

EFEITO DA ROTAÇÃO DE CULTURAS, DA MONOCULTURA E DA DENSIDADE DE PLANTAS NA INCIDÊNCIA DE GRÃOS ARDIDOS EM MILHO*

SIMONE M. TRENTO**, HELBER H. IRGANG*** & ERLEI M. REIS

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Cx. Postal 611, CEP 99001-970, Passo Fundo, RS, e-mail: trento@upf.tche.br

(Aceito para publicação em 10/09/2002)

Autor para correspondência: Simone Mari Trento

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

RESUMO

Neste trabalho, avaliou-se o efeito de sistemas de rotação de culturas, de monocultura e de densidade de plantas na incidência de grãos ardidos em milho (*Zea mays*). A quantificação da incidência de grãos ardidos foi determinada pelo método de separação visual de grãos com sintomas de descoloração, causada pela infecção por fungos na lavoura. A maior incidência de grãos ardidos ocorreu em monocultura, com média de 10,02%, enquanto sob rotação de

culturas esta foi de 4,81%. A incidência de grãos ardidos foi maior à medida que a densidade de plantas aumentou para os dois sistemas. Os principais fungos isolados dos grãos de milho nos sistemas de rotação e monocultura foram *Cephalosporium* spp., *Diplodia* spp., *Fusarium graminearum*, *F. moniliforme* e *F. subglutinans*.

Palavras-chave adicionais: dano, sistema de cultivo, podridão da espiga.

ABSTRACT

Effect of crop rotation, monoculture and plant density on the incidence of rot corn grains

The effect of crop rotation, monoculture, and plant density on the incidence of injured corn (*Zea mays*) grains was evaluated in this work. Visual separation of grains showing symptoms of discoloration caused by fungi in the field was used to quantify the incidence. The highest incidence of injured grains, an average of 10.02% was found in continuous cropping

system, while in the crop rotation system the incidence average was 4.81%. The incidence of injured grains was highest in both systems as plant density increased. The main fungi isolated from corn grains in crop rotation and monoculture were *Cephalosporium* spp., *Diplodia* spp., *Fusarium graminearum*, *F. moniliforme* and *F. subglutinans*.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um dos cereais mais cultivados no mundo, sendo importante para a alimentação humana e animal. Tanto o produto como os subprodutos apresentam grande importância na balança comercial de vários países.

No período de 1995 a 1999, o Brasil cultivou uma área aproximada de 13,4 milhões de hectares e rendimento médio de 2.583 kg/ha. No Rio Grande do Sul a área colhida foi de 1,52 milhões de hectares e produtividade média de 2.511 kg/ha. A produtividade média de milho no Brasil e no estado tem-se mostrado relativamente baixa quando comparada com países como Estados Unidos e Argentina, que produzem 7.521 e 4.220 kg/ha, respectivamente (Recomendações, 1999).

Uma das causas da baixa produtividade e da baixa qualidade dos grãos está relacionada à ocorrência de doenças, aliada às condições climáticas e às práticas culturais. As

podridões da espiga (PEs), que originam os grãos ardidos, caracterizados por sintomas de descoloração devida à infecção de fungos, são as principais responsáveis pela baixa qualidade dos grãos, especialmente na região Sul, onde as condições climáticas são favoráveis ao desenvolvimento da doença (Pereira, 1995).

A qualidade dos grãos é alterada direta ou indiretamente quando os grãos são infetados por fungos, devido à produção de micotoxinas, que ocasionam danos à saúde humana e animal em razão da atividade tóxica que podem exercer sobre o organismo (Marasas *et al.*, 1984).

Entre as doenças que interferem na qualidade do grão, destacam-se a podridão-branca, causada por *Diplodia maydis* (Berk.) Sutton e *D. macrospora* Sutton; a podridão-rosada da base da espiga e de grãos, causada por *Fusarium moniliforme* J. Sheld, *F. subglutinans* (Wollenweb & Reinking) P.E. Nelson, T.A. Toussoun & Marasas, e a podridão-vermelha da ponta, causada por *F. graminearum* Scwabe (Shurtleff, 1992).

A incidência desses fungos nos grãos normalmente ocorre pela infecção da espiga sendo favorecida por clima úmido e quente na fase de polonização, mau empalhamento

*Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor. Universidade de Passo Fundo. (2000).

** Bolsista da CAPES

***Acadêmico do Curso de Agronomia

e por injúrias causadas por insetos nas espigas (Shurtleff, 1992; Reid *et al.*, 1996). Segundo Agrios (1988), a utilização de populações elevadas de plantas, aliada a desequilíbrios nutricionais e à suscetibilidade dos genótipos, contribui para o aumento da incidência das PEs e de grãos ardidos. Além desses fatores, a intensidade das podridões da espiga é aumentada quando se pratica a monocultura principalmente se associada à prática do plantio direto (Flett & Wehner 1991; Reis & Casa, 1996).

Entre as medidas de controle utilizadas, práticas simples, como rotação de culturas e manejo adequado da população de plantas, podem ser consideradas opções econômicas e eficientes para minimizar os danos causados pelas PEs e, conseqüentemente, a incidência de grãos ardidos.

O objetivo deste trabalho foi determinar o efeito da rotação de culturas, da monocultura e da densidade de plantas na ocorrência de grãos ardidos, bem como identificar os fungos causadores de PEs, em milho.

MATERIAL E MÉTODOS

Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos se constituíram de cinco densidades de plantio, sendo: 30, 40, 50, 60 e 70 mil plantas/ha. As unidades experimentais constituíram-se de parcelas de quatro linhas de 5 m e espaçamento de 0,80 m entre linhas, num total de 20 parcelas para cada sistema de cultivo de rotação e de monocultura.

Instalação do experimento

O experimento foi conduzido no campo experimental da FAMV-UPF, localizado em Passo Fundo, RS, com altitude aproximada de 700 m acima do nível do mar e solo caracterizado como latossolo vermelho escuro distrófico (Brasil, 1973). Foi semeado o híbrido comercial Pioneer 3071 em área de lavoura com rotação de cultura cultivada no verão anterior com soja (*Glycine max* L.) e, no inverno, com azevém (*Lolium multiflorum* Lam) e em área de monocultura de milho. A semeadura foi realizada nos dias 11 e 12 de outubro de 1998, utilizando-se equipamento manual de semeadura com duas a três sementes por sulco. As sementes foram tratadas com fungicida Tecto 100 (tiabendazole 40 g de i. a + captam 120 g de i.a /100 kg de sementes) e inseticida Semevin (Tiodicarb 300 g.i.a/l) na dose de 2 l/100 kg de sementes. O desbaste foi realizado aos 20 dias após emergência das plântulas. A adubação foi realizada com 300 kg/ha da fórmula 05-25-25 (N-P-K), depositada no sulco de semeadura. Na adubação de cobertura, utilizaram-se 200 kg/ha de uréia em duas aplicações, aos 30 e 45 dias após semeadura. O controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda* Smith) foi realizado com inseticida e o controle das invasoras foi realizado com capina manual.

Incidência de grãos ardidos

Realizou-se a colheita manual das espigas das duas

linhas centrais das parcelas quando as plantas estavam no estádio (11) de maturação fisiológica (Nel & Smit, 1978) adaptada por Fancelli *et al.* (1996), estando os grãos com umidade média de 19%. Em casa de vegetação, as espigas foram secas até 15% de umidade. No laboratório, as amostras foram trilhadas, tendo sido determinados o peso total, a umidade e o peso de 1000 grãos. A incidência de grãos ardidos foi determinada conforme critério estabelecido na portaria nº11, de 12/04/96 (Brasil, 1996). O método consistiu na separação visual e na determinação da porcentagem de grãos com sintomas de descoloração em mais de um quarto da sua superfície total, a partir de uma amostra de 250 g por parcela.

Identificação dos agentes causais

Para determinação da incidência das espécies de fungos, 100 grãos de cada parcela foram desinfestados com álcool a 70% por 1 min; em seguida, com hipoclorito de sódio a 2%, durante 2 min e, posteriormente, enxaguados em água destilada e esterilizada. Em placa de Petri, contendo meio de cultura um quarto BSA + A (50 g de batata, 5 g de sacarose e 20 g ágar + 500 ppm cloranfenicol), os grãos de cada amostra foram distribuídos num arranjo experimental constituído de quatro repetições de cinco placas com cinco grãos cada, totalizando 20 placas por amostra. As placas foram mantidas em câmara climatizada em temperatura de, aproximadamente, 25 ± 2 °C, com fotoperíodo de 12 h, durante sete dias. A identificação dos fungos presentes nos grãos foi realizada através de lupa estereoscópica e microscópio ótico, confirmando-se a espécie através do método de isolamento monospórico proposto por Booth (1971). Os resultados foram expressos em porcentagem de sementes infetadas por fungos para cada amostra.

Análise estatística

Os resultados da incidência de grãos ardidos nos dois sistemas de cultivo foram submetidos à análise de variância. Os resultados das médias foram comparados pelo teste Tukey a 5% de probabilidade e utilizando o programa computacional Statistica e Excel. Os resultados da incidência de fungos foram submetidos à análise de variância, sendo os dados transformados em $\log x + 10$, por não apresentarem distribuição normal, verificado pelo teste de Lilliefors. As médias foram comparadas pelo teste F a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa computacional SISVAR (Sistema para Análise da Variância).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados (Figura 1), pode-se observar efeito da densidade de plantas na incidência de grãos ardidos, nos sistemas de rotação e monocultura. Dos tratamentos analisados, observou-se que à medida que se aumentou a densidade de plantas houve também um aumento na incidência de fungos tanto em lavouras conduzidas em sistema de monocultura quanto em rotação de culturas. Observou-se também que as incidências de PEs e de grãos

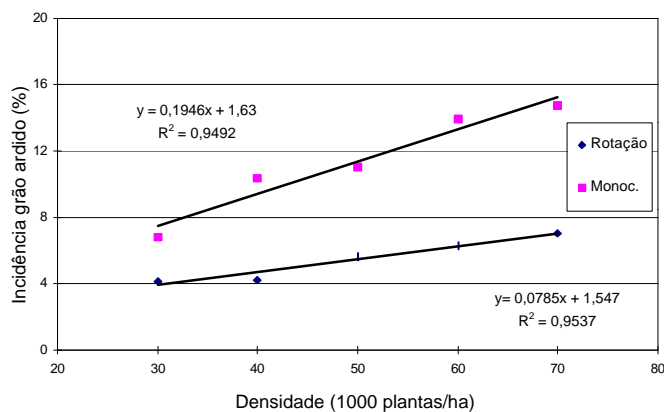


FIG. 1 - Efeito da densidade de plantas de milho (*Zea mays*) na incidência de grãos ardidos em sistemas de rotação e de monocultura

ardidos foram maiores em lavouras conduzidas em sistema de monocultura, quando comparadas com a rotação de culturas. A presença de colmos e de espigas infetadas remanescentes na superfície do solo de um ano agrícola para outro, como ocorrido na monocultura, pode ter servido como fonte de inóculo contribuindo para o aumento da incidência de grãos ardidos nesse sistema (Mora & Moreno, 1984). Segundo Reis & Casa (1996), a presença dos restos culturais infetados na superfície do solo e o posicionamento da palha no plantio direto tornam sua decomposição mais lenta, aumentando o período de sobrevivência dos patógenos necrotróficos durante a fase saprofítica. O milho sob monocultura emerge entre os restos culturais infetados; por isso, as doenças como as PEs são mais severas sob monocultura e plantio direto.

A população de plantas também pode ser considerada um fator importante na incidência das podridões da espiga, tanto pelo aumento da incidência das podridões do colmo em populações de plantas muito elevadas (Reis & Casa, 1996) quanto pela competição entre as plantas. Agrios (1988) cita a alta densidade de plantas, os altos níveis de nitrogênio e os baixos níveis de potássio como fatores que indicam maior suscetibilidade aos patógenos causadores de PEs, principalmente de *Fusarium* sp.

As taxas de crescimento das PEs e de grãos ardidos apresentaram diferença estatisticamente significativa ($P=0,0075$) para os dois sistemas pelo teste *t*. Provavelmente, a disponibilidade do inóculo dos fungos envolvidos *F. moniliforme*, *F. subglutinans*, *F. graminearum* e *Diplodia* spp. seja maior no sistema de monocultura, uma vez que esses fungos sobrevivem saprofiticamente nos restos culturais.

O aumento da incidência de PEs à medida que aumentou a população de plantas também foi observado por Blum *et al.* (1998), os quais verificaram um acréscimo de 5% na incidência de grãos ardidos quando a população de plantas aumentou de 50 para 70 mil plantas/ha. A utilização de populações elevadas de plantas, aumenta a competição das

mesmas por água, nutrientes e luminosidade, o que aumenta a sua vulnerabilidade ao ataque de patógenos. Por outro lado, o aumento da densidade de plantas resultou em ganhos de produtividade (Figura 2) nos dois sistemas de cultivo. Verifica-se que, os ganhos pelo aumento da produtividade são maiores que as perdas ocasionadas pelo aumento da incidência de grãos ardidos.

Quanto ao efeito da densidade de plantas na incidência de fungo (Figura 3), a maior incidência de *Diplodia* spp. foi na densidade de 40 mil plantas/ha, e *F. graminearum* na densidade de 70 mil plantas, nos dois sistemas. *Fusarium moniliforme* apresentou a maior incidência na densidade de 50 mil plantas/ha na monocultura e 70 mil plantas/ha na rotação de culturas, enquanto *Cephalosporium* spp. apresentou a maior incidência na densidade de 30 mil plantas/ha em monocultura e 60 mil plantas/ha em rotação de culturas, verificando-se o comportamento diferenciado de cada fungo em função das diferenças na densidade de plantas bem como nos sistemas de cultivo. Diferenças significativas foram observadas pelo teste F ($P \leq 0,05$), entre os dois sistemas de cultivo, quanto à incidência dos principais fungos causadores de PEs, exceto em relação a *F. graminearum* (Tabela 1). No sistema de rotação de culturas, as maiores incidências foram observadas para o fungo *Cephalosporium* spp. (16,97%), seguido de *F. moniliforme* (4,16%) e *F. subglutinans* (1,78%). Entretanto, no sistema de monocultura, as maiores incidências foram observadas para *F. moniliforme* (25,32%), seguido de *Cephalosporium* spp. (9,54%) e *F. subglutinans* (6,86%). Outras espécies de fungos, como *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Nigrospora* spp., *Trichoderma* spp., *Colletotrichum graminicola* (Ces.) Wils. e *Bipolaris zeicola* (Staut) Subram & Jain, foram observadas em ambos os sistemas em menores proporções, conforme também relatado por outros autores (Balmer & Pereira, 1987).

A menor incidência de *F. graminearum*, em relação aos demais patógenos identificados, nos dois sistemas (Tabela 1), pode ser explicada pelo baixo índice de precipitação pluvial ocorrido durante o período entre os estádios de florescimento e o início de desenvolvimento dos grãos (191 mm novembro e dezembro). Segundo Miller (1994) citado por Reid *et al.* (1999), *F. graminearum* requer períodos de altas temperaturas e umidade contínua durante os estádios de floração e início do desenvolvimento de grãos, condições essas não ocorridas durante esse período. A maior incidência observada no sistema de monocultura para *F. moniliforme*, *F. subglutinans*, *F. graminearum* e *Diplodia* spp. pode ser atribuída à principal fonte de inóculo dessas espécies, constituída de restos culturais infetados da cultura do milho, remanescentes na superfície do solo de um ano para outro (Smith & White, 1988; Reis & Casa, 1996; Cotten & Munkvold, 1998). Outra possibilidade sugerida para a alta incidência de *F. moniliforme* observada nos dois sistemas pode ser a competição exercida por esse fungo sobre *F. graminearum* (Wicklów *et al.*, 1988), sobre *F. subglutinans* (Reedher *et al.* apud Reid, 1999), e por King (1981) com relação a *Cephalosporium* spp.

A elevada incidência de *F. moniliforme* em grãos de

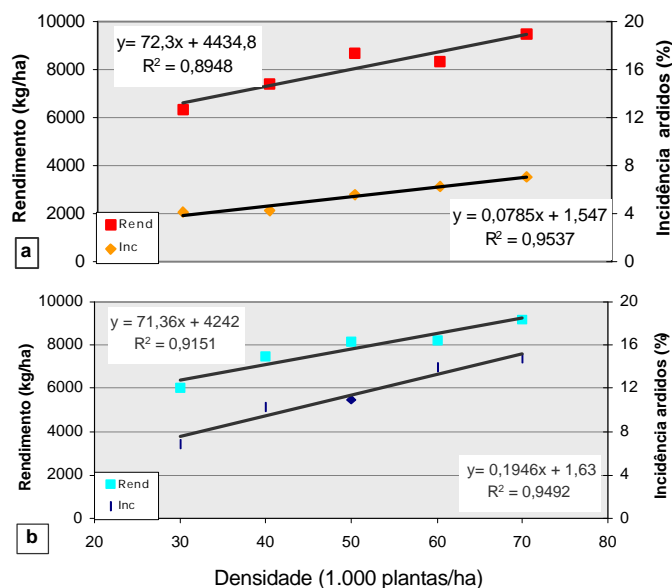


FIG. 2 - Efeito da densidade de plantas de milho (*Zea mays*) na incidência de grãos ardidos e no rendimento de grãos em sistemas de rotação (a) e de monocultura (b).

milho já foi descrita por vários autores, como Luz (1998) e Pinto (1998). Reid *et al.* (1999) consideram esse fungo endofítico e onipresente na natureza, contudo, nem sempre patogênico. Entretanto, Munkvold *et al.* (1997) relatam a possibilidade de infecção sistêmica a partir do inóculo da semente ou do solo, resultando na infecção das espigas e dos grãos. Ao mesmo tempo em que *F. moniliforme* pode ser considerado como um agente benéfico, agindo como protetor contra infecções por outras espécies de fungos, causa problemas devido ao seu potencial como agente produtor de micotoxinas, principalmente das fumonisinas (Munkvold & Desjardin, 1997), as quais estão relacionadas a danos à saúde humana e animal.

Ao contrário dos demais fungos, *Cephalosporium* spp. foi observado em maior incidência no sistema de rotação de culturas. A ausência de relatos sobre esse fungo não permite que se faça uma análise mais detalhada e conclusiva sobre os resultados obtidos no experimento. Pinto (1998) também relatou a elevada incidência desse patógeno em sementes de milho. Observou-se, entretanto, que *Cephalosporium* spp.

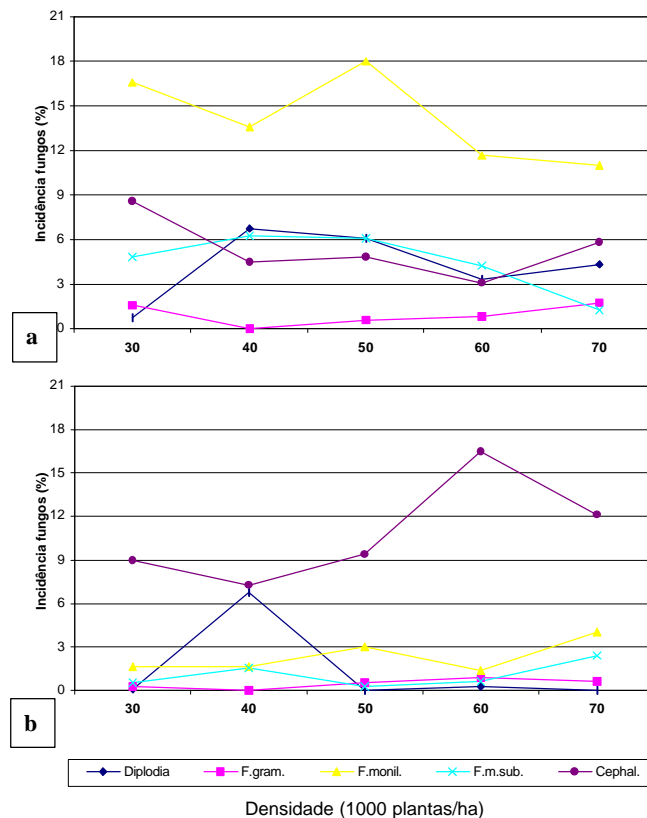


FIG. 3 - Efeito da densidade de plantas de milho (*Zea mays*) na incidência de fungos em grãos em sistemas de monocultura (a) e de rotação (b).

apresentou uma incidência menor quando a incidência de *F. moniliforme* foi alta, e uma incidência maior quando esse último apresentou uma incidência menor (Tabela 1) e (Figura 3). Os resultados levam a especular que as espécies de *Cephalosporium* encontram ambiente mais favorável para o crescimento à medida que *F. moniliforme* tem seu crescimento reduzido. Esses resultados podem corroborar com os obtidos por King (1981), que relatou a inibição de *Cephalosporium* spp. pelo *F. moniliforme*.

As PEs são ocasionadas pela infecção e colonização direta dos grãos por fungos, cuja presença é detectada pelos sintomas denominados de grãos ardidos. Esses podem ser responsáveis pela produção de micotoxinas, as quais causam

TABELA 1 - Incidência média (%) de fungos em grãos de milho (*Zea mays*), a partir de sistemas de rotação de culturas e monocultura

Sistema	<i>Diplodia</i> spp.	<i>Fusarium graminearum</i>	<i>Fusarium moniliforme</i>	<i>Fusarium subglutinans</i>	<i>Cephalosporium</i> spp.
Monocultura	5,95a ^z	0,59 a	25,31 a	6,86 a	9,54 b
Rotação	0,13 b	0,16 a	4,15 b	1,77 b	16,97 a
CV(%)	3,66	7,09	9,12	5,38	5,82

^z para fazer Anova, os dados foram transformados em $\log x + 10$.

^x Média de quatro repetições de 25 sementes por unidade experimental.

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem significativamente entre si pelo teste F ($P \leq 0,05$).

danos à saúde humana e animal (Molin, 1999). Além dos riscos causados pela presença de micotoxinas, os grãos ardidos podem ocasionar danos ao rendimento, afetando diretamente o produtor, e à qualidade do produto, afetando principalmente o consumidor final.

A prática da rotação de culturas pode ser considerada uma medida importante de controle para os patógenos causadores das PEs. A utilização de população de plantas adequada às condições da lavoura e do híbrido e o conhecimento dos ciclos biológicos das espécies de fungos envolvidas com a produção de micotoxinas podem contribuir para a redução da incidência de grãos ardidos, conseqüentemente, reduzindo os danos na quantidade e qualidade dos grãos de milho e beneficiando de forma significativa os produtores rurais e o consumidor final.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIOS, G.N. Plant Pathology. New York. Academic Press. 1988.
- BALMER, E. & PEREIRA, O.P. Doenças do milho. In: Paterniani, E. & Viegas, G.P. (Eds.) Melhoramento e produção do milho. 2. Ed. Campinas. Fundação Cargill. 1987. p. 595-634.
- BOOTH, C. The genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England. University of Minnesota Press, Minneapolis, USA. 1971.
- BLUM, M.M.C., FONTOURA, S.M.V., NOVATIZKI, M.R. & CLAZER, E.R. Efeito de doses de nitrogênio e populações sobre a incidência de fungos na semente de milho colhida. In: V Simpósio Brasileiro de Patologia de Sementes. Programa e Resumos. Sanidade de Sementes no Séc. XXI. Ponta Grossa- Pr. 1998. p.27
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento de Reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Recife. DNPEA. 197 (Boletim Técnico n. 30). 1973.
- BRASIL. Portaria n. 11 de 12 de abril de 1996. Estabelece critérios complementares para classificação do milho. Diário oficial da União, Brasília, n. 72, 1996.
- COTTEN, T.K. & MUNKVOLD, G.P. Survival of *Fusarium moniliforme*, *F. proliferatum*, and *F. subglutinans* in Maize Stalk Residue. *Phytopathology* 88:550-555. 1998.
- FANCELLI, A.L. & NETO, D.D. Cultura do milho: aspectos fisiológicos e manejo de água. Informações agronômicas POTAFOS 73:1-4. 1996.
- FLETT, B.C. & WEHNER, F.C. Incidence of *Stenocarpella* and *Fusarium* cob rots in monoculture maize under different tillage systems. *Journal of Phytopathology* 133:327-333. 1991.
- KING, S.B. Time of infection of maize kernels by *Fusarium moniliforme* and *Cephalosporium acremonium*. *Phytopathology* 71:796-799. 1981.
- LUZ, W.C. DA & PEREIRA, L.R. Tratamento de sementes com fungicidas relacionando com o controle de patógenos e rendimento de milho. *Ciência Rural* 28:537-541. 1998.
- MORA, L.E. & MORENO, R.A. Cropping pattern and soil management influence on plant disease: I. *Diplodia macrospora* leaf spot maize. *Turrialba* 34:35-40. 1984.
- MARASAS, W.F.O., NELSON, P.E. & TOUSSOUN, T.A. Toxicogenic Fusarium Species: Identity and Toxicology. Pennsylvania State University Press, University Park. 1984.
- MOLIN, R. Ocorrência de micotoxinas em estágios fenológicos próximos da colheita do milho. In: SIMPÓSIO SOBRE MICOTOXINAS EM GRÃOS. Fundação Cargill, Fundação ABC, 1999.
- MUNKVOLD, G.P. & DESJARDINS, A.E. Fumonisin in maize. Can we reduce their occurrence? *Plant Disease* 81:556-564. 1997.
- MUNKVOLD, G.P., MCGEE, D.C. & CARLTON, W.M. Importance of different pathways for maize kernel infection by *Fusarium moniliforme*. *Phytopathology* 87:209-217. 1997.
- PEREIRA, O.A.P. Situação atual de doenças da cultura do milho no Brasil e estratégias de controle. In: Resistência genética de plantas a doenças. Piracicaba. Departamento de Genética, Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Universidade de São Paulo. 1995. pp.25-30.
- PINTO, N.F.J.A. Patologia de sementes de milho. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, Circular Técnica, 29, 1998.
- RECOMENDAÇÕES técnicas para a cultura do milho no estado do Rio Grande do Sul. Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária; Associação de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural; Federação das Cooperativas de Trigo e Soja do RS Ltda. Porto Alegre. FEPAGRO. 1999. Boletim Técnico, 6. 1999.
- REID, L.M., BOLTON, A.T., HAMILTON, R.I., & MATHER, D.E. Screening Maize for Resistance to Gibberella Ear Rot Agriculture and Agri-food Canada. Technical Bulletin Publications 196-5E. 1996.
- REID, L.M., NICOL, R.W., OUELLET, T., SAVARD, M., MILLER, J.D., YOUNG, J.C., ATEWART, D.W. & SCHAAFSMA, A.W. Interaction of *Fusarium graminearum* and *F. moniliforme* in maize ears: Disease Progress, Fungal Biomass, and Mycotoxin Accumulation. *Phytopathology* 89:1028-1037. 1999.
- REIS, E.M. & CASA, R.T. Manual de identificação e controle de doenças do milho. Passo Fundo. Aldeia norte Editora. 1996.
- SHURTLEFF, M.C. A compendium of corn disease. St. Paul, Minnesota. American Phytopathological Society. 1992.
- SMITH, D.R. & WHITE, D.G. Disease of Corn. In: Sprague. G.F. & Dudley, Y.W. (Eds.) Corn and Corn Improvement. 3.ed. Madison. 1988. pp.687-766.
- WICKLOW, D.T., HORN, B.W., SHOTWELL, O., HESSELTINE, C. & CALDWELL, R. Fungal interference with *Aspergillus flavus* infection and aflatoxin contamination of maize grown in a controlled environment. *Phytopathology* 78:68-74. 1988.