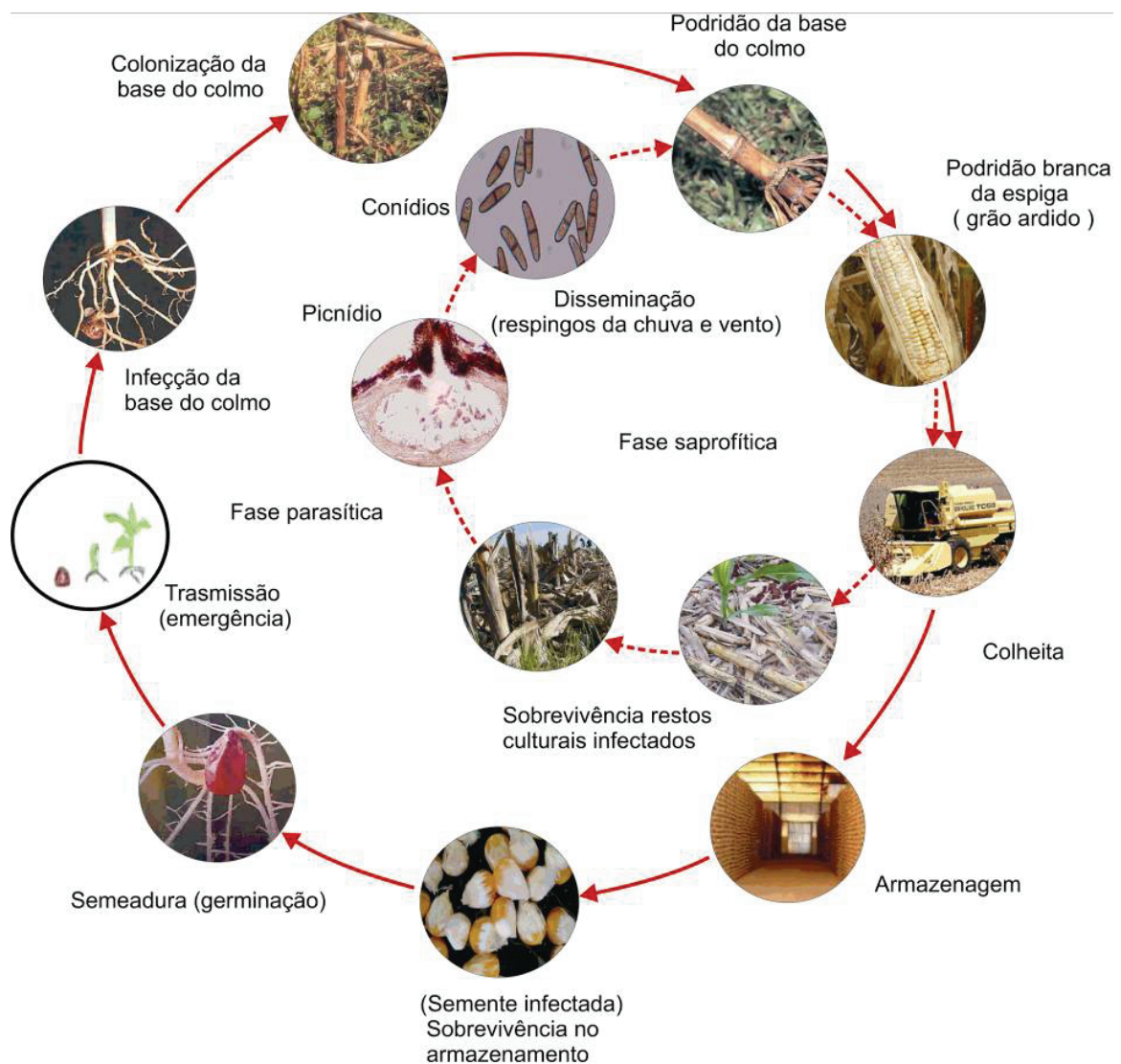


Figura 3. Ciclo da podridão de diplodia do milho causada por *Stenocarpella maydis* (REIS e DANELLI, 2009).

O processo de colonização é acelerado em temperaturas mais altas, por isso a podridão por diplodia é mais comum em locais de altitudes menores. A colonização poderá ser observada quando os sintomas aparecem alguns dias após a polinização e no final do enchimento de grãos, completando o ciclo (REIS et al., 2004).

2.4. ANTRACNOSE

2.4.1. Ocorrência e importância econômica

A podridão do colmo por antracnose não foi uma doença tão importante nos Estados Unidos até a década 1970. No intervalo até 1985, tornou-se uma das mais

importantes podridões de colmo em milho (WHITE, 1999). No Brasil, Denti (2003) relatou que a maior frequência das PBCs em milho foi do agente causal da antracnose *C. graminicola*, no sul do Brasil.

Segundo Pereira (1997), a podridão do colmo, causada por *Colletotrichum*, difere das podridões causadas por *Diplodia* e *Fusarium*, devido à possibilidade de ocorrência em qualquer fase de desenvolvimento da planta, quando favorecida por alta umidade, temperatura moderada e longos períodos nublados.

2.4.2. Etiologia e taxonomia

O agente causal da antracnose é o fungo *Colletotrichum graminicola* (Ces.) G.w. Wils., pertencente à classe Coelomycetes e à ordem Melanconiales, a forma teleomórfica *Glomerella graminicola* Politis, pertencente à classe Pyrenomycetes e à ordem Xylariales (ALEXOPOULOS et al., 1996).

O fungo produz corpo de frutificação do tipo acérvulo, de coloração castanho-escuro, circular a oval. Sob condições de umidade, os acérvulos aparecem como pequenas pontuações nos tecidos infectados. Nos acérvulos são produzidos conidióforos eretos, hialinos, não septados, não ramificados e curtos. Setas longas, escuras e septadas são produzidas entre os conidióforos. Os conídios são hialinos, não septados, cilíndricos, com formato de foice à medida que envelhecem, produzidos na extremidade dos conidióforos, medindo 4,9-5,2 x 26,1-30,8µm (PEREIRA, 1997).

2.4.3. Sintomatologia

Os sintomas podem ocorrer em qualquer parte da planta. No colmo os sintomas surgem logo após a polinização, na forma de lesões estreitas, encharcadas inicialmente de coloração pardo-avermelhada, passando a castanho-escuro ou preta com o decorrer com tempo. Internamente, os internódios podem ser afetados. Os tecidos internos tornam-se escuros e entram em processo de desintegração (PEREIRA, 1997).

Os sintomas na base externa dos colmos manifestam-se como áreas ou placas escuras, negras, de aspecto brilhante, inicialmente desenvolvidas nos nós e

progredindo para entrenós, na forma de manchas estreitas e alongadas. As plantas infectadas normalmente apresentam sintoma de murcha das folhas. Em algumas situações, há quebra do colmo, seguido de acamamento e até morte prematura da planta (REIS e CASA, 2002).

2.4.4. Hospedeiros

O fungo ataca todos os cereais cultivados no inverno (aveia, azevém, trigo etc.) na região sul do Brasil (REIS et al., 2004).

2.4.5. Ciclo das relações patógeno-hospedeiro

2.4.5.1. Sobrevivência e fontes de inóculo

O fungo *C. graminicola* sobrevive como saprófita nos restos culturais após a colheita e na semente de milho (Figura 4), como micélio dormente (MCGEE, 1988; BERGSTROM e NICHOLSON, 1999; WHITE, 1999). Raramente o *C. graminicola* encontra-se na semente, sendo que os níveis citados na literatura não comprometem sua qualidade fisiológica (PINTO, 1998). Os principais hospedeiros alternativos são os cereais de inverno e azevém (*Lolium multiflorum* L.).

2.4.5.2. Disseminação, penetração e colonização

O acérvulo, estrutura produzida na forma imperfeita sobre restos culturais, quando maduro, é estimulado por gotas de água liberando os conídios. Os mesmos, a seguir, são disseminados por respingo de chuva, ocorrendo em seguida a penetração e colonização, formando acérvulos de coloração escura no tecido externo do colmo (REIS, 2004).

Além das PBCs, o fungo *C. graminicola* causa também lesões foliares em plantas jovens de milho (PEREIRA, 1997), ocorrendo a colonização, formação de inóculo nos restos culturais, para o próximo ano de cultivo (Figura 4).

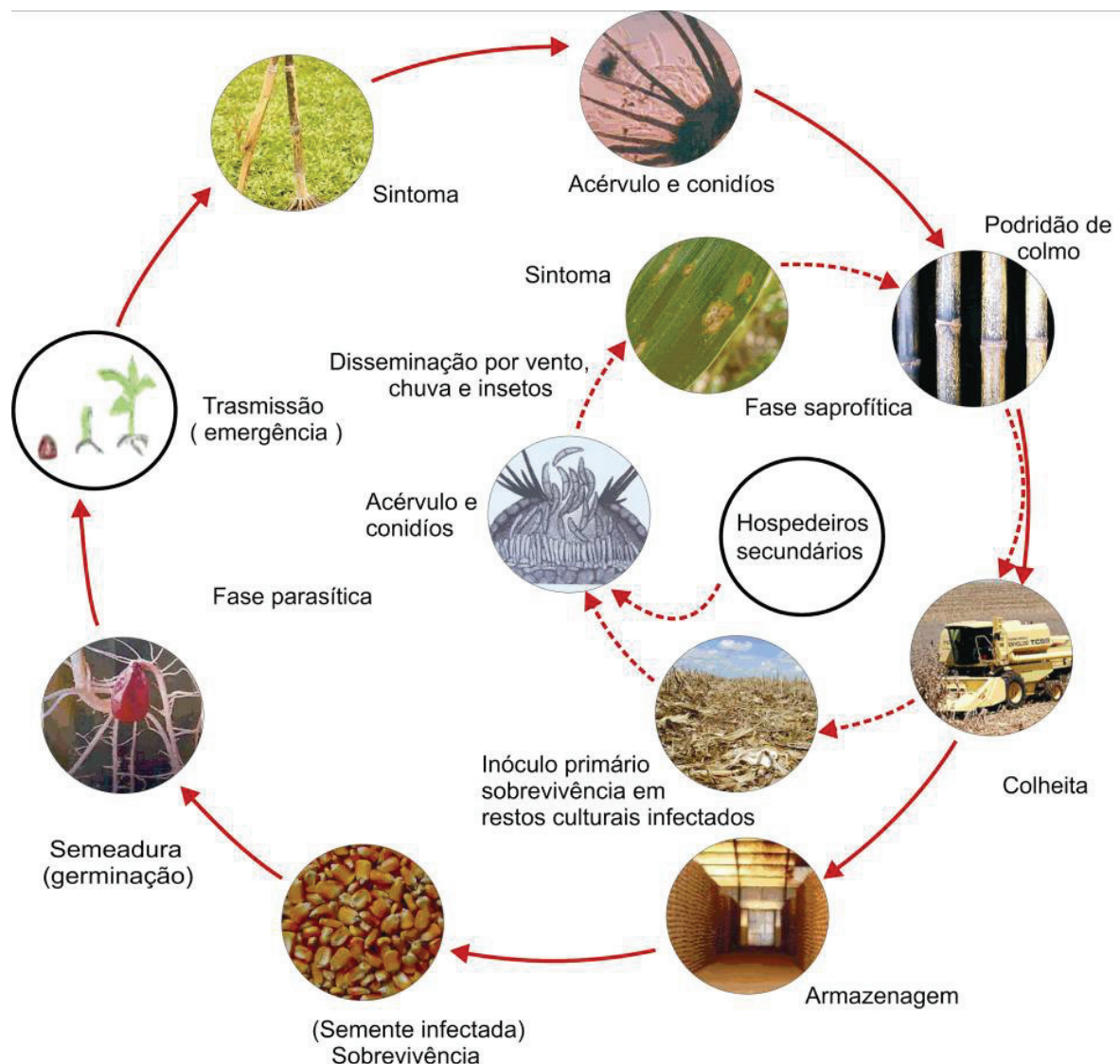


Figura 4. Ciclo da podridão de antracnose do milho causada por *Colletotrichum graminicola* (REIS e DANELLI, 2009).

2.5. ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DAS PODRIDÕES DO COLMO EM MILHO

2.5.1. Resistência genética

A resistência genética é a estratégia mais eficiente e recomendada, não só para as podridões do colmo em milho, como também para as podridões radiculares em geral, sendo uma tarefa bastante difícil, devido à complexidade das interações entre patógeno e hospedeiro, juntamente com o ambiente, de onde o genótipo vai se manifestar.

Para agentes causais de doenças produtoras de micotoxinas, a complexidade é ainda maior (MUNKVOLD e CARLTON, 1997).

As PBCs em milho, no ponto de vista de resistência genética, são poligênicas, isto é, determinadas por vários genes. Dessa forma, acredita-se que o somatório de práticas culturais teve uma redução mais significativa do que o melhoramento isoladamente (REIS et al., 2004).

2.5.2. Tratamento de sementes

O tratamento de sementes é a prática de melhor resultado da relação custo/benefício numa lavoura. Ela garante que a semente possa demonstrar todo seu potencial genético, germinando com vigor e protegendo-as, porém, desde que seja feita de forma correta, não servindo como veículo de disseminação de doenças (PEREIRA 1986; CASA, 1997).

Foi comprovada a transmissão em milho de *S. maydis*, *S. macrospora* e *F. verticillioides* (MCGEE, 1988; CASA 1997). Hoje, com os problemas de multiplicação de sementes em áreas de monocultura pelas empresas, a sanidade das sementes vem se agravando, tendo a necessidade de uma reanálise patológica para verificação da necessidade de um tratamento mais eficaz.

2.5.3. Rotação de culturas

O princípio da rotação de culturas consiste na redução da densidade de inóculo de um determinado fitopatógeno devido: (a) eliminação do substrato determinando a morte do patógeno por inanição; (b) as espécies vegetais alternativas, cultivadas, poderão selecionar e/ou aumentar a população de uma espécie, ou grupo de micro-organismos, antagonistas, ao fungo alvo do controle. Nesse último caso, os mecanismos de redução ou eliminação do inóculo podem ser atribuídos à antibiose, competição e predação (DEACON e BERRY, 1993).

Os agentes causais de podridões radiculares, sem habilidade de competição saprofítica, como *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) e *Gaeumannomyces graminis* [(Sacc.) Arx. & Oliv.], são, portanto, potencialmente controláveis pela rotação de culturas (REIS et al., 1994).

Por outro lado, os fungos que apresentarem habilidade de competição saprofítica e estruturas de repouso, são dificilmente manejados pela rotação. Nesta situação, classificam-se os gêneros *Fusarium* sp, *Rhizoctonia* sp, *Sclerotium* sp, *Pythium* sp, *Phytophthora* sp. (ZAMBOLIM et al., 1997).

Dentro dos gêneros causadores das PBCs em milho, tanto *Fusarium* e *Stenocarpella* como *Colletotrichum* são fungos que sobrevivem no resto cultural. Os gêneros *Fusarium* e *Colletotrichum* sobrevivem em hospedeiros secundários, principalmente nas gramíneas (aveia e azevém); assim, uma das principais medidas é fazer rotação com espécies não suscetíveis (PADILHA et al., 1990).

O conceito de rotação culturas no ponto de vista fitopatológico estabelecido por Reis et al. (1996) consiste em não cultivar a mesma espécie vegetal na área até que aconteça a completa decomposição dos restos culturais dessa cultura, ocorrendo assim redução de patógenos necrotróficos (SILVA, 2007).

A medida preferencial de controle tem sido baseada, principalmente, no desenvolvimento de cultivares resistentes ou tolerantes, embora com pouco sucesso. Por isso, os esforços visando ao seu controle também deveriam concentrar-se no desenvolvimento da supressividade que é alcançada somente pelo uso da rotação de cultura (ZAMBOLIM et al., 1997).

2.5.4. Manejo pela fertilidade do solo

Os efeitos dos nutrientes minerais sobre o desenvolvimento da planta e produtividade são explicados em relação às funções desses elementos no metabolismo da planta. Entretanto, a nutrição mineral pode também se constituir em um fator de predisposição de plantas ao ataque de patógenos ou aumentar a resistência das plantas a esses patógenos (MARSCHNER, 1986).

Dependendo do nutriente mineral (disponibilidade no solo e adubação), do estado nutricional das plantas, da espécie da planta e do tipo do patógeno, a nutrição mineral pode influenciar na resistência ou tolerância da planta. Quando os elementos minerais requeridos pela planta são fornecidos de forma adequada, ela normalmente apresenta maior capacidade de reação às doenças. No entanto, o excesso ou a deficiência desses elementos podem tornar as plantas predispostas ao ataque dos patógenos. O desequilíbrio nutricional ocasionado tanto pelos macro

como pelos micronutrientes pode contribuir para uma mudança na susceptibilidade do hospedeiro, pelo fato de influenciar o vigor e a reação de defesa da planta (MARSCHNER, 1986).

De acordo com Marschner (1986), existem poucas informações sobre o efeito do estado nutricional da planta nos mecanismos de defesa contra bactérias e vírus. No entanto, há claras evidências da ação contra doenças causadas por fungos.

No caso de doenças fúngicas, a proteção se dá através da nutrição balanceada, interferindo nos seguintes resultados:

- eficiente barreira física, evitando a penetração das hifas, através da cutícula espessa, lignificação ou acúmulo de silício na camada de células epidermais;
- maior permeabilidade da membrana plasmática, evitando assim a saída de açúcares e aminoácidos (que nutrem os patógenos) para o apoplasto, ou espaço intercelular;
- formação de compostos fenólicos (fitoalexinas), com distintas propriedades fúngicas (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Embora a resistência e a tolerância às doenças sejam geneticamente controladas, ambas são influenciadas pelos fatores ambientais. Neste contexto, a nutrição mineral das plantas pode ser considerada como um fator ambiental, podendo ser manejada com relativa facilidade, isto é, um importante componente do controle das doenças. Por exemplo, a calagem ou aplicações de fertilizantes em diferentes formas ou quantidades não somente afetam diretamente o desenvolvimento e composição das plantas, mas também têm efeitos sobre a atividade microbiana do solo e da rizosfera e a tolerância das plantas em relação às doenças radiculares (HUBER et al., 1988).

Não está bem definido o estudo em relação às podridões do colmo em milho com a nutrição de plantas. Alguns autores relatam que a população elevada de plantas determina maior competição por água e nutrientes. Aliada ao desequilíbrio de N e K pode contribuir para o aumento da incidência de podridões do colmo, da espiga e, conseqüentemente, de grãos ardidos em milho (FOLEY e WERNHAN, 1957; SPRAGUE e DUDLEY, 1988; SMITH e WHITE 1988; WHITE, 1999).

Silva (2007) demonstrou que, quando ocorre redução da relação K/N, também ocorre maior incidência das PBCs em milho, porém não explica qual a rota metabólica que interfere nesse processo. Fancelli (1988) sugere que híbridos precoces geralmente têm área foliar reduzida, aumentando assim a contribuição do colmo no suprimento de fotoassimilados para o enchimento de grãos, resultando em aumento das doenças do colmo, com consequente acamamento.

O resultado foi mais expressivo quando as plantas foram submetidas ao desfolhe, comprovando que quando acontece alteração entre fonte e dreno de nutrientes, ocorrido na fase de enchimento de grãos, a ocorrência das PBCs em milho é aumentada (REIS e CASA, 1996).

Fatores que reduzem a fotossíntese e a produção de carboidratos predispõem as plantas às podridões (PINTO et al., 1997). Assim, Silva e Schipanski, (2007) acrescentam que plantas sujeitas a injúrias, causadas por insetos, granizo e até mesmo semeaduras com espelhamento do sulco provocado pela semeadora, resultam em aumento das PBCs em milho. As doenças foliares reduzem a produção de fotoassimilados, causando efeitos secundários, que normalmente aumentam as PBCs. Da mesma forma, o aumento de população faz com que ocorra esse tipo de comportamento. Dados que, quando são observados empiricamente a campo, visualizam-se diferenças entre híbridos em relação à resistência às PBCs, onde híbridos que tendem a ter ganhos compensatórios na espiga, exigindo maior translocação do colmo espiga, também tendem a ter maior incidência das PBCs.

Uma das áreas hoje mais estudadas é a relação de compostos secundários e suas funções nas plantas. Foram descobertas várias moléculas pela sua importância medicinal, aromatizantes e materiais industriais. Assim, determinaram a formação de compostos secundários, como a evolução vegetal (KERBAUY, 2012).

Uma rota metabólica bastante discutida em relação à resistência de doenças e que poderia explicar essa relação é a do ácido chiquímico (GRAHAM, 1983), o qual está diretamente ligado com a produção de compostos fenólicos que agem em defesa da planta contra agentes causais de doenças (TAIZ e ZEIGER, 2004). Quando relacionamos a rota do nitrogênio associado com a fotossíntese, relatada por Borys (1968), citado por Graham (1983), observamos que, quando ocorre alto suprimento de nitrogênio, também ocorre menor síntese de compostos secundários

e que, quando ocorre menor suprimento, também ocorre maior síntese desses compostos, ou seja, duas rotas que poderiam estar envolvidas diretamente entre si.

O potássio não tem função estrutural na planta, ele tem o papel como precursor de enzimas. O potássio está envolvido no crescimento meristemático. Fito hormônios que estão envolvidos no crescimento de tecidos meristemáticos são postos em ação pelo potássio, o qual também é importante para a manutenção da quantidade de água nas plantas. A absorção de água pela célula e pelos tecidos é frequentemente consequência da absorção ativa do potássio (BROWNE, 1943).

O mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos depende inteiramente do fluxo de potássio sobre a taxa de assimilação de CO₂, não por uma influência direta nos fotossistemas I ou II, mas sim por promover a síntese da enzima ribulose bifosfato carboxilase (RUBISCO). O potássio não promove somente a translocação de fotossintetatos recém-produzidos, mas também tem um efeito benéfico na mobilização de material estocado (MENDEL et al., 2001). Além disso, ele é responsável pelo transporte tanto de íons minerais como de produtos formados na fotossíntese e proteínas (KERBAUY, 2012).

A principal função do potássio em bioquímica é seu efeito na ativação de vários sistemas enzimáticos (EVANS e SORGER, 1966). Dessa forma, se poderia estudar o efeito do potássio com suas funções enzimáticas no metabolismo da planta, analisando a formação de compostos secundários, determinado assim suas correlações positivas ou negativas.

O efeito das formas de nitrogênio sobre as doenças está associado ao pH. O aumento na severidade das doenças, na presença de amônio, é geralmente devido ao pH ácido, enquanto o aumento devido ao nitrato é geralmente associado a condições de pH neutro e alcalino. De maneira geral, doenças causadas por patógenos do gênero *Fusarium*, *Rhizoctonia* podem ser reduzidas por nitrato e aumentadas por amônio, enquanto doenças causadas por *Gaeumannomyces*, *Diplodia*, *Pythium* respondem de maneira inversa (HUBER e WATSON, 1974).

Em relação ao fósforo, não existe relação direta de seu efeito, porém indiretamente, quando usado em altas doses, reduzindo a absorção de ferro, manganês e zinco (SILVA e SCHIPANSKI, 2007).

Os elementos minerais utilizados como nutrientes das plantas mantêm a produção e a qualidade dos grãos. Por outro lado, os patógenos, os quais são uma

das principais causas nos danos da produção e qualidade comercial dos grãos podem, em alguns casos, ter suas ações reduzidas na presença de nutrientes essenciais ao crescimento e ao desenvolvimento da planta, além de poder influenciar direta ou indiretamente na infecção e na taxa de reprodução dos patógenos. A nutrição mineral da planta pode substituir, reduzir e até aumentar a demanda por agroquímicos no controle de doenças. A nutrição em plantas é um dos componentes essenciais no processo de manejo integrado (ZAMBOLIM et al., 2005).

2.5.5. Manejo pela população de plantas

O cultivo do milho em escala comercial vem aumentando nos últimos anos em função da rentabilidade que a cultura vem proporcionando aos produtores, principalmente na época denominada de safrinha (SILVA et al., 2001). Dessa forma, vem aumentando a necessidade de estudos relacionados à cultura, com o desenvolvimento de novos genótipos e práticas culturais para que esses possam desenvolver todo o potencial genético.

A população de plantas é um dos fatores importantes usado pelos agricultores para aumentar a produtividade de suas lavouras, sendo composta pelo número total de plantas por unidade de área e relacionada ao arranjo do espaçamento entre as linhas de semeadura e o espaçamento entre as plantas. Muitos estudos estão sendo desenvolvidos para determinar a melhor densidade de semeadura para a cultura do milho. No entanto, não existe uma recomendação única que possa abranger todas as situações de cultivo, mesmo naquela época de semeadura, devido à diversidade de fatores que envolvem o desenvolvimento da cultura (SPRAGUE e DUDLEY, 1988).

A disposição das plantas no campo pode criar um microclima específico e afetar diretamente a produtividade, seja pela competição direta entre plantas, seja indiretamente, pelo favorecimento ao desenvolvimento de patógenos. Tratando-se de manejo agrícola, é necessário admitir que os patógenos fazem parte do agroecossistema e, como tal, devem ser tratados, cabendo ao agricultor o emprego de estratégias para manter as doenças abaixo do limiar de dano econômico (SILVA et al., 2001).

Ainda, segundo Pereira-Filho e Cruz (2003), a melhor população de plantas é determinada principalmente pela cultivar, pelas condições externas resultantes das condições edafoclimáticas do local e pelo manejo da lavoura.

A ocorrência de doenças na agricultura representa um fator de redução de produtividade e de lucratividade. Basicamente, a ocorrência de doenças é função da interação de três fatores: (1) planta ou hospedeiro suscetível; (2) patógenos específicos e (3) ambiente favorável para sua manifestação (FANCELLI e DOURADO-NETO, 2000).

No Brasil, já foram identificadas mais de 20 doenças em milho, com ambiente propício no verão, variando em função do comportamento climático específico em cada ano, da região, do sistema de cultivo adotado, do híbrido escolhido e do nível tecnológico empregado no manejo da lavoura (SANGOI et al., 2000).

As doenças do colmo estão entre as mais destrutivas e são universalmente importantes na cultura do milho por serem responsáveis pelo acamamento, dificultando a colheita e reduzindo a produtividade (SILVA et al., 2001). Tais doenças geralmente ocorrem no final do ciclo, pois fatores envolvidos na senescência deixam as plantas mais suscetíveis.

A produtividade do milho nem sempre é afetada pela população de plantas e incidência de doenças, conforme foi reportado por Resende et al. (2003), os quais constataram que a melhor densidade de plantas para obtenção de maiores produtividades de grãos de milho depende do ano agrícola, podendo, inclusive, não apresentar diferença de produtividade em densidades variando de 55.000 a 90.000 plantas/há, em função da condição climática.

No entanto, França et al. (1990) encontraram interação positiva entre híbridos e populações para rendimento de grãos, verificando, desse modo, que a resposta ao aumento da população de plantas depende do híbrido utilizado.

Fontoura et al. (2006) concluíram que, entre as doenças avaliadas, somente antracnose em um ano agrícola não apresentou maior incidência associada à maior população de plantas. Além disso, observou-se maior incidência em anos com alta umidade sob temperatura moderada (PEREIRA, 1997; RESENDE et al., 2003; REIS et al., 2004).

Segundo os mesmos autores (2006), a incidência da podridão do colmo por *Stenocarpella* spp (*Diplodia*) em 2004 não apresentou diferença entre as populações. O estudo da dependência detectada revelou que híbrido mais precoce apresentou tal comportamento, relação direta, ou seja, aumento de população, aumento de doença. Esse resultado é concordante com publicação de Fancelli (2000) que sugere que híbridos precoces geralmente têm área foliar reduzida, aumentando assim a contribuição do colmo no suprimento de fotoassimilados para o enchimento de grãos e resultando em aumento das doenças do colmo, com consequente acamamento.

Esse resultado confere com aqueles obtidos por Sangoi et al. (2000) em estudo para avaliar a incidência e a severidade de doenças de quatro híbridos de milho cultivados com diferentes populações de plantas na safra de verão em Lages/SC. Naquele trabalho, constatou-se que o aumento da população de plantas resultou em incremento na incidência das doenças do colmo causadas por *F. verticillioides*, *C. graminicola* e *D. maydis*.

Trento (2002) relatou que, independente da rotação ou da monocultura, o aumento populacional determinou incremento na incidência das podridões do colmo e grãos ardidos.

Smith e White (1998) e Shurtlef (1992) também relataram em seus trabalhos que com o aumento das populações ocorre incremento das podridões de colmo e de espiga em milho.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo de campo foi conduzido na região de Abelardo Luz, SC, no período de 2005 a 2008. Foram realizados quatro experimentos com o objetivo de avaliar o efeito da adubação potássica e do tratamento de sementes na incidência das PBCs na cultura do milho e avaliar alguns efeitos fisiológicos e metabólicos.

As avaliações e quantificações de patologia, incidências em colmos foram realizadas no laboratório Quality Sementes de Abelardo Luz, SC, e a determinação de compostos fenólicos na Epagri Itajai, SC (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina). Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o teste F seguido do uso de técnicas de regressão linear e não linear.

Experimento 1

O ensaio foi conduzido num latossolo roxo com vários anos de cultivo agrícola, com as seguintes características: pH: 6,5, MO: 5,0%, P_2O_5 : 10cmol, K_2O : 190ppm, Ca: 6,0cmol, Mg: 3,5cmol. A cobertura antecessora foi aveia preta, onde foram avaliadas doses de potássio (0, 40, 80, 120 e 160kg.ha⁻¹ de K_2O), rendimento de grão e a incidência das PBCs na cultura do milho. O delineamento foi em blocos ao acaso, com quatro repetições constituídas de parcelas de 21,0m² (6,0 x 3,50m), utilizando o híbrido simples Pionner 30R50.

As parcelas foram constituídas de quatro linhas, sendo que as duas linhas centrais foram usadas para avaliação da intensidade das PBCs em milho e do rendimento de grãos. Foi utilizada uma semeadora adubadora de plantio direto, de quatro linhas, ajustada para distribuir 6,0 sementes por metro, com espaçamento entre linhas de 0,70m. Após a emergência, foi realizado o raleio para que a população final ficasse em torno 60.000 plantas.ha⁻¹.

A adubação do solo foi realizada conforme a recomendação do manual de adubação e de calagem (2004). Na adubação de semeadura foram usados 120kg.ha⁻¹ de P_2O_5 , utilizando supertríplo como fonte de fósforo e 32kg.ha⁻¹ de N, usando ureia como fonte de nitrogênio, com utilização da adubação potássica em

cobertura, usando o cloreto de potássio como fonte de K_2O (60% de K_2O), aplicando-o no estágio V2 conforme as doses correspondentes.

Na adubação de cobertura, foram aplicados $400kg.ha^{-1}$ de ureia, sendo distribuída manualmente no estágio V4. Na condução do ensaio, as práticas culturais foram realizadas de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do milho.

Avaliou-se o rendimento e, para quantificar a incidência das PBCs em milho, foi utilizada a metodologia desenvolvida por Reis et al. (1998), a qual consiste em pressionar com os dedos a base do colmo caso ocorra flexibilização do mesmo junto com os sintomas de descoloração, considerando-se a planta sintomática.

Experimento 2

Neste ensaio, o solo foi de classificação latossolo roxo, porém com algumas diferenças: pH: 6,0, MO: 5,0%, P_2O_5 : 6cmol, K_2O : 120ppm, Ca: 5,5cmol, Mg: 3,0cmol. A cobertura foi da antecessora aveia preta, onde foram aplicadas as mesmas doses de potássio (0, 40, 80, 120 e $160kg.ha^{-1}$ de K_2O).

Também, foram utilizadas as mesmas técnicas de semeadura no preparo dos tratamentos e avaliados o rendimento de grãos e a incidências de PBCs na cultura do milho. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, parcelas constituídas de $21,0m^2$ (6,0 x 3,50m), utilizando-se o híbrido simples superprecoce NK Sprint.

Para condução do ensaio, as práticas de manejo e metodologias de avaliação usadas foram as mesmas do Experimento 1.

Experimento 3

No experimento três, o local do ensaio não havia sido cultivado com soja, milho e/ou cereais de inverno. A área foi aberta com uma grade pesada e corrigida, semeando-se nabo forrageiro como cobertura. As características químicas do solo foram: pH: 5,2, MO: 3,5%, P_2O_5 : 2cmol, K_2O : 40ppm, Ca: 2,0cmol, Mg: 1,0cmol.

O objetivo foi avaliar o efeito de doses de potássio (0, 65, 97.5, 130, 162.5, $195kg.ha^{-1}$ de K_2O) no rendimento de grão e na incidência das PBCs em milho.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, parcelas constituídas de 21,0m² (6,0 x 3,50m), utilizando-se o híbrido simples AG 1560. A adubação do solo foi realizada conforme a recomendação do manual de adubação e de calagem (2004). Já a adubação de plantio foi de 90kg.ha⁻¹ de P₂O₅, usando como fonte o supertriplo (45% P₂O₅) mais 52,5kg.ha⁻¹ de K₂O, usando como fonte o cloreto de potássio (60% K₂O) e 30kg.ha⁻¹ de N. O restante da adubação potássica foi aplicado em cobertura no estágio V2, conforme as doses correspondentes, usando-se também o cloreto de potássio.

Na adubação de cobertura, aplicou-se 400kg.ha⁻¹ de ureia, sendo distribuída manualmente no estágio V4. Na condução do ensaio, as práticas culturais foram realizadas de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do milho (2007).

Avaliou-se, 20 dias após a maturação fisiológica, a incidência das PBCs em milho, utilizando-se a metodologia desenvolvida por Reis et al. (1998), coletando-se pedaços de colmo para avaliação do teor de compostos fenólicos, usando a metodologia desenvolvida por Deschamps et al. (2002), realizadas no laboratório da Epagri de Itajaí, SC. O método desenvolvido consiste na utilização de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) e feita a remoção das substâncias solúveis de baixa massa molecular, usando etanol 80% e o detergente neutro, determinando seus efeitos sobre a recuperação das moléculas e benefícios no perfil cromatográfico.

Para a obtenção dos ácidos fenólicos livres, as amostras foram solubilizadas em NaOH 1mol/L, 20°C por 24 horas. Para minimizar os efeitos negativos da formação de sal resultante da neutralização ácida do extrato alcalino, foi feita a diluição da amostra ou a injeção de pequeno volume (5µL) no aparelho.

Experimento 4

O experimento quatro foi conduzido em área ao lado do experimento 3, com algumas alterações. As características do solo do ensaio eram as mesmas, tanto na forma de preparo como nas características químicas de solo: pH: 5,2, MO: 3,5%, P₂O₅: 2cmol, K₂O: 40ppm, Ca: 2,0cmol, Mg: 1,0cmol.

O objetivo do ensaio foi avaliar o efeito do potássio, do tratamento de sementes no controle das podridões do colmo em milho em áreas que nunca foram

cultivadas a cultura. Foram estabelecidos os seguintes tratamentos: a) ausência de potássio mais semente tratada; b) ausência de potássio mais semente não tratada; c) potássio (cloreto de potássio 60% K_2O) mais semente tratada e d) potássio mais semente não tratada.

Foram avaliados o rendimento de grãos, a incidência das PBCs em milho e o teor de compostos fenólicos no tecido do colmo (ácido p.cumarico e ácido ferulico). O delineamento foi um fatorial de 2 x 2, com quatro repetições, sendo que as parcelas foram constituídas de 21,0m² (6,0 x 3,50m), utilizando-se o híbrido simples AG 1560. Foi realizada a análise sanitária das sementes antes da implantação do experimento, onde se constatou 55% de incidência de *F. verticillioides* e 31% de *Stenocarpella* spp (Figura 5).

A adubação do solo foi realizada conforme a recomendação do Manual de adubação e de calagem (2004), a adubação de semeadura foi de 90kg.ha⁻¹ de P_2O_5 , usando-se supertríplo como fonte e mais 97,5kg.ha⁻¹ de K_2O , sendo utilizado o cloreto de potássio como fonte, conforme a presença ou ausência dos mesmos nos tratamentos e 30kg.ha⁻¹ de N.

Na adubação de cobertura foram aplicados 400kg.ha⁻¹ de ureia distribuídos manualmente no estágio V4.



Figura 5. Teste de sanidade.

Na condução do ensaio, as práticas culturais foram realizadas de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do milho.

Foram isolados em meio de um quarto de BDA (batata-dextrose-ágar) pequenos fragmentos dos colmos para isolamento e verificação da frequência dos patógenos envolvidos no processo. Para quantificar os danos das PBCs em milho foi usada a metodologia desenvolvida por Reis et al. (1998).

O tratamento das sementes consistiu em usar um produto à base de carbendazim, de nome comercial (Derosal plus, 60ml.sc semente⁻¹) com 0,5% de água.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto ao efeito dos níveis de fertilidade de potássio, constataram-se diferentes situações. No experimento 1, onde avaliou-se o efeito (Tabela 1) de níveis de potássio em teores no solo mais elevado (190ppm), o incremento de potássio em cobertura, mesmo com dose de 560kg.ha⁻¹ para o híbrido Pioneer 30R50, não proporcionou aumentos relativos à testemunha, tanto no rendimento de grãos como em incidências das PBCs na cultura do milho.

Provavelmente, o efeito não significativo da aplicação de potássio em relação à testemunha se deveu aos tetos de rendimento ficarem em níveis menores, quando comparados com anos chuvosos, os quais proporcionam altos rendimentos.

Tabela 1. Efeito de doses de potássio (kg.ha⁻¹ de K₂O) na incidência (%) de podridões do colmo e no rendimento de grãos de milho no experimento 1.

Doses de potássio (kg.ha ⁻¹ de K ₂ O)	Incidência (%)	Rendimento (kg.ha ⁻¹)
0	19,7 ns	7.902,0 ns
40	18,7	7.721,0
80	15,5	7.129,0
120	21,0	7.561,0
160	15,0	7.230,0
Cv (%)	15,0	9,8

ns = não significativo.

O maior rendimento de grãos é diretamente proporcional à exigência de maiores quantidades de nutrientes, no caso potássio. Lembrando que, de uma forma geral, as gramíneas são altamente exigentes desse nutriente. Na cultura do milho, a necessidade de extração é de 25kg por tonelada de grão produzida (MANUAL DE ADUBAÇÃO E DE CALAGEM, 2004). Quando os tetos de rendimento apresentam níveis menos elevados, não se pode verificar a importância do potássio no controle das PBCs em milho e no seu rendimento.

Repetiram-se os mesmos tratamentos do ensaio do experimento 1, porém com o híbrido superprecoce NK Sprint no experimento 2, conforme a Tabela 2. As características de solo eram semelhantes, porém os níveis de potássio no solo eram menores que experimento 1.

As condições climáticas favoreceram o desenvolvimento da cultura nessa safra, ocorrendo maiores índices pluviométricos durante os períodos críticos, polinização e enchimento de grãos.

Tabela 2. Efeito de doses de potássio (kg.ha^{-1} de K_2O) na incidência (%) de podridões do colmo e no rendimento de grãos (kg.ha^{-1}) de milho no experimento 2.

Doses de potássio (kg.ha^{-1} de K_2O)	Incidência (%)	Rendimento (kg.ha^{-1})
0	3,7 ns	10.167,8 ns
40	7,5	10.910,8
80	8,5	10.707,0
120	5,5	10.840,3
160	8,2	10.287,5
Cv (%)	32,6	10,36

ns = não significativo.

Isso fez com que se obtivessem maiores rendimentos na faixa dos 10.000kg.ha^{-1} (Tabela 2), exigindo com que a cultura extraísse mais do solo, ocorrendo maior necessidade de translocação de nutrientes do colmo para a espiga. Teoria fonte e dreno de nutrientes ocorrido na fase de enchimento de grãos (KERBAUY, 2012).

Sendo assim, quando se cultiva milho em áreas com níveis de 120ppm (nível de suficiência na curva do Rollas), não se pode verificar o efeito do potássio tanto no rendimento como na incidência das PBCs em milho. Essa situação é chamada de consumo de luxo, onde diz que mesmo aumentando a concentração de potássio no solo a planta não responde, mesmo que aumente mais ainda sua disponibilidade.

Em solos com níveis altos de potássio a resposta à adubação potássica no rendimento relativo é mínima, concordando com o manual de adubação de calagem

(2004), o qual diz que, a partir do nível de suficiência, a resposta à adubação de potássio é mínima, o mesmo ocorrendo em relação à incidência das PBCs em milho.

Constata-se, assim, que em solos com altos teores de potássio, acima de 120ppm, não há respostas à adubação potássica, não sendo indicada como manejo de controle das PBCs em milho. Essa constatação discorda com vários autores que, de forma geral, seguem como regra o incremento de potássio (WHITE, 1999; SILVA 2007) que age em defesa da planta contra doenças.

O experimento 3 foi implantado numa área menos fértil que as dos estudos anteriores, onde os níveis de potássio foram de 40ppm, utilizando-se o híbrido AG 1560 como altamente exigente em termos de nutrição. Os resultados foram diferentes, concordando com os autores citados acima.

A resposta ao rendimento foi proporcional à adubação potássica (Figura 6), ocorrendo o inverso com a incidência das PBCs em milho (Figura 7), ou seja, quanto maior a dose de potássio, menor foi a incidência das PBCs em milho.e maior o rendimento, demonstrando uma correlação pelo coeficiente de Pearson 0,93 (Figura 8).

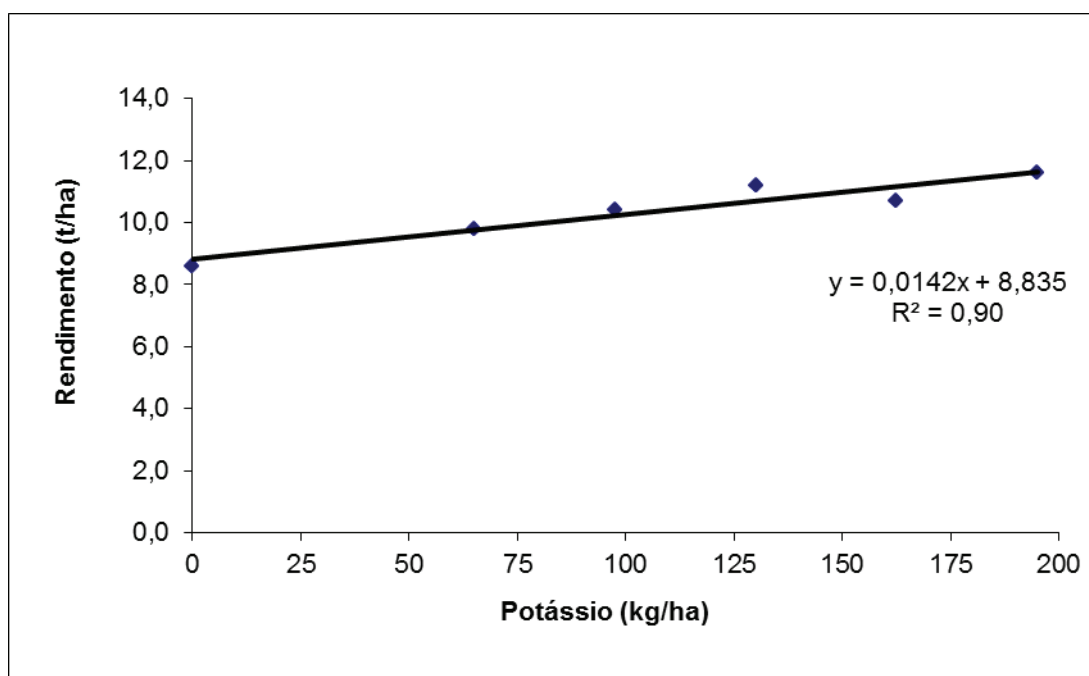


Figura 6. Relação entre doses de potássio e rendimento de grãos de milho.

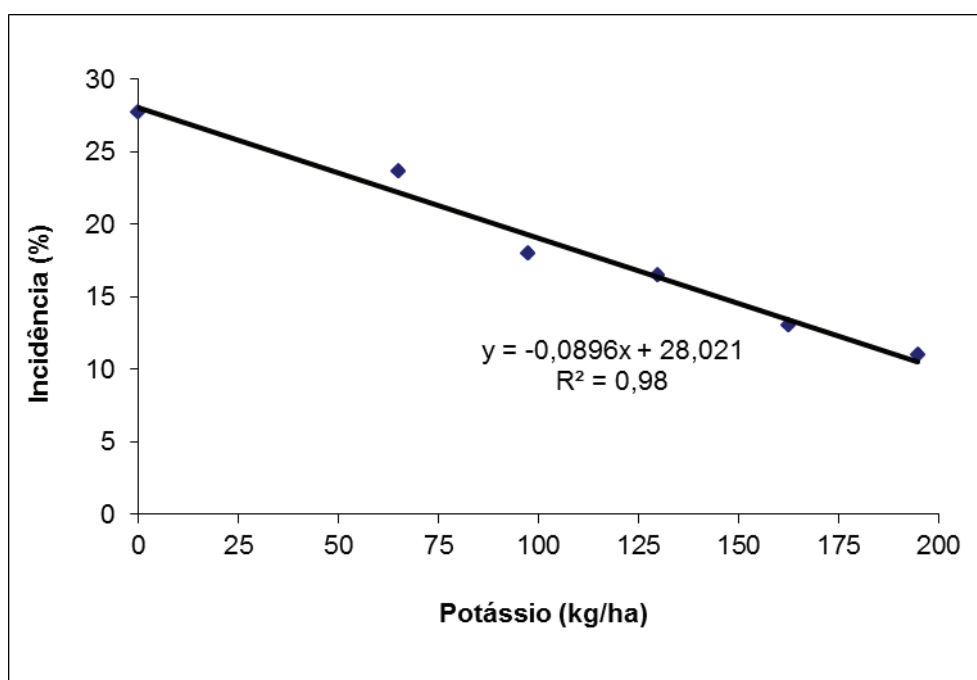


Figura 7. Relação entre incidência de podridão de colmo em milho em função de doses de potássio.

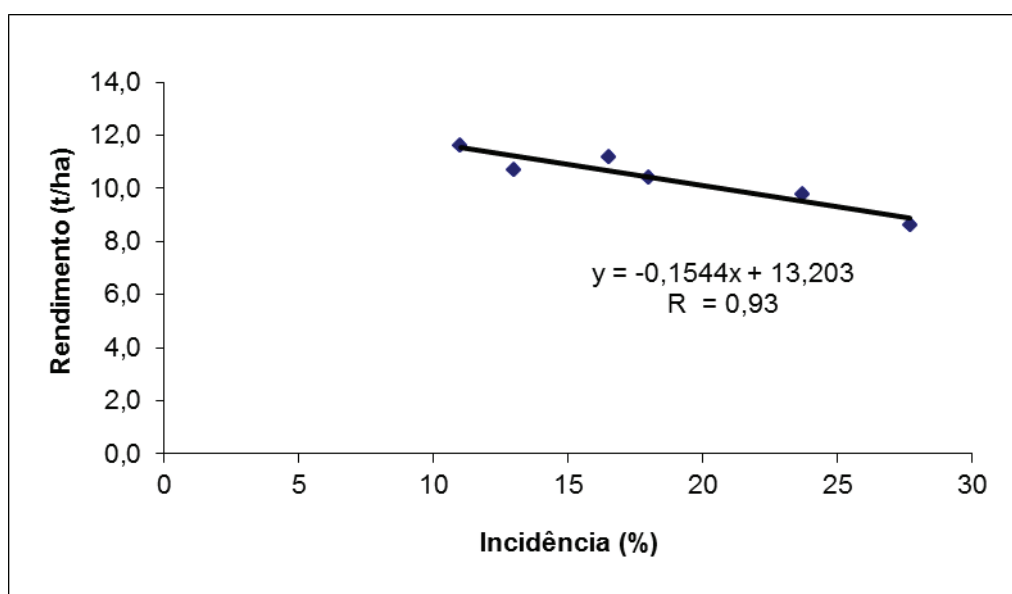


Figura 8. Correlação entre incidência de podridão de colmo em milho (%) e rendimento (t/ha).

Nos colmos de milho, pode-se verificar maior incidência dos agentes causais das PBCs, onde os mesmos estavam mais frágeis, de coloração pardo-amarelada e escuras, com sinais de presença dos agentes causais das PBCs. Dessa forma, pode-se verificar a importância do potássio no rendimento e manejo de controle das PBCs em milho.

As relações da aplicação de potássio com a incidência das PBCs e produtividade apresentou coeficiente de determinação superior a 0,85 com uma equação de 1º grau, significando um bom ajuste dos dados observados com os dados estimados pela equação.

O potássio pode interferir na resistência às doenças devido a sua função de transporte, ativação enzimática e nenhuma função estrutural (TAIZ e ZIGER, 2004). Assim, analisando os níveis de compostos fenólicos, principalmente do ácido fenólico p. cumárico (Figura 9), verificou-se que esse aumentou com o aumento dos níveis de potássio. Nesse sentido, Taiz et al. (2004) relatam que quando ocorre maior produção de ácido p-cumárico ocorre aumento da produção de álcool p-cumaril.

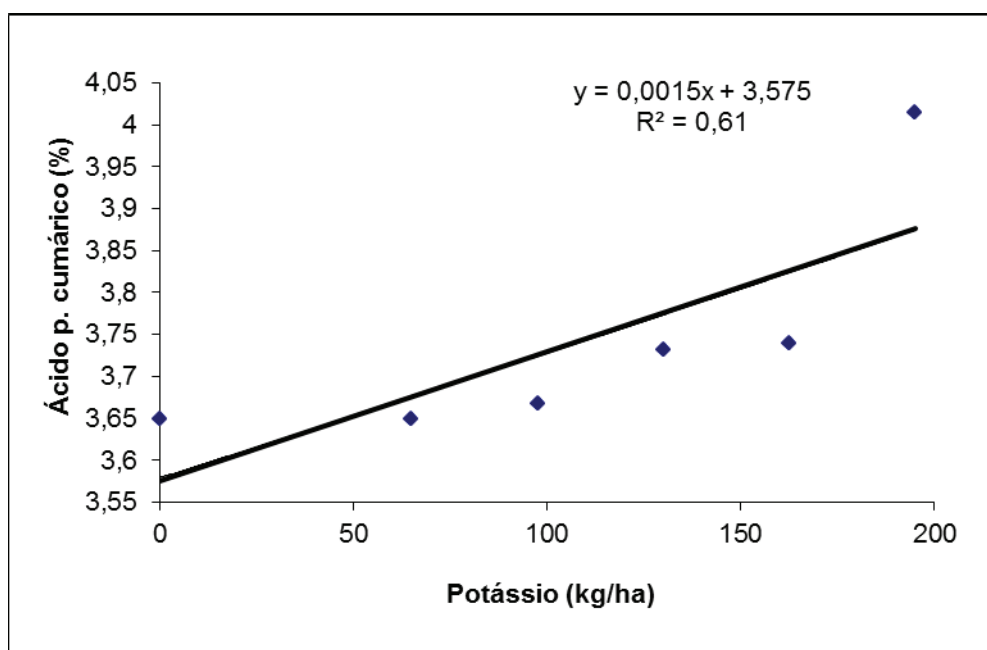


Figura 9. Relação entre concentração de ácido p. cumárico em colmos de milho em função de doses de potássio.

Em monocotiledôneas, isso faz com que ocorra, posteriormente, aumento da concentração de lignina na parede celular, aumentando a resistência da planta à infecção e colonização do patógeno. Já os níveis do ácido fenólico ferúlico não tiveram as mesmas proporções de aumento que o ácido p. cumárico.

Os níveis mantiveram-se estáveis, independente das doses de potássio (Figura 10). Porém, o ácido não está envolvido com processo na síntese de lignina. Assim, analisando a importância de cada um no controle de doenças, constata-se a

rota metabólica do ácido chiquímico citada por Graham et al. (1991). Portanto, pode-se assumir que o potássio está envolvido com o transporte de compostos nitrogenados. Por outro lado, Borys (1968) não menciona essa relação, e sim que irá fazer parte do ciclo metabólico do ácido chiquímico (GRAHAM, 1983), o qual está envolvido na síntese de fotoalexinas e compostos fenólicos. Isso pode ser a explicação para Foley e Wernham (1957) e Silva (2007), que relatam a relação K/N, no seu envolvimento das PBCs em milho. E porque não dizer, das relações do K com a resistência das doenças entre outras plantas. Exemplo disso são as podridões radiculares em soja, manchas foliares por *Alternaria* sp., murchas por *F. oxysporum* (MARSCHNER, 1986).

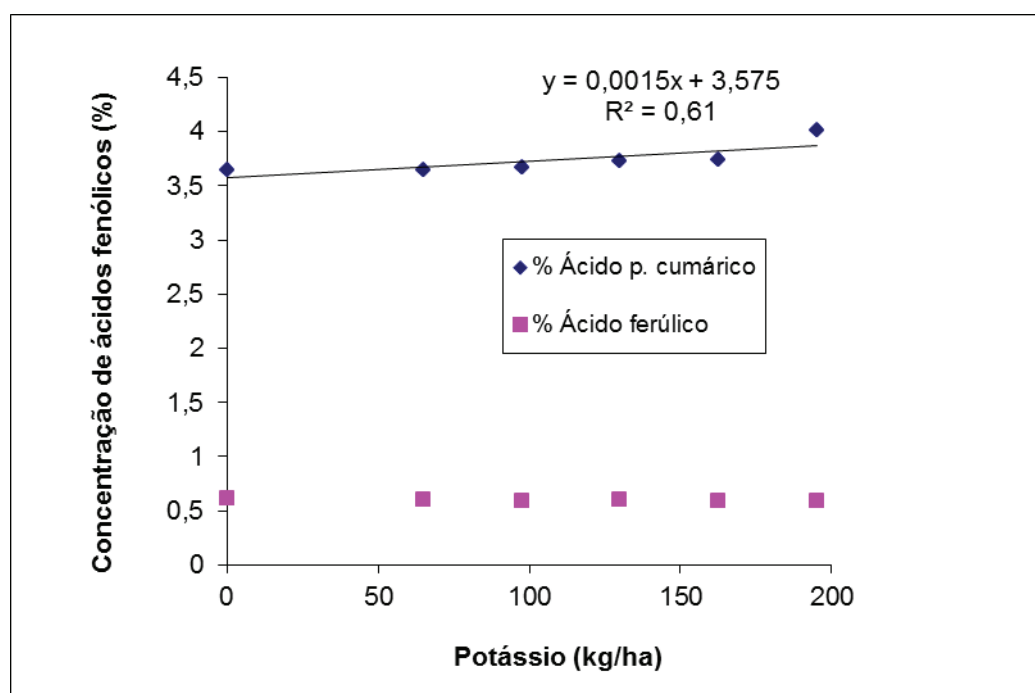


Figura 10. Relação entre concentração de ácido p. cumárico e ácido ferúlico em colmos de milho, em função de doses de potássio.

Yamada (2004) relaciona a rota do ácido chiquímico com efeito do glifosato, onde o mesmo faz com que ocorra a diminuição da síntese de compostos fenólicos, fazendo com que as plantas percam a resistência às doenças. Isso foi verificado principalmente em soja, com *Phytophthora* spp. aumentando a incidência de podridão radicular com aumento de doses de glifosato. Porém, isso aconteceu principalmente em situação de solos mais arenosos, onde a disponibilidade de potássio era menor.

Yamada salienta que o efeito é do glyfosato, entretanto ele relata que no sul do país é menos significativo, devido aos solos serem mais supridos de cálcio que no centro e no norte do Brasil. Dessa forma, podemos dizer que essa diferença pode ser explicada pela disponibilidade de potássio no solo e não do cálcio, e também que a rota do ácido chiquímico também é interferida pelo potássio e não só pelo glifosato, e em consequência na síntese de compostos fenólicos.

No experimento 4, buscando mais informações a respeito do comportamento do potássio no manejo das PBCs em milho, verificou-se primeiramente que, nos tratamentos com a presença de potássio, a incidência das PBCs em milho foi menor quando comparada com os tratamentos com sua ausência (Tabela 3). Além da menor incidência das PBCs, a presença de potássio fez com que se aumentasse o rendimento de milho.ha⁻¹ (Tabela 4). Também pode ser verificado que, nos tratamentos onde se utilizou o potássio aliado com o tratamento de sementes (Figura 11), a incidência das PBCs também diminuiu. Casa et al. (1995) e Casa et al. (1998) relatam a importância do uso de fungicidas e da qualidade do tratamento de sementes.

Tabela 3. Efeito do potássio e do tratamento de sementes na incidência do podridões de colmo em milho no experimento 4.

Tratamentos	Incidência de podridões de colmo (%)	
	Sem potássio	Com potássio
Semente tratada	38,7 a B	20,7 b B
Semente não tratada	44,5 a A	31,5 b A
CV (%)	24,0	

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas linhas e mesmas letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey 5 % de significância.

Nos tratamentos onde as sementes foram tratadas, 43% dos isolados (Figura 12) foram de *F. graminearum*, 17% *F. verticillioides* e 3% *Stenocarpella spp.* Onde não foram tratadas, 26% dos isolados foram de *F. graminearum*, 26% *F.*

verticillioides e 23% *Stenocarpella* spp. A forma de disseminação de *Stenocarpella* spp. pelos seus mecanismos de sobrevivência não permitem sua disseminação por vento e hospedeiros secundários, dificultando sua introdução em uma área nova.

Tabela 4. Efeito do potássio e do tratamento de sementes no rendimento de milho no experimento 4.

Tratamentos	Rendimento de grãos (kg.ha ⁻¹)	
	Sem potássio	Com potássio
Semente tratada	9.936 b B	11.727 a A
Semente não tratada	9.510 b B	10.688 a B
CV (%)	8,67	

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

Casa et al. (1997) comprovam os problemas de multiplicação de semente em áreas de monocultura pelas empresas, demonstrando a transmissão *Stenocarpella* spp. da semente para parte aérea. Também, Casa et al. (1998) realizaram levantamento em amostras de lotes de sementes em que apresentaram dados salientando os problemas de sanidade de sementes, onde a presença de *F. verticillioides*, seguida de *Stenocarpella* sp. teve uma frequência de 70% de aparecimento nos lotes analisados, o que justifica a preocupação do inóculo presente na semente. Isso indica que a fonte de inóculo seja provavelmente a semente e, pelos dados anteriormente citados, nas sementes não tratadas, as incidências de diplodia nos colmos foi significativamente maior que os das sementes tratadas.

Em relação à presença de *Stenocarpella* spp. nas plantas das sementes tratadas isso pode ser explicado pela deficiência do processo de tratamento de sementes com subdosagem de produto, como salientam Platzen (2009) e Smith e White (1988).

Salienta-se que, para o manejo das PBCs em milho, além dos níveis de potássio no solo, deve-se ter o cuidado com a sanidade das sementes a serem utilizadas, ratificando as constatações de Denti e Reis (2001) e Lucca-Filho e Farias (2012).



A



Figura 11. Colmos de milho assintomáticos (A) e colmos sintomáticos de podridões de colmo em milho (B)



Figura 12. Colônias de *Fusarium graminearum* isoladas de colmos de milho.

5. CONCLUSÕES

Com base nas condições em que foram realizados os estudos e dos resultados obtidos, chega-se às seguintes conclusões:

- 1- A aplicação de potássio em solos com baixos teores desse nutriente aumenta a tolerância das podridões da base do colmo em milho;
- 2- O potássio aumenta a concentração de ácidos fenólicos, proporcionando maior tolerância das podridões da base do colmo em milho;
- 3- O tratamento de sementes diminui a incidência das podridões da base do colmo em milho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXOPOULOS, C. J., MIMS, C. W., BLACKWEL, M. **Introductory mycology**. New York. Jhon Willey & Sons. 1996. 4 Edition. 869 p.

BALMER, E. Doenças em milho. In: Galli, F. (Ed). **Manual de fitopatologia: Doenças de plantas cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. v. 2, p. 595-634.

BENSCH, M. J., VAN STANDEN, J. Ultrastutural histopathology of infection and colonization of maize by *Stenocarpella maydis* (= *Diplodia maydis*), **Journal of Phytopathology**. v. 136, p. 312 – 318. 1992.

BERGSTRON, G. C., NICHOLSON, R. L. The biology of corn anthracnose. **Plant Disease**. v. 83, p. 596 – 608. 1999.

BOOTH, C. The genus *Fusarium*. **Kew Commonwealth Mycological institute**. 237 p. 1971.

BROWNE, C. A. A source book of agricultural chemistry. **Chronica Botanica**. V 8: 1-290p. 1943.

CASA, R. T., REIS, E. M., MEDEIROS, C. A. Efeito do tratamento de sementes de milho com fungicidas na proteção de fungos de solo, no Rio Grande do Sul. **Fitopatologia Brasileira**. v. 20. p. 633-638. 1995.

CASA, R.T. *Diplodia maydis* e *Diplodia macrospora* na semente de milho (**Dissertação de Mestrado**). Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa. 1997.

CASA, R.T., REIS, E. M., ZAMBOLIM, L. Decomposição dos restos culturais do milho e sobrevivência saprofítica de *Stenocarpella maydis* e *S. macrospora*. **Fitopatologia Brasileira**. v. 28, p. 355 – 361. 2003.

CASA, R.T., REIS, E. M., ZAMBOLIM, L. Transmissão e controle de diplodia em sementes de milho. **Fitopatologia Brasileira**. v. 23, p. 436-441. 1998.

COSTA NETO, J. P. Lista de fungos sobre gramineas (capins e cereais) no Rio Grande do Sul. **Revista da Faculdade de Agronomia (UFRGS)**. v. 1, p. 43 – 78. 1976.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, terceiro levantamento, dezembro 2012** / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília : Conab, 2012. Publicação mensal.

COTTEN, T. K., MUNKVOLD, G. P. Survival of *Fusarium moniliforme*, *F. proliferatum*, and *F. subglutinans* in maize stalk residue. **Phytopathology**. v. 88, p. 550 – 555. 1998.

DEACON, J. M. **Introducion a la micologia moderna**. México. Limusa. 1988.

DEACON, J. W.; BERRY, L. A. Biocontrol of soil-borne plant pathogens: concepts and their application. **Pesticide Science**. v. 37. p. 417 – 426. 1993.

DENTI, E. A., REIS, E. M. Efeito da rotação de culturas, da monocultura e da densidade de semeadura de plantas na incidência das podridões da base do colmo e no rendimento de grãos do milho. **Fitopatologia Brasileira**. v. 26, p. 635 – 639. 2001.

DENTI, E. A., REIS, E. M. Levantamento de fungos associados às podridões do colmo e quantificação de danos em lavouras de milho do Planalto Médio Gaúcho e Campos Gerais. **Fitopatologia Brasileira**. v. 28, p. 585-590. 2003.

DENTI, E., TRENTON, S.; REIS, E.M. Incidência, frequência e danos por fungos envolvidos com as podridões da base do colmo do milho em 1997/98, nas regiões do Planalto Médio Gaúcho (RS) e Guarapuava (PR). **Fitopatologia Brasileira**, v. 24, p. 279, 1999.

DESCHAMPS, F. C. RAMOS, L. P. Métodos para determinação de ácidos fenólicos na parede celular de forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v 31, n. 4, p. 1634, 2002.

FANCELLI, A. L. Influência do desfolhamento no desempenho de plantas e de sementes de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba. ESALQ/USP. 172 p. 1988. (**Tese de Doutorado**).

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. São Paulo: Livraria e Editora Agropecuária. 205 p.2000.

FLETT, B.C., WEHNER, F.C; SMITH, M.F. Relationship between maize stubble placement in soil and survival of *Stenocarpella maydis* (*Diplodia maydis*). **Journal of Phytopathology**, v. 134, p. 33-38, 1992.

FOLEY, D. C.; WEMHAN, C. C. The effect of fertilizers on stalk rot of corn in Pennsylvania. **Phytopathology**. v. 47, p. 11-12. 1957.

FONTOURA, D; STANGARLIN, J. R; TRAUTMANN, R. R. Influência da população na incidência de doenças de colmo em híbridos de milho na safrinha. **Acta Sci. Agron**. Maringá. v. 28. p. 545-551. 2006.

FRANÇA, G.E. Comportamento de cultivares de milho sob irrigação com diferentes densidades de plantio e doses de nitrogênio. In: **CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO**, 1990, Vitória. *Anais...* Vitória: Embrapa, 1990. p. 106.

GRAHAN, R. D. Effects of nutrient stress on susceptibility of plants to disease with particular reference to the trace elements. **Advances in Botanical Research**. v.10, p. 221-276. 1983.

HUBER, D. M.; DORICH, R. A. Effect of nitrogen fertility on take-all disease of wheat. **Down to earth**, v. 44, p. 12-17, 1988.

HUBER, D., WATSON, R. D. Nitrogen form and plant disease. *Ann. Rev. Phytopathology*. v. 12. p. 139-165. 1974.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2 ed. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, 2012.

LUCCA F^o, O.A. & FARIAS, C.R.J. In: Peske, S.T.; Villela, F.A. & Meneguello, G. E. in: Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos. 573 pp, 2012

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. San Diego. **Academic Press**. 1986. 674 p.

MCGEE, D.C. Maize diseases. A reference source for seed technologists. **American Phytopathological Society**, St Paul, MN. 1988.

MANUAL DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA OS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Comissão Química e Fertilidade do Solo. 10 ed. Porto Alegre, 2004.

MENEZES, M. **Fungos Fitopatogênicos**. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 1993. 277 p.

MENGEL, K., KIRBY E. A. **Principles of Plant Nutrition**. 5 ed. Dordrecht Kluwer Academic. 2001. 849 p.

MICHAELSOM, M. E., CHRISTENSEN, J. J. Reduction in yield of corn due to stalk rot. *Phytopathology*. v. 43, p. 479. 1953.

MUNKVOLD, G. P., CARLTON, W. N. Influence of inoculation method on systemic *Fusarium moniliforme* infection of maize plants grown from infected seeds. *Plant Disease*. v. 81. p. 211-216. 1997.

NAZARENO, N. R. X. Avaliação de perdas por podridões do colmo em milho (*Zea mays* L.) no estado do Paraná. *Fitopatologia Brasileira*. v. 14, p. 82 -84. 1989.

PADILHA, J. L. R., OCAMPO, E. S. R. & PINEDA, A. C. L. Estimacion de las perdidas provocadas por la producion de la mazorca de maiz en Taulabe, **Comayagua. Ceiba** 3. p. 9-14. 1990.

PEREIRA FILHO, I.A.; CRUZ, J.C. Plantio, espaçamento, densidade e quantidade de sementes. 2003. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/milho>>. Acesso em: 20/05/2008.

PEREIRA, O. A. P. Tratamento de sementes em milho. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DE SEMENTES**, 2 Campinas, SP. Produção de sementes sadias; inspeção de campo e tratamento de sementes. Campinas, SP. Fundação Cargill, 1986. p. 145-148.

PEREIRA, O.A.P. Doenças do milho (*Zea mays* L.). In: KIMATI, H., AMORIM, L., BERGAMIM FLHO, A., CAMARGO, L. E. A. REZENDE, J. A. M. (eds). **Manual de Fitopatologia**. Vol. 2: Doenças de Plantas Cultivadas. 3. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, p. 538-555. 1997.

PINTO, N.F.J.A. **Patologia de sementes de milho**. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 1998. 44p. (Circular Técnica, Embrapa-CNPMS,29).

REIS, E. M. **Doenças em trigo III**. 2 ed. Revista e Ampliada. São Paulo, 1988. 13 p.

REIS, E. M., DENTI, E.A., TRENTI, S.M., CASA,R.T; SEVERO, R. Método para quantificar os danos no rendimento de grãos causados pelas podridões da base do colmo do milho. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, p. 300, 1998 (Resumo).

REIS, E. M; CASA, R. T; BRESOLIN, A. C. R; **Manual de diagnose e controle de doenças do milho**. 2. ed. Lages: Graphel, 2004. 144p.

REIS, E. M. **Manual de identificação e de quantificação de doenças do trigo**. Agroalpha, Passo Fundo: 1994, p. 59.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; FORCELINI, C. A. Doenças do trigo. *In*: KIMATI et al. **Manual de Fitopatologia: Doenças de plantas cultivadas**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995, p. 725-736.

REIS, E.M; CASA, R.T. **Manual de identificação e controle de doenças de milho**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 80p.

REIS. E. M; CASA, R.T. **Controle de doenças fúngicas na cultura do milho, em plantio direto, no sul do Brasil**. *In*: Borges. G. & Borges. L.D. (eds). Seminário sobre tecnologia de produção e comercialização do milho, 2000. Passo Fundo, RS. Resumo de Palestras. Editora Aldeia Norte, Passo Fundo, RS. 2000. P.62-71.

REIS, E.M; DANELLI, A. **Ciclos das podridões da base do colmo em milho. Dados não publicados**. Passo Fundo, 2009.

RESENDE, S.G. Influência do espaçamento entre linhas e da densidade de plantio no desempenho de cultivares de milho. **Rev. Bras. Milho e Sorgo**. Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 34-42, 2003.

SANGOI, L; Ender, M.; Guidolin, A.F.; Bogo, A.; Kothe, D.M. Incidência e severidade de doenças de quatro híbridos de milho cultivados com diferentes densidades de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 17-21, 2000.

SHURTLEFF, M. C. Compendium of corn diseases. **American Phytopathological Society. APS Press**. Minnesota, USA, 105 p. 1992.

SILVA et al. Manejo **integrado de doenças na cultura do milho de safrinha**. *In*: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA. 2001, Londrina: Iapar, 2001.

SILVA, O. C; SCHIPANSKI, C. A. **Manual de identificação e manejo das doenças do milho**. 2 ed. Castro:Kugler. 116 p. 2007.

SÍNTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA. FLORIANÓPOLIS EPAGRI/CEPA. 2008.

SMITH, D. R.; WHITE, D.G. Disease of corn. In: Sprague, G.F & Dudley, Y.W. (Eds). **Corn and Corn Improvement**. 3. Ed. Madison:[s.n.], 1988. p. 687-766. (Agronomy monograph, 18).

SPRAGUE, G.; DUDLEY, J.W. **Corn and Corn Improvement**. 3. ed. Madison: Wisconsin. 1988. 650 p.

SUTTON, B. C. The coelomycetes. Kew, Surrey. England: **Commnwelth Mycological Institute**, 1980. 696 p.

SUTTON, B. C.; WATERSTON, J. M. **Diplodia macrospora**. London: C. M. I., 1966a. Não paginado. (C. M. I. Descriptions of pathogens fungi and bactéria, 83).

SUTTON, B. C.; WATERSTON, J. M. **Diplodia maydis**. London: C. M. I., 1966b. Não paginado. (C. M. I. Descriptions of pathogens fungi and bactéria, 84).

TARR, S.A.J. Diseases of sorghum, sudan grass and broom corn. **The Common Wealth Mycological Institute**. Kew. 1962. 380 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre. 2004. 719 p.

TRENTO, S. M.; IRGANG, H. H.; REIS, E. M. Efeito da rotação de culturas da monocultura e da densidade de plantas na incidência de grãos ardidos em milho. **Fitopatologia Brasileira**. v 27. p. 609-613. 2002.

ULLSTRUP, A J. Observations on two ephiphytotics of *Diplodia* ear root of corn in Indiana. **Plant Disease**, v. 48, p. 414-415, 1964.

WHITE, D. G. Compedium of corn diseases. Third edition. **The Americam Phytopathological Society**. APS Press. 78 p. 1999.

YAMADA, T. **Informações agronômicas**. Numero 108. 2004. Piracicaba-SP.

ZAMBOLIM, L.; COSTA, H.; VALE, F. X. R. Nutrição mineral e patógenos radiculares. In: **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Sami, J. M.; Domingos, E. G. T. Andrade, M. M. Recife. UFRPE, Imprensa Universitária. 398 p. 2005.

ZAMBOLIM, L.; Vale, F. X. R.; COSTA, H. **Controle integrado de doenças de hortaliças**. Viçosa: UFV, Universidade federal de Viçosa. 1997.